IACLE
隐形眼镜教程

第二册

隐形眼镜介绍

第一版

国际隐形眼镜教育者学会出版

2000年第一版

©2000国际隐形眼镜教育者学会版权所有。
任何部分，未经撰稿人允许，不得以任何形式或方式复制、
传播或保存在档案中。撰稿人：

The International Association of Contact Lens Educators
IACLE Secretariat，
PO Box 328 RANDWICK
SYDNEY NSW 2031
Australia

Tel：(612)93850391
Fax：(612)93850259
Email：iacle@iacle.org

国际隐形眼镜教育者学会（IACLE）向翻译者王建华医生和审阅者齐备医生致谢，
感谢他们翻译IACLE的隐形眼镜教程和他们对隐形眼镜教育事业的贡献。
IACLE衷心感谢他们为翻译此教程所付出的时间和心血。

目录

页数

致谢 iv

编委 v

隐形眼镜教程教师使用指导 vi

IACLE隐形眼镜教程中使用的符号、简称和首字母缩略词 viii

第二册提要：隐形眼镜介绍 x

信息反馈的要求 xi

单元 2.1		1
	课程概述	2
讲座 2.1	隐形眼镜历史	3
单元 2.2		35
	课程概述	36
讲座 2.2	隐形眼镜材料和制造	37
实习 2.2	隐形眼镜类型介绍	91
小组辅导 2.2	隐形眼镜制造过程	93
单元 2.3		101
	课程概述	102
讲座 2.3	隐形眼镜光学	103
实习 2.3	隐形眼镜戴镜验光	149
小组辅导 2.3	隐形眼镜光学原理	153
单元 2.4		157
	课程概述	158
讲座 2.4	软性隐形眼镜设计	159
小组辅导 2.4	软性隐形眼镜设计	195
单元 2.5		199
	课程概述	200
讲座 2.5	硬性透气性隐形眼镜设计	201
小组辅导 2.5	硬性透气性隐形眼镜设计	231
单元 2.6		235
	课程概述	236
讲座 2.6	隐形眼镜验证	237
实习 2.6.1	透气硬镜验证	271
实习 2.6.2	软性隐形眼镜验证	281
实习 2.6.3	透气硬镜参数修改	291
实习 2.6.4	特殊镜片的检查	307
小组辅导 2.6.3	透气硬镜参数修改	311

致谢

IACLE系列讲座项目抱着提高眼睛护理水平的愿望，意在使配戴隐形眼镜更安全、 更成功，并通过构建将来由教师、学生和视光师组成的教育框架来发展隐形眼镜事业。

当今世界最好的隐形眼镜教育者为了大众的利益，除了事业满足感外别无报酬地贡献出他们富有创造性的教育思想，使得IACLE的理想得以实现。这个项目若没有大量富有天才和奉献精神的人们的协作和慷慨奉献是不可能成功的。

对所有讲座的撰稿人、实验室记录者、录象带和幻灯片制作者等，我们要说谢谢您，你们慷慨大度的精神将会使全世界许多教育者、成百上千的学生和数百万的配戴者受益。

IACLE的副主席Desmond Fonn教授，自从IACLE有此设想即投入无穷的精力，并在最后编辑阶段运用丰富的专门技能，作出了巨大贡献。没有天资卓越的Deborah Sweeny副教授，IACLE也将无所作为，在这个项目中，她贡献出无价的组织和编辑技能，而她对世界眼睛保健教育和研究的贡献是也不可估量的。这个项目最初的安排和校样是由IACLE教育部主任Sylvie Sulaiman负责的，Sylvie的奉献精神和对视光师及这个领域需求的充分理解定下了这个项目的重点和深度。

就在最近，IACLE也从项目协调主任Meredith Reyes博士的工作中获益非浅，Reyes博士为了使各种各样的材料组织良好作了大量令人惊异的工作，她旺盛的精力和勤奋的工作保证了这个项目的顺利进行。我们这个项目也非常幸运获得Lewis Williams博士的参与，他富有专业知识，我相信其为此项目收集的广泛隐形眼镜知识是无价的。Reyes和Williams博士也受到Rob Terry的协助，Rob在隐形眼镜领域中相当的经验和理解是极有帮助的。

Kylie Knox作为项目编辑，工作极为出色。为了使大家的努力得以体现，版面设计Susan Fripp、Megan Wangmann 和Barry Brown及CCLRU版面设计小组的其它成员和摄影师Paul Pavlou的工作令人敬佩。的确，整个CCLRU集体对此项目奉献出大量的时间、人力和编辑支持。

IACLE负责全球事务的工作人员包括行政主管Yvette Waddell，全球协调人Pamela o’Brien和执行秘书Gail van Heerden，她们极富效率地协调了大量的制作和发行工作。

所有IACLE的文件中致谢这一页若不提及它的支持者们就不能算是完整的。博士伦自1990年起就是主要赞助者，其通过经济资助和世界各个分公司的个体参与IACLE的成长提供了原动力。Juan Carlos Aragon博士(当他在博士伦时)第一位建议隐形眼镜工业为了促进自身安全和有效成长，应重视IACLE推出的全球教育计划。Johnson & Johnson是另一主要资助集团，他们通过其在欧洲、非洲和中东的工业基地提供了可观的帮助。汽巴-嘉基也是资助者且在拉美提供了极为良好的工业协作。眼力健和Wesley Jessen/PBH及Aspect Vision Care和爱尔康实验室作为集团资助也鼎力襄助。

IACLE是协作努力的集体，而没有任何其它活动较之系列讲座项目更具协作性。这个教程提供给所有认可的学院使用，帮助教师传授眼睛保健和隐形眼镜知识，所有参予者的无私和天份都已得到公认。

Debbie Sweeney PhD

IACLE主席

编委

Desmond Fonn, Dip Optom, MOptom
Associate Professor
School of Optometry
University of Waterloo
Waterloo, Ontario Canada N2L 3G1

主编

Ma. Meredith Reyes, OD, MA (College Teaching)
Cornea and Contact Lens Research Unit
School of Optometry
The University of New South Wales
SYDNEY NSW 2052
Australia

- 隐形眼镜历史
- 隐形眼镜验证

Robert Terry, BOptom, MSc
Cornea and Contact Lens Research Unit
School of Optometry
The University of New South Wales
SYDNEY NSW 2052
Australia

- 隐形眼镜历史

Lewis Williams, AQIT (Optom), MOptom, PhD
Curriculum Project Team
IACLE Secretariat
PO Box 328
RANDWICK NSW 2031
Australia

- 隐形眼镜材料和制造
- 隐形眼镜光学
- 软性隐形眼镜设计
- 硬性透气性隐形眼镜设计

隐形眼镜教程教师使用指导

概论

IACLE隐形眼镜教程是一套有关隐形眼镜的教材和教学资料的综合大全。这套大全围绕隐形眼镜课程教学大纲，在10册中分为360小时的讲座、实习和小组讨论，包含从基础、中级到高级不同水平的内容。

教学资料的设计富于弹性，使得教师可以选择适合学生知识水平和不同课堂、学校、学院或国家教学要求的教学材料。IALCE隐形眼镜课程教学大纲是一本独立的手册，总结第一册到第十册的课程内容和纲要。

IACLE隐形眼镜教程英语版语言参考：Brown L(Ed.). The New Shorter Oxford English Dictionary，993ed. Clarendon Press，Oxford(UK)。 唯一的拼写例外是mold和mould，牛津词典建议在所有的课文中都用mould，我们选择在与加工有关的事务中用mold，提及真菌时用mould，因为这两者无论是意思还是拚写在隐形眼镜文献中常出现，这种区别是基于通用的基础，从英语外其它语言中借用的词力求接近原来的形式。

我们使用凡由ISO(International Organization for Standardization)分级的标准或ISO实行草案定下的术语和符号，只要可能我们也使用国际度量衡单位(SI)。

教程中参考了世界各地许多隐形眼镜的教科书和一些重要的杂志上的文章，其引用或复述的文字都经原出版社和/或版权拥有者的许可。每一个单元最后所列的参考文献详列了整个单元所用的信息来源。

教学资料 – 第二册

IACLE隐形眼镜教程第二册含有下列资料：

1. 隐形眼镜手册

隐形眼镜手册包括：

- 课程概述
- 讲座大纲和说明
- 实习大纲、练习和说明*
- 小组讨论练习和说明*

*不是所有单元都有这一节。

在第六册第x页的小结上给出建议用在这本手册的讲座、实习和小组讨论上的课时。手册推荐可进行的活动、参考书目、教科书和评价达到一定水平的技能。然而最后，具体教程的设计和方法还是由隐形眼镜教程的教师斟酌决定。

2. 讲座、实习和小组讨论用的幻灯片

这些幻灯片根据它们出现在每一讲座、实习和小组讨论中的顺序编号，可根据需要确定幻灯片的播放。基于IACLE秘书处使用的目录系统每一张幻灯片都有一个编号，与IACLE联系中有关幻灯片的内容都应用这个编号。

举例：
若要订这张幻灯片，请引用这个编号

2L195N24-1-1

IACLE隐形眼镜教程中使用的符号、简称和首字母缩略词

符号			
↑	提高，增加	{	由…共同产生
↓	降低，减少	}	共同产生
→	产生，向着	∑	总和
←	从…产生、由…引起	±	加上或减去
↔	没有变化，不明显	+	加、多于、包括、和
↑↑	明显/很大地增加	–	减、减少
↓↓	明显/大大地减少	≈	接近、约等于
%	百分比	=	等于、相同
<	少于	&	和、以及
>	多于、大于	X°	角度：如45°
≥	大于、等于	@	在…午线上
≤	小于、等于	D	屈光度
?	不确定，有疑问	X	轴位：例如-1.00X175.-1.00D是散光度数，轴位在175°子午线上
n，n_{sub}，n_{sub}'	折射率	Δ	棱镜度数或差异
∝	成正比		

简称			
μg	微克(.001g)	min	分钟，几分钟
μL	微升(.001L)	mL	毫升(.01L)
μm	微米(.001mm)	mm	毫米
μmol	微摩尔，微克分子	mmol	毫摩尔，毫克分子
cm	厘米(.01m)	mOsm	毫渗透压
D	天，几天	nm	纳米(10^{-9}m)
Endo.	内皮	Px	配戴者
Epi.	上皮	Rx	处方
H	小时，几小时	s	秒，几秒
Inf.	下面	Sup.	上面
Kg	千克	t	厚度
L	升		

首字母缩略词			
ADP	二磷酸腺苷	LPS	上睑提肌
ATP	三磷酸腺苷	NADPH	烟酰胺腺嘌呤二核苷酸磷酸，辅酶II
ATR	逆规	NIBUT	非侵犯性破裂时间
BS	最佳球镜	OD	右眼(拉丁文：oculus dexter)
BUT	破裂时间	OO	眼轮匝肌
CCC	角膜中央云翳	OS	左眼(拉丁文：oculus sinsiter)
CCD	电荷耦合装置	OU	双眼(拉丁文：oculus uterque-each eye，或者 oculi uterque-both eyes)
cf.	与…比较	PD	瞳距
CL	隐形眼镜	PMMA	聚甲基丙烯酸甲酯
Dk	透氧性	R	右
DW	日戴	R&L	右和左
e.g.	例如(拉丁文：exempli gratia)	RE	右眼
EW	长戴	RGP	硬性透氧性隐形眼镜
GAG	葡萄糖苷	SCL	软性隐形眼镜
GPC	巨乳头性结膜炎	SL	框架眼镜
HCL	硬性隐形眼镜	TBUT	泪膜破裂时间
HVID	可见虹膜横径	TCA	三羧酸
i.e.	即(拉丁文：id est)	UV	紫外线
K	角膜曲率读数	VA	视力、视敏度
L	左	VVID	可见虹膜纵径
LE	左眼	WTR	顺规

第二册提要：隐形眼镜介绍

内容提要：

讲座			实习（实验室）			小组讨论(分组教学)		
名称	学时	水平	名称	学时	水平	名称	学时	水平*
L.2.1 隐形眼镜历史	1	1						
L 2.2 隐形眼镜材料和制造	2	1	P 2.2 隐形眼镜类型介绍	2	1	T 2.2 隐形眼镜制造过程	1	1
L 2.3 隐形眼镜光学	2	2	P 2.3 隐形眼镜戴镜验光	1	1	T 2.3 隐形眼镜光学原理	2	2
L 2.4 软性隐形眼镜设计	1	2				T 2.4 软性隐形眼镜设计	1	2
L 2.5 硬性透气性隐形眼镜设计	1	2				T 2.5 硬性透气性隐形眼镜设计	1	2
L 2.6 隐形眼镜验证	1	2	P 2.6.1 RGP隐形眼镜验证	3	1	T 2.6 RGP镜片参数修改	1	2
			P 2.6.2 软性隐形眼镜验证	3	1			
			P 2.6.3 RGP镜片参数修改	8	2			
			P 2.6.4 特殊镜片的检查	2	3			

* 级别1 = 基础：基础知识
级别2 = 中级：掌握的知识
级别3 = 高级：应用的知识

课时分配

级别	讲座	实习 (实验室)	小组讨论 (分组教学)	总时课数
基础	3	9	1	13
中级	5	8	5	18
高级	0	2	0	2
总和	**8**	**19**	**6**	**33**

信息反馈的要求

此教程是第一版，我们希望不断改进和定期更新。为保证每一版较前一版更优良，我们需要您的帮助。我们希望您在信息反馈表中提出所有您认为能增进整个课程的精确性和质量的改进意见和建议，这些意见可能会在以后的修订中使用。我们特别希望收到您对课文和讲座的幻灯片改进所提的意见和建议。

为了方便反馈信息的处理，下页是固定格式表格，此表可复印，请填上您的详细地址，因为我们的编写小组可能会与您更详细地讨论您的建议的细节甚或邀请您参加根据您的建议所作的修改。

IACLE隐形眼镜课程
信息反馈表

姓名：_____ 日期：_____
(dd-mm-yy)

学校：_____

地址：_____

_____

_____

_____

_____

分册：_____ 单元：_____ 页数：_____

幻灯片号码：_____ 节：_____

评论：

谢谢

请将此表交回：

IACLE Secretariat
PO Box 328
RANDWICK NSW 2031
AUSTRALIA

Office Use Only：
Response #：_____
Forward to：_____
Action：

单元 2.1

(1 小时)

讲座 2.1：隐形眼镜历史

课程概述

讲座 2.1: 隐形眼镜历史

I. 历史事件

II. 在隐形眼镜设计和材料的开发上的主要事件和里程碑

讲座 2.1

(1小时)

隐形眼镜历史

目录

I 早期贡献者 5

II 隐形眼镜出现 10

III 隐形眼镜开创公司 14

IV 隐形眼镜材料开发 17

IV.A 聚甲基异丁烯酸 (PMMA) 开发 17

IV.A.1 PMMA用于PMMA隐形眼镜 18

IV.A.2 PMMA用于角膜隐形眼镜 19

IV.B 水凝胶和硅胶隐形眼镜 21

IV.C 高透气硬性隐形眼镜 24

V 抛弃型隐形眼镜 28

附录

附录A 隐形眼镜装置和材料发展历史和里程碑 32

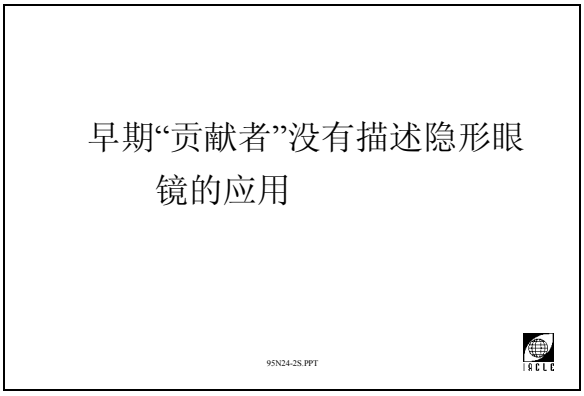
附录 B John Herschel先生在“Herschel对光线的论述”一书中有关隐形眼镜的论述摘录 34

I 早期贡献者

1

2L195N24-1

2



2L195N24-2

早期贡献者

许多16－19世纪表示屈光系统的图被误解为潜在的隐形眼镜。尽管这些屈光系统的开发工作有助于对眼睛和眼光学的理解，但是隐形眼镜的概念直到1945年出版“Herschel对光线的论述”一书才出现。

3

Ruben, 1975
Contact Lens Practice
Fig 1.1
Baillière Tindall

2L10103-96

Leonardo da Vinci(1508)

Leonardo da Vinci常常被认为是第一个描述"接触"镜片的人。他画了一个眼睛(有虹膜和晶体)并且头浸入水中来表示屈光矫正系统和眼睛”接触“的概念。保存在法国Bibliotheque Mazarine研究所的手稿原始翻译(称为手稿D）显示了水中和角膜的屈光和视神经形成的图象(Heitz，1984)。

然而Leonardo da Vinci的贡献是有争论的。虽然有些作者声称这不代表隐形眼镜，但是手稿中的其它图显示了da Vinci使用充水的玻璃瓶放在角膜上的隐形眼镜概念(Hofstetter，1984)。da Vinci把玻璃壳放在角膜上的主意被认为是隐形眼镜矫正屈光不正的原始萌芽概念。

4

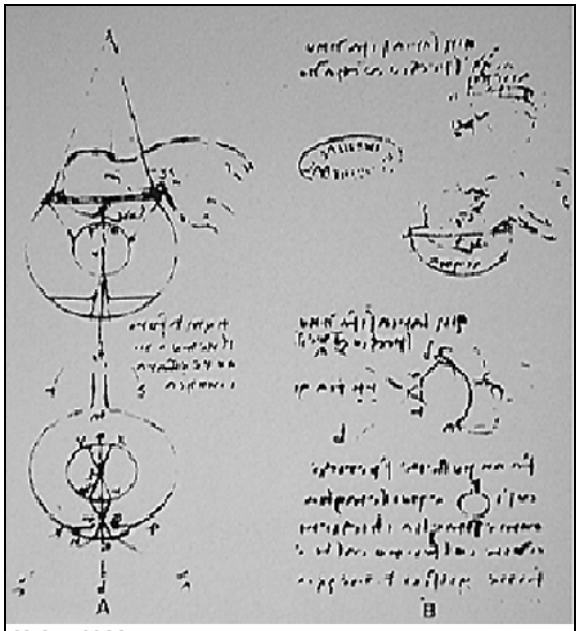
LEONARDO DA VINCI (1508)

- 画出眼睛示意图
- 描述从角膜到视神经的图形形成机理
- 有些示意图可能代表了“接触镜”的概念

95N24-3S.PPT

2L195N24-3

5



Heitz, 1988
The CLAO Guide to Baxic Science & Clinical Practice
Fig. 1.1
WB Saunders Company

2L10111-96

6

Ruben, 1975
Contact lens Practice
Fig 1.2
Baillière Tindall

2L10104-96

René Descartes (1637)

在1937年Descartes写了“La Dioptrique”一书。他认为可以通过放大视网膜的图象来提高视力，这可通过延长眼睛的轴向来达到。

通过充水的长管状散光矫正镜和眼睛接触来达到延长眼轴的目的。同样的图象放大可以通过镜片来达到。

他的理论为望远镜的开发作出了显着的贡献。

7

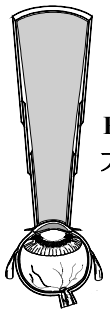
RENÉ DESCARTES (1637)

- 明白了好的视力可能通过放大视网膜图象来获得
- 画图显示用一支充满水的长管放在眼球上
- 显示了望远镜的原理，而不是隐形眼镜

95N24-4S.PPT

2L195N24-4

8



René Descarte的充水长管放大视网膜图象显示了望远镜原理。

95N24-5S.PPT

2L195N24-5

9

PHILIP DE LA HIRE (1685)

- 试图显示用镜片放在近视眼角膜上的引发不同的光学现象
- 显微镜或图象放大装置
- 不是隐形眼镜

95N24-6S.PPT

2L195N24-6

Philip de la Hire(1685)

Philip de la Hire常常被错误地认为是第一个设计隐形眼镜的人。这是因为他在“不同视力损害的论述”中的绘图。他认为可以用不同后表面弧度的镜片来中和角膜屈光不正，矫正近视和增加视野。

10

THOMAS YOUNG (1801)

- 用充水管来研究调节过程
- 不是隐形眼镜

95N24-7S.PPT

2L195N24-7

Thomas Young (1801)

Thomas Young用25毫米长的管状物体末端有一个双凸镜片来研究眼睛的调节。该管状物体充水并且接触角膜。他的试验证明角膜在调节过程中不起作用。

11

Fatt, 1993
Optician, July
Pg 27
Reed Business Publishing

2L10669-96

John Herschel(1845)

Herschel是一个英国天文学家，他对框架眼镜矫正角膜散光有兴趣。

他熟悉Thomas Young和George Airy有关矫正角膜散光的工作。结合他们的试验基本原理，他建议通过一个接触装置来矫正视力(参阅Herschel 论述，附录B)。他把角膜表面覆盖球性玻璃将凝胶灌注在眼睛表面上来矫正视力(Fatt，1993)。

Herschel是首先描述美容性隐形眼镜概念的人(Heitz，1984)。

Herschel被认为是“隐形眼镜之父”。

12

JOHN HERSCHEL (1845)

- 讨论角膜散光的矫正方法:

"在角膜表面放一个充满透明动物胶的球形玻璃壳；或角膜塑模下置入透明物质来矫正角膜不规则性"

95N24-8S.PPT

2L195N24-8

13

JOHN HERSCHEL (1845)

描述如下:

- 需要矫正角膜散光
- 接触眼睛
- 眼睛塑模
- 需要透明物质
- 结合软性和硬性符合材料

95N24-9S.PPT

2L195N24-9

14

WILLIAM WHITE COOPER (1859)

- 建议眼睛石灰烧伤后使用"玻璃罩" 放在结膜穹窿部来防止睑球粘连
- 可能是首次提出治疗性隐形眼镜

95N24-10S.PPT

2L195N24-10

15

XAVIER GALEXOWSKI (1886)

- 使用治疗性接触装置的第一人
- 用浸泡在氯化汞中的明胶
- 第一个给药装置

95N24-11S.PPT

2L195N24-11

Xavier Galezowski(1886)

在1886年，白内障手术不使用缝合术，角膜感染机会高。Galezowski用浸泡0.25％氯化汞和0.50％盐酸可卡因厚度为0.25-0.50毫米的明胶块来覆盖角膜。这些明胶显着地减少了感染的机会。

II 隐形眼镜出现

16

镜片的出现

95N24-12S.PPT

2L195N24-12

17

Heitz, 1988
The CLAO Guide to Basic Science & Clinical Practice
Fig. 1.5
WB Sauders Company

2L10112-96

18

ADOLF E FICK (1888)

第一个覆盖整个角膜的镜片，后来加入了巩膜环:

- 直径 = 14.00毫米
- 巩膜环 = 3.00毫米
- 角膜弧度 = 8.80毫米
- 巩膜弧度 = 14.00毫米
- 染色 = 有裂隙的黑色

95N24-13S.PPT

2L195N24-13

Adolf E Fick(1888)

Fick在1852出生于德国。学医后，他在Züric的Haab教授的指导下从事眼科工作。Fick尝试开发一种隐形眼镜矫正装置。他最初是在兔眼上进行试验的。他使用吹制的玻璃外壳并且发现该材料有较好的适应性(Efron和Pearson，1988)。

Fick观察了戴镜后角膜混浊以及结膜和角巩缘充血。他讨论了镜片消毒和镜片适应的概念。他还发现如果镜片下面有2％葡萄糖和气泡，角膜混浊不是即刻发生的。

Fick还让Ernst Abbe制造高光学质量抛光玻璃壳并且在上面画上虹膜和瞳孔：

- 直径：14.00 毫米。
- 巩膜边缘：3.00 毫米。
- 角膜曲率：8.80 毫米。
- 巩膜半径：14.00 毫米。
- 色彩：黑色有放射状条纹。

在动物和尸体试验后，Fick在人眼上试验玻璃壳。他们在有疤痕和不规则角膜表面的病人上配戴这些玻璃壳，以便避免不必要的眼睛摘出术。

19

ADOLF FICK (1888)

- 角膜前空隙填充2%葡萄糖
- 第一篇文章论述视力矫正
- 玻璃“contractbrillen”放在不规则角膜上
- 镜片装配6个因为角膜疤痕有高度不规则角膜表面的病人

95N24-14S.PPT

2L195N24-14

20

Pearson, 1989
Optometry & Vision Science
Fig. 1
Lippincott-Raven Publishers

2L10106-96

Eugene Kalt (1888)

Kalt在1861年出生在法国的Alsace。在18世纪80年代，圆锥角膜的治疗包括用硝酸银烧灼角膜圆锥以及点缩瞳剂并加压。

Kalt把一个有相同角膜弧度的玻璃壳放在角膜上并且加压。结果病人的视力提高了。

21

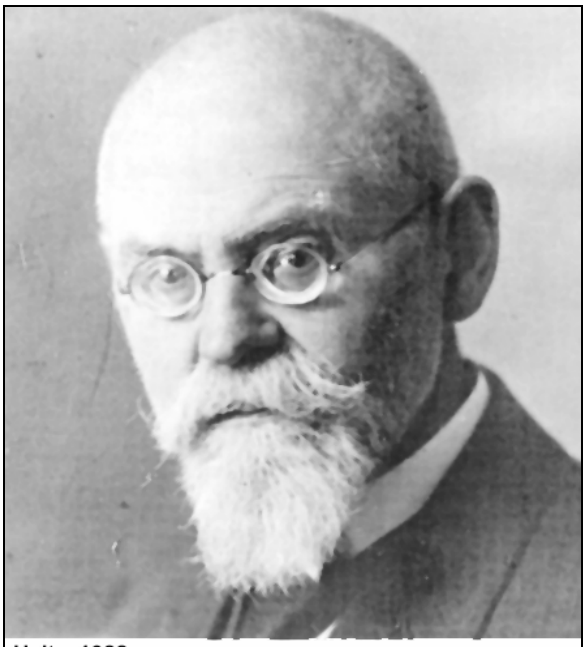
EUGENE KALT (1888)

- 制作第一个用于矫正圆锥角膜的隐形眼镜
- 用玻璃镜片试图塑形角膜弧度
- 使得视力较大地提高

95N24-15S.PPT

2L195N24-15

22



Heitz, 1988
The CLAO Guide to Basic Science & Clincal Practice
Fig. 1.7
WB Saunders Company

2L10113-96

August Müller (1889)

Müller在1865年出生在德国。

他在Kiel大学的博士论文详细描述了隐形眼镜作为角膜接触镜或“角膜镜片”。由于他自己是高度近视，他没在眼科学领域继续发展，而在矫形外科学上继续他的工作。

Müller建议镜片的后表面需要和角膜前表面相似。他提出泪液毛细管作用使得镜片够粘住角膜。他的第一只镜片参数如下：

- 直径：20.00毫米。
- 角膜半径：8.00毫米。
- 巩膜半径：12.0毫米。

Müller还比较了几乎矫正14D的框架眼镜和隐形眼镜。他描述角膜水肿的效果，包括光圈和进行性面纱现象。他还试图通过提高镜片边缘翘起来改进泪液交换。

Müller在试验眼睛上重塑角膜形态却未成功。

23

AUGUST MÜLLER (1889)

- 采用术语“Hornhautlinsen”或角膜 镜片
- 发现陡峭的角膜需要较多的度数来矫正，认识到泪液的半月形沉积。

95N24-16S.PPT

2L195N24-16

24

AUGUST MÜLLER (1889)

- 发现和描述了角膜水肿的客观和主观症状
- 发现泪液参与代谢功能
- 眼睛塑形不成功

95N24-17S.PPT

2L195N24-17

25

DE SULZER (1892)

- 发现“泪液镜片”作为一个人工屈光媒体
- 镜片参数:
  - 直径 = 14.00 - 15.50毫米
  - 角膜弧度 = 8.00毫米
  - 巩膜弧度 = 12.00毫米

95N24-18S.PPT

2L195N24-18

D E Sulzer (1892)

Sulzer在1982年发表文章描述圆锥角膜、不规则散光和角膜疤痕的矫正。

他观测到角膜不规则性可以通过在巩膜镜片和角膜之间的空间填充和角膜和房水相同折射率的液体来矫正。这“液体镜片”作为人工屈光介质。

26

HENRY H DOR (1892)

- 首先用普通盐水来取代Fick使用的葡萄糖溶液

95N24-19S.PPT

2L195N24-19

Henry H Dor (1892)

Dor使用当时广泛应用的Fick巩膜镜片，他改用和泪液相同渗透压的盐水来替换葡萄糖液体来解决角膜混浊的问题。这极大地减少角膜水肿。

27

THOMAS LOHNSTEIN (1896)

- 双眼圆锥角膜
- 制作充水的眼镜-“充水眼镜”
- 充水眼镜可以配戴1-1.5小时
- 该装置被称为散光矫正镜

95N24-20S.PPT

2L195N24-20

Thomas Lohnstein (1896)

为了矫正双眼圆锥角膜，Lohnstein开发了“充水眼镜”。他的框架镜片是充满盐水的，每次可以成功配戴1－1.5小时。他的接触镜片装置也称为散光矫正镜。

28

1896 - 1912

- 隐形眼镜发展缓慢
- Fick的Elschnig标准:
  - 隐形眼镜仅仅用于第一眼位
  - 制造困难
  - 配戴困难
  - 引起机械刺激

95N24-21S.PPT

2L195N24-21

1896 – 1912

在时期对隐形眼镜的兴趣减少了。

Elschnig在1894年发表了有关圆锥角膜的文章(Heitz，1984)中写到：

“Fick隐形眼镜是无用的，因为它们只是在第一眼位中有效果，镜片制造困难和价格昂贵使得无法大量使用，它们装配困难并且机械刺激大，因此它们需要谨慎和保守地应用”。

III 隐形眼镜开创公司

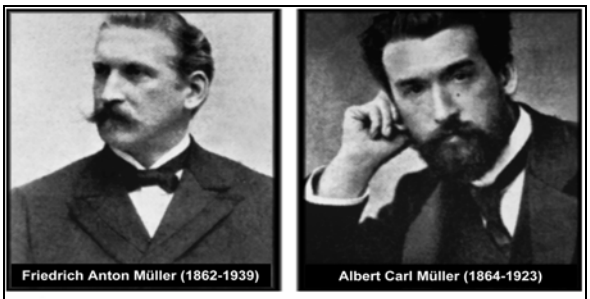
29

隐形眼镜开创公司

95N24-22S.PPT

2L195N24-22

30



de Carle, May, 1988
Optician, '100 years of the contact lens'
Pg 4
Reed Business Publishing

2L10107-96

31

FA MÜLLER和其儿子公司 (1887)

- 在德国Wiesbaden制造假眼
- 在1887他们给一个部分眼睑切除的病人配戴保护性玻璃片

95N24-23S.PPT

2L195N24-23

32

FA MÜLLER和其儿子公司(1887)

- 用吹制玻璃制造镜片
- 弧度规则，且在角巩缘没有尖的边界
- 比切削镜片更容易适应
- 设计矫正上睑下垂的镜片

95N24-24S.PPT

2L195N24-24

FA Mülle和儿子 (1887)

在德国Weisbaden的Friedrich Anton Müller和Albert Carl Müller是玻璃人工眼睛的制造专家。他们从自Friedrich Adolf M，Friedrich在1868年开始用吹制的玻璃接触眼镜装配病人(Bailey，1987;Nissel，1977)。在1910他们出版标题为：“人工眼睛”的书并且描述在1887年Theodore Samisch医师推荐的一个病人眼位眼睑肿瘤而使得部分眼睑缺失，如何使用人工眼睛。该病人配戴改进设计的Müller镜片后21小时角膜没有染色和危害 (Nissel，1977)。

因为这些吹制的镜片没有很规则的曲率和锋利的边缘，它们通常比Zeiss用车床切割的镜片容易适应。然而Zeiss镜片能够提供较好的光学质量。定制吹制的镜片直到1912年才停止，因为当时试戴镜片已经商业化了。

Müller 兄弟也扩展他们的生产范围，如采用特殊镜片来矫正上睑下垂症病人。

33

JENA的CARL ZEISS公司(1911)

- 镜片模子切削成镜片
- 切削使得镜片有较好的光学效果
- 首先上市了试戴镜片
- 完整的试戴镜片有21镜片
- 镜片是无度数的
- 用荧光素和白光来决定镜片配适情况

95N24-25S.PPT

2L195N24-25

34

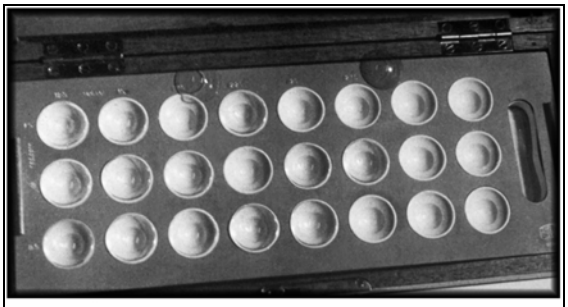
JENA的CARL ZEISS公司(1911)

- 第一镜片系列参数:
  - 直径 = 20.00毫米
  - 巩膜弧度 = 12.00毫米
  - 角膜弧度 = 6.50, 7.10, 8.10和9.00毫米
- 完整镜片系列:
  - 直径 = 20.00毫米
  - 巩膜弧度 = 11.00, 12.00 and 13.00毫米
  - 角膜弧度 = 5.00, 6.00, 7.00, 8.00, 9.00, 10.00和11.00毫米

95N24-26S.PPT

2L195N24-26

35



Ruben, 1975
Contact Lens Practice
Fig. 1.5
Baillére Tindall

2L10105-96

Jena的Carl Zeiss(1911)

在1920年，Zeiss生产用于矫正圆锥角膜的镜片系列。这是世界上第一个试戴镜片系统。

试戴镜片是从模坯切割并且有较好的光学质量，它们的参数如下：

- 直径：20.00毫米。
- 巩膜半径：12.00毫米。
- 角膜半径：6.50、7.10、8.10和9.00毫米。

在19世纪30年代，试戴镜片系列扩大了，且有3种直径和7种角膜半径组成。镜片配适用荧光素和气泡来观察。

36

LEOPOLD HEINE (1930s)

- 增加试戴镜片数目来改进Zeiss镜片
- 在角膜和巩膜之间的镜片部分加入一个中间弧度

95N24-27S.PPT

2L195N24-27

Leopold Heine (1930s)

在19世纪30年代，Leopold Heine扩大了Zeiss试戴镜片系列。它是旧的设计，有一个球形巩膜带区和不完全球形的角膜表面。Heine开发一个技术常规使用在角膜和巩膜部分增补中间弧度来更好配适周边部角膜。

37

JOSEPH DALLOS (19世纪30年代)

- 发现巩膜镜片运动多则容易耐受
- 估计镜片下泪液的作用是重要的
- 在角巩缘加入一个中间弧度并且镜片上开孔

95N24-28S.PPT

2L195N24-28

Joseph Dallos (1930s)

在1931年，Dallos发表了120个近视眼和无晶体眼病人配戴镜片的结果。他强调需要角膜前空间以便镜片运动和泪液交换。Dallos还讨论了泪液在角膜代谢功能和镜片光学效果上的作用。在Zeiss设计上增加一个角巩缘弧度和镜片具孔可以维持正常新陈代谢。

38

Arons & Sposato, 1987
Contact lens Spectrum '100years'
Pg 9
Cardinal Business Media, Inc.

2L10108-96

Adolf A Müller-Wel和M üller-Welt隐形眼镜（1947）

M üller ller-Welt 隐形眼镜工厂由来自于假眼制造商家庭的Adolf A Müller-Wel于1947创立。他创立了镜片库存系统。他用这些大量的库存镜片在德国和奥地利装配不同的病人。

在1949年，Müller-Welt和Joseph L Breger在加拿大多伦多创立一个隐形眼镜实验室。

Müller-Welt后来和在Detroit的Donald L Golden合作进行PMMA的应用研究。

他们的合作在1957年结束，在1960年Müller-Welt回到他的祖国进行他的隐形眼镜工作。卒死于1972年。

39

MÜLLER-WELT隐形眼镜公司

- 创立于1947, Stuttgart
- 开发玻璃镜片，液体镜片和巩膜镜片
- 在1949年在Toronto和Detroit建立实验室

95N24-29S.PPT

2L195N24-29

IV 隐形眼镜材料开发
IV.A 聚甲基异丁烯酸 (PMMA) 开发

40

隐形眼镜材料开发

95N24-30S.PPT

2L195N24-30

41

RÖHM和HAAS(19世纪30年代)

开发丙烯酸树脂(称为Plexiglass)用于航空工业

95N24-31S.PPT

2L195N24-31

PMMA的开发

Röhm和Haas公司(1930s)

在19世纪30年代早期，Rohm和Haas公司在美国发展一个丙烯酸树脂为基础的塑料。这种软的象橡胶的丙烯酸混合物与玻璃隐形眼镜材料相比具有许多优点。这种甲基丙烯酸盐就是PMMA的前身。

Rohm和Haas公司于1936年在美国航空工业中引入PMMA，称为有机玻璃Plexiglas™ 。

42

ICI的J CRAWFORD和R HILL(1934)

- 开发并拥有甲基丙烯酸酯多聚体(PMMA)的专利
- 商品名为Perspex(拉丁语为通明)

95N24-32S.PPT

2L195N24-32

PMMA的发展

Crawford和Hill皇家化学工业(1934)

John Crawford和Rowland Hill于1934年在皇家化学工业公司（ICI）发明聚甲基异丁烯酸(PMMA)。皇家化学工业公司生产的PMMA的贸易名字是Perspex(tm)，该词在拉丁语中是“透明”的意思。

另外的PMMA产品是Lucite(tm)由美国的EI du Pont de Nemours公司生产(Refojo，Dabezies，1984)。

43

PMMA用于巩膜镜片

PMMA迅速成为制造巩膜镜片的材料

95N24-33S.PPT

2L195N24-33

PMMA用于巩膜镜片

PMMA很快用来取代玻璃制造的巩膜镜片。它的优点是：

镜片较轻，使得镜片较少骑跨在角膜下方。制造容易，允许
- 制造更薄的镜片
- 可由配镜师自行修改镜片。

IV.A.1 PMMA用于PMMA隐形眼镜

44

PMMA用于巩膜镜片

- William Feinbloom (1936)
- Ernest Mullen (1938)
- Theodore Obrig (1938)
- Istvan Gyorrfy (1938)

95N24-34S.PPT

2L195N24-34

PMMA用于巩膜镜片

它开发一种混合形隐形眼镜，由透明的角膜部分和半透明巩膜部分组成。塑料较轻并且可与眼睛兼容。在1937年美国视光学杂志（American Journal of Optometry)中的“塑料隐形眼镜”中，他描述使用印模技术来给病人装配隐形眼镜(Knoll，1977)。

Ernest Mullen(1938)

听说了Feinbloom的工作，Mullen对开发一种完全塑料的隐形眼镜感兴趣。在1938年，他在从Theodore Obrig来的病人中使用铸模巩膜镜片，装配“非常”成功。在这期间他与Obrig保持联系，且决定在波士顿建立Mullen-Obrig 实验室，然而合伙时间较短。Mullen还被认为首先发现泪液透镜能够改变镜片度数的人（Bailey，1979)。

Theodore Obrig (1938)

Obrig使用塑料(巩膜边缘)制作隐形眼镜，他的贡献是发现用荧光素和钴兰光线来检查镜片下泪液。他认为舒适度决定是否镜片配戴成功。在1938，和Mullen-Obrig实验室分手后，“全塑料镜片”在Obrig Laboratories 公司成功生产 (Salvatori，1979)。

Istvan Gyorrfy(1938)

出版了一篇论文题目为“全塑料镜片的历史”。他宣称他发现Plexiglas(tm)作为合适的隐形眼镜材料并且使用它们成功地为他的病人制作全塑料巩膜镜片。在1939年十月的他的另外出版物上，描述了全塑料镜片设计的详细情况和成功率，他是塑料隐形眼镜历史上的第一个人。

45

DENNIS C ENGLAND (1946)

第一个PMMA角膜隐形眼镜专利被拒

95N24-35S.PPT

2L195N24-35

Dennis C England (1946)

England在1941创立他的诊所和DMV专业隐形眼镜公司。他的创造力使得他在世界上首先用PMMA制作角膜隐形眼镜。他在1946年一月申请了一个专利(美国专利642144)，但是他的申请又被拒绝了 (Bailey，1986)，因为：

- 许多眼睛出现了不规则的角膜表面，角膜弧度仪尚没有应用。
- 角膜空隙是镜片配戴舒适度的主要要求。
- 如此的镜片显然与E Kalt(1887)镜片(玻璃材料)相似。

46

Heitz, 1988
The CLAO Guide to Basic Science & Clinical Practice
Fig. 1.21
WB Saunders Company

2L10114-96

Kevin M Tuohy (1946)

Tuohy在Mullen-Obrig实验室工作直到1940，而后他加入在Solex Laboratories的Jay Villagran和Solon Braff。

在Solex Laboratories实验室，Tuohy认为可以用PMMA来制作角膜隐形眼镜。第一个镜片的直径大约为11毫米和厚度为0.4毫米。它比角膜光学区弧度平，且有一个周边弧度称为“巩膜边缘”使得避免镜片上缘撞击巩膜。

他在1948年为他的镜片设计申请了一个专利，他在1950年得到了该专利。不清楚为什幺Tuohy获得专利而England却没有获得(Bailey，1987)。特别有趣的是Tuohy的设计在临床上是不接受或不成功的，而England镜片使用角膜平行配适却是成功的。

47

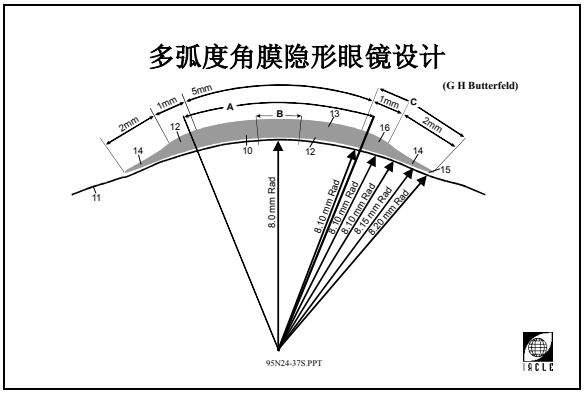
KEVIN TUOHY (1946)

第一个被授予角膜隐形眼镜专利

95N24-36S.PPT

2L195N24-36

48



2L195N24-37

George H Butterfield (1950)

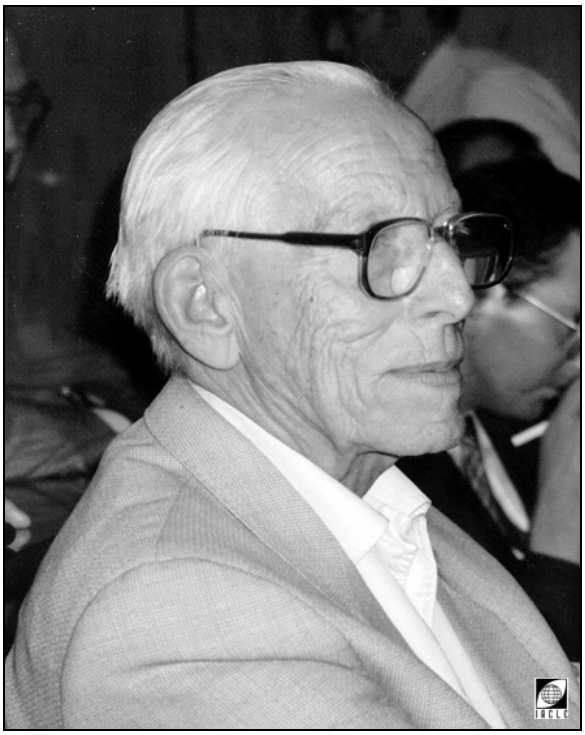
Tuohy的角膜隐形眼镜设计是单一基弧，且配适需要比角膜弧度平1.50D。Butterfield的美国专利2，544，246中描述的多基弧的概念改进了镜片的设计(Mandell，1988)。镜片较平坦的后周边弧度和角膜非球面相似，这逐渐成为现代硬性隐形眼镜的配适概念。

B 水凝胶和硅胶隐形眼镜

49

2L195N24-38

50



2L10115-96

51

2L10110-96

Wichterle and Drashoslav Lim (1954)

1954年，在Prague捷克斯洛伐克科学院研究高分子化学的 Otto Wichterle教授(幻灯片50)和Drashoslav Lim医生(幻灯片51)提出：医学塑料领域的专家使用塑料来代替金属材料植入眼眶，因为塑料更加和人体组织相近。

他们发现一个稳定的透明胶，聚甲基丙烯酸羟乙酯（PHEMA)，是一种吸水聚合体（含水量38.6%)可渗透营养和代谢物。他们在1956年试戴了他们第一个镜片。由于镜片太重和易碎使得镜片配戴失败。PHEMA材料易碎的特征通过制成干凝胶水化后来克服。因此出现了聚甲基丙烯酸羟乙酯(HEMA)隐形眼镜，该镜片通过离心成形来制作。用HEMA制造镜片在捷克卫生部的支持下开始于1961年结束。

在捷克卫生部停止支持后，Wichterle和他的妻子Linda在自己家厨房中试验离心成形方法。他们使用他们的儿子玩具和一些玻璃杯在垂直轴上旋转。在这段时间他们能生产4种较好的镜片。他们在1961年为他们的新技术申请了专利，同年得到了该专利。1962年末，他们设计和建造半自动的隐形眼镜生产线。在1963年实现了自动化生产。

52

O WICHTERLE和D LIM (1954)

- 合成了第一个和人体兼容的水凝胶材料
- 第一个镜片在1956年在人类眼睛上配戴，但是因为太重和易碎而不成功

95N24-39S.PPT

2L195N24-39

53

O WICHTERLE和D LIM (1961)

- 捷克卫生部停止对研究项目的支持
- Wichterle和他妻子继续研究，成功用离心浇铸制成“4种很好的镜片”
- 在1961年该技术获得专利

95N24-40S.PPT

2L195N24-40

54

软性隐形眼镜开发

- 美国国家专利发展公司和Robert Morrison购买来离心浇铸技术专利- 1964
- Bausch & Lomb公司获得制造许可用离心浇铸制造镜片 - 1966

95N24-41S.PPT

2L195N24-41

55

软性隐形眼镜开发

- 美国FDA归类软性隐形眼镜为“药物” - 1968
- Bausch & Lomb 获得FDA批准上市 *SofLens* - 1971

95N24-42S.PPT

2L195N24-42

软性隐形眼镜开发

Wichterle 镜片的旋转成形技术、材料和设计吸引美国专利开发公司的兴趣(NPDC)和 美国的Robert-Morrison医生的关注。在1964年，他们买断了该专利并且决定使镜片商品化(这时NPDC买了Morrison医师的股份)。

在1996年，Bausch &Lomb获得生产许可，并开始制造隐形眼镜，在1968年美国食物和药品管理局 (FDA)把隐形眼镜归类为“药品”并且要求政府批准。在1971年FDA批准Bausch & Lomb公司生产和销售隐形眼镜Soflens™。

56

硅胶弹性体镜片

- 1956，Walter E Becker开发硅胶弹性体隐形眼镜。他在那年提交一个专利申请。
- 他的专利在1959年被Breger Müller-Welt Laboratory，芝加哥)获得。
- Dow Corning在1972获得Breger镜片，但是直到1981年才得到FDA批准销售镜片。

硅胶弹性体镜片

- Walter Becker获得硅弹性体镜片专利 - 1956
- Joe Breger获得Becker专利 - 1959
- Dow Corning公司获得Breger技术- 1972

95N24-43S.PPT

2L195N24-43

57

硅胶弹性体镜片

制造商：

19世纪70年代，美国Dow Corning的Ron Seger和Wayne Trombley设计了一种新的硅胶弹性体镜片，叫Silsoft(tm)，可以作为日戴和无晶体眼长戴镜片。FDA在1981年批准上市。这技术在1985年由Bausch & Lomb购买。另外的制造商是：

- Danker Laboratories公司，美国，生产SilaRX(tm)。
- Wohlk Laboratories公司，德国，生产Silflex(tm)。
- Titmus Eurocon公司，德国，生产Tesicon(tm)。
- Nippo公司，日本，生产Nippon(tm)(以后停业)

硅胶弹性体镜片
制造商

- Dow Corning公司获得FDA批准在1981年生产硅胶镜片
- 在1981年Bausch & Lomb获得Dow Corning公司的硅胶镜片技术

95N24-44S.PPT

2L195N24-44

58

John de Carle (1970)

在英国，de Carle倡导了连续配戴或永久配戴隐形眼镜。他推理增加镜片含水量和减低镜片厚度直接可以提高透氧率。这使得他开发了Permalens™，HEMA多聚物，71％含水量的聚乙烯基吡咯烷酮和甲基丙烯酸(Refojo，1994)。Global Vision公司在英国制造和销售Permalens。后来美国的CooperVision公司购买了该镜片，它在1981年获得美国食物及药品管理局批准。

JOHN de CARLE (1970)

- 探索和开发长戴型软性隐形眼镜
- 开发Permalens™

95N24-45S.PPT

2L195N24-45

59

软性隐形眼镜生产革命：

19世纪70年代Wichterle、Lim和de Garle引导了各种聚合体和多聚体开发和生产公司的快速发展。这些导致了用于长戴和日戴镜片的现代设计和材料开发。

注释：

隐形眼镜设计的历史在单元2.4和2.5中讨论。

19世纪70年代

软性隐形眼镜设计和制造快速发展

95N24-46S.PPT

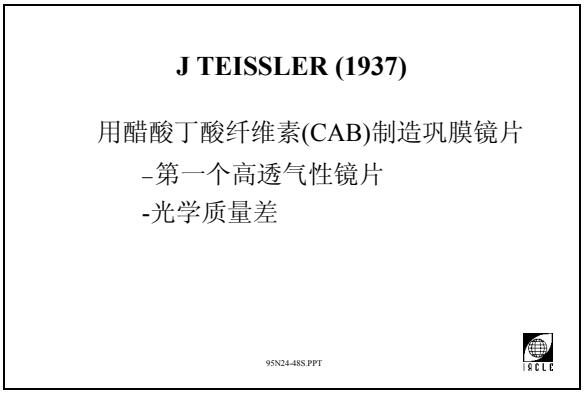
2L195N24-46

IV.C 高透气硬性隐形眼镜

60

2L195N24-47

61

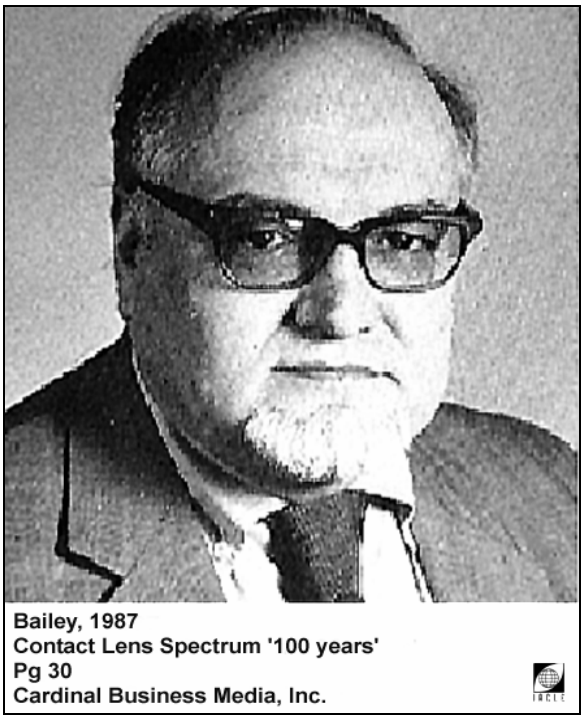


2L195N24-48

J Teissler (1937)

Teissler来自前捷克斯洛伐克，1937年在国际眼科会议上展示了他的接触镜。该镜片全部用赛璐珞塑料材料(醋酸纤维素)并用一凹模铸模而成。

62



2L10109-96

Norman Gaylord和Leonard Seidner (1972)

Norman Gaylord (左图)是聚合体化学家和美国New Jersey的Gaylord研究所所长。

Leonard Seidner是配镜师并且是美国Guaranteed 实验室主任。后来他成为Polymer Optics公司的员工。他被称为“透气硬性镜片之父”。

在19世纪50年代后期，Seidner对开发软性镜片材料感兴趣。因为需要好的聚合体化学家，他邀请Gaylord开发和生产软性隐形眼镜材料。然而因为软性隐形眼镜材料要获得美国食物及药品管理局批准的费用非常昂贵，该项目在1969年被放弃了。

探索有足够透氧性能的硬性镜片材料使得人们注意到硅胶和碳氟化合物。

在1972，Gaylord为聚硅氧烷丙烯酸酯调和烷基丙烯酸酯向美国FDA提交专利申请。同年他又递交了氟丙烯酸酯和异丁烯酸材料的专利申请。在1974年他的两个材料均获得了专利。

63

2L10116-96

在1977年，拥有Polycon™（硅氧气烷丙烯酸）镜片和Gaylord的专利的Polymer Optics公司把专利买给了Seidner所在的Syntex Ophthalmics公司。

值得注意的是Gaylord的发明启发了其它镜片制造商开发具有更高的透氧性能的镜片材料包括氟硅胶、氟多聚体和聚乙烯等等。

左图：Leonard Seidner

64

第一个高透气性镜片

- 硅胶丙烯酸
- 在1972年被Norman Gaylord授予“Polycon”专利

95N24-49S.PPT

2L195N24-49

65

Stahl, Reich, Ivani, 1974
journal of the American Optometric Association
Pg 302
American Optometric Association Inc

2L10666-96

Norman O Stahl、Leon A Reich和Edward Ivani(1974)

在1974，Stahl、Reich和Ivani在美国视光学协会的杂志上发表文章描述了一种新的透气镜片材料。该新型聚合体材料(醋酸丁酸纤维素-RX-56(tm))制成的镜片有高折射率和高强度并且抗高温(Stahl等.，1974)。它的透氧性比PMMA高，使得角膜能够更好地保持正常新成代谢。

该材料在生产中镜片尺寸不稳定，影响了该镜片的商业化。

左图：Norman O Stahl。

66

Stahl, Reich, Ivani, 1974
journal of the American Optometric Association
Pg 302
American Optometric Association Inc

2L10667-96

左图：Leon A Reich。

67

2L10668-96

左图：Edward Ivani。

V 抛弃型隐形眼镜

68

2L195N24-50

69

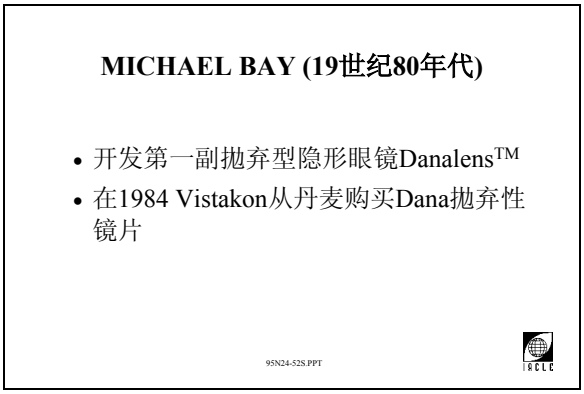
2L195N24-51

Orlando A Battista 医师(1978)

Battista是科学家在美国的Texas州Fort Worth创立了Research Service公司，他被认为发明了“抛弃型镜片”的概念，目前称为抛弃型隐形眼镜，每个包装有6个镜片(Bailey，1979)。他的镜片用骨胶原材料制成，后来证实该镜片不稳定，且在某些泪液酶的作用下会溶解。

因为以上原因，胶原材料制造的镜片目前尚未商业化(Mertz，1995)。

70



2L195N24-52

Michael Bay(19世纪80年代)

高含水量水凝胶材料可以取代胶原材料制造抛弃型隐形眼镜。然而他们不是没有问题。

Danalens™是世界上第一个上市的抛弃性隐形眼镜，该镜片单个包装用于长戴。该镜片是MIA Contact Lenese公司的Michael Bay发明的。

Bay和一组丹麦工程师还发明了稳定软性铸模工艺来制造Danalens™ (Mertz，1995)。

生产缺陷(差的光学性能和边缘)、费用不低和包装困难使得该镜片在19世纪70年代和 80年代无法上市。经常更换镜片的确可以提供一种选择来防止镜片引起的眼睛并发症。

在19世纪80年代后期，计算机技术使得可以大量生产镜片，且减低生产成本。

71

抛弃型镜片的商业成功

- 1987
  - -Vistakon在美国有限上市Acuvue抛弃型镜片
- 1988
  - - Vistakon上市Acuvue
  - - B & L上市Seequence
  - - CIBA Vision上市NewVues

95N24-53S.PPT

2L195N24-53

抛弃型镜片的商业成功

Danalens(tm)镜片的问题被美国食物及药品管理局批准的Etafilcon A材料(58%含水量)所解决，并且用“水泡眼”压缩包装。在1987年，Danalens™被强生Vistakon购买并且开发出Acuvue™ 镜片，该镜片在美国销售取得成功。

在1988年，Bausch & Lomb也上市了它的第一个经常更换型镜片。同年，视康公司也上市了New Vues™。

72

日戴型抛弃型镜片 (1994)

- 强生Vistakon首先上市日抛性抛弃性镜片
- 使用自动连续镜片的生产技术

95N24-54S.PPT

2L195N24-54

日戴型抛弃型镜片(1994)

验光师在回顾抛弃型镜片后，发现他们可以让戴镜者日戴镜片并且每两周更换。Vistakon的研究表明抛弃型镜片有生理性优点。这推动了完全自动连续生产线称为“Maximize”的开发来大量生产镜片，用于每天更换的抛弃性镜片。

在1993年，强生Vistakon公司推出1－Day Acuvue™，同年Bausch & Lomb公司推出它的每天抛弃镜片Occasions™。

附录 A

隐形眼镜发展的主要事件和镜片材料发展的里程碑

1845 John Herschell对于隐形眼镜应用理论有巨大的贡献。

1886 Xavier Galezowski用治疗性隐形眼镜向角膜给药/

1887 Müller兄弟给眼睑疾病提供了吹制玻璃保护罩。

1988 Adolf Fick发表他的有关兔角膜配戴玻璃罩的研究。

1888 Eugene Kalt用玻璃罩矫正圆锥角膜。

1889 August Müller在他自己的眼睛（近视14D）上进行试验并且描述角膜水肿的效果。

1892 DE Sulzer报道使用切削玻璃镜片。

1892 Henry Dor用正常盐水来替换镜片下葡萄糖溶液。

1896 Thomas Lohnstein制作“水镜”称为Hydrodiascope。

1896 在1894年发表A Elschnig有关镜片配戴评论后，Adolf Fick对隐形眼镜失去兴趣。

1896-1912 很少隐形眼镜发展。

1911 Jena的Carl Zeiss上市第一付全研磨镜片，该镜片设计用数据来标定并且可以精确复制。

1912 Carl Zeiss生产了大约2000付镜片。

1913 DH Erggelet发表文章讨论用隐形眼镜给单眼无晶体眼配戴。

19世纪20年代 在美国和欧洲制造了近5000付镜片。

1929 Fischer提出角膜呼吸是镜片耐受的因素，且主张在镜片下面加一个气泡作为二氧气化碳排除空间。

1929 Von Csapody用比眼睛硬的低熔点石蜡来塑形眼睛。

1930 Poller发明Negocoll来给眼睛取模，一种藻酸盐浇铸材料是Hominit。

1930 Andrew Rugg-Gunn医师感到“英国人在心理上不喜欢”隐形眼镜。

Philadelphia的Rohm和Haas开发丙烯酸树脂(有机玻璃，PMMA的前身)用于航空工业。

1934 Joseph Dallos在角巩缘区域开孔。

John Crawford和Rowland Hill取代多（甲基丙烯酸盐）。

1935-1939 在美国销售大约10，000付镜片。

1935 Müller-Welt of Germy

配戴有散光巩膜部分和研磨角膜部分的吹制玻璃镜片。

1937 William Feinbloom医师试图制造结合透明角膜部分和半透明巩膜部分的镜片。

1937 Prague J Teissler医师用赛璐珞材料制造角膜巩膜镜片不成功。

1938 Theodore Obrig开始使用2％荧光素钠和钴蓝光估计镜片配适。

1938 进一步开发聚甲基丙烯酸盐（PMMA）材料。

1938 William Feinbloom、Theodore Obrig、Ernest Mullen和Istvan Gyorrfy制造第一付PMMA镜片。

1939 Clifford Barnes和Harry Hind创立第一个眼科护理液公司Barnes-Hind。

19世纪40年代 在世界大战期间隐形眼镜配戴者增加，且导致战后镜片配戴者增加和PMMA化学改进。

1946 在美国大约销售50，000付镜片。

1948 Kevin Tuohy开发装配比角膜K读数更平坦的大直径(11.5 -12.5毫米)PMMA镜片。巩膜PMMA镜片快速消失。

1949 在美国大约销售200，000付镜片。

19世纪50年代 隐形眼镜和角膜生理学相互关系引起注意。

1950 Kevin Tuohy获得角膜镜片专利。

1950 George Butterfield主张“平K”配适的角膜镜片，且取得第一个多弧度镜片设计专利。

1953 Sohnges，Neill和Dickinson介绍“微镜片”，直接为9.5毫米并且配适比K平0.3-0.6毫米。

1956 Otto Wichterle和Drahoslav Lim生产实验性水凝胶多聚体，并提出抛弃型镜片的可能性。

1956 Walter E Becker开始研究硅胶用于隐形眼镜。

1961 Wichterle和Lim开发水凝胶多聚体并且获得离心成形镜片方法的专利。

1966 Bausch & Lomb签署一个水凝胶材料和生产技术的许可协议

1970 John de Carle开发HEMA高含水量镜片材料Permalens™。

1971 Bausch & Lomb开始在美国上市Soflens水凝胶隐形眼镜。

1972 Dow Corning获得硅胶镜片技术。

1974 Gaylord获得高透气镜片专利。

1978 Orlando A Battista开发胶原隐形眼镜。

1984 Vistakon从丹麦购买Dana抛弃型镜片

1987 Vistakon开始有限度的在美国销售Acuvue抛弃型镜片。

1988 Vistakon、Bausch & Lomb和视康公司生产抛弃型镜片

附录B：John Herschel先生有关光线的论述

359. 角膜Malconfor-mations。 用框架眼镜成功矫正严重的病例	但是这些不全是因为结构有缺陷引起的视力不良。角膜结构不正常是常见的，几乎无一例外。它们可能在闭上一只眼睛让另外一只眼睛看非常小的发光物体才可以发现（2－3天的新月可以用来作为观察的物体来发现眼睛的缺陷）并且向不同的方向转动头来观察。线条可能会变成2条、3条或多条，且可能会变形。在不同的环境下，小心观察它的外观将可以发现眼睛表面屈光不良的现象，且指导合适的治疗。B Airy （Cambridge Philosophical协会学报）引用了他自己眼睛的显着和有启发性例子。从中央有缺陷的镜片，他发现折射的光线在垂直方向的焦点比水平方向近，因此使得眼睛无法看清。角膜不是旋转对称体（每个切面的弧度应该是相同的），垂直面的弧度比水平面的要弯。因此这样的角膜无法通过球形镜片来矫正。严格讲，镜片需要有与角膜相同的度数，且内表面需要和角膜不规则散光的表面完全相同，外表面需要有规则的球性度数。因此镜片后表面的光线扭曲必须和角膜前面光线扭曲相抵销。但是矫正镜片的必要性的限制使得这些镜片需要用玻璃研磨，并且每天使用。该镜片的表面可以是球形、平面和柱镜或Airy医师建议的双面凹面，其中一面是球面另一面是柱镜面。球形表面常规用来矫正太凸的角膜的缺陷，圆柱形可以有同样的解释。
	‡如果角膜不规则很严重，值得考虑通过在球性玻璃罩下填充透明动物胶来矫正该角膜但可能视力不会很好；或是角膜不能精确塑模或用透明媒体压模。操作是虽然很复杂的，但是比把眼球摘下并且取出内容物要简单。

***摘自John Herschel先生发表在Metropolitana 百科全书1845版本第4卷上有关镜片在眼睛上的光学理论概念。**

参考文献

Bailey NJ (1979). *Coming attraction: The throw-away Lens*. CL Forum. 4(2): 21-25.
Bailey NJ (1979). *The Muller story*. CL Forum. 4(2): 77-80.
Bailey NJ (1986). *The contact lens primer: The England lens.* CL Spectrum. 1(2): 56.
Bailey NJ (1987). *The contact lens - past, present and future.* CL Spectrum. 2(7): 6-51.
Bailey NJ (1987). *Neal Bailey's contact lens chronicle.* CL Spectrum. 2:19.
Broff SM (1983). *The Max Shapero lecture: Contact lens horizons*. Am J Optom & Physiol Opt. 60: 851-858.
Efron N, Pearson R (1988). *Centenary celebration of Fick's* Eine Contactbrille. Arch Ophthalmol. 106: 1370 - 1377.
Fatt I (1993). *Sir John Fredrick William Herschel: The man and his time.* Optician. 206(5408): 26-27.
Fieldman GL, Bennett ES (1992). *Aspheric lens designs*. In: Bennett ES, Weissman BA (Eds.) (1992). Clinical Contact Lens Practice. JB Lippincott Company. 1 - 11.
Graham R (1959). *The evolution of corneal contact lenses*. Am J. Optom and Arch Am Acad Optom. 36(2): 55-72.
Heitz R (1983). *Leonardo da Vinci did not invent contact lenses*. CLAO J. 9(4): 313-316.
Heitz RF (1984). *History of contact lenses*. In: Dabezies OH, *Contact Lenses: The CLAO Guide to Basic Science and Clinical Practice, Vol. 1,* Update *3*. Grune & Stratton Inc, Orlando. 1.1 - 2.3.
Hofstetter HW (1984). *Leonardo's contact concept*. CL Forum. 9(12): 15-17.
Knoll HA (1977). *William Feinbloom: Pioneer in plastic contacts.* CL Forum. 1(8): 29-32.
Lowther G, Snyder C (1992). *Contact Lenses: Procedures and Techniques*. 2nd ed. Butterworth-Heinemann, Boston.
Mandell RB (1988). *Contact Lens Practice*. 4th ed. Charles C. Thomas, Springfield. 14-15.
Mertz GW (1995). *Developing Contact Lenses*. in draft.
Nissel G (1977). *The Müllers of Wiesbaden*. Cont Len J. 11(8): 15-19.
Phillips AJ, Stone J (Eds.) (1989). *Contact Lenses*. 3rd ed. Butterworths, London.
Refojoo MF, Dabezies OH (1984). *Classifications of the types of materials used for contact lenses.* In: Dabezies OH, *Contact Lenses: The CLAO Guide to Basic Science and Clinical Practice, Vol. 1,* Update *3*. Grune & Stratton Inc, Orlando. 11.2.
Ruben M, Guillon M (1994). *Contact Lens Practice*. Chapman and Hall, London.
Sabell AG (1989). *The history of contact lenses*. In: Phillips A, Stone J (Eds.) (1989). *Contact Lenses*. 3rd ed. Butterworth & Co. Ltd.
Salvatori PL (1979). *The Obrig story*. CL Forum. 4(1): 36-37.
Sposato P (1986). *Father of the RGP lens*. CL Spectrum. 1(3): 50 - 52.
Stahl NO, Reich LA, Ivani E (1974). *Report on laboratory studies and preliminary clinical application of a gas permeable plastic contact lens.* J Am Optom. 45: 302-307.

