

Daqi Wuran Kongzhi Gongcheng Shijian Jiaocheng

中国矿业大学教材建设工程资助教材

大气污染控制工程 实践教程

主编 田立江 张传义
主审 王丽萍 李多松

中国矿业大学出版社
China University of Mining and Technology Press

中国矿业大学教材建设工程资助教材

大气污染控制工程实践教程

主 编	田立江	张传义
副主编	蒋家超	沈连锋
	姜海山	王 春
主 审	王丽萍	李多松

中国矿业大学出版社

内 容 简 介

本教材由大气污染控制工程课程的课程实验、课程实习(认识实习、生产实习和毕业实习)、课程设计和毕业设计等诸多环节的相关指导与案例构成,除了大气污染控制工程课程实验外,还将课程组主讲教师先后研制开发的多套自制教学仪器设备,包括多功能吸附塔实验系统、双循环多级水幕脱硫实验系统、生物滴滤法净化有机废气实验系统等多项综合性实验和设计性实验列入,同时包含了大气污染控制课程设计“颗粒污染物控制课程设计”和“气态污染物控制课程设计”的任务书、指导书和设计案例。毕业设计案例源于中国矿业大学环境工程专业毕业生,内容涵盖烟气电除尘、电布袋除尘工艺及设备设计,烟气湿法和半干法脱硫以及脱硝工艺设计。

本书可作为高等院校环境工程、环境科学以及其他相关专业本科生、研究生的实践教材或教学参考书,也可供从事环境类专业实践教学和相关研究的高校教师作为教学参考书,同时,对于从事环境设计、规划、评价和管理的科技人员也具有一定参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

大气污染控制工程实践教程/田立江,张传义主编. —徐州:
中国矿业大学出版社, 2016.9
ISBN 978 - 7 - 5646 - 3082 - 9

I. ①大… II. ①田…②张… III. ①空气污染控制—高等学校—教材 IV. ①X510.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 087194 号

书 名 大气污染控制工程实践教程
主 编 田立江 张传义
责任编辑 周 红
出版发行 中国矿业大学出版社有限责任公司
(江苏省徐州市解放南路 邮编 221008)

营销热线 (0516)83885307 83884995

出版服务 (0516)83885767 83884920

网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com

印 刷 徐州中矿大印发科技有限公司

开 本 787×1092 1/16 印张 15.75 字数 393 千字

版次印次 2016 年 9 月第 1 版 2016 年 9 月第 1 次印刷

定 价 28.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)



序

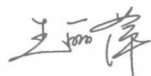
“大气污染控制工程”课程内容涵盖大气污染气象学、气溶胶力学、化学工程三个学科。学习并掌握“大气污染控制工程”课程内容是环境工程专业毕业生从事大气污染控制工程设计、技术开发、科学研究及技术管理工作的重要知识保证,同时也是从事环境质量评价与预测、环境系统工程与规划工作的重要基础。

目前,我国大气污染控制工程课程教学面临新环境问题的挑战。首先,随着我国大气煤烟型污染向混合型污染转化,大气污染控制不仅要重视传统的大气污染物如二氧化硫和烟尘,汽车尾气污染问题不容忽视,还要更加重视二次性污染物的形成与控制。其次,大气污染控制已由传统的点源治理转向以质量控制,大气污染控制不仅要重视末端治理进行工业点源控制,更要实施以环境质量为控制目标的大气区域综合防治。从更高的角度和层面上讲,未来工程领域领军人才应该具备现代工程的领导、决策、协调和控制的能力,这种能力不仅是指对单个工程的控制,还包括对整个工程的宏观控制。

环境工程专业教育对实践教学质量有很高要求,目前高校环境类专业实践环节教学改革已引起了国内各高校的重视,但与理论教学相比,实践环节教学还相对薄弱。目前比较突出的问题是如何更好地将理论与实践相结合,亟需实践教材相配套建设,以满足当前社会对更高素质人才的需求。

中国矿业大学“大气污染控制工程”作为江苏省一类优秀课程(2002年)和精品课程(2010年),经过多年的教学方法和教学体系的优化,以及省级精品教材和省级精品课程建设,确立“优化体系,提炼基础,加强工程训练,培养学生的创新能力和实际工程能力”的课程建设目标,以培养学生科学素养和工程实践能力、发展学生创新思维和持续发展能力为导向,以“重基础、强实践、求创新”为课程教学特色。课程主讲教师积极参与科学研究、工程实践与教学改革项目,不断提高课程授课教师的业务水平与参与教改的自觉性,持续地将科研成果转化为课堂教学内容,加大课堂教学内容实践知识比例,提高学生学习兴趣,充分体现专业课程学习“学以致用”的思想。

本书既有课程实验、实习、课程设计和毕业设计各个实践环节的理论方法指导,又有应用实例。旨在通过强化实践教学的各个环节,锻炼学生将所学理论知识灵活应用于实际工程和设计,让学生在学习和工作中善于发现问题、分析问题和解决问题。“大气污染控制工程”课程的教学与实践有利于增强学生系统、综合解决资源、环境问题的能力,提高环境工程专业人才培养质量和就业竞争力。



2016年6月

前 言

高校环境类专业实践环节教学现状调查分析表明,实践环节教学改革引起了国内各高校的重视,并已得到不同程度的加强,实践性教学环节构成呈现多样性特点,但与理论教学相比,实践环节教学还比较薄弱。比较突出的问题是缺乏实践教学环节教材和案例教材,实践环节教学方式比较落后等,这是当前制约培养学生创新精神和实践能力的主要障碍。

