"1 + X + 1/X" 的光电专业人才培养知识体系初探

秦石乔

(国防科学技术大学 光电科学与工程学院,湖南 长沙 410073)

摘 要:从光电系统的典型结构出发,总结了光电专业所应具备的知识体系结构,进一步研究了其知识体系的多学科特征,并在此基础上提出了以光学工程学科为核心 (1),构建电子、计算机等多学科 (X) 紧密交叉融合的知识体系。并结合培养目标和就业需求,在多学科中再强化一门学科知识 (1/X) 作为培养特色的光电专业知识体系构建方案,对统一各高校不同特色光电的人才培养体系、加强光电人才培养课程体系研究与建设具有很好的参考价值。

关键词:光电;光电信息科学与工程;光学工程;知识体系;课程体系

中图分类号: G642 文献标志码: A 文章编号: 1672-8874 (2017) 01-0086-04

A Preliminary Study on the "1 + X + 1/X" Knowledge System for Talents Cultivation in Opto-electronics

QIN Shi - qiao

(College of Opto – electronic Science and Engineering, National University of Defense Technology, Changsha 410073, China)

Abstract: From the typical configuration of opto-electronic systems, this paper sums up the required knowledge system structure for opto-electronics professionals, and further investigates the multidisciplinary characteristics of the knowledge system. On the basis of this, we propose the construction of a merged multidisciplinary knowledge system which combines the core discipline of optical engineering (denoted as 1) with other subjects such as electronics and computer science (denoted as X). Considering the cultivation aim and the occupation requirements, one main discipline among the multiple disciplines (denoted as 1/X) should be intensified as the characteristic in the proposed construction program of the knowledge system for the major of opto-electronics. It will provide valuable reference for unifying the characteristics-varied cultivation systems for the major of opto-electronics in different universities and strengthening the research and construction of the curriculum system for cultivating talents in opto-electronics.

Key words: opto-electronic; opto-electronic information science and engineering; optical engineering; knowledge system; curriculum system

自激光、光纤通讯、CCD、光存储、光能源、 液晶显示器等技术诞生以来,光电产业得到了飞

速的发展,并成为当今信息产业的支柱之一。光子在信息社会中的地位越来越重要,21世纪甚至

被称为光子的世纪。与光电产业方兴未艾相对应的光电人才培养也如日中天,据武汉大学中国科学评价研究中心 2015 年统计,我国已有 170 所高校(不包括军队院校和港澳大学)开设光电信息科学与工程专业(以下简称光电专业),在校学生已达 1 万多人。如何满足光电专业发展需求,同时又面向光电事业未来的创新发展培养好光电专业人才,是高等教育需要不断探索和着力改革实践的主题,其中最重要的莫过于光电专业人才培养知识体系的构建。论文将从光电系统的典型结构出发,凝练光电专业所应具备的知识体系结构,研究知识体系的学科特征和学科交叉融合特性,进一步厘清光电专业知识体系的内部逻辑关系,特别是多学科交叉关系,并提出相应的对策举措。

一、光电系统对应的知识结构体系

光是光电系统的必需, 无光则不能称光电系

统。光从物理本质上讲,有波动性和粒子性双重 本征属性。从光源发出的光,必按波动性或者粒 子性两种本征属性传播, 前者是物理光学研究的 内容,后者是几何光学(应用光学)研究的内容。 光传输后由光电探测器将光信号转换为电信号, 后续由电子电路进行放大处理, 必要时转换成数 字信号送计算机进行数字信号处理, 处理结果有 多种利用方式:一是显示,而显示本质上又是一 种特殊的光源; 二是反馈控制光电系统中的某个 (些)器件;三是存储以备后用;四是通信,将处 理结果送其他系统共享。因此,任何光电系统都 可以概括总结为图1所示的系统结构,只是不同的 光电系统只有其中的一个局部或者闭环的形式有 所差异而已,如光源中的激光器就是一个独立的 光电系统, 也可能一个复杂的光电系统有好多个 图 1 的循环。因此,典型的光电系统可以概括为四 大部分: 光电部分、信息部分、反馈控制部分和 精密机械部分。

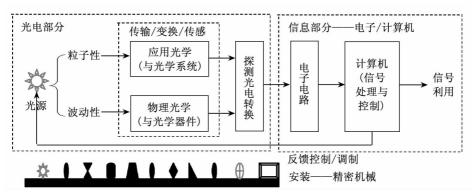


图 1 典型光电系统结构与知识对应关系

图1中,光电部分又细可分为光源、传输、探测三个知识模块。光源包括主动光源和被动光源。主动光源是发射光子的主体,有激光、各种电光源、热辐射源、LED、LD、显示器等主动发射光子的器件与设备。被动光源是指由主动光源照射目标后的散射/反射光,典型的如目标反射的太阳光或夜星光。光的传输模块是光电系统构建中最有灵性和创造性的部分,对应的知识内容可归并为两大类:与光的粒子性有关的即光的直线传输部分可并入几何光学或应用光学类,可见此处物理光学包含的知识内涵是非常广泛的。光的传输不是一个简单的过程,同时还实现光信息的变换和传感等多种功能,光学信息处理和光学精密测量往往是在光的传输过程中实现的,典型如干涉测