单元2.2

(4小时)

讲座2.2：隐形眼镜材料和制造

实习2.2：隐形眼镜类型介绍

小组辅导2.2：隐形眼镜制造过程

课程概述

讲座2.2：隐形眼镜材料和制造

I. 理想镜片材料的属性
II. 软镜和硬镜的透氧率和氧传导性
III. 不同类材料的优点和缺点
IV. 生物兼容性
V. 高透气硬镜和软镜的制造技术
VI. 特殊镜片类型
VII. 染色隐形眼镜
VIII. 混合镜片
IX. 管理问题和好的制造实践

实习2.2：隐形眼镜类型的识别

- 演示
- 镜片类型的区别

小组辅导2.2：隐形眼镜制造过程

讲座2.2

（2小时）

隐形眼镜材料和制造

目录

I 理想镜片材料 39

II 生理属性 41

III 物理属性 46

IV 其它属性 49

V 透气硬镜聚合体 53

V.A 硅氧烷丙烯酸 55

V.B 氟硅氧烷丙烯酸 57

V.C Perfluoroethers材料 59

VI 透气硬镜的制造 61

VI.A RGP制造方法 63

VI.B RGP镜片质量保证 67

VII 软性隐形眼镜 69

VIII 软性隐形眼镜材料 75

VIII.A 软性隐形眼镜聚合材料 75

VIII.B 离子性 77

IX 软隐形眼镜制造 78

IX.A 软镜片制造方法 78

IX.B 软性镜片质量保证 84

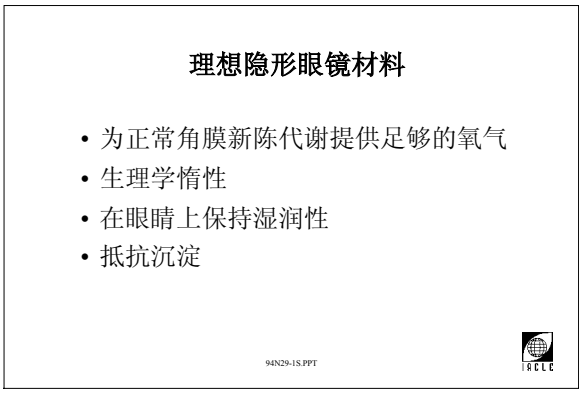
X 软性镜片染色的类型 85

XI 其它隐形眼镜类型 89

XII 管理方面 90

I 理想镜片材料

1



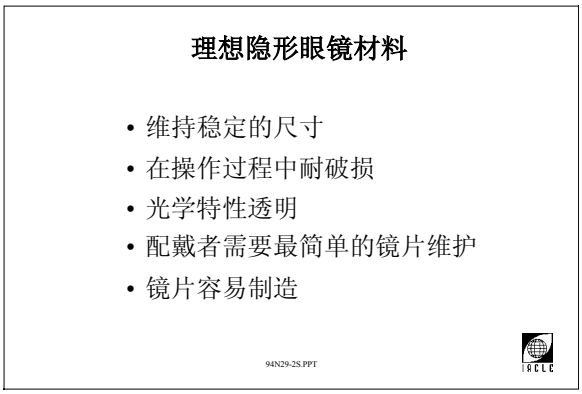
2L294N29-1

理想隐形眼镜材料

理想隐形眼镜材料是：

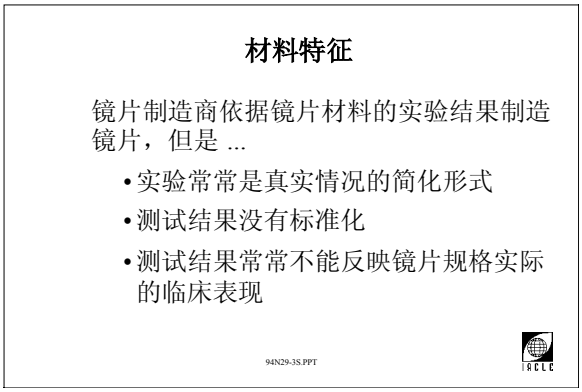
- 为正常角膜新陈代谢提供足够的氧气。
- 生理学惰性。
- 在眼睛保持湿润性。
- 能抗老化，尤其是抗沉淀。
- 维持稳定的尺寸。
- 在操作过程中耐破损。
- 最小光线透照阻碍。
- 符合光学规律，因此它光学效果可以预测。
- 物理属性使得镜片可制成和维持高质量的表面。
- 配戴者需要最简单的镜片维护。
- 镜片容易制造。

2



2L294N29-2

3



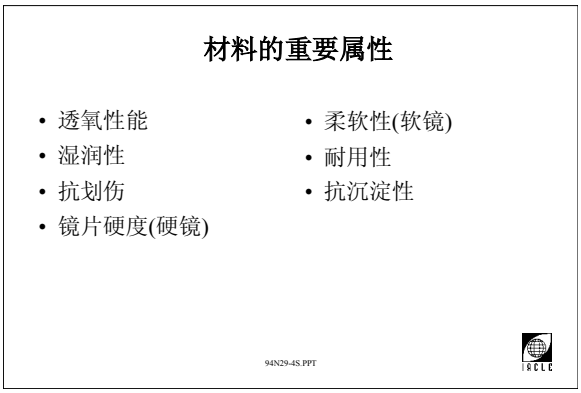
2L294N29-3

材料特征

镜片制造商依据镜片材料的实验结果制造镜片，但是：

- 实验结果常常是真实情况的简化形式。
- 不同的制造商的测试结果是不同的，且没有标准。
- 测试结果常常不能如实反映该镜片规格实际的临床表现。

4



2L294N29-4

重要材料属性

- 透氧性能是材料属性而不是镜片属性。
- 好的湿润性对长期配戴镜片是必要的。
- 抵抗划伤是确保镜片保持光学属性的必要条件。
- 镜片硬度(硬镜)决定镜片在眼睛上能够抵抗扭曲的最小厚度，特别是有散光的角膜。
- 如要维持参数稳定，镜片材料需要有稳定性。
- 为了镜片配戴舒服、视力好和最小不良反应，镜片需有良好的抗沉淀性。
- 镜片应该承受正常的操作和配戴，即不容易破碎。
- 柔软性(软镜)也是一个关键因素，可使得镜片符合角膜表面。

II 生理属性

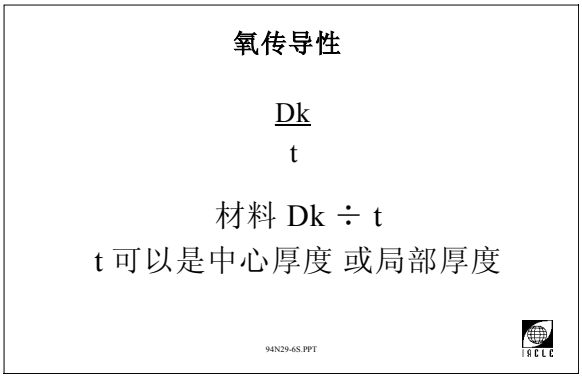
5

2L294N29-5

透氧性能

透氧率(Dk)是镜片的重要参数之一。该属性是固有的材料属性(同于材料特定的重力或折射率)。它不随镜片的厚度，形态和后顶焦度(BVP)而变化。

6



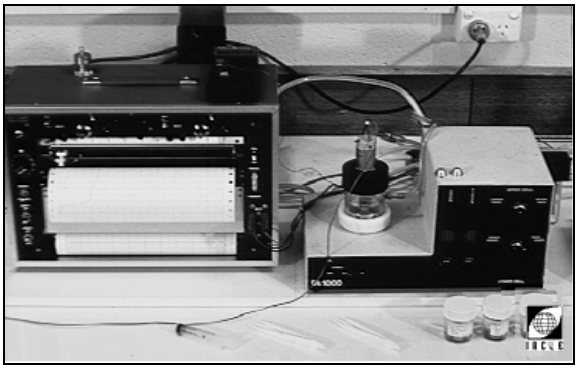
2L294N29-6

氧传导性

氧传导性，Dk/t，是材料的Dk(透氧率)除以镜片厚度。

厚度t可以是tc(几何中心厚度)或局部厚度，这些取决于计算何种氧传导性。
D = 材料的扩散系数。
k = 气体在材料中的溶解度。

7



2L20464-92

氧传导性的测量

JDF -Dk1000(tm)氧传导性库仑测定仪显示在幻灯片中(左)。它是测量镜片氧传导性性(Dk/t)仪器之一。装置使用库仑测定技术。测试的镜片放在环境控制的容器中。数据可以打印在记录器(参考插图)或计算机(数据记录器)上。透氧率（DK）可从氧传导性（Dk/t）和厚度来换算。

有关电量测定法和极谱法技术参阅参考文献Fatt. I(1971)和Winterton等(1987)。

8

Dk_{O_2}

材料	Dk 极谱法	Dk 极谱法 (矫正)	Dk 库仑测定法
Toray A	138	103	150
FluoroPerm	74	57	66
Optacryl Z	71	53	56
Equalens	63	49	48
Quantum	55	43	45
Optacryl EXT	53	41	37
Paraperm EW	46	36	39
Paraperm O_2	16	12	11

94N29-7S.PPT

2L294N29-7

Dk测量技术比较

表格比较极谱法Dk测量技术（有边缘效应和边界效应矫正）和库仑测量法用于测量一些透气硬镜材料（RGP）的结果。校正极谱法和库仑测定法的大多数材料的测量结果相似的。而Dk值较高的材料，两者的差异变大。如果Dk大于或等于100的材料用库仑测定法结果更精确的。透气硬镜这里的透氧率(Dk)范围比水凝胶的要广。理论上测定体积的系统也能使用。然而目前未被采用。

9

氧传导性

实验室测量的结果:

- Dk/t

在眼(间接)测量:

- 戴镜过夜后角膜水肿
- EOP（等效氧百分比）
- 镜片摘除后的角膜氧气需要

94N29-8S.PPT

2L294N29-8

10

等效氧百分比 (EOP)

测量EOP可分为两步:

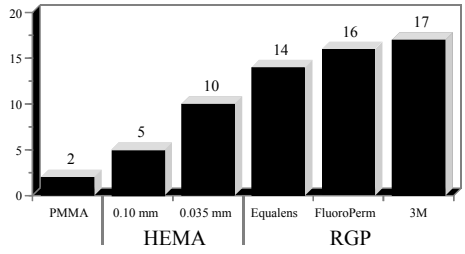
- 使用不同的混合气体以及空气5分钟环境测定角膜不配戴镜片时的需氧量
- 镜片配戴5分钟后测量角膜的需氧量把它与准数据比较，得出戴镜时角膜的需氧量

94N29-9S.PPT

2L297202-9

11

隐形眼镜配戴时的EOP



94N29-10S.PPT

2L294N29-10

氧传导性

氧传导性是在实验室中测量的结果，用来推算材料的透氧率（Dk）。

Dk/t是由测量材料的厚度计算而得的，称为氧传导性，有活体上，有3种间接方法来推断镜片的氧传导性：

- 测定戴镜过夜后角膜水肿。
- EOP或称等效氧百分比。EOP表示混合气体中氧气的浓度(平衡氮和水蒸汽)，并且产生和配戴隐形眼镜具有相同的角膜反应。
- 镜片摘除后的角膜氧气需要。氧气要求是在镜片摘除后即刻测量的。对氧气的要求和镜片下面存在的氧气张力有关直接关系，并且可能产生镜片下氧气饥渴。

EOP

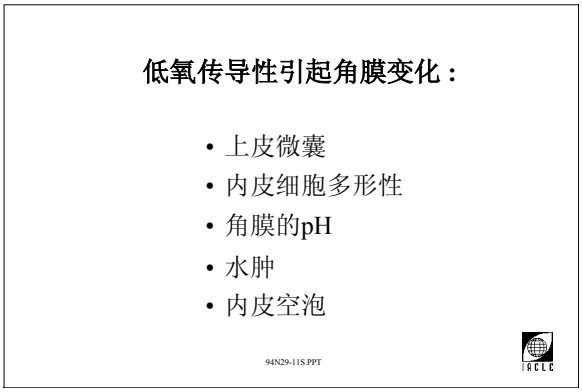
EOP可以是静态的(不瞬目)或动态的(正常瞬目时)。动态EOP在硬片和软片中比静态要高2－3倍(Efron，1991)。EOP可在兔子或人类眼睛上测量。它和镜片厚度和实验室所在的纬度有关。

EOP测量分2步。

- 使用不同的混合气体以及空气来测定角膜不配戴镜片时的需氧量，时间为5分钟。该过程可测量出角膜对外界气体的需氧量的标准曲线(通常通过紧扣的潜水镜)。气体是湿润的以便防止角膜干燥。
- 镜片配戴5分钟后，测量角膜的需氧量，把它与标准曲线数据比较。在空气中配戴镜片5分钟后，测量角膜的需氧量。通过比较测量数据和校正曲线，可能估算配戴镜片时的等效氧百分比。

第三张幻灯片显示不同镜片和材料下等效氧百分比（EOP）的数值。实验镜片具备标准镜片参数，特别是镜片厚度和后顶焦度。

12



2L294N29-11

低氧传导性引起角膜变化

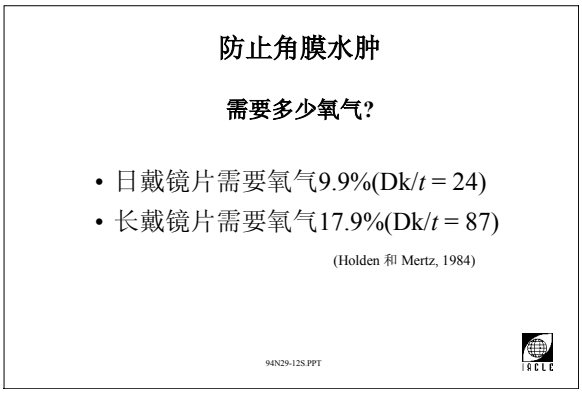
下列情况表明配戴隐形眼镜后角膜发生缺氧：

- 上皮微囊。

被认为是球形的紊乱生长细胞，坏死组织和细胞碎片积聚在上皮细胞间，可能还包括代谢产物。在镜片长戴时，微囊的数目增加，特别是镜片的氧传导性（Dk/t）较低时。当镜片的Dk/t增加后，在长戴和日戴镜片中微囊均减少(参阅Brown，1971、Zantos，1981、Holden和Sweeney，1991)。

- 内皮细胞多形性。
  缺氧能够引起内皮细胞大小范围增加。
- 角膜pH。
  二氧化碳储留使得角膜酸化。
- 水肿。
  水肿影响内皮泵的功能，使得角膜水储留并且水肿。
- 内皮空泡。
  缺氧引起角膜pH变化，从而引起角膜内皮马赛克样短暂变化。

13



2L294N29-12

防止角膜水肿

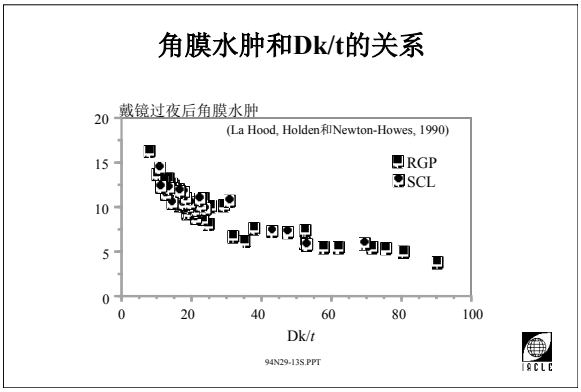
我们知道正常角膜新陈代谢需要氧气。然而还不知道角膜需要多少氧气。目前有许多说法。

下列是从Holden和Mertz的研究得出的数据被大家广泛地接受作为广泛有用指导：

- Dk/t = 日戴(DW)24。
- Dk/t = 长戴(EW)87。

这些数据来自于配戴隐形眼镜眼镜的实验。

14



2L294N29-13

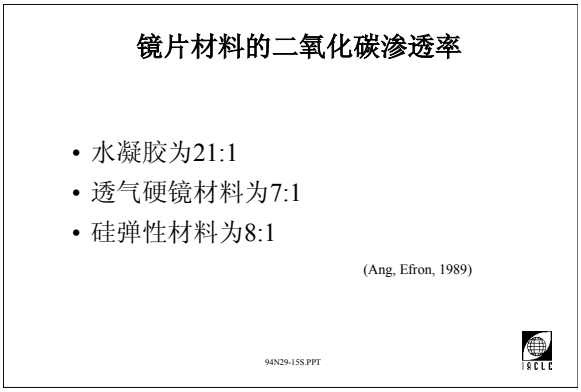
角膜水肿和氧传导性的关系

该幻灯片显示不同氧传导性(Dk/t)的透气硬镜和软镜戴镜过夜后的角膜水肿研究结果。可发现角膜种类对结果影响较少。然而，镜片的氧传导性对角膜水肿有显著的影响。

15

2L294N29-14

16



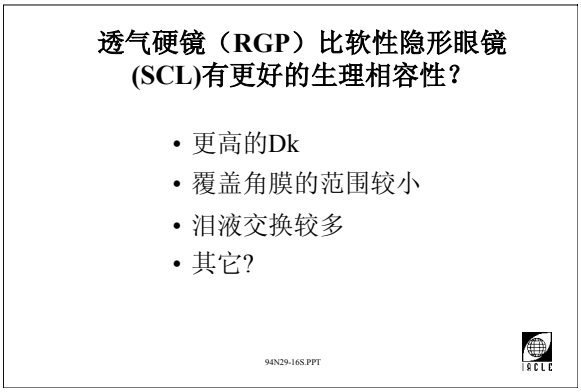
2L294N29-15

镜片材料的二氧气化碳渗透率

目前主要的镜片材料的二氧气化碳渗透率是：

- 水凝胶为21：1
- 高透气硬性镜片材料为7：1
- 硅弹性体材料为8：1(Ang，Efron，1989)

17



2L294N29-16

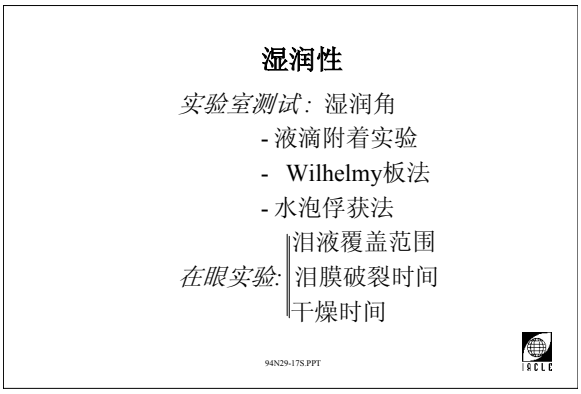
透气硬镜比软性隐形眼镜(SCL)有更好的生理相容性？

- 透气硬镜材料比水凝胶镜片有较高的透氧率，事实上，有些材料的透氧率比100%的水都高而常规的水凝胶受到材料属性限制。
- 透气硬镜覆盖角膜的范围较小，没有覆盖的部分可正常地呼吸。
- 透气硬镜下的泪液交换对角膜氧代谢的作用较大，而软镜下的泪液交换是很少的。
- 隐形眼镜对角膜新陈代谢的影响尚不明确。

目前已知软镜比RGP对二氧气化碳氧传导性(DkCO2)较大，但是还不明白其在临床上的作用。

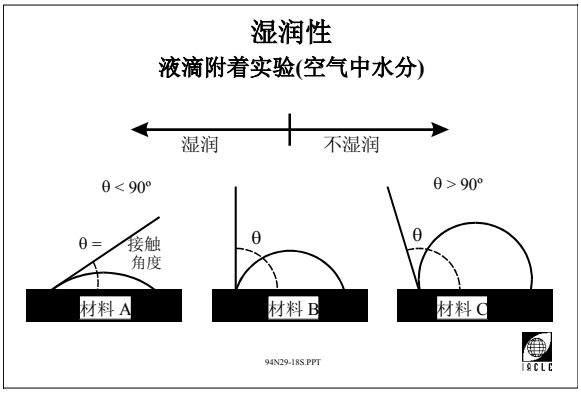
III 物理属性

18



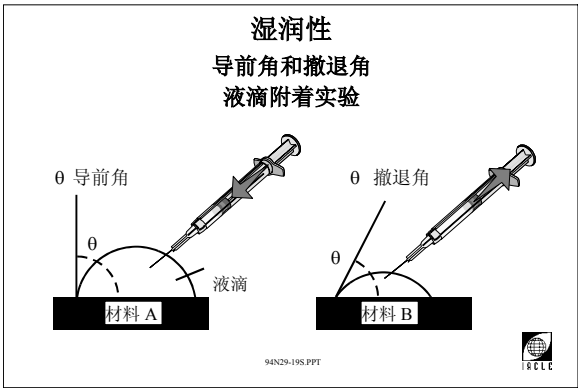
2L294N29-17

19



2L296213-18

20



2L296213-19

湿润性

实验室测试：

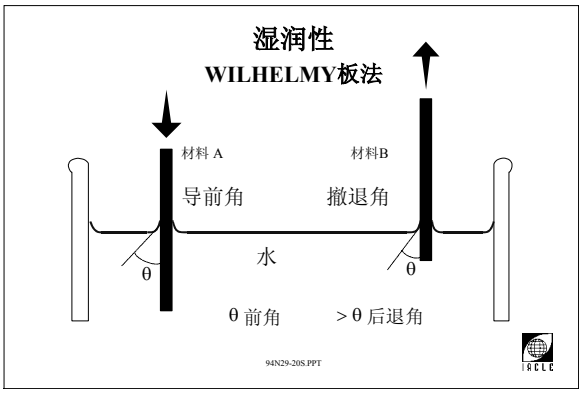
- 液滴附着实验(空气中)：

  将一滴纯水放在测试材料表面。测量水滴表面的切线与水平的测试表面的角度(参阅幻灯片22)。

  - 零角度 = 湿润性完全
  - 小角度 = 湿润性一般
  - 大角度(特别 > 90°) = 湿润性差。

  加入较多的水后水泡增大，可能测出导前角。当抽出些水后，水滴减小并且可测出撤退角。后退角度通常是较小的(显示较好的润湿性)，因为水滴的角度涉及表面湿润性。

21

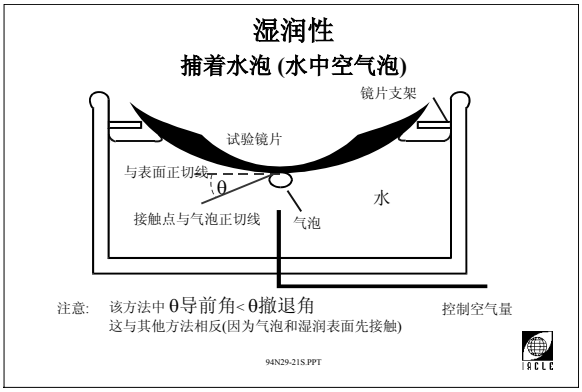


2L296213-20

- Wilhelmy板法：

  测试材料的平板放入水中。该方法可能测量材料的导前角，可固定水滴法相似。同样，拉回测试板可能测量撤退角。再次撤退的角度是较较小的。

22

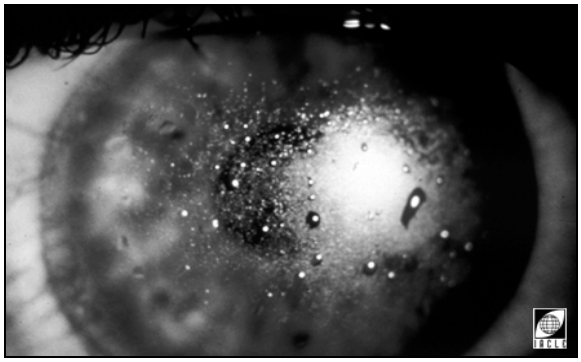


2L296213-21

- 气泡俘获：

  在一个凸面向下的镜片表面有一个空气泡。侧面观察气泡而测出与材料接触的角度。通过增加或减少气泡的大小来测量导前角和撤退角。注意这方法测量的撤退角是较大(即和其它方法相反)，前面方法的材料表面预先没有湿润。

23



2L20015-95

在眼实验方法：

- 泪液覆盖范围：

  评估泪液完全覆盖镜片表面的能力。不完全的泪膜显示在幻灯片23中。

- 泪膜破裂时间(BUT)：

  评价镜片保持完整泪膜的能力。

  如果完整的泪膜形成并且保持，泪液水分成分蒸发使得泪液脂质层弥漫进入水分层。最后，脂质侵入粘液层使镜片表面出现干燥斑。于是泪膜出现局部破裂点。测量瞬目到泪膜破裂的时间。时间过短表明材料湿润性差。

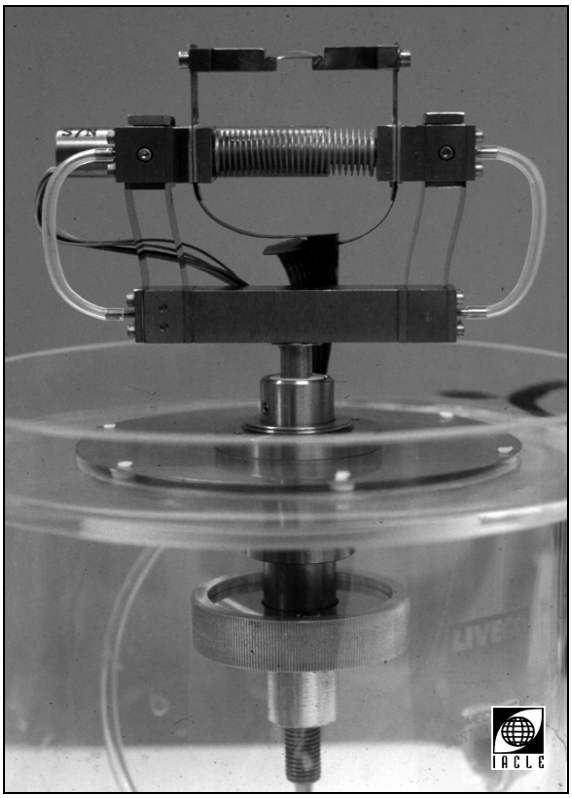
24

2L294N29-22

25

2L21408-93

26



2L21754-91

弹性

实验室方法：

- 硬度：

  使得标准材料样本（弯曲）屈服变形所需要力量。

- 角膜和隐形眼镜研究所(CCLRU)的方法：

  一个按标准参数设计的镜片具有一致的直径放置的装置上面。测量出“力量”和镜片直径变化之间的关系曲线。由Vitrodyne(tm)仪器(参阅插图)来测量。控制玻璃罩内的环境是控制的，压力可能通过气体精确地控制。直径依靠线性移位传感器精确测定。详细细节(幻灯片26)显示金属风箱加载压力，移动传感器直接连在支架上，镜片夹在两个支架上面。该仪器能用来测量软镜和透气硬镜。

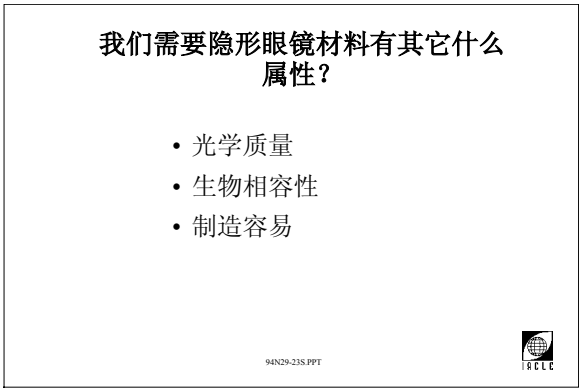
在活体上测量：

- 剩余散光：

  较硬的镜片材料较少依附角膜。在有角膜散光的眼睛上，较硬的镜片产生变形较小，且产生较少的剩余散光。

IV 其它属性

27



2L294N29-23

我们需要隐形眼镜材料有其它什么属性？

- 光学质量：
  - 材料需要透明并且光线散失少。
  - 材料需要有光学同类性，即它的折射率在各个部位均相同，除非有意使得它们不同，且该不同是可能控制的。
- 因为在长戴时镜片会引发生理和物理性组织变化，因此镜片材料需要有生物相容性。特别是材料不能含有可渗透的化学成分来侵害角膜和/或结膜。
- 制造商的观点认为，镜片材料的特性应利于镜片的加工。使用难加工的材料会增加镜片的成本，影响镜片的可靠性，所以镜片制造商对该材料加工性要求很严。

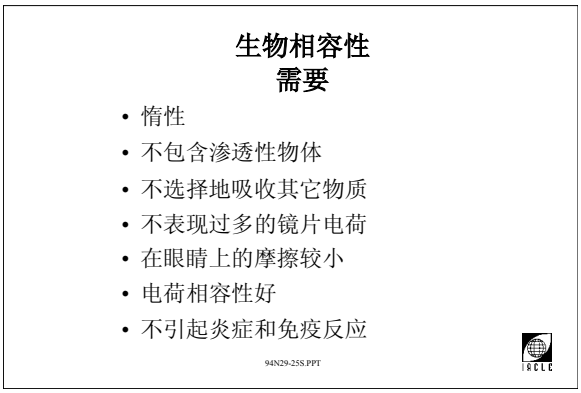
28

2L294N29-24

光学属性

- 折射率 (n)：这个材料固有特性，决定了镜片的厚度。通常，较高的折射率较好，如果不考虑其它因素，如重量或经济收益。
- 光谱的透照应该在可见频谱内是相同的，使得不改变可见目标的颜色，因为镜片材料对某些波长的光吸收会改变可见目标的颜色。镜片染色，包括淡的染色可能改变配戴者的色觉。
- 色象差是指不同波长的光线折射角度的不同。主要折射角度是通过测量绿色水银线而得到的(546.07nm)。主要偏差来源于材料对蓝光(479.99nm)和红(643.85nm)光的差别。色象差受到这种偏差的错误。较大的偏差会产生较大的色觉象差(深度和横向)。
- 任何光学杂质、半透明或不透明区域会引起光线散射。当配戴这样的镜片时，会引起视力模糊、面纱样眩光和光线丢失。

29



2L294N29-25

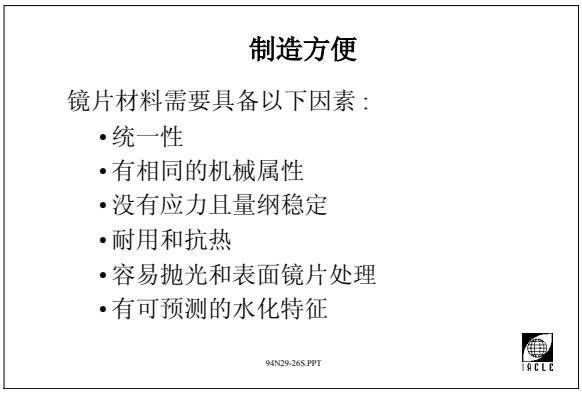
生物相容性

隐形眼镜材料需要有以下特征：

- 惰性，即它们不应该和眼睛、泪液和镜片护理产品起反应或引起其它材料和这些成分起反应。
- 在它们之间和/或其它化学成分之间，它们不参与任何酶，激活剂或催化产物起反应。
- 不包含渗透性物体，特别是水凝胶镜片，因为透过镜片的水分有可能传递眼睛所不需要的物质到达眼睛表面。通常渗透的物质是指没有聚合的单体、交叉链接成分或不可预知化学染料、水化加速剂和其它镜片制造过程中的化学成分。
- 不选择地吸收的代谢物、毒素、微生物或其它环境物质。
- 不表现过多的镜片电荷，因会从环境中吸附过多的化学和生物沉淀物。
- 在眼睛上的摩擦较小。材料应该保持一个较好的表面，并且在湿润时的摩擦力较小，镜片运动较润滑，且在镜片护理时和手指摩擦安全。
- 电荷相容性好。镜片材料应该不扰乱角膜表面电子属性 (角膜表面是负电荷的，潜在的不同电荷差的范围是20-40mV)。通常，透气硬镜镜片比软镜对角膜的电荷差影响大。
- 即使配戴镜片较长时间，也不引起眼睛前段的炎症和免疫反应。

这些要求也适用于其它在镜片制造过程中使用的辅助材料，因为这些材料有可能进入眼睛。

30



2L294N29-26

制造方便

制造容易的镜片材料需要具备以下因素：

- 统一性。最终的隐形眼镜材料必须是统一的，特别是镜片表面质量应该是可控制的，终产品具有良好的可重复性。

- 有相同的机械属性。材料的机械属性决定了镜片在制造过程中的变化。镜片的生产条件相同，因此每批镜片材料的机械属性变化应该是较小的。

- 没有应力，具量纲稳定。如果镜片材料，特别镜片毛坯，如果内部有某种应力，它会在镜片制造过程中释放出来。使得地终产品变形和形态不规则。

- 如果一种材料出现量纲不稳，镜片在制造的每个过程中都可能变形。这种变形可能快速或缓慢发生，后者很难判断其原因是因为材料属性、制造过程或镜片储存过程。

- 耐用和抗热。材料必须能进行精密制造，特别是弧度切削和抛光镜片操作。后者产生局部温度升高并且可能影响表面质量或产品表面性能。

- 容易抛光和表面处理。不考虑材料或制造的方法的情况下，材料必须保持表面质量。当镜片水化过程中，镜片膨大时较需要保持该特性。即需要镜片均匀膨大来保持镜片表面质量。模压的镜片是通过镜片模具高质量的表面来获得较好的镜片表面质量的。

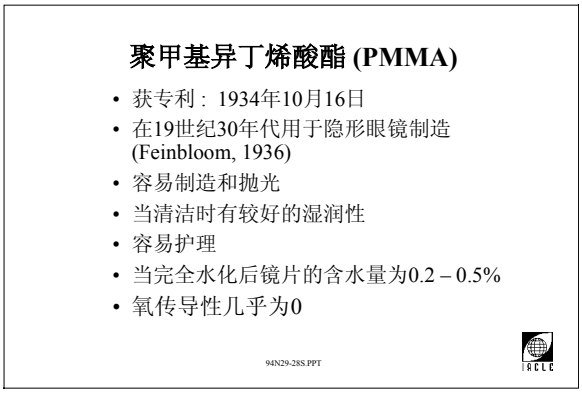
- 有可预测的水化特征。不论是硬片或软片，镜片在水化过程中的表现是非常重要的。这对水凝胶毛坯（材料是无水或“干燥”的）制造镜片时更加重要。批次之间的差异，特别水化特征，是决定相同镜片重复性的最重要的因素。为了达到较好的重复性，制造商经常购买大批的镜片材料，在加工前对材料进行批量属性的细微研究。

V 透气硬镜聚合体

31

2L294N29-27

32

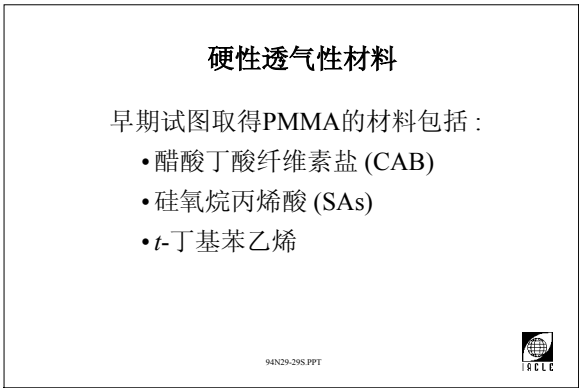


2L294N29-28

聚甲基丙烯酸甲酯 (PMMA)

- 获专利：帝国化学工业公司1934年11月16日(UK)。
- 在19世纪30年代用于隐形眼镜制造 (Feinbloom 1936、Mullen 和Obrig，1938)。
- 容易制造和抛光。
- 当清洁时有较好的湿润性。
- 容易护理。
- 硬性。
- 当完全水化后镜片的含水量为0.2 – 0.5%。
- 氧传导性几乎为0。
- 引起“配戴框架眼镜视力模糊”，且长期配戴会引起角膜内皮多形性和/或“角膜衰竭综合征”。

33



2L294N29-29

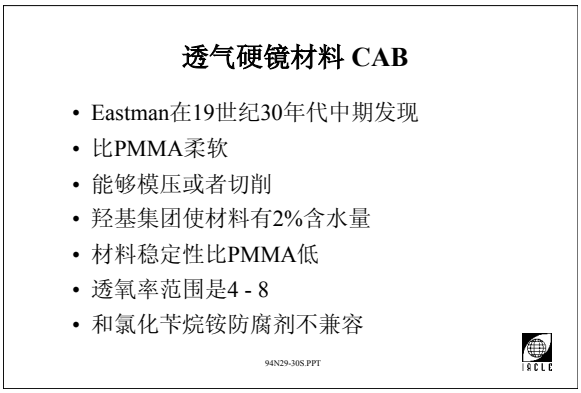
硬性透气性材料
早期试图取代PMMA：

当明白了PMMA的缺点后，人们试图寻找较好的材料。

早期试图包括：

- 醋酸丁酸盐纤维素(CAB)：
  是一种工程塑料，较容易磨损、低透氧率并且切削困难。然而它有相对较好的湿润性。
- 硅氧烷丙烯酸 (SAs)：在19世纪70年代早期获专利，随后许多制造商成功使用该材料。它的改良品种目前仍然在使用。
- t-丁基苯乙烯：
  是一个较新的材料有高折射率和低重量特性两者均是较好的镜性属性。然而，镜片表面容易划伤，且报道有些护理液会减低镜片湿润性。

34



2L294N29-30

透气硬镜材料

CAB

- Eastman在19世纪30年代中期发现，Teissler在1937年应用于巩膜接触镜。直到1972/73年使用于透气硬镜(Rynco科学公司的RX-56镜片，参阅Stahl等，1974)。
- 略有弹性和疏水性。
- 能够模压或者切削。
- 容易适应，可能因为羟基集团的作用使材料有2%含水量和适度的镜片湿润性。
- 材料稳定性比PMMA低。
- 透氧率范围是4 –8，(即是聚甲基丙烯酸羟乙酯(HEMA 或PHEMA)的一半。
- 与氯化苄烷铵防腐剂不兼容。

35

2L294N29-31

透气硬镜材料

丁基苯乙烯(t-丁基苯乙烯)：

- 透氧率25，在当时该材料是具有相当的竞争力。
- 1.533的折射率是任何透气硬镜材料之中最高的。
- 特定的密度(SG) 0.95是任何透气硬镜之中最低的。
- 高折射率和低密度的组合使得该镜片可制造成最薄和最轻的镜片。该镜片可较理想地用于高度数的镜片制造。
  该材料在市场不是特别成功。

V.A 硅氧烷丙烯酸

36

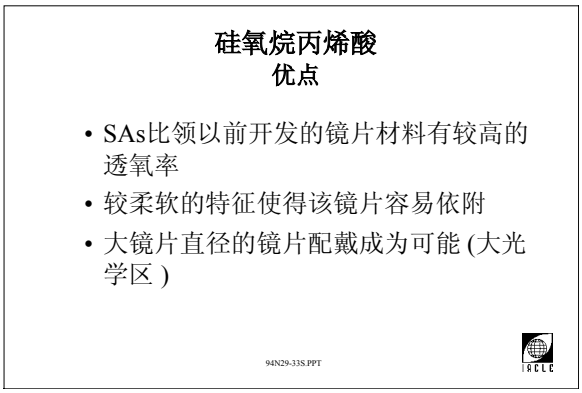
2L294N29-32

硅氧烷丙烯酸

属性：

- 在19世纪70年代后期PolyconTM（1974获专利)，原始的硅氧烷丙烯酸材料开始了透气硬镜的时代。
- 以PMMA为主干网使得该材料有它的物理属性，有特别的硬度。
- Si-O-Si结合使得镜片有弹性和伸展性。这使得镜片有较好的透氧性能，但是镜片硬度较小。
- 透氧率的范围低和高之间差异很大。
- 一个润湿基成分用来提供镜片的湿润性，通常是甲基丙烯酸。
- 材料化学特性在镜片表面呈负电荷，因为材料用有酸作为镜片湿润基成分的甲基丙烯酸。

37



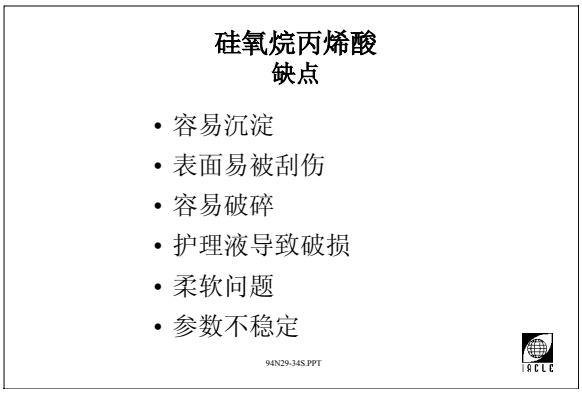
2L294N29-33

硅氧烷丙烯酸 (SAS)

优点：

- 硅氧烷丙烯酸比以前开发的镜片材料有较高的氧传导性。在当时，该镜片有利于减少角膜对镜片的生理反应。
- 硅氧烷丙烯酸较柔软的特征使得该镜片容易依附于角膜表面。这减少镜片在配戴时的偏位现象。
- 因为镜片较好的生理相容性和低硬度使得较大直径的镜片配戴成为可能。允许镜片增加镜片光学区来克服小镜片光学区引起的问题，避免在暗光线下小的镜光学区引起的眩光。

38



2L294N29-34

硅氧烷丙烯酸

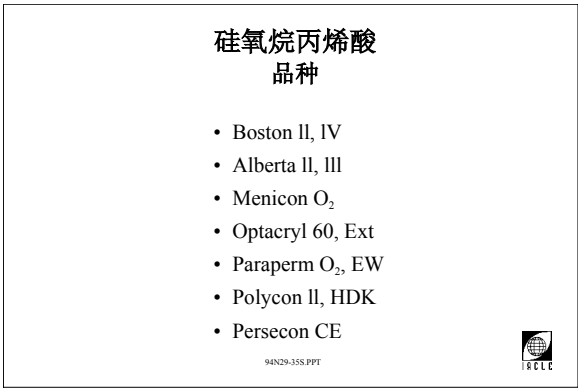
缺点：

- 表面电荷和表面化学特性使得该类镜片容易吸附沉淀物。
- 硅氧烷丙烯酸材料有相对“软”的表面，因此它们容易被刮伤。
- 硅氧烷丙烯酸材料相对易碎和容易破裂。
- 一些硅氧烷丙烯酸材料在和某些镜片护理产品使用时会出现“镜片破裂”情况。可能是内部压力释放的结果使得表面和基质发生破坏。
- 低的硬度使得镜片按角膜表面形态依附，因此降低了该类球形镜片矫正散光的程度。硅氧烷丙烯酸材料低硬度引起的弯曲问题可能

与材料含有硅成分有关。

- 硅氧烷丙烯酸镜片参数可能受到使用时间、环境、镜片护理产品和储存或散光眼睛对镜片的压力等因素的影响而发生改变。这一改变可能会慢慢地恢复，但是不会完全恢复。在镜片制造期间的未知因素可能也会影响镜片参数。

39



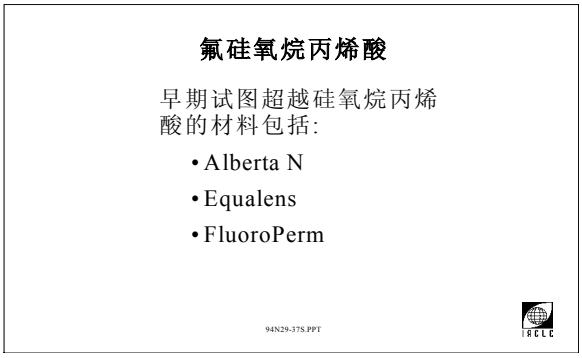
2L294N29-35

V.B 氟硅氧烷丙烯酸

40

2L294N29-36

41

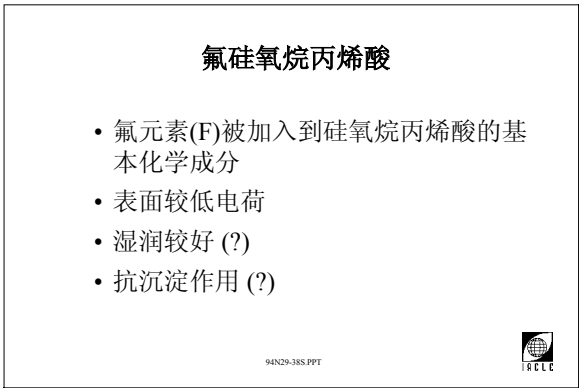


2L294N29-37

氟硅氧烷丙烯酸(FSAs)

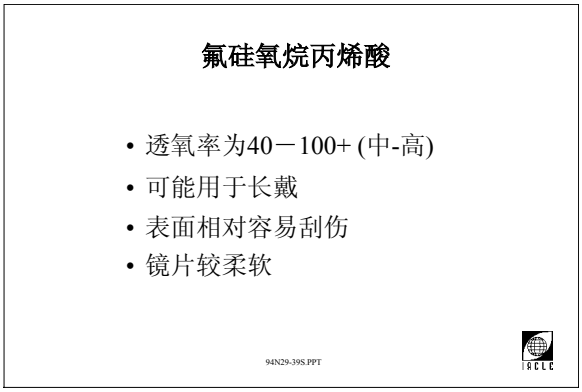
FSAs材料进一步提高了镜片透氧率，且提高了镜片抗沉淀的能力。

42



2L294N29-38

43



2L294N29-39

氟硅氧烷丙烯酸

属性：

- 部分氟元素(F)被加入到硅氧烷丙烯酸的基本化学成分中，以便增强氧气的通透性。
- 表面电荷较低。
- 有些材料湿润较好。
- 有些材料有较好的抗沉淀作用。然而如TeflonTM，聚四氟乙烯或或 (PTFE)不符合上述规律。
- 透氧率为40 -100或更高。
- 透氧率较高并且足够用于镜片长戴。
- 氟硅氧烷丙烯酸比硅氧烷丙烯酸通常较柔软。
- 表面相对容易刮伤。

44

氟硅氧烷丙烯酸
品种

- Equalens
- Fluorex
- FluoroPerm
- Quantum ll
- Alberta N-FL

94N29-40S.PPT

2L294N29-40

V.C Perfluoroethers材料

45

PERFLUOROETHERS材料

3M fluorofocon A
(Advent ™)

94N29-41S.PPT

2L294N29-41

Perfluoroethers材料

3M的perfluoroether镜片材料是新的且不同于氟硅氧烷丙烯酸的材料。该材料制造的AdventTM镜片已经停止制造了。

Perfluoroether有以下成分组成：

- 氟。
- 氧气。
- 碳。
- 氢。

Fluorofocon A包括：

- Perfluoroether。
- PVP (聚乙烯吡咯烷酮)。
- MMA (甲基丙烯酸)。

46

PERFLUOROETHERS材料
优点

- Dk 90+ (高)
- 较可能用于长戴
- 没有表面电荷
- 在眼睛上较可塑

94N29-42S.PPT

2L294N29-42

Perfluoroethers材料

优点：

- 高透氧率可能足够支持镜片长戴。
- 没有表面电荷，这样减少镜片污损的可能性。
- 镜片的高弹性使得镜片容易附和角膜形态。这使配戴后有稳定的视力和较好的舒适度。然而，镜片对角膜的符合度也可能是一种缺点。

47

PERFLUOROETHERS材料
缺点

- 低折射率
- 高重力
- 低产出/高成本
- 湿润性一般
- 在眼睛上较为可塑

94N29-43S.PPT

2L294N29-43

Perfluoroethers材料

缺点：

- 低的折射率对于有固定处方而言镜片较厚。
- 高重力对于有固定处方而言镜片较重。
- 这两点使得该镜片材料有明显的缺点。较厚和较重的镜片正好和理想的镜片相反。
- 制造成功的比率比其它材料低，且每只镜片的费用较高。制造镜片较昂贵。
- 碳氟化合物镜片表面的湿润性是一般的。
- 在眼睛上镜片变形和对角膜的符附度减低了球镜矫正角膜散光的程度。

48

透气硬镜材料

透气硬镜材料

透氧率

0	PMMA
低 (<40)	Airlens ll, Alberta, Alberta N, Boston lV, Fluorex 100, 200, 400, FluoroPerm 30, Optacryl K, Ext, Paraperm O_2, O_2+, EW Polycon ll

94N29-44S.PPT

2L294N29-44

按透氧率大小分组。PMMA的透氧率实际上是零，下一组是低透氧率(<40)镜片。仅仅它们其中的一些仍然在生产。

剩余组是：透氧率为40 - 60 和 >60。这是目前透气硬镜制造工艺的主要材料。

49

透气硬镜材料

透氧率

低至中 (40-60)	Boston 7, Equalens, Fluorex 600, 800, FluoroPerm 60, Polycon HDK
中一高 (>60)	Equalens ll, FluoroPerm 92, Menicon SF-P, Optacryl Z, 92

94N29-45S.PPT

2L294N29-45

VI 透气硬镜的制造

50

2L294N29-46

51

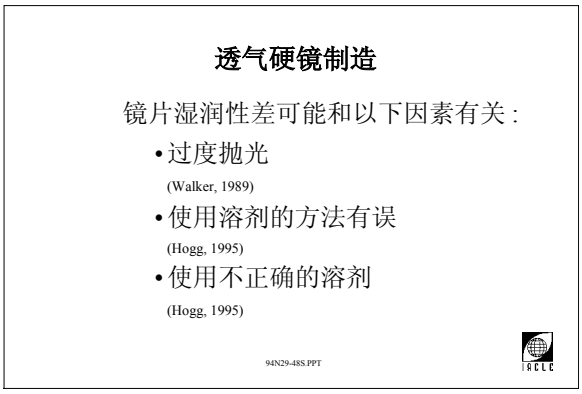
2L294N29-47

透气硬镜制造

在透气硬镜镜片制造过程中需要注意一些事项，特别有机溶剂接触镜片的时候。当使用粘连剂和溶解剂清洗镜片毛坯和镜片时，特别需要注意。

在镜片切割和抛光过程中，需要注意不要形成局部加热，而引起局部镜片表面变形。

52



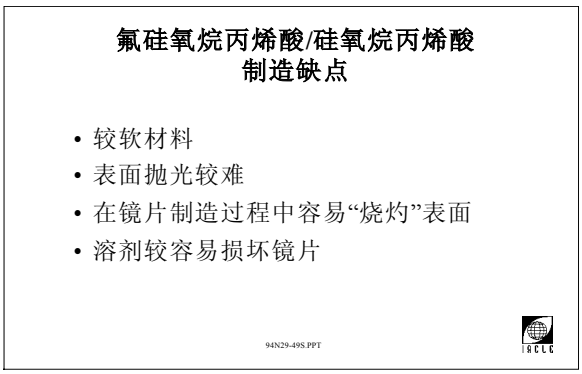
2L294N29-48

透气硬镜制造

镜片湿润性差可能和以下因素有关：

- 过度抛光使得镜片局部加热而改变镜片的光滑性 (Walker，1989)。
- 结合或不结合以上情况，使用不正确的溶剂或使用溶剂的方法有误，均会影响镜片最终的湿润性 (Hogg，1995)。

53



2L294N29-49

氟硅氧烷丙烯酸和硅氧烷丙烯酸

制造缺点：

- 通常比PMMA“较软”的表面，使该类镜片容易被刮伤。
- 表面抛光较难。
- 在镜片制造过程中容易“烧灼”表面。
- 在镜片制造期间溶剂较容易损坏镜片。
- 镜片后表面光学区曲率半径(BOZR)常常出现变化的，特别是高负度数镜片。
- 高透氧率的材料加入镜片越多，镜片的系数修改越难，特别是在验配实践中进行修

54

氟硅氧烷丙烯酸/硅氧烷丙烯酸
制造缺点

- 基弧明显平坦
- 较高透氧率镜片难以修改参数
- 重复性差

94N29-50S.PPT

2L294N29-50

55

氟硅氧烷丙烯酸/硅氧烷丙烯酸
制造缺点

- 制造困难
- 需要较复杂的设备
- 产品成本增加
- 比PMMA产量低

94N29-51S.PPT

2L294N29-51

改参数。

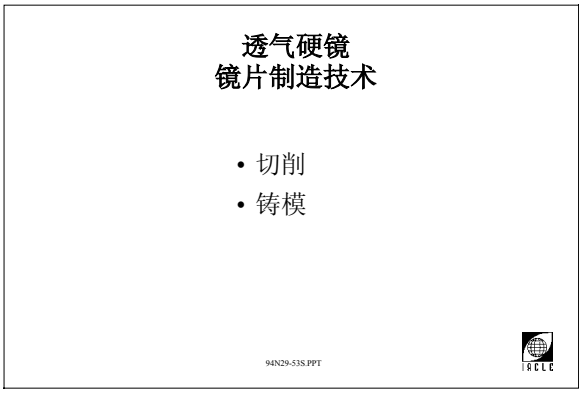
- 该类镜片的重复性比简单的PMMA和低Dk的硅氧烷丙烯酸要低。
- 制造过程较困难，且需要较多的注意有关事项。
- 需要较复杂的设备来制造该类镜片。
- 制造难度和复杂设备使得镜片的成本增加了。
- 制造期间的低成功率使得镜片产量较低。FSAs<SAs<PMMA。

VI.A RGP制造方法

56

2L294N29-52

57

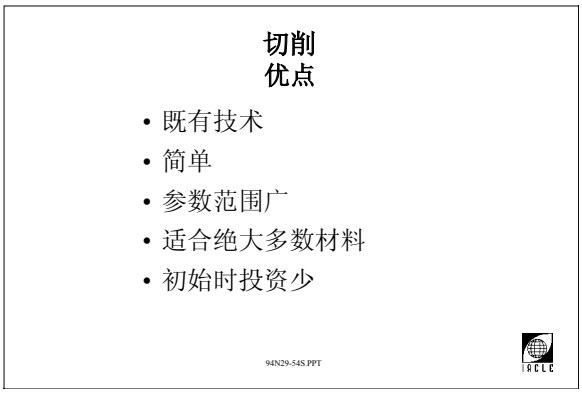


2L294N29-53

透气硬镜制造技术

- 切削。
  一种原始方法。切削是容易理解的，能够制作任何按一轴向对称旋转的物体，如隐形眼镜。
- 模压
  模压是目前常用的一种技术，液态或固态材料注入模具后进行聚合而形成隐形眼镜。一旦模子分开，镜片便形成了，且很少需要或不需要进行后续镜片加工。

58



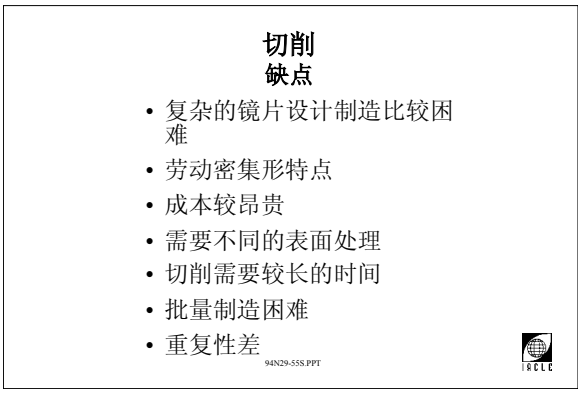
2L294N29-54

切削

优点：

- 切削是一种较简单的技术，且在隐形眼镜制造中需要较少的改进。大多数特殊技术已经早在另外的工业领域中开发了(如半导体和超精密加工程领域)。
- 在镜片参数上面几乎没有限制(如几乎任何半径均能够切削)，特别是应用现代的计算机数码控制的机器。
- 绝大多数虽不是全部，材料都是可切削的，虽然有些材料切削需要特别关注。
- 需要进行最小的投资来开发切削镜片的设备，因为每台车床投资是有限的，通常是现有货，并且辅助装置不复杂，也不昂贵。

59



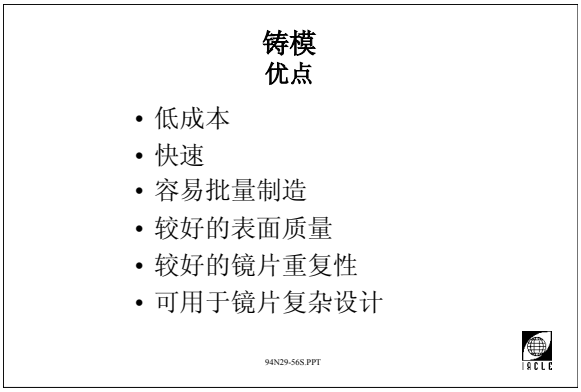
2L294N29-55

切削

缺点：

- 制造复杂的镜片设计比较困难、费时，且有时采用切削工具进行弓形运行不可能制造出对称的镜片的。一些计算机控制的机器已没有后者的限制。
- 劳动密集形特点使得产品成本较昂贵。
- 因为切削在镜片表面留有较细的切削纹使得该类镜片需要抛光。切削和抛光可能因为表面加热和抛光不同使得镜片表面有偏差。有些成功工具使得切削后的镜片不需要抛光。
- 切削的程序和步骤需要较长的时间。这限制生产效率且意味着如果没有许多机器同时工作，那么大量制造该镜片是不可能的。
- 因为制造过程需要许多步骤，因此很容易使得镜片参数不稳定。这是该类镜片的重复性差的原因。

60



2L294N29-56

铸模

优点：

- 减少了镜片制造的步骤，并减低了镜片单位成本。低单位成本使得镜片可能大量制造并有库存，而不是“按定单”或“即时”制造镜片。
- 这样简化过程使得镜片可能大量制造并且成本低。
- 镜片表面取决于模具表面的质量。一旦模具令人满意，所有随后的镜片应该有相似的表面质量。对于镜片参数也是同样，并且使得镜片有较好的重复性。
- 一旦复杂的设计模子成功完成，镜片制造的成本不会超过一个简单的镜片设计。所有的主要投资在“前期”了。生产成本决定于最大限度地利用前期投资制作的复杂的母模。

61

铸模
缺点

- 初始投资较大
- 投资限制镜片范围
- 不适合于所有材料
- 适合于制造库存镜片

94N29-57S.PPT

2L294N29-57

铸模

缺点：

- 因为需要昂贵而专门的设备，通常初期投入比较大。还需要许多定制设备。
- 每一规格镜片需要新的专用模具。这比车床改变数据要昂贵得多。
- 因为费用昂贵，常常限制镜片的参数范围，因而不能满足临床上最大的需要。市场上需要量较小的镜片常常被忽略。
- 不是所有的材料都可以被铸模，因为它们的化学成分或在聚合反应中大小尺寸会发生变化。
- 因为模压工具费用昂贵，不可能用该方法来制造定制镜片。在实际情况下，模压仅仅用于生产常用设计和参数，且为市场要求量大的镜片。

62

透气硬镜镜片
双光镜片

转换镜片

- 同心(环形)，中心用于远距离视力
- 渐进度数加载
- 植入度数加载

没有转换区镜片

- 衍射
- 同心圆远距离视力区位于中心
- 非转换区镜片设计需要镜片活动较少，这对生理学相容性不相符合

94N29-58S.PPT

2L294N29-58

透气硬镜

双光镜片

交替视镜片，当眼睛向下看时，该镜片在眼睛里向上移动，使眼睛看清楚近距离物体。镜片的其它部分可向上偏位。

- 同心(环形)，中心用于矫正远视力。
  镜片中周部分的前表面上加载了一个度数用于看近距离物体。远距离处方度数仅仅是在镜片中心，镜片边缘是常规的 (设计和厚度)形态，有利于镜片舒适度和护理。
- 渐进多焦加载。
  镜片中周部分混合有不同的度数，且加载在镜片前表面用于看近距离物体。从中央到周边偏位，近距离加载度数逐步增加。
- 植入度数加载。
  一种较高折射率材料的透镜通常成“D”形或新月状的成分加入到常规透气硬镜镜片毛坯中。

非交替视镜片

- 衍射。
  一系列同心圆光学区域，远距离和近距离屈光度交替变化加载在镜片后表面。交替屈光度加载是为了镜片设计较少依赖于瞳孔大小。
- 同心远距离视力区位于中心。
  和交替类型相似，镜片类型有一个远距离视力区(中心)和一个近距离区(中央旁区)。镜片外围跟正常透气硬镜设计相同。

- 非光学区镜片设计需要镜片活动较少，这违反镜片的生理相容性。

63

透气硬镜双光镜片制造

- **同心和渐近双光镜片**是通过常规切削或铸模技术来制造的
- **植入镜片**是在镜片毛坯内加入一个高折射率的成分，它们通常成"D "或新月状
- **衍射**：同心双焦区域模压到镜片的后表面

94N29-59S.PPT

2L294N29-59

透气硬镜的双光镜片制造

- **同心和渐近双光镜片**是通过常规切削或铸模技术来制造的。
- **植入镜片**是在镜片毛坯内加入一个高折射率的成分。它们通常成"D "或新月状。
- **衍射**：同心双焦区域模压到镜片的后表面。

64

透气硬镜镜片染色

- 在材料的混匀和聚合前将染料溶解在镜片材料单体中

或者:

- 在混匀和聚合前将色素散布在材料的单体间

94N29-60S.PPT

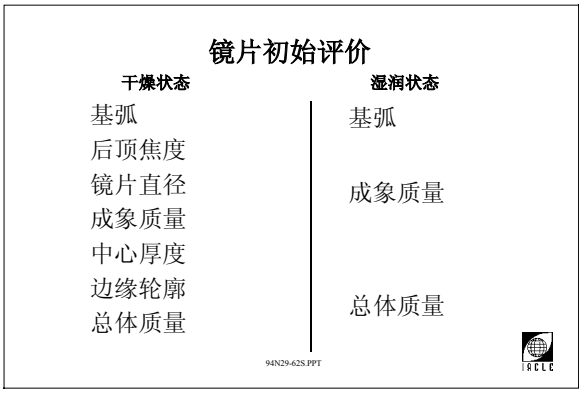
2L294N29-60

VI.B RGP镜片质量保证

65

2L294N29-61

66



2L294N29-62

镜片初始评价
在制造期间的镜片质量评价

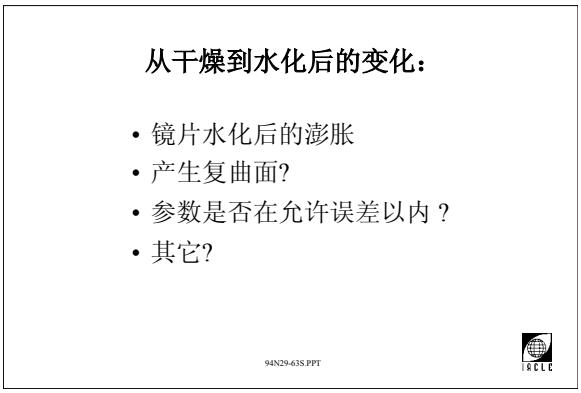
干燥状态：

- 基弧和镜片直径是最重要的测量值。
- 后顶焦度测量决定处方的度数。
- 成象质量评价镜片的光学质量。
- 中心厚度是一系列标准厚度或配镜师要求的，该参数会影响它的物理属性和生理性能。需要确认镜片的参数符合订单的要求。
- 镜片边缘轮廓对镜片舒适度是非常重要的。
- 需要评估总体工艺的质量来决定产品是否符合镜片订单，且有较好的临床表现和舒适度。缺陷可能包括边缘裂缝和表面划痕。

湿润状态：

- 基弧是很重要的。它影响镜片的配适和泪液的光学性。在镜片水化后基弧会平坦约0.03毫米。
- 再次评估成象质量来决定产品的光学质量。视觉质量取决于处方的准确性和镜片的光学质量。
- 再次进行评估镜片工艺，确定水化后没有出现以前没有发现的缺陷。

67

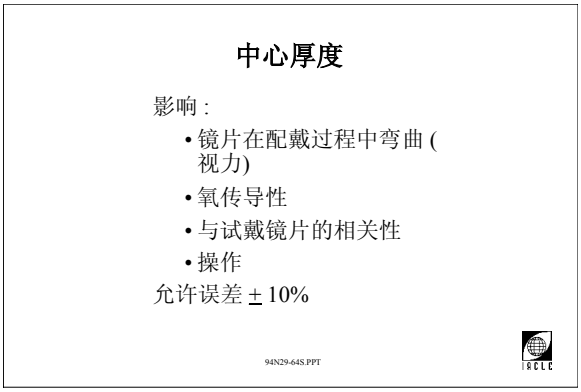


2L294N29-63

从干燥到水化后的变化：

- 镜片水化后澎胀、它的一致性和预测性决定镜片水化后的结果。透气硬镜的水化是很小的，但是仍然对镜片制造和临床起着显著影响。
- 任何不良的水化效果会产生镜片散光或使镜片外形不规则。
- 水化会影响视力质量。
- 标准，不论是由配镜师或标准权威设置通常规定一个允许误差。因此成品镜片需要在这些允许误差以内。
- 其它的变化较少见。有些是因为镜片材料纯度不够，镜片材料其它变化常见于镜片制造和制造中的意外或者不明因素。

68



2L294N29-64

中心厚度

影响：

- 镜片在配戴过程中弯曲。因为镜片可塑性使得镜片依附角膜的外形引起残余散光。
- 氧传导性和镜片厚度成反比，即镜片厚度增加Dk/t减少。
- 如果交付的镜片和试用镜片的厚度显著地不同，试用镜片的特性可能不能表征交付的镜片的特征。
- 镜片配戴。除了镜片硬度等固有材料属性外，影响镜片配戴的最重要的因素是厚度。
- 镜片越厚，越容易配戴。
- 可接受的允许误差。如不考虑允许误差，镜片参数在规定的合格范围以外则为不合格品，一些国家有自己的国家标准。

VII 软性隐形眼镜

69

软性隐形眼镜材料与制造

94N29-65S.PPT

2L294N29-65

70

软镜材料
物理兼容性

- 必须让镜片在眼睛上有运动
- 镜片材料必须有可塑性，特别是较厚的镜片

94N29-66S.PPT

2L294N29-66

软性镜片材料
物理兼容性

- 镜片的机械属性和镜片合理配适使得镜片在眼睛上有运动。
- 镜片材料必须有一定可塑性，特别是较厚的镜片，使得镜片符合眼睛前表面的形态。这确保镜片舒适和生理性能。

71

软镜材料
光学质量

- 取决于镜片水化后的表面质量
- 水化后形态的规则性
- 后顶焦度是否在允许误差内
- 没有不需要的复曲面
- 如果是环曲面镜片需要考虑镜片柱镜轴向

94N29-67S.PPT

2L294N29-67

72

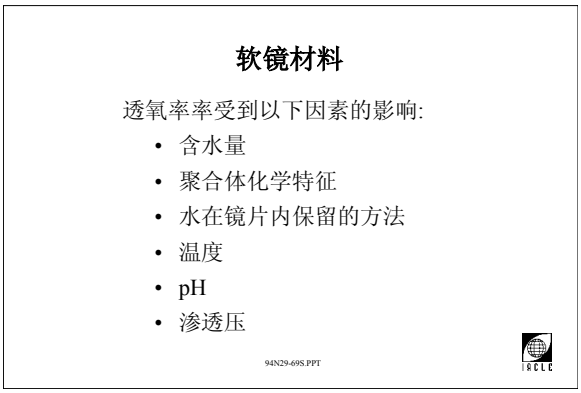
软镜材料
重要物理/化学属性

- 透氧率(Dk)
- 含水量
- 弹性
- 离子性
- 抗沉淀
- 折算率
- 耐用性
- 镜片稳定性

94N29-68S.PPT

2L294N29-68

73



2L294N29-69

软镜材料

软镜材料的透氧率由以下因素影响：

- 含水量。

  一般而言，含水量越高，Dk越高。这是因为氧气溶解在水中，特别是未结合水(自由水)。
- 聚合体的化学性质。

  材料的分子聚合密度会影响氧气通过的容易度。如果大而开放，而且有硬性分子存在，材料密度是有限的，氧气渗透增强。如果分子链弯曲或疏松排列，材料密度低，Dk则较高。而高密度材料使得氧气通过几乎不可能，因为相邻的分子之间的空间小，如PMMA。交叉链的存在，其长度和密度均会影响聚合体的密度。
- 保留水的方法 。

  水通常作为双极形式存在并且能够吸附在带电荷的材料分子(关联)或简单填充于分子空间(自由)。"自由"水的流动性增强材料的透氧率。
- 温度。

  较高的温度增加分子振荡，使得增加分子空间并且让氧气容易通过。材料的透氧率经常表示在眼睛温度下的参数 (在34度左右)，因为该温度比室温高(通常在21度左右)。
- pH。

  镜片环境的pH 减低 (变得较酸性)， 含水量降低。当它增加 (变得较碱性)， 含水量增加 (Masnick，Holden，1972)。变化的大小取决于材料的化学性和含水量。
- 渗透压。

  镜片周围的环境(眼泪或镜片护理产品)可以影响含水量。高渗透压护理液可减少镜片材料的含水量，低渗透压护理液则减少镜片材料的含水量。

74

软镜材料

含水量影响:

- O_2 透氧率
- 折射率
- 硬度(操作)
- 耐用性
- 防治水分蒸发的最小厚度
- 对环境的易感度导致变质
- 镜片护理液的选择

94N29-70S.PPT

2L294N29-70

含水量影响：(对于水凝胶镜片而言)

- 透氧率。
  通常高含水量镜片有较高的透氧率。
- 折射率。
  较高含水量材料有较低的折射率。
- 硬度 (镜片操作)。
  含水量较高材料通常硬度较小，且配戴操作困难。
- 耐久性。
  较高含水量材料通常使用寿命较短。
- 防止蒸发的镜片最小厚度。
  通常高含水量镜片的问题是镜片制作得太薄。超薄低含水量镜片在易感配戴者中也有同样的问题。
- 环境易感性导致镜片变质。高含水量镜片，特别是离子性镜片，容易受到环境的影响生生变质。
- 镜片护理系统选择。
  不是所有的镜片材料均适合目前的护理液。

75

软镜材料
Dk @ 34° C

含水量	透氧率（DK）
<40%	5 - 8
40 - 55%	7 - 19
>55%	18 - 28

94N29-71S.PPT

2L294N29-71

软性镜片材料：Dk @ 34度

所有采用库仑测定法，温度定为在34.1度的条件下测量。这些参数比文献中报道的高，但是更现实。

76

低含水量
优点

- 环境影响较少
  - 镜片参数稳定
- 较大的硬度提供的镜片操作较容易
- 较高折射率
- 几乎任何镜片护理产品均能使用
- 镜片制造的所有方法均能使用
- 较好的镜片重复性
- 较好的湿润性
- 较少发生因为水分蒸发而引起的角膜干燥性染色