中国矿业大学环境工程专业作为“江苏省十二五重点专业”,拥有“国家级工程实践中心”和“江苏省高等学校实验教学示范中心”等荣誉称号,对实践教学质量和成果有很高要求,也亟需实践教材相配套,同时我校环境工程专业在人才培养方面强调实践对创新能力的培养,满足市场对创新型人才的需求。为此,“大气污染控制工程”课题组在总结中国矿业大学创办环境工程专业 30 多年来本科教学经验的基础上,认真吸取兄弟院校的办学经验,编写了这本实践教材。环境工程专业实践教学各个环节的研究与实践,涉及社会、高等教育和大学师生等众多方面,具有长期性和艰巨性特点。本次拟出版的《大气污染控制工程实践教程》反映了中国矿业大学环境工程专业教师对实践环节教学改革的理解和探索,意在抛砖引玉,敬请同行、学者多多给予批评指正,以便就共同关注的问题展开讨论,为深化教学改革而共同努力。

《大气污染控制工程实践教程》选编了环境空气监测、管道中烟气参数测定、粉尘物理性质测定、除尘器性能测定、气态污染物净化及机动车尾气测定等 19 个实验;编入了“颗粒物控制课程设计”和“气态污染物控制课程设计”的任务书、指导书和设计案例;编入了毕业设计任务书、指导书及毕业(论文)设计说明书案例 3 个(毕业设计案例源于中国矿业大学环境工程专业毕业生陈雪梅、刘贵荣和邹红三位同学),囊括了电除尘器、电布袋除尘器、湿法和半干法脱硫,以及脱硝工艺设计。

全书由田立江和张传义担任主编,全书编写分工如下:第一章由中国矿业大学田立江编写,第二章由中国矿业大学蒋家超编写,第三章由中国矿业大学张传义、浙江省绍兴市环境保护局许光编写,第四章由中国矿业大学田立江、河南农业大学沈连锋编写,第五章由中国矿业大学田立江、河北省遵化市环境保护局姜海山编写,第六章由中国矿业大学田立江、江苏中顺节能科技有限公司王春编写,全书由中国矿业大学田立江统稿,中国矿业大学王丽萍教授和李多松副教授对书稿进行了仔细的审阅,并提出了很好的修改意见。

在本教程编写过程中得到了相关单位和同仁的关心和支持,在此深表谢意。

鉴于编者水平和能力有限,缺点和错误之处在所难免,特别是课程设计和毕业设计案例部分,因参数繁多,计算过程复杂,计算工作量大,敬请读者提出批评和建议,以便加以修正。

编 者

2016 年 8 月

目 录

第一章 绪论	1
第一节 “大气污染控制工程”课程介绍	1
第二节 “大气污染控制工程”实践教程编写目的和要求	3
第三节 教材主要内容	5
第二章 “大气污染控制工程”课程实验	14
第一节 空气中污染物的测定	14
第二节 烟气中污染物的测定	28
第三节 颗粒污染物净化性能测定	54
第四节 气态污染物净化性能测定	74
第三章 环境工程专业实习(大气部分)	93
第一节 环境工程认识实习	93
第二节 环境工程专业生产实习	97
第三节 环境工程专业毕业实习	104
第四章 颗粒污染物净化课程设计	112
第一节 颗粒污染物净化课程设计任务书	112
第二节 颗粒污染物净化课程设计指导书	115
第三节 颗粒污染物净化课程设计实例	118
第五章 气态污染物净化课程设计	129
第一节 气态污染物净化课程设计任务书	129
第二节 气态污染物净化课程设计指导书	131
第三节 气态污染物净化课程设计实例	134

第六章 毕业设计(论文)·····	144
第一节 毕业设计任务书和指导书的要求·····	144
第二节 毕业设计(论文)编写要求·····	146
第三节 大气污染控制工程毕业设计实例一·····	149
第四节 大气污染控制工程毕业设计实例二·····	177
第五节 大气污染控制工程毕业设计实例三·····	206
参考文献·····	232

第一章 绪 论

第一节 “大气污染控制工程”课程介绍

随着我国国民经济的快速发展,煤炭需求不断增加,资源和环境压力还将进一步加大。我国环境形势更加严峻,环境保护任务十分繁重。由于能源与环境关系特别密切,尤其是作为我国主要能源的煤炭在开发、加工和利用各个环节都存在对环境和生态的严重影响,大气污染是环境工程专业需要解决的更为迫切和重大的环境问题之一。大气污染的综合防治不仅依赖于工程控制措施,同时还依赖于国家的能源结构、工业经济结构与城市及工业规划、工厂选址以及大气扩散控制。

在大气污染控制领域,“大气污染控制工程”课程具有无可替代的作用。“大气污染控制工程”课程内容涵盖大气污染气象学、气溶胶力学、化学工程三个学科。学科综合性和理论性强,而且对工程实践要求高。学习并掌握“大气污染控制工程”课程内容是环境工程专业毕业生从事大气污染控制工程设计、技术开发、科学研究及技术管理工作的重要知识保证,同时也是从事环境质量评价与预测、环境系统工程与规划工作的重要基础。该课程在环境工程专业人才培养方案中扮演重要角色,是对学生进行工程训练、创新能力培养的重要课程。

