



普通高等教育“十五”国家级规划教材

全国高等学校教材

供眼视光学专业用

# 眼视光器械学

主 编·吕 帆

副主编·徐 亮



人民卫生出版社

普通高等教育“十五”国家级规划教材

全国高等学校教材

供眼视光学专业用

# 眼视光器械学

主 编 吕 帆

副主编 徐 亮

编 者 (以姓氏笔画为序)

吕 帆 (温州医学院眼视光学院)

金成鹏 (温州医学院眼视光学院)

徐国兴 (福建医科大学附属第一医院)

徐 亮 (首都医科大学附属北京同仁医院)

秘 书

王 教 (温州医学院眼视光学院)

人民卫生出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

眼视光器械学/吕帆主编. —北京:  
人民卫生出版社, 2004. 7  
ISBN 7-117-06243-6

I. 眼… II. 吕… III. 眼病-医疗器械-高等  
学校-教材 IV. R816.97

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 050500 号

---

## 眼 视 光 器 械 学

---

主 编: 吕 帆

出版发行: 人民卫生出版社(中继线 67616688)

地 址: (100078)北京市丰台区方庄芳群园3区3号楼

网 址: <http://www.pmph.com>

E-mail: [pmph@pmph.com](mailto:pmph@pmph.com)

印 刷: 北京市卫顺印刷厂

经 销: 新华书店

开 本: 850×1168 1/16 印张: 14.5

字 数: 337千字

版 次: 2004年7月第1版 2004年7月第1版第1次印刷

标准书号: ISBN 7-117-06243-6/R·6244

定 价: 21.00元

著作权所有, 请勿擅自用本书制作各类出版物, 违者必究  
(凡属质量问题请与本社发行部联系退换)

# 全国高等学校眼视光学专业规划教材

## 出版说明

近十几年来,随着我国眼视光学教育的迅速发展,眼视光学专业在各医学院校相继开办,急需一套规范的教材。全国高等医药教材建设研究会和卫生部教材办公室经过深入调研,决定聘请在本专业有丰富教学经验的专家教授编写出版本套教材。本套教材在编写工作中,遵循培养目标,主要针对本科五年制教学需要,突出眼视光学专业特色,注重全套教材的整体优化。突出教材的三基(基本理论、基本知识和基本技能)、五性(思想性、科学性、先进性、启发性和适用性)的特点。四年制及七年制教学可参考使用。

### 教材目录

1. 视光学理论和方法	主编	瞿佳		
2. 眼科学基础	主编	刘祖国	副主编	赵堪兴
3. 眼视光公共卫生学	主编	赵家良	副主编	管怀进
4. 视觉神经生理学	主编	刘晓玲		
5. 双眼视觉学	主编	王光霁	副主编	崔浩
6. 眼镜学	主编	瞿佳	副主编	姚进
7. 角膜接触镜学	主编	吕帆	副主编	谢培英
8. 眼病学	主编	褚仁远	副主编	张琳
9. 屈光手术学	主编	王勤美	副主编	陈跃国
10. 低视光学	主编	孙葆忱		
11. 眼视光影像学	主编	宋国祥		
12. 眼视光器械学	主编	吕帆	副主编	徐亮

## 眼视光学系列教材编委会名单

名誉主任委员 赵家良

主任委员 瞿佳

委员 (按姓氏笔画排列)

吕帆 温州医学院

孙葆忱 北京眼科研究所

刘祖国 中山大学

赵家良 中国协和医科大学

徐亮 首都医科大学

崔浩 哈尔滨医科大学

褚仁远 复旦大学

瞿佳 温州医学院

秘书 周翔天 温州医学院

# 前 言

眼睛虽是人体最小的器官,但却非常精致、特殊和复杂,既是生物器官,又为光学器官,与其他器官不同的是:眼睛还需要许多特殊的器械和设备进行检测、诊断和治疗。近年来,越来越多的眼视光医疗器械已相继问世并不断发展。因此,《眼视光器械学》作为一门相对独立的课程也应运而生。