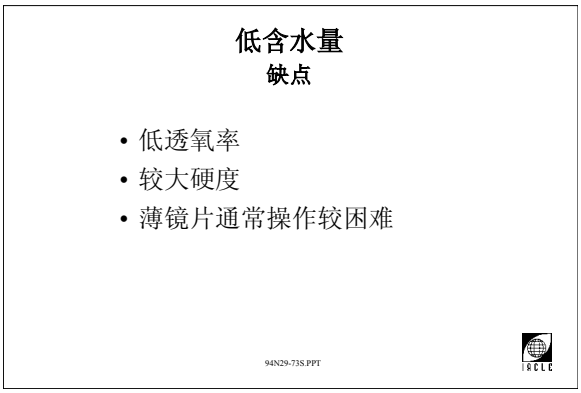
94N29-72S.PPT

2L294N29-72

低含水量：优点

- 环境影响较小，特别对pH，镜片参数稳定。
- 较大的硬度提供的镜片操作较容易。
- 较高折射率允许制作较薄的镜片。
- 几乎任何镜片护理产品均能使用。
- 所有镜片制造的方法均能使用。
- 通常有较好的可预测性和水化后镜片澎胀较小，使得该类镜片有较好的镜片重复性。
- 较好的湿润性。
- 因为通过此类材料的水分较困难，因此该类镜片较少发生因为水分蒸发而引起的角膜干燥性染色。

77

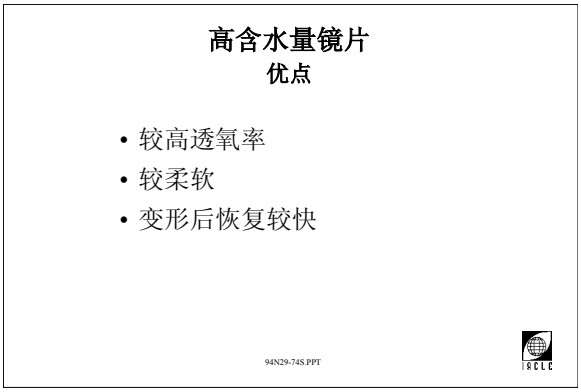


2L294N29-73

低含水量：缺点

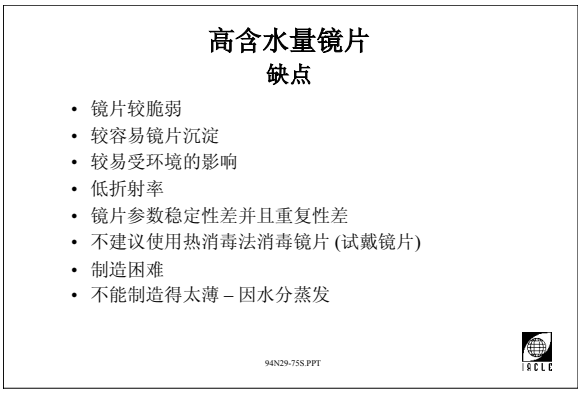
- 因为透氧率低，仅仅最薄的镜片可为日戴镜片提供足够的氧气。
- 大多数这些材料的较大硬度使得镜片难以依附于角膜表面形态，可导致配戴不舒服。
- 薄镜片(为了足够的Dk/t)通常镜片操作较困难，特别是低。

78



2L294N29-74

79



2L294N29-75

高含水量镜片：缺点

- 镜片较脆弱。
- 较容易镜片有沉淀物。较大的“孔”径常常含有离子化学集团，会增加镜片的沉淀物。
- 较易受环境的影响，特别是pH的变化。
- 低折射率需要较厚的镜片。
- 镜片参数稳定差并且重复性差。
- 不建议使用热消毒法消毒镜片，因为镜片沉淀物较多蛋白，且比较容易变性。对试用镜片的消毒也有不同建议，即高含水量镜片不应该加热消毒。
- 因为镜片的水化后澎胀大，因此难达到较好的光学质量。这意味抛光后的干态水凝胶(“干”或无水状态)镜片在水化后有较大的变化。表面质量和外形均难以维持预测。可选择得制造方法，如稳定的软性材料锋模法可克服上述问题。
- 小的陡峭的干态水凝胶非常难切削，且水化后难以有正常的参数。
- 因为镜片水丢失会导致干燥性角膜染色，这限制了镜片必须有足够的厚度。

80

物理属性
弹性

- 应该有一大的弹性范围
- 应该较强(高Young氏系数)
  - 制作较耐用镜片
- 变形后较快恢复

94N29-76S.PPT

2L294N29-76

物理属性：弹性

材料：

- 应该有较大的弹性范围。从镜片开始变形到它永久性变形之间所受的力，又称为弹性模量。低于这一限度称为比例限度范围，在这一范围内，应力（即单位面积镜片材料受到的力）与应变（即延伸量）呈正相关。即应力（受力）∝应变（延伸）。
- 应该较强(高Young氏系数)

  Young氏系数为有关比例的系数常量(即在材料的比例限制以内)的受力和延伸度。

  受力 = Y x 延伸度

  Young氏系数是弹性系数中的一种(Barron，1959)。由大的弹性范围和大的Young氏系数的材料制成的镜片的使用寿命长，即镜片材料能够承受较大的张力，但是有较大的受力负荷的镜片延伸度不大。
- 应该在变形后较快恢复其形态并且应该完全恢复。

81

弹性
测量的方法

实验室方法

- 在弹性范围以内受力和延伸度曲线法
- 破坏性试验，超过弹性限制后破裂点
- 标准的测试方法可能不适合于软镜片材料

94N29-77S.PPT

2L294N29-77

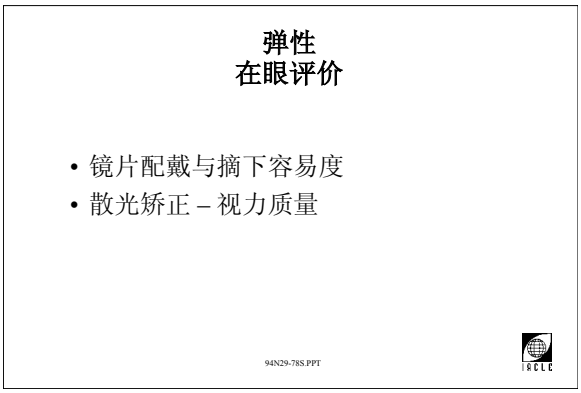
弹性：测量的方法

实验室方法

- 在弹性范围以内受力和延伸度曲线法。
- 破坏性试验。

  超过弹性极限后破裂点。
- 标准的测试方法可能不适合于软镜片材料：
  - 环境必须为标准盐水
  - 采用标准的测试方法，镜片的形状或大小不是总能获得，特别是旋转成形的产品。
  - 实验样本的测座的要求是很重要的，它会决定样本如何破裂和在哪里破裂，同时弹性测量结果还受到测量方法的影响。

82



2L294N29-78

弹性

在眼评价

- 因为镜片下泪膜厚度的影响，材料硬度和弹性会影响镜片的配适。
  - 镜片下泪膜过薄使得镜片移动缓慢或不移动，临床误认为镜片配适过“紧”。
  - 同样，上述配适的镜片较难移动和摘除。
  - 一个弹性好的镜片可以经受多次镜片摘除时的变形。
- 散光矫正。

  镜片材料的硬度和弹性能够影响镜片在“眼睛上”的表现，包括镜片形态和瞬目后镜片的恢复。视力质量或视觉变化均可提示镜片“在眼睛上”的表现。一个紧密依附角膜的镜片不能有效矫正角膜引起的散光。软镜矫正散光的范围在0.75D或稍多。

VIII 软性隐形眼镜材料
VIII.A 软性隐形眼镜聚合材料

83

软性隐形眼镜聚合材料

94N29-79S.PPT

2L294N29-79

84

聚羟乙基氢化异丁烯酸 (PHEMA)

- 原始材料(1952-1959，1955获专利) 由O.Wichterle、D.Wichterle和D. Limg，捷克斯洛伐克人共同拥有。
- 是聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA，1934获得专利)的化学衍生物。
- 它的区别是极化羟基(OH)，该集团是亲水的。含水量是近似 38% (W/W)。PHEMA 仍然由许多制造商用于镜片制造。

94N29-80S.PPT

2L294N29-80

甲基丙烯酸羟乙酯 (PHEMA)

- 原始材料(1952-1959，1955获专利) 由O.Wichterle、D.Wichterle和D. Limg，捷克斯洛伐克人共同拥有。
- 是聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA，1934获得专利)的化学衍生物。
- 它的区别是极化羟基(OH)，该集团是亲水的。含水量近似 38% (W/W)。PHEMA 仍然由许多制造商用于镜片制造。

85

O WICHTERLE

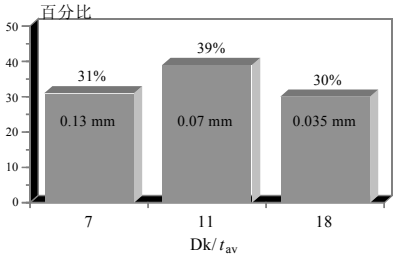
- 铸模PHEMA镜片(1956)
- 发明旋转浇铸方法(1961)
- 发明干态水凝胶切削 方法(1963)

94N29-81S.PPT

2L294N29-81

86

PHEMA利用



94N29-82S.PPT

2L294N29-82

绝大多数PHEMA镜片是薄和超薄的，部分镜片(大多数正镜片)厚度大于0.10毫米的镜片因为低透氧率和厚镜片使得氧传导性较低。

87

PHEMA以后的材料

- 因为专利/法律/市场需要等原因加速了”PHEMA的改进
- 产生了第二代称为Griffin 'Bionite' Natura镜片的镜片(1968)
  - –多聚体PHEMA和聚乙烯基吡咯烷酮，55%含水量

94N29-83S.PPT

2L294N29-83

PHEMA以后的材料

- 因为专利/法律/市场的需要等原因加速了PHEMA的改进。
- 产生了第二代称为Griffin 'Bionite' Natura镜片的镜片(1968)：
  - 多聚体PHEMA和聚乙烯基吡咯烷酮的结合物，55%含水量
  - 一种最早的衍生物(vifilcon A)，目前仍然正在使用。

88

PHEMA后的材料

- PVP (聚乙烯吡咯烷酮)
- MA (甲基丙烯酸)
- MMA (甲基丙烯酸甲酯)
- GMA (聚甲基丙烯酸缩水甘油酯)
- DAA (双丙酮丙烯酰胺)
- PVA (聚乙烯醇)
- + 交联键因子

94N29-84S.PPT

2L294N29-84

随后的其它材料

许多是2种(共聚体)或3种(多聚体)材料的结合：

- PHEMA (聚甲基丙烯酸羟乙酯)。
- PVP (聚乙烯基吡咯烷酮)。
- MA (甲基丙烯酸)。
- MMA (甲基丙烯酸甲酯)。
- GMA (聚甲基丙烯酸缩水甘油酯)。
- DAA (双丙酮丙烯酰胺)。
- PVA (聚乙烯醇)。

在这些结合方法中需要交联键。

89

材料化学影响:

- 含水量
- 透氧率(Dk)
- 离子性
- 物理特征
- 受环境影响的容易程度

94N29-85S.PPT

2L294N29-85

90

USANC材料分类

组合	USAN 名称	含水量	离子性
PHEMA	polymacon	低	非离子性
PHEMA, PVP	vifilcon A	高	离子性
GMA, MMA	crofilcon A	低	非离子性
PVP, MMA	lidofilcon A	高	非离子性
PHEMA, DAA, MA	bufilcon A	低/高	离子性*
PHEMA, PVP, MA	perfilcon A	高	离子性*
PHEMA, MA	etafilcon A	高	离子性*
PVA, MMA	atlafilcon A	高	非离子性*

*indicates MA-containing polymer

94N29-86S.PPT

2L294N29-86

镜片材料分级

为了给镜片材料分级，美国名字采用委员会 (USANC)给每个材料的化学实体一个名称(包括一版本，如A、B等)。不考虑镜片制造商的名称，USAN给出一个特别地标识材料的名称。相同材料不同镜片含水量(通常改变成分的比例)，但是镜片材料的名称和版本相同，如：bufilcon A 45%和55%。USAN采用小写。注意有些材料含有甲基丙烯酸使得镜片含有离子性。同样，在透气硬镜中使用甲基丙烯酸使得镜片带负表面电荷。英国也有镜片分类系统。

VIII.B 离子性

91

离子性材料
- 该材料表面带负电荷

非离子性材料
- 带电荷部位在多聚体的内部，表面不带电荷

94N29-87S.PPT

2L294N29-87

离子性材料

- 因为一个或多个材料成分有极性并且负极向外使得该材料带负电荷。

非离子性材料

- 带电荷部位在多聚体的内部。有时极化区域在内部没有极性暴露在镜片外表面。这使得表面不带电荷。

带电的程度，相对于是否带电是不重要的。

92

离子性材料

优点
- 较湿润性
- 泪液蛋白变性少 (?)

缺点
- 较容易积累沉积物
- 沉积物可能较牢固地结合
- 离子性材料的属性较易受 pH 变化的影响

94N29-88S.PPT

2L294N29-88

离子性材料：优点

- 较湿润性。
  极化表面会增加镜片的湿润性，越多极化集团，镜片湿润性越大。加入甲基丙烯酸可催化上述过程，因为在生理PH值的环境中它能吸引负离子集团。
- 有报导表明离子材料比非离子性材料较少使泪液蛋白变性，尽管它们吸附较多的蛋白。其它资料和该发现不正确。这问题仍然在调查中。

离子性材料：缺点

- 较容易积累沉淀物。
  任何带电的粒子， 包括带正电的溶菌酶可能被大负电的表面吸附。
- 沉淀物可能较牢固地结合并且较困难去处。
- 离子性材料的属性较易受 pH 变化的影响，特别它们的含水量。

93

非离子性材料

优点
- 较少沉淀
- 不结合带电粒子

缺点
- 使泪液蛋白变性较多 (?)
- 较少湿润性 (?)

94N29-89S.PPT

2L294N29-89

非离子性材料：优点

- 较少沉淀。
- 不结合带电粒子。

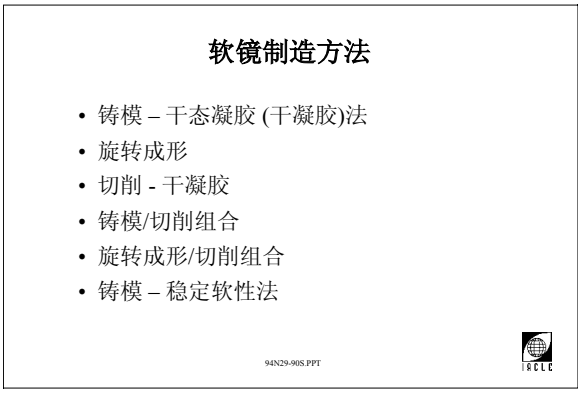
非离子性材料：缺点

- 使泪液蛋白变性较多。泪液蛋白质的状态研究结果不一致。
- 较少湿润性。镜片表面没有极化成分可能降低对水的吸引力，因而表面湿润性差。

IX 软隐形眼镜制造

IX.A 软镜片制造方法

94

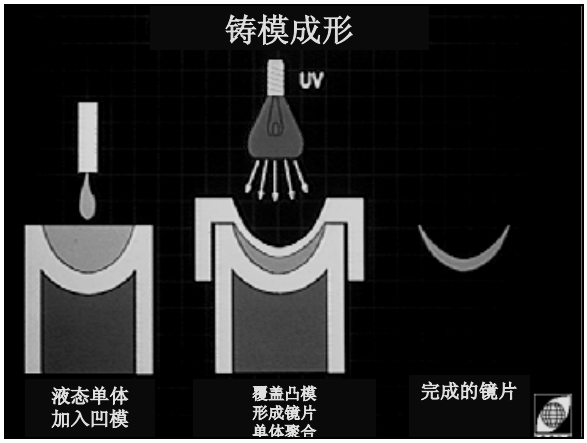


2L294N29-90

软镜片制造
软镜制造
方法

- 模压- 干态凝胶法。
  在没有水/水蒸汽(和通常空气/氧气)的环境严格控制温度，单体混合后灌入模子进行铸压(单面或双面)。
- 旋转成形。
  一个开放式的模子作旋转旋转，模子的形态决定镜片的前表面。转动速度、表面张力和重力结合决定镜片的后表面。
- 切削 - 干态凝胶法 。
  一个无水镜片毛坯在控制空气中通过传统的车床切削。制造商正在通过高精度工程技术和其它先进的技术，如空气定位和抗振动固定器来消除镜片表面抛光步骤。
- 铸模/切削组合。
  通常用铸模后表面和镜片并且切削前表面。
- 旋转成形/切削组合。
  通常旋转成形前面表面和片形，切削后表面。
- 铸模 - 稳定软性法。
  在目前的新型革新中，在模压和聚合过程中用惰性稀释剂填充其中。而后用水分置换出该稀释剂，实现快速水化，镜片澎胀较少并且有较好的光学质量和表面质量。

95



2L20236-96

模压

- 液体单体灌入母模中压出镜片前表面。
- 和制造透气硬镜一样，模具可以是双面或开的(单面)。如果是双面，能透过紫外线的凸模和含有单体的凹模结合。
- 该过程要求严格的环境控制，特别是湿度。 在许多过程中需要没有氧气。
- 而后对其进行紫外线照射直到聚合完成。
- 脱模后镜片进行水化。
  随后的步骤和切削法相似。

96

软镜制造
模压

- 液态单体加入凹模
- 和制造透气硬镜镜片一样
- 该过程要求严格的环境控制，特别是湿度。在许多过程中需要没有氧气。
- 而后对其进行紫外线照射，直到聚合完成
- 脱模后镜片进行水化

94N29-91S.PPT

2L294N29-91

97

软镜制造
切削

- 镜片原料是无水的(干凝胶)毛坯
- 与透气硬镜制造过程相似
- 需要严格控制的环境，特别湿度
- 最后需要清洁镜片表面去除抛光粉
- 将镜片浸泡在盐水中而密封
- 包装而后进行灭菌消毒 (121°C 15分钟)

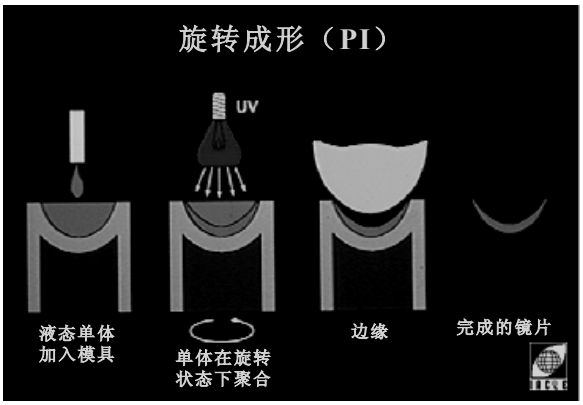
94N29-92S.PPT

2L294N29-92

软镜制造
切削

- 镜片原料是无水的(干凝胶)毛坯。
- 就象透气硬镜制造过程，需要使用特殊的隐形眼镜车床，通常是计算机数码控制的。数字控制允许增加镜片设计的复杂性，且可到达较好的重复性。
- 需要严格控制的环境，特别湿度，因为湿度可以使得镜片部分水化/镜片材料膨大。这导致无法预计的结果并且影响镜片重复性。
- 最后需要清洁镜片表面去处抛光成分和其它污染物，包括粘连镜片毛坯的粘合剂。和透气硬镜一样，使用不正确的溶剂或溶剂的使用方法有误可能影响完成的镜片表面属性，且可能导致水化不均匀，破坏镜片光学质量并且改变镜片润湿性。
- 镜片完成后需要水化。可以用合适的替代物来加速水化过程，而后由水来置换。
- 然后用无防腐剂盐水浸泡而密封镜片，进行消毒。
- 包装而后进行灭菌消毒(121度15分钟或更长)，使得产品能够存储较长的时间(通常为3-5年)。

98



2L20237-96

99

软镜制造
旋转成形

- 原料是液态单体
- 单体在高温CO_2控制的环境中加入旋转的模子
- 旋转力和重力形成镜片后表面和后光学区弧

94N29-93S.PPT

2L294N29-93

旋转成形

- 原料是液体单体。
- 单体在高温CO_2控制的环境中加入一个旋转的模子。
- 旋转力和重力形成镜片后表面和后光学区弧。
- 模子形成镜片前表面。
- 该过程可以产生一个较好的表面质量
  - 前表面质量取决于模子表面质量。
  - 后表面取决于表面张力和聚合体其它表面属性。
- 可能需要第二部分的辅助制造步骤，如边缘修正。

  随后的过程和其它方法是相似的。

100

软镜制造
旋转成形/切削组合

- 原料是液态单体
- 旋转成形制作镜片的前后表面
- 用切削法实现镜片和后表面设计参数

94N29-94S.PPT

2L294N29-94

101

软镜制造
旋转成形/切削组合

- 原料是液态单体
- 旋转成形制作镜片和后表面
- 切削出镜片前表面得到后顶焦度和前表面设计参数

94N29-95S.PPT

2L294N29-95

102

软镜制造
稳定软性模压

- 批量制造镜片
- 惰性稀释剂在聚合前被加入到单体中
- 而后稀释剂被水分取代并占据镜片的空间

94N29-96S.PPT

2L294N29-96

软镜制造
稳定软性铸模法

- 批量制造镜片需要开发快速水化，好的光学质量和好的镜片重复性的制造工艺。
- 惰性稀释剂在聚合前被加入到单体中。稀释剂而后被水分取代并占据镜片的空间。

103

软镜制造
稳定软性模压

- 镜片水化后膨胀度明显减小
- 较好视力质量
- 较好的镜片表面质量
- 水合较快
- 镜片重复性较好

94N29-97S.PPT

2L294N29-97

104

软镜制造
包装

- 玻璃瓶
  - 螺旋盖或压盖
- 聚乙烯对苯二酸酯 (PET) 瓶
  - 螺旋盖或压盖
- 箔包装 (抛弃型镜片)
- 多水泡眼包装(日戴抛弃型镜片)

94N29-98S.PPT

2L294N29-98

105

软镜制造
高压灭菌

- 不论含水量多少，所有镜片在完成镜片制造后进行高压灭菌消毒
- 箔或水泡眼包装则需要特殊的消毒方法

94N29-99S.PPT

2L294N29-99

106

软镜制造
非球面

- 模板车床
- “推进”工具是全部或一半直径
- x,y 轴性数码控制车床
- 铸模 -单面/双面或旋转浇铸

94N29-100S.PPT

2L294N29-100

软隐形眼镜制造
非球面镜片

- 模板车床。
  镜片设计(光学，周边和边界等)制成大型 (如10X)镜片模具，它的轮廓均由模板轨道来指导切削。车床按比例缩小弧轨道切削镜片(如1：10)。
- “推进”工具是分为全部或一半直径，采用全尺寸切削刀来切削镜片，它保持稳定并且缓慢接近旋转的镜片毛坯。半尺寸切削，刀具反向接近镜片毛坯。通常采用大的钻石刀用来切削镜片。
- 数码控制改变x和y轴，该类车床可切削出较复杂的镜片。取代了绝大部分昂贵和缺少灵活性的"凹陷"切削方法。
- 铸模 - 单面/双面或旋转成形方法在母模具制成后，以后的模压过程和简单的镜片设计是一样的。母模子是有上述一种或多种方法制造的。

107

软镜制造
散光镜片

- 散光镜片机器
- 毛坯压变后按球面切削
- 双轴向飞行刀(两边削薄散光镜片)
- 模压 -单面/双面或旋转浇铸
- 结合以上方法

94N29-101S.PPT

2L294N29-101

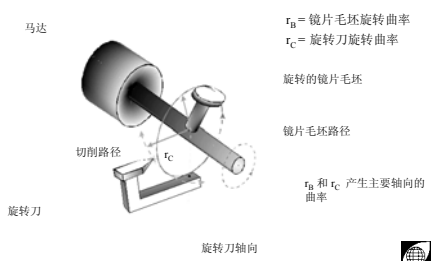
软隐形眼镜制造
散光镜片

- 散光镜片制造工艺。
  一种二维切削工具用来在非旋转的镜片毛坯上车出两个预定半径。
- 通过预制的空白镜片卷边(不是钮扣)便可以产生复曲面的表面。如果在卷边后的表面是球形，则解除压力后镜片表面可呈现为复曲面。
- 如果一镜片钮扣毛坯平行装载在车床的封端器上，其和轴向偏位的轴向是散光镜片的主曲率半径 (参阅图中rB)。如果切削工具向外移动，封端器的平面形成的弧形半径是第二主要曲率半径的半径 (在图参阅rc)。因为切削工具接触镜片毛坯的时间较短(当镜片毛坯旋转接触切削刀)，通常使用“飞行”切削术语来描述。这方法常用于制造两边削薄散光镜片。
- 铸模- 当一模具制成后，单面或双面模具或旋转成形法均能为同简单镜片那样制造镜片。以上的一种或多种技术应用在镜片制造上。

上面方法的组合可能也作为主要步骤或辅助步骤来制造某些特殊设计的镜片。

108

前表面复曲面切削
(飞行刀)



94N29-102S.PPT

2L296213-102

109

软镜制造
双光

- 同心 (环形)
  - 中心看远
  - 中心看近
  - 中心看远结合渐进性外周看近

94N29-103S.PPT

2L294N29-103

110

软镜制造
双光

- 衍射双光
  - 镜片后表面有衍射光学区
- 交替双光镜片
  - 需要下加多少度数?

94N29-104S.PPT

2L294N29-104

111

软镜制造
双光

- 切削
- 铸模 -单面/双面或旋转成形
- 旋转成形/切削组合
- 铸模/切削组合

94N29-105S.PPT

2L294N29-105

软性隐形眼镜制造
双光镜片

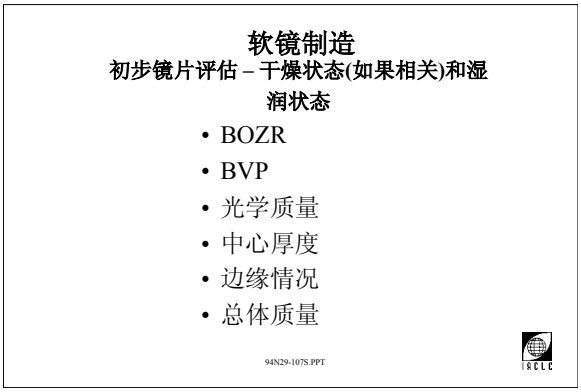
- 同心 (环形) 中心看远
  - 和透气硬镜镜片相似。
- 同心 (环形) 中心看近
  - 因为中央弧度比周边小因此制造较困难。这镜片类型较适合于铸模或旋转成形。
- 同心 (环形)中心看远结合渐进性外周看近
  - 和透气硬镜相似。
- 衍射双光
  - 和透气硬镜相似，且有几个视力区
  - 镜片后表面有衍射光学区。
- 交替型双光镜片
  - 薄区设计在交替时容易使镜片变形。可改用一体单一中心设计。
  - 在临床上镜片交替距离太小使得该镜片成功率减少。需要进一步深入研究。

IX.B 软性镜片质量保证

112

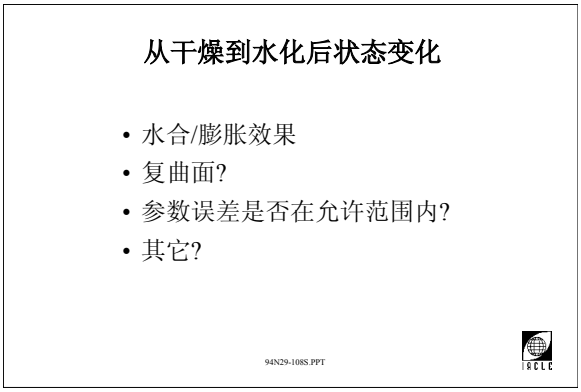
2L294N29-106

113



2L294N29-107

114



2L294N29-108

从干燥到水化后状态变化

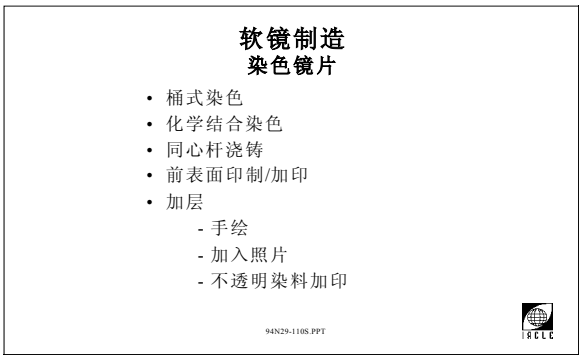
- 镜片水化后澎胀，因此镜片的规则性和重复性取决于镜片水化后的结果。
- 不良的水化结果可能产生散光或不规则镜片形态。视觉质量可能可能变化。
- 标准由配镜师或标准权威设置，通常规定一定量的允许误差。一般成品的镜片必须在这些允许误差以内。
- 其它不常见的变化也可能发生。可能是目前不完全明白的过程、材料不纯净或其它镜片材料的变异和/或制造和水化过程的变异。

X 软性镜片染色的类型

115

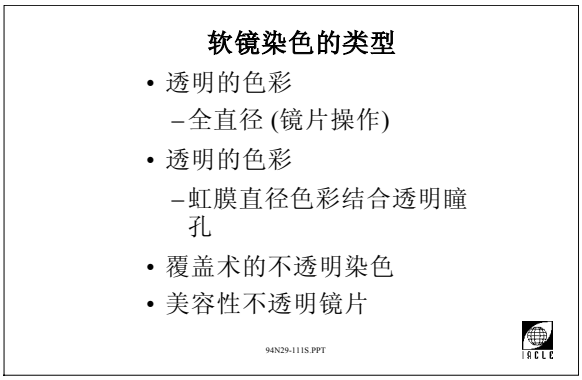
2L294N29-109

116



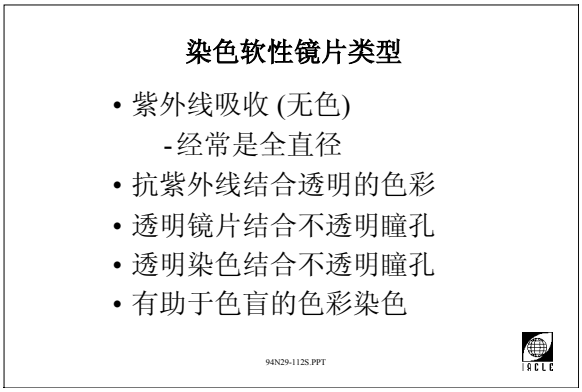
2L294N29-110

117



2L294N29-111

118



2L294N29-112

软镜染色的类型

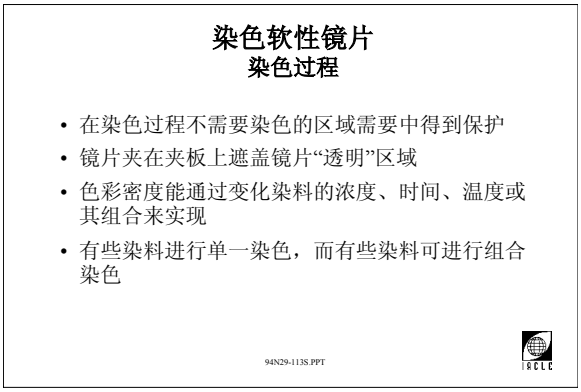
- 透明的色彩-全直径 (镜片操作)。因为美容需要，色彩密度需要较低的。如果太深，镜片边缘会因为衬托在白色巩膜上而显示出来。
- 透明的色彩-虹膜直径色彩。这是最常见的用于减少镜片遗失或化妆目的染色。无色的镜片边缘是不引人注目。
- 透明的色彩-虹膜直径色彩结合透明瞳孔。
- 覆盖术的不透明染色。
  这种染色用于角膜疤痕、白斑和角膜或虹膜变形。通过以下方法来实现：
  - 遮蔽光线
  - 在镜片上绘上与另一眼睛相同的虹膜图案。
- 美容性不透明镜片。
  镜片部分或完全覆盖自然虹膜并且用镜片图案来代替。用镜片颜色来改变眼睛的颜色(适用于时尚、艺术表演和模特儿表演等)。
- 抗紫外线吸收 - 经常是全直径。
  大多数抗紫外线色彩没有明显的“颜色”。因而可以整个镜片染色而不会影响美容效果。染色过程也较简单和省劳动

力。

- 抗紫外线结合透明的色彩。
  透明染色可以和抗紫外线吸收结合使用。
- 透明镜片结合不透明瞳孔可以用于成熟的白内障或瞳孔变形，合并部分或全部视力障碍。
- 透明染色结合不透明瞳孔。
  是前面镜片类型的变种。
- 有助于色盲的色彩染色。
- 例如X-Chrom和JLS (由JL Schlanger制造)镜片。通常稠密色彩与极窄带传递曲线。它们改变色盲颜色的光线亮度来提高色盲病人的辨色力。有助于色盲的色彩染色。

例如X-Chrom和JLS (由JL Schlanger制造)镜片。通常稠密色彩与极窄带传递曲线。它们改变色盲颜色的光线亮度来提高色盲病人的色觉。

119

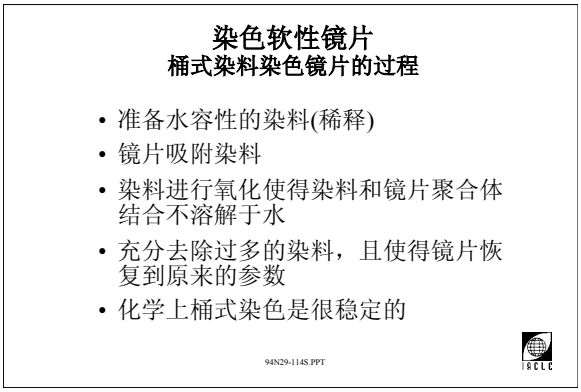


2L294N29-113

染色软性镜片
染色过程

- 在染色过程中不需要染色的区域需要得到保护。
- 镜片夹在夹板上遮盖镜片“透明”区域。
- 色彩深度能通过变化染料的浓度、时间、温度或其组合来实现。
- 有些染料进行单一染色，而有些染料可进行组合染色。在眼睛上镜片的染色效果会影响入射和反射虹膜的光线。根据镜片外观来选择镜片是不明智。

120



2L294N29-114

染色软性镜片
桶式染料及镜片过程染色

- 准备水容性的染料(稀释)。
- 镜片吸附染料并且在保留区域以外的区域染色。
- 染料进行氧化使得染料和镜片聚合体结合不溶解于水。
- 充分去除过多的染料，且使得镜片恢复到原来的参数。
- 化学上大桶染色是很稳定的。然而较难得到均匀一致的染色，且染色因为镜片厚度(后顶焦度和设计)不同而不同

121

软镜染色
反应染色过程

- 染料分子在镜片聚合体中和羟基集团结合并且形成稳定键。
- 大多数染料是纺织品染料
- 充分去除过多的没反应的/结合的染料
- 尽管化学上稳定，反应染色比桶式染色易受氯混合物影响，容易被漂白

94N29-115S.PPT

2L294N29-115

软镜染色
反应染色过程

- 染料分子在镜片聚合体中和羟基集团结合并且形成稳定键。产生染色聚合体并且深入到染色分子(即表面和表面下面)
- 使用的大多数染料是无毒的(许多其它染料是有毒的)。
- 充分去除过多的没反应的/结合的染料。
- 尽管化学上稳定，反应染色比桶式染色易受氯混合物影响，容易被漂白。
- 比较容易得到均匀的染色并且不受到镜片厚度(后顶焦度和设计)的影响。

122

染色软性镜片
不透明镜片

原始的方法是加层

- 图案压入镜片毛坯表面而后
  - 图是手绘的
  - 加入固定的图案
  - 用薄图片
  - 染料加印
- 在图案上加一层聚合体
- 用传统的方法来完成镜片制造

94N29-116S.PPT

2L294N29-116

123

染色软镜
不透明镜片

同心浇铸方法

- 开始于镜片毛坯杆中心
- 不透明或半透明的聚合体浇铸在该杆的周围
- 然后透明的聚合体浇铸在再外层
- 聚合的材料杆被切削成镜片钮扣状毛坯
- 每个镜片毛坯制成一个镜片
- 镜片瞳孔和边缘是透明的，不透明的区域为美容性虹膜

94N29-117S.PPT

2L294N29-117

124

染色软镜
不透明镜片 – 点阵

- 透明镜片的前表面被印上、绘上或加印上彩色的不透明颜料
- 比全部镜片表面的小区域染色使得虹膜变得深遂
- 一层保护膜用来保护图案并使得表面平滑。
- 在镜片前表面的图案通常是醒目的

94N29-118S.PPT

2L294N29-118

XI 其它隐形眼镜类型

125

混合镜片

- 第一付硬性/软性结合体镜片 - Saturn
- 随后有Saturn ll
- SoftPerm (1989上市)是目前的产品

94N29-119S.PPT

2L294N29-119

126

SOFTPERM

- 一体的混合材料
- 中心, pentasilcon P材料，为 低-Dk 硅氧烷, tertiarybutyl苯乙烯, 酸酐为基体的透气硬镜材料，且有固有亲水表面
- 裙边, PHEMA为水凝胶，含水量25%
- 转换区, 在两个材料之间狭窄连接区域

94N29-120S.PPT

2L294N29-120

127

新软镜材料

- 含硅氧烷的水凝胶
- 含氟的水凝胶

94N29-121S.PPT

2L294N29-121

目前仍然进行研究探索其它新的先进材料，尚无进一步的消息。

XII 管理方面

128

软镜制造管理方面

94N29-122S.PPT

2L294N29-122

软镜制造：管理方面

大多数国家有管理制度来控制镜片作为医疗器械的制造过程。同样，ISO9000(或相似) 质量证明协议也是适用的。

129

软镜制造
管理方面

- 空气和水的质量
- 微生物学控制
- 标准操作程序(SOPs)
- 记录保存/追踪
- 标记和包装
- 回收产品
- 产品发放
- 人员培训

94N29-123S.PPT

2L294N29-123

130

镜片制造

管理, GMP和质量证书的目的是:
– 保护消费者
– 确保所有材料和成分可以追踪
– 确保产品可被接受
– 确保只是可被接受的产品投放市场
– 确保产品在收回后恢复
– 提高改正/改进的反馈信息

94N29-124S.PPT

2L294N29-124

GMP -好的制造过程。

实习2.2

(2小时)

隐形眼镜类型介绍

实习安排

实习1

在实习前学生需要阅读有关镜片类型、材料和设计的教课书。在表格上记录用放大镜观察不同镜片的特征。

站1：软性隐形眼镜 (低、中和高含水量)

站2：硬性隐形眼镜(PMMA和RGP)

站3：美容性软性隐形眼镜(镜片操作染色、不透明、透明瞳孔和美容性染色)

站4：特殊隐形眼镜(散光、双光和抗紫外线，混合镜片)，巩膜镜片、疤痕覆盖镜片。

实习

记录表

姓名:_____ 日期:_____

站1　软性隐形眼镜

特征	镜片 1	镜片 2	镜片 3	镜片 4
材料				
大小				
染色				
设计				
镜片类型				
用途				

站 2　硬性隐形眼镜

特征	镜片 1	镜片 2	镜片 3	镜片 4
材料				
大小				
染色				
设计				
镜片类型				
用途				

站 3　美容隐形眼镜

特征	镜片 1	镜片 2	镜片 3	镜片 4
材料				
大小				
染色				
设计				
镜片类型				
用途				

站 4　特殊隐形眼镜

特征	镜片 1	镜片 2	镜片 3	镜片 4
材料				
大小				
染色				
设计				
镜片类型				
用途				

小组辅导2.2

(1小时)

隐形眼镜制造过程

讨论和座谈会

问题:

1. 描述硬性隐形眼镜后表面的制造过程。

2. 软镜与硬镜在制造上有什么因素不同？

3. 在软镜的制造过程中为什么要控制镜片材料的过早水合？

4. 硬性镜片制造过程中哪些步骤会影响成品镜片的表面属性？

5. 简单描述染色镜片的各种类型。

6. 应用于隐形眼镜制造过程和制造设施的管理法规的目的是什么？

7. 用于制造软性隐形眼镜的模压技术是什么？

8. 那个技术用来决定隐形眼镜材料表面湿润性？

9. 哪种技术用来制造散光镜片？

_____

_____

_____

_____

_____

参考文献

Ang J, Efron N (1989). *Carbon dioxide permeability of contact lens materials.* ICLC. 16: 48 - 58.
Barron RS (1959). *Mechanics and Properties of Matter.* University Tutorial Press, London.
Bennett ES, Weissman BA (1992). *Clinical Contact Lens Practice.* Revised ed. J B Lippincott, Philadelphia.
Bonanno JA (1996). *Contact lens induced corneal acidosis.* CLAO J. 22: 70 - 74.
Bonanno JA, Polse KA (1987). *Measurement of* in vivo *human corneal stromal pH: Open and closed eyes.* Invest Ophth Vis Sci. 28: 522 - 530.
Brown NA (1971). *Visibility of transparent objects in the eye by retro-illumination.* Br J Ophthalmol. 55: 517.
Dabezies OH (Ed.) (1988). *Contact Lenses: The CLAO Guide to Basic Science and Clinical Practice. Vol. 1.* Grune & Stratton, Inc., Orlando.
Efron N (1991). *Understanding oxygen: Dk/L, EOP, oedema.* J Brit Cont Lens Assoc. 14: 65 - 69.
Fatt I, St Helen R (1971). *Oxygen tension under an oxygen permeable contact lens*. Am J Optom. 48(7): 545 - 555.
Feldman GL (1977). *Chemical and physical properties of cellulose acetate butyrate as related to contact lenses.* Cont Lens J. 11: 25.
Frankland JD (1973). *What lets the water in?* Optician. Dec. 7.
Highgate D (1974). *Relevant properties of hydrophilic polymers for lens performance*. Optician. Jan 4: 10.
Hill RM (1988). *What is EOP?*. CL Spectrum. 3 (5): 34 - 36.
Hogg M (Eycon Laboratories)(1995). Personal Communication.
Holden BA, Sweeney DF (1991). *The significance of the microcyst response: A review.* Optometry Vision Sci. 68: 703 - 707.
Isaacson WB (1989). *Flexible fluoropolymer: A new category of contact lenses.* CL Spectrum. 4 (1): 60 - 62.
Jones L (1990). *Daily wear high water content lenses: Current status and future development. Part 1 & Part 2.* Optician. Feb 2 (Part 1): 17, Mar 2 (Part 2): 15.
La Hood D, Holden BA, Newton-Howes J (1990). *Unpublished Data.* CCLRU.
Mandell R B (1988). *Contact lens practice.* 4th ed. Charles C Thomas, Springfield.
Masnick KB, Holden BA (1972). *A study of water content and parameter variations of hydrophilic contact lenses.* Aust J Optom. 55: 481 - 487.
Phillips AJ, Stone J (1989). *Contact Lenses.* 3rd ed. Butterworths, London.
Refojo M F (1984). *The siloxane bond in contact lens materials: Effect of methyl and phenyl content on oxygen permeability of silicone lenses.* ICLC. 11: 83.
Ruben M (1989). *Color Atlas of Contact Lenses & Prosthetics.* 2nd ed. Wolfe Medical Publications Ltd., London.
Ruben M, Guillon M (1994). *Contact Lens Practice.* Chapman & Hall, London.
Schlanger JL (1985). *The JLS lens: An aid for patients with color vision problems.* Am J Optom Physl Opt. 62: 149 - 151.
Stahl NO, Reich LA, Ivani E (1974). *Report on laboratory studies and preliminary clinical application of a gas-permeable plastic contact lens.* J Amer Optom Assoc. 45: 302 - 307.
Stone RP (1988). *Why contact lens groups?* CL Spectrum. Dec: 38.
Walker J (1989). *Handling high Dk lenses.* Optician. May 5: 35
Winterton LC, White JC, Su KC (1987). *Cuolometric method for measuring oxygen flux and Dk of contact lenses and lens materials.* ICLC. 14(11): 441 - 452.
Zantos S G (1981). *The Ocular Response to Continuous Wear of Contact Lenses.* PhD Thesis, UNSW.

单元2.3

(4小时)

讲座2.3：隐形眼镜光学
实习2.3：隐形眼镜戴镜验光
小组辅导2.3：隐形眼镜光学原理

课程概述

讲座2.3：隐形眼镜光学

I. 与视力和隐形眼镜有关的几何光学、物理光学和生理光学原理概述
II. 放大率
III. 光学
IV. 调节和集合
V. 隐形眼镜和框架眼镜的光学上的优缺点

实习2.3：隐形眼镜戴镜验光

- 球-柱屈光度
- 戴镜验光
- 视力和配适评估

小组辅导2.3：隐形眼镜光学原理

讲座2.3

(2小时)

隐形眼镜光学

目录

I 隐形眼镜光学 105
I.A 基本概念 106
I.B 镜片屈光度 108
I.C 共轭主焦面 110
I.D 后顶点屈光度 114
I.E 计算FOZR 116
II 屈光不正眼 118
III 放大率 120
III.A 框架眼镜和隐形眼镜放大率 121
III.B 相对镜片放大率 123
IV 隐形眼镜调节 128
V 隐形眼镜辐辏 130
VI 角膜曲率半径 134
VII 泪液镜片 135
VIII 戴镜验光 139
IX 反射引起光线损失 142
X 湿房BVP测量 144
XI 视野 145
XII 隐形眼镜优点和缺点 147

I 隐形眼镜光学

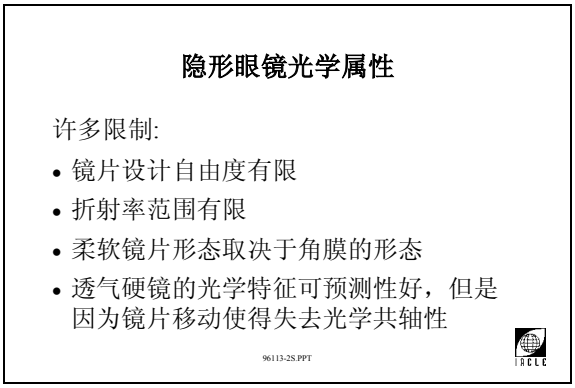
1

2L396113-1

隐形眼镜光学

本讲座讲述隐形眼镜光学与验配实践的关系，且与框架眼镜进行比较。

2



2L396113-2

隐形眼镜光学特性

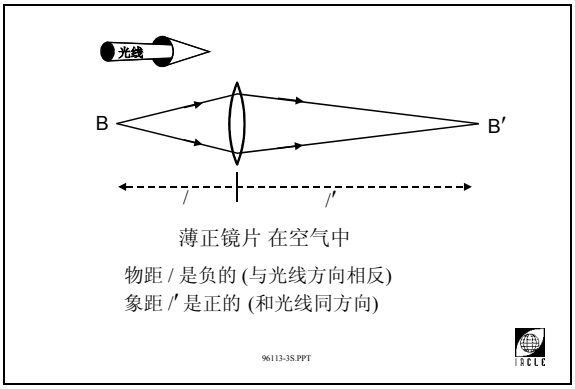
在光学上，隐形眼镜和其它形式的矫正装置没有区别。

有些限制是：

- 镜片设计自由度较小。这是因为镜片后表面必须和角膜前表面和/或眼睛前表面相符合。
- 镜片折射率的选择范围较小。因为n取决于镜片材料，而镜片材料取决于临床需要而不是光学需要，因此镜片设计在折射率上没有较大的选择。在镜片类型中的折射率的范围(即软镜和硬镜)也相对狭窄。
- 依附于角膜表面的柔软镜片的光学表面形态取决于角膜形态、镜片轮廓和材料的物理特性等项因素。总体说来，镜片外形大部分是取决于眼睛前表面的形态。
- 透气硬镜(RGP)的光学性状可以较好地预测，但是因为镜片运动和偏位可能使得镜片有非共轴性光学效果，这意味着准确的预测和计算是较难的。视觉不良常常和该方面的因素有关。

I.A 基本概念

3



2L396217-3

约定符号

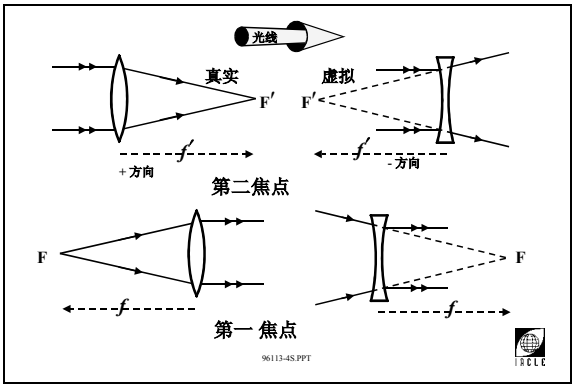
约定符号

该幻灯片列出在整个讲座中使用的符号。它是假定光线总是从左向右传播，即**L → R**. 使用约定是：

所有测量的尺寸均从镜片表面到观注点(即焦点、像点、物点、弧度中心等等)。

如果测量的尺寸和光线同方向则符合为+。如果测量的尺寸和光线的方向相反则符合为-。符号约定的例子显示在下一张幻灯片中。

4



2L396217-4

主焦点

图示如何使用前面幻灯片中的符号来表示真实和虚拟的焦点。

图片中的箭头显示焦距的长度(f 和f’)，该测量用于正和负镜片。

符号约定和真实和虚拟观注点无关。

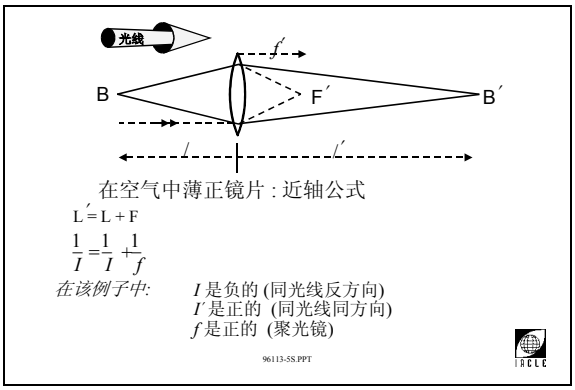
真实焦点

- 当光线通过观注点而成像。该描述体现了实象和正镜片的焦点。
- 光线从观注点发出。该描述是指发光或反光的目标。
- 点均在镜片表面。

虚拟焦点：

- 光线实际上不通过观注点形成图像。该描述体现了虚像和负镜片的焦点。
- 光线显然来自和通过虚拟点。这些点是通过几何/三角法作图来得到的，且光线实际上不通过它们的。
- 在同一镜片可找到各种理论上的点。(参阅本讲座后面的主焦面章节)。

5



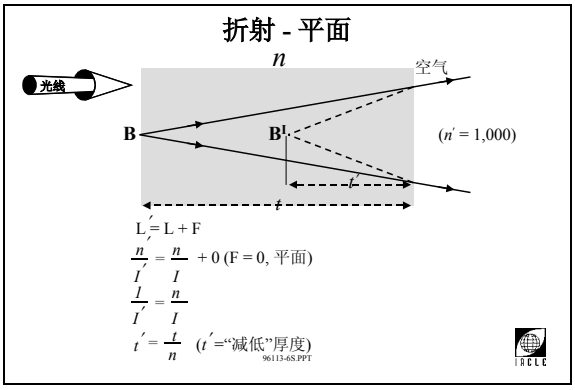
2L396217-5

近轴公式

当物距与象距已知的情况下，图示薄透镜的近轴计算公式，离开镜片的光线的会聚度（1/焦距，如果不是在空气中，则焦距会缩短，为n/焦距，如幻灯6）是所有光学透镜焦度的代数和。

即$L' = L+F$ 光线的方向和焦距可以被精确测定。

6



2L396217-6

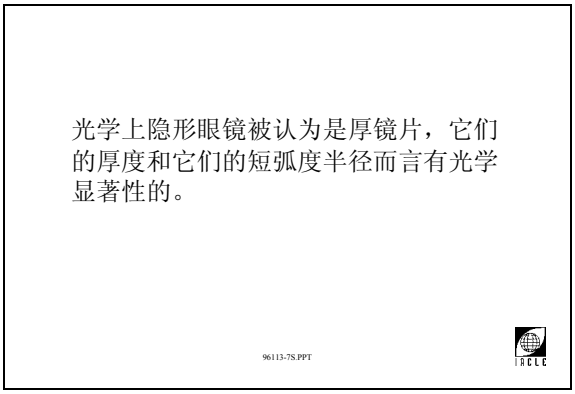
光学平面减低距离的概念

当光线从目标射出进入折射系数n'媒体并成象，需要用减低厚度t'来计算光线在空气中传播的距离。

"减少后的距离" $t' = \dfrac{t}{n'}$

在这讲座中n被用来表示目标所在的媒体空间的折射率，n'为像所在的媒体空间的折射率。然而，若没有上下文的提示，n通常是指折射率的符号。

7



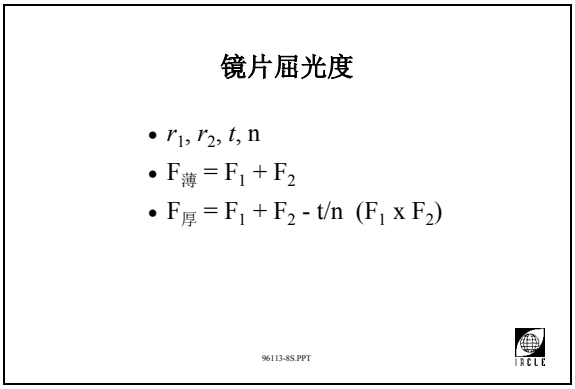
2L396113-7

光学上隐形眼镜被认为是厚镜片。它们的厚度与它们的曲率半径比较有重要的光学效能。

这意味着简单的薄透镜公式不适合隐形眼镜，并且需要用一般的近轴的厚透镜公式。

I.B 镜片屈光度

8



2L396113-8

镜片屈光度

镜片屈光度

薄镜片：

$F_{薄} = F_1 + F_2$

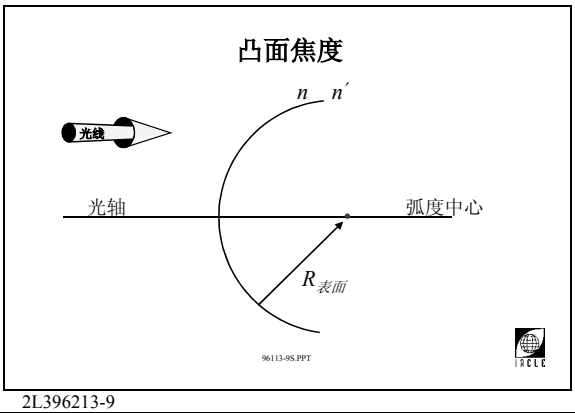
这表示两个镜片表面的焦量简单相加。两个面之间的距离(镜片中心厚度)假定是可以忽略的。

厚镜片(相等镜片度数):

$$F_{厚} = F_{=} = F_1 + F_2 - \frac{t}{n}(F_1 F_2)$$

这是一般的厚镜片公式。屈光度计算有时称为“等效焦”，焦距是指“等效焦距”。需要的信息包括：r_1和r_2 - 镜片每一面曲率半径(米)，t -镜片中心厚度 (米)，n -镜片材料的折射率(如PMMA n = 1.49)。这里n是一般概念而不是目标空间概念。

9

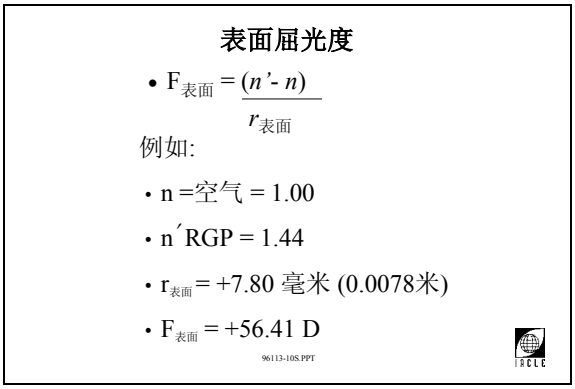


2L396213-9

凸面焦度

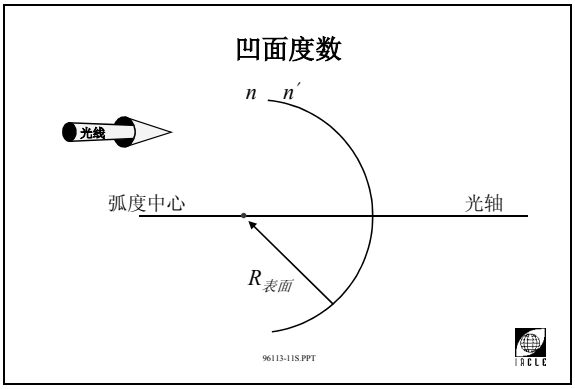
图示一弧心通过光轴的球形弧面，从表面到弧心的方向与光线相一致，因此符号为正。根据弧面前后不同的折射率，在幻灯片10中为焦度的计算。

10



2L396113-10

11



2L396213-11

凹面屈光度

如果弧的表面与上图相反，光线进入它的凹面而非它的凸面，因此曲率半径是负的。

因为从表面到弧心所测量的半径与光线的方向是相反的，因此是负值。

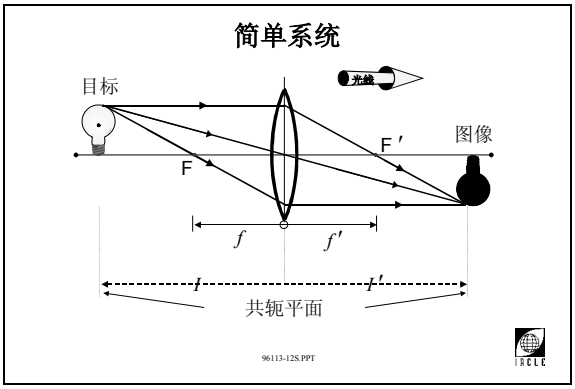
因此：

$r_{表面}$ = –7.80毫米(-0.0078米)

$F_{表面}$ = –56.41 D

I.C 共轭主焦面

12



2L396217-12

简单共轭焦面的解释

简单系统

使用简单共轭焦面概念的3个原因：

- 使用三角形作图的基本理论来得出一个镜片的图像的位置和大小。
- 该概念可用来解释屈光不正眼。
- 该概念将在讲座2.6中使用：隐形眼镜验证，解释一些测量仪器的光学原理。

在上述简单系统中，共轭焦面是垂直于光轴的目标和它所成的象。

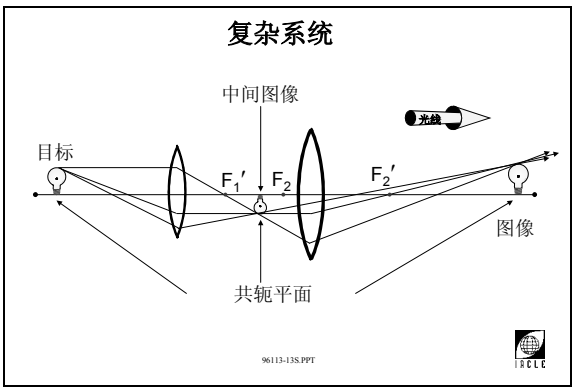
每个目标的位置有一相应的成像位置。这位置可能实的或虚的，取决于镜片的类型和物象与镜片的相对位置。目标所在的平面视野中景物均成象在相应的成像平面上(为方便起见，象差均忽略)。这些两个平面(目标平面和它的相应的物像平面)是同轭平面。

所有的光线路径是可逆的，目标和物象的平面位置是可互换的。定义的距离是指共轭距离，且讨论在这些平面上的单个点是指共轭点。

当一个目标精确地聚焦在一只眼睛(正视眼的，或已矫正的屈光不正的眼)时，视网膜上的物象与目标是共轭的。如果不能清楚地看见目标，视网膜上的象和目标不是共轭的。

在简单系统中，共轭焦面是彼此平行的(忽略象差)。

13



2L396217-13

共轭焦面

复杂系统

图示从共轭平面发展而来的较复杂的系统。

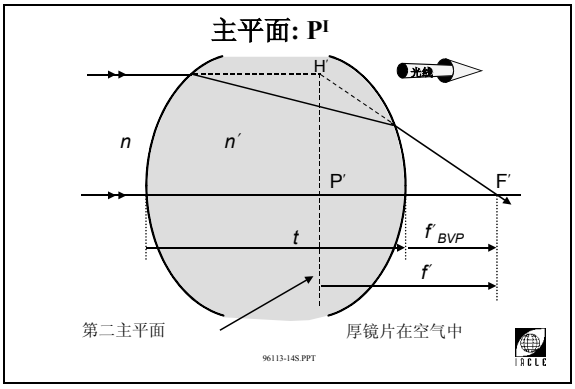
在多个镜片(描述如下)的系统中，第一个镜片形成的实象或虚像作为下一镜片的目标。在很复杂的系统中，该光线传递的过程可反复进行多次。在如此的系统中，目标和虚拟的目标象、虚拟的成象和物象是共轭的并且它们占据在共轭平面上。

如果一镜面或棱镜(从任何方向或任何角度)进入光线路径，使得形成一个非共轴性的光

学系统，共轭面的概念仍然可以应用。然而，这些共轭平面不再是相互平行的。共轭平面的角度关系取决于镜面或棱镜 (它们的方向和特性) 使得光线路径偏离的程度。

在讲座2.6中，将详细讨论采用Drysdale方法进行小曲率半径的测量。在使用该技术的仪器中，镜片前面表面在水银镜面的反射下光线呈45^0角改变，使得一些共轭 平面相互垂直。这不改变它们的特性或结果。

14



2L396217-14

主焦面：P'

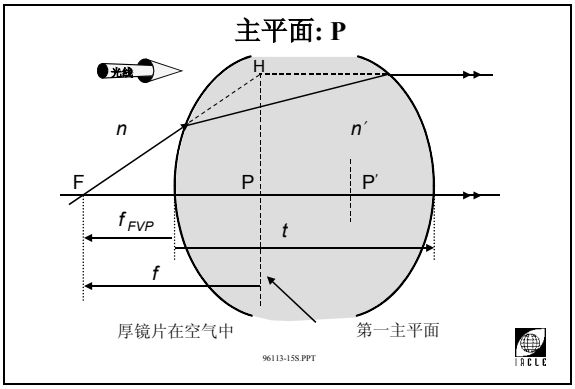
介绍主面的概念，是因为镜片系统中的焦度取决于这些平面的记录，而在临床上却使用镜片顶点距离。后者是顶点屈光度 (前表面或后表面)，它们和镜片系统的真实焦度是不同的。

定位P'：

- 在幻灯片16中有关于P和P的定位。
- 幻灯片14的说明：
  - 进入 (入射)光线平行于光轴，且用虚线来延长。
  - 发出的光线用虚线来反向延长。

这两条虚线交会点定义为第二主焦面。

15



2L396217-15

主焦面：P

定位 P，(P'已经在前面的幻灯片中确定了)。

这张幻灯片是前一幻灯的反转。入射光线的角度定义为假定可以使射出光线与光轴平行，则入射光线的延长线与射出光线的反向延长线的交会面为第一主焦面。

16

主焦面

位于以下交界面:

-光线平行光轴传播

-进入和射出的光线通过焦点F'和F

光线的传导方向需要推算

96113-16S.PPT

2L396113-16

17

主焦面

- 该焦面垂直于光轴
- 厚镜片的光学特征包括两个主焦面和同一个光轴
- 主焦面和对应的主焦面是共轭的(PH = P¢ H¢)
- 有时称为*单位焦面*

96113-17S.PPT

2L396113-17

18

后顶点屈光度 (BVP)

测量为:

- 从镜片后顶点到第二主焦点的距离

96113-18S.PPT

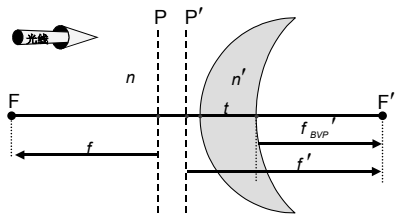
2L396113-18

后顶焦度

- 真实焦点的焦距长度 (f'，f)是通过主焦面来测量的。因为这些焦面是理论结构上的，它们的位置是不易定位的。临床上用它来测量隐形眼镜或镜片的真实焦距是不可能的。
- 临床上我们测量镜片后顶点到第二焦点的距离较为容易。该屈光度称为后顶点焦度(或BVP)。

19

正焦度隐形眼镜
应用主焦点



96113-19S.PPT

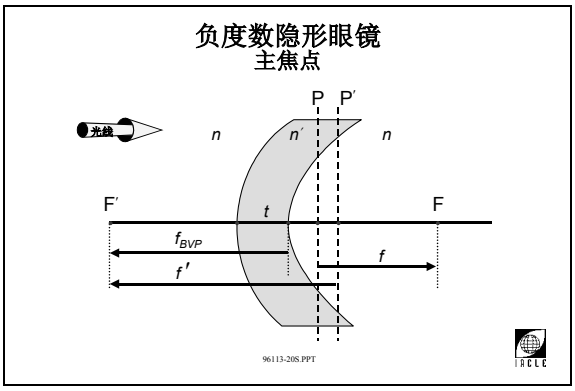
2L396217-19

主焦面的图标

正焦度隐形眼镜

事实上，隐形眼镜呈“新月型”。如图所示新月形的正度数镜片的主焦面在镜片前表面一侧。从该图可以看出第二主焦面不在镜片后表面($f' > f_{BVP}'$)，因此采用后顶焦度会过高估计正度数镜片的实际焦度。临床上，我们通常使用镜片后顶焦度(通过镜片表面的焦距来测量镜片的度数)，因为这是焦度计实际测量的顶点焦度（即后顶焦度或前顶焦度，但是隐形眼镜需要用特殊的测座来测量）。

20



2L396218-20

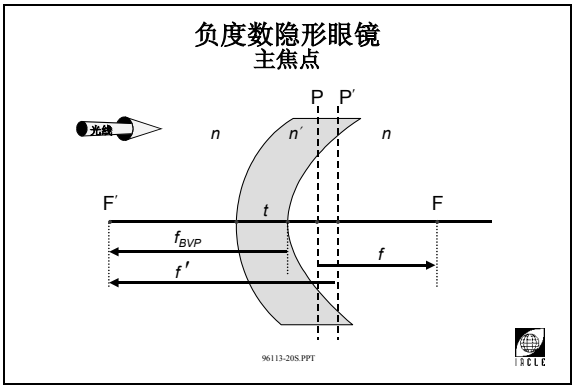
主焦面图示

负度数隐形眼镜

新月形负镜片的主焦面在镜片的后表面一侧。因此，负度数的后顶焦度过高估计镜片的实际度数。

I.D 后顶点屈光度

21



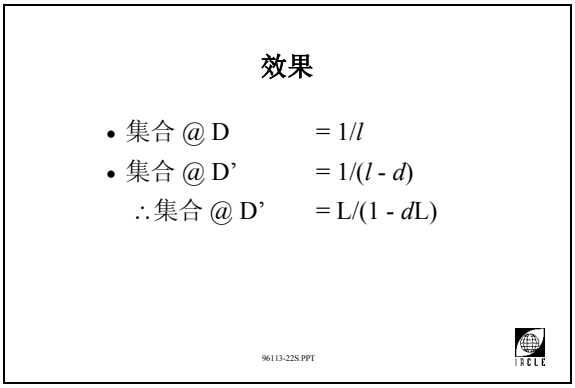
2L396218-21

效果关系

光线从一点聚合（如图示）或发散，在光线束上的每个辐射点有不同的集合度。集合度与该点与该光源的距离成反比。当光线在空气以外的媒体中传播，集合度是n/d，即集合减少。

公式$D' = \frac{L}{(1-dL)}$表示在距离d内任意两点光线的集合关系。有关公式将出现在以后的厚透镜顶点距离的校正中。

22



2L396113-22

效果

- 当光束向着（集合系统）或从焦点射出（发射系统）传播距离d，光束“聚散”的程度和距离d的大小成比例。

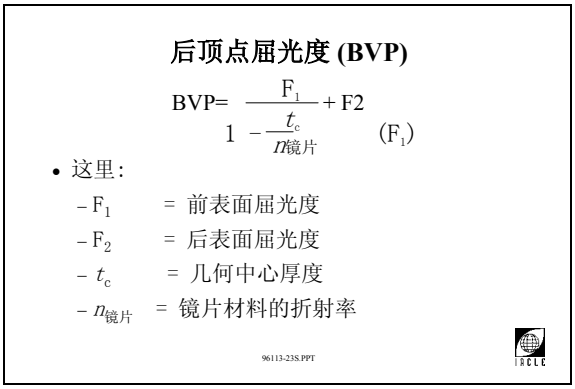
集合@ $D = \frac{1}{l}$

集合@ $D' = \frac{1}{(l-d)}$

∴集合@ $D' = \frac{L}{(1-dL)}$

- 如果d不在空气中，应用小于光线传播的距离的距离$\frac{d}{n'}$来计算。

23



2L396113-23

后顶点屈光度 (BVP)

