

# 一本教会研究生光学设计的书

## ——《近代光学系统设计概论》

庄松林

(上海理工大学光学与电子信息工程学院 上海 200093)

2019-09-26收到

DOI: 10.7693/wl20200511

由宋菲君、陈笑和刘畅编著的《近代光学系统设计概论》最近由科学出版社出版(图1),出版之后即受到科研工作者特别是研究生的好评。

### 在光子学时代,“光引擎”的应用领域更加广泛

正如教育部光电信息科学和工程专业委员会主任、浙江大学教授刘旭在书中“序二”所述,光学从来没有像现在这样与社会休戚相关。从巨大孔径的天文望远镜、激光核聚变点火系统、航空航天多光谱摄影、光通信、半导体光刻机、各类实验室用科研设备仪器、医疗仪器,到投影机、复印机、显微镜、单反照相机、手机照相机,光学成像系统构成了各类设备获得图像信息的基本单元,又称“光引擎”,其性能和成本对设备总体的影响非常大。



图1 近代光学系统设计概论

### 科研实验和工程应用需要大量定制光学系统

除各类标准的仪器之外,在科研和工程中还需要大量定制光学部件、装置(custom design),用以搭建实验系统和原理样机。例如带分光棱镜的准直镜,不同目标尺度、不同物距的远心物镜,激光定倍、变倍和多波段扩束镜,LED准直-照明,半导体激光器椭圆光斑的精密校正镜,各类激光测距-跟踪系统,生命科学样品的荧光成像系统,AR-VR成像系统,大视场监测,会议视频系统,3D打印变形光学系统等等。这些或易或难的定制组件、部件和系统需求很大。由于用途不同,技术指标差别很大,在市场上很难买到。从光学公司购买各种“off-the-shelf”元件和组件自行搭建的系统,常常是勉强拼凑,效果不好,未必能达到预定指标。

### 光学设计的进展演变

20世纪90年代以前,光学设计还掌握在少数专业设计师手中。由于像差方程组没有解析解,且高级像差复杂而不可预知,任何一个中等以上复杂程度系统的设计都很难入手,像差平衡优化都颇费时日,至于通过“换玻璃”获得优秀像质的操作,基本上是设计大师们的专利。

进入21世纪,由于计算机和先进光学设计软件(例如ZEMAX)的开

发,光学设计发生了重大的变化。此外,大量镱冕(LaK)、镱火石(LaF)、重镱冕(ZLaF)和特种光学玻璃研制成功和批量投产,使得玻璃参数折射率 $n$ 和色散系数阿贝数 $\nu$ 变成“准连续”的参数参与优化,加速了光学设计向自动设计转化,大大提高了效率,降低了设计师的“门槛”。

### 研究生成为定制光学系统设计的主体

将所有定制设计任务交由专业的设计师承担并不现实,不仅有成本问题,更有效率问题。目前,各专业研究生,包括物理和应用物理专业的研究生,逐渐成为各类定制光学部件、系统的主流设计人员。对于设计软件,他们上手快,但缺少系统、规范的光学设计训练,相当比例的研究生没有系统学习过“应用光学”课程。ZEMAX只是设计软件,仅仅会使用设计软件显然不够。广大研究生迫切需要一本论述清晰、规范、容易自学、上手快、包含尽可能多光学设计实例的实用型教材。

### 研究生书桌上的自学教材、科研工作者案头的光学手册

这本书的主要读者群,正是理工科各专业(不限于光学工程)的研究生、科研人员和工程师。撰写宗旨就是“让研究生掌握光学设计”。

#### 书籍特点:

(1) 宗旨: 本书创导“凡是计算

机能做的事尽量交给计算机去做。”

(2) 内容：本书涵盖了从准直镜、复消色差航摄物镜、柯克、天塞、双高斯远摄、反远摄(图2)、远心、广角和超广角、投影、变焦、 $f-\theta$ 扫描、目镜、显微物镜、激光耦合-扩束、整形、折反、红外等各类经典的透镜系统，并介绍了激光测距仪(图3)的总体设计。

(3) 设计方法、流程和实例：对于每一类透镜，都给出简练、规范的设计方法和流程及大量实例，并详细介绍评价函数的设置，以及像质评价标准。

(4) 物理模型：由数个部件复合而成的复杂系统，例如远摄、反远摄、远心、投影、变焦等，均为光学设计的难点。书中系统介绍了如何根据课题要求，建立理想光学模型作为初级近似，依此选定初始结构，通过优化达到初级像差和高级像差的恰当平衡。正确的理想光学模型，总是使系统平稳、快速收敛，获得符合要求的设计结果。建立物理模型是本书的一个重要的特点。