眼视光医疗器械日新月异,有关器械方面的研究成果也都以最迅速和成熟的形式进入临床,这就对本教科书的撰写提出了挑战。本教材力图通过对各种眼视光常用器械的基本原理和基本结构的解剖和分析,让学生理解器械结构、仪器参数与使用功能等的关系,做到对器械知其然更知其所以然,知根知底,举一反三。由于本书的内容不仅涉及眼的结构与生理、病理,更多的是介绍有关器械学方面的工学、光学和电学等知识,因此本编者队伍中有从事医学和光学方面的教授,以期达到多学科交叉,更加科学全面之编写目的。本书主要作为医学院眼视光学本科生的专业教材,同时也可以作为眼科住院医师临床参考用书。本书也尝试在表达和编写上符合医学生的学习和接受知识的习惯。

本书的撰写和出版得到了人民卫生出版社的大力支持,也得到了各编者所在单位的支持。本书秘书王教在文稿收集、文字整理、插图设计和修正等做出了巨大努力,众多年轻学者,如温州医学院周翔天等、北京同仁医院陈建华等、福建医科大学郭健等参与了大量的编写工作。本书的完成凝聚了众多人的智慧和心血,在此无法一一列出,谨在此书出版发行之际表达我们的谢意。

吕 帆

2004年5月

# 目 录

第一章 绪论	1
第二章 裂隙灯显微镜及其常用附属仪器	7
第一节 裂隙灯显微镜	7
第二节 裂隙灯显微镜常用附属仪器	12
第三节 裂隙灯显微镜数字化图像系统	18
第三章 角膜形态测量有关仪器	20
第一节 角膜盘和照相角膜镜	21
第二节 角膜曲率计	21
第三节 角膜地形分析系统	28
第四章 验光检测仪器	36
第一节 检影镜	36
第二节 验光仪	43
第三节 摄影验光器械	52
第四节 综合验光仪	58
第五章 眼底检测仪器	64
第一节 检眼镜	64
第二节 眼底照相机	76
第三节 与裂隙灯合并使用的间接眼底镜	82
第四节 扫描激光眼底镜	84
第五节 视神经乳头分析仪	85
第六节 光学相干涉断层成像技术	87
第六章 眼压计	93
第一节 眼压测量原理	93
第二节 眼压计	94

第三节	影响眼压的相关因素	100
<b>第七章</b>	<b>视野计及其检查、判读方法</b>	<b>104</b>
第一节	视野检查原理及方法	104
第二节	视野检查的种类	108
第三节	影响视野检查的因素及视野图的判读	111
<b>第八章</b>	<b>眼镜片和角膜接触镜检测仪器</b>	<b>117</b>
第一节	焦度计	117
第二节	眼镜片和角膜接触镜曲率仪	122
第三节	眼镜片和角膜接触镜厚度仪	125
第四节	与角膜接触镜检测相关的其他仪器	126
<b>第九章</b>	<b>眼科超声仪器</b>	<b>131</b>
第一节	眼科超声诊断的发展简史	131
第二节	超声波概述	132
第三节	超声波的物理性质	133
第四节	超声波的声场特性	137
第五节	超声诊断仪的分辨力	139
第六节	声学参数	140
第七节	眼用超声仪器的主要组成部分	142
第八节	超声诊断操作程序与检查方法	143
第九节	超声检查图像的描述与术语	143
第十节	标准化眼科超声扫描的仪器和检查方法	145
第十一节	眼部疾病的超声检查	146
第十二节	超声生物显微镜	151
<b>第十章</b>	<b>视觉电生理检测仪器</b>	<b>154</b>
第一节	眼电图	155
第二节	视网膜电图	159
第三节	视皮层诱发电位	168
<b>第十一章</b>	<b>眼用激光</b>	<b>176</b>
第一节	激光眼科学基础	176
第二节	眼科激光检测仪	180
第三节	眼科激光治疗仪	186
第四节	准分子激光系统及其技术进展	191



