

眼科光学一本通

眼科光学、屈光和接触镜知识精要

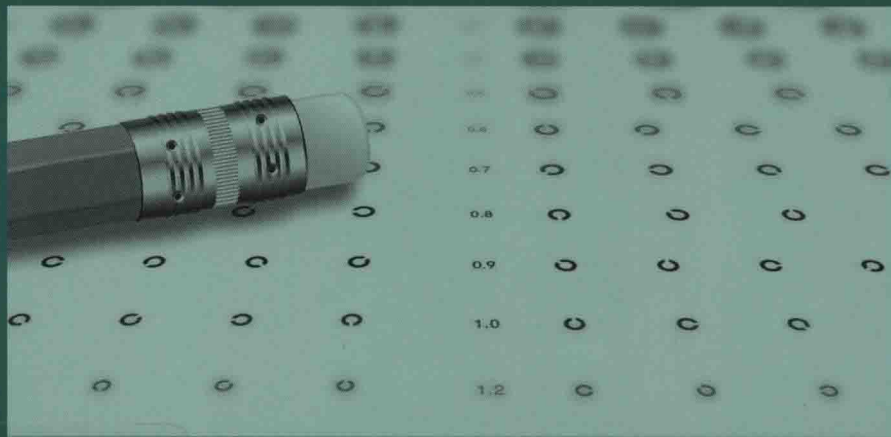
Last-Minute Optics

A Concise Review of
Optics, Refraction, and Contact Lenses

第 2 版

原 著 David G. Hunter
Constance E. West

主 译 杨士强



北京大学医学出版社

眼科光学一本通

眼科光学、屈光和接触镜知识精要

**Last-Minute Optics: A Concise Review of
Optics, Refraction, and Contact Lenses**

(第 2 版)

原著: David G. Hunter

Constance E. West

主译: 杨士强

北京大学医学出版社

YANKE GUANGXUE YIBENTONG; YANKEGUANGXUE QUGUANGHE
JIECHUJINGZHISHIJINGYAO DI 2 BAN

图书在版编目 (CIP) 数据

眼科光学一本通: 眼科光学、屈光和接触镜知识精要: 第 2 版 / (美)
亨特 (Hunter, D.G.), (美) 韦斯特 (West, C.E.) 著. 杨士强译.
—北京: 北京大学医学出版社, 2016.4

书名原文: Last-minute optics: a concise review of optics, refraction, and
contact lenses, 2nd ed.

ISBN 978-7-5659-1323-5

I. ①眼… II. ①亨… ②韦… ③杨… III. ①屈光学—问题解答
IV. ① R778-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 014784 号

北京市版权局著作权合同登记号: 图字: 01-2014-5302

Last-minute optics: a concise review of optics, refraction, and contact lenses, 2nd ed.

David G. Hunter, Constance E. West.

ISBS 978-1-55642-927-9

The original English language work has been published by SLACK, INC.

Thorofare, New Jersey, U.S.A.

Copyright © 2010. All rights reserved.

Authorised translation from the English language edition published by SLACK, INC.

Simplified Chinese translation copyright © 2016 by Peking University Medical Press.

All rights reserved.

眼科光学一本通: 眼科光学、屈光和接触镜知识精要 (第 2 版)

主 译: 杨士强

出版发行: 北京大学医学出版社

地 址: (100191) 北京市海淀区学院路 38 号 北京大学医学部院内

电 话: 发行部 010-82802230; 图书邮购 010-82802495

网 址: <http://www.pumpress.com.cn>

E-mail: booksale@bjmu.edu.cn

印 刷: 中煤 (北京) 印务有限公司

经 销: 新华书店

责任编辑: 畅晓燕 袁帅军 责任校对: 金彤文 责任印制: 李 啸

开 本: 710mm × 1000mm 1/16 印张: 9 字数: 165 千字

版 次: 2016 年 4 月第 1 版 2016 年 4 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-5659-1323-5

