

# Application of Optical Design Software Zemax in Engineering Optics Course Teaching

Yiqing Cao\*, Zhijuan Shen, Zhixia Zheng

School of Mechanical and Electronic Engineering, Putian University, Putian Fujian  
Email: \*499069078@qq.com

Received: Feb. 12<sup>th</sup>, 2019; accepted: Feb. 26<sup>th</sup>, 2019; published: Mar. 5<sup>th</sup>, 2019

---

## Abstract

Engineering Optics course is the core course of the control technology and instrument, and has the characteristics of more formulas and fairly theoretical; it plays a very important role in the professional learning. The traditional method of teaching of the course pays attention to the derivation of the formula and the explanation of the abstraction, and thus students have a great difficulty in understanding and mastering. In order to adapt to the transformation of the university to the practical undergraduate university, and train the professional talents with strong practical ability and self-study ability, Zemax software is applied to the process of the explaining the important knowledge of Engineering course. According to the method of Zemax software simulation, the students' understanding of optical knowledge and the practical application ability of the knowledge are improved, and improve the teaching quality and meet the training goal of the practical talents.

## Keywords

Zemax, Engineering Optics, Practical Talents, Aberration

---

# 光学设计软件Zemax在《工程光学》课程教学中的应用

曹一青\*, 沈志娟, 郑志霞

莆田学院机电工程学院, 福建 莆田  
Email: \*499069078@qq.com

收稿日期: 2019年2月12日; 录用日期: 2019年2月26日; 发布日期: 2019年3月5日

\*通讯作者。

## 摘要

《工程光学》课程是测控技术与仪器专业的一门专业核心课程，具有公式较多以及理论性较强的特点，它在专业学习中占有非常重要的地位。该门课程传统的教学方式是注重公式的推导和抽象概念的讲解，学生在理解和掌握上具有较大的难度。为了适应学校向应用型本科高校转型，培养具有实践能力强和自学能力强的专业型人才，在《工程光学》课程重要知识点的讲解过程中引入光学设计软件Zemax，通过Zemax软件仿真的方法提高学生对光学知识的理解以及对知识的实际应用能力，从而达到提高教学质量和满足应用型人才的培养目标。

## 关键词

Zemax, 工程光学, 应用型人才, 像差

Copyright © 2019 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

根据联合国教科文组织《国际教育标准分类》的框架，高等教育可以分为三种基本类型：学术型研究大学、应用型本科院校和职业型技能型院校[1]。近些年，我国的应用型本科院校的数量不断扩大且分布范围较广，这类高校的主要目标是培养地方需要的应用型人才和地方经济社会发展服务为主体任务。为了确定自身的办学定位，莆田学院在2016年就印发向应用型转变试点方案的通知，大力实行向应用型本科院校转型，把该目标办成学校的特色。在这种背景下，提高学生的专业知识的应用能力和实践能力是实现普通高校向应用型本科院校转型的主要任务。因此，亟需根据各个专业学生的实际情况来对相关的课程进行教学改革。

莆田学院(以下简称“我校”)测控技术与仪器专业旨在培养具有“光学、机械学、电工电子学、计算机科学、自动控制”等宽厚专业理论知识，同时具有较强的工程实践能力和开发设计能力，并且能够不断更新该领域的新理论和新技术的开发应用型人才。根据我校的“测控技术与仪器”专业的2016版人才培养方案的要求，面向该专业大二年级的本科生开设《工程光学》作为专业必修课程，设置理论课40学时、实验课8学时，旨在通过该课程的学习学生应能对光学的基本概念、基本原理和典型系统有较为深刻的认识，为学习光学设计、光信息理论和从事光学研究打下坚实的基础。

根据我校以“应用型、地方性、开放式、特色化”为办学定位，致力于培养作为基层骨干的特点。目前莆田学院正处于应用型转型的关键时期，如何提升学生在光学方面的理论知识和实践能力，如何培养出高水平的光学类技术人才，如何将课程中的比较抽象和复杂的光学概念，比如光学系统的像差理论、光的干涉和衍射等，尤其是像差理论，公式比较复杂。对于这些光学的知识点，学生接受程度下降，导致学习的积极性不高，有可能还会产生反感并失去对该门课程的学习动力等问题[2][3]。基于此，本文提出了应用型转型背景下的《工程光学》课程的教学改革与研究。本文就是应用较普遍的光学类软件Zemax作为《工程光学》课程教学的一种辅助教学工具，结合Zemax的仿真来加深学生对知识点的理解，从而不断提高学生的工程实践能力和自我创新能力。有质量地提升教学的成效，培养出符合学校定位的应用型人才。