一、“大气污染控制工程”课程发展概况

中国矿业大学环境工程专业自1983年设立以来,一直将“大气污染控制工程”作为一门专业主干课程。从本专业已经毕业的学生在社会上的反馈调查结果来看,有近一半的毕业生是从事大气污染控制工程的设计和管理以及相关环境保护工作,足以说明该课程在环境工程专业教学中的重要地位。

“大气污染控制工程”作为江苏省一类优秀课程(2003年),王丽萍、李多松等主编《大气污染控制工程》遴选为江苏省高等教育精品教材(2005年)和江苏省精品课程(2009年)。经过多年的教学方法和教学体系的优化,通过省级精品课程和精品教材建设,以培养学生科学素养和工程实践能力为目标,以发展学生创新思维和持续发展能力为导向,制定了以“优化体系,提炼基础,加强工程训练,培养学生的创新能力和实际工程能力”特色的“大气污染控制工程”课程教学特色。课程主讲教师积极参与科学研究、工程实践与教学改革项目,不断提高课程授课教师的业务水平与参与教改的自觉性。持续地将科研成果转化为课堂教学内容,加大课堂教学内容实践知识比例,提高学生学习兴趣,充分体现专业课程学习“学以致用”的思想。在课堂教学中,不断地改进和优化教学方法,重点采用了“三单元教学法”、“策划导演教学法”及“讨论式教学法”等,其中“三单元教学法”为课程组原创。鉴于“大气污染控制工程”课程基础性、实践性及综合性强的特点,通过多年的教学,构建了由“理论教学”、“课程实验、课程设计、大气污染控制技术方向生产实习和毕业实习、大气污染控制技术与工

艺方向的毕业设计”及“大学生科研训练、课程调研”实践相结合、以创新能力培养为核心的“理论—实验—实践”模式的课程教学模式,教学效果显著。多年来,“大气污染控制工程”课程组主讲教师先后研制开发出多套自制教学仪器设备,包括多功能吸附塔实验系统、双循环多级水幕脱硫实验系统、生物滴滤法净化有机废气实验系统等,在此基础上开发了多项综合性实验和设计性实验;实施大学生科研训练计划,推进本科生参与科研的第二课堂活动,鼓励创新;课程组将这些科研成果转化为优质教学资源,丰富了教学内容,强化了学生实践能力,实现“大气污染控制工程”课程理论与实践的完美统一。

鉴于“大气污染控制工程”课程基础性、实践性及综合性强的特点,通过多年的教学,构建了由“理论教学”、“课程实验、课程设计、大气污染控制技术方向生产实习和毕业实习、大气污染控制技术与工艺方向的毕业设计”及“大学生科研训练、课程调研”实践相结合、以创新能力培养为核心的“理论—实验—实践”模式的课程教学模式,教学效果显著。多年来,“大气污染控制工程”课程组主讲教师先后研制开发出多套自制教学仪器设备,包括多功能吸附塔实验系统、双循环多级水幕脱硫实验系统、生物滴滤法净化有机废气实验系统等,在此基础上开发了多项综合性实验和设计性实验;实施大学生科研训练计划,推进本科生参与科研的第二课堂活动,鼓励创新;课程组将这些科研成果转化为优质教学资源,丰富了教学内容,强化了学生实践能力,实现“大气污染控制工程”课程理论与实践的完美统一。

二、编写《大气污染控制工程实践教程》的必要性

由于“大气污染控制工程”课程内容应用型较强,与实践联系紧密;但部分概念、运算过程较为抽象,很难掌握,要求学生具有一定的利用高等数学知识进行综合分析和处理问题的能力,尤其由于学生普遍缺乏对流体与管路的感性认识和实际工程问题的背景知识,使“大气污染控制工程”课程成为环境工程专业教学体系中最难教、也最难学的一门课程。以往教学过程中,除了课堂教学以外,学生在其他实践中接触“大气污染控制工程”课程知识的机会不多,况且根据学校削减本科教学学时的要求和2012版大纲的修订,“大气污染控制工程”课程课堂教学学时从96课时锐减到64课时,要想学生通过仅有的课堂教学时间掌握“大气污染控制工程”课程教学内容精髓,能在实践中很好地运用课程知识进行技术工艺设计,效果非常有限。鉴于此,为强化学生课程学习效果、充分掌握课程教学内容,熟练应用大气污染控制技术,提高大气污染控制技术方向学生就业率,建设“大气污染控制工程实践教程”,使学生在课堂教学中掌握一定理论知识的同时,通过实践教程的辅助教学作用,达到提高学生科学素质、自学能力、综合分析问题与解决问题的能力、实践创新能力等的目标。

为适应我国大气污染控制技术领域的发展动态,培养合格的大气污染控制技术领域的人才首当其冲。特别是在目前我国大气污染压力非常大,节能减排形势严峻的背景下,国家对烟气烟尘、 SO_2 、 NO_x 和Hg等排放提出更严格的要求,现有技术方法不能满足新排放标准要求,急需技术改造和方法革新,以及环境工程领域深入研究和开发。因此,结合我国国情和社会发展培养大气污染控制领域优秀人才显得尤为重要。这就需要教师在课堂教学中向学生传授较为完备的、基础性的专业知识,同时要有目的地锻炼学生利用基础专业知识进行实践创新。从这个层面上讲,课程组主讲教师的水平决定了人才培养的方向,所采用的教学方法的优劣、教学内容的完善程度、配套教材是否丰富将决定学生对课程理论知识的掌握和工程实践创新能力的培养。