定 价: 52.00 元

版权所有, 违者必究

(凡属质量问题请与本社发行部联系退换)

译者的话

人眼是远比照相机复杂、精细的光学器官。在临床上，眼科面临的光学问题及其解决方式一直是临床眼科医生亟须了解，却又涉入不深的领域。Hunter 医生的专著 *Last-Minute Optics* 详细地介绍了临床眼科遇到的光学、屈光以及接触镜等各类问题。全书以问答的形式，解答了 223 例贴近临床的实际问题，几乎囊括了临床眼科可能遇到的所有情形，并且提供了大量临床实践技巧和窍门。译者在哈佛大学跟随 Hunter 医生研修时，受 Hunter 医生的委托，将本书第 2 版译为中文，希望能对国内眼科从业人员了解临床眼科光学有所助益。

杨士强

2015.3 于天津

译者简介



杨士强，医学博士，副主任医师，擅长儿童与成人斜视的微创手术矫正。在外展神经麻痹，伴有复视的斜视手术治疗中有较深入研究。从事斜弱视专业十余年，现工作于天津市眼科医院斜视与小儿眼科。2013年于哈佛医学院儿童医院眼科研修，成为首位在该院研修的中国大陆医生。2014年在美国斜视与小儿眼科年会做大会发言，成为首位在美国斜视年会做大会发言的中国医生。2011年 international fellow，跟随当代顶尖斜视与小儿眼科专家 Kenneth Wright 教授研修。2006—2007年 美国 Nova Southeastern

University 视光学院访问学者。近年在《JAMA Ophthalmology》《中华眼科杂志》等国内外重要杂志发表临床论文多篇。主译《斜视手术策略与技巧》一书。

关于作者

David G. Hunter, 医学博士, 波士顿儿童医院眼科首席专家及科室主任, 哈佛医学院眼科副主任及教授。Hunter 医生在莱斯大学获得电子工程学学士和细胞生物学博士学位, 在贝勒医学院获医学博士学位。他在哈佛大学附属麻省眼耳医院完成住院医师培训后, 到约翰·霍普金斯大学威尔玛眼科研究所跟随 David Guyton 和 Michael Repka 两位医生接受小儿眼科的专科培训。Hunter 医生经常在全世界巡回演讲光学和屈光课程, 培训眼科住院医师。他是美国斜视与小儿眼科协会会刊的主编 (2006—2012 年), 同时也是视觉和眼科学研究协会的副主席 (2010 年)。他在临床和科研方面的研究方向是斜视和弱视。

Constance E. West, 毕业于麻省理工学院, 获得化学工程博士学位, 之后在马萨诸塞大学医学院获医学博士学位。她在华盛顿大学完成了眼科住院医师培训, 并于威尔玛眼科研究所完成小儿眼科的专科培训。她是辛辛那提大学眼科的副教授, 也是俄亥俄州辛辛那提儿童医院医疗中心亚伯拉罕小儿眼病研究所眼科的科主任。她的临床研究主要集中在小儿眼病和成人斜视。

第 1 版简介

“光学枯燥！”

“光学无关紧要！”

“光学浪费时间！”

“我恨光学！”

多年来，每当我们的学生复习光学时，总会喊出上述的战斗口号。幸运的是，每当我们做完光学讲座后，这些口号就逐渐平息下来，至少转变为低声的喃喃自语。本书详述了我们讲座中所介绍的方法，我相信这些方法不仅能让光学易于理解和接受（有时可能很有趣），而且内容贴近临床，很实用。

对于眼科医生而言，光学和屈光学比以往任何时候都重要。因为患者需要快速恢复他们的视觉，而全面认识临床光学有利于医生帮助患者实现这一目标。屈光手术的发展需要仔细地理解屈光不正。如今，保险机构和投保人都需要这种结果测评——视力和患者满意度经常被作为测评的底线。避免潜在的光学和屈光错误并提高患者的满意度不仅让你获得帮助患者时的成就感，还可帮助你在激烈竞争的医疗环境中立于不败之地。

