

基于 ZEMAX 软件的光学设计教学改革探索

李澜^{*}, 王凤超, 张灿云, 孔晋芳, 陈进
上海应用技术大学理学院, 上海 201418

摘 要 : 光学设计是一门古老而又崭新的学科。随着计算机技术的发展, 应用光学设计软件辅助光学设计已成为实现各种光学系统的非常重要的实用技术。为了更好的改进课堂教学效果, 引入基于 ZEMAX 光学设计软件的光学设计教学改革, 同时利用在线开放课程作为辅助教学工具, 从课程内容、课堂组织形式、在线课堂延伸手段多样化方面进行改革。首先, 对课程内容实施理论学习和实践应用相结合的手段, 以巩固学习效果; 其次, 通过分组式教学方法和实践学习相统一, 来调动学生课堂学习的自主性; 最后, 通过课堂学习与线上研究型实践相连接, 以拓展和提升学生的创新学习能力。总而言之, 通过三方面的教学改革, 希望能够提高学生计算机辅助光学设计的综合应用能力, 满足社会对人才的需求。

关 键 词 : 光学设计; ZEMAX; 分组教学; 研究型

Exploration Of Optical Design Teaching Reform Based On ZEMAX Software

Li Lan^{*}, Wang Fengchao, Zhang Canyun, Kong Jinfang, Chen Jin
College of Science, Shanghai Institute of Technology, Shanghai 201418

Abstract : Optical design is an ancient and new discipline. With the development of computer technology, the application of optical design software to assist optical design has become a very important practical technology for achieving various optical systems. In order to better improve the effectiveness of classroom teaching, an optical design teaching reform based on ZEMAX optical design software is introduced. At the same time, online open courses are used as auxiliary teaching tools to reform from various aspects such as course content, classroom organization form, and online classroom extension methods. Firstly, implement a combination of theoretical learning and practical application of course content to consolidate learning effectiveness; Secondly, by combining group teaching methods with practical learning, we can stimulate students' autonomy in classroom learning; Finally, by connecting classroom learning with online research-based practice, we aim to expand and enhance students' innovative learning abilities. In summary, through three aspects of teaching reform, we hope to improve the comprehensive application ability of students in computer-aided optical design and meet the demand for talents in society.

Key words : optical design; ZEMAX; teaching in groups; research-based

《计算机辅助光学设计》是上海应用技术大学光电科学与工程专业的专业核心课程之一, 是工程光学后续的应用课程^[1]。我们知道, 工程光学是一门古老而又崭新的学科。它的古老在于早在战国时期《墨经》就记载了有关小孔成像的知识。它的崭新是因为这门学科随着计算机技术的发展和进步、优化工具和评价方法的更新, 衍生出的计算机辅助光学设计始终保持着与时俱进的先进性。具体表现在光学设计已经交叉融入多个战略性新兴产业当中, 比如载人航天、探月探火、深地探测、超级计算机、卫星导航、量子信息、核电技术、生物医药等方面都有应用^[2]。另外, 为了适应当前全社会对应用创新型人才的需求, 并结合我校应用型创新人才培养特色和光电科学与工程专业特点, 积极推进各课程的教学改革。

一、教学现状及分析

上海应用技术大学的光电科学与工程专业的《计算机辅助光

学设计》是属于专业必修课, 以《应用光学》和《物理光学》为基础^[3], 三门课程授课团队由六名教师组成。在明确本学科人才培养目标的基础上, 制定了《计算机辅助光学设计》的教学大纲,

基金项目: 2022年上海应用技术大学“《计算机辅助光学设计》课程思政领航课程”(1021ZK22000100468-A22)

* 作者简介: 李澜(1978-), 女, 汉族, 甘肃天水市人, 毕业于北京师范大学, 毕业专业: 物理化学, 现就职于上海应用技术大学, 博士, 副教授, 研究方向: 应用光学及光学设计, 材料设计及计算

确定教学目标及任务,通过课堂教学和课下学院科研团队设立实验的两个主要环节,使学生掌握物理光学和应用光学中的概念、基本光学原理与定律,学习和熟悉典型光学仪器的结构和原理,提升学生用工程光学知识解决工程问题的能力。教学团队通过研究和讨论的形式对当前存在的教学问题进行了分析,认为主要有三类问题需要进行教学改革。第一类问题,主要是《应用光学》和《计算机辅助光学设计》分开在上下两学期进行,理论和软件辅助的光学设计上机实践时间上有所脱节,导致学生在实践课程中需要不断回顾理论知识,影响学习效率和效果。第二类问题,是应用光学课堂教学中的大量理论分析和公式推导,使得学生在学习过程中感到枯燥,且有畏难情绪,主动性不高。而计算机辅助的光学设计实践课又必须以这些理论为基础和指导,对这些理论知识在上机实践中的应用,学生通常会感到困惑和力不从心,最明显的表现是理论和实践联系不起来。第三类问题,现代工程师的培养任务应当由个人独立学习转变到分组合作,因为单打独斗能完成的项目屈指可数,合作共赢已经成为团队完成任务的必要条件之一,且组内同学作为一个团队,相互协作才能共同学习共同成长。对于一个比较复杂的设计任务而言,也就是说要让每一位学生积极参与到系统的构思、设计、实现和运行中的全部过程。另外,结合创新创业、第二课堂、教师科研及学生毕业论文等实践环节,提高学生实践动手能力,培养学生独立分析问题、解决问题的能力,以提升学生自身的创新创业能力及工程训练能力,从而为学生在未来更好地从事光学设计方面的工作打下坚实基础。为此,本文从光学设计软件在计算机辅助光学设计课程的实践教学中所发挥的作用,对该课程实践教学部分存在的问题进行了研究和解决方案探索。