第十二章 双眼视觉测量及视觉训练仪器·····	194
第一节 同视机·····	194
第二节 调节训练相关仪器·····	204
第三节 融像训练相关仪器·····	207
参考文献·····	215
中英文对照索引·····	216

# 第 一 章 绪 论

在现代医学领域,医学检查、诊断和治疗越来越多依赖各种医疗器械的辅助,眼视光学领域也不例外,由于该领域的解剖和生理的特殊性,以及研究和发展较其他领域快,因此其器械技术的发展甚至更迅速于其他医疗学科,走在了医疗器械技术发展的前列,每年都有许多新的技术出现,新的技术改进也在不断发展,这些技术的出现和发展极大推动了眼科和眼视光学的临床和科学研究。作为临床医学工作者,没有相应的医疗器械装备、没有相应的医疗器械知识,就相当于缺少翅膀的鹰。

眼视光学医疗器械日新月异。生产厂家、研究者都在夜以继日地开拓新技术或改进旧技术,研究成果也都以最迅速和最成熟的形式进入临床。但是,万变不离其宗,通过对各种设施的机械解剖和光学分析,其基本原理还是沿用了经典的知识或理论,因此,本教材的特征就是通过对各种常用设施的基本原理和基本结构的解剖和分析,理解其在临床应用的基本功能,从而对不断推陈出新的新技术有扎实的理解和应用基础。

眼科和眼视光学器械种类繁多、类型丰富,如何从如此繁多并复杂的设施和仪器中找到规律是我们学好这门功课的关键,仔细回顾和剖析各种复杂或简单的仪器,我们不难发现其中规律,对于这些规律的认识和学习,可以简化我们对该课程学习的难度。

## 一、眼视光学仪器的基本光学系统

一般来说,眼视光学仪器的光学系统,是由两个部分组成:接收(观察)系统和照明系统。

### (一) 接收系统

接收系统是由以下三个基本系统构成:①望远系统;②显微系统;③摄影、放映(投影)系统。

1. 望远系统 望远系统是帮助人眼对远处图像进行观察的光学系统,观察者对望远镜的像空间的观察代替对本来的物空间的观察。由于望远镜的像空间的像对人眼瞳孔的张角比其在物空间的共轭角大,所以通过望远镜观察时,远处的物体似乎被移近,原来看不清楚的物体能被看清楚了。

望远镜是由两个共轴的光学系统组成的,其中向着物体的系统称物镜,接近于人眼的系统称目镜。当用在观看无限远的物体时,物镜的第二焦点与目镜的第一焦点重合,即两个系统的光学

间隔为零,可以认为,望远镜是由光学间隔为零的两个共轴光学系统组成的无焦系统。归纳起来,望远系统的基本特征是:①由物镜、目镜这两组镜头组成;②物经物镜后,在目镜焦面先成一倒立的实像(中间像);③物在无穷远(或5m以上的实际无穷远),平行光进来平行光出去(图1-1)。