本书不是光学的全面论著，也不是多项选择题的答案纲要。我们的目的是简明地阐述与临床最相关的光学概念，帮助那些没有足够时间系统学习光学的眼科医生。我们采用问答的形式阐述，来帮助读者确定自己的薄弱环节，同时复习并巩固已经理解的知识点。我们建议读者先试着自行回答每一个问题，然后再读答案。如果你对和临床最直接相关的问题更感兴趣，为了进一步节约学习时间，你可以跳过那些计算题。当你阅读本书涵盖的那些我们认为是核心概念的内容，仅凭本书可能不足以解答你的所有问题，你可能需要参考一些相关的系统论著来针对你感兴趣的领域做更详细的讨论。

第 2 版简介

我们修订《眼科光学一本通》这部书的想法已经酝酿了数年。我们经常扪心自问：“对于眼科医生而言，临床光学有哪些真正的改变？”几年来，这个问题的回答都是：“变化不大”，甚至没有错误需要更正。唯一的改变是本书的作者之一（DGH）去了波士顿，我们都升职了。因此，本书的第 2 版一直没有出现。但是这些年，随着我们不断地修改光学讲座的内容，我们发现有一些新的领域需要探索——特别是屈光手术需要继续拓展和精进。

在创作第 2 版的过程中，我们回顾并修订了第 1 版的内容，取其精华。此外，我们还增加了新的章节介绍屈光手术，并提出了一些新问题。我们在书末新增加了一章让读者及时综合并概括所学到的内容，其目的是帮助眼科医生快速评估前来就诊的主诉与光学或屈光直接相关的患者。

我们希望读者能够喜欢《眼科光学一本通》（第 2 版）。我们依然不改初衷——以一问一答的形式明确学习目标，帮助读者快速掌握光学和屈光的核心要领。读者从本书获取的知识，不仅限于帮助读者通过一门考试，这是实实在在的光学，（绝大部分内容）来源于我们在实际临床工作中处理患者（姓名已做更改）的宝贵经验——希望读者通过这个途径成为更优秀的眼科医生。

眼科光学一本通

眼科光学、屈光和接触镜知识精要

**Last-Minute Optics: A Concise Review of
Optics, Refraction, and Contact Lenses**

(第2版)

目 录

第 1 章	基本原理	1
第 2 章	聚散度、透镜、物和像	7
第 3 章	模型眼	16
第 4 章	视力测量	20
第 5 章	验光和处方配镜	24
第 6 章	透镜效力和镜眼距离	34
第 7 章	调节、老视和双光眼镜	38
第 8 章	散光	46
第 9 章	像差、扭曲和不规则成像	58
第 10 章	接触镜	60
第 11 章	人工晶状体	64
第 12 章	屈光手术	69
第 13 章	放大率和望远镜	72
第 14 章	低视力	79
第 15 章	反光镜	83
第 16 章	三棱镜和复视	86
第 17 章	眼科器械	98
第 18 章	优秀的医生，蹩脚的 optics：不满意的患者	112
第 19 章	重要公式	116
	中英文专业词汇索引	120