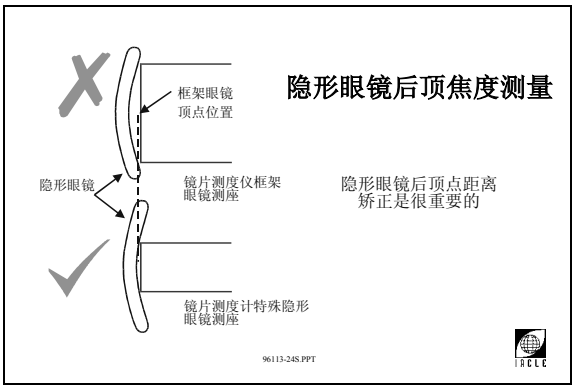
$$BVP = F'_V = \frac{F_1}{1-\frac{t_c}{n_{Lens}}(F_1)} + F_2$$

- 公式的前部分是第一表面相对第二表面的“效应焦面”。
- 后顶焦度是唯一可以测量的度数，因此后顶焦度用于讨论。临床上只使用后顶焦度，当使用度数时，是指后顶焦度。
- 隐形眼镜后顶焦度的测量是需要特殊的测座来把镜片架在镜片焦度计上的。参阅幻灯片24。
- 这是因为框架镜片的矢深比隐形眼镜要低得多。当任何一个镜片的后顶点没有正确地定位时，后顶焦度的测量是不准的。

后顶焦度变化后的表达式:

后顶焦度 $= F'_V = \frac{F_1}{1-\frac{t_c}{n_{镜片}}(F_1)} + F_2$ (从前面得出)

24



2L396218-24

乘以: $[1 - \frac{t}{n}(F_1)]$ 得出:

$$F'_V \times [1 - \frac{t}{n}(F_1)] = F_1 + F_2 \times [1 - \frac{t}{n}(F_1)]$$

扩大为:

$$F'_V \times [1 - \frac{t}{n}(F_1)] = F_1 + F_2 - \frac{t}{n}(F_1F_2)$$

$$F'_V \times [1 - \frac{t}{n}(F_1)] = F_=$$

$$\therefore F'_V = \frac{F_=}{1 - \frac{t_c}{n_{镜片}}(F_1)}$$

(这里$F_=$ 镜片“相等屈光度”)

前顶点屈光度

前顶点焦度 (也叫中和焦度)有时用来表示指定焦度的的度数。因为巩膜镜片的矢深使测度仪不能接触后顶点。在这种情况下，镜片的FVP可以通过一个特殊的镜片测座来测量或用一平板玻璃来定位镜片的顶点。

前顶焦度还可以用相似于后顶焦度的方法来计算。

$$前顶焦度 = \frac{F_2}{1 - \frac{t_c}{n_{镜片}}(F_2)} + F_1$$

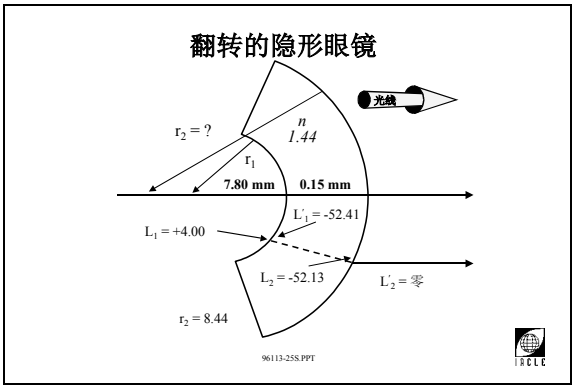
用计算后顶焦度的相似的表达方式是:

$$F_V = \frac{F_=}{1 - \frac{t_c}{n_{镜片}}(F_2)}$$

标准焦度计测座是用来测量(框架眼镜和隐形眼镜)的后顶焦度的。

I.E 计算FOZR

25



2L396218-25

从给定的下列参数计算前表面光学区域半径 (r_2)得出：

- 基弧(r_1)
- $n_{材料}$
- t_c (0.15 毫米)
- 病人的眼睛处方(即后顶焦度)。如果已知框架眼镜处方，可通过计算或查表来得出。这步骤对矫正顶点距离的差异是必要的 (参阅幻灯片30)。
- 反转镜片使得镜片计算容易，且使射出光（折射光）与光轴平行(零集合)。这和镜片配戴者接受平行入射光线相似。因为所有的光学系统和光线路径是可以反转的并且特性没有变化。

翻转镜片：

$n_{镜片}$=1.44

t_c=0.15毫米

r_2 = 基弧= –7.8毫米 (这是负镜片，因为中央弧度方向和光线传播的方法相反)。

后顶焦度 = –4.00 D

L_{CL} = – 后顶焦度= +4.00 D

L_{CL}' = 零(即镜片正向定位时，入射光线是平行的)。

$$F_1 = \frac{(n'-n)}{r_2}$$

$$= \frac{(1.44-1.00)}{-0.0078}$$

= –56.41 D

第一表面后的集合：–52.41 (即–56.41 +4.00)

在第二表面的效果度数：

$$D = \frac{L_1}{1-\frac{t_c}{n_{Lens}}(L_1)}$$

= –52.13

现在 –52.13 + F_2 = 零 (平行光线)

因此 F_2 = +52.13

$$= \frac{(n-n')}{r_1}$$

$$= \frac{(1-1.44)}{r_1}$$

和 r_1 = –8.44毫米

负数表示凹面。在图中，镜片的凹面是朝向光线的入射方向的。**然而**因为镜片反转了，当反转方向后该镜片表面是凸面+8.44毫米。这是新月形隐形眼镜及其后顶焦度。

II 屈光不正眼

26

屈光不正
远点

远点是无调节眼睛的黄斑中心凹共轭焦点。

它在:

- 正视眼的无穷远
- 远视眼的眼睛后边
- 近视眼的眼睛前面

96113-26S.PPT

2L396113-26

27

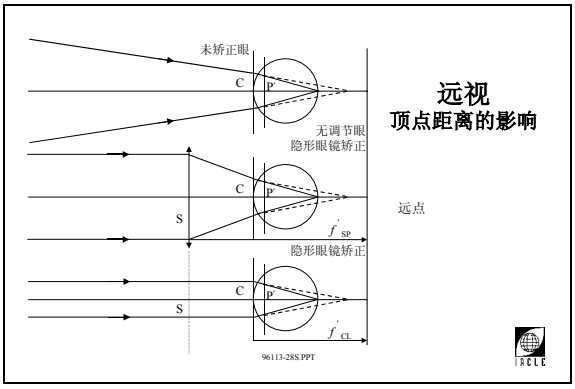
屈光不正的矫正

- 矫正镜片的第一焦点位于无调节的屈光不正眼的远点上

96113-27S.PPT

2L396113-27

28

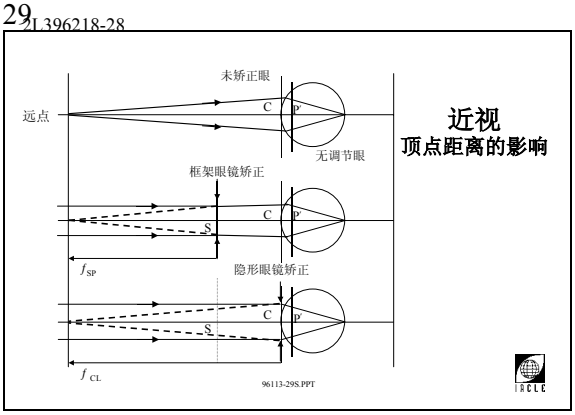


2L396218-28

远视眼

图示无调节的，用框架眼镜和隐形眼镜矫正的远视眼。隐形眼镜比框架眼镜需要较大的后顶焦度来矫正相同的度数 (即f_{CL}'比f_{SP}'小)。实际上是显示顶点距离差异的示意图。

29

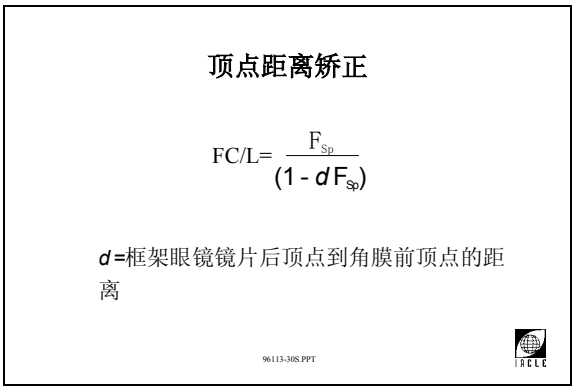


2L396218-29

近视眼

图示未矫正和矫正后近视眼。隐形眼镜比框架眼镜需要较小的后顶焦度来矫正近视眼。在图下部显示f_{CL}'比f_{SP}'大。

30



2L396113-30

顶点距离矫正

如果角膜顶点与镜片后顶点的距离已知，该公式可用框架眼镜的度数计算隐形眼镜的度数。

$$F_{C/L} = \frac{F_{Sp}}{(1-dF_{Sp})}$$

如果不测量距离 (d)，可根据加配戴者的解剖特征来估计。经常该距离是低估的。在亚洲人中，一般用10-14毫米。在白种人中，用10-15毫米。

通常使用顶点距离矫正表格来矫正隐形眼镜后顶焦度。

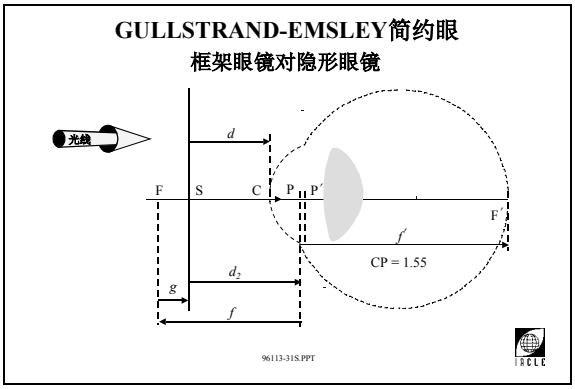
大多数矫正表格从4D开始，因为该数值以下的矫正值在临床最小递增值小于0.25D。

顶点距离矫正表格在第3册的附录中。

III 放大率

31

Gullstrand-Emsley氏简约眼



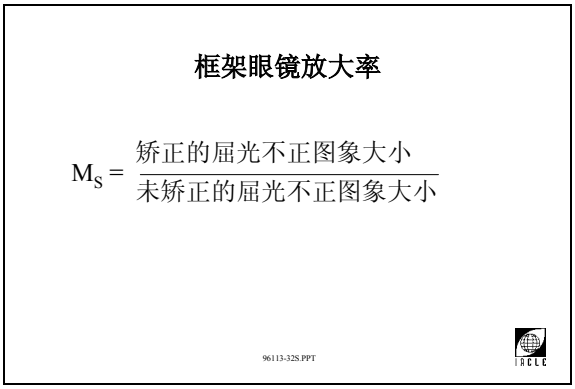
2L396218-31

图示Gullstrand-Emsley氏简约眼。它代表被广泛接受的人类眼睛的现代修订版模型。下述参数在随后的计算和相关讨论中应用。

图中：
C = 角膜顶点
F = 第一主焦点
F′ = 第二主焦点
S = 框架眼镜平面 (后顶点位置)
P 和P′ = 眼睛的主面

III.A 框架眼镜和隐形眼镜放大率

32



2L396113-32

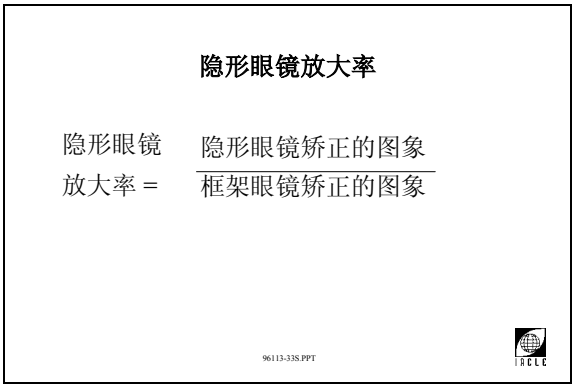
框架眼镜放大率 (SM)

框架眼镜放大率是屈光不正的眼睛在矫正和未矫正时视网膜上成像大小的比率。

$$M_S = \frac{\text{矫正屈光不正图像大小}}{\text{未矫正屈光不正图像大小}}$$

比率为比较一清晰的图像和一模糊的图像。

33



2L396113-33

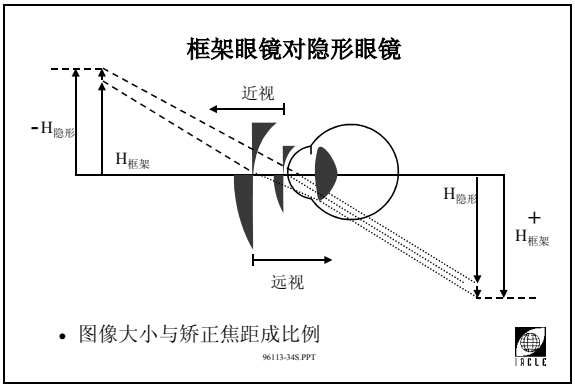
隐形眼镜放大率 (CLM)

隐形眼镜放大率是屈光不正眼睛由隐形眼镜（CL）矫正和框架眼睛矫正（SL）后在视网膜上图像大小的比率。

$$M_{CL} = \frac{\text{隐形眼镜矫正图像大小}}{\text{框架眼镜矫正图像大小}}$$

因为分子和分母均为聚焦的图像，因此隐形眼镜放大率是现实的。

34



2L396213-34

框架眼镜对隐形眼镜

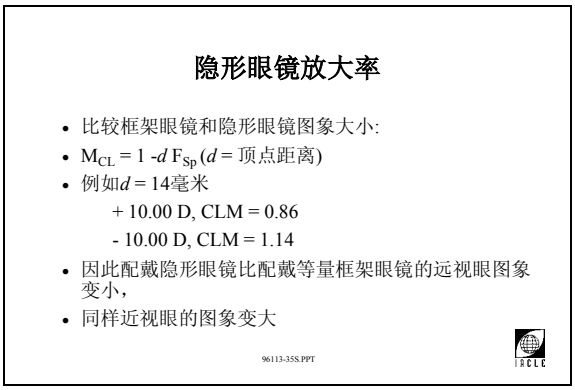
这里现实远视眼（下部）和近视眼（上部）的隐形眼镜放大率。

任何光学系统的物像大小均与系统的焦距成正比例 (或与镜片屈光度成反比)。

在远视眼，隐形眼镜焦距比相等的框架眼镜焦距较短的 (因为顶点距离)。因而当隐形眼镜配戴时图像大小是较小的。

在近视眼中的情形是相反的。隐形眼镜焦距比相等的框架眼镜焦距较长，因此隐形眼镜图像大小是较大。

35



2L396113-35

隐形眼镜放大率

比较框架眼镜和隐形眼镜图像大小：

- $M_{CL} = 1 - d F_{Sp}$

例如d = 14 mm

+ 10.00 D, M_{CL} = 0.86

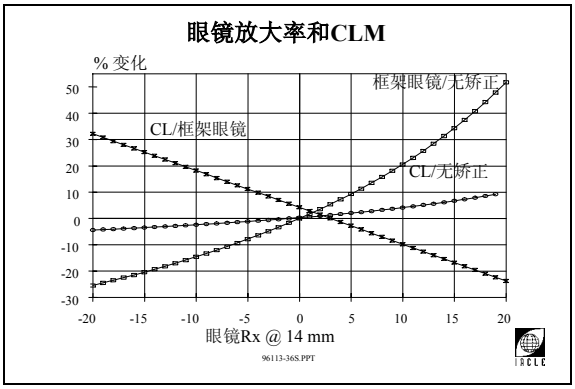
- 10.00 D, M_{CL} = 1.14

远视眼配戴隐形眼镜比配戴等量的框架眼镜的物像较小。

同样近视者配戴隐形眼镜比配戴等量的框架眼镜的物像较大。

这些结果合在一起使得隐形眼镜比框架眼镜有较大的优势。

36



2L396213-36

框架眼镜放大率和隐形眼镜放大率

图显示隐形眼镜放大率与框架眼镜放大率的比较，框架眼镜放大率与无矫正眼的比较，隐形眼镜放大率与无矫正眼的比较。顶点距离14毫米，应用于Gullstrand-Emsley简约眼。

从图形中可以看出，当与未矫正状态进行比较，隐形眼镜产生一个进似于正常图像大小的图像，尽管它是将一个清楚（矫正的）与模糊的图像进行比较。

该曲线比较配戴隐形眼镜和框架眼镜后的图像大小（均为清晰）的不同。它显示如-15D的隐形眼镜比框架眼镜生产的图像大20%。这是合理的，因为-15D框架眼镜产生图像缩小(比未矫正的图像缩小约20%)。

总之，隐形眼镜比框架眼镜产生较小图像(在高度数情形下更小) 。比较隐形眼镜矫正的图像和正视眼的图像而不考虑屈光不正病因（既轴性或屈光性）。因为同一眼睛不可能是又是屈光不正又是正视眼而光学参数不变。

III.B 相对镜片放大率

37

相对放大率 (RSM)

大致是:

- RSM = 1 + d_2 F_{Sp} 屈光性屈光不正
- RSM = 1 - g F_{Sp} 轴性屈光不正

96113-37S.PPT

2L396113-37

相对镜片放大率 (RSM)

对于远的目标，相对放大率是指框架眼镜矫正屈光不正后的物像大小和正视眼的物像大小的比率。同时须考虑屈光不正的病因，即分清来源于轴性还是屈光性。

近似是：
(基于Gullstrand-Emsley简约眼 (幻灯片31))
相对放大率 = 1 + d_2 F_{Sp}用于屈光性屈光不正眼。
(d_2 =从框架眼镜后顶点到眼睛的第一主焦面的距离).
相对放大率 = 1 - g F_{Sp}用于轴性屈光不正
(g =眼第一焦点到框架镜片后顶点)
需要注意 f = - (g + d_2).

因为这些公式是近似的，且来源于简约眼资料 (正常眼睛)，百分比的小数点后的数目是不准的。

38

相对放大率:屈光性的屈光不正眼

大致:

- RSM = 1 + d_2 F_{Sp}

配戴框架眼镜 ($d_2 \approx d$ = 顶点距离):

- RSM ≠ UNITY (X1)

配戴隐形眼镜 (d_2 = 1.55 ≈ 0):

- RSM ≈ UNITY (X1)

96113-38S.PPT

2L396113-38

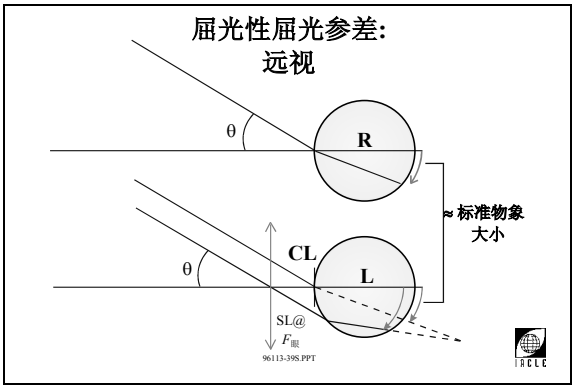
相对放大率：屈光性的屈光不正眼

$$RSM = 1 + d_2F_{Sp}$$

框架眼镜($d_2 \approx d$ = 顶点距离):
RSM ≠ *标准物象* (即≠X1) (近似$d_2 = d$).

在隐形眼镜中, d_2 = 1.55毫米 在整体量值中1.55毫米可忽略(≈ 0).
RSM ≈ *标准物象* (即X1) 这仅仅是近似值。如果必要可以精确计算。然而需要记住相对放大率是以理论上的简约眼为依据的。

39



2L396113-39

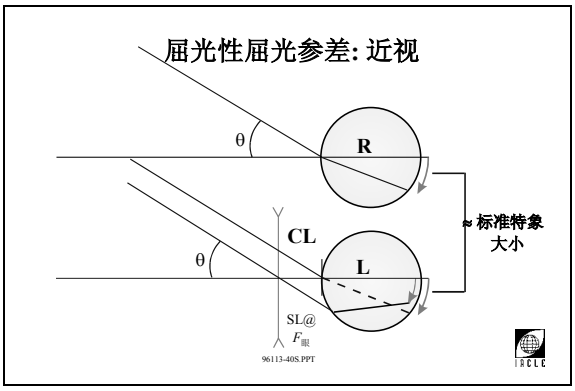
相对放大率：屈光性屈光不正

为了保持一致，所有相对放大率中的框架眼镜后顶点均于Gullstrand-Emsley眼的前焦点（角膜前极的14.98毫米）。这与屈光性屈光不正的相关性较小，特别是屈光不正的焦距不同。然而在轴性屈光不正的眼睛中，可以根据框架眼镜镜片的位置方便和简化地来定位图像的大小。14.98毫米的距离接近于真实的顶点距离。

在所有的图中，隐形眼镜的图像用一实线箭头表示。另外正视眼的标准物象的大小也显示其中。

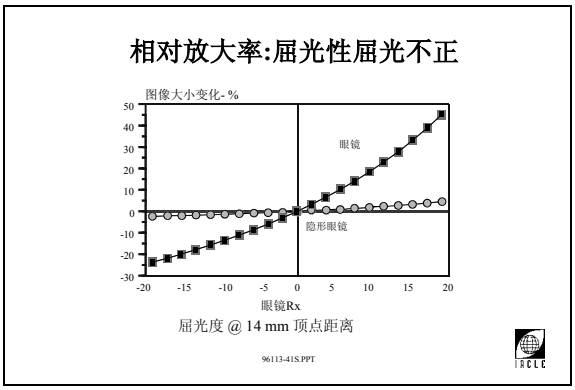
屈光性屈光不正眼由隐形眼镜形成的图像

40



2L396113-40

41



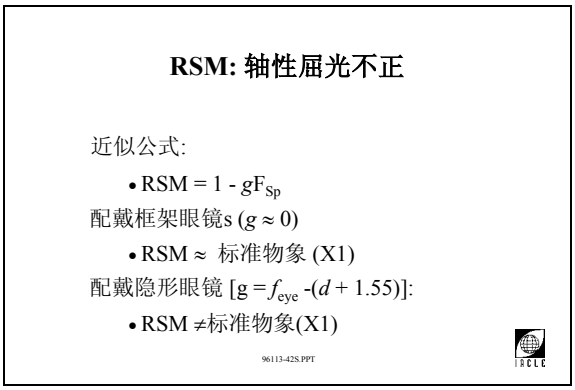
2L394N291-41

接近于正视眼的图像大小。由框架眼镜形成的图像分别在远视和近视眼中形成较大或较小，正如隐形眼镜放大率公式所预计的那样。

在幻灯片41中显示屈光不正(± 20.00D)的计算结果。在这些图像中，Gullstrand-Emsley简约眼的顶点距离约为14 毫米中。

很明显如果屈光参差来源于屈光不正眼(单眼或双眼)并且是屈光性的，因为隐形眼镜产生的放大率可以忽略不记，因此隐形眼镜是较好的选择。

42



2L396113-42

相对放大率：轴性屈光不正眼

近似 (幻灯片31)是：

$$RSM = 1 - g F_{Sp}$$

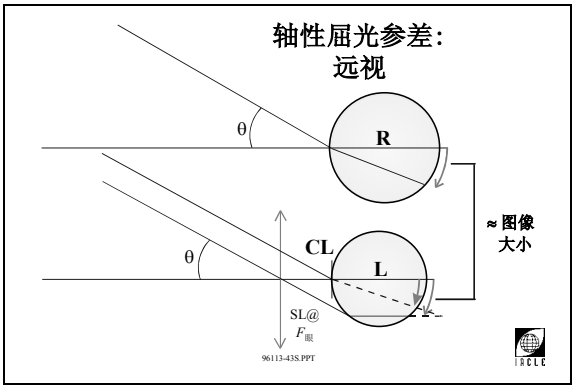
对于框架眼镜($g \approx 0$ 即$d_2 \approx -f$)

RSM ≈ 标准物象 (X1) (这近似值取决于g准确度$g \approx 0$).

对于隐形眼镜$g = f_{眼睛} - (d + 1.55)$ f 是负值，g和d是正值。

RSM ≠ 标准物象(X1)

43



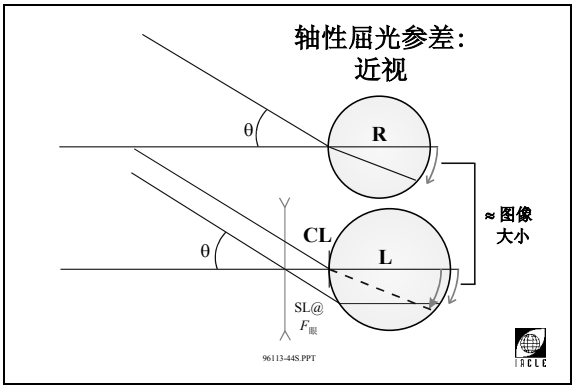
2L396113-43

相对放大率：轴性屈光不正眼

图示轴性屈光不正眼配戴框架眼镜产生的物像大小最接近正视眼的图像大小。而屈光性屈光不正的眼睛，框架眼镜的图像在远视眼图像较大，在近视眼图像较小。

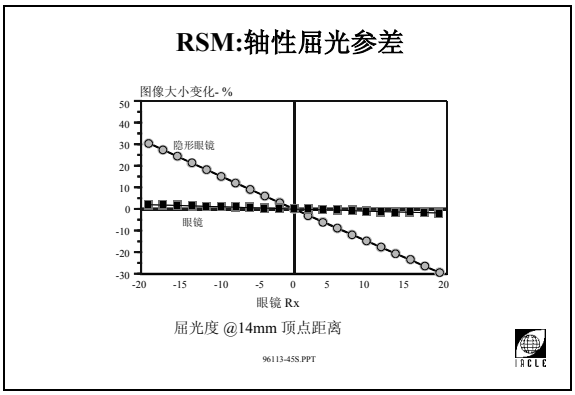
幻灯片45显示轴性屈光不正眼的计算结果。图形中使用的资料是病人的真实收集资料，即框架眼镜的数据和等效的隐形眼镜数据（图像大小用隐形眼镜后顶点焦度来矫正顶点距离效应）的曲线。有些课本显示较弯曲的镜片数据曲线。这些是以后顶焦度为依据，即相

44



2L396113-44

45

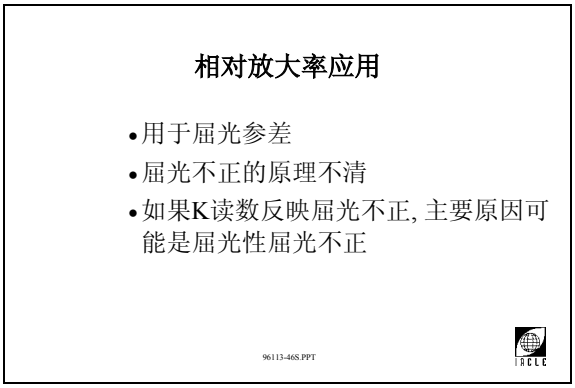


2L394N291-45

同后顶焦度的框架镜片和隐形眼镜。

如果屈光参差来源于轴性屈光不正(单眼或双眼)，则框架眼镜是较好的矫正选择。

46

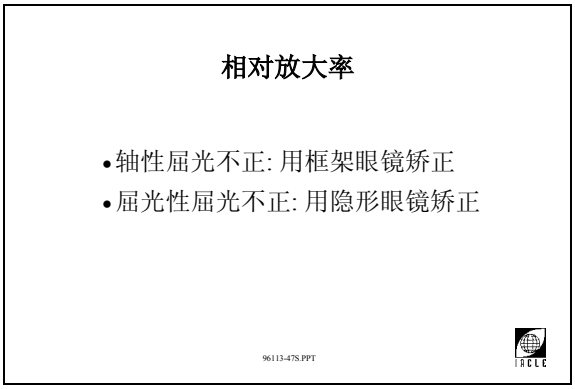


2L396113-46

相对放大率应用

- 相对放大率用于临床上屈光参差（两眼屈光状态的不平衡）的矫正选择。相对放大率还用于调整两眼屈光性和轴性屈光不正引起的两眼影像不等病人的成像大小。
- 不幸的是在大多数情形中决定屈光不正的病因是困难的。如自然界中的许多现象，病因常常是轴性和屈旋光性两者结合的。
- 研究显示当K读数显示屈光不正的差异时(即在大多数近视眼中有陡斜的角膜)，该屈光不正常常是屈光性的。

47



2L396113-47

相对放大率

总结：

- 相对放大理论建议轴性屈光参差适用于框架眼镜矫正。

相反…

- 屈光性屈光参差适合于隐形眼镜矫正。

临床上需要判断屈光参差的大小，成像差异和可能的诱因。而后确定需要用框架眼镜还是隐形眼镜矫正。总之，隐形眼镜不总是用来矫正屈光参差的，需要临床评价后再作决定。

因为出现了屈光性手术（RK、PRK和LASIK等），相对放大率显得更重要了。因此有关隐形眼镜矫正的适用性也适合于这些屈光性手术。

48

屈光不正：轴性或屈光性

- 较高的屈光不正眼研究 (4 到8D) 提示其病因以轴性为主。
- 如果病人有屈光参差，框架眼镜是其矫正的选择。
- 然而大多数屈光不正的两眼的屈光状态是近似相同的。
- 选择视力矫正的形式常考虑其它因素，如美观、职业和安全等。

屈光不正:
轴性或屈光性

- 高度屈光不正通常是轴性的
- 轴性屈光参差最好用框架眼镜矫正
- 绝大多数屈光不正者双眼大致屈光相等
- 矫正方法的选择通常还考虑其它方面

96113-48S.PPT

2L396113-48

49

框架眼镜、隐形眼镜和相对放大率的相互关系？

- 框架眼镜是真实地比较已矫正(聚焦的)和未矫正的(模糊)视网膜图像大小。
- 隐形眼镜是更现实地比较隐形眼镜矫正和框架眼镜矫正后视网膜图像大小。
- 相对放大率是假设的放大率比较矫正眼的图像和理论上正视眼的图像大小。

隐形眼镜、框架眼镜和相对放大率的相互关系？

- 框架眼镜是矫正和未矫正图象大小的比较
- 隐形眼镜是隐形眼镜和框架眼镜矫正后视网膜图象大小的比较
- 相对放大率是理论上正视眼和屈光不正眼睛矫正后图象大小的比较

96113-49S.PPT

2L396113-49

50

无晶体眼

无晶体眼如果不装人工晶体，被认为主要是屈光性的屈光不正，因此隐形眼镜是较好的选择。因为人工晶体的出现提供了较好光学矫正，使得隐形眼镜较少应用。

无晶体眼

- 无晶体眼具有较大的屈旋光性屈光不正
- 如果人工晶体不植入，最好选择隐形眼镜矫正

96113-50S.PPT

2L396113-50

51

散光

散光

- 高角膜散光归类为屈光性屈光不正
- 框架眼镜镜片会引起明显的主经线影象不等

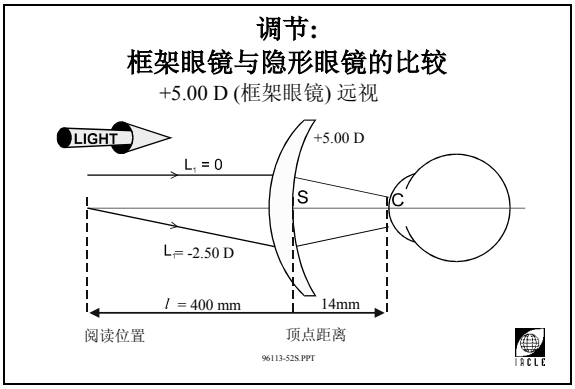
96113-51S.PPT

2L396113-51

- 高度角膜性散光被分类为屈光性屈光不正眼。不考虑实际原因，一条经线被认为“正常”，而另一条经线被认为是散光性屈光不正。
- 用框架眼镜可引起两条经线上影像不等，需要选择隐形眼镜来减少象差。

IV 隐形眼镜调节

52



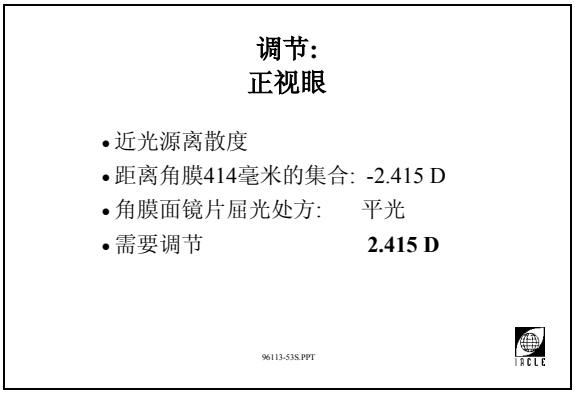
2L396218-52

调节：+5.00 D远视眼框架眼镜与隐形眼镜的比较

正视眼和近视眼的调节需要显示在以下幻灯片中。

图示5D远视眼，看40cm近物时需要的调节。在40厘米的目标的离散度是-2.50D (即入射光线是分叉的)。

53



2L396113-53

调节：正视眼

最初计算是在相同的情形进行的。使用14毫米为顶点距离。对于正视眼，物像假定为414毫米(即400 + 14)，因此调节需要+2.415 D。

相似情形下，隐形眼镜配戴者需要近似的调节。

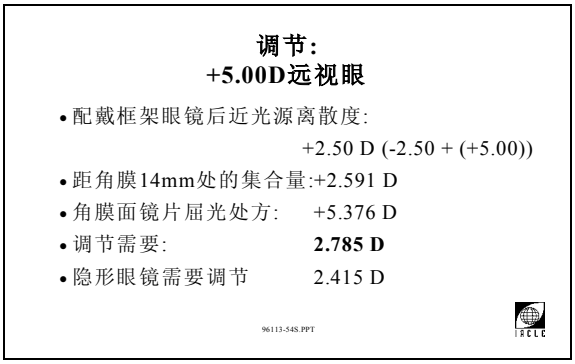
调节：+5.00 D远视眼

光线从40厘米处的目标通过置于在14毫米处的+5.00 D远视镜片集合到角膜平面需要+2.591D。角膜平面的屈光处方是+5.376D，因此调节需要：

+5.376 - (+2.591) = +2.785 D。

然而因为配戴隐形眼镜仅需要2.415D，因此配戴隐形眼镜比框架眼镜(2.785 D)需要较少的调节。

54



2L396113-54

调节：-5.00 D近视眼

从40厘米处的目标通过置于在14毫米处的-5.00 D远视镜片集合到角膜平面需要-6.787 D 。角膜平面的屈光处方是-4.673D，因此调节需要：

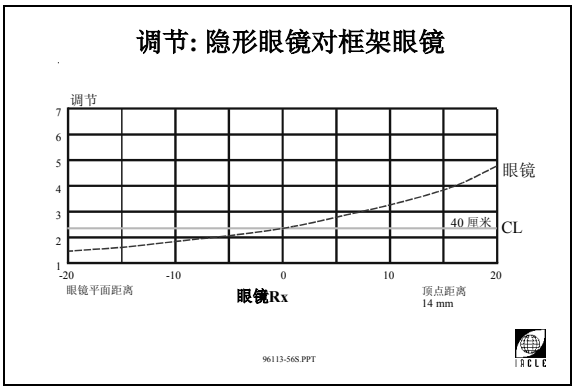
-4.673 - (-6.787) = +2.114 D。

因为配戴-5.00D隐形眼镜需要调节2.415D，配戴隐形眼镜比框架眼镜(2.114D)需要的调节大。

55

2L396113-55

56



2L396113-56

调节：隐形眼镜与框架眼镜的比较

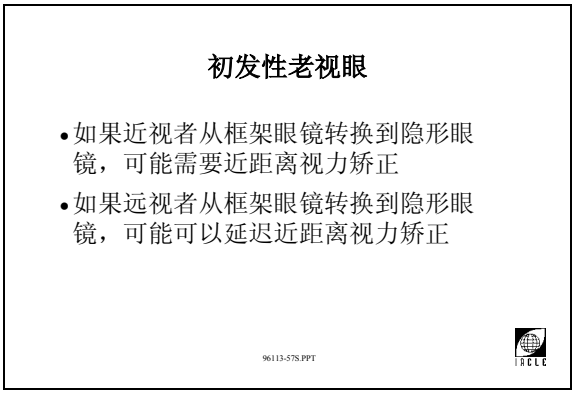
图示对在 +20D和-20D屈光不正眼在25厘米和40厘米工作距离配戴框架眼镜的调节(从框架眼镜平面测量) 。对于配戴隐形眼镜（或正视眼）在以上距离的调节显示为水平线。上述资料约为顶点距离14毫米。

尽管25厘米有时是不现实的(它太靠近)，但是这里清楚地显示框架眼镜配戴者需要的潜在调节力。高度远视眼特别明显，隐形眼镜配戴者需要较少的调节(7D以上者可少用4D)。即使在40厘米以外也存在明显的区别。

调节：小结

- 对于框架眼镜来说近视眼比远视眼调节少(2.114D与2.786 D)。
- 当配戴隐形眼镜时，屈光不正眼需要的调节与正视眼相近似(2.415 D)。
- 近视者配戴隐形眼镜的调节(2.415 D)比与框架眼镜 (2.114 D)大。
- 远视眼配戴框架眼镜的调节(2.786D)比隐形眼镜(2.415 D)大。

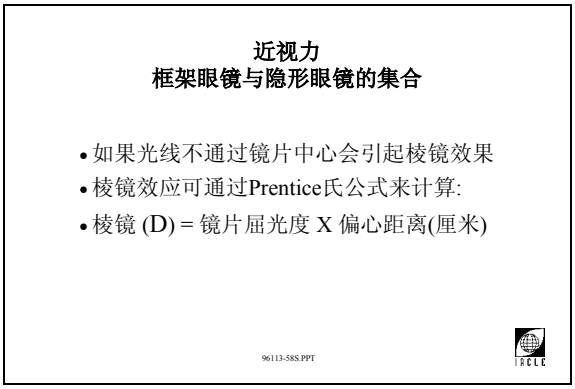
57



2L396113-57

V 隐形眼镜辐辏

58



2L396113-58

近视力

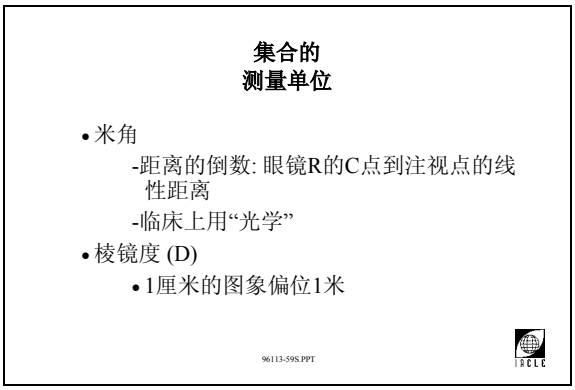
框架眼镜与隐形眼镜集合的比较

当框架眼镜的轴离开中心后，会产生棱镜效应。其数量取决于镜片水平子午线上的后顶焦度，或注视位置，该位置取决于头位和眼睛集合程度。

棱镜效果可由Prentice氏规则计算出来：
棱镜 (Δ) = 镜片屈光度x 偏位程度(厘米)

Prentice氏规则仅仅是一近似值并且是近轴光理论和薄镜片为基础条件的。因为隐形眼镜是厚镜片并且周边镜片区可能影响计算，因此当使用该规则计算仅能得出近似值。

59



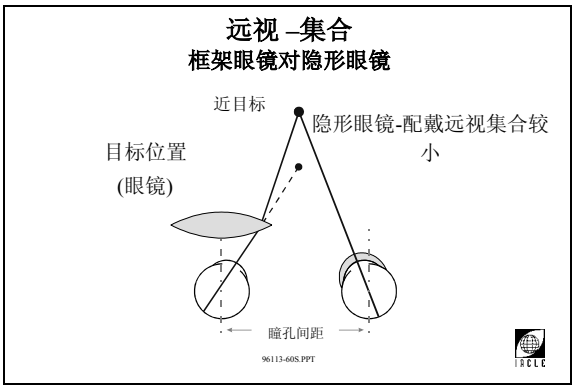
2L396113-59

集合：数量单位

- 米角
  - 从注视点到眼睛旋转中心连接线的垂直的距离。旋转中心 不是固定点(6条眼外肌，包括框内筋膜和眼球的柔软性使得眼睛没有固定的”旋转点”)。旋转中心被认为是在角膜后13.5毫米 (Solomons，1978，Millodot，1986)。
  - 米角度是一临床定义，而非"光学"测定值。
- 棱镜度(Δ)是在1米的工作距离使目标移动1厘米的棱镜度。与Prentice氏规则一样，棱镜度计算是假定薄镜片和近轴光线。

所有注视点假定是在媒体的中央平面上，不考虑非对称性集合。

60

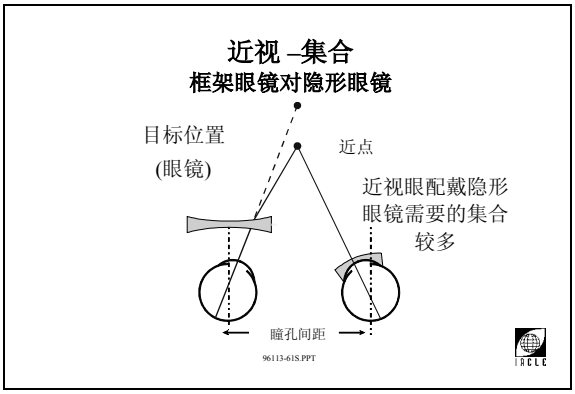


2L396218-60

远视眼集合

远视眼配戴隐形眼镜比框架眼镜集合少。这是因为框架眼镜形成的基底向外的棱镜使得比正常的需要更多的集合力来观察近距离物体。因为隐形眼镜在眼睛上随着眼球转动，没有如此的棱镜效应。

61

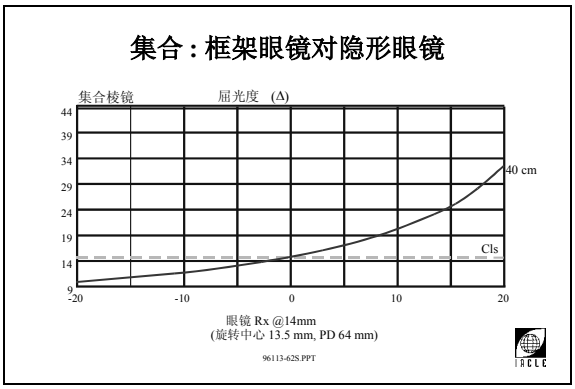


2L396218-61

近视眼集合

近视眼配戴隐形眼镜比框架眼镜需要更多的集合力。当配戴框架眼镜，它们有一个基底向内的棱镜减少眼睛对集合的需要。隐形眼镜几乎没有棱镜效应。因而从框架眼镜转配隐形眼镜在临床上可能会出现明显的集合需要增加的现象。

62

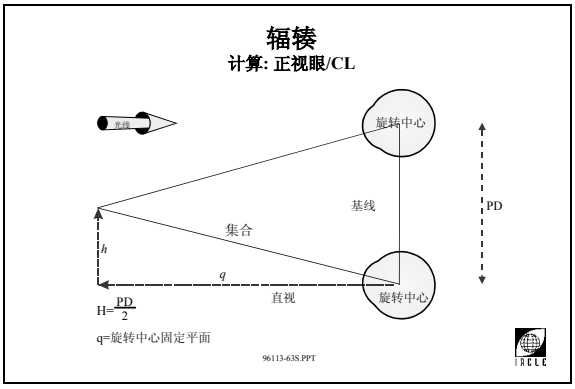


2L396113-62

集合：框架眼镜与隐形眼镜的比较

图示配戴隐形眼镜和框架眼镜的差异。对于集合而言， 隐形眼镜的情况假定与正视眼的情况相似，即镜片与眼睛一起运动没有集合的加减功能，包括的固视距离为25和45厘米。曲线图清楚地显示配戴框架眼镜的远视眼比近视眼需要相对大内收集合。固视距离越短差异越大。

63



2L396113-63

集合需求量的计算

在幻灯片63中，显示正视眼（和隐形眼镜配戴眼）需要集合两眼来注视目标，集合量与瞳孔的距离有关。

单眼集合：

注视从框架眼镜平面的距离为400毫米的物体，PD为64毫米，顶点距离为14 毫米，旋转中心为角膜顶点后面13.5毫米，单眼集合(棱镜度) 是：

$\Delta = \frac{h(\text{厘米})}{q(\text{厘米})}$ 式中q是注视平面到旋转中心的距离。

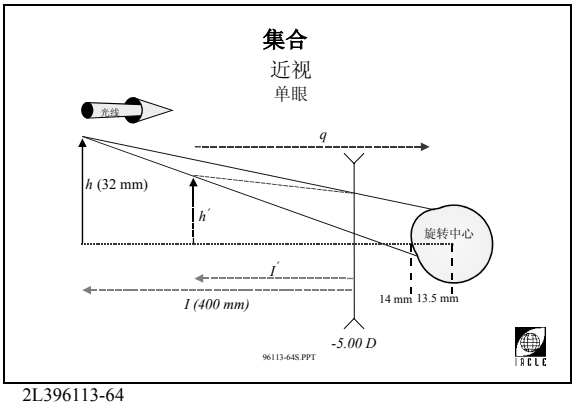
光学上，注视平面可以是真实的（幻灯63和64）或虚拟的（幻灯65）。

$$\Delta = \frac{+3.2}{+(0.4+0.014+0.0135)} = 7.49\Delta$$

∴ 双眼集合 = 14.97Δ

这也是隐形眼镜需要的集合，因为镜片随眼睛而运动。

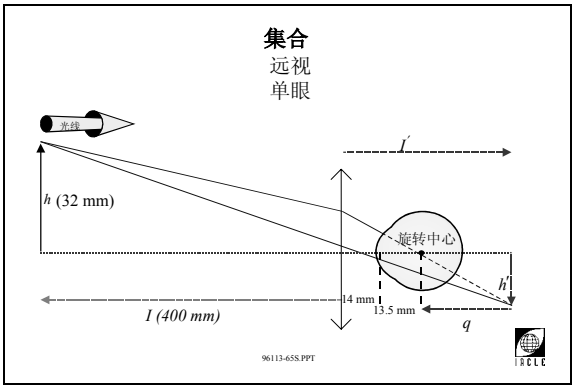
64



2L396113-64

幻灯片64显示-5.00D的单眼位于以上相似的环境下的集合状况。

65



2L396113-65

单眼用$\Delta = \frac{h'}{l'}$

从一般的放大率公式中得出：$\frac{h'}{l'} = \frac{h}{l}$

$\therefore h' = \frac{h\,l'}{l}$

$L' = L + F_s$

$\frac{1}{l'} = \frac{1}{l} + F_s$

$l = -0.4$ 米 和 $F_s = -5.00$ D

$\therefore l' = -0.133$ 米

$h' = \frac{32(-0.133)}{-0.4} = 10.666$ 毫米

$\Delta = \frac{h'}{q}$式中q是从注视平面(图像平面)到旋转中心的距离。

$\Delta = \frac{+1.0666}{+(0.1333+0.014+0.0135)} = 6.63$

$\therefore$ 双眼集合 = 13.26 Δ

在该屈光不正的情形中，图像平面在镜片平面的后面。q ＝l′ - (顶点距离 +旋转中心的距离)。这是因为q 是从注视平面（从镜片平面测量的）加上旋转中心。

幻灯65所示为+5.00D远视的类似例子，瞳孔距=64mm，阅读距=40cm，顶点距离=14mm

单眼集合$\Delta = \frac{h'}{l'}$

常规放大率公式：$\frac{h'}{l'} = \frac{h}{l}$

$\therefore h' = \frac{h\,l'}{l}$

$L' = L + F_s$

$\frac{1}{l'} = \frac{1}{l} + F_s$

$l = -0.4$ m 和 $F_s = +5.00$ D

$\therefore l' = +0.4$m（框架眼镜的后方）

$h' = \frac{+32(+0.4)}{-0.4} = -32$mm

$\Delta = \frac{h'}{q}$式中q为象平面到旋转中心的距离。

$\Delta = \frac{-3.2}{-(+0.4-(-0.014+0.0135))}$

$$=\frac{-3.2}{-0.372}=8.59\Delta$$

∴双眼集合 = 17.18 Δ

小结：（瞳距=64，顶点距=14）

屈光处方	框架眼镜集合	隐形眼镜集合
-5.00D	13.26Δ	14.97Δ
平光	14.97Δ	14.97Δ
+5.00D	17.18Δ	14.97Δ

VI 角膜曲率半径

66

角膜曲率半径

- 角膜弧度半径:
  - 大约7.1 - 8.7毫米

96113-66S.PPT

2L396113-66

67

角膜曲率计:
PURKINJE- SANSON图象 #1

- 角膜弧度计(keratometer)测量角膜的曲率半径，而不是测量角膜屈光度
- 显示的屈光度是假设$n_{角膜}$ = 1.3375
- 弧度为7.8毫米的角膜:
  屈光度 = 48.205 (n=1.376)
  "读数" = 43.269 (n=1.3375)
  - 该假设仅仅符合90%(89.76%)的实际屈光度

96113-67S.PPT

2L396113-67

Purkinje-Sanson图像 #1

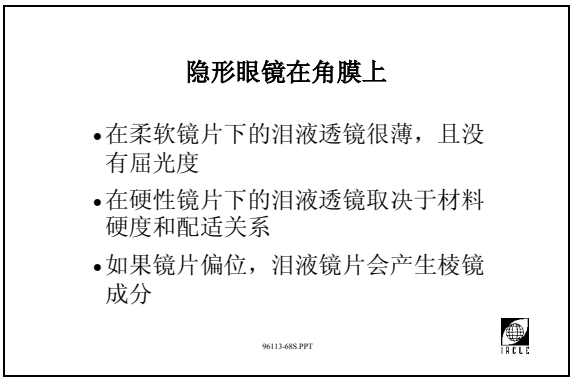
所有角膜曲率计测量曲率半径而不是屈光度。

长期以来为了方便，绝大多数仪器显示屈光度都是假设角膜折射率为1.3375，而不是目前所接受的1.376。
对于7.80毫米的角膜：
屈光度 = 48.205 (n=1.376)
屈光度 = 43.269 (n=1.3375)
后者是所谓 "K度数" 显示在角膜曲率计上。

实际上假设(n = 1.3375)仅仅符合90% (89.76%)的实际屈光度 (忽略角膜薄泪膜的效果)。然而泪膜的作用（在幻灯片73）89.36%的角膜散光可以通过硬性球面镜片来矫正角膜散光（这是硬片的物理性极限而不是光学极限）。因此角膜曲率计测量出的角膜散光可以被硬性球面镜片所矫正。

VII 泪液镜片

68

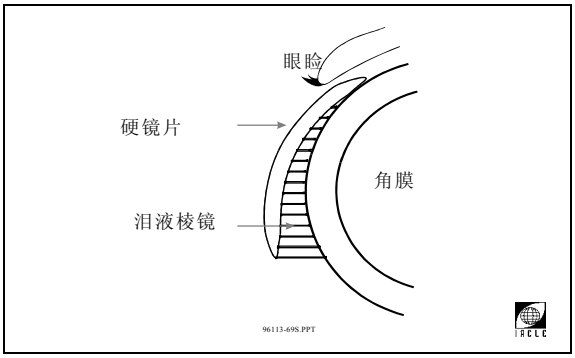


2L396113-68

隐形眼镜在角膜上

- 当一柔软的镜片放置在角膜上，镜片下泪液镜片是很薄的。因为镜片形态符合角膜形态，因此是没有度数的。
- 如果使用硬性镜片，泪液透镜取决于镜片后表面和角膜形态关系，以及材料硬度。
- 如果一硬性镜片离开中心位置，泪液镜片在球面或球柱面光学效果的基础上还附加棱镜效应。

69

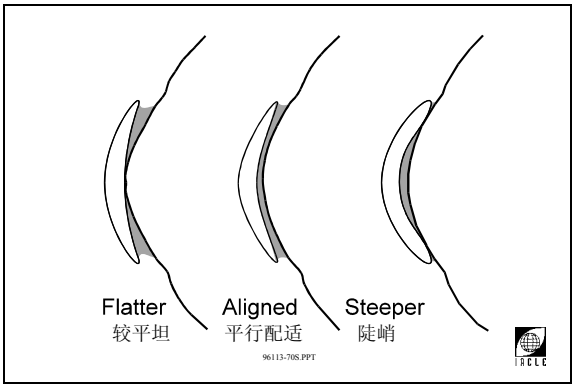


2L396218-69

镜片偏位引起棱镜

当硬性镜片离开中心位置后，可能由于上下眼睑的压力使得镜片倾斜，会在镜片下面产生泪液棱镜。对于较高屈光度的镜片，与镜片偏位引起的光学棱镜相比，泪液棱镜的效果可能是微不足道。

70



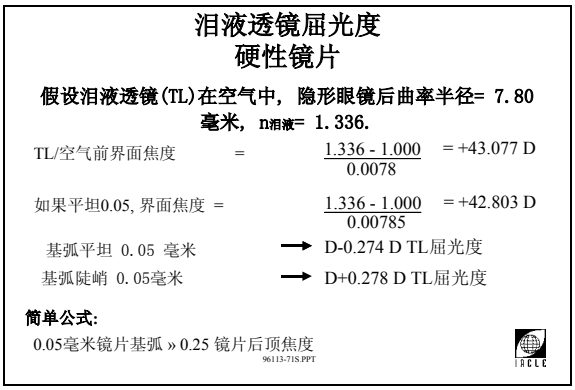
2L396218-70

平坦、匹配和陡峭透气硬镜配适图

图示3种最简单的透气硬镜/角膜关系图。不考虑周边角膜和镜片的配适关系。

用于描述它们的关系的术语是过平或顶点接触、匹配或平行和过陡或顶点空隙。

71



2L396113-71

硬性镜片的泪液镜片

硬性镜片下的泪液镜片的简单方法，该方法在临床上常用。

假设：

- $n_{泪液}$ = 1.336
- $n_{镜片}$ = 1.490
- $n_{空气}$ = 1.000
- r_0 = 7.80毫米
  - 较平坦 = 7.85毫米
  - 较陡峭 = 7.75毫米

为了方便，假定隐形眼镜和泪液由一层薄

的空气层隔开。

泪液透镜前表面屈光度($FS_{泪液}$):

$$= \frac{n'-n}{r}$$

$$= \frac{1.336 - 1.000}{0.0078}$$

$FS_{泪液}$度数 = **+43.076923** (镜片基弧 = **7.80毫米**)

如果某一个镜片需要更改基弧，在镜片重新订购前需要考虑镜片补偿量。

例如变化基弧0.05毫米，基弧 = 7.85 mm

$FS_{泪液}$度数 = **+42.802548** (基弧 = **7.85 mm**)

Δ = +42.802548 – (+43.076923)

= –0.274375 D

∴ ***平坦产生* –0.274375 D** 效果.

为了保持该"系统"的后顶焦度不变(镜片、泪液透镜和角膜)，在重新定购的镜片中需要加入+0.274375D到镜片的后顶焦度中。

镜片基弧陡峭0.05，基弧 = 7.75毫米

$FS_{泪液}$度数 = **+43.354839** (基弧 = **7.75 mm**)

Δ = +43.354839 – (+43.076923)

= +0.277916 D

∴镜片陡峭生产+**0.277916 D**效果

为了保持该"系统"的后顶焦度不变(镜片、泪液透镜和角膜)，在重新定购的镜片中需要加入-0.277916D到镜片的后顶焦度中。

不同弧度变化需要补偿的例子：

基弧:	7.1	**7.8**	8.4
平坦0.05 mm:	–0.33	**–0.27**	0.24
陡峭 0.05 mm:	+0.34	**+0.28**	0.24

这表格在±0.12D限度内，该简单换算是足够准确的。

简单换算法：

基弧变化0.05毫米，后顶焦度补偿0.25D(泪膜度数)。

在计算时，泪膜被认为是“薄”透镜，且厚透镜的光学效果是忽略的。在有些情况下，例如接触镜，泪膜的厚度是明显的。在如此的情形中泪液镜片应该当作"厚"透镜。

72

散光中和

- 角膜/泪液交界面的光学效果不显著
- 泪液透镜因为球形镜片的后表面而成球形
- 因此大部分散光被球形镜片所矫正

96113-72S.PPT

2L396113-72

散光中和

- 因为角膜和泪液的折射系数没有很大差别，因此它们的界面的光学效果是很小的。
- 因此如果一散光的角膜配戴一硬性球形镜片：
  - 因此角膜表面的泪液镜片的前表面被镜片的后表面“球性化”。
  - 泪膜透镜和角膜间的界面性的散光性被明显减少了。
- 简单球形镜片可以较大地矫正角膜散光。
- 尽管该方法可矫正绝大多数情形，但是它也有物理限制，即镜片会沿角膜平坦经线上下翘动使得该方法“矫正”散光的量受到限制。
- 通常角膜散光为3.00D时装配球性镜片是困难的。一般认为2.00D是比较现实的上限。角膜弧度仪仅仅测量角膜中心 3毫米区域的曲率(近似)，而不测量角膜周边弧度或形态。视频角膜地形图系统可能可以解决该问题。

73

中和角膜散光

K (毫米):	8.7/8.4	7.8/7.5	7.1/6.8
散光(D):	1.544	1.928	2.336
配戴隐形眼镜后散光 (D):	0.164	0.205	0.249
剩余:	10.64%	10.64%	10.64%

96113-73S.PPT

2L396113-73

中和角膜散光

假定K读数为8.00毫米/7.60 毫米以及下列折射率： $n_{角膜} = 1.376$,
$n_{泪液} = 1.336$

空气中角膜的度数:

$$D_1 = \frac{n'-n}{r_1} = \frac{1.376-1.000}{.008}$$

$D_1 = 47.00$ D

$$D_2 = \frac{n'-n}{r_2} = \frac{1.376-1.000}{0.0076}$$

$D_2 = 49.47$ D

角膜散光 = $D_2 - D_1$
= 2.47D

泪液中角膜的度数:

$$D_1 = \frac{n'-n}{r_1} = \frac{1.376-1.336}{.008}$$

$D_1 = 5.00$ D

$$D_2 = \frac{n'-n}{r_2} = \frac{1.376-1.336}{0.0076}$$

$D_2 = 5.26$ D

角膜散光 = $D_2 - D_1$
= 0.26 D

$$\frac{\text{散光（在眼）}}{\text{散光（空气中）}} = \frac{0.26}{2.47} = 10.64\%$$

数字10.64%对所有的角膜曲率是一样，角膜散光的程度显示在幻灯片73中。

简单换算法：

近似90％的角膜散光可以被球形透气硬镜镜片中和。

如果角膜散光被中和或减少，由其它眼睛成分引起的剩余散光就显示出来了。因为所有非角膜散光来源没有被改变。

在某些特殊情况下，表现为球性屈光不正并且有较大的角膜散光，这时不能使用球性透气硬镜镜片。在这种情况下，剩余散光的焦度接近角膜散光并且轴向相互垂直，如果矫正角膜散光，非角膜散光会保持不变。

VIII 戴镜验光

74

隐形眼镜戴镜验光
硬性镜片

眼镜屈光处方 =
后顶焦度$_{试戴}$+ 泪液透镜屈光度 + 戴镜验光结果

96113-74S.PPT

2L396113-74

隐形眼镜戴镜验光

硬性镜片

配戴硬性镜片时的戴镜验光应该与眼睛验光(框架眼镜屈光处方和顶点距离矫正)不同，需要考虑试戴镜片的总后顶焦度和泪液透镜的度数。

75

隐形眼镜戴镜验光
软性镜片

眼镜屈光处方 = 后顶焦度 + 戴镜验光结果

假设:

- 镜片依附角膜
- 镜片下薄泪液无屈光度

96113-75S.PPT

2L396113-75

隐形眼镜戴镜验光

软性镜片

配戴软镜后的戴镜验光的结果是眼睛屈光度和试戴镜片后顶焦度的差异。

眼镜处方 = 后顶焦度$_{试戴片}$ + 戴镜验光

在此的假设是镜片完全依附眼睛前表面（特别是角膜表面），且薄泪液镜片没有度数。当配戴低含水量镜片（厚而可塑性较小）时，不适合该假设，因为这些镜片相对较硬，特别是有明显的角膜散光时。其结果通常是不稳定的。

76

隐形眼镜戴镜验光
差异的原因

1. 原始处方没有顶点距离换算
2. 没有顶点换算处方(如果大于±4.00 D)
3. K读数只是表示中央3毫米角膜弧度
4. K 读数不正确
5. 泪液镜片屈光度随K读数变化
6. 后顶焦度$_{试戴}$可能不正确-需要验证

96113-76S.PPT

2L396113-76

隐形眼镜

戴镜验光有差异的原因

1. 来自测定眼的框架眼镜处方没有进行顶点距离的矫正。

2. 当焦度 >4.00D时，没有矫正戴镜验光处方的顶点距离，如果可能，需要非常谨慎地使用一个度数和眼睛处方相近的试戴镜片，因为镜片的配适特征由后顶焦度、镜片形态和材料因素决定。

3. K读数仅仅代表中心区域的角膜形态(近似3毫米)而不是周边形态。假设瞳孔大于3毫米，因此光学成象不是仅仅决定于中央3毫米。

4. K 读数不正确，可能仪器没有校准，测量不正确，或者K读数随时间变化，K读数不是目前的检查结果，或者K读数因为配戴隐形眼镜而变化。

77

隐形眼镜戴镜验光
差异的原因

7. 主观验光不正确
8. 试戴镜片基弧不正确 - 需要验证
9. 试戴镜片偏位和/或倾斜
10. 在眼试戴镜片弯曲性、硬度和柔软度
11. 镜片模塑角膜

96113-77S.PPT

2L396113-77

5. 泪液透镜屈光度会使得K读数稍微变化。幻灯片71显示角膜弧度会形成泪液透镜，该镜片的度数可从简单规则来推算：0.05 0.25D， 误差在±0.12D之内。

6. 试用镜片后顶焦度可能不正确。除非该镜片雕刻了后顶焦度并且被证实，需要考虑标错标签的可能性。如果有任何疑问需要验证它的后顶焦度。

7. 主观戴镜验光不正确的。戴镜验光比正常验光的变化大，配戴的镜片会使得验光复杂化。因为泪液的原因，硬镜最为复杂。泪膜和它的属性使得验光更加复杂。

8. 试用镜片的基弧不正确。当用简单换算公式时，透气硬镜中央区的泪液透镜应被考虑。

9. 试用镜片偏离中心或倾斜。泪液透镜的棱镜变化会影响最终的验光结果。

10. 软性或硬性试戴镜片在配戴时变形会影响验光结果。对于透气硬镜，问题来源于镜片变形和泪液透镜。对于软性镜片，问题常常来源于镜片变形。

11. 角膜因为镜片而变形。角膜的机械属性通常是未知的。较硬的镜片(RGP、散光软性和其它软性镜片，它们的材料相对较硬)容易使得角膜变形。

78

隐形眼镜戴镜验光
差异的原因

12. 角膜形态不是球面或球-柱面
13. 因为试戴镜片运动/偏位/旋转而引起散光泪液镜片变化
14. 厚的高含水量高屈光度下的泪液透镜
15. 环境引起厚软镜试戴镜片变化
16. 以上一种或多种情况结合

96113-78S.PPT

2L396113-78

12. 角膜外形不是球面的或球柱面的。当把眼睛当成球面或球柱面的光学系统时，有时眼睛不是如此情形。通常矫正镜片是最接近眼睛需要的并且能够利用目前的技术制造的。

13. 因为镜片活动、偏位、倾斜和旋转，散光泪液透镜会变化。当两个散光面(角膜和镜片后表面)彼此相对旋转，泪液镜片会出现一对斜的变化的交叉柱镜表面。尽管交叉柱镜可以用球－柱镜来表示，但是无法表示泪液镜片的变化。镜片偏位和倾斜是其它复杂的情况。

14. 厚的高度数和低含水量镜片下的泪液镜片。低含水量镜片材料比高含水量镜片材料硬，当结合高度数和厚镜片时，可以出现泪液镜片，如果角膜有散光，这种情况更容易出现。在任何软质镜片中，任何泪液透镜均是不稳定的。

15. 环境条件使得厚的软性试载镜片发生变化。软质镜片特别是高含水量镜片易受容

易渗透压、温度和pH值的影响。镜片厚度、曲率和配适关系的变化可能影响镜片的光学特征。假设任何镜片的配适特征是相似的，就需要认识并且补偿这些变化。

16. 一个或几个以上情形的组合，许多可能性会产生细微的变化。然而两种或多种因素会引起临床上的问题。

IX 反射引起光线损失

79

隐形眼镜材料折射率

硬镜 = 1.49
透气硬镜 = 1.48 - 1.41
软镜 = 1.44 - 1.38

96113-79S.PPT

2L396113-79

隐形眼镜材料的折射系数

这些资料来源于镜片制造商和实际的实验室测量结果。所有的普通材料均在这些数值内。有点令人惊讶的是透气硬镜材料折射率范围(0.07)几乎和软镜相同(0.06)。需要注意的是每一个批号或不同水化状态的材料的折射率是不同的。

80

FRESNEL氏折射公式

$$R = \left[\frac{(n - n)}{(n + n)} \right]^2$$

R = 光线反射系数
n = 入射和反射媒体折射率
n = 部分反射、部分穿透、媒体折射率

96113-80S.PPT

2L396113-80

Fresnel氏折射公式

$$R = \left[\frac{(n' - n)}{(n' + n)} \right]^2$$

R = 折射光在介质表面的散射
n = 入射和反射光线所在的媒体（即“外界媒体”）的折射率
n’=部分折射和部分穿透媒体（即“内部”媒体）的折射率

81

PURKINJE-SANSON图象 #1

n = 1.000 (空气)
n = 1.336 (泪液)
R = 0.0207
∴光线丢失大约 2.1%

96113-81S.PPT

2L396113-81

Purkinje-Sanson 图像#1

在空气/泪液/角膜前表面的界面上光线的损失为大约2.09%.
泪膜反射(P-S #1)，作为眼睛表面最明亮的反射，有兴趣的方面有2个：

- 影响临床观察和照相。

可用于在角膜曲率计上测量角膜弧度。

82

真实光线丢失:隐形眼镜系统

总和(Σ):
空气/泪液、泪液/镜片,
镜片/泪液、泪液/角膜

96113-82S.PPT

2L396113-82

真实光线损失：隐形眼镜系统

总和(Σ): 空气/泪液、泪液/镜片、镜片/泪液、泪液/角膜界面
光线损失 = A/T + T/CL + CL/T + T/C

83

光线损失

透气硬镜 $n = 1.48$ S = 2.6%

透气硬镜 $n = 1.41$ S = 2.2%

软镜 $n = 1.44$ S = 2.4%

软镜 $n = 1.38$ S = 2.1%

- 空气/泪液界面在所有情况下是使得光线丢失的主要原因

96113-83S.PPT

2L396113-83

光线损失

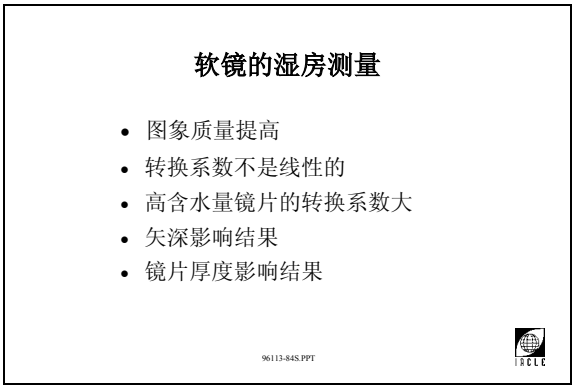
小结：

任何不同种类的镜片之间光线的损失没有较大的差别(<根据计算大约有20%不同)。

这是因为光线损失的主要来源是空气/泪液界面(2.07%)，而该界面存在于配戴镜片或不配戴镜片的眼睛上。因为它们界面两边的媒体的折射率差异较少而反射光线丢失较少，因此这些界面对光线丢失影响不大。如果镜片没有染色，新的镜片配戴者将不会注意到镜片的光线丢失。