量。因此,光的传输部分还赋予非常重要的知识内容:光信息的变换与传感,如光束的变换、偏振光的变换、光场的傅立叶变换 A、光强的变换与分束、各种物理量(如温度、长度、距离、速度、角速度、角度、波长、压力等等)的传感等。可见,光的传输是基础,而光的变换与传感才是蕴涵在本模块中的知识活性与精华,甚至再上升一点,此模块是光学工程学科的精华也不为过。探测模块实现光到电的转换,主要有光子探测与热探测等形式,尤其以半导体和真空光电探测器为主。光电部分是光电系统的核心和精华,是光电系统的"心脏",也是光学工程学科的知识主体。

仅有光电部分很难实现具有功用的光电系统, 典型的光电系统都需要多学科的交叉与支撑,最 基本的是需要电子/计算机等信息学科和机械学科 的支撑,即图1中的信息部分和精密机械部分。信息部分主要涉及电子科学与技术、计算机科学与技术、通信工程、软件工程等一级学科的相关知识内容。如图1所示,光电系统必不可少的主要是电子电路与计算机两类核心知识内容,电子电路负责对光电探测信号进行放大和相应的电子处理,必要时转换成数字信号送计算机进行数字信号处理,处理结果有的还需要将数字信号转换成模拟信号输出,再由电子电路进行功率放大并驱动相应的执行器件,实现控制、反馈或调制等功能。此外,计算机数字信号处理结果还有多种利用方式,包括显示、存储、通信等。信息部分负责光电信息的加工处理,是光电系统的智能和"大脑"。

反馈控制部分涉及的主干学科为控制科学与工程一级学科,从内涵上讲,可以一并合入信息部分。作为一知识部分单独列出,是强调反馈控制在光电系统中的地位和作用,同时也是强调各知识部分之间的相互作用与联系。反馈控制是实现自动光电系统的关键技术,同时也是高精度光电系统的重要实现途径。反馈可能作用于光源,实现对光信号的控制与调制,更多可能作用于传输过程中的光学器件,实现对光信息变换/传感的控制,也可能作用于精密机械部分,通过机械运动控制或跟踪光的传输。反馈控制由信息部分发出,控制光电部分和精密机械部分,是光电系统的"神经"。

精密机械部分涉及的主干学科为机械工程一级学科。光波是广泛应用的电磁波谱中波长最短的,具有分辨率高、精度高的显著特征。然而,高精度的光电系统必需安装在相应的机械结构上才能形成一个整体,光电系统对机械结构提出的精密度要求往往是机械领域中最高的、最苛刻的,这同时也推动了精密机械的发展。中科院的各光机所就是光学与精密机械的有机结合。感谢数控加工中心的发展与普及,加之机械学科是传统且历史悠久的学科,社会上精密机械专业加工厂资源很充足方便,这对光电专业精密机械部分的知识要求已可降至最低。精密机械是光电系统必不可少的"骨肉"和灵巧的"手足"。

光电系统正是由"心脏"、"大脑"、"神经"和"骨肉"有机构成的活体,推动着信息技术的不断发展。

二、光电专业知识的学科特征

综上所述, 光电是一个典型的交叉学科, 以 光学工程一级学科为主干,以物理学、电子科学 与技术、计算机科学与技术、通信工程、控制科 学与工程、机械工程等一级学科为支撑,交叉数 学、化学、材料科学与工程、软件工程等一级学 科。光电学科也正是因为这种多学科的交叉与融 合优势, 使光电学科爆发出了前所未有的生机, 充满创新与活力,是当今科学技术和社会经济发 展的主动力之一。也正是因为这种多学科知识的 交叉性与复杂性, 使得现代的光电系统很难由一 个人完成, 团队的分工配合与多学科人才的聚集 是研制高性能光电系统的必由之路。对光电学科 人才培养而言,既要强调知识的系统性,更要突 出专业的光电特色。没有系统性, 培养的学生无 法实现具有功用性的光电设备和系统, 而只能是 研制光电器件的专家,岗位适应能力会比较差。 但培养宽谱全能型光电人才也是不现实的,学校 只能尽最大努力为学生打下光电知识、能力和素 质基础。而光电专业属性不突出时,培养的学生 很可能是电路/计算机方面的专家, 但也可能是杂 家。多学科知识结构对光电专业人才培养既提出 了挑战, 在有限的教学学时内如何科学的安排知 识内容、构建合理的知识体系是光电类人才培养 面临的主要难题。然而, 多学科特征也给光电专 业人才培养带来了机遇,各高校可根据自身的优 势和岗位目标,灵活性配置学科知识,形成自身 的专业特色,避免千篇一律的培养模式。