## 2. 光学设计软件 Zemax 的仿真平台

Zemax 光学设计软件是由美国 Focus Software Inc.所发展出的一套综合性的模板、分析和辅助设计光学系统程序,它将光学系统的设计概念、光学系统建模、光线追迹计算、像差分析、优化、公差分析以及报表整合在一起,不仅是一套辅助设计软件,更是综合性能强的光学仿真设计软件。Zemax 光学设计软件可做光学组件设计与照明系统的照度分析,也可建立反射、折射、衍射等光学模型,并结合优化、公差等分析功能,是一套可以运算序列、非序列及混合序列的成像系统和非成像系统的软件。它不只是透镜设计软件而已,更是全功能的光学设计分析软件,具有直观、功能强大、灵活、快速、容易使用等优点。因此 Zemax 软件在光学设计领域中如透镜设计、照明设计及激光光路设计等都有着广泛的应用[4] [5]。

应用 Zemax 软件来对光学系统设计的流程是根据已知的光学系统结构参数,通过 Zemax 软件的仿真平台建立的光学系统结构模型,能够应用光线追迹方法计算出相关的质量参数,还可以按照一定的优化条件对系统结构进行优化设计。该种光学设计软件可以让学生比较直观和形象地知道光学系统的搭建步骤、像质评价指标、各类像差在点列图的形状、像差的控制等各个过程。

## 3. 光学设计软件 Zemax 在《工程光学》课程教学中的应用实例

在《工程光学》课程教学过程中,为了能够将抽象复杂的理论知识进行直观化,让学生更好地理解和掌握;在课堂教学中借助于 Zemax 软件来进行辅助教学[6]。由于影响光学仪器工作性能好坏的最重要的因素是仪器中的光学系统的成像性能,而像差分析是处理它的重要工具;并且像差的概念比较抽象以及计算公式推导比较复杂,因此在下面光学系统的像差为例,通过 Zemax 软件仿真来向学生讲解像差的相关知识点,使得像差的一些抽象的概念及现场变得更加直观。因此应用一个光学系统来对其进行分析。

在进行光学系统模型搭建之前,需要知道系统的结构参数,包括系统的各个光学面的曲率半径、光学面间隔、光学材料和孔径光阑尺寸等参数。以一个全视场角为  $160^\circ$ 、F 数为 2 的鱼眼镜头系统为例[7],应用光学设计软件 Zemax 对其进行光学系统的搭建[8];如图 1 所示。

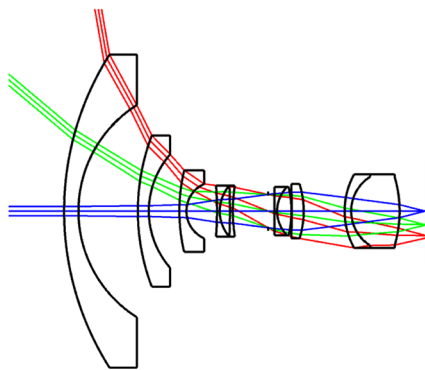


Figure 1. Two-dimensional structure diagram of the fish-eye lens system

图 1. 鱼眼镜头系统的二维结构图

光学系统的像差种类可以分为球差、慧差、场曲、像散、畸变和色差(包含位置色差和倍率色差)等,在这里以较难理解的慧差和畸变来阐述产生的原因和影响。慧差是轴外物点发出宽光束通过光学系统后,并不会聚一点,相对于主光线而是呈彗星状图形的一种失对称的像差;而畸变是光学系统对物体所成的像相对于物体本身而言的失真程度,也就是光学理论上计算得到的变形度,它分为桶形畸变和枕形畸变两种。