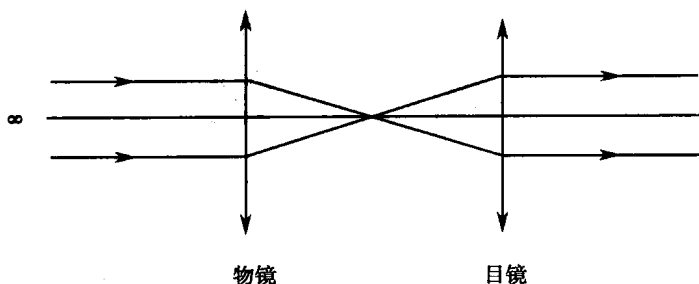


图 1-1 望远系统示意图

2. 显微系统 为观察清楚微小的物体或物体的细节,需要把物体移近眼睛,这样做,增大了物体对人眼的张角,从而可使物体在视网膜上成一个较大的像,然而,当物体到眼睛的距离太近时,由于调节极限问题,反而会看不清楚,也就是说,为明察微小的物体或物体的细节,不但要使物体对瞳孔有足够大的张角,而且还要有合适的距离,显然,对于眼睛来说,这两个要求是相互矛盾的,不过若在眼睛之前另加一个适当的光学系统,放大镜便是这种帮助眼睛观察微小物体或其细节的光学仪器,凸透镜是一个最简单的放大镜。用于观察光学系统所成的像的放大镜,称为目镜,放大镜就是一种简单的目镜。由于我们常常需要放大很多倍,单片镜片的焦距太短,不符合眼睛的工作距离,因此需要组合放大镜,即须采用两个光学系统组成的复光系统来替代单一的放大镜,这种组合的放大镜,称为显微镜。归纳起来,显微系统的基本特征是:①由物镜和目镜两组镜头组成;②物经物镜后,在目镜焦面先成一实像;③物在有限距离,发散光进来平行光出去(图1-2)。

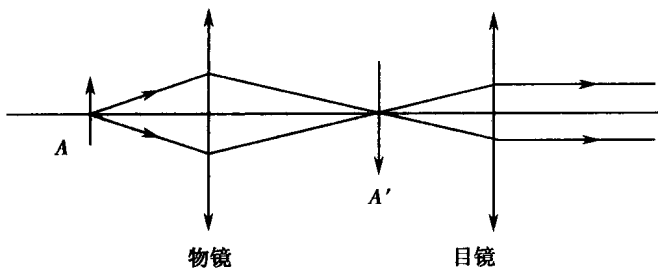


图 1-2 显微系统示意图

3. 摄影放映系统 摄影放映系统的典型就是照相机和电影放映机或幻灯机,其原理是将已经拍摄好的电影胶片或合适的图片和幻灯片放映在较大的银幕上,供人们观赏。在电影机和幻灯机中,主要部分是聚光器和使胶片成像在银幕上的照相物镜。所以,摄影放映系统采用了许多的技术,使得投影成像的质量越来越高,但其基本构成和光学结构还是很经典的。摄影系统和放映系统,为互逆系统。归纳起来,摄影放映系统的基本特征是:①由成像物镜这样一个镜头组成;②物(或像)在有限距离(图1-3)。

## (二) 照明系统

照明系统为三种:①直接照明;②临界照明;③柯拉照明。

1. 直接照明 直接照明的光源没有经过任何光学系统,直接照在被照物面,如视力表灯箱。它的特点是结构简单、原理直观,但是亮度不高(图 1-4)。

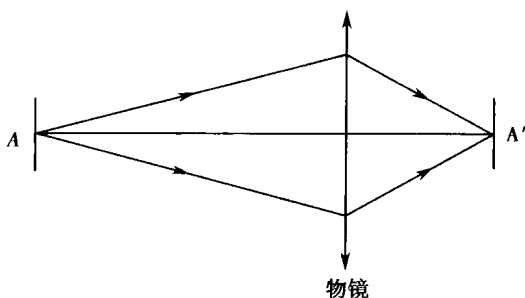


图 1-3 摄影放映系统示意图

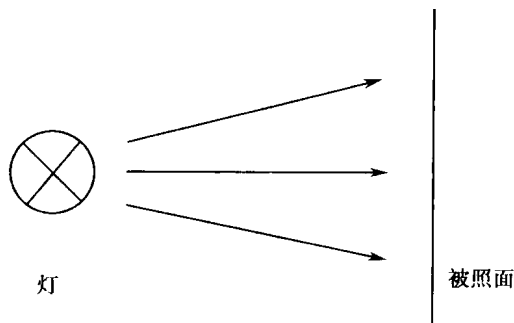


图 1-4 直接照明

2. 临界照明 临界照明指的是灯丝经聚光镜成像在被照明的物面。优点:结构简单。缺点:照明不均匀。如:手持式 Goldmann 眼压计(图 1-5)。

3. 柯拉(Koeller)照明 柯拉照明的特征是:①由聚光镜、投射镜这两组透镜组成;②灯丝经聚光镜成像在投射镜上(也称灯丝光路);③光阑经投射镜成像在被照明面(也称光阑光路)。如裂隙灯、眼底镜(直接)、眼底摄影机等。其特点就是可以控制亮度,可以将亮度提高较大,同时很重要的一条就是照明均匀(图 1-6)。