三、光电专业多学科知识体系设置初探

目前,我国170 所高校开设了光电信息科学与工程专业,在教育部高等学校光电信息科学与工程专业教学指导分委员会制订的《光电信息科学与工程类专业指导性专业规范》^[1](下称《专业规范》)的指导下,较好地统一了专业知识内容和培养目标要求,但各高校课程体系之间的差异性在减小,同质化趋势明显^[2]。对比各高校光电专业的课程体系不难发现,不同高校专业间的最大差异在"四大力学"的处理上,完整学习"四大力学"及关联课程的在《专业规范》定义为理学,

不学或只学其中压缩部分的在《专业规范》定义为工学。除此两大差别之外,其余的课程设置大同小异,难以胜任生机勃勃的光电产业需求^[3-5]。为此,各高校在《专业规范》的总体框架下,积极探索,改革实践,并取得了较好的成效^[6-8]。

本文根据光电专业知识的多学科交叉融合特 征,从学科的角度提出光电学科的知识结构可以 用"1+X+1/X"来表示。既可满足《专业规范》 要求,同时又可构建出特色鲜明、与培养目标和 岗位需求特征结合紧密的光电专业知识体系。其 中"1"表示光学工程一级学科的主干知识,与图 1中的光电部分专业知识对应,同时也表示光电 (光电信息科学与工程) 专业是以光学工程一级学 科为核心。"X"表示各交叉支撑学科知识,主要 包括物理学、电子科学与技术、计算机科学与技 术、通信工程、控制科学与工程、机械工程、数 学、化学、材料科学与工程、软件工程等一级学 科知识,同时也是表示知识面和知识的系统性。 "1/X"表示的是在诸交叉学科教育的基础上再强 化一门学科知识作为特色。数学、物理学、电子 科学与技术、计算机科学与技术、机械工程、化 学一般都在高校的通识教育层面设置了相关课程, 而且电子科学与技术、计算机科学与技术在《专 业规范》中作为工程基础课程提出了明确要求, 至少应保证模拟电子电路、数字电子电路、计算 机硬件、计算机软件方面知识的基本要求。所谓 加强, 是在此基础上的加强, 是在 X 学科中至少 有一学科(1/X)学习该学科三门核心专业课以 上。比如, 1/X 加强物理学, 即学习"四大力学" 及其关联课程,则可加强光电子器件的研发能力, 即图1中光源和光电探测器的研发能力,可满足 LED、太阳能电池、半导体光电探测器、阵列探测 器(CCD)、各类激光器、纳米光电子等产业的研 发需求。加强电子科学与技术学科,则可加强光 电器件和系统研发、集成光学等方面的能力,可 满足较宽广的光电器件和系统研发产业的需求。 加强计算机科学与技术学科,则可加强图像处理、 信息处理、光电监控、光电侦察、系统集成与网 络能力,可满足较宽广的信息化光电器件、系统 集成、图像/视频/显示等产业的需求。加强通信 工程学科,则可加强光通信与网络的能力,可满 足光通信、光网络等行业的需求。加强机械工程 学科,则可加强精密光电仪器、精密光学加工等 能力,可满足精密仪器、光学等产业的需求。加 强材料科学与工程学科,则可加强光存储、光电材料、光学材料等方面的能力,可满足光存储、光学材料与器件等行业的需求。加强控制科学与工程学科,则可加强自动高精光电系统、光电制导与控制等方面的能力,可满足相关行业和军工企业等需求。可见,按学科加强知识内容,不仅便于知识体系的梳理,而且专业培养目标的针对性和特色更加清晰。

本科教育因受总教学计划学时的限制,在不影响光学工程一级学科主干知识的前提下,一般只能加强一门一级学科有关的核心课程。有条件的,也不妨按学科群(类)进行加强,如针对光电(信息)系统的研发,不妨按信息学科群加强,可主要加强电子、计算机、通信、控制等专业核心课程。针对材料与加工制造则可按制造类学科加强材料和机械等专业核心课程。针对光电子器件研发可加强物理类学科专业核心课程。按学科群(类)加强的至少五门课程以上,否则达不到加强的效果。

四、总结

本文从光电专业知识体系的多学科特征出发,提出了"1+X+1/X"的知识体系分析设置方案,一是统一了《专业规范》中"理学"和"工学"之间的差异性,"理学"无外乎加强了物理一级学科的核心知识课程,对应加强了光源和探测光电子器件的研发能力,"工学"无外乎加强了信息学科群(或某门一级学科)的核心知识课程,相应地加强了光电功能器件与光电系统的研发能力,对科学理解《专业规范》并指导好各高校的专业建设有重要意义。二是该方案对各高校梳理光电专业的知识体系和课程体系,从学科角度厘清课程之间的相互关系,减小重复,建出专业特色有重大好处。三是面向光电产业发展需求,改革课程设置,优化课程体系建设,针对性更强,效果更好。

参考文献:

[1] 教育部高等学校光电信息科学与工程专业教学指导分委员会. 光电信息科学与工程类专业指导性专业规范(征求意见稿)[EB/OL].[2016-03-02]. http://doc. xuehai. net/.

(下转第102页)