如图 2 所示为鱼眼镜头系统的在视场角为  $0^\circ$  和  $80^\circ$  情况下的光线像差分布点列图;从图 2 中可以看出,

在视场角为  $0^\circ$  情况下的光线像差分布点列图是完全对称的，这证明了只有轴外物点才产生彗差；而在视场角为  $80^\circ$  情况下时，不对称的像差比较严重，说明在这种情况下彗差的贡献比较大，使得学生在理解彗差时有了更好的依据。图 3 为系统中各个光学面及总的 Seidel 像差系数值，从中可以得到各个光学面对系统的像差的贡献，使得它们得到了完全、具体的量化，这样就可以使学生能够对各个光学面的各类像差有更深刻的认识。图 4 为系统的畸变图，可以直观地从图 4 中得到该系统产生的畸变是桶形畸变，而且随视场角的增大，畸变量就更大。

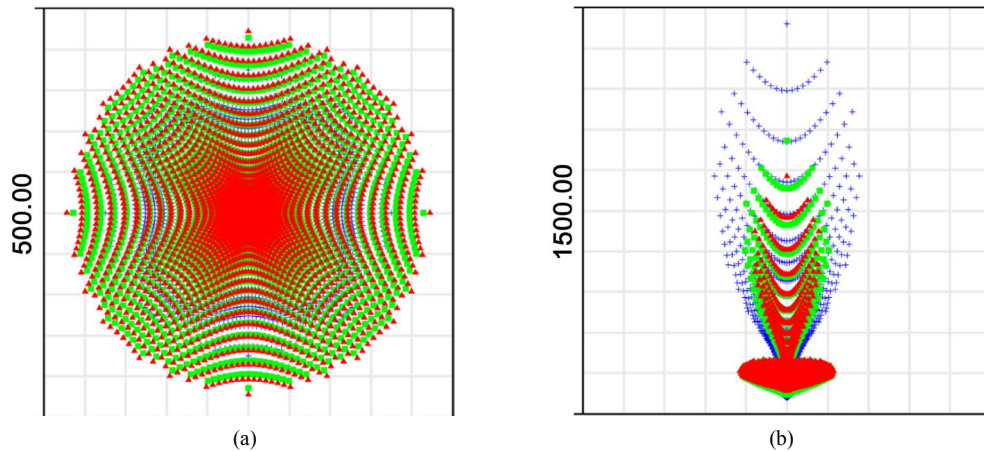


Figure 2. Ray aberration distribution spot diagram of the fish-eye lens system; half-field angle: (a)  $0^\circ$ , (b)  $80^\circ$   
图 2. 鱼眼镜头系统的光线像差分布点列图；半视场角为(a)  $0^\circ$ ，(b)  $80^\circ$

波长 : 0.5876  $\mu\text{m}$   
主光线斜率, 物空间: 5.6713  
主光线斜率, 像空间: 0.1080  
边缘光线斜率, 物空间: 0.0010  
边缘光线斜率, 像空间: -0.2500  
佩兹伐半径 : 2194.7567  
光学不变量 : 11.9318

赛德尔像差系数:

表面	SPHA S1	COMA S2	ASTI S3	FCUR S4	DIST S5	CLA (CL)	CTR (CT)
1	0.000003	0.000547	0.111631	0.387793	101.848064	-0.000191	-0.038901
2	-0.000077	-0.000142	-0.000262	-0.902924	-1.671028	0.000535	0.000990
3	0.000045	0.003731	0.310275	0.597873	75.521582	-0.000571	-0.047493
4	-0.000807	-0.005438	-0.036636	-1.469027	-10.144152	0.001472	0.009918
5	0.000431	0.016535	0.633637	0.720432	51.888457	-0.001483	-0.056818
6	-0.054124	0.385333	-2.743346	-4.264776	49.893682	0.007663	-0.054555
7	0.004625	0.069325	1.039235	-0.319901	10.783354	-0.002536	-0.038018
8	0.087354	-0.210245	0.506023	0.961908	-3.533049	-0.035601	0.085686
9	-0.000006	-0.000293	-0.014428	0.004838	-0.472156	0.001627	0.080086
10	-0.024331	-0.150470	-0.930540	-0.915426	-11.415838	0.010073	0.062293
光阑	-0.000000	-0.000000	-0.000000	-0.000000	-0.000000	-0.000000	-0.000000
12	0.012167	0.152805	1.919035	0.001241	24.116220	-0.016820	-0.211240
13	-0.074266	-0.166425	-0.372951	-0.128091	-1.122810	0.065107	0.145901
14	0.005720	-0.045778	0.366390	1.334108	-13.610204	-0.010933	0.087505
15	0.000000	-0.000080	0.161948	-0.170772	17.907003	0.000055	-0.112380
16	0.120968	-0.291253	0.701243	1.575051	-5.480588	-0.025738	0.061969
17	-0.001015	-0.035592	-1.248012	1.930200	23.920693	-0.006952	-0.243787
18	-0.001455	-0.019344	-0.257223	-0.466429	-9.622525	0.018922	0.251611
19	0.046549	0.120478	0.311820	1.059035	3.548019	-0.005719	-0.014802
像面	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
累计	0.121781	-0.176304	0.457839	-0.064867	302.354725	-0.001091	-0.032035