因此可以这样认为,虽然现代光学仪器技术改进和发明非常多、非常迅速,但其光学系统的基本结构或构成可以用(图 1-7)来总结。

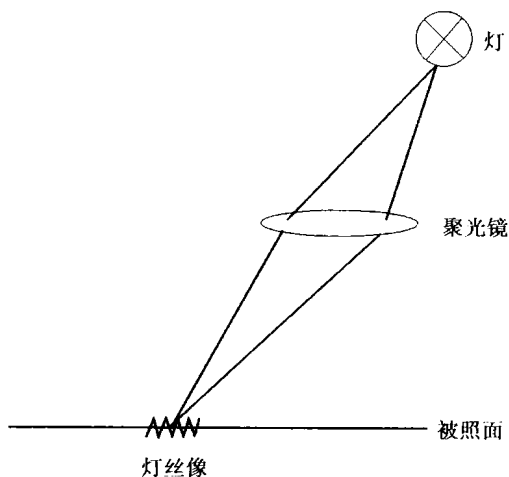


图 1-5 临界照明

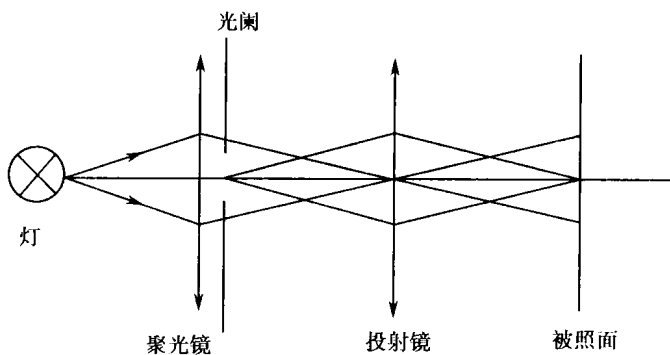


图 1-6 柯拉照明

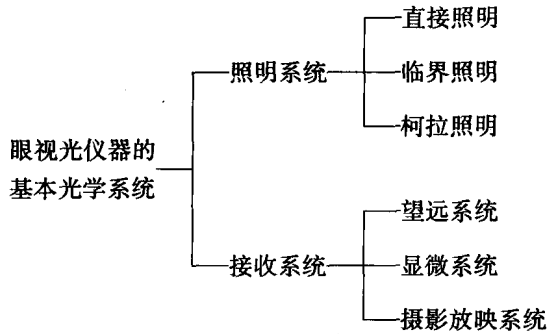


图 1-7 眼视光仪器的基本光学系统

我们可以用一个例子来剖析,以焦度计为例:接收系统部分将前两组镜头看成一个物镜,那么总体上看,相当于一个显微镜系统(图 1-8);如果将后两组透镜组合,焦度计就可看成是由一个放映系统加一个望远系统组成的(图 1-9)。从灯源将目标分划板照亮分析,它的照明为直接照明,即灯直接照明目标分划板。