图目录

图 1-1	行进中的士兵类似于光线从低折射率物质进入高折射率物质	2
图 2-1	计算 A ~ F 点的聚散度	7
图 2-2	图 2-1 的答案	8
图 2-3	计算像区域中 A ~ F 点的聚散度	8
图 2-4	图 2-3 的答案	9
图 2-5	计算 A、B 和 D 点的聚散度	9
图 2-6	图 2-5 的答案	10
图 2-7	根据给定的 X 值, 分别确定像的位置	10
图 2-8	确定组合透镜中像的位置	11
图 2-9	图 2-8A 的答案	12
图 2-10	图 2-8B 的答案	12
图 2-11	图 2-8C 的答案	13
图 2-12	透镜的几何中心对于眼科医生而言并不重要	15
图 3-1	填充缺失的数值	16
图 3-2	图 3-1 的答案	16
图 3-3	Goldman 视野计上物和像的高度	18
图 3-4	视盘投影至垂直屏幕后, 盲点的直径	18
图 4-1	Ferris-Bailey 视力表	22
图 5-1	近视的类型	24
图 5-2	远视的类型	25
图 6-1	镜眼距离问题的答案——第一步	35
图 6-2	镜眼距离问题的答案——第二步	35
图 6-3	用 +10.0 D 镜片时的镜眼距离问题的答案	36
图 6-4	被困船长(你)的远点	37
图 7-1	远视的类型	40
图 7-2	患者 Lisa 的调节范围	41
图 7-3	患者 Prentice 不戴眼镜时的调节范围	41
图 7-4	女士未戴矫正眼镜时的调节范围	42
图 7-5	Sturm 先生的调节范围	43
图 8-1	指出各个类型屈光不正的名称	47

图 8-2	A ± 1D Jackson 交叉柱镜。处方： $R_x = -1.00 + 2.00 \times 045$ 。轴向的正负值见下文	48
图 8-3	两个镜片分别写成屈光力十字线的形式。中间的曲线表示两个镜片叠加	49
图 8-4	将屈光力十字线转换为球柱镜表示，方法是在相应经线上增加等量的、符号相反的屈光力	49
图 8-5	将屈光力十字线图转换为屈光矫正处方	50
图 8-6	+3.00-2.00 × 80 的屈光力十字线图	52
图 8-7	+1.00-4.00 × 80 的屈光力十字线图	53
图 8-8	-5.00+9.00 × 90 的屈光力十字线图	53
图 8-9	检影：光带位于水平方向，垂直扫动	54
图 8-10	检影：光带位于垂直方向，水平扫动	54
图 8-11	+2.00+1.00 × 180 的屈光力十字线图	55
图 8-12	过紧的缝线是如何使角膜变陡的	56
图 8-13	散光导致的深度视觉扭曲。左眼看到左侧的物像，右眼看到右侧的物像时，会产生一种立体感	57
图 13-1	图 2-1 问题 A 中像的横向放大率	72
图 13-2	步骤 1：图 2-8A 中像的放大率	73
图 13-3	步骤 2：图 2-8A 中像的放大率	74
图 15-1	用 $U + D = V$ 确定污点像的位置	84
图 15-2	画出中心光线确定像是直立且放大的	84
图 16-1	分别计算 A ~ E 点的三棱镜偏移距离	86
图 16-2	图 16-1 问题的答案	86
图 16-3	三棱镜将光线拉向基底	87
图 16-4	处方“6 PD@25°”可以导致模棱两可的结果。虽然都是 25° 经线，但是图 A 中为基底向外下；图 B 中为基底向内上	88
图 16-5	斜方向棱镜片的屈光力	89
图 16-6	凹透镜的三棱镜效应示意图	92
图 16-7	利用凹透镜向下看时，物像的移位	92
图 16-8	向右侧看时的像移位。双眼物像的移位距离相等	93
图 16-9	阅读位置的物像移位	94
图 16-10	光学中心移位获得三棱镜效应	94
图 16-11	普通三棱镜和非涅耳三棱镜的比较	95
图 16-12	透镜和眼球的色像差	96

图 17-1	验光仪原理。“ f ”为固定透镜的焦距	99
图 17-2	光学分视法，避免了测量时将刻度尺对准移动目标的需要	101
图 17-3	双目间接检眼镜的目镜将瞳孔间距从 60 mm 缩小至 15 mm	104

表目录

表 1-1	不同物质的折射率	1
表 8-1	快速确定散光类型的方法	53
表 11-1	SRK II 公式中的 A 值	65
表 17-1	放大率和深度失真的计算	105