二、课程教学改革

针对以上提出的计算机辅助光学设计教学中存在的问题,结合教师教学和学生学习的实际情况,制定了如下三个方面的课程教学改革方案。

(一) 理论学习与实践应用相结合

由于学生先学《应用光学》,后学《计算机辅助光学设计》,这两门课程的安排是在上下两个学期,应用光学是光学设计的基础,计算机辅助光学设计是应用光学的实践,前后安排肯定是合理的^[4]。而且,两门课程在内容上有交叉,比如像差和典型的光学系统设计两门课中都有涉及。然而,应用光学和计算机辅助光学设计安排在上下两个学期,导致学生学习理论知识和实践应用在时间上有所脱节,学生在实践应用上出现生疏和困惑,导致学习效果欠佳。为了解决以上理论和实践相脱节的问题,并基于学生对两门课程学习的效果的了解,提出以下的分析和解决方案。首先,两门课的任课老师是属于光电科学与工程专业的同一个教学团队,可以共同备课,对于理论和实践紧密结合的内容,在理论课学习完成后,有针对性地开发出相应理论知识点的实践模块,引入 ZEMAX 软件,当然一开始可以把实践模块放在第二课堂进行,以达到理论学习和实践应用的有机结合。其次,理论学习和

实践模块有机结合模式有一定成效,且反馈良好时,可以借修订人才培养方案的机会,对课程内容和时间安排上做相应调整,如像差理论部分学习结束后,可以将各种像差在 ZEMAX 软件中呈现,以加深学生对这部分抽象内容学习的印象。另外,平衡像差及像差的应用的等模块可以安排在第二课堂,从而将像差理论和 ZEMAX 软件的实践有机结合,以丰富应用光学课堂学习,提高学生的学习效率^[5]。所以,通过理论学习和相应内容 ZEMAX 软件的实践相结合的改进,夯实学生应用光学的基础,并提升实践动手能力。另外,通过修订人才培养方案,让理论学习和实践应用紧密结合,提高两门课程的学习效果。

(二) 分组式教学方法和实践学习相统一

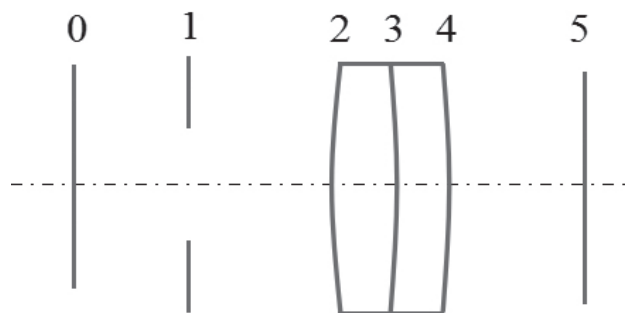
应用光学中有大量理论分析和公式推导,学生在学习过程中会感到枯燥和缺乏兴趣。但除了理论学习之外,还有几部分是关于人眼、显微镜、望远镜、照相机等典型的光学系统,这些内容在基于 ZEMAX 软件的光学设计课中会逐一进行实践^[6]。当然理论分析及公式推导,是典型光学系统实践的基础。由于每个典型的光学系统既相对独立,又有机的组成光学设计的主要实践内容。因此,可以根据每个典型的光学系统,对学生进行分组教学,这种分组自然而然地可以延伸到基于 ZEMAX 软件的光学设计实践中。分组教学中,教师变成了组织者,每一组学生都是一个团队,有一个共同的主题,而每个学生都变成了主讲人,这样会让每位学生都有参与感,提高学生学习的积极性。同时,基于 ZEMAX 软件的光学设计实践分组中,每一个学生成了主创人,一个组有一个共同的主创内容,每个团队可以将基于 ZEMAX 的光学设计结果以图形甚至是动画的形式展示出来,充分调动每一位学生的学习和创作热情。分组后,基于团队而完成的某个典型光学系统的设计,最终都会应用到应用光学中学习的理论分析及大量公式,这样会极大地巩固每位参与创新的学生理论学习的基础。例如,我们在基于 ZEMAX 的《计算机辅助光学设计》实践课中,对学生按照主题进行分组,最后的设计结果也在不同分组间进行评比,让学生相互打分,现场讨论气氛热烈,甚至出现辩论的效果,极大地调动了学生学习的热情和兴趣。另外,让设计结果优秀的团队分享经验和心得时,发现团队要实现和创作一个优秀的设计作品,必须每一位成员都要参与到光学设计中,群策群力、相互协作、不断优化设计结果,这样的过程必然充分调动了学生学习和创作的积极性。因此,将分组式教学方法统一地应用到理论和实践学习中,可以充分调动学生的学习积极性,从而提高学习的主观能动性,并且培养学生的团队协作精神。