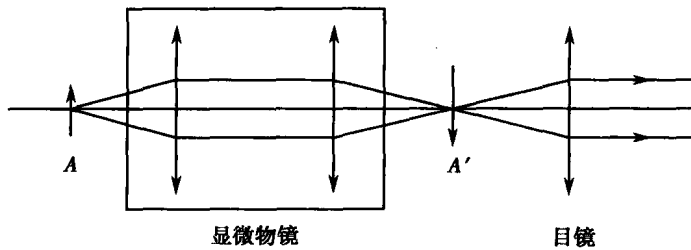


图 1-8 将前两组透镜组合起来看成一个物镜,从总体上看  
焦度计属于显微系统

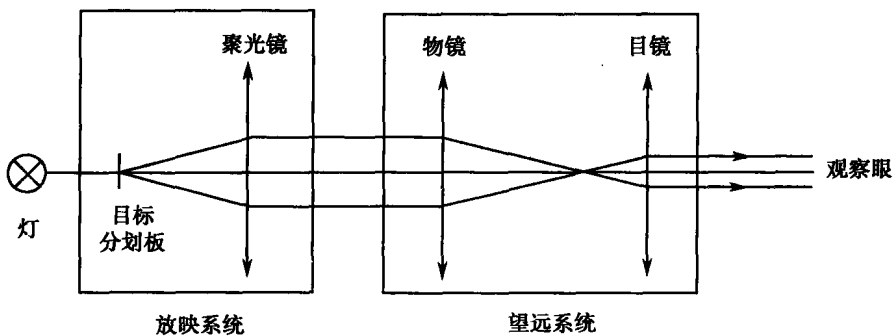


图 1-9 将后两组透镜组合,焦度计就可看成是由放映  
系统和望远系统组成

此外,焦度计的光学系统,实际上同光学验光仪的系统有着共同的结构,通过目标分划板的移动量大小,也可以检测人眼屈光力。所以仪器种类很多,但是基本的东西,往往是相通的。

## 二、眼视光器械的分类

眼视光器械种类很多,可以用不同的角度对它们进行分类。

从使用角度分,可分为:

1. 眼科临床检查、诊断用仪器 如裂隙灯显微镜、眼压计、眼底镜、眼底摄影及其相关的图象系统或造影系统等。
2. 屈光、视功能方面的检测仪 如角膜曲率计,投影视力表、对比敏感度测定仪、综合验光仪、电脑验光仪、检影镜等。
3. 眼镜片、角膜接触镜的检测仪器 如焦度计、基弧仪、投影仪等。
4. 治疗 各种激光治疗仪,包括准分子激光治疗仪等。

从技术角度分,可分为:

1. 传统的眼视光仪器 即在技术上只有光(光学)、机(机械)两种技术组成的仪器。
2. 现代的眼视光仪器 即在技术上由光(光学)、机(机械)、电(电子)、算(计算机)四种技术组成的一体化结构。

## 三、现代眼视光学器械的发展特点

现代眼视光器械发展的一个特点,就是由传统的向现代的发展。以上讲到传统的仪器以光学和器械为主要部分构成,而现代的器械是由光(光学)、机(机械)、电(电子)、算(计算机)四种技术的一体化结构组成。传统的医用光学仪器主要以光机为主,所谓电,仅是为了照明而用的变压器、灯泡及简单电路。20世纪70年代以来,随着微处理机技术的发展,电子探测、控制技术、数字化技术逐渐进入医学领域,这一切使仪器的自动化程度、可靠性、运行程度、可回顾性度极大增高或增快。

系列化和多功能:如手术显微镜,其系列化程度高,能满足各种手术的需要。多功能,如眼底照相机,其视场角由 $30^\circ$ ,发展到 $45^\circ$ 、 $60^\circ$ ,现在已经出现了广角。

附件多:为了扩大仪器功能,大量设计和采用各种附件,如裂隙灯显微镜配置的附件可以测量角膜厚度、眼压、前房角、眼底等;如配以各种照相、摄像和电视技术等。

现代眼视光器械的另一个发展特点,就是由只具有检查功能的仪器,向同时具有检查、诊断和治疗功能的方向发展。

眼视光器械以各种方式来表达眼部情况,以实物放大形式,如各种显微镜;图像形式,如角膜地形图、B超;以增效形式,如眼底血管造影、CT、磁共振等;以参数形式,如电脑验光仪、角膜曲率计、眼电生理等。