(5) 附录：附录邀请了各单位专业人员撰写光学玻璃、光学加工、测量、镀膜、反射棱镜，以及公差设定、光学零件图画法等，供初学光学设计的研究生参考。

《近代光学系统设计概论》第一作者宋菲君1966年毕业于北京大学物理系，曾三次担任显微镜的主任设计师，主持设计了多款物理光学仪器系统的开发。特别是担任大恒新纪元科技股份有限公司副总裁兼总工程师期间，与美国、欧洲的许多客户及光学设计师交流，设计了多种光学系统和部件，大部分投产出口，应用领域非常广泛。这本书由他和美国光学设计师 Steve Arnold 共同策划，写作过程中参考了美国

的著名光学设计专著和教材。书中的大部分设计实例，正是上述已投产的物镜的修改简化版。

本书作者曾先后在北京信息科技大学为本科二年级学生讲授光学设计课程，在中国科学院大学、中央民族大学、北京工业大学为研究生讲授光学设计课程(48-64学时，含课程设计)，并为中国科学院光电研究院和国防科技大学开设光学设计短课程(15课时)。讲课时间和课堂设计实践时间大体为1:1，均获得很好的效果。听课的教师对教学效果非常赞许，相当部分学生毕业后从事与光学相关领域的研发设计工作。

我和宋菲君教授认识多年，对他非常了解。我们曾一起出国参加国际会议，一起到美国做访问学者，经常交流合作。特向读者推荐这本书，建议读者认真研读，做完练习，就可以初步学会各类光学系统的设计方法，为进一步的研究和工程设计打下基础。

本书“后记”中，宋菲君回忆了自己在上海市复兴中学读高一时和同学自制开普勒望远镜，观察到木星的四颗伽利略卫星和土星的光环，其外祖父丰子恺送给他一幅

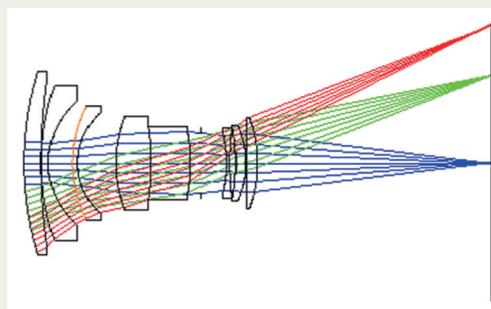


图2 反远摄物镜

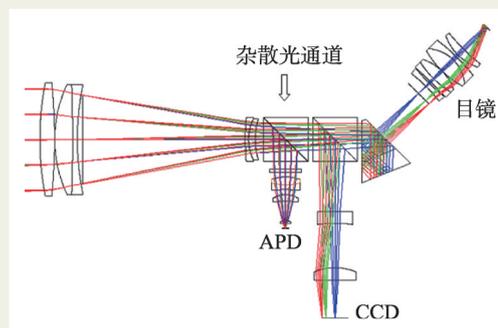


图3 激光测距仪

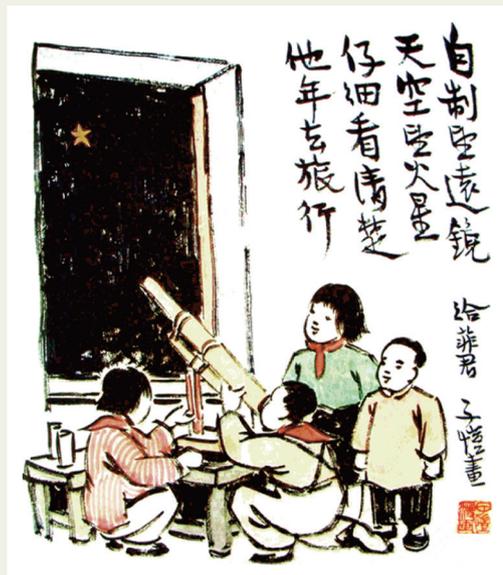


图4 丰子恺先生画作“自制望远镜”

画：“自制望远镜，天空望火星，仔细看清楚，他年去旅行”。我想，这正是宋菲君几十年从业生涯的起点。至于艺术大师丰子恺当年为什么鼓励外孙“弃文从理”，也许是一个永远解不开的谜了。