Figure 3. Seidel aberration coefficients of the fish-eye lens system

图 3. 鱼眼镜头系统的 Seidel 像差系数

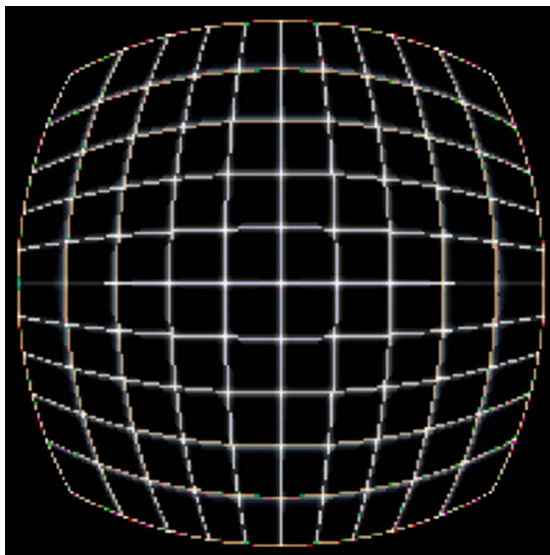


Figure 4. Distortion graph of the fish-eye lens system  
图 4. 鱼眼镜头系统的畸变图

这种结合 Zemax 软件来对系统的像差知识点进行讲解的方法, 让学生能够较清楚、直观地理解和掌握相关的知识点, 从而提高教学效果和教学效率。

#### 4. 结论

将《工程光学》课程的相关知识点讲解中引入光学设计软件 Zemax, 让学生很直观地理解和掌握一些比较难以想象和理解的内容, 改变传统教学过程中注重于抽象理论知识的讲解和复杂公式的推导。同时将理论知识与实际应用相结合, 进一步促进学生对知识点的讲解, 从而激发学生的学习兴趣, 培养学生的实际设计能力, 有效地改善教学效果和提高教学效率。因此, Zemax 软件应用于《工程光学》课程教学中具有非常重要的实践意义。

#### 基金项目

本论文受福建省重大教改项目资助, 项目编号: FBJG20180338。

#### 参考文献

- [1] 杨希峰, 况亚伟, 张德宝, 刘玉申, 钱斌. Zemax 在应用型本科“工程光学”课程中的应用[J]. 科技文汇, 2016(354): 60-62.
- [2] 孔梅梅, 徐宁, 万静, 彭玲. Zemax 软件在《应用光学》双语课程教学中的应用[J]. 科技创新导报, 2011(1): 185.
- [3] 黄幼萍, 陈冬英. 工程型人才培养的光学设计课程教学方法研究[J]. 科教导刊, 2018(3): 124-125.
- [4] 吴杏. 基于 Zemax 的多模光纤到单模光纤耦合系统研究[D]: [硕士学位论文]. 武汉: 华中科技大学, 2014.
- [5] 邹爽. 大景深显微系统的研究[D]: [硕士学位论文]. 武汉: 湖北工业大学, 2013.
- [6] 邹林儿, 范定环, 傅继武, 沈云. 光学工程类专业光学软件课程教学模式探索[J]. 科技创新导报, 2014(36): 127-128.
- [7] 方翔, 吕丽军, 牛智全. 采用自适应归一化实数编码遗传算法优化鱼眼镜头系统[J]. 光电子·激光, 2015, 26(4): 655-661.
- [8] 林晓阳. ZEMAX 光学设计超级学习手册[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2014.

**知网检索的两种方式：**

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>  
下拉列表框选择：[ISSN]，输入期刊 ISSN：2160-729X，即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>  
左侧“国际文献总库”进入，输入文章标题，即可查询

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：[ae@hanspub.org](mailto:ae@hanspub.org)