这些资料的表达和提供,有助于我们发现问题所在和问题的严重程度,及时做出诊断和处理意见。

现代的眼视光医疗器械不仅包含检测和诊断功能,并在治疗方面有极大发展,如激光治疗是一个革命性发展,激光在青光眼的早期治疗、后发白内障的辅助治疗、眼底疾病的治疗,最大的发展就是激光在屈光方面的应用和治疗。

治疗功能的应用还包括一些功能训练设施,如双眼视功能训练仪器、弱视训练仪等。

基础理论和基础技术是学好眼视光器械学的根本,眼视光学的新技术在飞速发展,在学好基

基础知识的同时,必须关注新技术的出现、发展和临床应用。

眼睛是人体重要的生物器官,又是人眼获取外界信息的光学器官,人眼的检查和各种参数测量不仅直接表达人眼对外界信息的接受情况,其病变的发现不仅说明人眼本身的病理或生理,而且还能表达人的全身的变化,如眼底情况,是判断全身性疾病的重要依据。因此,眼视光器械是医用器械领域的重要部分。

(吕帆)

## 第二章

# 裂隙灯显微镜及其 常用附属仪器

裂隙灯显微镜 (slitlamp microscope) 是眼科常用的检查仪器。它主要用于检查眼前节, 如角膜、结膜、眼睑、前房、晶状体等, 在隐形眼镜配戴评价方面也有很重要的价值, 如果配上一些附件还可以检查前房角、眼底等。

裂隙灯显微镜于 1911 年由 Gullstrand 发明, 1920 年 Vogt 加以改进, 目前世界各国的裂隙灯显微镜都采用 Vogt 的基本原理。瑞士 900 型裂隙灯是 1958 年开始成批生产的, 是一种比较典型的优良结构。德国 1950 年开始成批生产裂隙灯显微镜以来, 已形成系列产品, 性能良好。日本多家企业生产各有特色的裂隙灯显微镜。我国于 1967 年试制成功裂隙灯显微镜, 并投入批量生产, 现在国产裂隙灯显微镜已广泛使用。

激光和计算机技术的发明和发展大大推动了裂隙灯显微镜技术的进步, 裂隙灯显微镜从原来只有光学和机械两门技术组成的光学仪器, 已向光学、机械、电子、计算机四门技术一体化的方向发展, 在功能上从原来的只有检查功能向同时具有检查、诊断、治疗的多功能发展。

### 第一节 裂隙灯显微镜

#### 一、基本结构和光学原理

眼视光器械, 一般都是由接收 (或观察) 系统和照明系统两大部分组成。裂隙灯显微镜的观察系统就是双目立体显微镜, 照明系统就是裂隙灯。

从仪器学的角度看, 裂隙灯显微镜也属于显微镜类光学仪器, 只不过这种显微镜的照明系统设计特别讲究, 并且具有较多的功能, 适应于眼部的检查, 可以说裂隙灯显微镜是一种专用显微镜。

裂隙灯显微镜的基本结构由双目立体显微镜、裂隙灯、滑台、头靠、工作台 (或底座) 五大部件组成。它的外形如图 2-1 所示。

裂隙灯显微镜的光学原理是: 将具有高亮度的裂隙形强光 (裂隙光带), 持一定角度照入眼的被检部位, 从而获得活体透明组织的切片; 通过双目立体显微镜进行观察, 就可看清被检组织的细节。裂隙灯显微镜检查之所以能看清楚被检组织的细节, 是切片所包含的超显微



质点(就是那些小于显微镜分辨极限的微小质点)产生了散射效应。实际上,裂隙灯显微镜的光学原理,相当于普通暗视场生物显微镜的光学原理。

## 二、照明系统

眼视光器械的照明方式,可分为三种类型:直接照明、临界照明、柯拉照明。其中柯拉照明是最常用也是最重要的照明方式。通过学习来了解并熟悉柯拉照明非常重要。裂隙灯显微镜的照明系统,要求是能产生一个亮度高、照明均匀、裂隙清晰而且宽度可调的照明效果。为了达到这个要求,几乎所有的裂隙灯都选择了柯拉照明方式。裂隙灯显微镜的照明系统,是典型的柯拉照明。如图 2-2 所示。