综上所述,做好“大气污染控制工程”课程课堂教学工作的同时,为学生提供一个包括基

基础知识、实践能力锻炼和创新意识培养的课程实践教程显得非常重要,好的教学素材将能在人才培养中发挥重要的作用。所以,建设适用于我校学生的“大气污染控制工程”课程实践教程具有重要现实意义和人才培养的迫切性。

第二节 “大气污染控制工程”实践教程编写目的和要求

一、编写目的

《中华人民共和国高等教育法》规定:“高等教育的任务是培养具有创新精神和实践能力的高级专门人才。”通过对国内外高校环境类专业实践环节教学现状调查分析表明,实践环节教学改革引起了国内各高校重视,并已得到不同程度的加强,实践性教学环节构成呈现多样性特点,但与理论教学相比,实践环节教学还比较薄弱。比较突出的是缺乏实践教学环节教材和案例教材,实践环节教学方式比较落后等问题,这是当前制约培养学生创新精神和实践能力的主要障碍。

中国矿业大学环境工程专业作为“江苏省十二五重点专业”,拥有“国家级工程实践中心”和“江苏省高等学校实验教学示范中心”等教学平台,2015年通过教育部全国工程教育专业认证。对实践教学质量和成果有很高要求,也亟须实践教材相配套,同时我校环境工程专业在人才培养方面强调实践对创新能力的培养,满足市场对创新型人才的需求。为此,“大气污染控制工程”课程组在总结本校创办环境工程专业30年来本科教学经验的基础上,认真吸取兄弟院校的办学经验,编写这本实践教材。

环境工程专业实践教学各个环节的研究与实践,涉及社会、高等教育和大学师生等众多方面,具有长期性和艰巨性特点。本实践教程反映了环境工程专业教师对实践环节教学改革的理解和探索,意在抛砖引玉,敬请同行、学者多多给予批评指正,以便就共同关注的问题展开讨论,为深化教学改革而共同努力。

本实践教程主要供高等学校环境类专业本科学生使用,亦可供从事环境类专业实践教学和相关研究的高校教师作为本科教学参考书,对于从事环境类专业的科研人员也具有一定参考价值。

二、编写思路

中国矿业大学“大气污染控制工程”课程作为环境工程专业的主干课程,也是本科阶段讲授大气污染控制的唯一课程,经过近30年的教学和改革创新,课程实践教学内容涵盖了课程实验、课程实习(认识实习、生产实习和毕业实习)、课程设计和毕业设计等诸多环节,实践教学的各个环节旨在锻炼学生将所学理论知识灵活应用于实际工程和设计,让学生在学习和工作中善于发现问题、分析问题和解决问题。“大气污染控制工程”课程的教学与实践对增强学生系统、综合解决资源、环境问题的能力,提高环境工程专业人才培养质量和就业竞争力起着举足轻重的作用。

环境是一个综合性很强的学科,其所包含的环境工程专业和环境科学专业之间存在诸多交叉内容,且与其他学科在内容上也有很多交叉,自身知识体系十分庞大,涉及应用领域极其广泛。以主干课程建设为基础构建环境类专业实践教学体系,是我们的基本思路。

“大气污染控制工程”实践教学环节,主要培养本科生基本操作技能和课程领域的工程

技术、经济和管理等方面的能力,目的是为学生获取特定专业方向的知识技能建立一个宽阔和坚实的能力培养平台。课程所搭建实践平台内容丰富,包括专业实验(共设置 65 个实验)、实习(认识实习、生产实习和毕业实习)、课程设计(大气污染控制课程设计 I、II)和毕业设计(燃煤烟气除尘脱硫脱硝设计、集气罩和管路系统设计等内容)。

实验教学方面,深化实验教学内容与教学方法的改革,构建综合性、研究性和设计性选修实验分层次创新实验教学体系;不断更新和充实实验教学内容,突出实验的研究性和设计性。优化整合实验教学内容,合理安排不同类型实验的比例,优化基础层实验,增强提高设计层实验,强化学科知识融会贯通的综合性实验教学,充分利用专业的学科平台和科研资源,将科研成果转化为实验教学资源,凝练内容新颖、方法灵活、技术先进的创新性实验项目。建立综合性、研究性和设计性选修实验 3 个(烟气脱硫、有机废气净化、静电除尘各一个);增加设计性研究性实验后,使学生带着研究课题开展实验,每个实验完成之后,写出研究报告,并推荐和帮助学生将优秀实验研究报告整理发表论文。同时,结合专业课教学,实施国家、省和学校创新性实验项目。鼓励学生做创造性的工作,为他们提供独立研究、操作所需的时间和空间,这对培养学生的创新能力和工程实践能力具有巨大作用。

在实践教学方面,重视实习基地的建设。建立了若干个稳固的认识学习、生产实习基地和毕业实习基地,也建设了国家级工程实践教育中心,为环境类学生实践创造了前所未有的条件。同时聘请一些设计院所及企业的资深工程技术人员作为专业兼职教授,定期回校讲学,形成一个良好的产、学、研联合教学氛围。在 30 年的各种类型实习中,课程组积累了大量有关课程领域的实习经验,将这些实习经验写入实践教材,明确不同类型实习内容和实习要求,以及要达到的目的,使实践性教学环节真正满足培养学生解决实际问题的要求。

三、基本要求

在“大气污染控制工程”实践教程的使用方面,拟从“教”、“学”和“评”三个层面出发,提出以下基本要求:

一是通过对国内外高校环境类专业实践环节教学现状调查分析表明,实践环节教学改革引起了国内各高校重视,并已得到不同程度的加强,实践性教学环节构成呈现多样性特点。但与理论教学相比,实践环节教学还比较薄弱。比较突出的是缺乏实践教学环节教材和案例教材,实践环节教学方式比较落后等问题,这是当前制约培养学生创新精神和实践能力的主要障碍。中国矿业大学环境工程专业作为“江苏省十二五重点专业”,拥有“国家级工程实践中心”和“江苏省高等学校实验教学示范中心”等荣誉称号,对实践教学质量和成果有很高要求,也亟须实践教材相配套,同时我校环境工程专业在人才培养方面强调实践对创新能力的培养,满足市场对创新型人才的需求。本实践教程反映了我校环境工程专业教师对实践环节教学改革的理解和探索,也融合了多年教学实践经验,体现了具有矿业特色的实践教学特点。同时,课程组教师根据不同时期的社会人才需求,结合本校特色选择实践环节教学内容和组织教学,力求突出重点,合理衔接,精讲多练,注重工程应用能力的培养。

二是传统的大气污染物控制技术和设备与现代化的时代差距突显,墨守成规的教学方法和手段已不能满足信息化时代的要求。因此,教学方法和教学手段的改进是提高实践环节教学效果的重要保证。利用多媒体、可视化、影像教材和经典案例,可以充实和拓展教学效果,调动学生的学习积极性。关键是课程组教师需把握课程各个实践环节的教学总体目标,强化课程各知识点之间的联系,以及各知识点在实践中的——对应关系。同时,课程实

验、实习、课程设计、毕业设计等各环节不能独立进行,相互之间应融会贯通,相互衔接。通过一系列的实践教学环节的锻炼,强化理论与实践之间的联系,强化本科教育和社会人才需求的联系,促进学生形成完善的专业知识体系,提高专业技能和工程应用水平。

三是实践教学环节是帮助专业学生认知、理解和巩固基础理论,培养专业技能、独立工作能力和科学研究方法的重要环节。学生在实践环节教学过程中,要树立实事求是的科学态度和严谨的工作作风,忠于实践所观察到的各种现象和调查数据,养成严谨、科学、踏实的工作习惯,培养良好的专业素养,努力使实践环节教学能够真正意义上锻炼学生专业技能,能灵活将基础理论知识应用于实际。

四是基于环境类专业培养学生人数较多的现状,应要求学生能独立完成整个实践教学环节,能对每个实践教学环节的教学重点、工艺原理、操作规程、异同点等做到心中有数,能有条不紊地开展各项实践环节,这也培养学生组织能力和掌控能力。学生在独立完成过程中,不囿于传统思维模式,应基于理论教学所学内容,从环境科学角度对所涉及实践教学内容进行创新思维培养。

五是实践教学环节与理论教学有很大区别,理论教学的考核也较为容易,而实践教学环节学生的认知和理解各有不同,考核相对较为宽泛,很难用一种标准加以衡量。因此,这就要求实践教学指导教师投入更多的精力去了解学生,与学生进行互动和沟通,采取较为灵活的考核方式。在实验时应检查学生对实验内容和步骤的预习情况、实验操作情况、数据分析和实验报告编制情况;在实习过程中重点考查学生在实习现场对工艺、设备、运行参数等的熟知程度,对不同类型烟气净化工艺选择和设备选型的理解;在课程设计阶段,应重点考查学生是否根据课程设计任务书要求,按照课程设计说明书建议的设计步骤独立开展设计,课程设计内容有无融入个人思想,与其他常规设计相比有无特点;在毕业设计考核时,除了要通过分组答辩外,还需通过多位教师评阅、指导教师全过程指导评价、工程设计图纸绘制质量等多个辅助措施客观考核学生毕业设计质量。

第三节 教材主要内容

本教材作为环境类主干课程实践系列教材之一,内容包括实验、实习、课程设计和毕业设计四个部分。每个部分均围绕教学大纲和培养计划展开,与本科教学相辅相成,直接或间接与实际工程案例相对应,力求所培养本科生适应市场要求。在理论教学的基础上,学生可通过本教材的系列指导,有序开展课程实验、认识实习、生产实习、毕业实习、课程设计和毕业设计,提高大气污染物采样和检测,烟气净化装置调试、运行和维护能力,工程设计和环境管理能力等各项实践水平。

一、实验

(一) 以教学改革促进实验教学水平的提升

“大气污染控制工程”实验教学的宗旨是培养专业学生实际动手操作技能,践行实事求是、客观严谨的科学态度,以及发现问题、分析问题和解决问题的实践能力。目前,在实验教学环节中,主要存在实验教学内容陈旧,且多以基本操作和验证性实验为主,环境类专业主干课程缺乏实验教材等问题。实验教学改革是环境类专业教学改革的重要部分。对于环境类专业可以把实验部分单独设课或与理论教学合在一门课程里,安排方式可以不同,但随着

实验教学内容的更新、教学方式的改革、实验条件的改善,教学管理的加强却是必不可少的。实验环节教学改革的指导思想是逐步改变过去以基本操作和验证性实验为主的现状,坚持以应用性和适应市场需求为主,以培养学生创新精神的实践能力为主,增加设计性、创新性和综合性实验,并注意将反映环境科学新进展的内容转化为实验教学内容,强调 PLC 技术和可视化技术在课程实验教学中的应用。