1

基本原理

什么是透明物质的折射率（refractive index）？

透明物质的折射率是指光线在真空中的传播速度与在该物质中传播速度的比值。

什么物质的折射率小于 1.000？

光线在真空中传播速度最快，因此没有什么物质的折射率小于 1.000。

列出眼球各个组成部分和常用透镜材料的折射率。

见表 1-1。

表 1-1

不同物质的折射率

物质	折射率 (N)
空气	1.00
水	1.33
房水	1.34
玻璃体	1.34
角膜	1.37
晶状体	1.42
有机玻璃 (PMMA)	1.49
光学玻璃	1.52
高折射率晶体	1.6 ~ 1.8

什么是折射定律 [斯涅耳定律 (Snell's law)] ?

$$n \sin\phi = n' \sin\phi'$$

公式中, n 是物质的折射率, ϕ 是光线在该物质中与法线的夹角。通俗地讲, 折射定律确定了光线从一个物质进入另一个物质时, 折射 (偏折) 的程度。光线从低折射率介质进入高折射率介质时, 向法线偏折。也可以这样考虑, 高折射率物质对于光线而言更“硬”, 光线穿过会更困难, 因此光线会选择一条较短的路径。

另一个类比是, 假设列队的士兵沿着柏油路面前进, 柏油路旁是很高的草丛。随着一侧的士兵陆续进入草丛, 他们的速度逐渐慢下来, 于是, 士兵的行进路线 (光线) 即向法线方向偏折 (图 1-1)。

相反, 当光线从高折射率物质进入低折射率物质时, 则向法线相反方向偏折。

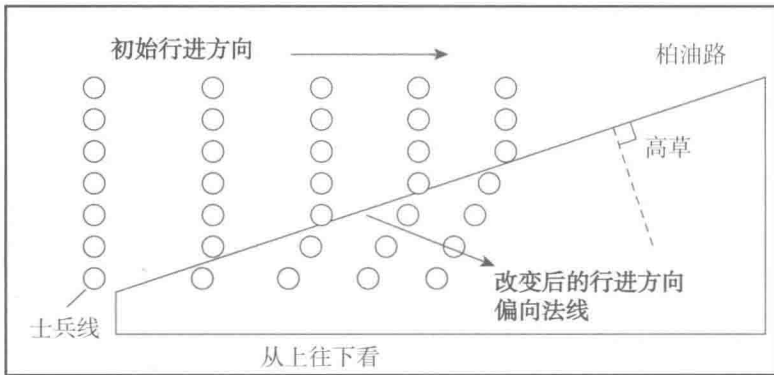


图 1-1 行进中的士兵类似于光线从低折射率物质进入高折射率物质

什么是临界角? 临界角和折射定律的关系是什么?

当光线从一个高折射率物质进入一个低折射率物质时, 光线向法线相反方向偏折 (更趋向于平行于折射表面)。“临界角”的定义为, 当光线偏折后与法线夹角恰好为 90° 时, 入射光线与法线的夹角称为临界角。达到临界角时, 光线方向与折射物质表面重叠, 观察者从任何角度都不能看到该光线。折射定律可以计算任意两种物质之间的临界角。例如, 计算玻璃和空气交界面的临界角时, 将数值代入折射定律: $1.52 \sin \phi = 1.00 \sin 90^\circ$ 。求解 ϕ , 即得到光学玻璃的临界角为 41° 。

什么是全内反射 (total internal reflection) ? 它在眼科学中的重要意义是什么?