柯拉照明的特征是:由聚光镜和投射镜这两组透镜组成;灯丝经聚光镜成像在(或接近)投射镜上,裂隙(或光栏)通过投射镜成像在眼被检部位(定焦面)。

投射镜的直径通常都是较小的,这样有两个好处,首先它减少了镜片的像差,其次增加了裂隙的景深,从而提高了眼的切片的质量。

裂隙的宽度通过一个连续变化的机械结构来控制,裂隙的高度可以利用裂隙前的一系列光圈的变化而达到非连续变化的效果,或者利用螺旋形光栏来达到连续变化的效果。在照明光路

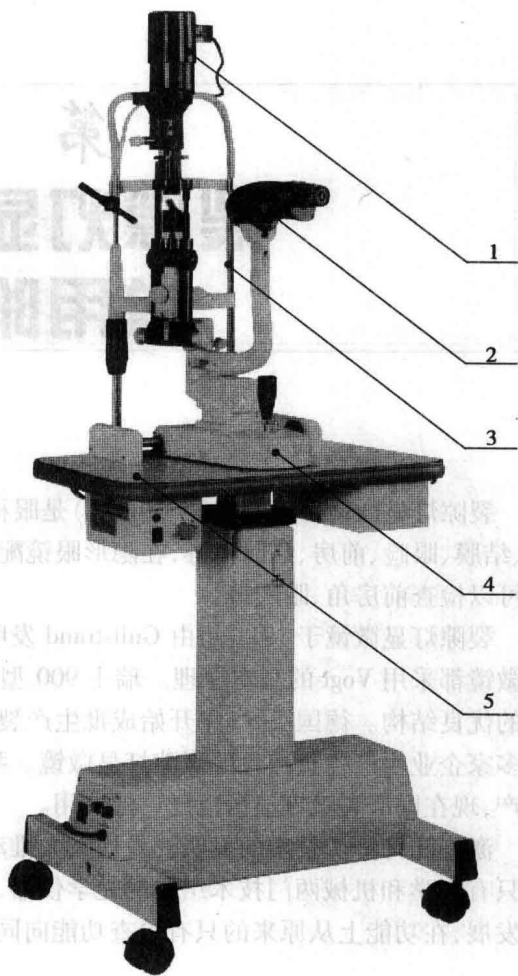


图 2-1 裂隙灯显微镜

1. 裂隙灯 2. 显微镜 3. 头靠 4. 滑台 5. 工作台

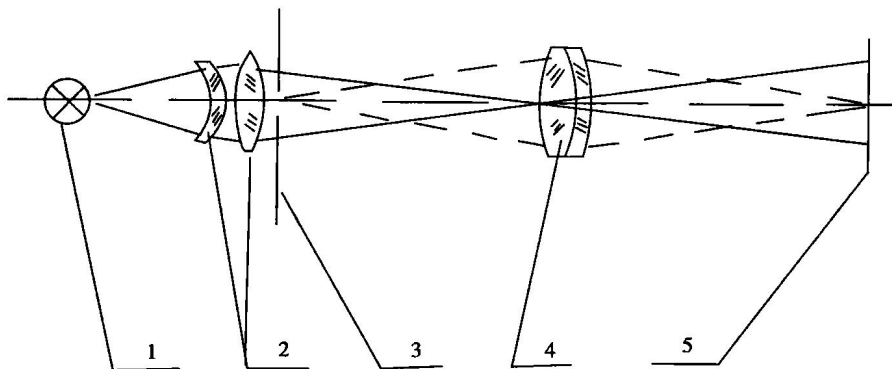


图 2-2 柯拉照明系统

1. 光源 2. 聚光镜 3. 裂隙 4. 投射镜 5. 定焦面