我校“大气污染控制工程”课程在实验教学改革方面开展卓有成效的工作,组织实施了“大气污染控制净化性能测试与调控实验”综合大实验,扩展了实验内容和学生训练环节,对于培养学生的动手能力和创新能力及协作能力非常有益,提高实验的综合性、设计性和创新性。结合教师科研、生产实习、毕业设计环节和“大学生训练计划”,进行工程与科研能力训练。全方位进行实践教学环节的改革与实践,全面提升学生素质,成效显著。

创新性实验和设计研究性实验的开展,不仅培养了学生的实际动手能力,而且培养从事研究工作的责任感和锻炼团队精神。“大气污染控制工程”实验教学改革表明,综合性实验提高了学生的学习兴趣,提高了实验教学效率和效果,有助于培养学生科学研究、系统分析和工程综合设计能力。

本实践教程中关于实验内容的编写以标准方法为主,与课程教学理论知识相对应,不仅考虑课程与其他课程或学科相关知识的交叉融合,而且也考虑到市场对于课程领域的技能需求,合理构建知识技能结构,以反映课程领域发展趋势的新成果、新技术和新工艺作为实验补充,完善教学内容。本实践教程选编了环境空气监测、管道中烟气参数测定、粉尘物理性质测定、除尘器性能测定、气态污染物净化及机动车尾气测定六类近 20 个实验项目。在这些实验项目中,编写了部分综合应用型和设计研究型实验,加强学生创新能力培养。

(二) 丰富实验教学考核方式

传统的实验考核方式一般以实验报告和实验数据为主,忽视了实验过程中学生参与和动手操作能力、管理协调能力,特别是在实验过程中发现问题、分析问题和解决问题的能力;而该过程恰恰能提高学生动手操作水平,培养学生实践能力,有助于学生在就业岗位尽快适应岗位要求。因此,考核方式强调全过程控制,注重实验前的实验指导书预习、实验过程中的积极参与,以及实验后的数据分析和实验报告的编制。即实验前结合课堂教学,组织学生预习实验指导书,认识实验设备,写出实验预习报告的预习制度;实验过程中加强教师启发性指导和检查学生实验操作、验收实验数据相结合的过程管理制度;实验后学生应进行数据处理,提交实验报告,特别是实验报告中的实验小结,应对实验项目的全过程参与情况和实验结果进行评价和总结。

改革实验教学考试方式是实现全过程控制的重要保证。改变过去实验无单独考核成绩,或以批改学生提交实验报告作为考核成绩等传统做法,坚持以调动学生实验积极性,正确处理好严格把关和减轻学生负担的关系作为原则的考核方式。提出实验单设学分,单独考核,实验考核成绩由预习准备、实验操作和实验报告三个阶段成绩构成,促进实验教学全过程管理。

(三) 搭建高水平综合性环境类实验教学中心

实验室是本科生实验教学的重要基地,实验室建设是实践教学环节能力建设的重要内容。中国矿业大学环境科学与工程实验室是江苏省教学示范中心,已有二十多年本科生教学实验经验,实验室不仅涵盖大量基础实验教学器具,而且也购进大量高精尖实验监测设备,为搭建

高水平综合性环境类实验教学中心奠定了雄厚的基础。在本科改项目实施过程,在原环境工程实验室和环境科学实验室的基础上组建了环境科学与工程实验教学中心,从体制上保证实验环节教学活动的组织;加强教师的参与,鼓励教师科研成果转化为实验教学,提高实验教学人员整体素质,从队伍结构上保证实验环节教学质量;改进实验装置,提高本科生教学实验的规范性,从实验条件上保证实验教学深化改革;施行开放性实验,调动学生积极性,加强师生交流,加强与国内外兄弟院校的交流,促进实验环节教改成果的示范辐射效果。

1. 加强实验教学改革,完善实验单独设课,构建结构优化、富有特色的实验教学体系

在实验教学改革方面,通过进一步完善实验单独设课,形成基础实验、综合设计实验及研究创新实验教学层次,搭建课程实验、独立设课系统训练及参加科研创新训练三个平台,从而建立起知识和能力并重的结构优化、富有特色的新型实验教学体系。不断更新实验教学内容,将培养学生实验能力分解到四年的不同阶段,采用不同的实验教学方式来实现,加强综合性、设计性和创新性实验。在实验教学中广泛运用现代教育技术。不断更新实验教学内容,加强综合性、设计性和创新性实验。在实验教学中广泛运用现代教育技术。

根据创新人才培养的要求,结合学院本科培养方案的制定与实施,目前我校环境类课程已单独开设实验的主干课程包括大气污染控制工程、污水控制工程、环境系统工程等。今后,本实验中心将不断完善实验构架,继续促进实验教学与科学研究的紧密结合,从而达到培养大学生创新能力的总体目标。

2. 加强实验教学开放力度,为学生多层次参与实验创造条件

实验教学开放以实验内容开放为主,每门课设有选做实验供学生选择,同时增加开放时间和学生专业覆盖面,鼓励学生一、二年级进入环境科学与工程实验教学中心进行大学生科研训练计划。

及时修订符合培养目标和要求的教学大纲,进一步优化组合实验教学内容。保持基本实验项目稳定的同时,不断更新提高型实验项目内容,及时更新研究创新型实验项目。充分发挥学科科研优势,将科研进展与成果融入实验教学内容。

从以下方面实施开放式实验教学的规模与质量:

(1) 时间开放性。为学生课余时间科研训练提供充分的实验条件,在不与计划实验课冲突的前提下,优化安排开放时间,进一步完善实验预约制度,保证实验资源的充分利用。

(2) 内容开放性。研究开发更多的研究型实验供学生自由选择,并给学生留出再创新的余地;扩大开放研究型实验时间安排,以保证较多的学生能进行“创新实验自选课题”的实验,提高学生自主设计实验的能力。

(3) 主体开放性。针对选修或兴趣小组,科研训练计划,毕业设计(论文)等。

3. 加强与企业合作,优化实验中心队伍结构,提高实验教学水平

加强与企业合作,进一步加大人才引进和培养力度,采取引进与培养相结合,脱产培养与在职培训相结合,内聘与外聘相结合等措施,通过与合作企业,以便让更多的企业家进入实验室,进一步优化实验师资队伍结构,提高师资队伍综合素质,提高实验教学水平。形成一支学历、职称、年龄结构合理,实验教学和实验技术为一体的实验教学与管理队伍。继续推行实验课程教授负责制、实验课主讲教师聘任制、实验指导教师申请评价、年轻教师实验指导培训上岗、实验教辅质量考评制度。坚持以老带新、集中备课、学生问卷评价、专家评议的运行方法,并通过中心定期检查、召开学生座谈会及网站留言等多种手段对实验课授课教

师的教学质量进行监督和评价。配合学校制订的实验教学有关政策,吸收更多的在读博士生作为助教参与实验教学活动。

4. 建立健全实验管理机制 提高实验教学质量

健全实验室开放运行的政策与机制,不断完善实验教学与实验管理考核方法,加强实验教学质量保障体系建设,提高实验教学质量。

5. 加强网络资源建设,形成网络化、开放化的实验室管理模式

建设实验室信息化管理运行平台,为激励学生自主学习、自主创新型实验提供优良的网络化实验环境。通过网络资源建设,形成网络化、开放化的实验室管理模式。中心提供了丰富的网上教学资源和相关教学管理信息。学生可通过网络查询实验室、仪器设备基本信息、实验课内容、开设时间、地点及指导教师信息,查阅网络教学资源,网络教学资源包括实验教学课程的教学大纲、课件、参考文献、仪器设备和使用手册等,为学生进行课内外学习提供了重要的辅助。

6. 加强自研设备建设,不断提高实验教学资源的效率

结合学科建设,加强自研设备建设,通过燃煤烟气脱硫脱硝除汞实验系统、环境地学实验系统、固体废弃物处理实验系统等自研实验研究系统的建设,推进大学生科研训练活动和开放实验研究,不断提高实验教学资源的效率,以取得更多项创新成果。

7. 加强学术交流,提升中心的示范引领作用

不断增强与国内外高校实验教学中心的交流力度,提升实验中心的国际化和现代化水平,促使教学实验中心从知识型向能力型和素质型转变,从模仿型向创新型转变,从单一型向复合型转变,增强学生的综合实践能力,在全省乃至全国高校同类中心中发挥良好的示范和辐射作用。

二、实习

实习是理工类专业实践教学的重要环节。调查结果表明,国内高校环境类专业实习环节教学现状,由于企业生产经营机制的转变和学校实习经费不足,校内外实习基地建设困难,实习教材缺乏,实习目的要求不明确,导致实习难免走马观花,达不到应有实习效果。

我校环境工程专业以“国家特色专业”、“江苏省重点专业”、“江苏省优势学科”、“国家级工程实践教育中心”和“江苏省实验教学示范中心”等建设为契机,多渠道建设了不同类型的实习基地,涵盖了环境工程专业所涉及的水、气、声、固废四大领域,为学生实习提供了良好的外部环境和便利条件。

我校环境工程专业实习是实践教学环节的重要一环,主要建设包括环境工程认识实习、生产实习和毕业实习三个部分,不同实习环节侧重点和要求各不相同。一般认识实习是在专业课程开设之前进行,以了环境工程专业涉及的工艺流程、处理设施及设备为主,旨在激发同学们的专业学习兴趣,实习时间为两周;生产实习是在主要专业课程结束以后进行,通过生产实习,加深对所学大气污染控制工程相关知识的理解和记忆,了解现代大工业生产的工艺和设备,培养观察事物、分析问题和解决实际问题的技能,实习时间为四周,通常安排在第六学期末;毕业实习是在所有课程结束后毕业设计前进行,通过实习进一步强化专业知识,培养学生的创新能力,增强大气污染控制(除尘和脱硫)工程实践能力,毕业实习时间为四周。通过以上三个阶段的实习实践教学活动,加强环境工程专业学生的大气污染控制理论知识和工程实践能力,为今后的大气污染控制理论学习及工程设计奠定基础。

目前,创新人才的培养逐渐成为高校人才培养质量的主流意识,一致的看法认为“实践与创新”是必不可少的重要环节。国内环境类高校以清华大学、同济大学为代表的环境专业采取强化创新实践改革,本科培养方案中设置了6周的综合训练环节,要求学生进实验室参与科研项目,接受科研训练,对培养学生的创新能力取得了良好的成效。国内其他高校环境类专业均依托各自的学科优势,鼓励学生参与科学研究活动,培养学生的创新能力。