当入射光线的入射角度超过临界角, 光线就不会发生折射, 而是完全反射回高折射率物质, 即全内反射。

在人眼中, 从前房角发出的光线在泪液 / 空气界面完全反射回眼球, 于是前房角是不可见的。而前房角镜避免了全内反射这一现象。玻璃和塑料的前房角镜的折射率高于泪液和角膜, 房角发出的光线经镜面 (由 4 片 Goldman 前房角三棱镜组成) 反射后间接可视化, 或者经过 Koeppe 型前房角镜折射后直接可视化。全内反射现象还可应用于光导纤维光源和一些间接检眼镜的目镜镜片。

注意, 如果角膜曲率很陡或者角膜很大, 房角发出的光线到达角膜时可能小于临界角, 房角可以直接被看到。例如, 在一些有圆锥形角膜或者有明显“水牛”眼的患者中, 可以直接观察房角。Koeppe 型前房角镜可将角膜 / 泪液 / 空气界面替换为树脂 / 空气界面; 与此同时, 还改变了原来界面的曲率半径, 使得从房角发出的光线达到透镜 / 空气界面时, 其入射角小于临界角。

试分析光的波动性理论 (wave theory of light) 和粒子性理论 (particle theory of light) 的差异。物理光学中采用哪一个理论? 几何光学中又采用哪一个理论?

因为没有单独的理论可以描述光的所有特性, 于是科学家们用不同的理论来描述光。当需要量化光的某一方面性质时, 就可采用相应的某一理论。物理光学涉及光的波动和光量子 (“颗粒”) 的性质, 而几何光学则将光作为光线并讨论其特征——虽然把光当作一条线是假想的概念, 但这种假设在数学上非常有用。讨论光的波动性质时, 需要具体研究光的频率、速度和波长特性。例如, 当研究光的干涉和偏振现象时, 就需要应用光的波动理论。

粒子或者量子理论涉及光能量和物质之间的相互作用。光的发射和吸收都是以一种不连续的能量“包”(光量子)的形式一份一份地进行。每一份光量子的能量直接正比于频率 [能量 = (普朗克常数) × (频率)]。例如, 荧光素吸收高能量的蓝色光, 发射出低能量的黄色光。

海丁格刷 (Haidinger's Brushes) 和 Titmus 立体检查利用了光的什么基本特性?

偏振。“海丁格刷”是一个内视现象，在强光背景前旋转偏振滤光片，形成持续光刷。光刷看起来像一个以黄斑凹为中心的螺旋桨。Titmus 立体视检查和其他双眼视检查（更不用说全彩 3D 电影）都是利用线性偏振，目标物体的偏振方向互呈 90° 。观察者佩戴偏振眼镜时，两眼镜片偏振方向也相互垂直。每个镜片只能允许一部分来自物体的偏振光线 (polarized light) 通过，形成一个物像；这样，不同的图像分别进入双眼，使双眼视物成为可能。

用一束垂直偏振光线将一个字母投射到屏幕上，再将一个偏振片置于光线路径上。如果水平放置偏振片，屏幕上的图像会怎么样？如果偏振片垂直放置，又会怎么样？

垂直偏振的光线会通过第二种垂直方向放置的偏振片，且实际上，光线不会有任何改变。但是，该光线会被水平方向的偏振片完全阻断。（这里假设光线是线性偏振，而不是圆形偏振。）

为什么偏振眼镜可以降低反射和眩光？

当光线散射（如蓝色的天空）或者反射（如汽车前挡风玻璃）时，会产生部分偏振光，产生偏振的轴向通常为水平方向。偏振太阳眼镜的镜片采用垂直偏振滤光片，从而阻挡了这部分水平方向偏振的反射和散射的光。一些汽车仪表盘、手机和寻呼机采用水平偏振的显示屏，当佩戴偏振太阳眼镜时，会很难看清显示屏。

抗反射镀膜 (antireflection coating) 应用的是什么光学现象？举出一些这种光学现象的其他眼科应用。

相干性和干涉现象。两列相互独立的光波从同一个点光源发出，然后相互重叠，光波的波峰相互叠加，产生最大光强度区域（相长干涉）。在其他区域，一列光波的波峰与另一列光波的波谷相叠加，光波消失（相消干涉）。这样形成的明暗区域交替出现，就称为干涉条纹。相干性用来描述两列光波相互干涉的能力。

抗反射镀膜的厚度为 $1/4$ 波长长度。光线在空气 / 镀膜界面和镀膜 / 镜片界