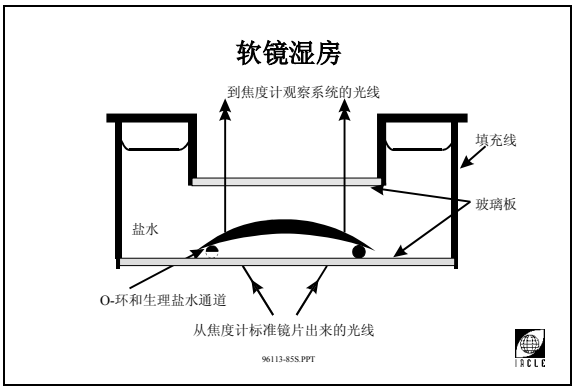
X 湿房BVP测量

84



2L396113-84

85



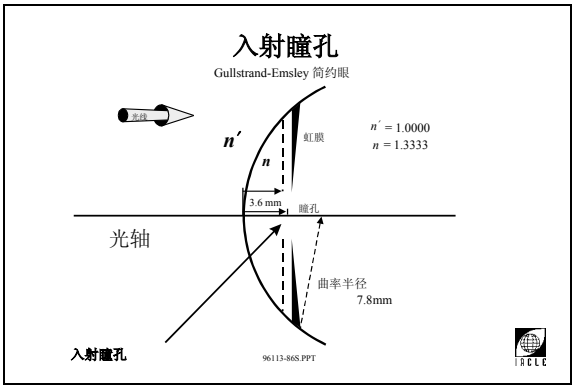
2L396213-85

软镜的湿房测量

软性隐形眼镜在湿房中测量常常不准确。尽管图像质量改进了，但是转换因子不是线性的，低折射率（高含水量）材料的转换因子较大。镜片的矢深和镜片厚度也会影响结果(Williams，1977，Yumori和Mandell，1981)

XI 视野

86



2L396213-86

瞳孔：Gullstrand-Emsley简约眼

光线入射瞳孔借助瞳孔解剖区域的眼前段光学系统（包括角膜和前房）成像。

为了简化，有关瞳孔的计算采用简化眼，和前面的一样使用Gullstrand-Emsley简约眼。

为了方便，n代表媒体的折射率(在这里房水的n = 1.3333空气的n= 1.000)。角膜弧度是7.8毫米，瞳孔径是3.6毫米。

眼睛的折射系数是1.3333。

$L = \frac{n}{l}$ （l为正值，从角膜到瞳孔）

$$L = \frac{1.3333}{+0.0036}$$

L=+370.361

$$F = \frac{(n' - n)}{r}$$

$$F = \frac{(1.0000 - 1.3333)}{+0.0078}$$

F=-42.731

L’=L+F

L’=+370.361=42.731

L’=+327.630

$$L' = \frac{1000}{+327.630}$$

L’=+3.052mm

证实简化眼的入射瞳在角膜后3mm或解剖瞳孔前0.55mm。

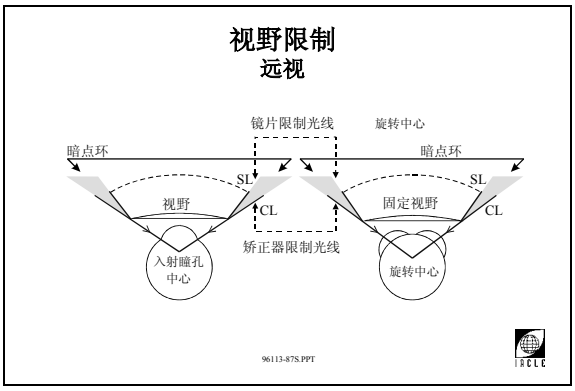
$$放大率 = \frac{L}{L'}$$

$$M = \frac{+320.361}{+327.630}$$

M=101304

证实放大率为13%，即一个4mm的瞳孔可以清晰的看见4.52mm的目标象。

87



2L396218-87

视野：框架眼镜与隐形眼镜

静止眼

配戴框架眼镜的视野取决于瞳孔入口中心与眼镜片边缘所成的角对边和镜片的类型（即正或负焦度镜片）。

动态眼：

配戴框架眼镜的视野取决于眼的旋转中心与眼镜片边缘所成的角对边和镜片的类型（即正或负度数镜片）。

图示两者的不同。

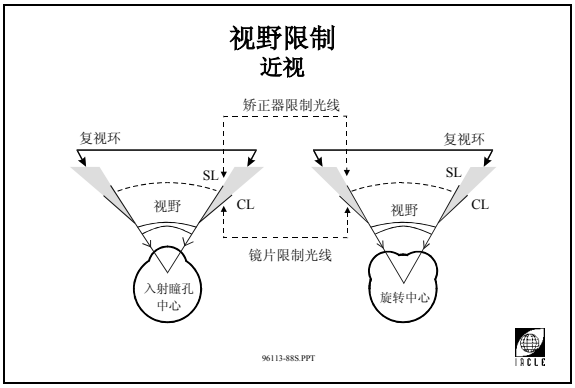
视野限制：远视眼

环形视野“盲区”决定于眼镜片和框架不同的视野限制和正镜片的光学特征。

因为正镜片缩小视野使得某些区域无法看见。“环形盲区”(视觉缺损)的量值取决于镜片的度数和框架的厚度。

因为隐形眼镜与眼睛同步转动，没有如此的限制或盲区。

88



2L396218-88

视野限制：近视眼

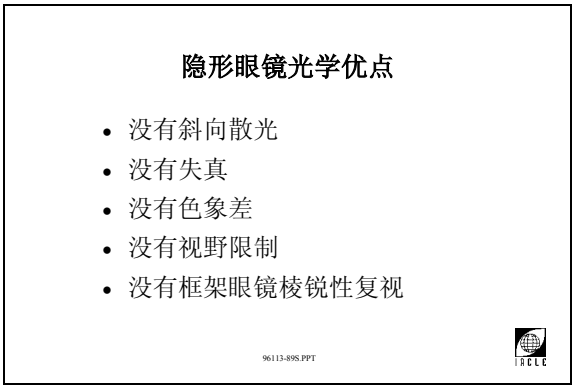
环形视野的“复象”产生于眼镜片和框架不同的视野限制和负镜片的光学特征。

因为负镜片比正镜片的视野大，一些区域的影象可以清楚在镜片范围以内看见，而同时在镜片外面的区域被模糊的看见。这种“环形复象区”的形成取决于镜片的度数和框架的形态和厚度。

因为隐形眼镜与眼睛一起同步转动，没有如此的限制或复视。

XII 隐形眼镜优点和缺点

89

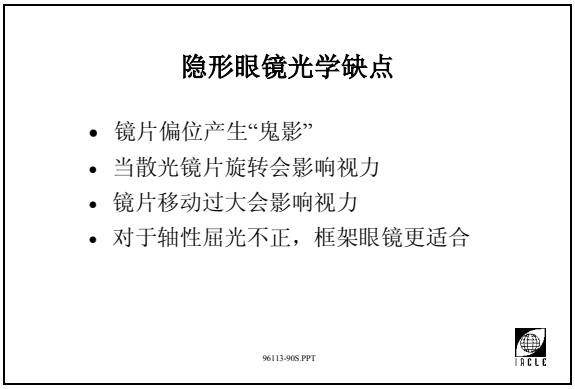


2L396113-89

隐形眼镜光学优点

- 没有斜向散光，因镜片与眼睛一起移动。
- 没有图像变形失真，因镜片与眼睛一起移动。
- 没有色象差。正确地讲没有明显的横向色差。因为镜片随眼睛移动，光线不是倾斜的。且偏离光学的中心距离总是小的。理论上轴性色差大部分取决于材料光学散射属性。大多数隐形眼镜材料有散射较低，且因较低的折射率使得相差很小。
- 没有视野的限制。
- 没有框架眼镜的复视现象。
- 没有框架眼镜的视野盲区。
- 在屈光参差病人中没有棱镜性不平衡现象。在屈光参差，当眼睛不同时通过镜片的光学中心看时，会引起垂直棱镜性不平衡或不对称性集合性运动。因为隐形眼镜随眼睛运动，在各种眼位上没有如此不平衡现象。
- 在无晶体眼中没有框架镜片放大作用。
- 角膜不规则/散光可减少90%。

90



2L396113-90

隐形眼镜光学缺点：

镜片偏位从镜片周边区产生“鬼影”或眩光。

当散光镜片旋转时，可形成镜片性散光或视力减低。

镜片运动过度或镜片定位不稳定，可引起视力不良。

实习2.3

(1小时)

隐形眼镜戴镜验光

实习目的

该实习的目的是教会学生如何戴镜验光和检查视力。镜片度数和泪液镜片度数需与屈光不正的度数联系起来考虑。

指导：学生配对相互配戴透气硬镜和软镜并且进行戴镜验光。需要试用不同基弧的镜片。学生需要按以下步骤进行实习并且每个学生一小时。把实习的检查结果记录在表格中。

1. 记录1只眼睛没矫正的视力。
2. 进行球－柱镜验光并且记录结果和矫正视力。
3. 测量和记录K读数。
4. 选择 范围在±0.10毫米或指定的基弧的透气硬镜隐形眼镜，
5. 选择相应的屈光度的隐形眼镜并且配戴。
6. 等待镜片和泪液稳定，评估并且距离镜片配适：中央定位、镜片运动延迟和荧光素形态，指导教师将检查镜片的配适。
7. 计算泪液镜片屈光度并预计戴镜验光的结果。
   - 如果框架眼镜的处方大于±4.00D需要计算顶点距离的效果(距离是角膜顶点到框架眼镜镜片)。
   - 包括泪液镜片的效果，如果基弧比最陡峭K还陡峭会产生正性泪液度数。如果基弧比最平坦K还平坦会产生负性泪液度数。
8. 用视网膜镜决定戴镜验光并且得出最价佳的结果。记录矫正视力。如果球性戴镜验光结果比原来的镜片的视力差则需要进行球－柱镜片戴镜验光。
9. 记录并且主观视力评价并且记录瞬目后视力是否波动。
10. 指导老师需要检查并且确认戴镜验光的结果。
11. 把戴镜验光的结果和原来的镜片进行比较。
12. 配戴软镜并且重复以上过程，但是不需要考虑泪液镜片的度数。

实习

记录表

姓名:_____ 日期:_____

搭档:_____ 组别:_____

眼睛参数	测量结果	
检查眼睛	右	左
未矫正视力		
屈光状态	_____球 _____柱 _____	_____球 _____柱 _____
矫正视力		
试戴片参数 材料 基弧 中心厚度 后顶焦度	 _____ _____ _____ _____	 _____ _____ _____ _____
隐形眼镜试戴 中央定位 镜片运动 荧光素形态	 _____ _____ _____	 _____ _____ _____
视网膜检影法	_____球 _____柱_____	_____球 _____柱 _____
球性戴镜验光	_____球 视力 ____	_____球 视力 ____
球/柱戴镜验光	_____球 _____柱 _____ 视力 _____	_____球 _____柱 _____ 视力 _____
• 顶点距离：在眼睛平面上的度数 = 软镜度数 + (1 – 软镜与综合之间的理论) • 泪液镜片的度数(TL)：平坦K (D)-后曲率半径(D)，使用折算率n = 1.3375 综合度数 = 屈光不正 + TL度数 + 戴镜验光		
评价结果		

小组辅导2.3

(2小时)

隐形眼镜光学原理

实习

姓名：_____ 日期:_____

指导： 计算下列问题。

1. 近视眼在顶点距离为**14**毫米时的验光镜片屈光度是：

OD: –3.00 / –1.25 x 180
OS: –2.50 / –0.75 x 175

计算眼睛的屈光度：

OD: _____

OS: _____

2. 一个透气硬镜按经验订单如下：

基弧 = 7.45毫米

中心厚度 = 0.15毫米

后顶焦度 = +1.00毫米

镜片的前顶焦度是多少?

3. 从框架眼镜转变为隐形眼镜，配戴者的调节和集合如何变化？

4. 图形比较：

A. 隐形眼镜和和框架眼镜的镜片放大率

B. 轴性与屈光性屈光不正的相对放大率(框架眼镜和隐形眼镜)

参考文献

Baron H (1981). *Kontaktlinsen: Ein Lehrbuch und Leitfaden.* Verlag Optische Fachveröffentlichung GmbH, Heidelberg.
Benjamin WJ, Borish IM (1994). *Presbyopia and the influence of aging on prescription of contact lenses.* In: Ruben M, Guillon M, *Contact Lens Practice*. Chapman & Hall Medical, London. 766.
Bennett AG (1974). *Optics of Contact Lenses.* 4th ed. Assoc of Dispensing Opticians, London.
Bennett AG, Rabbetts RB (1984). *Clinical Visual Optics.* Butterworths, London.
Bier N, Lowther G (1977). *Contact Lens Correction.* Butterworths, London.
Fincham WHA, Freeman MH (1974). *Optics.* Butterworths, London.
Goersch H (Ed.) (1983). *Handbook of Ophthalmic Optics.* Carl Zeiss, Oberkochen.
Grosvenor TP (1963). *Contact Lens Theory and Practice.* The Professional Press Inc., Chicago.
Hecht E, Zajac A (1974). *Optics.* Addison-Wesley, Reading.
Longhurst RS (1967). *Geometrical & Physical Optics*. Longman, London.
Lowther G, Snyder C (1992). *Contact Lenses: Procedures and Techniques.* 2nd ed. Butterworth-Heinemann, Boston.
Mandell RB (1988). *Contact Lens Practice.* 4th ed. Charles C Thomas Publisher, Springfield.
Millodot M (1986). *Dictionary of Optometry.* Butterworths, London.
Obstfeld H (1978). *Optics in Vision.* 2nd ed. Butterworth Scientific, London.
Östlund KE (1980). *Kontaktologi.* Almqvist & Wiksell, Uppsala.
Phillips AJ, Stone J (1989). *Contact Lense*s. 3rd ed. Butterworths, London.
Ruben M (1975). *Contact Lens Practice*. Baillière Tindall, London.
Ruben M, Guillon M (1994). *Contact Lens Practice*. Chapman & Hall Medical, London.
Santos CLS (1989). *Lentes De Contacto*. Scriba, Barcelona.
Solomons H (1978). *Binocular Vision: a programmed text.* William Heinemann Medical Books Ltd., London.
Williams L (1977). *Measuring BVP of Contact Lenses in a Wet-Cell*. Paper to the AGM, Contact Lens Society of Australia, Perth.
Yumori RW, Mandell RB (1981). *Optical power calculation for contact lens wet cells*. Am J Optom Physl Opt. 58: 637 - 639.

单元2.4

(2小时)

讲座2.4：软性隐形眼镜设计

小组辅导2.4：软性隐形眼镜设计

课程概述

讲座2.4：软性隐形眼镜设计

I. 软性隐形眼镜参数相关术语
II. 镜片设计
III. 软性隐形眼镜片的规格
IV. 镜片要求

小组辅导2.4：软性隐形眼镜设计

讲座2.4

(1小时)

软性隐形眼镜设计

目录

I 软性隐形眼镜设计 161

II ISO术语 162

III 设计因素 163

III.A 材料属性 165

III.B 中心厚度 166

III.C 含水量和厚度 168

III.D 另外设计考虑 170

IV 生理的考虑 171

V 配适特性 175

V.A 配适特性-BOZR 175

V.B 配适特性-前光学区曲率半径 179

V.C 镜片配适变化 180

VI 设计因素 181

VI.A 后表面设计 181

VI.B 前表面设计 182

VI.C 边缘设计 184

VI.D 非球面软性镜片 185

VI.E 镜片设计的限制 190

VII 软性镜片特征 191

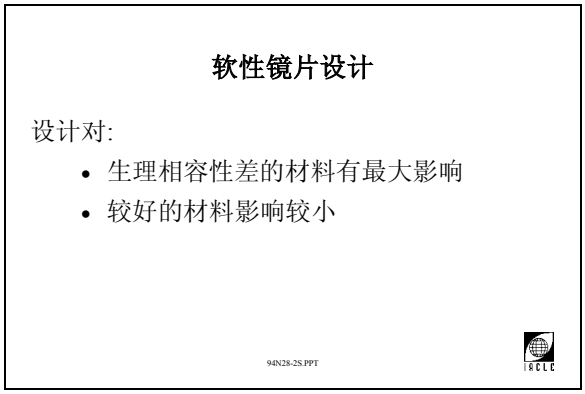
VIII 未来 192

I 软性隐形眼镜设计

1

2L494N28-1

2



2L494N28-2

镜片设计与较差的镜片材料在生理反应上最为相关，和较好的镜片材料关系较少。

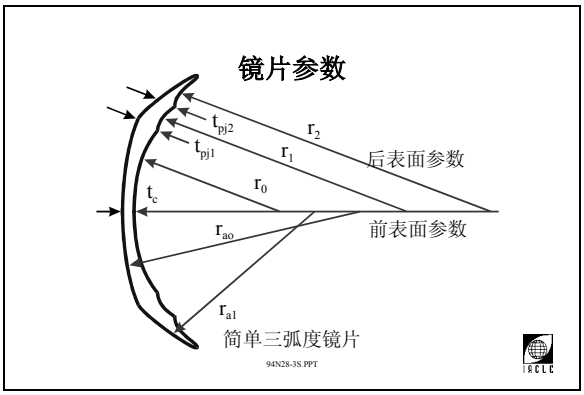
镜片副反应常常发生于较差的镜片材料。为使这些副反应减少到最小，可能需要较详细地考虑镜片设计。

例如低含水量材料(低Dk)的镜片用于高度远视眼会生产缺氧。必须降低镜片中心厚度和总体厚度来增加氧气的传导性。

使用好的材料可以在镜片设计上有较大的自由度，而不会影响眼睛的生理需要。例如由于高含水量(较高Dk)的低负度数日戴镜片会出现镜片操作困难，在这情形中下厚度可能需要稍微增加，却不会影响角膜的生理需要。

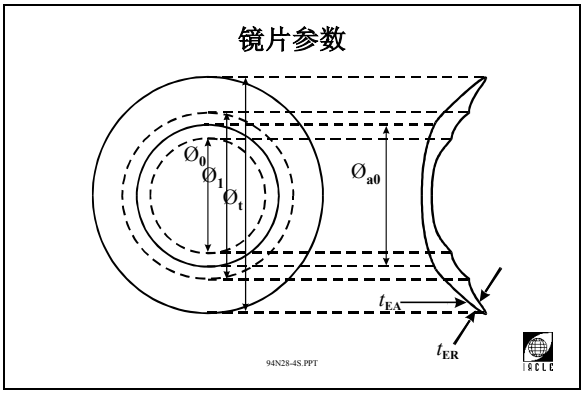
II ISO术语

3



2L496220-3

4



2L496220-4

镜片参数：

在本讲座中使用（国际标准ISO）8320中的符号和术语。

大多数参数符号用斜体字，但下标罗马字(如t_c)。

为了简便，用单一基弧镜片设计来说明国际标准术语和符号。

显示如下。

r_0 = 后光学区曲率半径(BOZR)

r_1 =后周边第一弧曲率半径 (BPR_1)

r_2 =后周边第二弧曲率半径 (BPR_2)

ra_0 =前光学区曲率半径(FOZR)

ra_1 =前周边区第一弧曲率半径 (FPR_1)

t_c = 几何中心厚度

t_{pj1} =第一汇结区厚度

t_{pj2} =第二汇结区厚度

t_{ER} = 放射性边缘厚度

t_{EA} = 轴性边缘厚度

$Ø_0$ = 后光学区直径(BOZD)

$Ø_{a0}$ = 前光学区直径 (FOZD)

$Ø_1$ = 后周边区宽度 (BPZD)

$Ø_T$ = 总直径 (TD)

其他项目(图中未显示)：

F_v' = 后顶焦度 (BVP)

F_v = 前顶焦度(FVP)

III 设计因素

5

软镜的设计因素

- 几何中心厚度 (t_c)
- 镜片直径(总直径, TD,$Ø_T$)
- 后表面光学区曲率半径 (BOZR, r_0)
- 后表面设计
- 前光学区曲率半径 (FOZR, r_{a0})
- 前表面设计

94N28-5S.PPT

2L494N28-5

设计因素，每个因素可以影响镜片在"配戴时"的表现

6

软镜的设计因素

- 放射性边缘厚度(t_{ER})
- 边缘设计
- 材料物理/机械属性
- 材料生理属性
- 如果有两弧的过渡区存在(t_{pj})需考虑汇结区厚度

94N28-6S.PPT

2L494N28-6

7

设计

- 直径: 略大于水平虹膜可见径
- 厚度: 总体轮廓、中心、旁中心、周边
- 弧度: 弧度变化和弧度中心
- 设计: 前/后表面
- 与眼睛关系:镜片后表面弧度、总直径和HVID

94N28-7S.PPT

2L494N28-7

设计

- 直径：

  所有软镜片均比水平虹膜可见径(HVID)大。

- 厚度：

  除了中心厚度、旁中心厚度和边缘厚度外，镜片总体厚度轮廓也很重要。当计算氧气时，局部厚度仅为相对厚度，因为镜片下的泪液可以混合，测定镜片局部Dk/t只是评估特定角膜区域的相对氧水平。

- 曲率：

  镜片的前后光学区曲率半径对镜片处方很重要(光学设计)，镜片其它半径的设计会影响到眼睛的生理。

- 设计：

  当确定镜片中心厚度和前后光学区域的曲率半径后，镜片设计的其它参数包括

周边弧的曲率半径，周边弧区的宽度和汇结部厚度。镜片的前表面设计常常和镜片舒适度、镜片厚度、镜片寿命和工艺的难易度或其它因素的结合有关。

- 镜片和眼睛的关系：

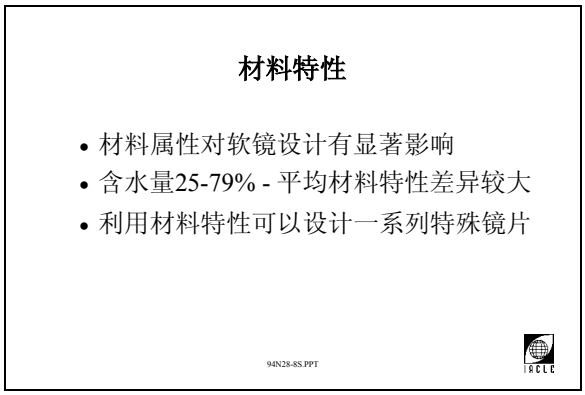
  镜片参数需要大致和眼睛表面的尺寸相近，如：

  －角膜表面形态需要和设计后的镜片后表面曲率半径相似。

  －眼睛虹膜水平可见径或其它角膜直径的测定结果需要和镜片总直径相似。

III.A 材料属性

8



2L494N28-8

材料特性

- 材料特性对软镜设计是很重要，但对透气硬镜却没这么重要。

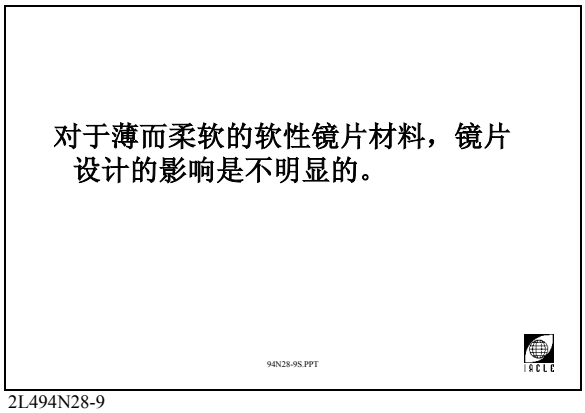
  透气硬镜的某些物理特性，如硬度会影响镜片最小厚度用于散光角膜，但是它们对镜片配适没有太大的影响。在另一方面，软性镜片的材料特性对配适特性、舒适度和镜片寿命等有着重要的影响。

- 含水量25-79%意味着材料属性有极大的变化，必须根据材料的特性来决定镜片的设计方案。

- 材料特性常常使得镜片设计者开发出该材料特定的镜片系列。

在应用一般设计时，对特殊材料需要用特殊的设计方案。

9



2L494N28-9

对于薄的柔软的软性镜片材料，镜片设计的影响是不明显的。

因为镜片会按角膜外形来塑造自身的形态，镜片的物理模量不能抵抗如眼睑的外来压力。

III.B 中心厚度

10

软性镜片设计：镜片几何中心厚度

软性镜片设计

几何中心
厚度(tc)

94N28-10S.PPT

2L494N28-10

当选定镜片材料后，镜片设计从镜片厚度特别是镜片几何中心厚度(t_c)开始。

11

中心厚度考虑

中心厚度的考虑

- 镜片氧传导性（Dk/t）考虑
- 防止水分蒸发
- 考虑配适
- 镜片较少运动

94N28-11S.PPT

2L494N28-11

- 考虑镜片氧传导性（Dk/t）：

  在镜片的实际应用时，如日戴(DW)，弹性配戴(FW)或长戴(EW)，需要满足角膜的氧代谢需要.

- 防止水分蒸发：

  如果使用薄的高含水量镜片设计，水分蒸发可能会使得角膜干燥脱水。

- 配适考虑：如果镜片太薄，可能有过度的屈曲并且它可能不能在角膜上稳定附着。如果镜片太薄但是仍然附着在角膜上，它可能会因与角膜产生过度的张力而很少移动。

- 镜片较少运动使得镜片下的代谢产物和代谢的上皮细胞排出不畅，从而影响镜片配适性能和可接受程度，镜片可能不能配戴较长时间。

12

设计考虑：负镜片系列

设计考虑
负镜片系列

- 选择材料
- 选择前光学区直径 ($Ø_{a0}$)
- -3.00D以上镜片选择中心厚度
  - 镜片 <-3.00D 常常较厚和/或有较大前光学区直径以提高镜片操作
  - 镜片 >5.00D可能须减少前光学区直径以便减少旁中心厚度

94N28-12S.PPT

2L494N28-12

- 选择材料
- 选择前光学区直径($Ø_{a0}$)。当选择较大前光学区直径时，需要考虑其它限制，特别是用于高度正和负镜片。例如设计者可能在设计后顶焦度为+5.00/-6.00D或较高的镜片时，缩小前光学区直径 从 8.00 到 7.75 或 7.5毫米， 以便有利于降低镜片中心厚度和第一汇结厚度。
- 为-3.00D或更大的镜片选择镜片中心厚度

  －对于在3.00-6.00D范围负镜片的镜片，中心厚度是恒定的。

－在度数大约-6.00D以上需要减低镜片中心厚度。然而这样做是不常见的。

* 注释：

－低度负镜片(<2.00D)经常设计成较厚或有较大的前光学直径来提高镜片操作特性

－而较高屈光度的镜片可能有较小的前光学区直径以便减少旁中心区的厚度(参阅上面)。如此变化会影响视力，后者可能受到低照明时的条件下瞳孔直径的限制。

13

设计考虑
正镜片系列

- 选择第一汇结区厚度t_{pj1}
- 选择前光学区直径($Ø_{a0}$).可采用缩小前光学区直径来减少镜片的中心厚度，但可能成为影响视力的因素
- 没有自由度, 中心厚度随后顶焦度而变化

94N28-13S.PPT

2L494N28-13

设计考虑：正镜片系列

- 选定第一汇结区厚度，t_{pj1}。当中心厚度为零/接近零的最薄的几何中心厚度，这样的参数是不可能的。因为该设计产品的使用寿命是不长的。
- 因为在生产工艺的需要，镜片光学区旁的第一前汇结区厚度是有所限制的，因此镜片制造对镜片设计有一定的影响。两个弧度交界上的连接处不能是锐利的。需要削平这两个弧度交界线。
- 选择前光学区直径($\varnothing_{a0}$)。缩小前光学区直径来减低中心厚度成为影响视力的因素。除了小瞳孔配戴者外均无法接受大幅度的前光学区直径缩小。库存镜片是用于“普通”配戴者的，使得这一问题更为突出。
- 没有可选择的自由度。t_c仅仅是后顶焦度的一个函数值，设计者无法改变这个状况。

－因此正镜片的设计和生理学表现是对镜片设计者和镜片制造工业的挑战。

当前的困难/限制可以解释为什么正镜片不流行的原因。与远视眼在人群中的比例相比，配戴正镜片的配戴者的比例是较少的。甚至有些许多开业者因此认为隐形眼镜仅限用于近视者。

III.C 含水量和厚度

14

含水量

- 低含水量 20-40%
- 中含水量 41-60%
- 高含水量 >60%

94N28-14S.PPT

2L494N28-14

含水量

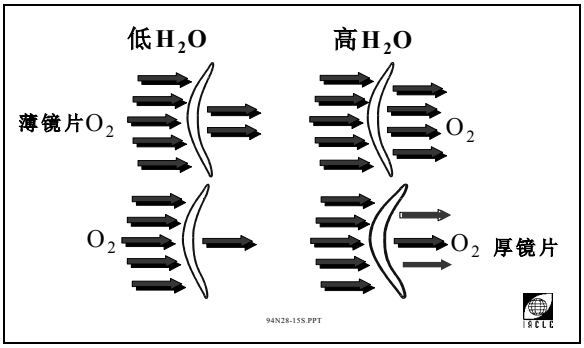
因为大多数低含水量的镜片材料为HEMA(含水量为37.5 -39%)，这种材料几乎定义这一类别。

中等含水量材料类包含大多数余下的普通镜片材料。该类别几乎代表了所有的高分子化学材料的特性。

高含水量材料是相对较少采用的。然而在过去它们是较常见的。该组代表范围有限的材料化学特性。它们显示出一些特殊的优缺点。由于这组材料容易招致沉淀和镜片寿命短，所以限制了该组材料的应用。 因为未来材料是期望较低含水量而不是较高含水量，因此该类镜片始终会是不常用的。

美国食物及药品管理局只将材料划分为低含水量和高含水量，超过50%为高含水量，而HEMA是大约40%含水量。这分区方法可能是为了使分类简单。然而按化学分类，如果只区分两类，54%接近低含水量的上限。而目前的镜片材料的含水量范围为25% - 79%。

15



2L494N28-15

图示低/高含水量和厚/薄镜片的氧气水平性能。

镜片轮廓右边的箭头的数字表示镜片下面氧水平测量结果，显示了镜片容许氧气透过的性能。然而该图的文字解释可能会引起误导。

16

氧传导性 (Dk/*t*)

- Dk∝含水量
- O_2和CO_2传导性 ∝ 1/t
- 因此薄高含水量镜片角膜呼吸最好，然而该类镜片可发生脱水

94N28-16S.PPT

2L494N28-16

氧传导性(Dk/t)

透氧率是和镜片含水量成比例的，即Dk ∝ 含水量。作为近似值，它们的关系是正相关的(线性)。

镜片越厚，镜片的O2和CO2的可传导性越低，即

$$\text{氧传导性} =_{(O_2\&CO_2)} \propto \frac{1}{t} \text{和} = \frac{DK_{(O_2\&CO_2)}}{t}$$

因此薄的高含水量镜片对角膜呼吸最好，然而该类镜片有容易脱水的问题。

17

水分蒸发

- 如果镜片太薄，导致角膜脱水的因素如下：
  - 穿流镜片水分过多和表面水流不稳定
  - 有个体差异
  - 高含水量情况更差
  - 镜片水分丢失引起角膜脱水
  - 脱水引起上皮干燥性染色 - 蒸发性染色

94N28-17S.PPT

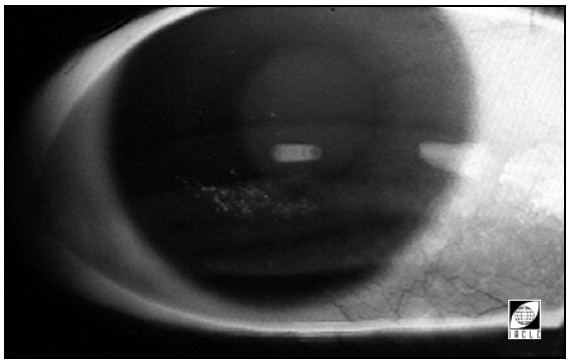
2L494N28-17

水分蒸发

- 如果镜片太薄，因为穿流镜片的水分会蒸发而引起角膜脱水(Fatt，1989)。导致脱水的因素为：
  - 有个体差异的
  - 高含水量镜片情况更差
  - 镜片水分蒸发引起角膜脱水
  - 出现上皮干燥性染色 - -通常称为水分蒸发性染色。

镜片前表面丢失的水分由镜片后面的水分来取代，这消耗泪液的供应。当泪液消耗完后，水分来源于角膜并且引起上皮干燥性染色(参阅幻灯片18)。

18



2L402722-93

19

高含水量镜片

- 比低含水量镜片戴镜时丢失更多水分
- 即使在高湿度环境中也会丢失更多水分
- 在眼镜片缩水影响总直径和基弧，有必要考虑这些因素影响镜片配适

94N28-18S.PPT

2L494N28-18

高含水量镜片：

- 戴镜时比低含水量镜片丢失更多的水分(%总计)。

  无论用绝对量或相对量来表示，高含水量镜片比低含水量镜片丢失的水份都更多。

- 在高湿度环境配戴时镜片仍然会丢失更多的水分。

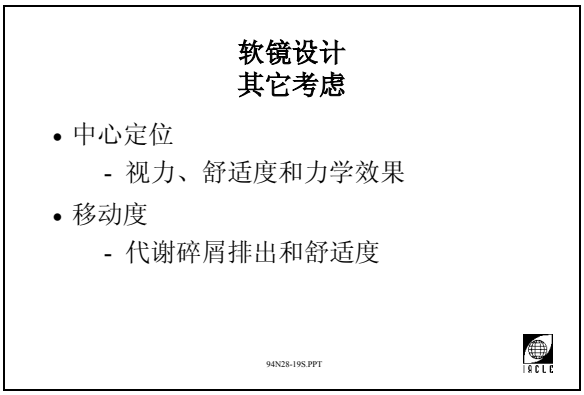
  已经证实在高湿度空气中，高含水量镜片配戴时仍然会丢失水分。这可能因为镜片“在眼睛”上温度较高并且还因为其他环境因素如酸度和渗透压。

- 镜片在“在眼睛”上皱缩可能影响镜片的总直径和基弧。这些影响有必要考虑。

为保持理想的配适关系，任何镜片“在眼睛”上的皱缩必须在选择试戴镜片和订购镜片时考虑进去。试戴是一个较好的方法。

III.D 另外设计考虑

20



2L494N28-19

软镜设计

其它考虑：

- 中心定位：

  镜片的视力质量、舒适度和镜片在眼睛上的力学效果取决于镜片的中心定位。偏位的镜片，特别是高度数镜片会影响配戴者的视力。如果镜片偏位明显，特别是出现角膜暴露使得配戴者出现舒适度的问题。偏位还使得局部压力增加，引起结膜压痕和镜片配适变化。所有这些可能减少镜片的可耐爱程度。

  偏位量可能因为镜片陈旧老化，在眼睑摩擦力的影响下而增加。

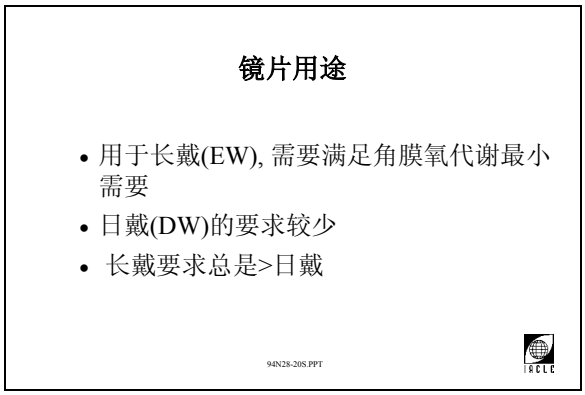
- 移动度：

  所有镜片都需要有一定范围的移动。主要原因是镜片下的代谢碎屑需要排出。这些碎屑包括脱落的上皮细胞(角膜和结膜细胞)泪液成分和异物。泪液排吸(氧气交换)在镜片移动量不足时较少。

  镜片不移动或较少移动会影响镜片中期或长期配戴，镜片移动过大会立即产生异物感/不舒服感。当镜片移动过大时，镜片异物感/不舒服感很难适应。

IV生理的考虑

21



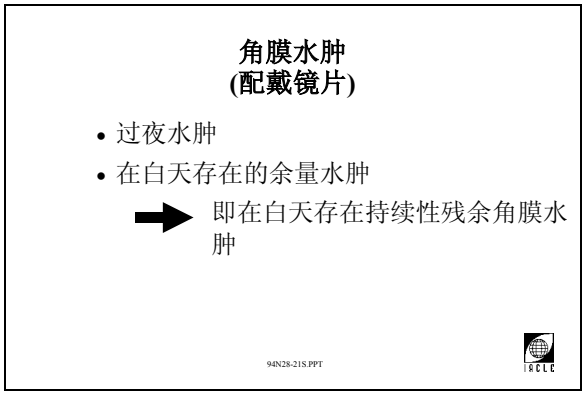
2L494N28-20

与镜片使用有关

为什么？

- 如果用于长戴(EW)，必须满足角膜氧代谢的生理最低要求。当前的水凝胶材料和镜片设计方法是不可能作到的。
- 在镜片日戴(DW)时，眼睛的要求较低。即使是日戴，也要求镜片尽可能提供比建议的最低标准更好的生理环境。如果把长戴镜片用于日戴是一个较好的选择。
- 长戴的要求总是 > 日戴，因为长戴镜片在闭眼时明显减低氧气水平(在海平面，从155mm降为氧分压为55mm)。

22



2L494N28-21

水肿循环

- 过夜水肿：

  在睡眠期间角膜前氧气减少，闭眼时间过长使得角膜水肿。这些情形下，若配戴隐形眼镜角膜水肿厚度会增加。这是因为角膜吸收水分，且保持角膜处于半脱水状态的内皮细胞泵功能减低。因为角膜周边的解剖特点所形成的物理疚使得角膜水肿在周边比较轻(Bonanno和Polse，1985)。在睡觉期间镜片生理性能更差，角膜水肿更严重。

- 余量角膜水肿：

  当角膜水肿达到一定程度，角膜在白天配戴隐形眼镜时无法恢复到正常水平。没有恢复的角膜水肿则表现为白天的余量角膜水肿。这是定量分析镜片导致角膜变化的方法。

23

戴镜过夜

- 戴镜过夜
  - 角膜水肿
  - 低氧状态
  - 取决于镜片氧传导性（Dk/*t*）
- 睁眼后
  - ➡ 角膜水肿消退
  - 氧气较充分
    - 水凝胶 8% (Dk/*t*)
    - RGP10-11%
    - (Dk/t和泪液泵)

94N28-22S.PPT

2L494N28-22

- 角膜水肿：

  角膜水肿取决于氧代谢水平。戴镜过夜时氧代谢水平是最低的。镜片的氧传导性（DK/t）是衡量在闭眼或睁眼的条件下戴镜时，镜片阻碍氧气透过的量值。

- 睁眼：

  在眼睛睁开后，氧分压会增加3倍。缺氧减少，且角膜逐步恢复到正常水平。内皮泵增加液体移出量，使得角膜变薄。对于软镜片， 氧气几乎完全和镜片的氧传导性Dk/t相关，而透气硬镜的氧气供应除氧传导性Dk/t外还受到泪液泵的影响。

24

防止角膜水肿

防止角膜水肿

需要多少氧气?

- 日戴镜片9.9% (Dk/*t* = 24)
- 长戴 镜片 17.9% (Dk/*t* = 87)

94N28-23S.PPT

2L494N29-23

Holden和Mertz(1984)得出防止镜片日戴和长戴时角膜水肿的氧传导性和等氧率（EOP）的标准。

他们发现日戴镜片最低需要的氧气的标准，等氧率(EOP)为9.9%或氧传导性 Dk/t 为24.1。

而长戴镜片的氧透过率需要较大(等氧率17.9% 或氧传导性Dk/t87)。

上述要求(DW和EW)对目前材料和镜片生产技术而言是比较困难的。对于这些困难，基于戴镜过夜后在白天继续配戴镜片时角膜水肿可否恢复而设定的一个折中标准。氧传导性Dk/t建议为34.1或EOP为12.1％。

H-M标准(1984)出版后，采用极谱法和库仑法校正因子使得可接受的透氧率Dk值出现明显的变化(向下)(即HEMA材料近似7.8-8.5Dk/t单位到3.8 - 4.5Dk/t单位)。虽然当时Fatt(1989)对使用库仑法测量水凝胶镜片的透氧率Dk有保留态度，但是其后进一步研究克服了有关困难并且使得该技术被广泛地接受。

因为等氧率EOP是相对值，因此该值较现实。然而Holden和Mertz仍然使用Hill的氧传导性Dk/t和等氧率EOP的数据来推导他们的等氧率标准。

氧气需求量的标准仍然是研究的主题，且似乎需要更严格的标准。

*氧传导性Dk/t的 单位：

$(cm \times mL_{[O2]})/(sec \times mL_{[lens]} \times mmHg) \times 10^{-9}$

25

达到白天零水肿的镜片厚度

含水量	日戴	长戴	弹性长戴
• 38%	0.033	0.009	0.023
• 75%	0.166	0.046	0.117

94N28-24S.PPT

2L494N28-24

防止角膜水肿的镜片厚度

以下镜片厚度标准由Holden-Mertz在他们的文章中提出(1984)。提示需要改进透氧率Dk的测量技术。

日戴：

- 38%含水量镜片：0.033 毫米。
- 75%含水量镜片：0.166 毫米。

长戴：

- 38%含水量镜片：0.009 毫米。
- 75%含水量镜片：0.046 毫米。

长戴弹性镜片厚度：

- 38%含水量镜片：0.023 毫米。
- 75%含水量镜片：0.117 毫米。

因为上述某些镜片厚度无法制造和配戴，因此在现实中是不可施行的。

26

水凝胶镜片

所有目前的软镜配戴过夜会引起>8%的水肿

慢性缺氧

间隙长戴

(建议每周1-2夜)

94N28-25S.PPT

2L494N28-25

水凝胶镜片

平均而言，目前所有软性隐形眼镜配戴过夜后会产生8%角膜水肿，这个水肿在睁眼时不会完全消失。角膜水肿余量是测量这些镜片长期配戴后缺氧的指标。

保守而言，如果可以避免，不应该推荐长戴方式。如果不能避免，应该推荐每星期配戴1-2个晚上，并且建议定期随访。

27

考虑中心厚度对氧传导性的限制

限制:

- 负镜片中心厚度导致过高估计Dk/*t*
- 正镜片中心厚度导致过低估计Dk/*t*
- 最好的方法是用平均厚度

94N28-26S.PPT

2L494N28-26

考虑中心厚度对氧传导性的限制

限制如下：

- 因为负透镜周边厚度比中心厚度要厚，因此以中心厚度计算的氧传导性比实际值要高。在高度数镜片中，差异特别显著。
- 因为正透镜周边厚度比中心厚度低，因此用中心厚度计算的氧传导性比实际的低。
- 有些研究人员倡导采用“平均”镜片厚度能够更实际评价镜片总体生理指标。有人倡导用中心6毫米(对负镜片)的“平均”厚度值来计算氧传导性，有人建议用中心10-12毫米的平均厚度平均值。
- 更严格的建议是用镜片最厚点来计算氧传导性Dk/t。该方法是“最严格的标准”。

28

泪液排吸

泪液排吸

研究表明:

- 软性镜片下泪液排吸较少
- 角膜水肿和局部的Dk/$t_{局部}$ 有关，因此镜片局部厚度和角膜的水肿厚度相关

94N28-27S.PPT

2L494N28-27

研究显示：

- 在软性镜片下面很少有泪液排吸。
- 研究和临床观察表明软性隐形眼镜下的泪液排吸是很少的。这意味着含氧的泪液不能进入镜片下低氧区而缓解局部缺氧。
- 因为镜片下面没有泪液排吸，因此角膜水肿仅和镜片的氧传导性Dk/t有关。局部厚度和镜片是镜片透氧性的唯一相关因素。

29

镜片泪液交换差的原因

软性镜片下泪液交换差的原因

- 镜片依附眼睛
- 镜片厚度和轮廓
- 材料特性
- 镜片移动不足

94N28-28S.PPT

2L494N2828

镜片泪液交换差的原因包括：

- 镜片厚度/镜片轮廓/后顶焦度：

  薄的镜片平行依附于角膜，使得镜片下面没有泪液。这使得泪液较粘滞，因为镜片下的泪液主要由脂质和粘液组成。镜片轮廓受镜片设计和镜片度数的影响，同样受在静态和动态(瞬目)情况下眼睑的压力的影响。

- 材料特性：

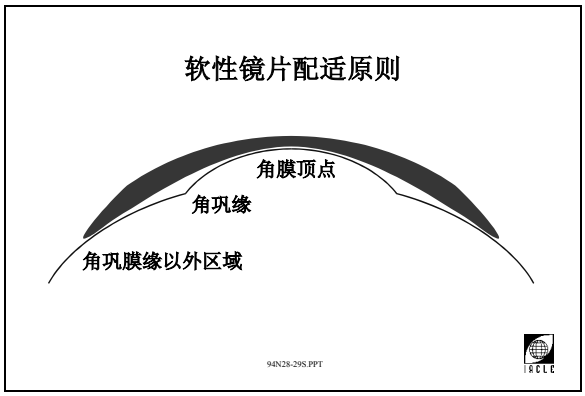
  材料硬度与它的含水量直接有关。较高含水量比较低含水量更易依附角膜。

- 镜片移动不足：

  镜片移动，特别同时有含水的薄泪液层时，对于镜片下的生理情况也有少许影响。

V 配适特性
V.A 配适特性-BOZR

30

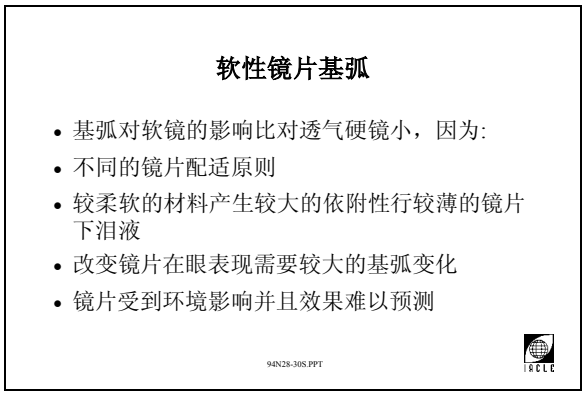


2L496213-29

软镜片配适原则

软性镜片配适是按“三点接触”方法来评估的。左图仅仅显示镜片刚配戴或瞬目后情形。后者会使得镜片更紧密地依附在角膜表面。

31



2L494N28-30

软性镜片的基弧

基弧对于软镜不象透气硬镜那么重要，因为：

- 因为配适原则不同。

  在透气硬镜，要求镜片后表面和镜片平行。而软性镜片使用“三点接触”原理。三点是角巩膜缘、角膜顶点和角巩膜缘以外的结膜。

- 柔软的镜片材料使得镜片过于依附角膜，且形成较薄的镜片下泪液膜。

  在眼睛上的镜片外形绝大部分取决于角膜表面的形态而不是镜片本身的形态。镜片材料越柔软，镜片本身的外形越不重要。镜片对角膜可塑程度使得镜片下泪膜更为稀薄。使用硬性PMMA镜片，Hayashi (1977)计算出瞬目后镜片下泪液膜的压缩是很小的(大约减少3%厚度)。目前没有其它新的相关数据。然而可能因为局部压力(如眼睑缘压力)使得局部泪膜更薄。因为镜片的可塑性使得镜片的压力不加载在全部镜片上，但是可以加载在局部较少范围内。

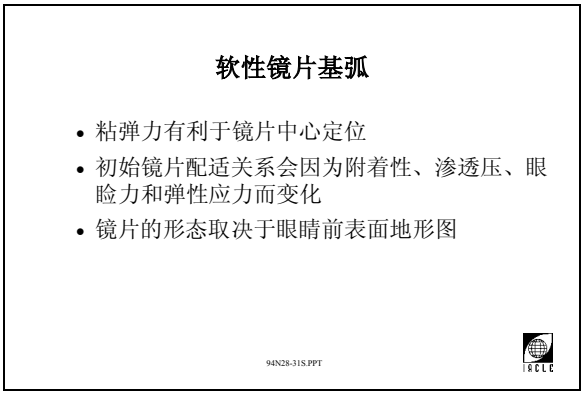
- “在眼睛”上的镜片需要较大的变化才能改变其临床特征。

  因为软镜良好的可塑性引出了不同的配适原则，需要较大变化的镜片参数来改变镜片临床上的特性。典型例子是软镜的基弧需要改变0.3毫米而透气硬镜需要改变0.05-0.1毫米。软性镜片对环境较敏感而且

影响很难估计，如pH、渗透压和温度。

水凝胶镜片参数随着环境的变化较显著。因为绝大多数环境条件的变化是不显著的，因此在未知眼外环境的情况下很难预料软镜的变化。

32

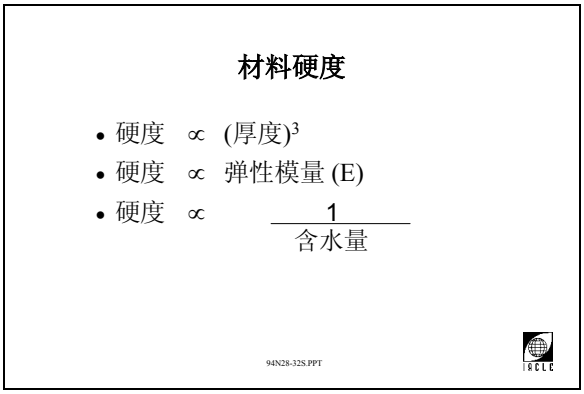


2L494N28-31

软性镜片基弧

- 粘弹力使得偏位镜片复位。镜片偏位引起的弹性应力使得镜片很快地恢复中心定位。
- 镜片外形绝大多数取决于眼睛表面的外形。
- 一旦软性镜片稳定附着于眼睛表面，其他所有因素的影响会减少。在初始配镜时渗透压平衡、眼睑力和镜片的弹性应力，影响着镜片配适的关系。随着时间推移，渗透压平衡和规则性瞬目使得镜片配适特性变化很小。

33



2L494N28-32

材料硬度

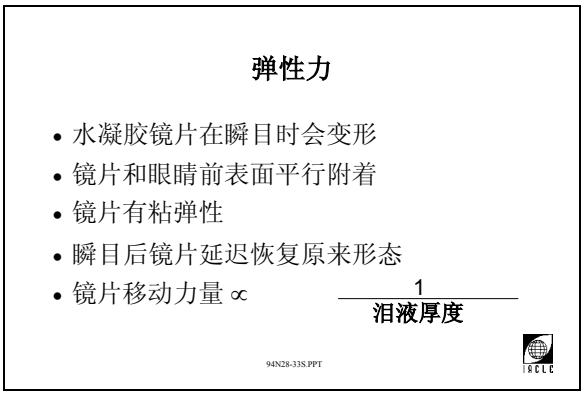
- 硬度 ∝ (厚度)^3。

  硬度和厚度的立方成比例。
- 硬度∝ 弹性模量(E)。

  镜片材料硬度与弹性模量线性相关(Young氏模量)。
- 硬度∝ 1/含水量

  镜片硬度与镜片含水量成反比例。

34



2L494N28-33

弹性力

- 水凝胶镜片在每次瞬目后会出现形态变化。

  因为“三点接触”配适的软镜不与角膜全面接触，在镜片配戴后第一次瞬目后，因为眼睑压力而使得镜片至少是部分和角膜接触。
- 镜片与眼睛的前表面较紧密地平行附着。

  眼睑压力使得镜片适应于“新的”角膜形态。在形态改变后镜片外形会寻找一个较放松的形态(即低能量状态)。
- 镜片引起的粘弹力：

当镜片偏位后，它会停留在较平坦的角巩膜缘和巩膜区上。当镜片附着在新的形态外形上，镜片获得弹性势能。因为镜片变平坦，镜片直径也会增加。

- 在瞬目以后镜片会恢复松弛。然而松驰过程落后于眼睑再次作用。

  软镜不会立即恢复到瞬目前形态。该恢复过程显示延迟并且发生较慢。延迟称为滞后现象，是镜片材料物理特性。

- 移动镜片的力量∝1/泪液厚度。

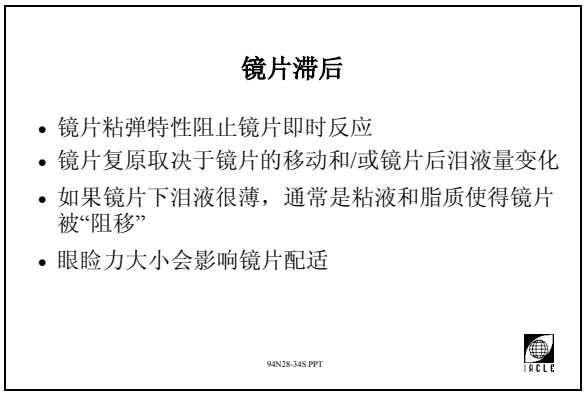
  迫使镜片滑动的力量和镜片下泪液厚度是成反比例的。依附角膜的镜片下的泪液稀薄，故需要较大的力量来移动镜片。

  临床上因为镜片在瞬目后没有镜片移动而称为“过紧”，被认为镜片的矢深过大。如果通过下睑缘推动镜片，镜片可以被容易地移动，镜片实际上不“过紧”。

  临床上，这些特征常常出现在过薄的低含水量镜片和过薄的高含水量镜片。薄边缘可以进一步减少眼睑/镜片的互相作用。

  当镜片移动好象不够时，采取下眼睑缘推动镜片是较好的试验方法。

35



2L494N28-34

镜片滞后

- 镜片的粘弹属性阻止镜片即时反应：

  镜片材料的物理特性-参阅先前幻灯片中关于镜片滞后的讨论。

- 镜片柔软性会影响镜片的移动和/或移动量的大小以及镜片下泪液的厚度。泪液有它的自己的粘弹特性。

  变形的镜片恢复原样时，泪液也会恢复。因为镜片易于与结膜的附着使得泪液恢复变的困难。因为镜片与结膜的紧密结合形成一阻止泪液对流的封条。

- 如果镜片下泪液是薄的，且主要成分为粘液和脂质，它们均是较粘滞的。

  因为镜片下泪液比镜片上泪液较不稳定，泪液粘性增加可增加镜片下的负压。导致减少镜片移动。

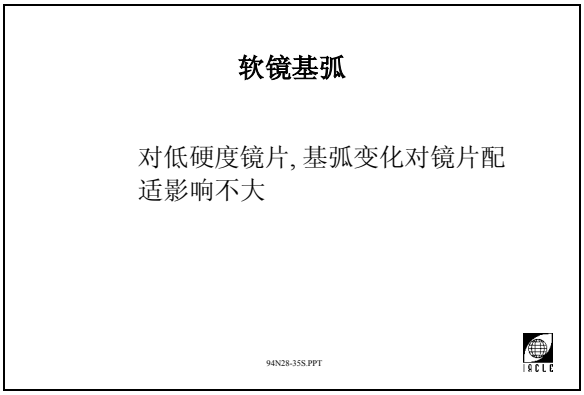
- 眼睑力的大小也会影响镜片的配适：

  “紧的”眼睑影响镜片移动较多，需

要定量地评价眼睑的紧张度来确定眼睑在镜片配适中的作用。试戴镜片会较好地得出该眼睑因素对镜片配适的影响程度。

36

软镜基弧



2L494N28-35

在低硬度镜片中，改变基弧所发生的影响比高硬度镜片。低硬度镜片对眼睛表面有较好的依附性，且镜片下泪液较少。因为低硬度的镜片的实际形态(即空间形态)对镜片配适的影响较小。

V.B 配适特性-前光学区曲率半径

37

前表面光学区曲率半径(FOZR)

前表面光学区曲率半径(FOZR)

上睑覆盖软镜比透气硬镜多，这会影响：

- 镜片位置(静态位置)
- 瞬目引起镜片移动
- 前表面设计需要优化镜片位置和瞬目引起的镜片移动

94N28-36S.PPT

2L494N28-36

上眼睑对软镜的覆盖面积比透气硬镜大。这影响：

- 镜片位置(静态位置)。

  眼睑张力，特别是上眼睑的张力会保持对软镜的压力。软镜的斜形边缘会形成一种平行于角膜面的力量，仿佛要挤出镜片（象用拇指和食指挤压新鲜的西瓜子一样）。下眼睑张呼的作用力也是一样，但是力量较小。

  镜片内部的力量（弹力）和镜片周围的力（表面张力，镜片下负压力等）的平衡决定了镜片在眼睛上的位置（静止状态）。软镜的重力仅仅起到较小的作用。

- 瞬目引起的镜片移动：

  如果眼睑边缘的位置高于软镜片边缘，它对镜片的位置的影响比眼睑盖住镜片的一小部分的情况要小。

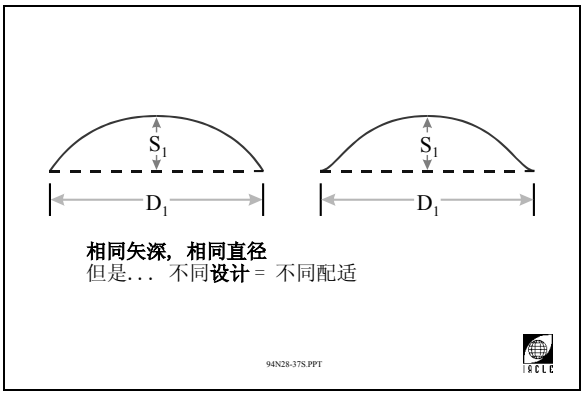
  眼睑和镜片边缘的交互作用对镜片的移动影响很大，当镜片边缘大部分被眼睑覆盖时，眼睑/镜片交互作用的效果便减少了。

- 前表面设计应优化镜片的定位和眨眼引起的镜片移动。

  镜片尽可能薄，前表面轮廓尽可能低并且表面尽可能连续（没有阶梯性），这样能够有效地减少眼睑/镜片的交互作用。

V.C 镜片配适变化

38

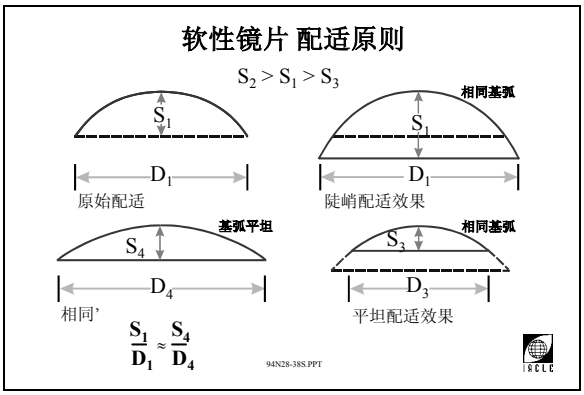


2L496213-37

矢深

如果不参考后表面镜片设计，单纯讨论矢深对镜片配适的影响是不合适的，因其可能引起误导。

有时用矢高来代替矢深。个人喜爱是没有属性上的区别。



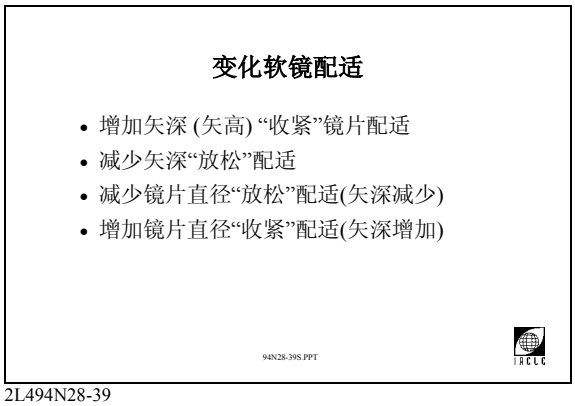
2L496213-38

矢深和直径在镜片配适中的效果

为了改变镜片的配适：

- 直径可以不变但是通过改变基弧来改变矢深。
- 直径变化、基弧同时变化可保持矢深不变。
- 直径和矢高均改变。
- 增加矢深不改变镜片直径，镜片配适变得陡峭并且较紧。
- 减少矢深并且不改变直径，镜片配适变得平坦并且较松。

40



2L494N28-39

VI 设计因素
VI.A 后表面设计

41

后表面设计

后表面设计

- 单一弧度(单弧度)
- 双弧度, 第二弧度常常比基弧平坦0.8-1.0毫米（0.5-0.8毫米宽）
- 融合型多球面弧度(多弧度)
- 非球面

94N28-40S.PPT

2L494N28-40

- 单一弧面(单弧面)。

  最简单设计然而并非常规使用。
- 双弧度，第二弧度比基弧平坦0.8-1.0毫米，宽度约为BOZR0.5-0.8毫米。

  因为临床验配满意并且容易设计和制造，该种设计经常使用。尽管有许多更复杂的镜片设计，没有临床研究显示它们比简单的双弧度设计更优越。
- 融合型多重球面曲线(多弧度)。

  不常采用，可能成为透气硬镜的设计构想。临床上软镜的柔软性和“三点接触”配戴原理不需要复杂的周边镜片后表面。
- 非球面：

  不常采用。表面外形可能是连续的单圆锥切面线(二次曲面)或采用渐进变化的复杂圆锥曲线。

尽管这些曲线在数学上是复杂的，但是实际在镜片表面仅仅是简单的没有移行区域。

42

后表面周边弧

- 是否存在后表面周边弧在生理上是无影响的

  (Tomlinson和Soni, 1980)
- 改变后表面周边弧特别是边缘放射性提升，可能影响镜片移动

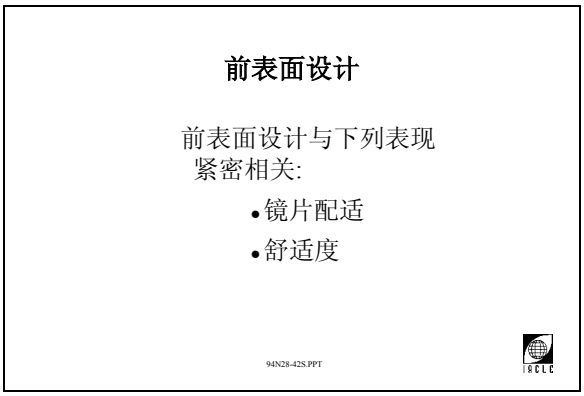
  (Tomlinson和Bibby, 1980)

94N28-41S.PPT

2L494N28-41

VI.B 前表面设计

43

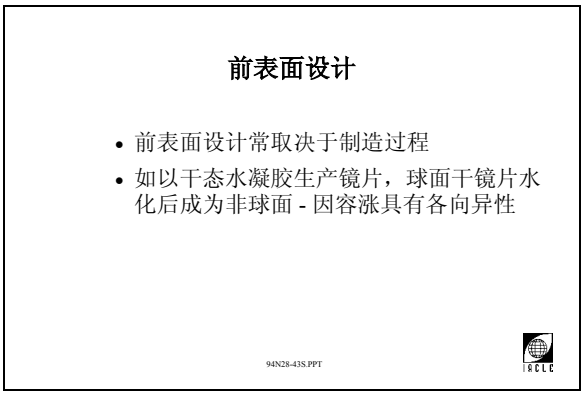


2L494N28-42

前表面设计

因为前表面不接触角膜，因此它常常被忽略。然而前表面设计对镜片配适和在眼睛上的表现是很重要的，同时影响镜片的舒适度。在高度数镜片中因为镜片较厚更加需要注意前表面设计。

44



2L494N28-43

前表面设计

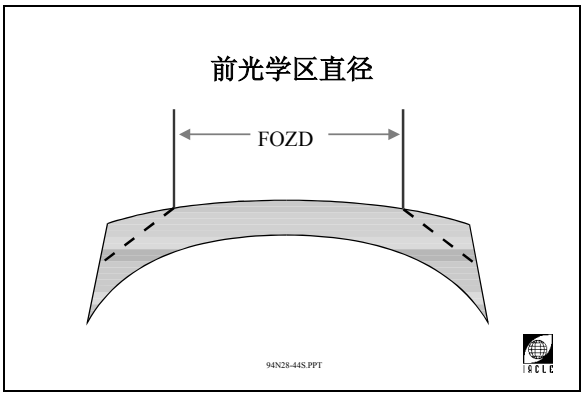
- 前表面设计常与镜片生产有关。

  不是所有的生产方法都能生产前表面形状，如果使用的生产方法不能生产所需的前表面形态，成品前表面形态在该类镜片中会受到影响。

- 如果在生产过程中使用干态水凝胶，在水化后球面水凝胶会变成非球性表面。因为材料的容涨具有各向异性。

  为了使所有度数镜片在临床配适上的效果相似，可能需要对不同度数采用多种镜片设计。有些设计是用来抵消镜片水化胀大时所需要的变化和水化引起的非球面变化。

45



2L494N28-44

前表面光学区域直径(FOZD)

通常前表面光学区域直径定义为软镜的有效光学区直径，特别是采用简单后表面设计时采用该定义。在左图中前表面周边设计决定了前表面光学区的直径，即镜片的光径。

46

前表面设计

- 通常的双弧镜片周边区选择薄边缘设计
- 前光学区曲率半径和周边弧度决定前光学区直径
- 多周边球面弧度
- 非球面连续设计是不常见的

94N28-45S.PPT

2L494N28-45

前表面设计

- 通常的镜片设计采用双弧度并且周边弧度结合薄的边缘。正镜片的前表面周边弧度比前光学区曲率半径平坦。薄边缘取决于前后表面周边弧度。然而它们的的交汇部还取决于边缘设计（圆滑形），也会产生薄的“锐利”的边缘。

  正负镜片均如此。有些设计是较复杂的(包括边缘处理)。然而复杂的程度常常取决于相关生产工艺的条件。

- 前光学区曲率半径和第一周边弧度决定前光学区直径。

  小的前光学区直径可以减少镜片中心厚度（正镜片）或减少周边弧的厚度（负镜片），该方法称为镜片周边削薄。

- 多融合型周边球面弧。

  不需要复杂的镜片设计。融合多弧面是透气硬镜设计的概念。

- 通常不采用连续的非球性前表面弧度。视力质量是一个问题。如此的镜片在瞬目后会称为双非球面（顺应角膜的形态）。这不太可能减少象差。

47

前表面设计

前表面包括双焦或多焦点成分如:

- 连续非球面表面
- 同心性双光
- 平顶子片

94N28-46S.PPT

2L494N281-46

VI.C 边缘设计

48

软性镜片边缘设计和厚度

软性镜片边缘设计和厚度

- 镜片边缘位于上下眼睑下面
- 边缘对舒适度影响较少
- 边缘设计可能受到工艺/专利的限制
- 厚度关系到使用寿命而不是舒适度/生理考虑

94N28-47S.PPT

2L494N28-47

因为软镜的直径较大，比透气硬镜较少考虑边缘设计。

- 边缘已经在上下眼睑下面。
- 边缘对镜片的舒适度影响较少。
- 边缘设计可能因为工艺和病人的因素而受到限制。
  - 这对模压镜片特别重要，因为模压的工艺过程只有两种专利。
- 边缘厚度决定镜片的耐用性而不是镜片舒适度和/或生理学考虑。
  - 太厚的边缘可能产生不舒服。
  - 太薄的边缘可能导致边缘容易撕破，这是通常考虑的要点。

VI.D 非球面软性镜片

49

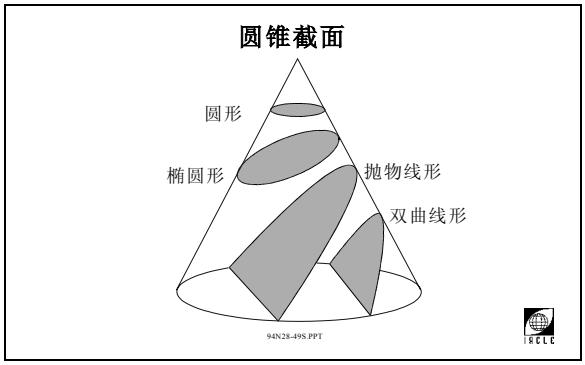
2L494N28-48

非球面软性镜片

- 这里"非球性"意味着二次曲面。
- 数学所指的除球面以外的形态。
- 过圆锥体底部的截面。
- 圆锥截面形成的对称形态。
- 当截面的圆锥的底部时，它的形状是一个圆形，那是一个特殊情况。

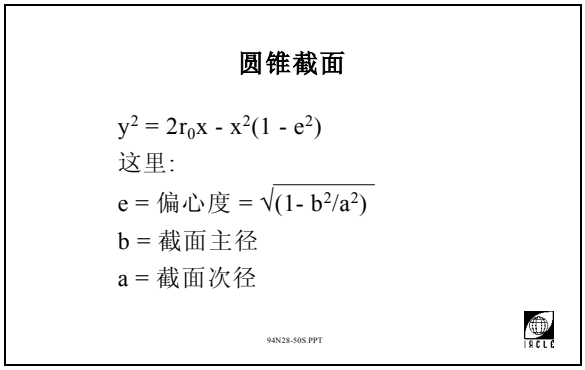
镜片的表面轨迹呈圆形的曲线被认为是球形。“非球性”用于不论是球镜或散光镜的处方。

50



2L496220-49

51

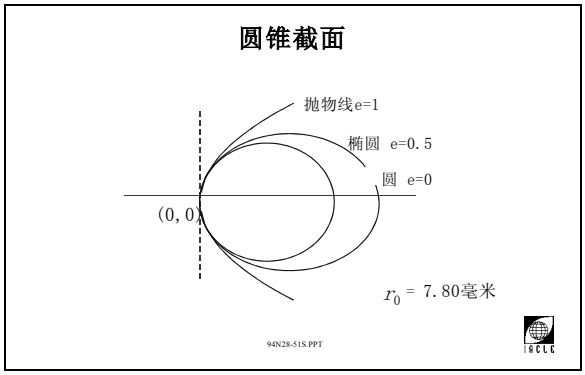


2L494N28-50

圆锥截面

Bennett (1968)从Baker，1943的工作中得出一个圆锥截面线的常规公式，该切面线尖端在坐标原点（0，0）。

52



2L496220-51

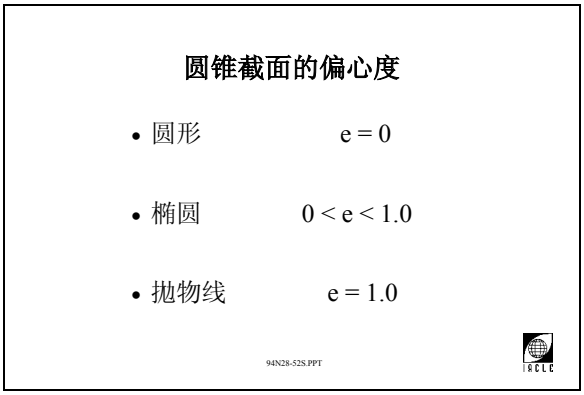
圆锥截面

有关隐形眼镜的圆锥切面曲线：

- 圆形。
- 椭圆形。
- 抛物线形。

复杂圆锥，如双曲线(e>1)。然而它不用于软性隐形眼镜的设计，因为软镜需要简单的设计。

53



2L494065-52

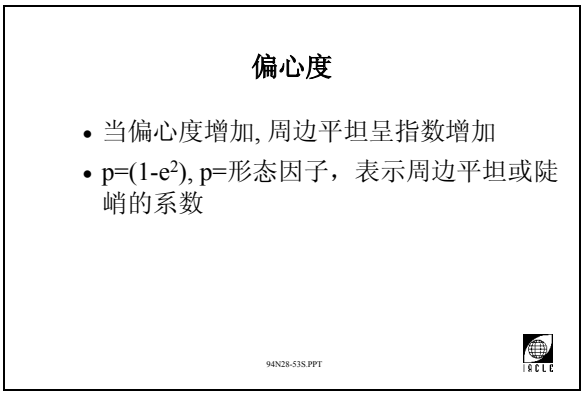
圆锥切面的偏心值

偏心度描述镜片周边的平坦率（陡峭率）。另外一个形态因素“p’”也出现在隐形眼镜的文献中。

另外也使用“Q”。

$p = (1 - e^2)$和 $Q = -e^2 = p - 1$.