(一) 实践创新基地功能模块设置与建设

利用实验室硬件环境和条件,整合环境专业各实验室功能区的内容,优化和精选具有矿区环境污染控制和煤生态保护特色的实验研究项目和手段的配置,建设大学生创新实践条件准备功能区、实验研究功能区;包括大气污染控制创新系列实验、水控制创新系列实验、煤基废弃物资源化实验、地下水污染及控制等单元操作实验研究项目、环境监测、环境生物分析测试功能区、环境规划与环境系统工程系统模拟、师生学术交流和学生创新成果展示功能区,以及网络管理和信息交流平台,共同组成本实践创新基地。

(二) 实践创新基地指导教师队伍建设

建立和培养基地专职和兼职相结合的指导教师队伍,遴选部分有丰富科研经验和较强责任心的教师担任基地指导教师,开展青年教师的培训工作,建立教师和学生实践交流机制,提高基地的学术和科研氛围。

(三) 开展基地的科学管理机制和开放运行模式的研究

制订基地的科学管理和运行的相关政策和制度,如调动指导教师和管理人员积极性的政策,对基地实验用水、用电、和实验药品等低值易耗品实施特殊管理政策,实施对接纳学生进行创新实践活动的指导老师进行立项遴选和水电费的补贴制度,研究受训学生的选拔、考核、评价及奖励制度,推动基地的长期可持续发展的良性发展。

三、课程设计

课程设计是课程教学的重要组成部分,也是培养学生工程设计能力和创新能力的实践教学环节。课程设计以培养学生的整体素质和综合能力为目标,以培养学生工程设计能力和科学研究能力为主线。本教材所涉及课程设计拟从颗粒污染物净化技术和气态污染物净化技术两个方向锻炼学生颗粒污染物和气态污染物治理工艺流程设计、参数选择、主要构筑物和设备计算等方面的能力。

(一) 颗粒污染物净化技术

颗粒污染物净化技术课程设计内容涵盖了工艺流程的确定、设备选型、管路系统布置、烟囱的设计和制图等多个方面的专业知识,有利于环境工程专业学生所学知识的相互渗透和交叉融合,有利于学生综合能力和素质的提高。本书主要针对颗粒污染物的净化进行初步设计,在研读设计资料的基础上,提出对烟气采用何种控制方式。通过设计锻炼学生针对燃煤烟气参数进行除尘器型号选择和运行参数计算、管路系统布置和阻力计算、烟囱的设计、风机和电机的选型等方面的能力,以及课程设计说明书编写能力和制图能力。

本阶段课程设计的任务如下:

- ① 了解煤炭的组成,掌握燃煤锅炉烟气的粉尘特性;
- ② 掌握燃煤锅炉排烟量和 SO_2 浓度的计算;
- ③ 掌握除尘系统的选择方法,包括除尘器的类型、型号、规格等;
- ④ 掌握管路和设备的布置,管路、烟囱、设备、配件等阻力的计算;

- ⑤ 掌握风机和电机的选择方法,包括电机种类、型号和功率等;
- ⑥ 学会对计算结果进行合理性分析;
- ⑦ 学会编写设计说明书;
- ⑧ 进一步熟练和巩固 CAD 画图技术。

本阶段课程设计的主要内容如下:

- ① 认真阅读课程设计任务书,明确设计任务与要求;根据设计要求,认真查阅和准备设计资料;
 - ② 烟气量及烟尘和二氧化硫浓度的计算;
 - ③ 净化系统设计方案的分析确定。
 - ④ 除尘器比较与选择:确定除尘器的类型、型号及规格,并确定其主要运行参数。
 - ⑤ 管网的布置及计算:确定各装置的位置及管道布置。并计算各管段的管径、长度,计算烟囱高度和出口内径以及系统总阻力。
 - ⑥ 风机及电机的选择设计:根据净化系统所处理的烟气量、烟气温度、系统总阻力等计算选择风机种类、型号及电动机的种类、型号和功率。
 - ⑦ 编制设计说明书。
- 本课程设计时间为 1 周,时间安排在第 5 学期,设计内容与要求如表 1-1 所示。

表 1-1 颗粒污染物净化课程设计与要求

课程内容	教学要求	重点(☆)	难点(Δ)	学时安排	备注
集气量和集气罩的相关内容设计计算	A	☆	Δ	2 天	
管路系统的布置及相关内容设计计算	A		Δ	1 天	
除尘系统平面布置图	B			1 天	
除尘系统单线轴侧流程图	B			1 天	

(教学要求:A—熟练掌握;B—掌握;C—了解)

(二) 气态污染物净化技术

气态污染物净化技术课程设计,通过设计,进一步消化和巩固本门课程所学气态污染物净化基础内容,并使所学知识系统化,培养学生运用所学理论知识进行气态污染物工程设计的初步能力。通过设计,了解气态污染物工程设计的内容、方法和步骤,培养学生确定气态污染物控制系统的设计方案、设计计算、工程制图、查阅技术资料、编写设计说明书等能力。

本阶段课程设计的任务如下:

- ① 学会分析污染物的组成和特点,并合理选择净化工艺流程;
- ② 根据选择的净化工艺流程,确定净化装置的类型;
- ③ 具备净化装置设计计算能力;
- ④ 具备对管道进行布置和计算的能力;
- ⑤ 学会对风机进行合理性分析,掌握风机和电机的选择方法;
- ⑥ 熟悉编制说明书的方法;
- ⑦ 学会结合现有地理条件和空间条件进行净化工艺的平面布置;
- ⑧ 进一步熟练和巩固 CAD 画图技术。