(三) 课堂学习与线上研究型实践相连接

基于 ZEMAX 软件的光学设计课程,已经在学习通平台建立了线上第二课堂。线上课堂包括自编教材《光学设计实用技术》的电子版,以自编教材为基础并覆盖课程内容各知识点和案例的全部音频、课内实验、课外补充材料、试题库等资料。由于应用 ZEMAX 软件进行光学设计,便于将课堂学习与研究性实践相连接。比如对典型的光学系统部分的教学,课堂学习可以按照人眼、显微镜、望远镜、照相系统等不同的光学系统进行分组,分组讨论和补充材料的学习可以放在线上。ZEMAX 软件进行光

学设计的结果可以放到线上展示，软件设计结果的评论和改进都是开放式进行的。这样，将课堂的分组学习和线上研究型实践相连接，不仅提升了学生的探索精神，也有利于提高分工协作、群策群力解决问题的能力。下面，我们将以双胶合透镜的设计为例进行说明。

对于典型光学系统设计部分，由于双胶合透镜在多种光学系统中有非常重要的作用，而且很多的单透镜都是由双胶合透镜分离而来的，也就是说双胶合透镜是光学系统的基础。其结构示意图，如图1所示。



0 物面；1 光阑；2 透镜前表面；3 胶合面；4 透镜后表面；5 像面

> 图1 双胶合透镜的结构示意图

图1中双胶合透镜的结构示意图，说明双胶合透镜本身是由三个面构成，而在 ZEMAX 光学设计软件中需要六个面，才能给出一个光阑面独立的双胶合透镜。当然，在光学设计软件中设计双胶合透镜时，可以按照我们总结的基本流程进行，即：系统参数输入→初始结构创建→优化变量设置→评价函数设置→优化→成像质量分析→系统改进提高设置→再优化。学生完成基本的双胶

合透镜后，可以将胶合面间加入空气间隙，也就是增加一个空气面，便增加了变量，可以继续优化了^[7]。

另外，课堂内对典型光学系统教学时，按照人眼、显微镜、望远镜、照相机等系统进行了分组，而这些系统中都涉及双胶合透镜或者双透镜组。因此，在线上可以按照课堂内的分组，对这些系统中的双胶合透镜或双透镜组进一步用 ZEMAX 软件进行设计和优化，优化的结果必须满足不同的光学系统设计要求及功能，最后装配成相应的光学系统。这样课内分组学习和线上软件实践相连接，在线上用 ZEMAX 软件对各光学系统的设计可以更深入地研究，不受课时的限制，最大限度地激发学生的学习热情和兴趣。最终，在线上对分组的光学系统设计进行相互评价和打分，可以计入平时成绩。

三、结语

针对光电科学与工程专业的本科教学，以上是我们教学团队经过多年的应用光学及光学设计实践教学摸索和总结的教学方法。在以后的教学改革实施过程中，首先，通过课堂教学和 ZEMAX 软件实践相结合，以提高学习效率；其次，通过课堂内按照内容和 ZEMAX 软件实践相统一的分组学习，以提升学生的团队协作精神，来达到共同进步的效果；最后，利用线上学习的资源，融入研究型教学方法，线上可以有机连接课堂学习，以提高学生的综合应用能力，满足社会对人才的需求。在今后的教学工作中，会坚持进行教学改革和创新，利用新的教学手段和资源，不断改进教学内容和教学方法，紧跟时代的步伐，为社会培养出更多、更优秀的创新性人才。

参考文献

- [1] 郁道银, 谈恒英. 工程光学 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2006: 25-27.
- [2] 李林. 应用光学 [M]. 北京: 北京理工大学出版社, 2010: 148-170.
- [3] 季雷, 贾志超, 李新华, 许薇, 陈祥. 《像差理论与计算机辅助光学设计》课程教学改革研究与实践 [J]. 中国多媒体与网络学报, 2022, 71-73.
- [4] 赵书涛, 李艳梅, 王丽萍, 武山, 张志国, 张开银, 吴言宁. 结合 ZEMAX、Matlab Gui 编程提高应用光学的教学质量 [J]. 大学物理实验, 2016, 29(6): 134-137.
- [5] 许晓斌, 杨秀珍, 郑飞杰, 高忠坚, 张锐戈. 基于 ZEMAX 软件的光学仿真实验平台的设计探究 [J]. 洛阳师范学院学报, 2022, 41(5): 27-30.
- [6] 张颖, 牛燕雄, 冯丽爽, 孙军华. “工程光学(上)”的研究型教学方式改革探索 [J]. 教育教学论坛, 2020, 22(5): 228-227.
- [7] 李澜, 邹军, 王凤超, 居家奇. 光学设计实用技术 [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2019: 148-162.