54



2L494N28-53

偏心度

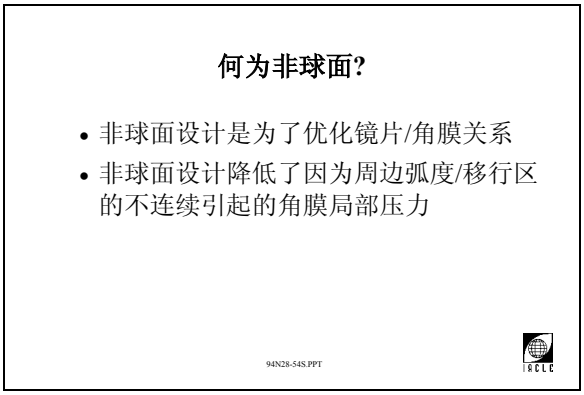
当偏心度增加，周边平坦率按指数增加。因为：

$$p = (1 - e^2)$$

p = “形态因素”周边平坦或陡斜的系数

e =偏心度。

55



2L494N28-54

何为非球性?

- 非球性优化镜片/眼睛表面的相互关系。

  使用周边弧度平坦设计，使得软镜周边对角巩膜外部分的压力降低。不同于透气硬镜，非球面软性镜片设计对角膜的压力是不同的。

  设计和角膜前表面相似的镜片后表面，球性镜片在瞬目后变形较少，这意味着镜片较少产生弹性势能，镜片可能复位缓慢，且无较大的移动度。这是由于镜片较大的偏位所需要的形态改变受到了镜片弹性应力的限制。

- 因为避免了周边弧度/移行区域的不连续性，非球面设计可分解局部受到的压力。

  当镜片设计使用不连续弧度，需要进行弧度融合处理。这可能导致区域局部汇结部压力的不同。而连续的非球性面没有这个问题。

56

第一个非球面软性镜片

(Hirst [NZ], 1970早期)

- Con-O-Coid，椭圆后表面
- 有2个偏心度
- 球面和复曲面

94N28-55S.PPT

2L49428-55

第一个非球性软性镜片

新西兰的Hirst在19世纪70年代早期开发了这种镜片设计。

- Con-O-Coid，椭圆形后表面。
- 2个偏心区域。
- 该设计能满足球镜和球－柱镜处方。
- 硬性非球面和散光镜片系列(包括双环曲面镜片)的开发。
- 在19世纪60年代Hirst在新西兰与Volk合作，且Volk对Hirst的工作有所影响。

57

角膜是不对称的

- 不对称性是常见的但是不大
- 角膜是椭圆形的(一阶近似值)
- 角膜偏心度:

H=0.53，V=0.58 (Holden，1970)
Flat=0.41，Steep=0.44 (Kiely，等，1984)
Hand，V=0.44 (Guillon，等，1986)

94N28-56S.PPT

2L494N28-56

角膜是不对称的

然而：

- 不对称性通常是不大的。
- 在临床上，角膜被认为是二次曲面形的，并且是对称的。
  ——一阶近似值椭圆体是由Feinbloom提出的。然而在1846年Senff提出非球面形的假想。
- 在临床上是不考虑角膜不对称性的。

角膜的偏心度 (e值)是：

H=0.53，V=0.58 (Holden，1970) 扁平 = 0.41 和陡峭 = 0.44 (Kiely等，1984) H 和V= 0.44，(Guillon 等，1986)。

58

非球面镜片

- 一些非球面软镜已经上市
- 许多镜片有连续非球面后表面弧度.
- 用计算机数控车床或模压工艺容易制造

94N28-57S.PPT

2L494N28-57

软性非球面镜片在市场上出售较少。

几乎许多镜片都有一连续的非球性后弧度。当前如此表面的生产对于计算机数字控制(CNC)车床或模压技术来讲是容易的。然而即使是模压技术也是依赖计算机数控技术的，因为采用切削技术用来生产母模。

59

软性非球性镜片

软性非球性镜片

- 非球面镜片设计所需要的的后表面弧度的规格较少就可以满足配适需要
- “库存镜片”的减少对公司有吸引力

94N28-58S.PPT

2L494N28-58

- 非球面设计的镜片所需要的后表面弧度就可以满足需要，这是因为：
  - 从基弧到周边部逐渐平坦，配戴眼对于镜片后表面弧长的变化不敏感。
  - 瞬目后非球面软镜片变形小，因此需要较大的镜片后表面弧度的变化来适应临床验配。
  - 与球面镜片相比，镜片直径变化引起矢深改变较小。这因为周边平坦的缘故。

“库存镜片”的减少对公司有吸引力。如果只需要2到3个镜片弯度来满足不同后顶焦度镜片的需要，那么库存的系列品种会增加。

60

非球面的优点

- 较好的镜片/角膜-周边-角巩缘配适关系
- 需要较少的弧度等级规格
- 镜片直径变化对镜片配适影响不大
- 增加镜片移动量
- 镜片压力对眼的压力均匀

94N28-59S.PPT

2L494N28-59

61

非球面的缺点

非球面的缺点

- 镜片形态不是光学理想状态
- 比球面镜片更会偏位影响视力
- 视力可能不理想
- 制造困难

94N28-60S.PPT

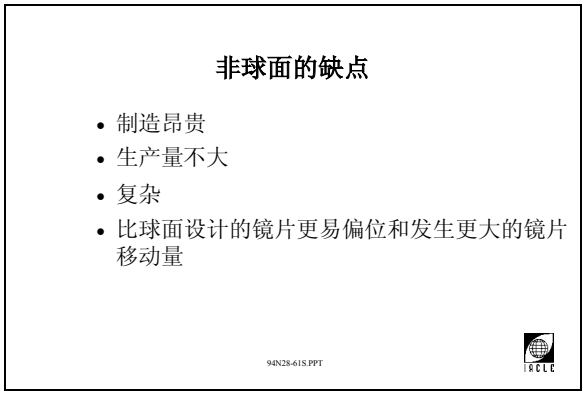
2L494N28-60

- 镜片外形可能可能增加眼的球面象差。
- 镜片偏位后比球性镜片产生更多的视力影响。

  当一镜片偏位时，眼睛的视轴通过非球面形周边部，视力影响比球面镜片大。
- 作为软镜不论是中央定位良好或是中央定位不良视力均不理想。
- 制造较困难。因为非球面表面并无固有的制造程序的，因此只有较少的工厂可以生产。如果采用模压技术，那么主要的困难是母模子的制造，一旦母模制造完成，生产不比球面或常规设计的镜片困难。计算机数控 车床能实现理想非球面表面形态，但是比简单设计的费用高。

62

非球性缺点



2L494N28-61

- 开始时较昂贵：

  这可能是非球面镜片工艺上的障碍(软镜或透气硬镜)。目前市场竞争力很激烈，非球性镜片的制造具有优势。因此镜片制造厂商可能开始生产或扩大生产镜片范围，或建立一个新部门来生产非球性镜片。

- 不是常常可以得到的。

  有些原因与镜片制造有关。另外临床上缺少非球面比球面镜片好的有力证据，因此镜片需要量较少，使得镜片生产厂家难以决定是否需要生产该类镜片。

- 临床观察较复杂。

  因为它们不是镜片主流，并且许多配镜师认为该类镜片的验配比常规镜片较复杂，且有一些缺点。

- 如果要分析该类镜片的偏位量和镜片移动量，需要更多的随访。

VI.E 镜片设计的限制

63

镜片工艺方法可能限制镜片设计:

方法	限制
切削	仅能实现简单设计
无水-模压	限制较少，但水化后容涨的各向异性可能改变镜片的形态
湿态稳定-模压	几乎没有限制
离心浇铸	仅能实现简单后表面设计
模压加切削	类切削 限制
离心浇铸加切削	类切削 限制

94N28-62S.PPT

2L494N28-62

VII 软性镜片特征

64

软镜参数范围

总直径 ($Ø_T$)	12.0 – 15.5毫米
基弧 (r_0)	7.6 – 9.6毫米
中心 厚度 (t_c)	.035 – 0.35毫米
球镜焦度（F_v）	±35 D
散光	0.50 – 20 D
含水量（%）	25 – 79%
光学区直径（O_{ao}）	6.5 – 11.5毫米
放射性边缘厚度（t_{ER}）	0.05 – 0.25毫米

94N28-63S.PPT

2L494N28-63

65

镜片体积

取决于:

- 厚度
- 后顶焦度
- 含水量
- 直径

94N28-64S.PPT

2L494N28-64

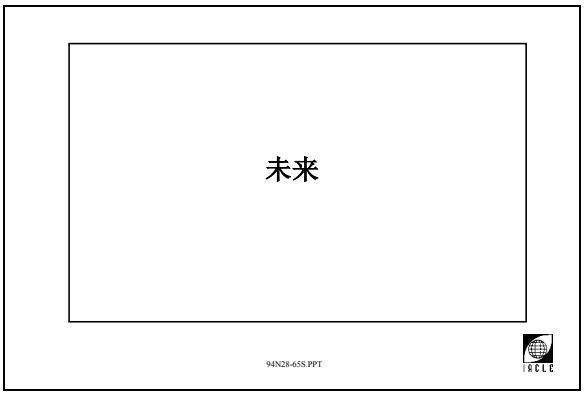
镜片体积

较少考虑镜片体积。含水量在正常范围中的镜片，重力作用影响较少。镜片体积取决于镜片设计和后顶焦度。

厚度的选择涉及其它方面因素（Dk/t、舒适度等）常常采用最小值。后顶焦度是不能任意变化的。

VIII 未来

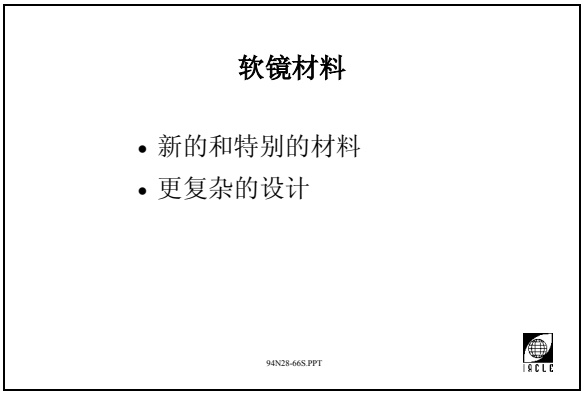
66



2L494N28-65

未来 (标题幻灯片)

67



2L494N28-66

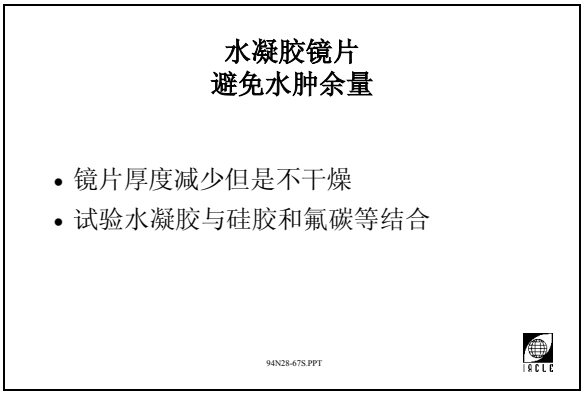
新的和特别的软镜材料

期望将来出现新的和特别的软性镜片材料和设计。光学要求仍然限制镜片某些设计。

很难找到是最佳形式的镜片设计，主要的障碍是镜片依附于眼睛表面以后最终的形态变化是无法预料（无法测量的）和高度的个体差异的。

一个可能的革新使在镜片的不同区域的材料的折射率不同。目前的材料是没有折射率的差异的。混合嫁接镜片，一体的镜片如Softperm™可能使软性镜片或比软镜更软的材料与硬性镜片材料的结合。

68



2L494N28-67

避免剩余角膜水肿余量的水凝胶镜片

软性镜片的主要研究方向一直是如何改进目前水凝胶材料的生理性能。主要焦点一直是氧气传导性能。

- 目的是在不影响上皮的前提下减少角膜厚度。

  未来的软性镜片必须提高氧气透过的量并且没有水分蒸发引起的角膜染色的问题。以当前薄的高含水量的镜片为例，当镜片厚度薄到一定程度，则会引起水分蒸发性角膜染色。临床上的个体差异使得镜片设计更趋复杂。
- 为了改进软性镜片材料的固有的透氧性能，需要比透气硬镜材料作更多的研究。包括硅氧烷、氟碳化合物和全氟乙醚的研究。目前没有成功的产品投放市场。生产难度和镜片湿润不良是两大阻力。

尽管研究试图超越镜片含水量的生理限制，目前仍没有真正的革新产品投放市场。这强烈提示需要不同材料，也许不是水凝胶来突破限制而满足需要。

69

眼表面平均干燥时间(秒)

(Guillon和Guillon, 1990)

正常眼睛	25
软性镜片	7
硬性镜片	4

94N28-68S.PPT

2L494N28-68

眼表面平均干燥时间

Guillon

Guillon(1990)显示了正常眼睛和配戴镜片的眼睛在干燥时间上的不同。使人认识到需要改进干燥时间来减少镜片在正常配戴情况下的问题和症状。

70

镜片表面修正

- 使得镜片更容易湿润
- 自然仿真 (上皮/泪液)
- 表面修正需要和镜片的寿命一样长

94N28-69S.PPT

2L494N28-69

镜片表面修正

试图通过镜片表面修正来减少镜片对泪液的干扰。如此处理包括：

- 使镜片较湿润性。

  镜片表面较好的湿润性有利于生物相容性和镜片配戴舒适度。

- 模仿自然 (上皮/泪液)。

  任何表面处理需要仿造自然即模仿泪液或上皮提供它们的生物学环境。镜片表面处理效果的耐久性必须和镜片寿命相附。任何镜片表面修正需要和镜片寿命相同。镜片表面修正的不当将导致不舒服和生物相容性更差。并且可能会影响到视力。

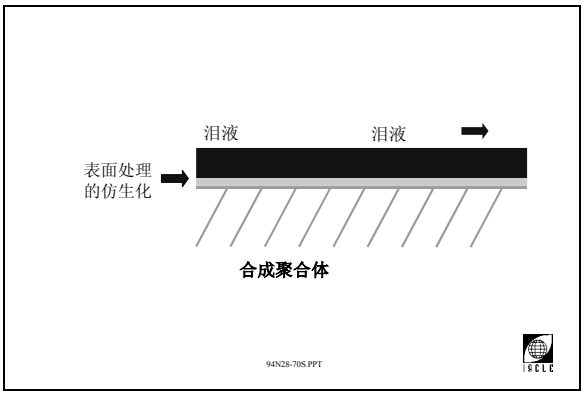
71

2L41218-91

气体等离子涂布机器

一个很好用来进行表面处理的方法是利用等离子技术来修正镜片表面的化学特征或涂布其它化学物。

72

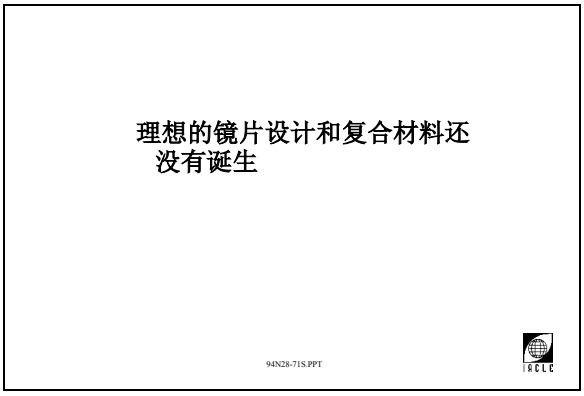


2L494N28-70

镜片表面涂布图

图中显示在泪液和可能不适合制造隐形眼镜的聚合体之间进行表面涂布。

73



2L494N28-71

理想的镜片设计和复合材料还没有诞生

市场机会和技术挑战仍然存在，需要进行更多的研究来改良镜片的设计和材料。当然完美可能是不现实的，因此只能尽可能改进我们目前使用的产品。

小组辅导2.4

(1小时)

软性隐形眼镜设计

测验

姓名:_____ 日期:_____

1. 简单讨论负度数镜片设计考虑因素。

_____

_____

_____

_____

_____

2. 简单讨论正度数镜片设计考虑因素。

_____

_____

_____

_____

_____

3. 软性隐形眼镜水分蒸发是什么?

_____

_____

_____

_____

_____

4. 简单描述软性隐形眼镜的弹力对镜片配适的影响。

5. 软性隐形眼镜总厚度在镜片的设计上是一个重要因素，为什么？

参考文献

Baker TY (1943). *Ray tracing through non-spherical surfaces.* P Phys Soc Lond. 55: 361 - 364.

Bennett AG (1968). *Aspherical contact lens surfaces. Part I.* Ophthalmic Optician. 8: 1037 - 1040.

Bennett AG (1968). *Aspherical contact lens surfaces. Part II.* Ophthalmic Optician. 8: 1297 - 1301.

Bennett AG (1969). *Aspherical contact lens surfaces. Part III.* Ophthalmic Optician. 9: 222 - 230.

Bier N, Lowther G (1977). *Contact Lens Correction.* Butterworths, London.

Bonanno JA, Polse KA (1985). *Central and peripheral corneal swelling accompanying soft lens extended wear.* Am J Optom Physl Opt. 62: 74 - 81.

Fatt I (1989). *A predictive model for dehydration of a hydrogel contact lens in the eye.* J Br Contact Lens Assoc. 12: 15 - 31.

Fatt I (1989). *Comparison of the single-chamber polarographic and the coulometric carrier gas procedures for measuring oxygen permeability.* ICLC. 16: 226 - 231.

Holden BA *et al.* (1990). *The Dk project: an interlaboratory comparison of Dk/L measurements.* Optometry Vis Sci. 67: 476 - 481.

Holden BA, Mertz GW (1984). *Critical oxygen levels to avoid corneal edema for daily and extended wear contact lenses.* Invest Ophth Vis Sci. 25: 1161 - 1167.

Lowther GE, Snyder C (1992). *Contact Lenses: Procedures and Techniques.* 2nd ed. Butterworth-Heinemann, Boston.

Mandell RB (1988). *Contact Lens Practice.* 4th ed. Charles C. Thomas Publisher, Springfield.

Phillips AJ, Stone J. (Eds.) (1989). *Contact Lenses.* 3rd ed. Butterworths, London.

Ruben M, Guillon M (1994). *Contact Lens Practice.* Chapman & Hall Medical, London.

Senff R (1846) quoted in: von Helmholtz H (1962). *Treatise on Physiological Optics.* Reprinted by Dover Publications, London.

Tomlinson A, Bibby MM (1980). *Movement and rotation of soft contact lenses. Effect of fit and lens design.* Am J Opt Physl Opt. 57: 275 - 279.

Tomlinson A, Soni SP (1980). *Peripheral curve design and the tear pump mechanism of soft contact lenses.* Am J Optom Physl Opt. 57: 356 - 359.

单元2.5

(2小时)

讲座2.5：硬质透气性隐形眼镜设计

小组辅导2.5：硬质透气性隐形眼镜设计

课程概述

讲座2.5：硬质透气性隐形眼镜设计

I. 有关透气硬镜参数的术语
II. 镜片设计
III. 透气硬性隐形眼镜镜片特性
IV. 镜片要求
V. 镜片的可变特性

小组辅导2.5：透气硬镜设计

- 测验

讲座2.5

(1小时)

硬质透气性隐形眼镜设计

目录

I 透气硬镜的设计 203

II 后表面设计 207

III 后表面中周 213

IV 后表面周边和边缘设计 215

V 镜片厚度 219

VI 前表面设计 222

VII 镜片直径 225

VIII 镜片重心 226

IX 另外的设计因素 227

X 制造商的角色 228

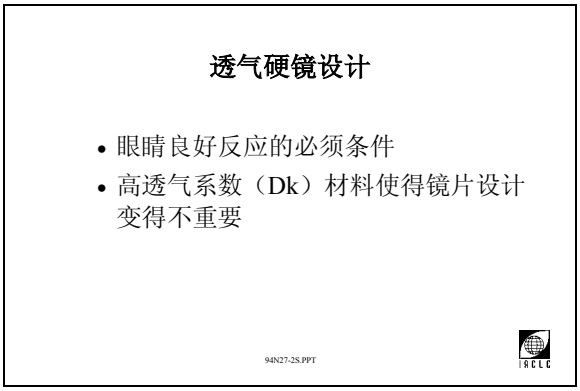
XI RGP镜片设计的现在和未来 229

I 透气硬镜的设计

1

2L594N27-1

2



2L594N27-2

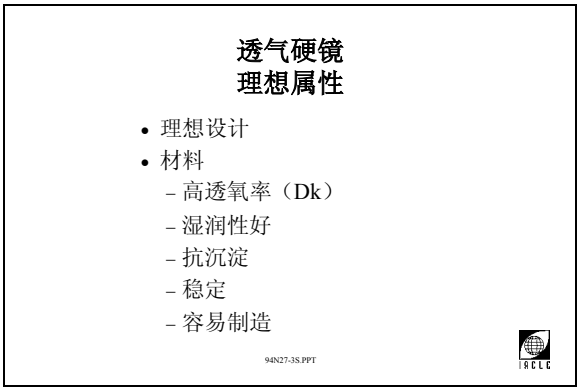
镜片设计重要吗？

因为镜片设计可以改善个体或者人群对镜片的反应，因此镜片设计是不能忽略的。

虽然透气硬镜材料技术也在发展，透气硬镜材料本身在镜片配戴时是影响不大的。

这是部分因为目前透气硬镜片材料的硬度是较低的。

3



2L594N27-3

透气硬镜镜片理想属性

理想的镜片属性是：

- 理想的设计：

  镜片设计是任何隐形眼镜配适的基础，虽然随着材料的改进，配镜师对设计的要求就减少了。即使地形图测量系统应用于镜片制造，镜片设计仍然是不能少的。

- 材料：
  - 透氧率Dk。有些透气硬镜不仅能够满足镜片日戴（DW），且能满足镜片长戴的最低氧气需要。
  - 镜片湿润度。因为镜片光学需要和润滑需要，湿润的材料能够保持规则的泪膜并且使得镜片配戴舒服。
  - 抗沉淀。沉淀物是镜片配戴不舒服的潜在因素，且会影响镜片前泪膜的厚度。
  - 稳定性。为了保持镜片参数的稳定使得

镜片配适保持不变，镜片材料需要稳定，不论环境如何变化，镜片材料的稳定可以使得镜片抵抗化学性改变和镜片属性的改变。

– 制造容易度。有些材料在镜片生产上的困难会成为该镜片材料的应用障碍。如果有些镜片材料需要特殊的操作或者特殊镜片护理，镜片制造商可能不会利用这些材料来生产镜片。如果用传统的方法来操作镜片，镜片的属性会不稳定。

4

理想的镜片配适

- 适度的边缘宽度和距隙
- 中心和旁中心平行配适
- 顺滑移动
- 中心定位良好

94N27-4S.PPT

2L594N27-4

理想的镜片配适

- 适度的边缘宽度和距隙。在镜片边缘的泪液湖和与镜片舒适度密切相关的边缘翘起距隙之间应适度平衡。
- 中心和旁中心平行配适。总的来说现代透气硬镜验配原理使得镜片和角膜平行配适。
- 顺滑的移动。镜片移动对清除镜片下代谢产物和细胞碎屑是必要的。镜片过度的移动会影响视力和舒适度。镜片移动所造成的影响因素可以帮助定义最佳的镜片移动量。
- 良好的中心定位。偏位的镜片特别在低照度时容易引起视力不良。同时会影响镜片舒适度。因为需要镜片移动，然而是以中心为对称的镜片运动。

5

理想镜片的表现

- 舒适度好
- 视力好
- 足够的配戴时间
- 最小眼部反应
- 正常睑部异常表现

94N27-5S.PPT

2L594N27-5

理想镜片

理想镜片的表现是：

- 舒适。
- 提供清晰的视力，该视力与框架眼镜的视力相同或更好。
- 确保足够的镜片配戴时间。镜片配戴者需要在清醒时配戴镜片－一般每天为8-14小时。
- 引起最小眼部反应 - 镜片通常会影响眼睛的功能，但是该影响需要在临床上不被发现。
- 不影响头位或眼外观如眯眼或睑痉挛。

6

设计要素

- 后表面设计
- 后光学区直径
- 前表面设计
- 镜片厚度
- 边缘轮廓
- 镜片直径

94N27-6S.PPT

2L594N27-6

7

在整个讲座中引用的国际标准 (ISO)术语。

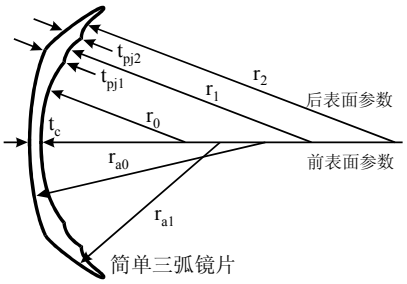
镜片参数
国际标准（ISO）术语

94N27-7S.PPT

2L594N27-7

8

镜片参数



94N27-8S.PPT

2L596220-8

镜片参数：前曲率半径和后曲率半径和厚度

简单3弧镜片

镜片参数，它们的标准名称和标准符号显示在图中。

r_0=后表面光学区弧度

r_1=后表面周边弧度（第一）

r_2=后表面周边弧度（第二）

r_{a0}=前表面光学区弧度

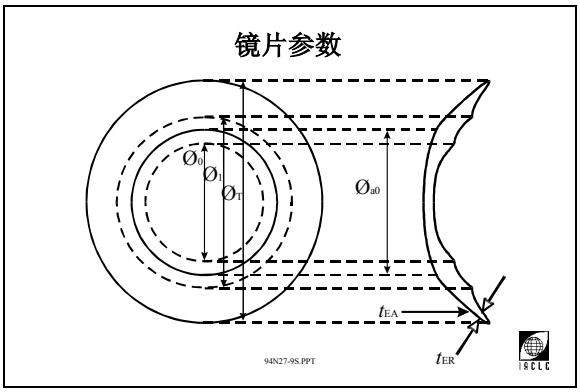
r_{a1}=前表面周边弧度（第一）

t_c =几何中心厚度

$t_{p|1}$=周边连接部厚度(第一)

$t_{p|2}$=周边连接部厚度(第二)

9



2L596220-9

镜片参数：直径和边缘厚度

这图显示有关直径和两种ISO标准的镜片边缘厚度。

$\varnothing_0$=后表面光学区直径

$\varnothing_{o0}$ =前表面光学区直径

$\varnothing_1$ =后表面周边区直径

$\varnothing_T$ =总直径

t_{ER} =放射性边缘厚度

t_{EA} =轴性边缘厚度

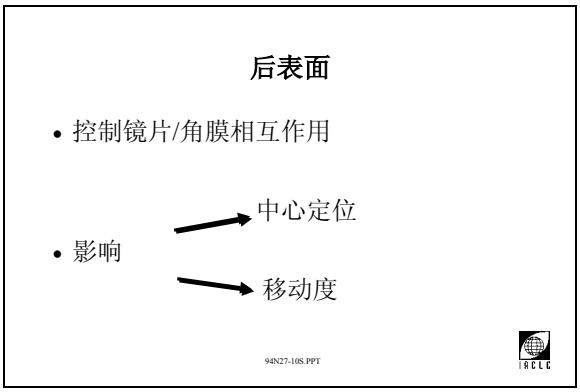
其它项目(在幻灯片上不显示)

Fv′ =后顶点屈光度

Fv=前顶点屈光度

II 后表面设计

10

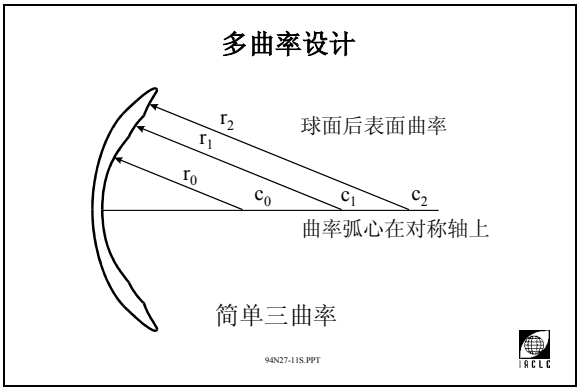


2L594N27-10

后表面

- 后表面设计(形状)是控制镜片和角膜相互作用的主要因素。这种相互作用大部分控制临床上的镜片“配适程度”。
- 镜片和角膜的相互作用对镜片中心定位的影响要小于对镜片移动度的影响。因为镜片“配适”不只是指镜片配适相对角膜太陡、太平或平行配适，镜片后表面中央区域的形态也与镜片的配适有关。

11

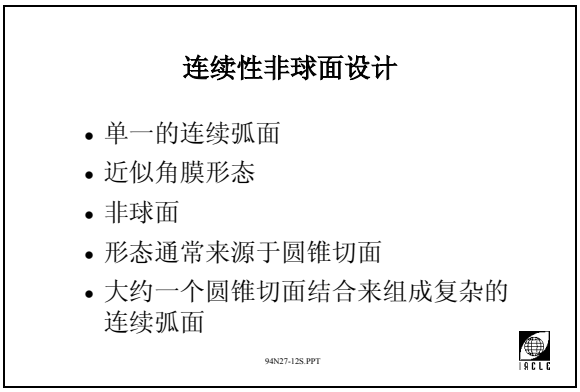


2L596220-11

多曲率设计

图示一系列球形（即基于圆形的形态）的后表面弧最平滑地融合成一连续曲线。因为球面是由常规的车床切削出来的，因此每个球形弧的弧心均在镜片的对称的几何中轴上（该轴也是镜片的光轴）。

12



2L596220-12

连续性非球面设计

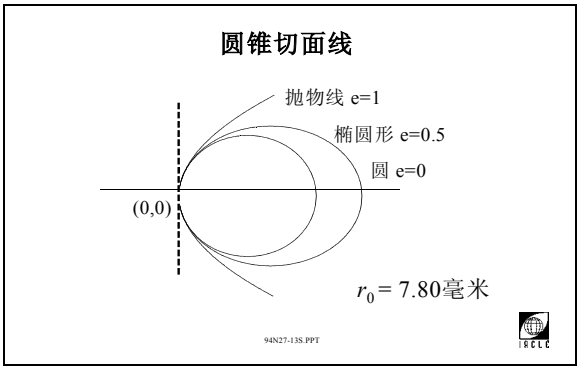
镜片表面设计(前或后)不限于球面。角膜表面不是球形的概念已经被接受了一世纪 (Senff，1846)。

连续性非球面单曲线的好处是与角膜的形态接近。如此的表面设计被称为“非球面”镜片，通常用来改进“球面”镜片的设计。(“球面”术语是不经常使用的，但仍然是正确的)

如此的表面的曲线集合与角膜的一阶近似值相近，称为圆锥截面线。

圆锥截面线能组合而形成复杂的连续性曲线。圆锥和非圆锥形的切面线可以组合使用。计算机和计算计辅助制造工艺使得生产连续性弧度曲线的镜片设计成为可能。

13



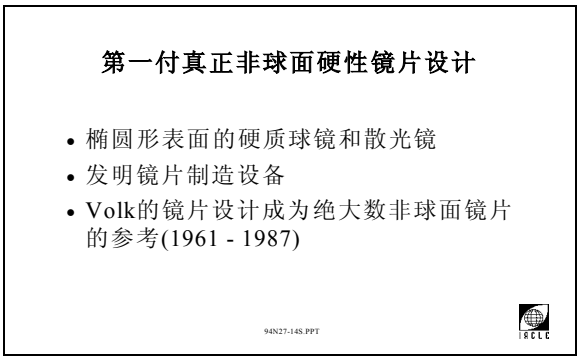
2L596220-13

圆锥截面

图示所有的圆锥截面线。在这个系列中，圆圈被认为是一特例。双曲线很少在透气硬镜和硬镜中使用，并且目前没有一种镜片的设计使用该弧度曲线。

通过圆锥截面线沿其主轴旋转而形成的弧度线称二次曲面。二次曲面的特殊情形的圆形即为球形面。

14

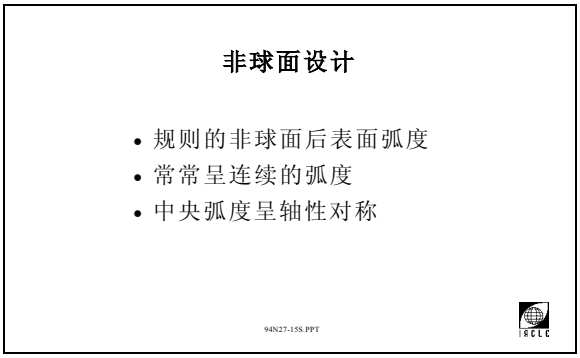


2L594N28-14

第一付真正非球性镜片设计

在1961年由Feinbloom设计了第一付真正非球性镜片。镜片表面的弧形轨迹是椭圆的，且可以用来制造球镜或散光镜片。因为镜片形状不能由现成的机器制造，Feinbloom甚至发明了专门制造该类镜片的机器。Volk 和Neefe 也随后开展有关的工作。后者即变成非球面镜片的最大制造商，能够满足各种临床需要（如直接检眼镜等）。

15



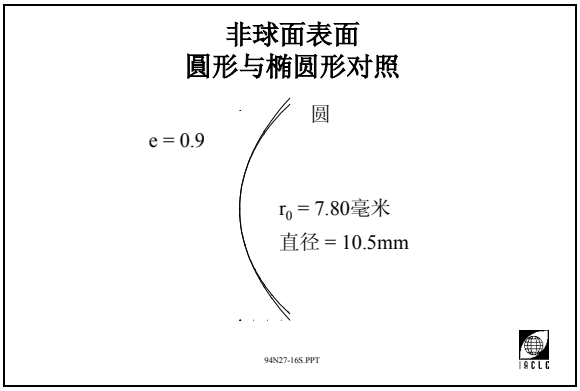
2L594N27-15

非球面设计

规则的非球面镜片的轨迹由弧心不在对称轴上的非球形的曲线所组成 (而球面镜片的弧心在对称轴上)。

它的表面，特别后表面经常呈一连续弧面，区别于由若干独立的弧组合而成的弧面。

16

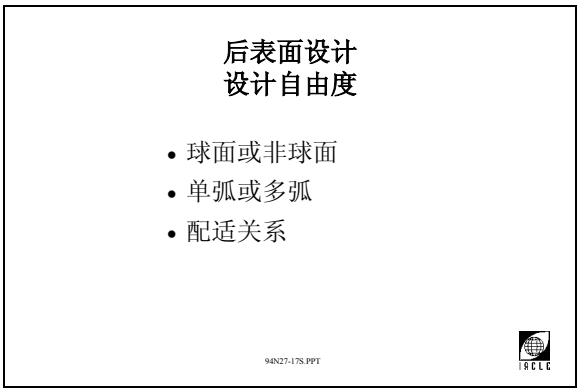


2L596213-16

非球面表面

尽管图示球性表面并且弧度显示在课本中，它们的形态不是特殊的。图中比较一个圆形和一椭圆形。尽管椭圆比正常偏心率大（0.9相对常值0.4-0.6），并且直径大，但是镜片直径在8毫米以上时，二者区别是很小的。

17



2L594N27-17

后表面设计：设计自由度

后面表面设计的自由度是有限的，因为该表面需要和角膜形态相匹配，但是对于镜片总体形态来说，仍然有较大的自由度。

可能性是：

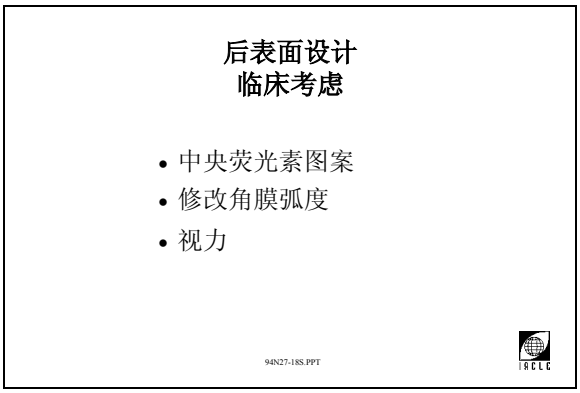
- 球面或非球面形状。
- 单弧或多弧设计。
- 配适关系符合以下分类：

  - 比角膜稍陡峭

  - 与角膜平行配适

  - 比角膜稍平坦。

18



2L594N27-18

后表面设计：临床考虑

- 中心荧光素形态：

  荧光素钠可以精细地显示试戴镜片和角膜之间的空隙。

- 修改角膜弧度：

  当选择除平行配适外的配适关系后，镜片可能改变角膜弧度和/或角膜形态。

- 镜片粘连：

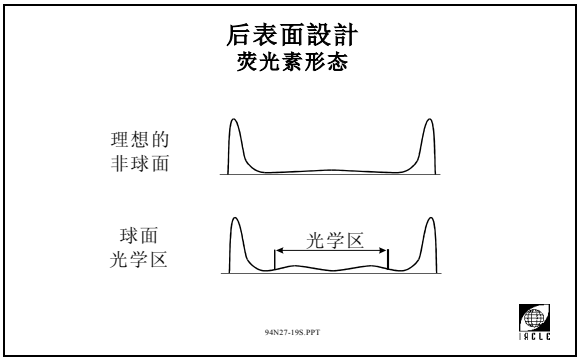
  几乎所有的长戴的透气硬镜的配戴者均有时出现镜片与角膜粘连的情况，且目前始终不明白为什么薄型的的镜片会减少镜片粘连的情况。

- 视力：

  如果角膜形态是正常和规则的，泪液透镜的屈光度会影响镜片的后顶焦度，且会直接受到镜片基弧的影响。

  如果角膜是不规则的，圆锥形的或高度散光性的，镜片后表面的整体形态和基弧会影响的视力。

19



2L596220-19

荧光素形态

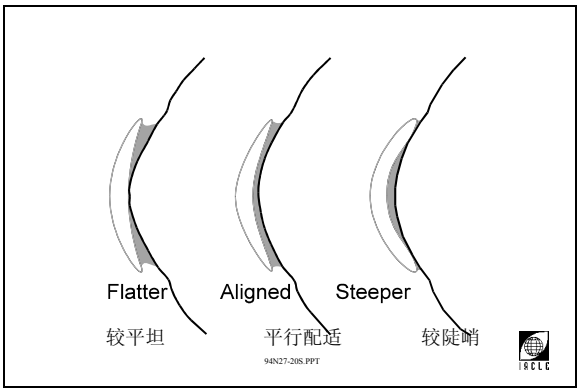
荧光素形态取决于透气硬镜的后表面形态。图中显示镜下泪液透镜厚度，并显示了两种可能的荧光素形态。

非球面形镜片理想地与角膜平行配适。观察可见除了镜片边缘，很少或没有荧光素出现在镜片下面。后者是因为镜片边缘的泪液湖/新月型距隙。

一个球形的光学区显示球形曲线没有与非球性角膜平行配适。Bull氏图形是指中央同心圆

亮带（荧光素环）出现在中心暗区（无荧光素）周围。这情况在光区较小的镜片中较小，因为镜片矢深不同。

20

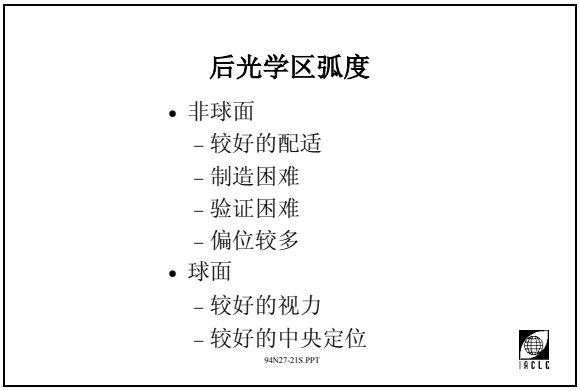


2L596218-20

3个主要镜片配适分类

- 较平坦。
- 平行配适。
- 较陡峭。

21

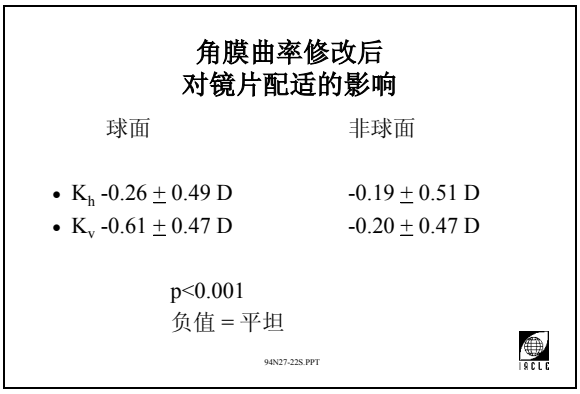


2L594N27-21

后光学区弧度：

- 非球面：
  - 配适较好。角膜是非球面的，因此非球面的后表面可以最大限度地配适角膜表面。
  - 制造困难。目前球面和非球面在制造上的差异已经不大了，因为广泛使用计算机数控车床，使用非模压技术制作非球面镜片的制作稍微困难一些。模压非球性镜片只是在镜片母模制造时较困难一些。
  - 验证困难。因为目前的验证设备是用于球面光学和弧度的，验证非球面镜片对制造商和配镜师来讲均是一个挑战。
- 球面：
  - 研究显示球形的表面通常有较好的视力(参阅幻灯片25)。

22

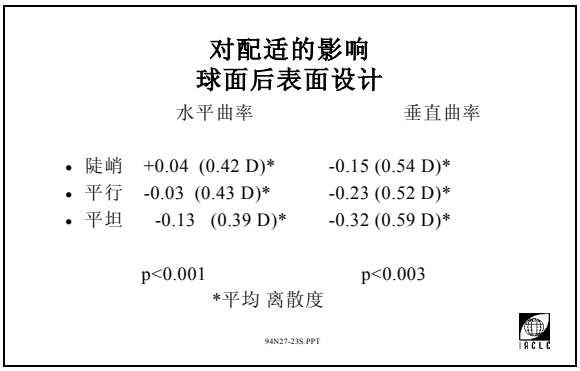


2L594N27-22

修改角膜曲率：设计效果

在后表面设计的一个研究中发现：比较了角膜水平和垂直经线上的变化。最大的变化 (变平)发生在垂直经线并且是配戴球性镜片。配戴球形镜片在水平经线上的变化和配戴非球性镜片在两个主经线上的变化均很小。

23



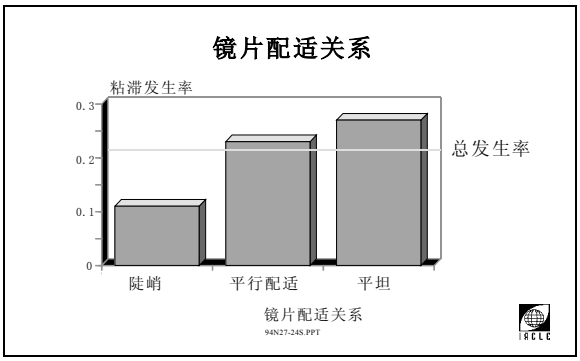
2L594N27-23

修改角膜曲率：配适效果(球形后表面)

CCLRU的研究比较了使用球性后曲率镜片和不同配适对角膜的影响，结果显示在幻灯中。

这表格显示不论何种配适（较陡、平行和较平），垂直经线影响均较大。有点奇怪，即使使用较陡的镜片，垂直经线还是稍微变平坦(-0.15D)。仅仅在陡峭配适的镜片上水平经线的曲率增加了。变化是轻微的并且离散度较大。资料显示过平坦的配适改变角膜弧度较大。这可能和镜片粘连有关。

24

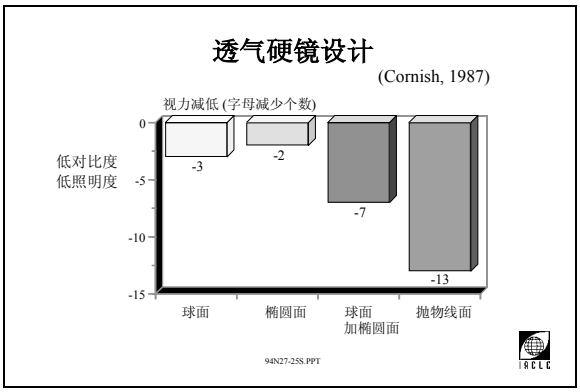


2L594N27-24

镜片粘连：接触关系范围

当研究透气硬镜镜片粘滞（镜片与角膜粘连）和镜片配适之间的关系时，发现镜片较陡峭配适时，镜片粘连的发生率较少，但是不是零。“平行配适”和“稍平配适”的粘滞略有差异，而平坦配适最容易出现镜片粘滞。

25

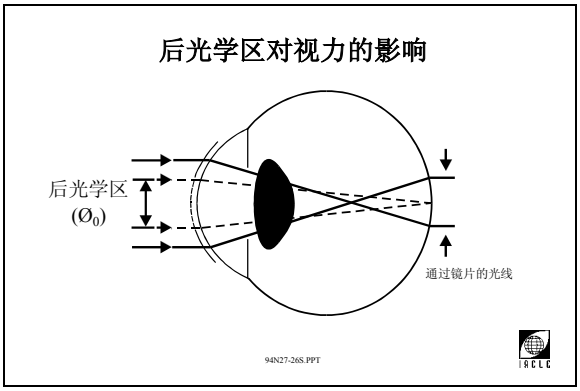


2L594N27-25

硬镜的设计和视象质

图示镜片后表面形态对视力的影响。当球形和椭圆形镜片会出现一些视力减低，两种结合会出视力减低较大。为了生产便利，有非球性后表面设计的透气硬镜常常有球性前表面。两面均为非球面设计的情况是不采用的。因为这些表面设计的镜片的效果较差。

26



2L596220-26

后表面光学区直径对视力的影响

图示后表面光学区在瞳孔大时与瞳孔（瞳孔的解剖形态在角膜和前方的光学作用下所成的光学图象）小时对视力的影响。当后表面光学区($\varnothing_0$)小于瞳孔直径时，光线被镜片的光学区，第一弧度融合区和镜片周边区的光折。这时视力包括图像对比度会受到影响。

27

后光学区曲率
总结

- 根据配适关系改变试戴片K值
- 陡峭配适镜片
  - 镜片粘连少?
- 大光学区直径
  - 视力较好但配适较差

94N27-27S.PPT

2L594N27-27

理想的后表面设计：总结

假设镜片后面表面设计是球形并且和角膜平行配适，在球性角膜中央区定位稳定的该镜片的理想的荧光素形态如下：

- 在7-8毫米中央区域中平行配适或在中央有轻微的荧光素堆积。
- 旁中心区有1 - 2毫米宽的平行配适区域。
- 边缘翘起大约 0.5毫米宽。

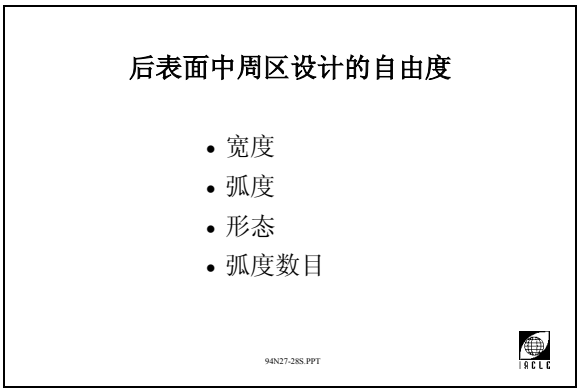
在镜片边缘有明显的新月形泪液距隙。

实际面积(荧光图形宽度) 取决于：

- 总镜片直径 (TD)。
- 角膜地形图(散光性、p-值和规则性)。
- 实施镜片后表面设计(包括后光学区直径等等)。

III 后表面中周

28

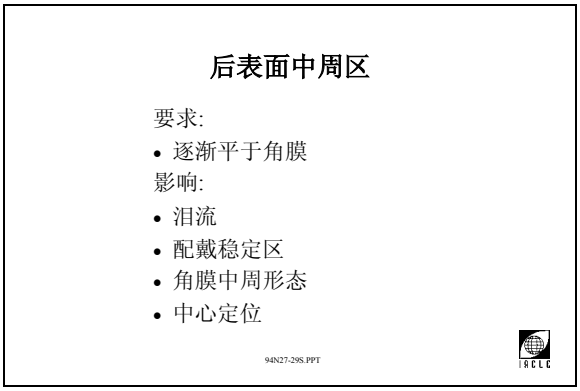


2L594N27-28

后表面中周区设计的自由度：

- 宽度，弧度宽度。
- 曲率半径。弧面的和曲率和半径。
- 形状，表面形状如圆锥面、球面或非球面。
- 弧度数目。

29



2L594N27-29

后表面中周区

要求：

- 逐渐平与角膜。因为周边角膜较平坦，镜片的第一和第二周边区域的弧度需要比基弧平坦，最好是逐渐平坦。这可通过融合的多个球面弧度或通过连续的非球性弧面如椭圆面或抛物线面来实现。

影响：

- 配适稳定性：

  如果中周区弧度比对应的角膜区域明显平坦，会出现过度的空隙、配适不稳定和镜片过度移动。

- 泪流：

  如果该区域的接触是局部，并且封闭后表面光学区，则会限制泪流。可能产生过紧的镜片配适，导致光学区下吸附代谢碎屑和气泡。

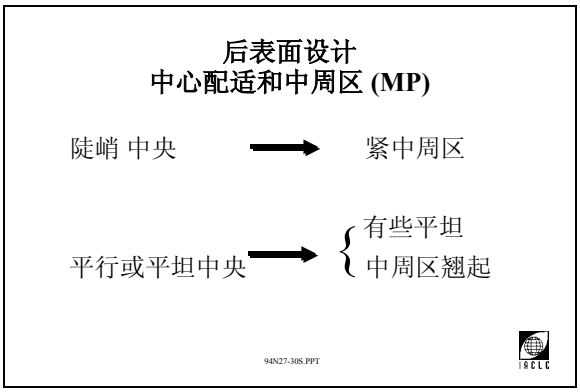
- 角膜周边形态：

  如同中心区域，角膜周边形态也会受镜片配适性质的改造。在中周区的局部接触可能在角膜上形成印迹。

- 中心定位：

  如果中周区比角膜平坦则会引起过多的边界翘起，镜片容易偏位。

30

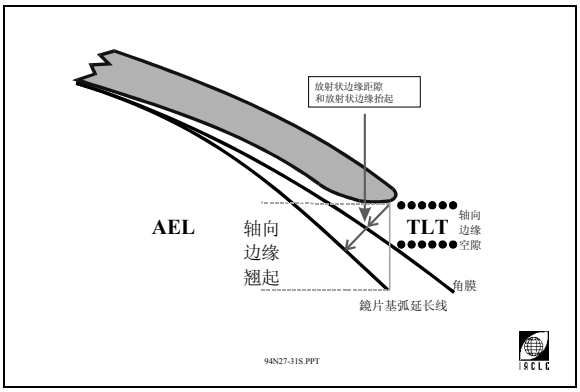


2L594N27-30

中心配适和中周

过陡峭的中心配适可能引起过紧的中周区配适，如果使用多弧面设计或缩小光学区直径则能避免该现象。中央平行或过平坦的中心配适会引起中等或过度中周区的翘起。

31

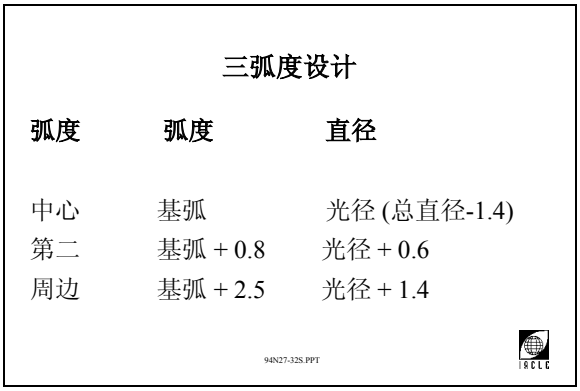


2L594N27-31

轴性边缘翘起、放射性边缘翘起和泪液层厚度

图示轴性和放射性的边缘翘起以及泪液层厚度 (TLT)。图中显示了镜片边缘的形态。基弧的“延伸”相对镜片的各个区域形成了一个“参考面”，即中心区域、中周区、周边和镜片边缘。注意术语“翘起”是指镜片而不是指镜片和角膜的配适关系。术语轴性和放射性翘起是用来描述镜片和角膜在每个镜片区域上的距离。

32



2L594N27-32

三弧度镜片设计

简单的三弧度设计（即光学区和两个附加区域）显示第二弧度比基弧每0.3毫米宽度要平坦0.8毫米。光学区的直径比总直径（TD）小1.4毫米。该种设计有许多变化的方法。然而逐渐平坦的弧度是通常使用的方法。这使得中周区弧度和角膜平行或只产生最小的空隙。有趣的是ISO的草案标准只是有区域直径而镜片制造商喜欢用区域宽度。这里显示的是直径。

Ⅳ 后表面周边和边缘设计

33

后表面周边区设计自由度

- 宽度
- 弧度/翘起
- 形态
- 弧度数目

94N27-33S.PPT

2L594N27-33

后表面周边区设计的自由度：

- 宽度：

  周边弧面的宽度。

- 曲率半径/翘起度。

  相对角膜周边弧度越平坦，边缘翘起越大。也可通过轴性或放射性方法来测量，显示在第31幻灯片中。

- 形状：

  表面形状计球面或非球面。

- 弧度数目：

  不论是单一连续弧度或多弧度融合成一个平滑的表面均可用于后周边区的设计。

34

后表面周边区

周边 (或边缘) 弧度:

弧度 - 2.50毫米比基弧平坦
宽度 - 0.30 - 0.50毫米

混合周边和边缘弧度

94N27-34S.PPT

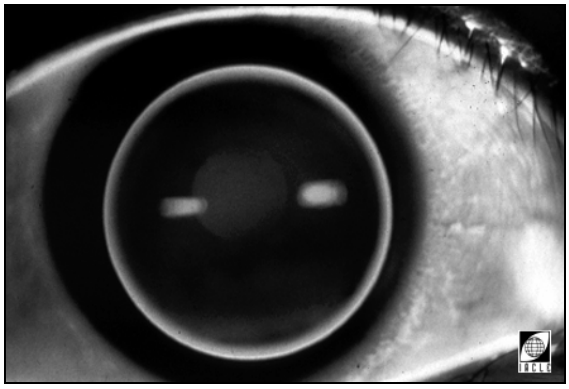
2L594N27-34

后表面周边区

为了优化该部分的镜片设计，周边弧度不论是何种形态（球面或非球面）均需要比角膜弧度平坦使得在镜片和角膜之间有距隙。荧光素观察该距隙需要有一定的宽度并且在周边逐渐增加高度。在幻灯片35中显示一个几乎理想的荧光素形态。

它显示在中心和中周区域几乎没有荧光素表明镜片平行于角膜，且有周边翘起和泪液新月形距隙中央定位良好。

35



2L51758-92

36

后表面周边区

影响:

- 周边荧光素图象
- 中央定位
- 泪液交换
- 镜片配戴
- 3 和 9点染色

94N27-35S.PPT

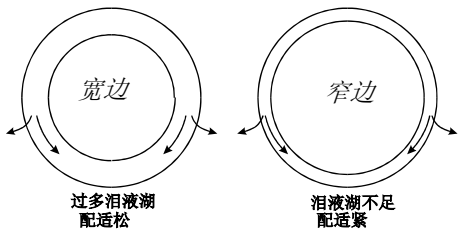
2L594N29-35

后表面周边的影响：

- 观察镜片周边的荧光素形态，如一平坦和宽的周边弧度会引起过度的边缘翘起，且产生荧光素亮环。
- 中心定位因为过度的边缘翘起而受到影响。
- 在宽大和平坦的周边弧区泪液交换。
- 过度边缘翘起会引起不稳定的镜片配适并且过度的镜片移动。
- 3和9点钟角膜染色的原因是由于镜片边缘翘起不足或太大。

37

边缘宽度和泪液湖



94N27-36S.PPT

2L596220-36

边缘宽度和泪湖

图示镜片边缘宽度所诱发的结果。宽边缘将增加镜片边缘的泪液量，但是镜片配适会受到不良影响。这些力量之间是需要平衡的。

38

边缘轮廓设计

- 顶点位置
- 圆形
- 连接区融合
- 厚度

94N27-37S.PPT

2L594N27-37

边缘结构

设计自由度：

- 顶点位置。边缘轮廓的顶点可选择向后、向前或位于中心。
- 镜片的边缘应该不显出任何“突出”点。
- 连接不融合。

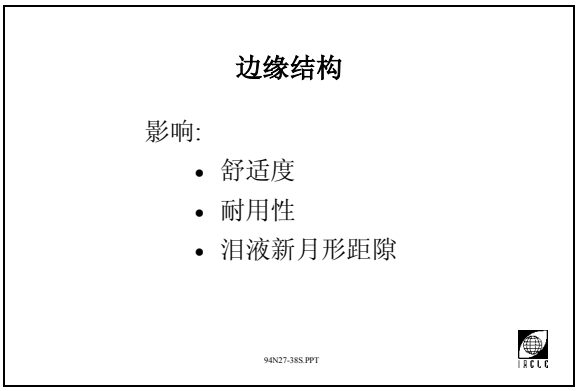
  边缘以内的镜片轮廓会影响镜片边缘轮廓、厚度和连接角度等。最后的弧与边缘弧的融合对镜片设计是很重要的。

- 厚度。

  因为测量操作性的原因，该方面很难进行定量分析。传统方法是用距边缘一定距离上的放射厚度来表示的。

  距离和测量工具的使用是有较大差异的。另外的方法是精密的轮廓计，但是该装置是不常用的、昂贵并且未被广泛接受。

39



2L594N27-38

边缘结构

边缘结构能影响：

- 舒适度。

  通常较薄、较圆和较平滑的边缘轮廓较好。当镜片边缘顶点近于镜片的后面，研究表明有较好的舒适度(La Hood，1988)

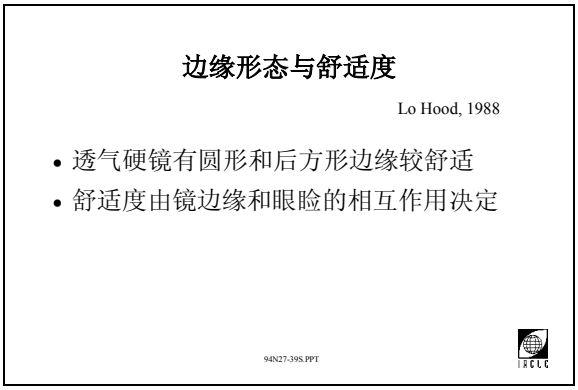
- 耐久性。

  镜片太薄容易碎。镜片太厚可能影响舒适度。

- 泪液新月距隙。

  边缘翘起、顶点位置和材料湿润度均会影响镜片边缘的泪液新月距隙。

40



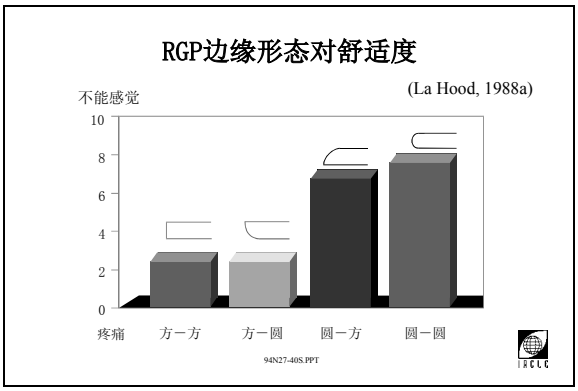
2L594N26-39

边缘形态与舒适度

有关镜片舒适度与镜片边缘形态的研究结果表明：

- 有圆形后和方形的边缘轮廓的透气硬镜较舒适。只要边缘的顶点不相前，其它形态实际无关紧要。
- 舒适度取决于镜片边缘和眼睑的相互作用。与角膜的作用较小。当人为地限制眼睑移动后，镜片的感觉减低了。

41

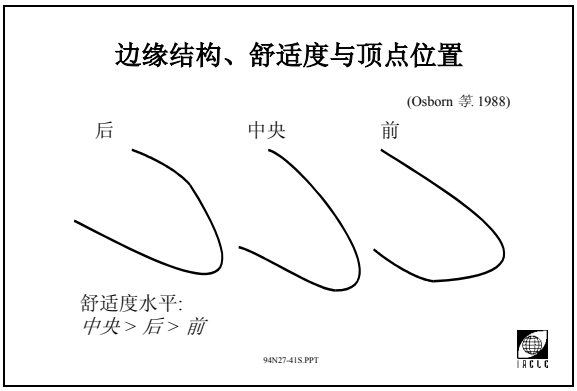


2L594N27-40

透气硬镜边缘形态与舒适度

图示不同边缘轮廓的舒适度评分结果。每个轮廓的描述显示在各个条形图的上方。

42



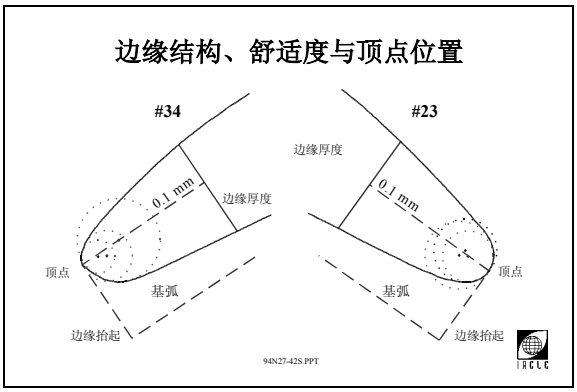
2L596220-41

舒适度与顶点位置

在一个研究中，Orsborn发现中央位置的边缘顶点比其它向后或向前的顶点位置均舒服。

向前的位置是最不舒适的。

43



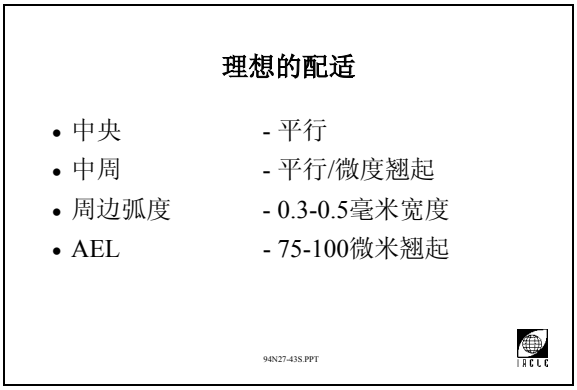
2L596213-42

数量边缘分析

用高精密轮廓计来定量分析镜片的实际的边缘形态。除在临床上应用该装置的同时，还适用于镜片制造、镜片设计和质量控制。

	镜片 #34	镜片#23
边缘厚度0.1 mm	142.2 µm	145.9 µm
边缘厚度0.5 mm	189.3 µm	194.3 µm
边缘抬起	112.2 µm	113.5 µm
边缘削尖	73.3%	73.1%
顶点位置	43.7% 中央向前	51.9% 中央
前边缘曲率半径	34.3 µm	46.4 µm
边缘顶点曲率半径	22.7 µm	34.5 µm
后边缘曲率半径	56.5 µm	43.0 µm

44



2L594N27-43

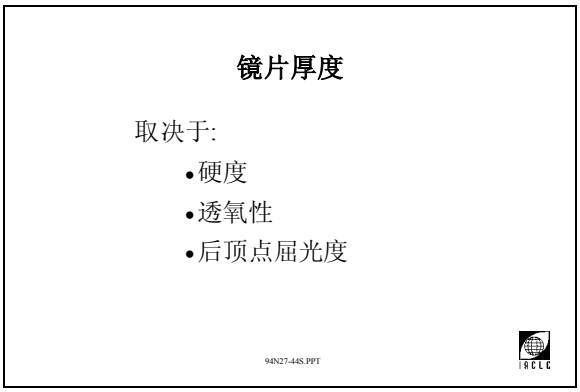
理想的配适

基于以上信息，理想的镜片配适需如下。

- 镜片中央需要和角膜平行配适。
- 中周区应该与角膜平行配适或者有最小的空隙。在这区域的过度压力可能限制泪流或影响角膜。
- 周边弧区通常为0.3到0.5毫米宽并且有轴性边缘翘起0.10毫米。该翘起取决于镜片后表面的参数。

V 镜片厚度

45



2L594N27-44

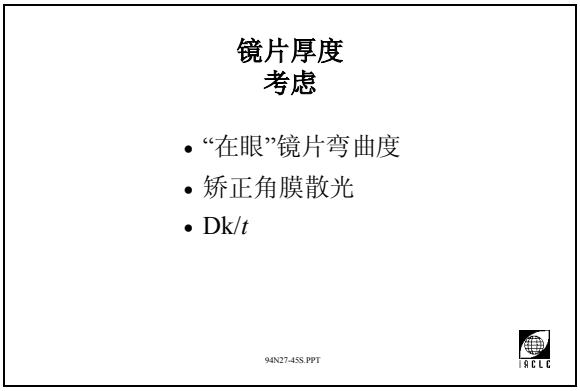
镜片厚度

镜片厚度大部分决定于：

- 镜片材料的硬度。如果给有散光的角膜配戴，较小硬度的材料需要做得稍厚并且防止镜片变形成为镜片散光。
- 透氧率。有些高透气性材料是较柔软的，镜片厚度比低透氧材料的镜片要稍微厚一些。

后顶焦度 (BVP)。后顶焦度是决定镜片厚度的重要因素，特别是镜片光学区。

46



2L594N27-45

镜片厚度

需考虑因素：

- 镜片“在眼睛上”的弯曲。

  镜片需要足够厚来抵抗弯曲，但是镜片又需要尽可能的薄，以满足生理的需要。有些材料显示Dk和柔软性方面的关系，即Dk越高，材料越柔软。

  在临床上增加Dk则需要增加厚度来满足镜片抵抗弯曲的能力，即Dk/t 不会按材料的Dk增加而增加许多。然而Cornish等(1991)发现在Dk值范围在0-140之间，Dk 和柔软度没有联系。因此通过对材料的测试分析，氧气传导性可以通过不改变镜片的厚度而提高。

- 散光的矫正。

  在许多诊所主要是用球性透气硬镜来矫正角膜散光的。如果镜片在散光角膜上弯曲，则散光（可通过镜片矫正的）矫正达不到90％。

- 透气量Dk/t。

  因为氧传导性Dk/t是引起通过镜片的量，厚度t对于中等度Dk材料来讲是一个重要的氧气透过的决定因素。

47

在标准屈光度(-3.00D)与中央厚度(t_c)时不同材料的Dk/t.

	t_c(μm)	Dk/t_c
• Quantum ll	150	94
• BreathO HCL	170	80
• Equalens ll	150	77

94N27-46S.PPT

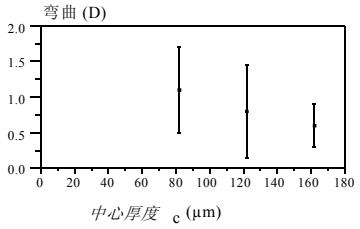
2L594N27-46

标准焦度和标准厚度面材料不同的镜片的Dk/t

通常隐形眼镜工业用-3.00作为标准的镜片度数。每种材料需要一定厚度来抵抗散光角膜导致的临床上的镜片弯曲。表格显示一些普通的材料的标准的厚度与Dk/t_c的关系。该表格清楚地显示高Dk材料镜片下面的氧气条件不一定最高。

48

“配戴状态下”镜片弯曲对镜片中心厚度
角膜散光 = 1.82 ± 0.74 D



94N27-47S.PPT

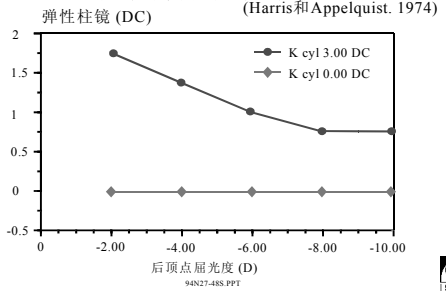
2L594N27-47

“配戴状态下”的镜片弯曲与镜片的中心厚度

图示不同镜片厚度配戴在散光为1.82 ±0.74D的角膜上的镜片弯曲。数据表明镜片厚度大于0.16毫米可以抵抗临床上的镜片弯曲。

49

镜片弯曲和镜片屈光度
(Harris和Appelquist. 1974)



94N27-48S.PPT

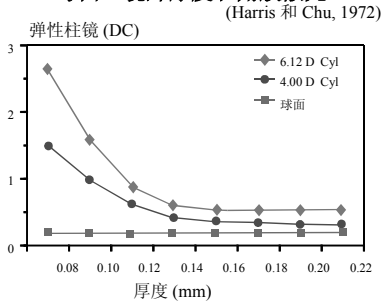
2L594N29-48

“配戴状态下”的镜片弯曲与镜片的中心厚度

图示不同镜片厚度配戴在散光为1.82 ±0.74D的角膜上的镜片弯曲。数据表明镜片厚度大于0.16毫米可以抵抗临床上的镜片弯曲。

50

弯曲、镜片厚度和角膜散光
(Harris 和 Chu, 1972)



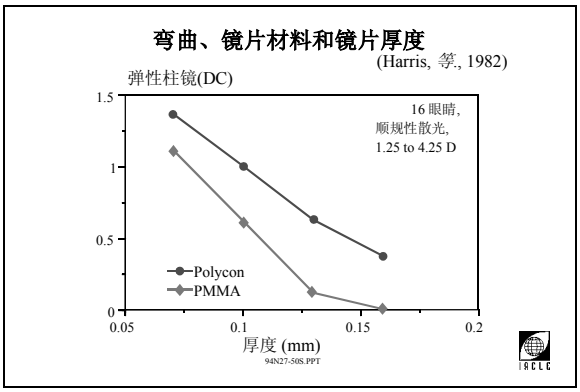
94N27-49S.PPT

2L594N29-49

弯曲、镜片和角膜散光

该图清楚地显示角膜散光增加对镜片弯曲的影响逐渐增加。使用的材料是PMMA。它显示需要有0.16毫米中心厚度来抵抗较大散光角膜引起的镜片弯曲。有趣的是在6.12D散光的角膜上，即使0.22厚度的镜片仍然有0.50D的镜片弯曲。

51



2L594N29-50

弯曲、镜片材料与镜片厚度

图示不同物理特征的材料引起的不同镜片弯曲。Polycon™材料镜片弯曲较大，需要较厚的镜片来抵抗配戴在眼睛上的镜片弯曲。

VI 前表面设计

52

前表面设计

受控于:
- 后顶焦度

设计自由度:
- 前光学区直径
- 前周边弧面
- 它们的曲率半径和宽度

94N27-51S.PPT

2L594N27-51

前表面设计

前表面形态和镜片的厚度轮廓取决于后顶焦度和镜片前表面是球面或非球面。

可能的选择是：

- 前光学区直径。

  通常在不造成太厚的中周区的条件下做成较大的直径来覆盖瞳孔(入射瞳径)。在高度数镜片中，前光学区直径可能减小，使得中周区厚度较小，但是会影响视力。

- 前表面的周边弧度的数目、曲率半径和宽度。

53

前表面设计

影响:
- 视力
- 眼睑相互作用
  - 舒适度
  - 移动度
  - 中心定位

94N27-52S.PPT

2L594N27-52

厚度轮廓/FS设计

表面设计会影响：

- 视力。

  前光学区除与瞳孔径相关，仍然需要考虑镜片的“形态”。当希望镜片有“最好的形态设计”时，因为角膜形态而不能有很多的自由度。球形或非球性形状有不同视力质量，球性镜片的视力会较好(参阅幻灯片25)。

- 眼睑相互作用。

  会影响舒适度、镜片移动和中心定位。镜片厚度轮廓也会影响与眼睑相互作用。

54

镜片缩径

影响:
- 中心厚度
- 镜片体积
- 氧通透性
- 舒适度

94N27-53S.PPT

2L596N27-53

镜片缩径

镜片周边缩径影响：

- 中心厚度。

  仅仅用于正镜片。

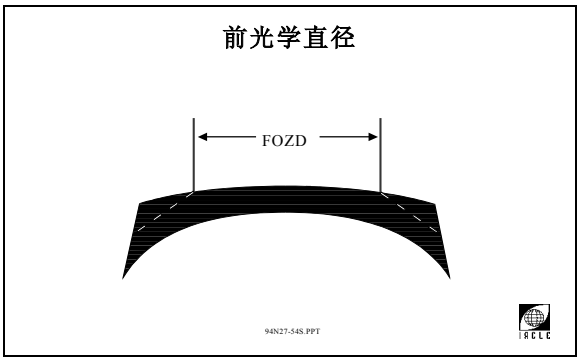
- 镜片体积。

  对所有镜片而言。

- 氧的通透性。

  对正镜片的光学区特别重要，并且影响所有镜片的平均厚度。镜片缩径决定镜片的前光学区直径。

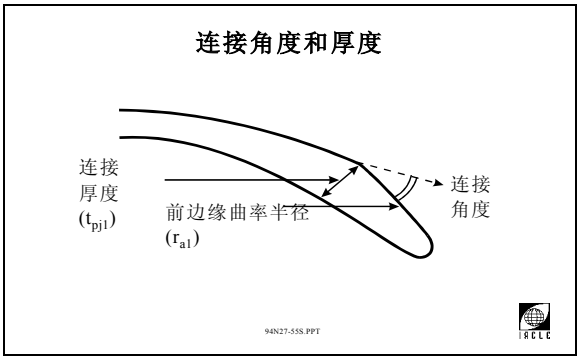
55



2L594N28-54

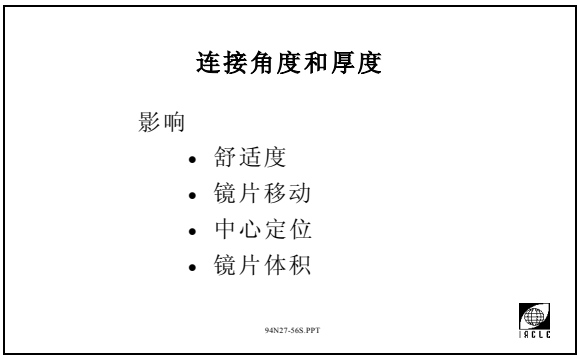
不象大多数软性镜片，透气硬镜的前光学区直径不一定是镜片实际上的光学区直径，并且通常后光学区直径比前光学区直径小。

56



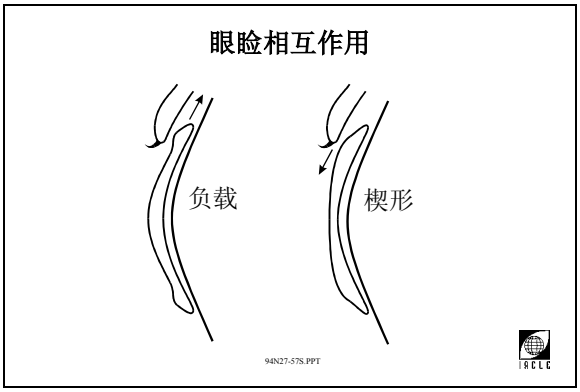
2L596220-55

57



2L594N27-56

58



2L596220-57

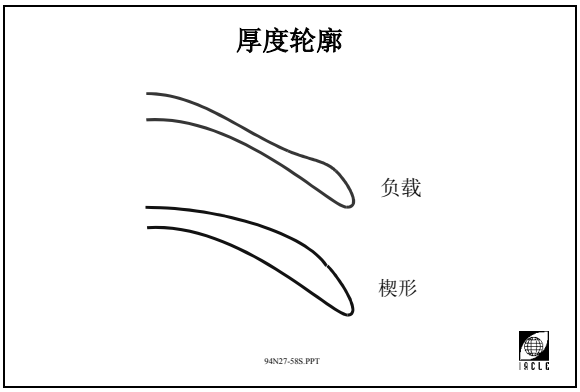
和眼睑相互作用

有时通常考虑的因素在特定配戴者眼睛上是不行的。如果眼睑相互作用和重力使得镜片过度移动和向下偏位，需要在前表面加入一个称为“负载”的成分来提升镜片。瞬目会提升镜片而不是让镜片向下偏位。

另一种方法称为“眼睑接触”配适原则，即使用较薄的镜片设计(减少镜片体积)，且在外周1毫米进行边缘修改设计(特别是前表面)，使得镜片和上眼睑广泛接触。镜片配适较平坦(最扁平的K +0.15 –0.70D，平均为+0.25D)，镜片的直径偏小（8.6-9.4毫米）。目的是让镜片“接触”上睑并且与之一起移动。

59

厚度轮廓



2L596220-58

图示2种可能的边缘轮廓，一种是传统类型，另外一种是“负载”来辅助瞬目时的镜片提升。

VII 镜片直径

60

镜片直径

取决于:

- 人群角膜直径 (库存镜片)
- 配戴者HVID
- 睑裂大小
- 镜片屈光度(负/正)

94N27-59S.PPT

2L594N27-59

镜片直径 (总直径或TD, $Ø_T$)

镜片直径 (总直径或TD, $Ø_T$)取决于：

- 当设计库存镜片时，或考虑大众的角膜直径的人群中值时(或HVID) 。
- 当考虑特定配戴者时需要测量该配戴者的虹膜水平可见径。
- 镜片屈光度 (BVP) (正或负)。

当镜片容易偏位（正高度数：重力和眼睑相互作用，高负度数：眼睑与周边区相互作用和部分重力因素），有必要增加镜片直径以便增加前后光学区直径。这将确保光学区域覆盖整个瞳孔。

61

镜片直径

影响:

- 重心
- 稳定
- 选择较大BOZD/FOZD
- 舒适度
- 3 & 9点染色

94N27-60S.PPT

2L594N27-60

镜片直径

镜片直径影响：

- 镜片重心。

在幻灯片63和64中显示镜片重心。

- 稳定性。

一般来讲稍大直径的镜片比较稳定，因为镜片周边区形成较大的附着力并且镜片周围以外可移动的空间较小。

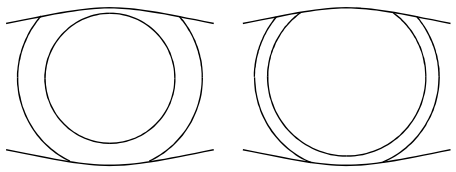
- 可选择较大的内外光学区直径。
- 舒适度。
- 钟面3和9点染色。

如果某角膜区域容易发生干燥染色，一个解决办法是增加镜片直径来覆盖整个区域。

62

镜片直径与舒适度

大直径有较好的舒适度?



94N27-61S.PPT

2L596220-61

镜片直径与舒适度

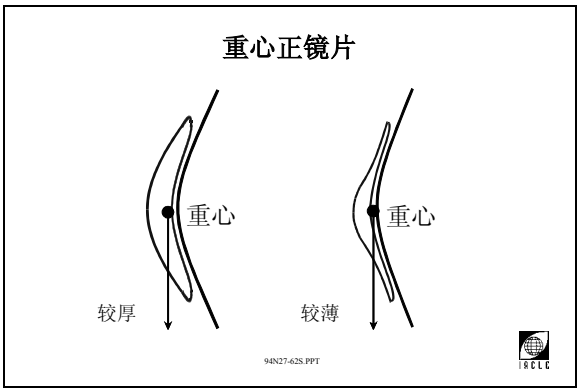
较大的直径更舒适吗?

理论上因为镜片直径在眼睑下面的部分较大，因此透气硬镜的总体舒适度会增加。

较大的软性镜片会有较好的舒适度，目前有研究显示透气硬镜直径与镜片舒适度的关系。Williams-Lyn 等(1993)显示较大直径(10毫米对9.5和9.0毫米)的透气硬镜镜片是较舒适的。(也显示较陡峭镜片配适是较不舒适的)。

VIII 镜片重心

63



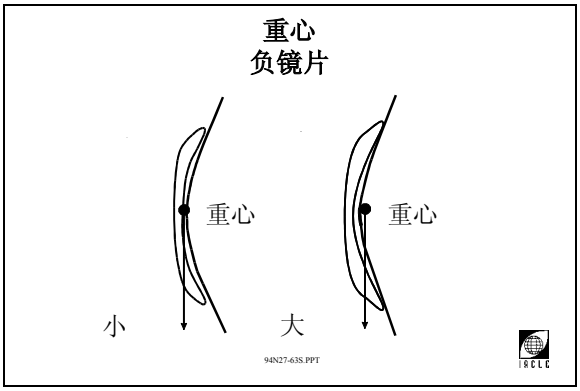
2L596220-62

重心：正镜片

图示镜片设计的效果，特别是镜片周边和直径能够影响正镜片的重心。

镜片的重心越靠前，因为重力产生较大的移位力量（旋转力量），镜片配适越不够稳定。

64



2L596220-63

重心：负镜片

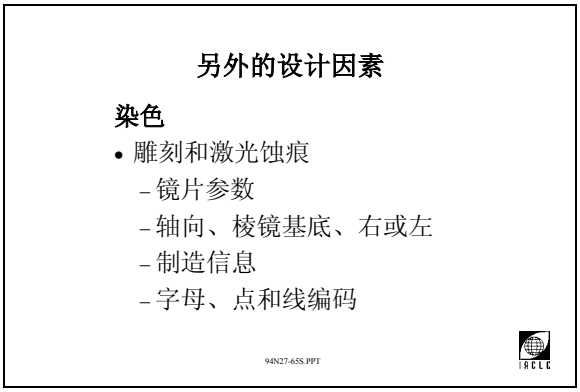
图示镜片设计、镜片直径和总体镜片厚度轮廓对负镜片重心的影响。镜片重心越前，镜片移位力量（旋转力量）较大，镜片配适越不稳定。不容忽视镜片直径较大，镜片体积也较大，故有较大的移位力。

IX 另外的设计因素

65

2L596220-64

66



2L596220-65

另外的设计因素

- 染色
  - 镜片操作。

    镜片染色为了提高镜片镜片操作期间的可见性。透气硬镜 镜片染色的色彩比瞳孔淡，因此色彩没有美容镜片的效果。镜片移动可能较明显地显示镜片染色。
  - 为色盲配戴者的镜片染色

    例如X-Chrom的镜片(Zeltzer，1971)或JLS镜片(Schlanger，1985)应用于有色盲的配戴者，来帮助他们改进色觉。功能是提高色亮度差异来改进辨色力。这种镜片是不常用的。
- 特殊的边缘设计。

  在较少见的“piggy-back”透气硬镜/软镜组合镜片中，透气硬镜（嵌体）的边缘需要特殊设计以便镶嵌在软镜（载体）中。
- 镜片标志。

  镜片资料，如基弧、直径、眼别(R或L)、棱镜基底、棱镜轴向、6点钟镜片位置和公司资料如标志、批次和系列号等均可以雕刻或用激光打在透气硬镜的前表面边缘。标志可能是字母数字或点系列或线以及压痕。

  因为如此标志可能影响镜片寿命，且容易吸附沉积物，许多制造商选择不标记镜片。

X 制造商的角色

67

制造商的角色

按订单正确制造
- 大小
- 屈光度
- 边缘形态
- 融合

制造镜片工艺

94N27-66S.PPT

2L594N27-66

68

制造商的角色

到达配镜师的镜片必须处于最好的状态，包括：
- 用溶剂/清洁剂彻底清洁镜片
- 浸泡在湿润保存液中

94N27-67S.PPT

2L594N27-67

制造商作用

制造商被期望精确地按订单生产镜片。

期望如下：

- 尺寸。
- 屈光度 (BVP)。
- 边缘形状。

  讲座详细讨论这些方面问题并且是很重要的。

- 弧度融合。

  除了镜片设计，还受到镜片完成步骤中的“工艺”水平的影响。

镜片制造商需要演示镜片生产每一个步骤的生产工艺，配镜师当选择镜片设计后需要按生产工艺来选择镜片生产商。

制造商应该提供配镜师清洁的、精确的并且有适量存储的透气硬镜。为最初的舒适度和微生物原因，镜片需要储存在透气硬镜储存液中运送。

XI RGP镜片设计的现在和未来

69

90年代镜片设计

- 均匀压力
- 象差控制
- 散光镜片
- 双光镜片
- 长戴镜片
- 抛弃型镜片

94N27-68S.PPT

2L594N27-68

90年代镜片设计

- 均匀压力设计。该镜片设计对整个镜片下的角膜的压力是均匀的。
- 像差控制设计将减少由隐形眼镜引起的像差。因为隐形眼镜的设计者自由度很少，这可能不能完成。因为镜片形状不能显著地改变，一种可能是利用不同的折射率成分，这是希望较少中最有希望的一种。目前的结果是不够令人鼓舞的。
- 散光设计。

  复曲面或双复曲面设计，已经上市几十年了，当镜片生产技术进步后，该类镜片会更加可靠。
- 双光镜片。

  转换型植入镜片部分的双光学镜片是目前最成功的隐形眼镜双光镜片，并且该类镜片还会继续受到欢迎。
- 长戴型 (EW)。

  通常透气硬镜的氧传导性(Dk/t)比软镜显著大。当前能满足Holden-Mertz长戴原则的唯一材料是透气硬镜。透气硬镜似乎比目前的水凝胶更容易成功用于镜片长戴。目前开发的新水凝胶镜片可能达到以上长戴原则。
- 抛弃型镜片。

  透气硬镜材料变得较复杂，它们趋于出现和软镜一样镜片沉淀/老化。去蛋白的镜片护理产品对某些镜片配戴者是必要的。象水凝胶镜片，抛弃型透气硬镜可能是一个解决的办法。较高的生产费用是目前透气硬镜镜片用于抛弃型的一大障碍。

小组辅导2.5

(1小时)

高透气硬性球形和散光镜片设计

测验

姓名:_____ 日期:_____

1. 透气硬镜的哪个特性会影响其重力?

_____

_____

_____

_____

2. 列出影响镜片中心定位的镜片参数。

_____

_____

_____

_____

3. 什么镜片参数能影响足够的泪液交换?

4. 对于高度数的镜片，哪些设计特性有较好的中心定位?

参考文献

Baker TY (1943). *Ray tracing through non-spherical surfaces.* P Phys Soc Lond. 55: 361 - 364.

Bennett AG (1968). *Aspherical contact lens surfaces. Part I.* Ophthalmic Optician. 8: 1037 - 1040.

Bennett AG (1968). *Aspherical contact lens surfaces. Part II.* Ophthalmic Optician. 8: 1297 - 1301.

Bennett AG (1969). *Aspherical contact lens surfaces. Part III.* Ophthalmic Optician. 9: 222 - 230.

Bier N, Lowther G (1977). *Contact Lens Correction.* Butterworths, London.

Cornish R (1988). Unpublished data.

Cornish *et al.* (1991). *Relationship between material Dk, flexibility and correction of astigmatism with RGP lenses.* Optometry Vis Sci. Suppl. 68: 145P.

La Hood D (1988). *Edge shape and comfort of rigid lenses.* Am J Optom Physl Opt. 65: 613 - 618.

La Hood D (1988a). Unpublished data.

Lowther GE, Snyder C (1992). *Contact Lenses: Procedures and Techniques.* 2nd ed. Butterworth-Heinemann, Boston.

Mandell RB (1988). *Contact Lens Practice.* 4th ed. Charles C. Thomas Publisher, Springfield.

Orsborn GN, Zantos SG, Medici LA, Godio LB (1988). *The influence of apex location, edge thickness, and edge lift on the comfort of rigid contact lenses.* Am J Optom Physl Opt. Suppl. 65: 73P.

Phillips AJ, Stone J (Eds.) (1989). *Contact Lenses.* 3rd ed. Butterworths, London.

Ruben M, Guillon M (1994). *Contact Lens Practice.* Chapman & Hall Medical, London.

Schlanger JL (1985). *The JLS lens: An aid for patients with color vision problems.* Am J Optom Physl Opt. 62: 149 - 151.

Senff R (1846) quoted in: Helmholtz H von (1962). *Treatise on Physiological Optics.* Reprinted by Dover Publications, London.

Williams-Lyn D, MacNeill K, Fonn D (1993). *The effect of rigid lens back optic zone radius and diameter changes on comfort.* ICLC. 20: 223 - 229.

Zeltzer H (1971). *The X-Chrom lens.* J Amer Optom Assoc. 42: 933 - 939.

单元2.6

(18小时)

讲座2.6：隐形眼镜验证

实习2.6.1：透气硬性隐形眼镜验证

实习2.6.2：软性隐形眼镜验证

实习2.6.3：透气硬性镜片参数修改

实习2.6.4：特殊类型镜片的检测

小组辅导2.6：透气硬性镜片参数修改

课程概述

讲座2.6：隐形眼镜验证

I. 硬性和软性隐形眼镜参数的验证.

II. 用于验证的仪器原理和特性

实习2.6：隐形眼镜验证

- 透气硬性隐形眼镜参数的验证
- 软性隐形眼镜参数的验证
- 透气硬性镜片的修改
- 特殊类型镜片的检测

小组辅导2.6.3：硬性透气性隐形眼镜的参数修改

- 影象和讨论

讲座2.6

(1小时)

隐形眼镜验证

目录

I 介绍 239

II 要求验证的参数和使用的仪器 240

II.A 曲率半径 240

II.B 镜片屈光度验证 254

II.C 线性参数验证 257

II.D 边缘轮廓验证 263

II.E 镜片和表面质量评估 267

I 介绍

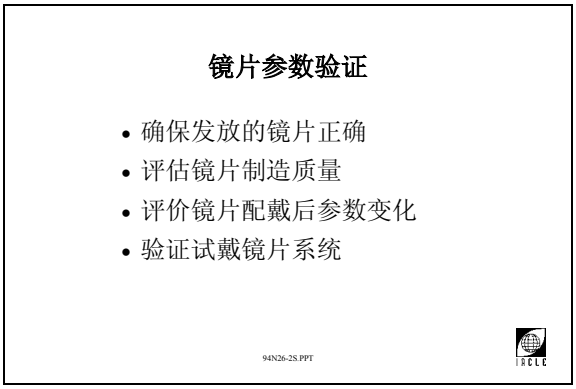
1

2L694N26-1

隐形眼镜参数验证

隐形眼镜验证有两个阶段：即实验室阶段和临床阶段。参数验证对两者来讲均是必要的，但是因为镜片制造工艺、质量控制和制造仪器的不同，实验室需要更多的参数验证。本讲座讨论镜片验证常用的技术和设备。

2



2L694N26-2

镜片参数验证：为什么要校验隐形眼镜参数?

视光师需要验证隐形眼镜的原因如下：

- 隐形眼镜由实验室生产来符合镜片处方。然而Holden (1976的)研究显示软性隐形眼镜的参数在实验室测量和在临床测量时存在差异。
- 尽管大多数制造商执行质量控制标准，配镜师仍然应该提供对镜片质量的反馈信息。
- 在文献中曾有有关透气硬镜和软镜的参数发生变化的报告。
- Fatt (1983)报告，对于透气硬镜与角膜的关系来说，镜片的弯曲度和镜片面积比镜片材料的弹性更为重要。
- Fatt 指出导致软性镜片的真实参数与瓶签上参数不同的若干因素。
  - 线性膨涨因素误差
  - 镜片各点间的膨胀误差
  - 不同轴向的膨胀误差
  - 当切削镜片时，制造商没有使镜片毛坯处于真正的脱水状态。
- 确保正确的镜上验光和镜片试戴，需要确定试戴镜片的正确性。

II 要求验证的参数和使用的仪器
II.A 曲率半径

3

应该验证什么？

- 曲率半径
- 屈光度
- 线性参数
- 边缘轮廓
- 镜片质量

94N26-3S.PPT

2L694N26-3

应该验证什么？

配镜师需要对硬性和软性镜片验证相似的参数。下列重要的镜片参数应该符合镜片处方：

- 曲率半径。
- 屈光度。
- 线性参数。
- 边缘轮廓。
- 镜片质量。

本讲座将按上面列出的参数次序来讨论并且介绍所使用的仪器。

4

镜片参数验证

测量水化后的镜片

94N26-4S.PPT

2L694N26-4

镜片参数验证：测量水化后的镜片

硬性和软隐形眼镜应该是在水化后，并且在浸泡液中存储12-24小时后再验证。

5

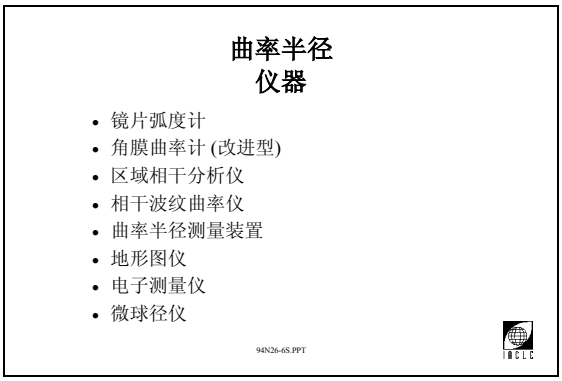
曲率半径

- 基弧半径 (BOZR)
- 后周边弧半径 (BPCR)
- 前光学区弧半径 (FOZR)
- 前周边弧半径 (FPCR)

94N26-5S.PPT

2L694N26-5

6



2L694N26-6

曲率半径：仪器

使用下列仪器来验证硬镜和软镜并且按顺序讨论有关光学原理。

- 弧度计：Drysdale氏原理。
- 曲率计(改进型)：Purkinje图标。
- 区域相干分析仪：Moire氏相干波纹图标。
- 相干波纹曲率仪：Moire氏相干波纹图标。
- 曲率半径测量装置：厚镜片系统。
- 地形图仪
- 电子测量仪：基弧随矢高和弦径变化。
- 微球经仪：基弧随矢高和弦径变化。

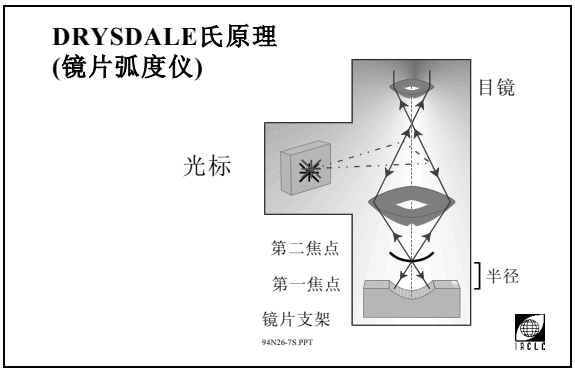
7

2L60717-92

弧度仪

单眼或双眼用弧度仪可以从不同的光学设备供应公司得到。

8



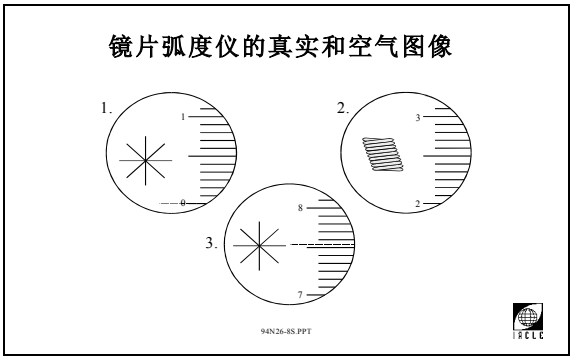
2L696217-7

Drysdale氏原理

Drysdale氏原理是基于下述理论，即是当一个有弧度的反光曲（如隐形眼镜）面定位在一定位置后，该表面反射的真实图像（反应在镜片表面的空间图像）便定位于该反光曲面的中心位置上，即在弧面中心形成空间图像。

真实图像/空间图像在第一焦面上成像，且在第二焦面上形成空间图像，两个图像的位置均在弧面中心。

9



2L696217-8

镜片表面上的真实图像和空间图像的距离等于镜片表面弧度的曲率半径。

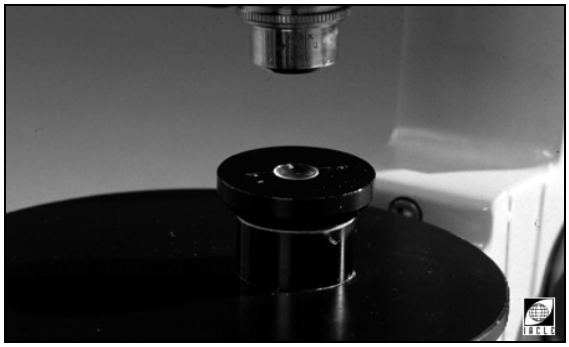
幻灯片9显示通过镜片弧度仪看见的真实图像和空间图像：

1．真实图像(位于第一焦点)。

2．灯丝焦点-位于第一图像和第二图像之间。

3．空间图像(位于第二焦点)。

10



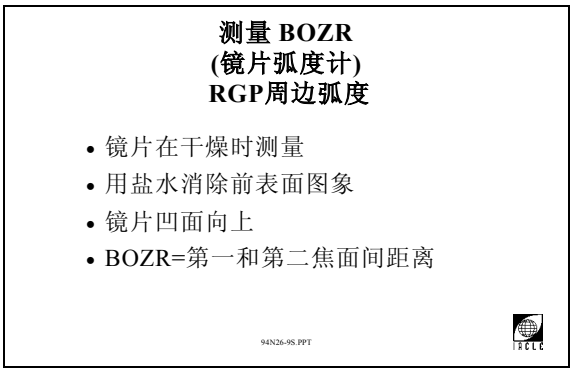
2L61739-97

用镜片弧度仪测量基弧

球面透气硬镜

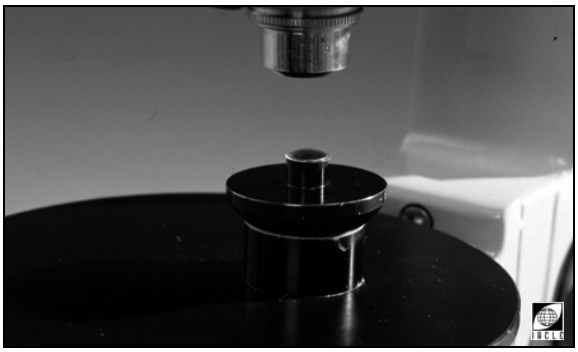
- 球面透气硬镜镜在浸泡后于干燥状态测量。
- 镜片的凹面向上。镜片和镜片托盘间填充水或生理盐水使得它们之间有一层薄的液体层。以便消除镜片前表面（凸面）形成的图像。为了确保精确的测量，镜片的凹面应该干燥。
- 仪器放射状光标在第一焦点上，将测定值回为零。通过旋转手轮到第二图案位置。第一和第二焦点位置的距离即是基弧并且可以从刻度中读出。

11



2L694N26-9

12



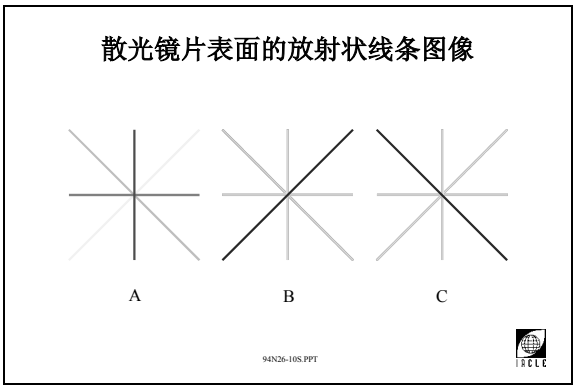
2L61738-97

用镜弧度计测量前光学区弧半径

球面透气硬镜

除了镜片凸面向上以外，其它的步骤和测定基弧相同。测定值是颠倒的，因空间图像是在真实图像前先聚焦。

13



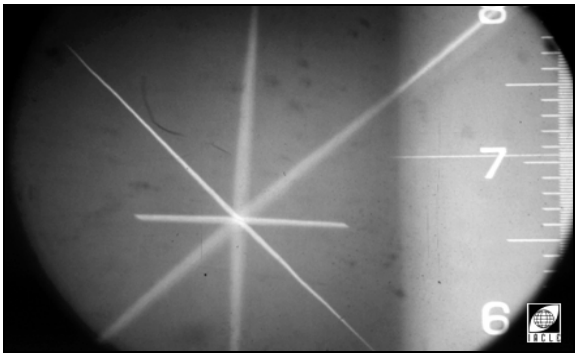
2L696217-10

用弧度仪测量散光镜片的表面

当通过镜片弧度仪观察散光镜片的空间图像时，可能没有放射状线(13A)条或只有一条线放射状线条(13B)。遇以上情形中，需要旋动弧度仪手轮直到一条放射状线条聚焦（13B）.

读取读数。然后聚焦到与该线条成90度轴向的另一条放射状线条上（13C）。

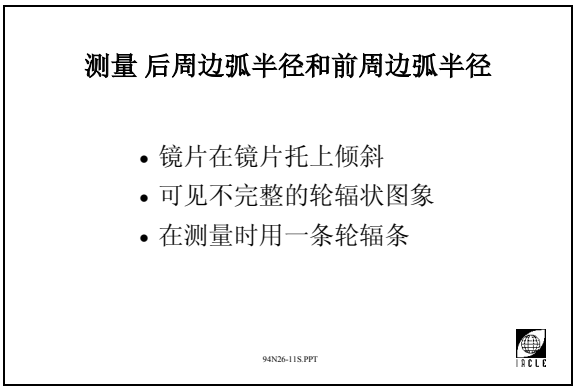
14



2L61352-93

幻灯片14显示一条线条（在135^0）聚焦并且真实图像的读数是7.05毫米。则在45^0上线条是该散光镜片的另外一条主经线。采用同样的方法测量前光学区弧半径。

15

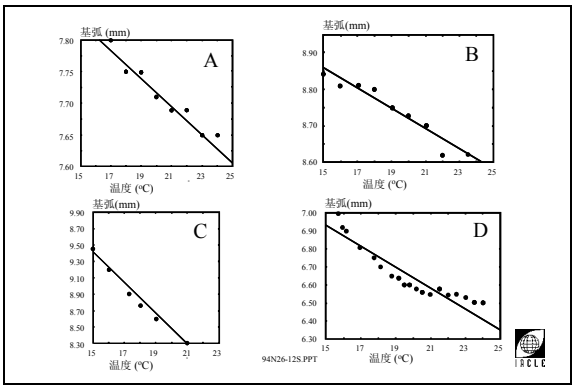


2L694N26-11

用弧度仪测量后周边弧半径和前周边弧半径

通过镜片倾斜来测量镜片前后周边弧半径。因为该区域比较狭窄，仅能清晰地观察到一条放射状线条。

16



2L296218-12

软镜曲率半径的验证

测量软镜时需要考虑以下因素：

- 采用湿态测量软镜时，溶液的pH和渗透压会影响镜片。镜片应该在0.9%的氯化钠溶液中测量。
- 大多数软镜应该在15－25^{0}C平均为20^{0}C的室温下测量。增加温度会引起镜片收缩（比如镜片在眼睛上或不在眼睛上）。Chaston和Fatt (1981，1982)显示高含水量的镜片在15－37^{0}C温度以上时出现明显的曲率改变。

17

软镜基弧测量方法

- 镜片浸入液体
- 在空中检查(半干状态)

94N26-13S.PPT

2L694N26-13

基弧测量方法

有两个主要方法来测量软镜的基弧：

- 湿态测量，测量浸泡在生理盐水中的镜片。
- 空气中测量，用没有软布把镜片上的水吸干，使镜片处于半干燥情况下测量。依据温度和湿润度的限制，在空中测量需要在大约1分钟内完成。这是很不现实的。

18

测量软镜基弧：
湿态测量(弧度计)

- 需要充满液体的湿房
- 测定值需要乘以盐水的折射率来计算基弧

94N26-14S.PPT

2L694N26-14

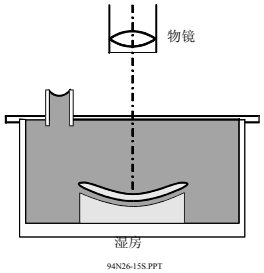
测量软镜的基弧：（湿态）

弧度计

Chaston (1977)用一个PMMA制作的湿房来测量软镜的基弧。湿房是黑底色的并且放置在镜片弧度仪的镜片托盘上。测定值需要乘以盐水的折射率来得到基弧。同样的方法也可以用来测量透气硬镜。

19

弧度仪测量基弧的原理



94N26-15S.PPT

2L696217-15

20

超声测量软镜基弧(AMS OPTISON):
湿态

- 软镜放在有超声探头的湿房中
- 超声波从镜片后表面反射
- 测量弦相关半径(CRR)和矢深

94N26-16S.PPT

2L694N26-16

21

超声测量软镜基弧(AMS OPTISON):
镜片浸入液体

计算基弧公式:

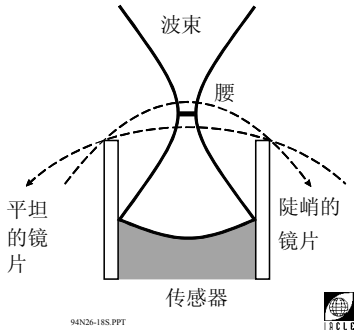
$$CRR = \frac{d^2}{8s} + \frac{s}{2}$$

94N26-17S.PPT

2L694N26-17

22

超声波
束和
传感器



94N26-18S.PPT

2L696217-18

超声波测量软镜的基弧(AMS Optison)：湿态

- Port(1982)报导用高频声波来测量软镜的基弧。
- 镜片放置在已知直径的柱面上。计算随矢深变化的弦相关半径(CRR)。
- 计算BOZR的公式如下：

$$CRR = \frac{d^2}{8s} + \frac{s}{2}$$

式中：

CRR= 弦相关半径

d = 柱面的直径

s = 矢深

23

测量随矢高和弦半径变化的软镜基弧:
空气中测量(弧度计)

- 用一个特殊镜片放在已知直径上
- 弧度计测量镜片厚度和前表面曲率半径

94N26-19S.PPT

2L694N26-619

测量随矢高和弦半径变化的球性软镜BOZR空气中测量

镜片弧度仪

- Parelhoff 和Weissman (1986)改进型弧度仪的镜片测座使得可以在空气中测量软镜。在他们的方法中，镜片测座为台阶状，使得弧度计有一较深的视野。

  镜片放在11.9毫米直径的粗糙按钮样装置上(弦直径)。这直径可容纳大多数软镜的后表面光学区。

- 镜片设置凹面向上，并且通过校正镜片的测座的高度测量镜片的厚度。

24

测量随矢深和弦半径变化的基弧：
空气中测量(镜片弧度计)

计算基弧的公式:

(Parelhoff 和 Wessman, 1986)

$$h = r - (r^2 - y^2)^{1/2}$$

94N26-20S.PPT

2L694N26-20

- 然后镜片转为凹面向下，定位镜片顶点并且聚焦。
- 通过以下计算公式来计算基弧(Parelhoff 和 Weissman 1986)：

$$h = r - (r^2 - y^2)^{1/2}$$

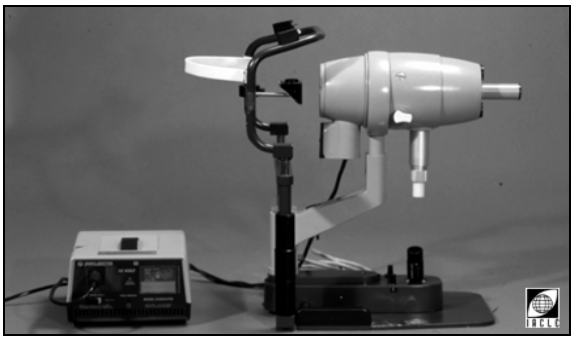
这里：

h = 矢深

r = 基弧

y = 1/2弦长度 (11.9/2)

25



2L60225-96

角膜曲率计

角膜曲率计可通过特殊的附件来测量隐形眼镜的基弧。

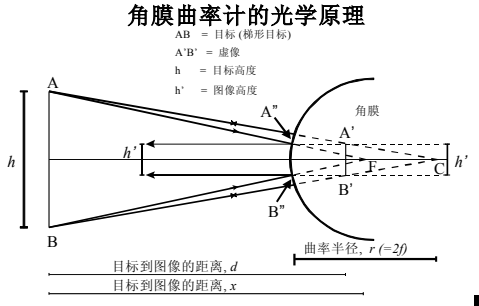
角膜曲率计的原理 (Stone和Phillips，1989) 照亮的光标像在角膜表面反射，角膜是凸面的镜子。

测量角膜反射的光标像(Purkinje图像1)并和已知的大小比较得出结论。

注释：已在单元1.2中会详细讨论。

26

角膜曲率计的光学原理



94N26-21S.PPT

2L694089-21

27

测量基弧(角膜曲率计)
透气硬镜周边弧度

- 改进型角膜弧度计上有镜片测座和棱镜或反光镜
- 测定值比实际曲率半径小
- 测量镜片的方法和测量角膜的方法相同

94N26-22S.PPT

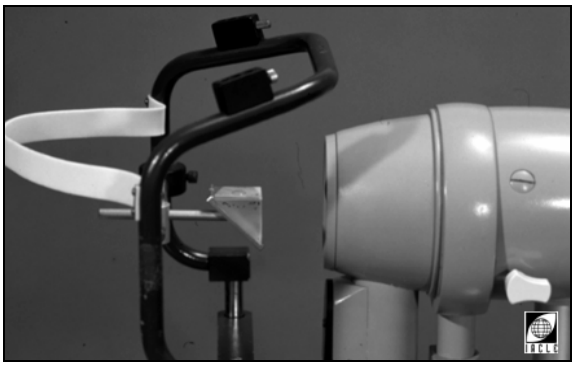
2L694N26-22

测量球面透气硬镜的基弧

角膜曲率计

- 用角膜曲率计测量透气硬镜镜片需要一个特殊的镜片测座和棱镜或反光镜。它可以观察隐形眼镜表面反射的图像。
- 因为角膜曲率计设计是专为测量凸面的，后表面的读数会比实际的要小。
- 测量的过程和测量角膜曲率一样。

28

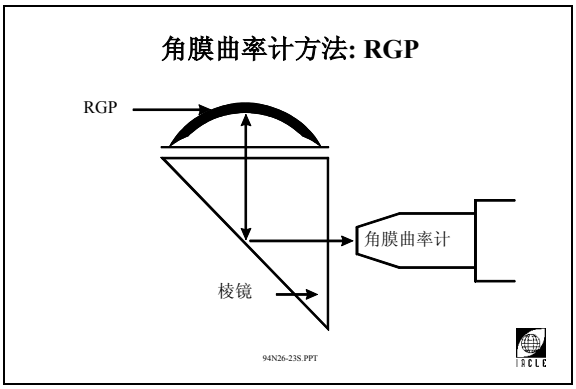


2L60227-96

角膜曲率计用于测定透气硬镜的测座和附件

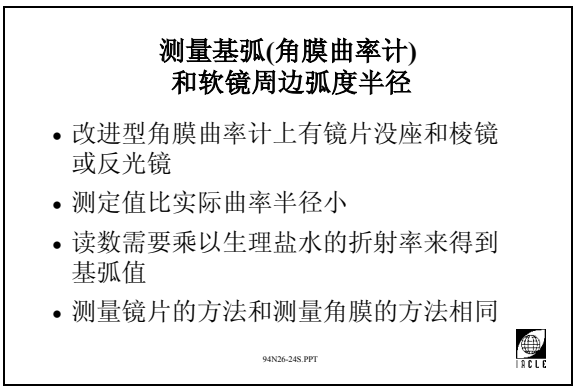
- 镜片测座和银色表面的镜子。
- 有压痕的镜片测座。
- 反面镀铝的90^0棱镜。

29



2L296217-23

30



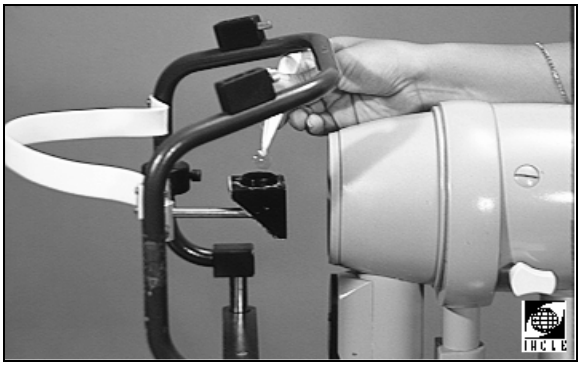
2L694N26-24

测量球面软镜的基弧

角膜曲率计

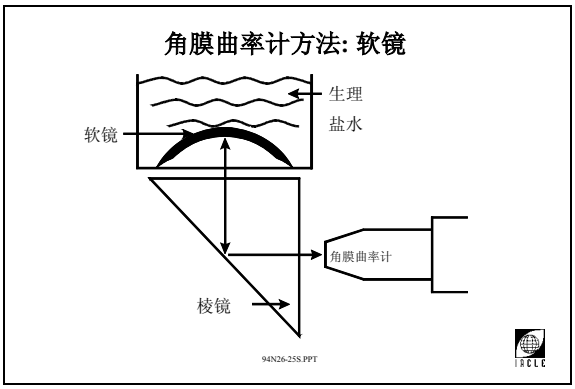
- 进一步把棱镜或反光镜改为湿房来测量软镜。
- 测量的基弧比实际半径小，并且误差值是0.03毫米。基弧可通过读数乘上生理盐水的折射率来得到。
- 测量过程与测量角膜曲率相同。

31



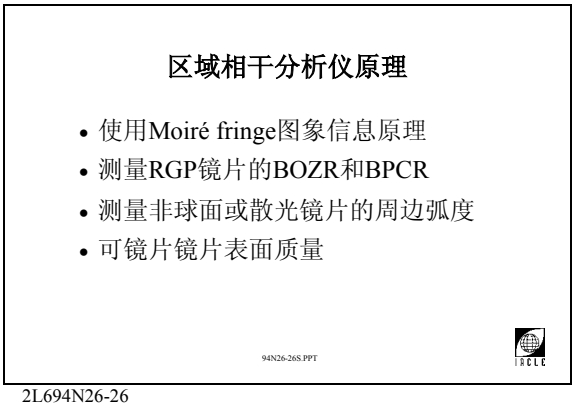
2L60226-96

32



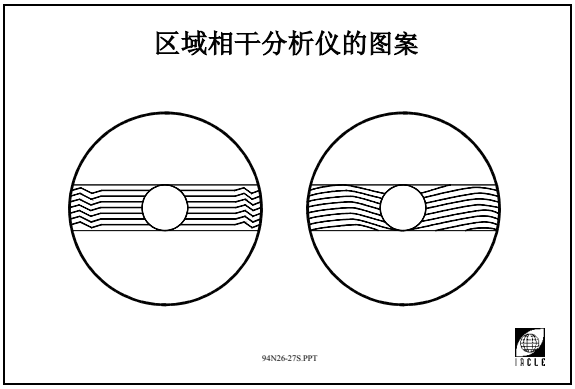
2L296217-25

33



2L694N26-26

34



2L696217-27

其它测量透气硬镜和软镜弧度的方法

区域相干分析仪

区域相干分析仪是最早用于测量硬镜的质量和后表面弧度的。可以测量球面、球柱面和非球面隐形眼镜。由区域相干分析仪产生的衍射图案表示镜片表面的质量。

区域相干分析仪原理

- 尽管区域相干分析仪不再生产了，该仪器使用的Moiré 原理仍然在目前其它仪器中使用。
- Moiré图案由相互平行的线条集合投射在镜片表面，通过不同目镜取向观察线条像。
- 调整放大率以便观察通过中心反射的图案。当镜片曲率半径变化时可调整放大率来观察。曲率半径可通过放大率盘读出。

35

2L60203-96

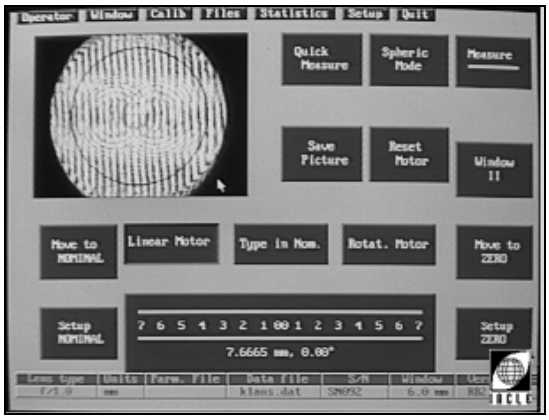
其它测量透气硬镜和软镜曲率半径的方法

相干波纹法（Brass 2）

Rotlex光学有限公司(1994)开发了通过Moiré原理测量镜片曲率半径的仪器。该仪器被镜片制造商用于镜片参数的质量控制和研究。

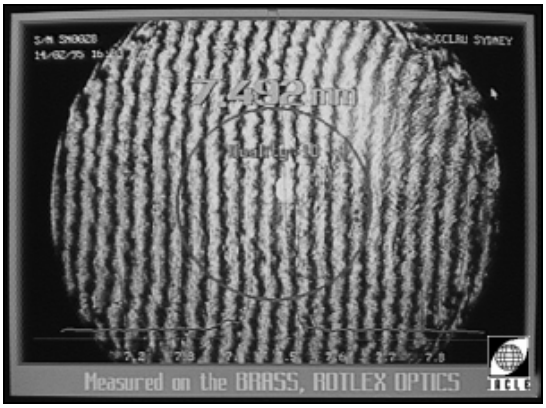
.

36



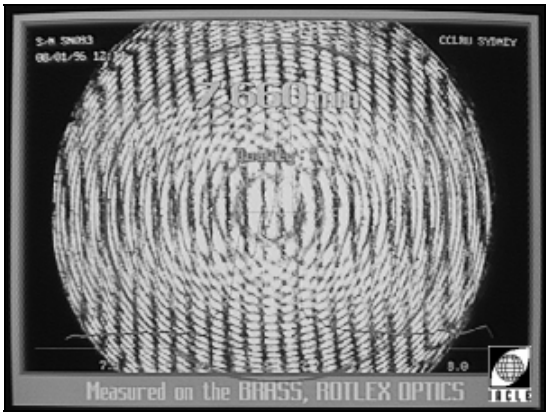
2L60202-96

37



2L60207-96

38



2L60206-96

相干波纹法（Brass 2）仪器特征

Brass 2型是目前隐形眼镜质量控制中最先进的仪器。

它有下列功能：

- 测量球面、球柱面和非球面透气硬镜和软镜。
- 测量区域和环形曲率的半径。
- 通过图像质量来进行镜片表面光学质量的评估。衍射图像可以通过转换并且储存在计算机中，而后可现实在计算机屏幕上，参见幻灯片35和36。幻灯片37和38显示好的和坏的镜片质量。
- 该方法可评估局部镜片质量和镜片总体质量。

39

相干波纹法
原理 (Moiré fringes)

- 两组相似的线条或光栅引起的干扰图象
- 干扰条纹与两组线条有关
  (Rogers, 1979)

94N26-28S.PPT

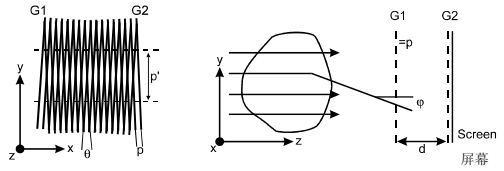
2L694N26-28

其它测量透气硬镜和软镜曲率半径的方法

相干波纹法原理

- 当2组线条或格子在通过镜片时出现光学干扰而形成衍射图像。
- 镜片图像的外形和方向与2组线条相关(Rogers，1979)。通过镜片的聚焦光线被扭曲，第一方格图像在第二方格图像上变形(Rotlex 光学有限公司，1994)。

40

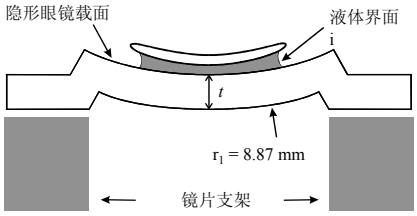


94N26-29S.PPT

2L696218-29

41

微球测量计方法



94N26-30S.PPT

2L696217-30

测量透气硬镜和软镜曲率半径的其它方法

半径测量装置(R-C 装置)

Sarver和Kerr(1964)使用厚透镜聚焦系统的原理设计了R-C装置，它的折射率和镜片相同，隐形眼镜浮在具有相同折射率的液体上。R-C装置与焦度仪以及镜片厚度计同时使用。

R-C装置的原理

- 用折射率为1.49的塑料制成。
- 装置上表面的曲率半径比大多数隐形眼镜平。
- 使用折射率为1.49的液体。
- 液体形成的透镜厚度是忽略的。
- 装置、液体和镜片组成一“厚镜片系统”。

42

半径测量装置原理

(Sarver和Kerr, 1984)

- 计算基弧的公式:

$$F_v = \frac{F_2}{1 - \frac{t_1 + t_2}{1000} F_2} + F_1$$

$$r_2 = \frac{(1-n)(1000)}{F_v + F_1} + \frac{(t_1 + t_2)(1-n)}{n}$$

94N26-31S.PPT

2L694N26-31

幻灯片42显示计算基弧的公式(Phillips和Stone，1989)。

式中：

n = “厚镜片系统”的折射率。

F_1 = 装置的前表面屈光度。

t_1 = 装置的厚度(毫米)。

t_2 = 镜片厚度计测量的镜片厚度(毫米)。

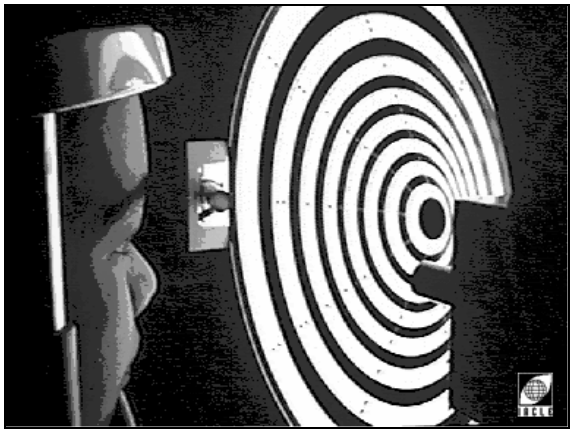
F_2 = 隐形眼镜后表面屈光度(D)。

r_2 = 隐形眼镜后表面半径(毫米)。

F_v = 用焦度计测量的“厚镜片系统”的前顶点屈光度(D)。

另外通过隐形眼镜厚度校正值和“厚镜片”校正值并且使用校正表格来决定r_2（Sarver和Kerr,1964）。

43



2L60328-95

其它测量透气硬镜和软镜的曲率半径的方法

地形图仪系统

综合角膜 光的特征和内置照相机，计算机可获得角膜偏振图片并进行分析。计算机软件对图像进行分析并且得出角膜的地形图。

地形图的原理

- 计算机化地形图系统或视频角膜镜被El Hage和Bacigalupi (1992)开发，他们认为该系统可用于测量隐形眼镜。不同于角膜曲率计，视频角膜镜测量各个点的曲率而不必考虑屈光面的形态。
- 使用该仪器时，需要用一个特殊的镜片测座来固定镜片。

44

EH-270 CCT原理

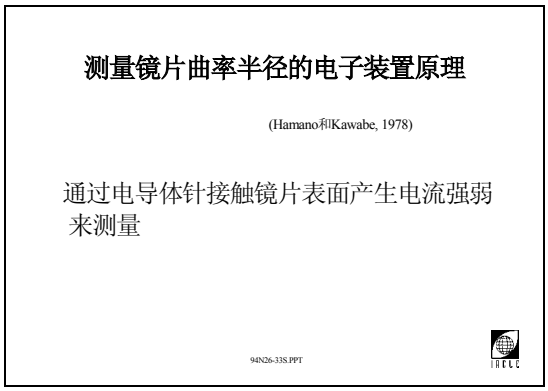
(EL Hage和Bacigalupi, 1992)

- 假设测量表面不是任何特定的形态
- 需要镜片测座把镜片放在仪器前面
- 测量透气硬镜的基弧、后周边弧半径、后光学区直径和后周边区宽度

94N26-32S.PPT

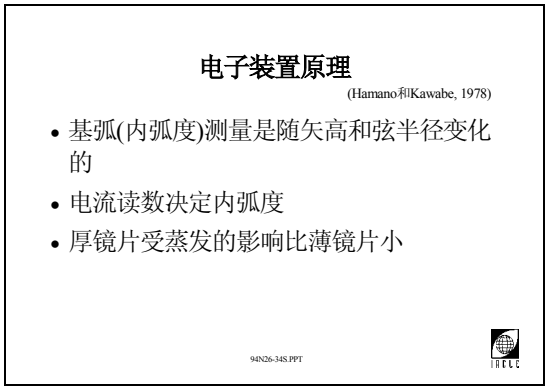
2L694N26-32

45



2L694N26-33

46



2L694N26-34

测量透气硬镜和软镜的曲率半径的其它方法

电传导方法

软镜材料是水凝胶并且是导电的。Hamano和Kawabe (1978)发明了一个装置使用一探针接触镜片表面来读出电流。

电传导方法的原理

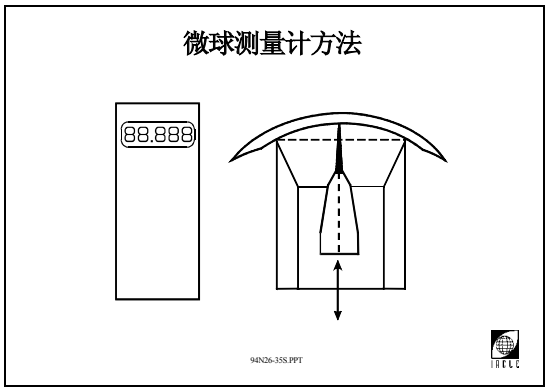
Hamano和Kawabe(1978)有关采用电传导法来测量软镜内表面的曲率半径的研究如下：

- 基弧测量值是镜片矢高和弦直径的函数。
- 基弧由探针的传导值读出。
- 资料显示较厚镜片比较薄镜片受蒸发的影响较小。

47

2L60031-96

48



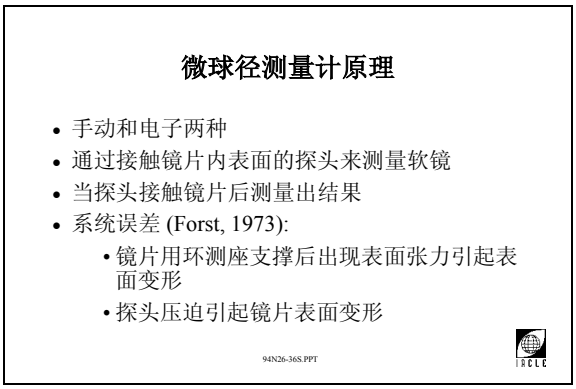
2L696217-35

测量透气硬镜和软镜的曲率半径的其它方法

微球径测量计

手动和电动微球径测量计均使用探头来接触镜片内表面，镜片被放置在测座上。内部有效性和系统误差是该仪器的成败的关键，特别是手动微球测量仪。

49



2L694N26-36

微球径测量计理论

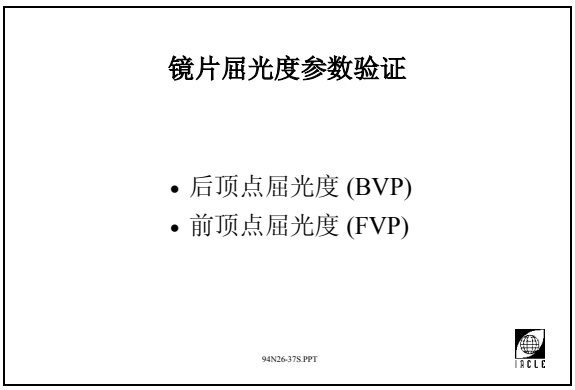
- 该仪器成败的关键是探头接触镜片表面时产生误差，精确测量取决于测量技术。
- Forst (1973) 比较测量基弧的各种微球径测量仪。微球径测量仪有以下系统误差：

  －当镜片放置在测座上支撑后使得镜片表面变形。

  －探头压力使得镜片表面变形。

II.B 镜片屈光度验证

50



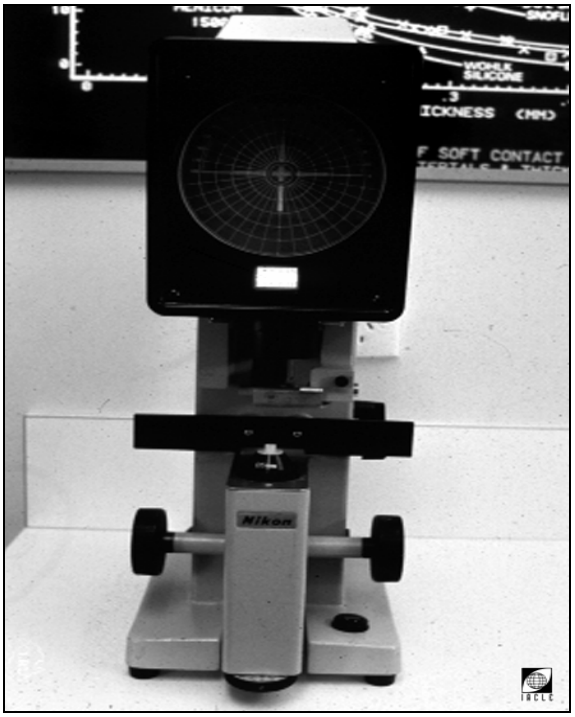
2L694N26-37

镜片屈光度参数验证

- 镜片前后表面曲率半径。
- 中心厚度。
- 折射率。

通过以上参数可计算隐形眼镜前后顶点度数。焦度计或镜片测度计，可以简单而准确地测量镜片表面所成的焦距。

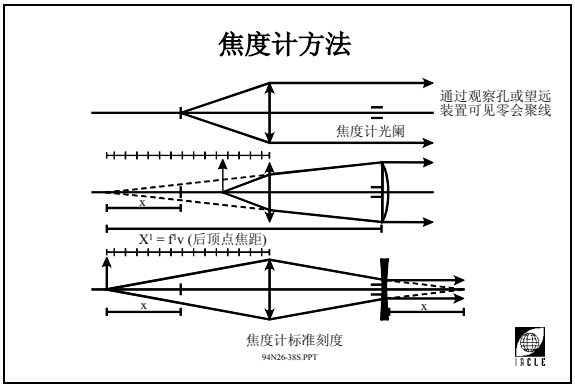
51



2L60357-91

镜片测度计

52



2L696217-38

53

屈光度
后顶点屈光度

- 焦度计(镜片测度计)
(孔栏径=4mm)

允许误差:
± 10.00 D 以内 ± 0.12 D
± 10.00 D 以上 ± 0.25 D

94N26-39S.PPT

2L694N26-39

后顶点屈光度

镜片实验室测量的镜片度数是指镜片后顶点屈光度(BVP)。

测度计的允许误差为：

- ± 10.00 D 以内 ± 0.12 D
- ± 10.00 D 以上 ± 0.25 D

54

测量后顶焦度(焦度计)
球面透气硬镜

- 镜片清洁和干燥
- 镜片中央定位`且凹面向下面对焦度计镜片测座
- 聚焦后读数从屈光度刻度中读出
- 后顶点焦距通过测量测座焦面距离得出

(Stone和Phillips, 1989)

94N26-40S.PPT

2L694N26-40

测量球面透气硬镜的后顶点焦度

焦度计

以下是标准的球面透气硬镜的测量过程：

- 清洗镜片并且使其干燥，把镜片放置在镜片测座中央并且凹面向下。
- 旋转度数刻度手轮使得放射状图像聚焦。

因为测度计测量的焦距是从镜片测座顶部的焦面开始测量，因此该仪器测量结果会有一定误差(Stone和Phillips，1989)。该误差可以通过减小镜片测座的开孔来克服。

55

测量后顶焦度 (焦度计)
散光透气硬镜

- 测量每条主经线的屈光度
- 经线间屈光度的差值是散光度数
- 棱镜的度数可从同心圆的刻度中读出

94N26-41S.PPT

2L694N26-41

测量散光透气硬镜的后顶点焦度
焦度计

- 同样的方法用来测量散光镜片，即测量每一条主子午线的度数。
- 散光的度数是两条主子午线的度数之差值。
- 散光镜片可能显示棱镜的底，其度数可以通过同心环的偏位及刻度来测量。通常每格等于1Δ。

56

测量后顶焦度 (焦度计)
球面/球柱面软镜

- 镜片用无纤维布/纸巾吸干水份
- 和测量透气硬镜镜片方法相同

94N26-42S.PPT

2L694N26-42

测量球面和球柱面软镜的后顶焦度

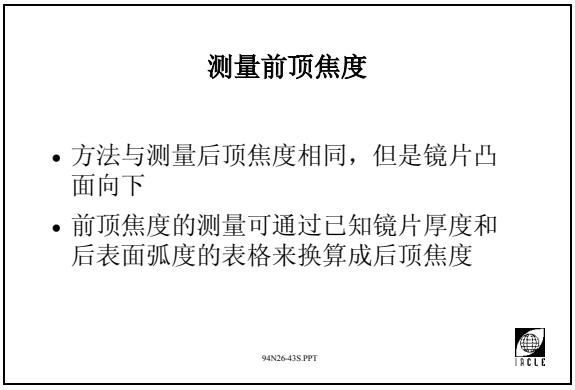
焦度计

- 软镜是在空气中测量的。
- 用无纤维布/纸巾去除镜片过多的水。
- 软镜放置在镜片测座中央，其它步骤与测量**透气硬镜**镜片的一样。

软镜还可以浸泡在生理盐水中进行测量。因为是在生理盐水中测量的，测量结果需要乘以4（近似值）来计算镜片在空气中的度数。Yumori和Mandell (1981)通过镜片厚度、焦度和

矢深来进行精确的计算。转换系数为4-6倍。

57



2L694N26-43

测量透气硬镜和软镜的前顶焦度

焦度计

- 用测量镜片后顶焦度的步骤来测量前顶焦度，但是镜片是凹面向上。
- 另外镜片前顶焦度可通过参照镜片厚度和后表面光学区曲率半径来查表得出后顶焦度。如此的表格可在Phillips和Stone(1989)的隐形眼镜有关资料的附录中查到。

II.C 线性参数验证

58

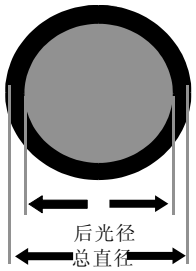
线性参数验证:
透气硬镜

- 镜片直径
  - 后光学区直径 (BOZD)
  - 总直径
  - 周边弧宽度(PCW)
- 镜片厚度
  - 中心厚度 (ct)
  - 边缘厚度

94N26-44S.PPT

2L694N26-44

59



后光学区直径允许误差 :
- 无过渡区 - ±0.10
- 轻过渡区 - ±0.20
- 中过渡区 - ±0.30
- 重过渡区 - ±0.40

94N26-45S.PPT

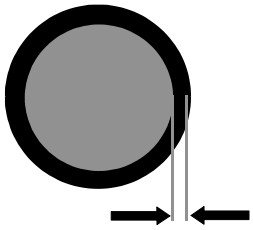
2L694N26-45

后光学区允许误差范围
基于弧度边缘过渡区程度的不同

较重的弧度过渡区使得镜片的后表面光学区和周边区域的边境模糊而难以区别。基于镜片弧度过渡区程度，后光学区的测量允许误差为：

没有过渡区	±0.10毫米
轻度过渡区	±0.20毫米
中等过渡区	±0.30毫米
重度过渡区	±0.40 毫米

60



94N26-46S.PPT

2L694N26-46

61

总直径

仪器:
- 测量放大镜 10x
- V型测量仪
- 有刻度的投影放大仪

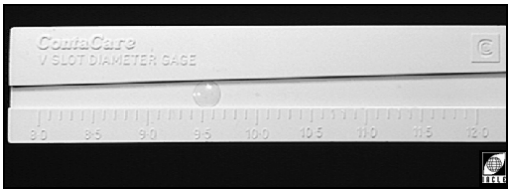
94N26-47S.PPT

2L694N26-47

透气硬镜镜片总直径验证

透气硬镜镜片总直径 (TD)可通过许多仪器来测量。在临床上和实验室最通常使用的仪器显示在幻灯片61中。

62

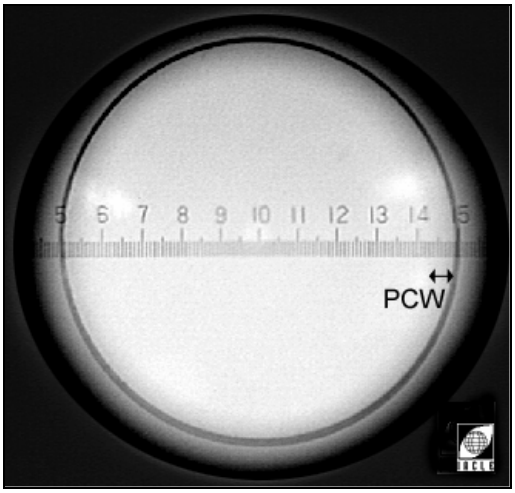


2L60213-96

V-刻度槽

V-刻度槽是简单的并且便宜的测量装置。它为临床上提供满意的镜片直径的验证。硬性镜片在 V 型槽中滑落（角度是 1.5^0 然后从刻度中读出镜片直径）。

63

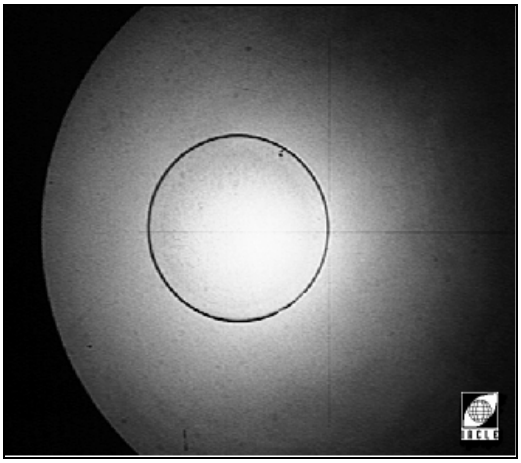


2L60214-96

放大镜(10x)

Peak™（10x）放大镜有毫米刻度并且可以放大镜片便于精确读出镜片总直径和各区域的直径。插图显示通过放大镜观察一个硬性镜片。这装置可在诊所验证镜片的直径、中间弧和周边弧宽度。

64



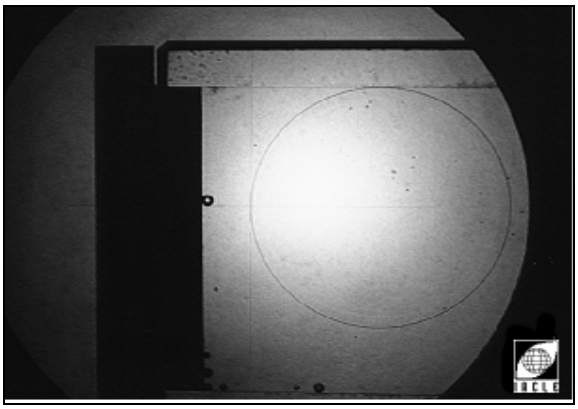
2L60217-96

带有电子微测计的投影放大器

电子投影放大器有电子微测计(即 Heidenhain 尺)，该仪器常常用于隐形眼镜实验室和隐形眼镜研究机构。它们可以精确测量镜片总直径和各区域的直径，精确到百分之一毫米。可以检测硬镜和软镜（包括在湿房中）(参阅幻灯片 64、65 和 81)。

注释：前面介绍的相干波纹法(Brass 2™), 也可用来测量镜片直径。

65



2L60218-96

66

周边弧度宽度
(双弧度镜片)

- 测量放大镜 10x
- 计算: $\frac{TD - BOZD}{2}$

94N26-48S.PPT

2L694N26-48

透气硬镜周边弧宽度验证

镜片的周边弧可用以上大多数仪器验证。对于双弧度镜片，因为直接测量较困难，可通过以下方法来计算PCW：

$$PCW = \frac{TD - BOZD}{2}$$

式中：

PCW = 周边弧宽度

TD = 总直径

BOZD = 后表面光学区直径

67

厚度参数验证:
透气硬镜

- 厚度测量仪
- 电子厚度测量仪
- 镜片曲率计
- 允许误差: ± 0.02mm

94N26-49S.PPT

2L694N26-49

验证透气硬镜的厚度

验证透气硬镜厚度的仪器如下：

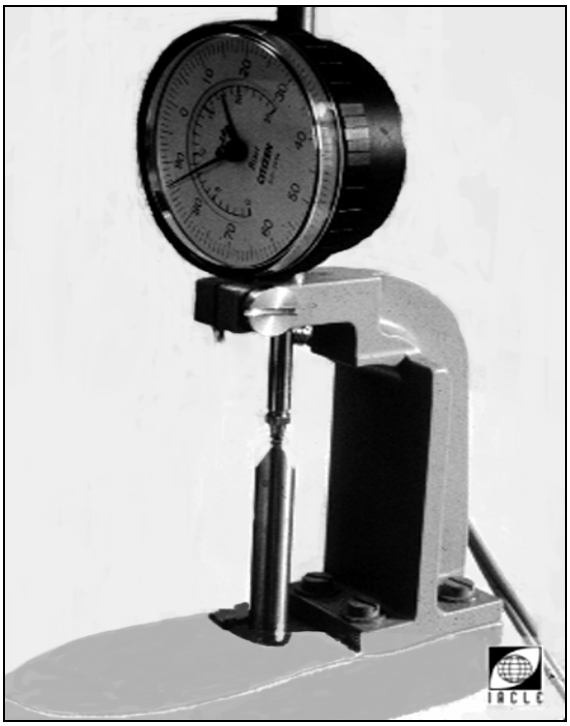
厚度计

厚度计（幻灯片68）有一个圆形刻度或电子数目码显示窗（Heidenhain厚度计）。后者提供更准确的测定值，它的精确度可到百分之一毫米。透气硬镜镜片在测量前必须清洗和使其去水干燥。

镜片曲率计

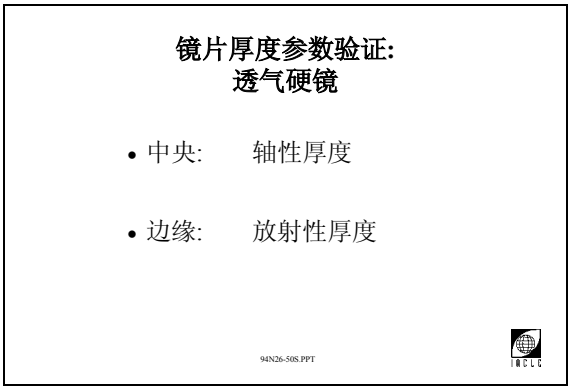
镜片曲率计仅仅能测量镜片中心厚度(不是边缘厚度)。透气硬镜放在镜片测座上。测量镜片前后表面半径并且记录两个读数间的距离差异。两者的焦距差值即是镜片的厚度。测量值需要依据镜片材料的折射率进行换算。镜片曲率计测量镜片厚度的允许误差是 ±0.02毫米。

68



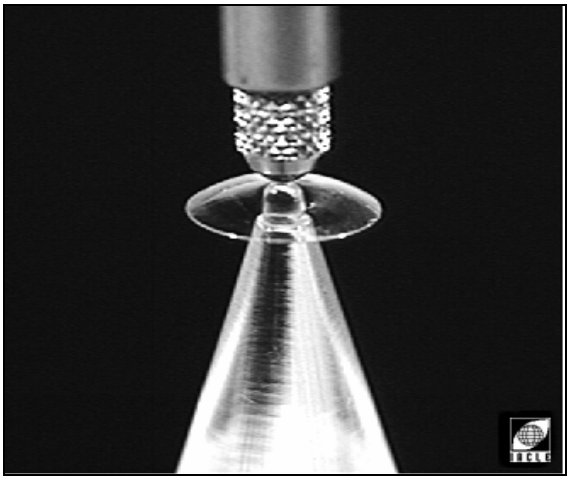
2L61705-96

69



2L694N26-50

70



2L60223-96

透气硬镜厚度参数验证

测量中央和边缘的镜片厚度, 为了确保精确测量镜片厚度参数，需要明白以下厚度定义：

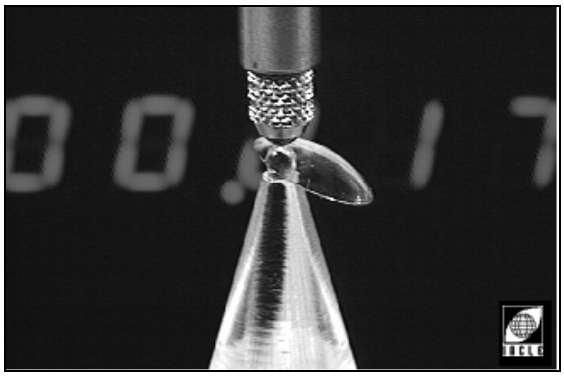
- 中心厚度

  镜片的光学中心必须与镜片厚度计的探头重叠(参阅幻灯片70)。这测量也称为轴性厚度。允许误差是10%。

- 边缘厚度

  镜片斜放在厚度测量仪上。这使得镜片线性厚度测量大致和镜片半径向一致 (参阅幻灯片71)。

71



2L60222-96

72

线性参数验证:
软镜

- 镜片直径
  - 总直径
  - 后光学区直径（BOZD）
- 镜片厚度
  - 中心厚度 (ct)
  - 边缘厚度

94N26-51S.PPT

2L694N26-51

73

镜片直径验证:
软镜(湿房法)

仪器:

- 投影放大镜
- 相干波纹计
- 10x 有刻度放大镜

94N26-52S.PPT

2L694N26-52

软镜直径验证(在湿房中)

软镜直径验证的仪器如下：

投影放大器

用电子数码显示（即Heidenhain厚度计）的精确度可到百分之一毫米。这方法需要将镜片放在含有生理盐水的湿房中。

相干波纹计

在湿房中测量镜片直径。

10倍放大镜

放大镜和放置镜片的湿房接触测量镜片直径。直径可从刻度直接读出。

74

镜片厚度验证:
软镜

(Paramore, 1981)

仪器:

- 电子厚度测量仪
- 压力厚度测量仪
- 电子感应测厚仪
- 镜片曲率计(改进型)

94N26-53S.PPT

2L694N26-53

75

2L60708-92

SCL镜片厚度验证
厚度测量仪

镜片厚度仪有电子控制和压力控制两种。

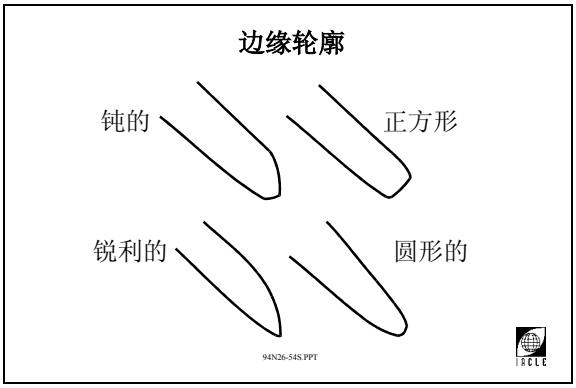
电子厚度测量仪有一个圆顶形测座来支持测量的镜片(幻灯片75)。活动测量探头的重量会使得测量读数偏低。因此用Heidenhain厚度测量仪需要采用“无挤压”和“挤压的”的读数平均值来表示镜片的厚度。

镜片弧度仪

在1991, Paramore提出了用铝基测座结合镜片弧度计来测量软镜的厚度。首先进行测量校正并且聚焦在基座抛光的半边。然后将镜片凹面向上放在中央，并且在未抛光的半边基座上的镜片表聚焦。两个读数的差值便是镜片厚度。测量精确度在0.01毫米以内。

II.D 边缘轮廓验证

76



2L694N26-54

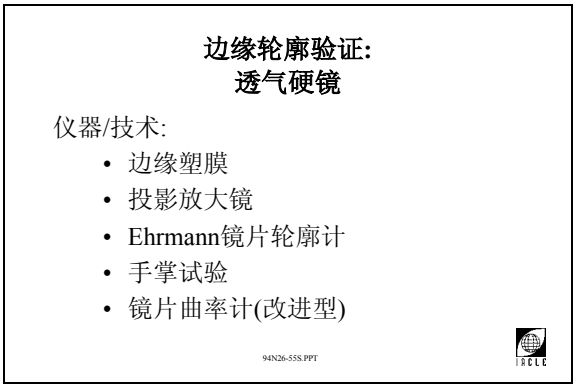
透气硬镜的边缘轮廓验证

观察镜片边缘的质量，并且发现镜片缺陷：

- 边缘形态

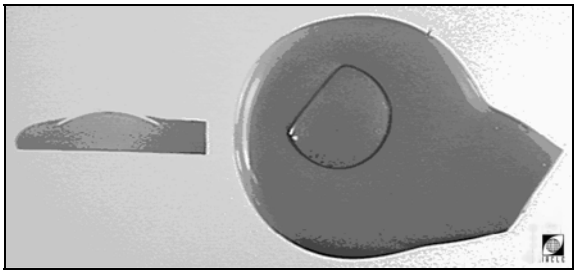
  幻灯片中较常见的是镜片边缘形态。理想的形态应该是薄圆形的边缘。

77



2L694N26-55

78



2L61060-93

边缘塑模

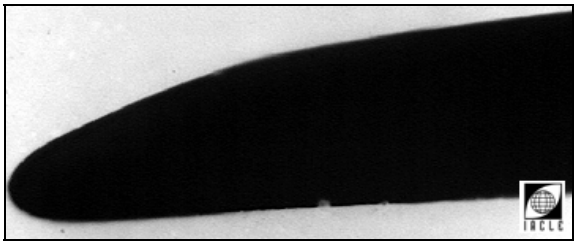
透气硬镜边缘的轮廓可在橡皮泥或牙科塑模材料中塑模(La Hood，1988)。

- 模子的切面可显示镜片边缘轮廓。该检验法须结合投影放大仪或立体显微镜。

问题：

- 该技术是耗时并且需要技巧。
- 模子切面可能在中央不精确。因此镜片轮廓可能失真。

79



2L61435-92

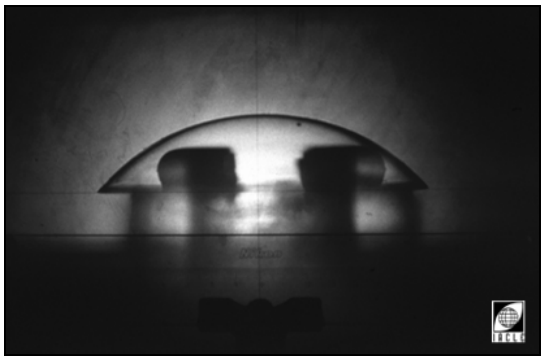
80

2L60707-92

投影放大仪

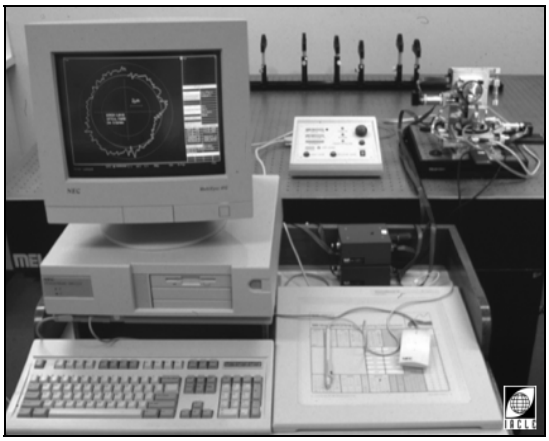
- 检查镜片边缘轮廓的光学方法。镜片水平放置在镜片测座上，用放大镜放大并投影。
- 同时可测量镜片矢深和镜片直径。
- 测量值可通过附带的电子仪表(Heidenhain)精确读出。
- 可以定量评估边缘轮廓。需要注意的是光学轮廓不是真实的镜片轮廓。

81



2L60029-96

82

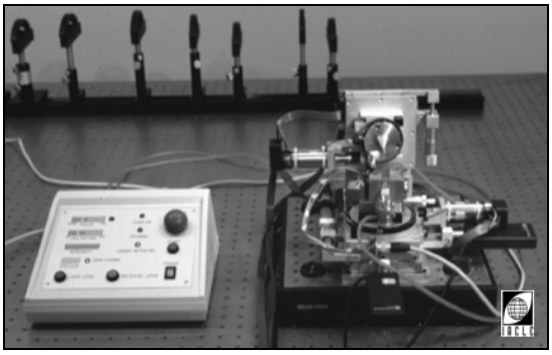


2L62046-94

Ehrmann边缘轮廓仪 (1995)

- 用自导激光扫描装置制成光学镜片轮廓仪。传感检测器收集镜片表面的数据点，并且采用计算机分析获得的数值。
- 选择特定的经线，采用计算机分析得出镜片轮廓。
- 它还可以测量镜片其它参数(基弧、前曲率半径、后顶焦度、镜片厚度和直径)。
- 镜片边缘上的标记可以使得镜片轮廓测量出现误差。

83



2L62045-94

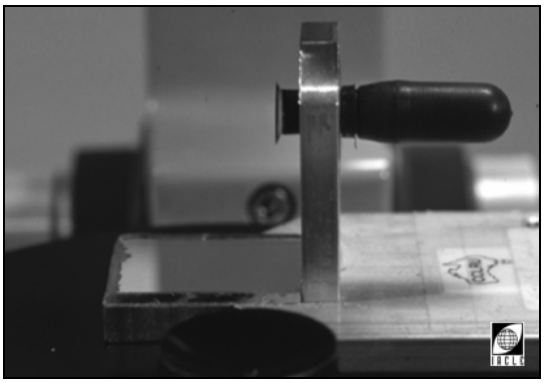
84

2L60211-96

手掌试验

让镜片接触手掌并且“感觉”镜片的边缘。为高度主观的技术，并且它的准确度和可靠性是很有限的。

85



2L60229-96

镜片曲率计(改进型)

- 隐形眼镜实验室用镜片曲率计观察透气硬镜的边缘轮廓。用一个以镜片为背景的测座垂直托住镜片。
- 镜片曲率计能把镜片边缘轮廓放大约10倍。
- 虽然使用放大镜，镜片曲率计看见的边缘轮廓不是镜片实际的边缘轮廓。然而放大的像已显示足以显示镜片边缘质量。

II.E 镜片和表面质量评估

86

镜片和表面质量评价

- 表面缺陷
- 光学质量
- 镜片杂质/碎片

94N26-56S.PPT

2L694N26-56

片基和表面质量的评估

在配发前后均须检查镜片。

87

表面质量

刮痕和印记:

- 会引起: - 镜片沉淀物
  - 湿润性差
  - 表面干燥
- 表面在制造时过度抛光

94N26-57S.PPT

2L694N26-57

表面质量

需要检查透气硬镜的表面的划痕和切削印，因为它们会吸引起镜片沉淀物、使表面湿润差和表面干燥。 这些问题常常和镜片过度抛光有关。

软镜的缺陷包括切削印和边缘缺陷。

88

镜片和表面质量评价:
透气硬镜和软镜

仪器:

- 放大镜10x
- 投影放大仪
- 隐形眼镜光学质量分析仪(CLOQA)
- 暗视场显微镜
- 相干波纹仪

94N26-58S.PPT

2L694N26-58

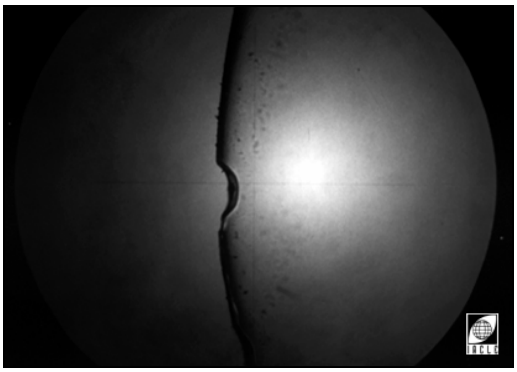
89

2L60212-96

用放大镜观察镜片

一个没有刻度的10倍放大镜可用来观察透气硬镜的表面。镜片凹面朝向平面玻璃，用放大镜对着光线直接观察镜片。

90

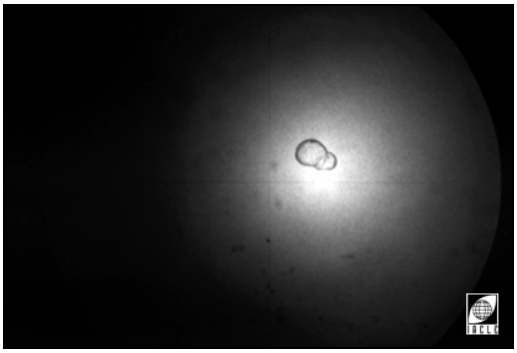


2L60215-96

用投影放大仪观察透气硬镜镜片边缘缺陷

配戴者主诉配戴透气硬镜感到轻微的不适，该镜片显示在幻灯片中。在大裂口旁有一个小裂口，这使得配戴者感到不适。显示在对配戴者的随访中需要常规检查镜片。

91

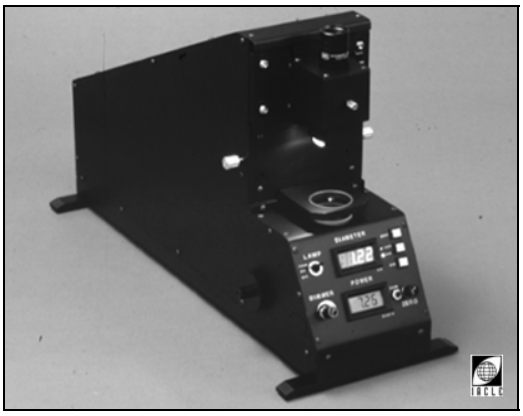


2L60220-96

软镜的片基和表面质量评估

用100倍投影放大仪观察到镜片上的胶冻块。

92

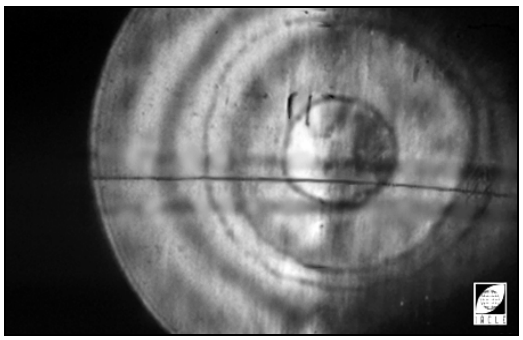


2L61571-96

隐形眼镜光学质量分析仪(CLOQA)

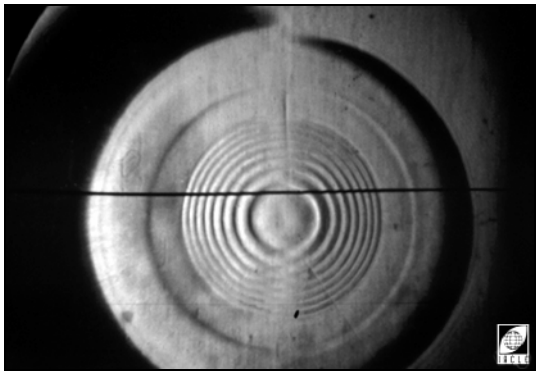
隐形眼镜光学质量分析仪是采用于Foucault刀边缘原理。这原理指出(幻灯片92)，光线通过镜片发生折射时可以出现色散现象。切削印、折射率差异和变形均会引起光学失真，因此出现镜片彩色“阴影”。

93



2L61980-91

94



2L60831-91

通过隐形眼镜光学质量分析仪(CLOQA)观察衍射双光镜片

95

2L60231-96

暗视场显微镜

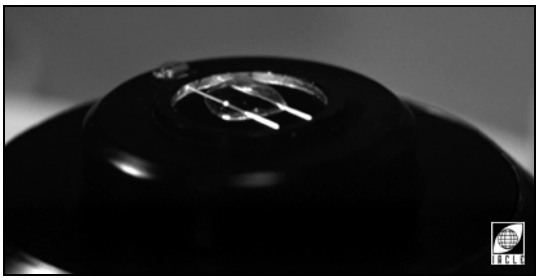
暗视场显微镜学来观察软镜的表面质量。

它提供：

- 从10到100倍大量程的放大率。
- 可变焦深。
- 投射光可以突出表面缺陷和沉淀物。

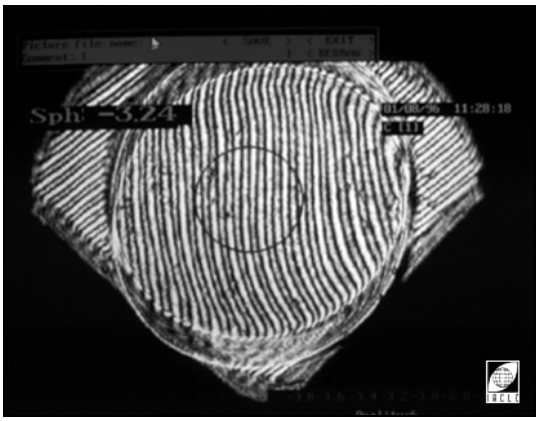
用转接口可以连接照相机, 进行拍照记录。

96



2L60232-96

97



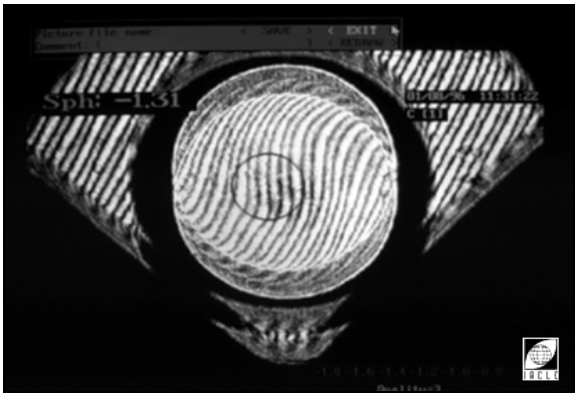
2L60208-96

ConTest™的相干波纹法(Rotlex 光学有限公司，1995)

相干波纹法结合ConTest™计算机程序来评估镜片表面质量。

镜片放在一透明小容器中，计算机程序可产生Moiré图像。图像失真较少显示镜片质量较好。检查结果显示在幻灯片97和98中，并且比较好和差的镜片质量。

98



2L60209-96

99

染色/着色

- 白背景试验
- 厚度差异

94N26-59S.PPT

2L694N26-59

彩色/染色软镜和硬镜的验证

许多镜片是彩色或淡染色的，它们可用白背景来检查。镜片不同的厚度的色彩深度不同。用于美容目的镜片染色在第8册中讨论。

100

隐形眼镜记录表格

包括:

- 订购镜片参数规格
- 收到镜片参数规格
- 参数规格调整
- 最后参数规格

94N26-60S.PPT

2L694N26-60

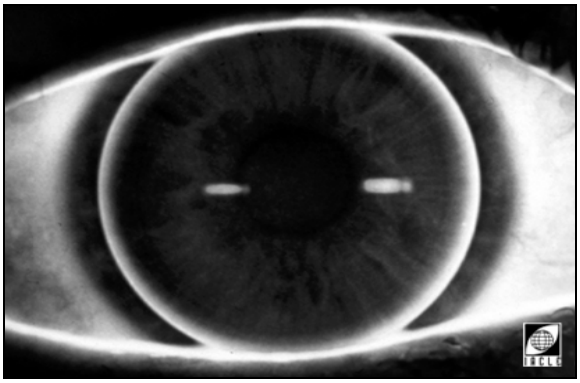
隐形眼镜记录表格

隐形眼镜记录表格需要包括：

- 订购镜片参数。
- 收到镜片的参数。
- 镜片参数调整。
- 最终的镜片参数。

如果试戴镜片的参数是正确的，那么订购镜片的效果是可以正确预计的。

101



2L60300-91

在眼睛上配适：真正的检验标准

在验证镜片后，需要配戴该镜片以便在眼睛上评估镜片参数的准确性和最佳配适。

实习2.6.1

(3小时)

RGP隐形眼镜验证

验证仪器

指导老师演示各种验证仪器的设置和操作步骤。学员分成6组：每组轮流熟悉每个仪器。已知参数的镜片应该贴上标签并且配发到学员中去。目的是测量镜片，期望获得和标签上相同的结果。在进入实习2前需要讲解可能遇到的困难和疑问。

站1：镜片曲率计
站2：镜片厚度计
站3：镜片焦度计
站4：10倍放大镜和镜片轮廓投影仪
站5：直径测量仪
站6：暗视场显微镜

课程和学员评估：

- 操作各种镜片验证操作仪器的熟练程度。
- 测量镜片的准确度，并且与标签上的参数比较。

镜片验证装置设置

站1：镜片曲率计

1. 在镜片测座凹槽内滴一滴生理盐水，生理盐水的液面不高于测座表面。

2. 清洁、冲洗并且把镜片表面的水份吸干。

3. 把镜片放在测座上并且把测量的表面向上。

4. 把镜片测座放在仪器托盘上，移动托盘使得镜片中心和显微镜的光轴对齐。

5. 将电压选择放在5.0V(通常多使用该设置)。

6. 仪器后面的光阑选择为大光阑。

7. 旋转粗调旋钮将显微镜的物镜调到最低。

8. 移动镜片到中心，看见绿色光线在镜片中心的反射光线。

9. 如果使用双眼则需要调整显微镜的瞳距，并且用精细调节旋钮分别调整显微镜的焦距。

10. 通过目镜观察视野右边的刻度，用聚焦旋钮调整使得刻度清晰。

11. 在通过目镜观察同时，旋转粗调旋钮使得显微镜物镜升高直到看见聚焦的辐射状光标。

12. 水平移动托盘直到目标位于视场中央，这是在镜片表面反射出的“真实”的光标图像。

13. 当开始聚焦后，调整精细聚焦旋钮并且精确聚焦。

14. 当光标图像清楚时，使用指针旋钮移动指针到零点。

15. 继续提升目镜，在某个点上，会聚焦在灯丝上，该图像应该在视野中央。继续旋转粗调并且提升目镜。

16. 直到上面(空间)图像出现，继续提升目镜直到图像精确聚焦。

17. 然后稍微向下移动物镜使得最后精确聚焦以便得出精确读数。

18. 调整图像直到最精确聚焦并且从刻度上读出基弧值。

19. 如果测量散光表面，辐射状线条中的一条会精确聚焦(空间的图像)。稍微旋转镜片托盘有利于精确聚焦。用精细调焦旋钮精确聚焦，记录该主子午线的基弧值。通过调整焦距来精确焦距，直到另外一条主子午线上图像清晰 (90°相隔)，记录该条子午线上的基弧值。

20. 测量前面的曲率半径 (前曲率半径)时，空中和真实的图像的位置是颠倒的：“上方”的图像是真实图像，“下方”的图像是空间图像。使用另一种中央凸起的镜片测座并且把镜片凸面向上放置。

站2：厚度测量仪

1. 测量装置调零。

2. 轻轻提起测量探头。

3. 在下方测座上中心放置镜片。

4. 很轻地放低测量探头直到它接触镜片。

5. 读出镜片厚度并且记录精确到0.01毫米的读数。

站3：镜片焦度计

1. 在目镜使十字光标聚焦。

2. 清洁、冲洗并且把镜片表面的水份吸干。

3. 隐形眼镜应该居中放置在焦度计附带的测座上，测座应具有一个比镜片直径小的开口。测座垂直放置，镜片可以采用姆指和食指“居中”但需要注意不让镜片弯曲或在镜片上附加压力而影响镜片读数。

4. 把镜片中央放置在测座开口中，使镜片后表面向下（即凹面向下）。

5. 获得清楚的图像。

6. 记录后顶点屈光度 (BVP)。

7. 翻转镜片以便测量镜片前表面（凸面）面向镜片托架。

8. 获得最清楚的图像。

9. 记录前顶点屈光度 (FVP)。

站 4：放大镜和镜片轮廓投影仪

放大镜

1. 清洁、冲洗并且把镜片表面的水份吸干。

2. 轻轻用姆指和食指拿住镜片。

3. 把镜片放在有刻度的放大镜表面。

4. 用食指尖持住镜片表面，以便镜片可以通过光线看见。

5. 轻轻地移动镜片，直到它位于刻度中央。

6. 读出和记录光学区的直径、周边宽度和总直径。

7. 可以对着灯光移动放大镜来判定不同弧度的分界线，决定这些弧度的边缘。如果镜片为重过渡区，可能难以准确判定镜片各区域宽度。

8. 记录所见到的缺陷。

9. 用拇指和食指平行夹持住镜片来观察镜片边缘轮廓。

镜片轮廓投影仪

1. 把镜片放在镜片测座上。
2. 仪器焦距。
3. 调整放大倍率。
4. 检验镜片的边缘轮廓，绘出镜片轮廓图(锐形、钝形、圆形、方形、缺口和碎屑)。

站5：V型直径测量器

1. 确保镜片和测量通道清洁和干燥以便镜片自然移动。
2. 在最宽处放置镜片并且让镜片自然滑下直到在V型通道上停止。
3. 读出和记录镜片的直径。

站6：暗视场显微镜

1. 清洁、冲洗并且把镜片表面的水份吸干。
2. 轻轻地把镜片放在暗视场测座上。
3. 调整放大率和照明检验镜片。
4. 记录镜片的外观 (如表面划痕、标记、裂隙/破损、残余物和镜片沉淀物等)。

球面的透气硬镜参数验证

记录表

姓名:_____ 日期:_____

指导：按安排时间表在各实验项目上轮转。按各项目的步骤进行实验并且在下表中记录实验结果。参数记录3次量的平均数。

项目1：后光学区曲率和前光学区曲率半径(BOZR 和FOZR), r_0 and r_{a0}

使用镜片曲率计测量和记录镜片的后曲率半径 和前曲率半径。

镜片号码 ___	后曲率半径(mm), r_0	前曲率半径 (mm), r_{a0}
1.		
2.		
3.		

项目2：镜片总直径r, $\varnothing_T$

使用V型槽测量仪来测量并且记录镜片的直径。

镜片号码	总直径(mm), $\varnothing_T$

项目3：几何中心厚度, t_c

使用厚度测量仪读出镜片厚度。

镜片号码	几何中心厚度(mm), t_c
1.	
2.	
3.	

项目4：边缘轮廓检查

在镜片轮廓投影仪上检查镜片轮廓，并且把每个镜片的轮廓画出来。体验在戴镜后哪一种类型轮廓的镜片在瞬目时较舒适，哪一个最不舒服。

镜片号码	边缘轮廓	舒适度

项目5：光学区直径和周边弧区宽度（放大镜）

用放大镜测量光学区直径和周边弧区的宽度。

镜片号码	光学区直径 (mm)	周边弧度区直径(mm)

项目6：观察镜片

用10X放大镜检查提供的镜片，记录所见的缺陷。

镜片号码	缺陷

使用暗视场显微镜检验镜片。记录镜片的外观。

镜片号码	外观

项目7：前顶焦度和后顶焦度(F_v, F_v')

使用镜片焦度计测量提供镜片的前顶焦度和后顶焦度。

镜片号码	前顶焦度, F_v, (D)	后面顶焦度, F_v', (D)

散光透气硬镜参数验证

记录表

名称:_____ 日期:_____

指导：按安排时间表在各实验项目上轮转。按各项目的步骤进行实验并且在下表中记录结果，记录参数值为3次测量的平均数。

项目1: 镜片后表面光学区和前表面光学区曲率半径(BOZR和FOZR), r_0 和 r_{a0}

用镜片曲率计测量镜片后曲率半径和前曲率半径。

镜片号码	后曲率半径(mm), r_0: 第一 主经线	前曲率半径 (mm), r_0: 第二主经线

镜片号码	后曲率半径 (mm), r_{a0}: 第一 主经线	前曲率半径 (mm), r_{a0}: 第二主经线

项目2: 总直径, $\varnothing_T$

使用V型槽测量器来测量并且记录镜片直径。

镜片号码	镜片直径 (mm), $\varnothing_T$

站3: 几何中心厚度, t_c 和放射状镜片边缘厚度, t_{ER}

使用厚度测量仪测量中心厚度和距边缘1毫米处的镜片厚度。记录和计算镜片的平均厚度。

镜片号码	几何镜片中心厚度 (mm), t_c	放射状镜片边缘厚度 (mm), t_{ER}
1.		
2.		
3.		

项目4: 光学区直径和周边弧区宽度

用放大镜测量光学区直径和周边弧区的宽度。

镜片号码	光学区直径(mm)	周边区直径(mm)

项目5: 前顶焦度和后顶焦度**(F_v, F_v')**

使用镜片焦度计测量提供镜片的前顶焦度和后顶焦度。

镜片号码	前顶焦度, F_v, (D)	后顶焦度，F_v', (D)
	_____球_____柱_____	_____球_____柱_____
	_____球_____柱_____	_____球_____柱_____
	_____球_____柱_____	_____球_____柱_____

实习2.6.2

(3小时)

软性隐形眼镜验证

验证仪器设置

指导老师演示各种验证仪器的设置和操作步骤。学员分成6组：每组轮流熟悉每个仪器。已知参数的镜片应该贴上标签并且配发到学员中去。目的是测量镜片，期望获得和标签上相同的结果。

站1：改进型角膜曲率计
站2：厚度测量仪
站3：镜片焦度计
站4：镜片轮廓投影仪
站5：手持折射率测量仪
站6：暗视场显微镜

球性软镜验证

学员需要完成分配的练习并且把结果记录在记录表上。

站1：镜片检查 (裸眼和暗视场显微镜)
站2：前顶焦度和后顶焦度 (镜片焦度计)
站3：后光学区半径 (改进型角膜曲率计)
站4：镜片总直径 (镜片轮廓投影仪)
站5：几何中心厚度 (厚度计量器)
站6：镜片面向观察(裸眼)
站7：镜片染色 (裸眼)
站8：含水量(手持折射率测量仪)

验证装置设置

项目1：改进型角膜曲率计 (Zeiss)

1.把镜片放在湿房中(前表面对着O型环)。
2.把湿房放在反射棱镜上。
3.通过角膜曲率计的目镜观察中央环形图像。
4.旋转角膜曲率计下方白色旋钮直到空心环中填充实线图像(交叉 十字)。
5.读出曲率半径。
6.换算该测量值，使之成为实际值基弧(读数乘以盐水折射率)并且记录结果。
7.把读数和标签上的参数对照。

项目2：镜片厚度测量仪

1. 用塑料帽罩住测量探头以防损伤镜片
2. 测量装置调零。
3. 用无纤维的纸巾吸干镜片表面的水分
4. 在下方测座中心放置镜片。
5. 很轻地放低测量探头直到它接触镜片。
6. 读出镜片厚度
7. 重复3次并且记录平均值。

项目3：镜片焦度计

1.调整目镜，使之聚焦。
2.把镜片放在无纤维的纸巾上，对折纸巾吸干镜片两面的水份。用镊子移动镜片并且用纸巾吸干整个镜片，上述过程应该重复3或4次。
3.镜片凹面对着镜片测座，把镜片放置在中心位置。
4.获得最清楚的梯形环图像。
5.快速重复2或3次使得读数精确到0.25D。如果梯形环变形，须清洁镜片并且肖干水份后再次测量。
6.记录镜片屈光度。
7.另外镜片可以放在湿房中测量，查表得出读数。

项目4：镜片轮廓投影仪

1.把镜片放在湿房中(前表面对O型环)。
2.聚焦镜片轮廓图像。
3.设置镜片的一边对着测量仪的零刻度。
4.移动镜片直到另一边缘对着零刻度。
5.读出并记录镜片直径。

项目5：手持折射率测量仪

1.把折射率测量仪观察目镜对着光线进行聚焦，旋转目镜手轮直到内部的刻度线十分清晰。
2.用无纤维的纸巾擦去镜片表面过多的水分，但是镜片表面应该是湿润的，因此不要完全弄干镜片。如果一镜片在配戴后立即测量，则不需要吸干水分。
3.镜片凸面（前面）向下放置在棱镜中央并且盖下盖板。
4.在盖板上加少许压力使得镜片在盖板和棱镜间被压扁。
5通过目镜观察刻度，把测量仪对着光线或灯光。
6.视野中的上下两部分间的交界线指向的刻度即是镜片的含水量，该读数可从刻度中读出（蓝色和白色的分界线），记录该测量值。

项目6：暗视场显微镜

1.放镜片放在暗视场显微镜的湿房内。
2.聚焦并且调整放大率和照明以便检验镜片。

3.记录镜片的外观 (如标记、划痕、破裂和沉淀物)。

球面软镜参数验证
记录表

姓名:_____ 日期:_____

指导：按安排时间表在各项目上轮转。按各项目的步骤进行，并且在下表中记录实验结果。记录3次测量参数的平均数。

项目1：镜片观察
用裸眼观察镜片并且记录结果。

- 用纸巾去除过多水分
- 用镊子轻轻夹住镜片
- 使用笔形手电照亮镜片(从边缘照射，并从后面照射)。

镜片号码	形态

使用暗视场显微镜检验镜片。记录镜片的外观。

镜片号码	形态

项目2: 前顶焦度和后顶焦度**, (F_v, F_v')**

使用镜片焦度计测量提供的镜片的前顶焦度和后顶焦度。

镜片号码	前顶点度数, F_v, (D)	后顶点度数, F_v', (D)

项目3: 后光学区半径(BOZR), r_0

使用镜片曲率计测量和记录镜片的后光学区径。

镜片号码	后光学区半径, r_0, (mm)

项目4: 镜片总直径, $\varnothing_T$

使用投影放大仪测量镜片的直径。

镜片号码	镜片总直径, $\varnothing_T$, (mm)

项目5: 几何中心厚度, t_c

使用厚度计量器测量镜片的厚度。

镜片	几何中心厚度(mm), t_c

项目6：镜片面向的形态

检查分析镜片是否后表面向上：

- 用无纤维的纸巾吸干镜片。
- 把镜片放在一干燥的手指上，并且放在和眼睛平行的水平上观察镜片。
- 是否镜片形成一个平滑的碗形表示镜片的后表面向上？
- 翻转镜片比较外观状态(形似墨西哥帽子形的碗形)。

项目7：镜片染色

检验提供的镜片并且描述它们的色彩。观察下列项目：颜色、深度、透明孔或瞳孔、不透明与透明区域。

镜片号码	镜片染色情况

项目8：含水量

使用手折射率测量仪测定镜片含水量。

镜片号码	含水量

散光软镜参数验证
记录表

姓名:_____ 日期:_____

指导：按安排时间表在各项目上轮转。按各项目的步骤进行并且在下表中记录结果。每项目最多允许5分钟。

项目1：镜片观察

用裸眼观察镜片并且记录结果。

- 用纸巾去除过多水分
- 用镊子轻轻夹住镜片
- 使用笔形手电照亮镜片(从边缘照射，并从后面照射)。

镜片号码	形态

使用暗视场显微镜检验镜片。记录镜片的外观。

镜片号码	形态

项目2: 前顶焦度和后顶焦度, (F_v, F_v')

使用镜片焦度计测量提供的镜片的前顶焦度和后顶焦度。

镜片号码	前顶焦度, F_v ,(D)	后顶焦度, F_v', (D)
	_____球_____柱 _____	_____球_____柱 _____
	_____球_____柱 _____	_____球_____柱 _____

项目3：激光标志观察

用10倍放大镜检查镜片的激光标记，如：

- /|\
- |
- R
- L
- ●

镜片号码	镜片标记

实习2.6.3

(8小时)

RGP镜片参数修改

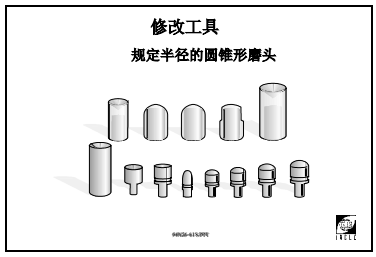
实习安排

修改RGP镜片参数

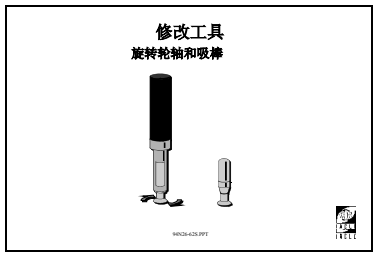
修改透气硬镜参数

指导老师事先演示镜片参数修改的工具及其准备工作，学员应该熟悉以下工具和装置：

- 圆锥形磨头。
- 海绵。
- 吸棒。
- 周边曲率半径磨改工具。
- 旋转轮轴。
- 抛光剂。
- 放大镜。
- 镜片曲率计。
- 投影放大仪。
- 抛光碗。
- 镜片焦度计。
- 厚度测量仪。



2P694N46-61

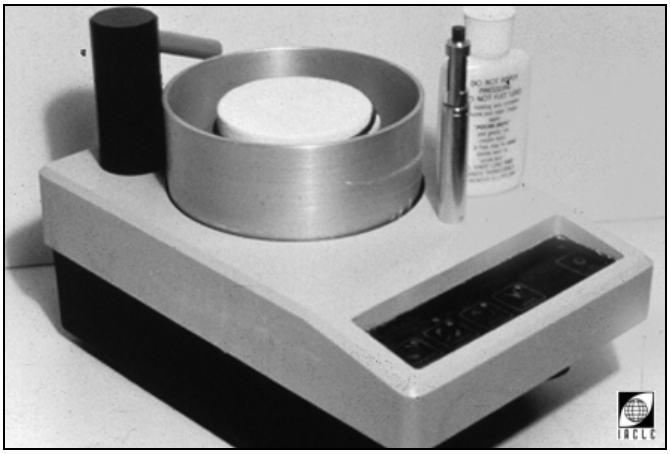


2P694N46-62

在每个学员在每个项目进行镜片参数修改后，指导老师应检查他们的镜片和实习记录。

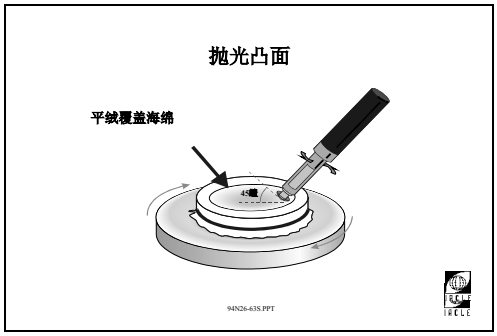
项目1：表面抛光和改变焦度
项目2：修改周边曲率
项目3：修改边缘
项目4：缩小镜片直径

项目5：完成半成品毛坯镜片的最后步骤



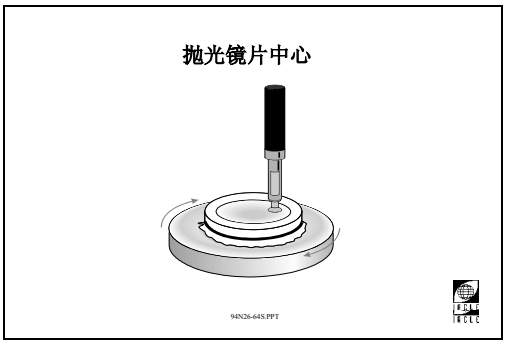
项目1：表面抛光和改变焦度

1. 建议使用XPAL的抛光粉，该粉需要和水混合后使用。
2. 抛光前表面中心，镜片前表面向外吸附在吸棒上。
3. 彻底湿润平面的海绵转盘并且把它放在旋转轮轴上。海绵的表面采用棉绒材料覆盖。
4. 一旦轮轴开始旋转，就要不断地加抛光剂，并且将半个镜片侧放在海绵中心和边缘之间。
5. 保持镜片呈45°角，并且向轮轴转动方向相反的方向旋转，镜片的旋转可用手指控制或镜片旋转器完成。



2P694N46-63

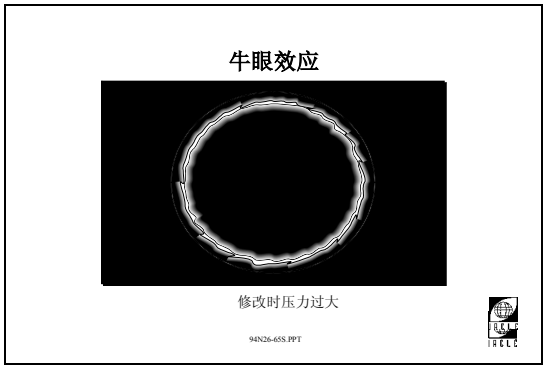
6. 把镜片压入海绵约10到15秒。
7. 通过把吸棒垂重放置在海绵上并且把镜片压入海绵旁中心部10到12次，以抛光镜片的中心。



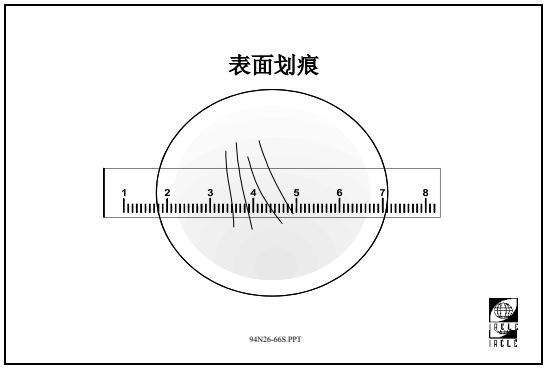
2P694N46-64

8. 每隔20到30秒用放大镜或镜片投影放大仪检查镜片划痕，并用镜片焦度仪检查镜片焦度。

9. 设置轮轴的转速（使之小于或等于每分钟1000转），适用于抛光。较小的压力将确保好的光学质量。下列图片为不适当或不充分的镜片抛光。当镜片压入海绵很深而时间很久时，抛光后镜片上可能仍然有痕迹。

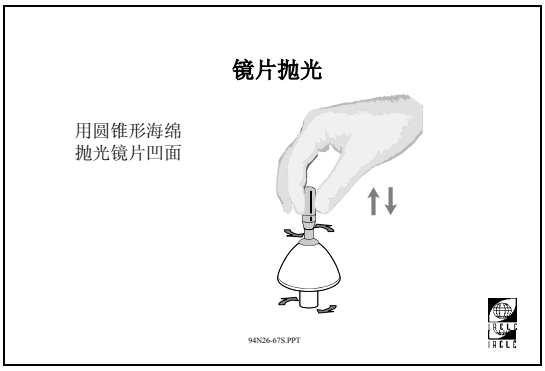


2P694N46-65



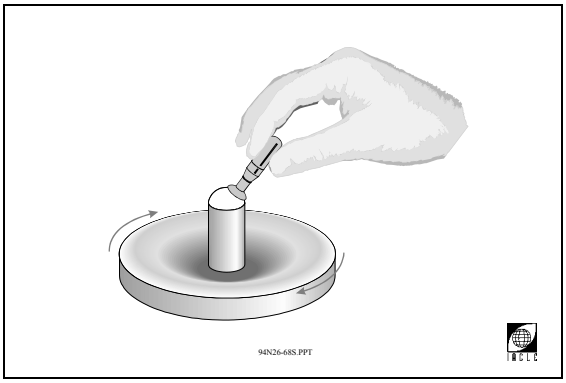
2P694N46-66

10. 抛光凹面时把镜片的凹面向外吸附在吸棒上。
11. 将抛光剂加入圆锥形海绵，并且使镜片后表面接触旋转的海绵圆锥。向相反的方向旋转。



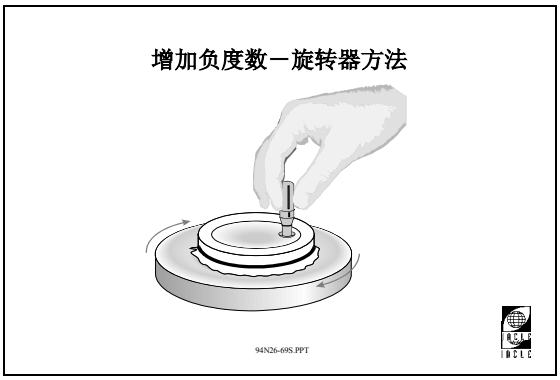
2P694N46-67

12. 使用一圆锥形海绵并且在加入抛光粉后把镜片接触旋转的海绵圆锥。相反方向旋转镜片。另外用环形海绵保持镜片成30度角度。



2P694N46-68

13. 加负屈光度到 镜片时，凸面上外吸附在吸盘上。
14. 彻底地湿润扁平的海绵。
15. 在整个过程中抛光镜片中心。
16. 在所有时间保持镜片垂直在距海绵边缘近似2.5厘米出。



2P694N46-69

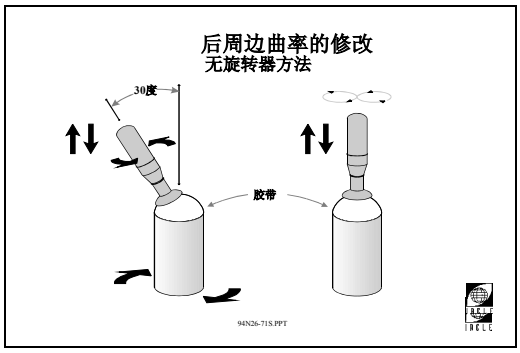
17. 用很微小的压力，如果转盘顺时针旋转则镜片逆时针旋转，镜片应该不应该在吸盘轴向上扭转。
18. 每10到15秒检查屈光度。

19. 加正屈光度时，按13－15的步骤。用棉绒盖住海绵的中心，吸盘吸住镜片垂重对向海绵中心。这确保镜片的前表面旁中心部分被抛光而非中心部分。

2P696N46-70

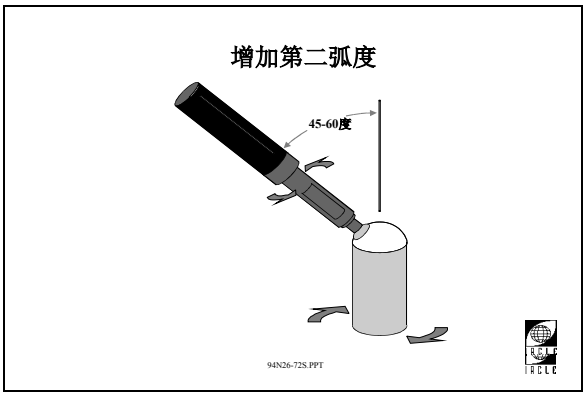
项目2：修改镜片后表面曲率半径

1. 把镜片吸附在吸棒或镜片旋转器上，凹面向外。
2. 在弧顶磨头表面粘附一块方形的防水胶带(需要表面有点粗糙的)。镜片的厚度需要计入曲率半径：减少0.2毫米(胶带)，即如果需要的周边曲率是9.0毫米，则采用8.8毫米的弧顶磨头。
3. 把弧顶磨头插到轮轴上。
4. 打开马达。
5. 不断在其表面加抛光剂。
6. 凹面对着旋转头，且保持与镜片接触。
7. 如果使用吸棒，镜片应该保持在30^0位置，并且使整个镜片接触弧顶磨头。旋转镜片向相反方向旋转。镜片也可以垂重地接触旋转头。



2P694N46-71

8. 每10到15秒钟提起镜片，添加抛光剂。
9. 如果使用镜片旋转器，中央吸附镜片并且使得镜片成45^0角接触弧顶磨头。整个过程中镜片需要不断地旋转，并且不断地加抛光剂。



2P694N46-72

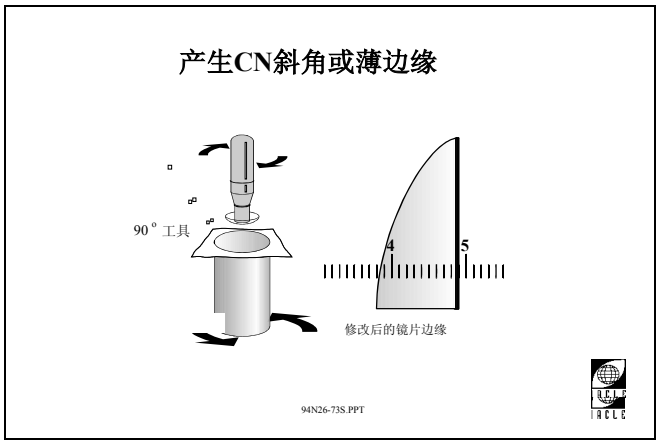
10. 整个过程中需要不断地观察镜片：取下镜片，彻底清洁镜片在放大仪或投影放大镜下观察。

11. 轮轴速率、镜片压力、抛光和弧顶磨头的曲率均和镜片基弧（BOZR）有关并且会影响周边弧度。

12. 如果需要融合后表面各弧，选择一个弧度是两个邻近弧面的平均值的弧顶磨头。在短时间内轻轻接触镜片后表面。为确保平滑融合，该曲率半径头需要用软性法兰绒布覆盖。

项目3：边缘修改

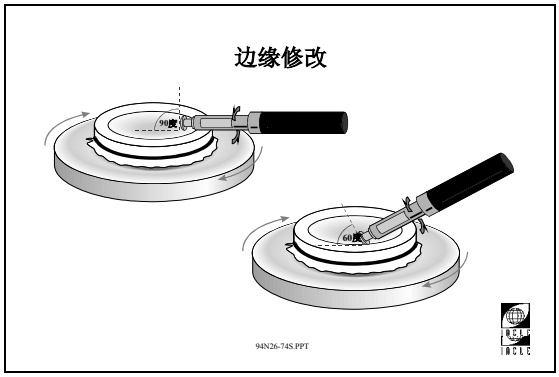
1. 使用一圆锥形槽来削薄边缘，形成一个前表面的CN斜角。
2. 通常使用90^0圆锥形槽来形成一前表面的CN斜角，较狭窄的斜角选用一60^0槽较宽的斜角可用120^0的锥形槽。
3. 凸面向外吸附在吸棒上接触圆锥形磨头。
4. 在胶布上剪去四分之一以便完整包裹圆锥形表面。
5. 在整个过程中不断添加抛光剂。
6. 把镜片接触圆锥并且向相反的方向旋转镜片。



2P694N46-73

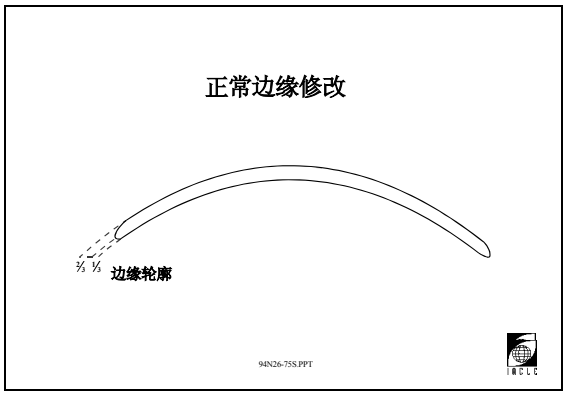
7. 每10秒检验镜片直到边缘形成的状态。
8. 抛光镜片边缘。
9. 使用棉绒覆盖扁平海绵稍微抛光镜片边缘和表面。
10. 在整个过程中不断添加抛光剂。
11. 将镜片凹面向上吸附，在镜片旋转器上保持镜片30^0角度接触在海绵的中心和边缘的中点。

12. 改变镜片的角度以便形成不同状态和厚度的镜片边缘。



2P694N46-74

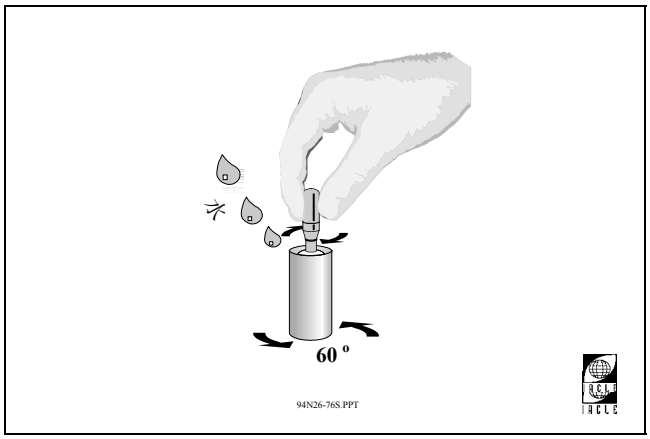
13. 不断用放大镜或投影放大仪检查镜片。确保镜片直径不缩小。



2P694N46-75

项目4：缩小镜片总直径

1. 决定镜片最终理想的总直径。
2. 设置的改变直径目标比最终所需要的实际直径大0.2毫米(额外的大小将在边缘修改期间完成)。
3. 安装切削磨头，呈60、90或120^{0}圆锥槽，该圆锥槽由石英、金刚砂或钻石粉制成。
4. 凹面向外吸附镜片。
5. 用自来水来冷却该切削头，不必加抛光剂。
6. 吸棒垂直向下，使镜片边缘接触切削磨头。
7. 接触镜片整个边缘。
8. 常常用轻微压力并且在拇指和食指间持住镜片并且旋转。向相反的方向旋转镜片会较快地缩小直径。
9. 在整个磨改过程中加冷却水。



2P694N46-76

10. 周期性地检查镜片直径，厚边缘的镜片磨改所需要的时间较长。

11. 为了减少镜片边缘厚度，缩小镜片直径并形成前面斜面，可翻转镜片，使凹面吸附在吸盘上，通过90^0接触来缩小镜片直径。

2P694N46-77

12. 常常用轻微压力并且在拇指和食指间持住吸棒向反方向旋转。
13. 使用V型槽直径测量仪周期性地检查镜片，直到直径达到理想值，即比最终直径大约 0.2毫米。

项目5：完成半成品毛坯镜片的最后步骤

半成品不透气硬镜或透气硬镜毛坯镜片的直径常常是10到11毫米。

按以下步骤完成镜片以便它可以配戴：

1. 决定最终镜片的设计参数，如三弧度镜片、总直径、后表面光学区直径、第二弧宽度和半径以及后表面周边弧度宽度和半径。
2. 缩小总直径：按第4项目的过程缩少直径。
3. 使用11毫米曲率半径的弧顶磨头来磨镜片后周边弧度。这可加速镜片研磨过程且使得第二弧度快速抛光。
4. 抛光第二弧：并且达到理想的后表面光学区直径，或者如果需要融合弧度则需要稍微大一点的光学区直径。注意此时的第二弧的宽度比最终的宽度也要稍微大一些。因当抛光后表面周边弧时该宽会减小。
5. 外周弧度抛光：该弧度宽度应该比最终参数大约 0.1毫米，因镜片总直径比最终参数大0.2毫米。在下一步镜片边缘修改时镜片直径和外周弧宽度会减少。
6. 融合：这应该在两个弧度交界处进行。
7. 边缘完成/修改：操作过程在第3项目中已描述。

实验室记录表

指导。每个学生在5个项目间轮转实习。按每项目的指导进行实习，并且让指导者检查改进后的镜片。

项目1：表面抛光和改变焦度

镜片要求： (最好是有划痕的镜片)
- 增加负焦度。
- 增加正焦度。

过程：测量镜片后顶焦度。

- 检验镜片表面。
- 抛光表面。
- 改变镜片度数0.50D。
- 测量改进后的镜片后顶焦度。

签名：

_____

指导者

项目2：调整镜片后周边曲率半径

镜片要求：
- 已知镜片后周边曲率半径(改为平坦)。

过程：
- 检查镜片。
- 决定需要的曲率的弧顶磨头。
- (磨头半径需要比第二弧度平坦)。
- 在镜片旋转器或吸盘上吸附镜片。
- 用抛光剂进行修改镜片参数。
- 检查修改后的镜片。

签名：

_____

指导者

项目3：边缘修改

镜片要求：
- 有方形边缘的镜片 。
- 锋利尖锐边缘的镜片。

过程：
- 检查边缘外形。
- 决定要求的曲率的弧顶磨头。
- 在镜片旋转器或吸盘上吸附镜片。
- 修改镜片参数。
- 测量修改后的镜片参数。

签名：

_____

指导者

项目4：减少总直径

镜片要求
- 任何直径的镜片。

过程：

- 测量镜片直径。
- 在镜片旋转器或吸盘上吸附镜片。
- 修改镜片参数。
- 测量新的直径。

签名：

_____

指导者

项目5：完成半成品毛坯镜片的最后步骤

镜片要求：

- 半成品镜片。

过程：

- 决定镜片设计。
- 按步骤进行。

_____

指导者

实习2.6.4

(2小时)

特殊镜片的检查

实习安排

指导：学员分组并且熟悉以下镜片：

- 球性。
- 双光学镜片。
- 高屈光度的镜片。
- 特殊的镜片材料。
- 散光镜片。
- 巩膜镜片
- 修复术镜片
- 散光RGP (含有不同稳定因素)。
- 巩膜壳。
- 修复术。

在记录表格中记录观察结果。

记录表

组:_____ 日期:_____

镜片号码:_____

镜片参数	测量结果
镜片类型	
后表面曲率半径 (BOZR)	_____ mm
厚度 中心 周边	 _____ um _____ um
后表面度数 (BVP)	_____ D
直径 后表面光学区 (BOZD) 总直径 (TD)	 _____ mm _____ mm
镜片设计	
光学质量 (记录使用的光学质量分析仪)	
其他观察 (特征)	

小组辅导2.6

(1小时)

高透气硬性镜片修改

录象和讨论

指导：观看透气硬镜参数修改的录象。最后讨论镜片参数修改方面的问题：

- 怎样在镜片上增加负焦度。
- 修改何种镜片参数可以使得镜片配适过紧的镜片放松，如何完成上述修改。
- 怎样缩小镜片边缘厚度。

参考文献

Bennett A, Rabbetts R (1984). *Clinical Visual Optics*, 2nd ed., Butterworths.

Bier N, Lowther G (1977). *Contact Lens Correction*, Butterworth & Co. (Publishers) Ltd.

Chaston J (1977). *In-Office measurements of soft contact lenses*. Am J Optom Physl Opt. 54(5): 290.

Chaston J, Irving F (1981). *The influence of temperature on the base curve of high plus soft contact lenses*. ICLC. 8(1): 45.

Chaston J, Irving F (1982). *Optical measurement of front and back radius of soft contact lenses in saline*. ICLC. 9(1): 11 - 18.

Ehrmann K (1995). *A 3D optical profilometer using a compact disc reading head* (unpublished*)*.

El Hage S, Bacigalupi M (1992). *A new method of contact lens verification*. CL Spectrum. 7(7): 31 - 35.

Fatt I (1983). *Changes in dimensions of soft contact lenses while on the eye*. CL Monthly. March, 11 - 14.

Forst G (1973). *Kritischer Vergleich der verschiedenen Meßverfahren zur Ermittlung der Krümmungsradien von weichen Kontactlinsen*. Die Kontaktlinse. 7(4): 4 - 11.

Hamano H, Kawabe, H (1978). *Method of measuring radii of a soft lens with an electronic device*. Contact. 22(1): 4 - 8.

Henry VA, Barr JT (1990). *Verification, modification and care*. CL Spectrum. 5(9): 57 - 67.

Holden BA (1976). *Soft lens verification*. New Zealand Contact Lens Society Transactions. July, 20 -27.

La Hood D (1988). *Edge shape and comfort of rigid lenses*. Am J Optom Physl Opt. 65(8): 613 - 618.

Lowther G, Snyder C (1992). *Contact Lenses: Procedures and Techniques*, Butterworth-Heinemann.

Lycho T, La Hood D (1987). *Information on lens coding, measurement and storage system (internal CCLRU Research Report RR 87/47/P & 87/50/P).*

Mishima S (1968). *Corneal thickness*. Surv Ophthalmol. 13: 57 - 96.

Paramore JE (1981). *A technique for center thickness measurement of hydrogel contact lenses.* Am J Optom Physl Opt. 58(8): 635 - 636.

Parelhoff ES, Weissman BA (1986). *Using a radiuscope to measure base curves & soft contact lenses*. Int Eyecare. 2(5): 271 - 273.

Phillips A, Stone J (1989). *Contact Lenses*, 3rd Ed., Butterworth & Co. (Publishers) Ltd.

Port MJA (1976). *New methods of measuring hydrophilic lenses*. Ophthalmic Optician. 16(25): 1079 - 1082.

Port MJA (1980). *The radius measurement of soft lenses in air*. J Brit Cont Lens Assoc. 3: 168 - 174.

Port MJA (1982). *Assessing a new soft lens radiuscope: The AMS Optison*. CL Monthly. 183(4726): 11 - 14.

Rogers JE (1979). *Instrumentation used in contact lens verification - I*. The Optician. 177(4588): 27 - 28.

Rotlex Optics Ltd. (1994). *Brass 2 Instruction Manual*. 12.

Rotlex Optics Ltd. (1995). *The Contest Software Instruction Manual*. Ver. 1.13. 1 - 66.

Sarver MD, Kerr K (1964). *A radius of curvature measuring device for contact lenses*. Am J Optom. 41: 481 - 489.

Saseini LS (1980). *A guide to radiuscopes*. The Optician. 124(79): 14.0

Yumori RW, Mandell RB (1981). *Optical power calculation for contact lens wet cells*. Am J Optom

Physl Opt. 58(8): 637 - 639.