

教育部世行贷款21世纪初高等教育教学改革项目研究成果

固体废物处理与处置 实践教程

宁平 张承中 陈建中 主编



化学工业出版社
教材出版中心

教育部世行贷款 21 世纪初高等教育教学改革项目研究成果

固体废物处理与处置实践教程

宁平 张承中 陈建中 主编



化学工业出版社
教材出版中心

· 北京 ·

(京)新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

固体废物处理与处置实践教程/宁平,张承中,陈建中主编. —北京:化学工业出版社,2005.5
(教育部世行贷款 21 世纪初高等教育教学改革项目研究成果)

ISBN 7-5025-7042-X

I. 固… II. ①宁…②张…③陈… III. 固体废物-废物处理-高等学校-教材 IV. X705

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 046399 号

教育部世行贷款 21 世纪初高等教育教学改革项目研究成果

固体废物处理与处置实践教程

宁平 张承中 陈建中 主编

责任编辑: 文峡

责任校对: 于志岩

封面设计: 郑小红

*

化学工业出版社 出版发行
教材出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话 (010) 64982530

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京彩桥印刷厂印装

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 14 $\frac{3}{4}$ 字数 347 千字

2005 年 7 月第 1 版 2005 年 7 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-7042-X

定 价: 28.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者,本社发行部负责退换

前 言

西安建筑科技大学在承担世行贷款 21 世纪初高等教育教学改革项目“环境类专业实践教学诸环节的研究与实践”(1282B 06021)的过程中,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。为此,“环境类专业实践教学诸环节的研究与实践”课题组在总结本校创办环境类专业 26 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,编写了这套系列教材。

昆明理工大学在参加“环境类专业实践教学诸环节的研究与实践”项目的过程中,和西安建筑科技大学、西华大学等共同编写了《固体废物处理与处置实践教程》。该教程选编了固体废物的采样与制样、原子吸收光谱法测定固体废物中的部分重金属、热重分析法测定共混物组分、固体废物毒性鉴定、固体废物的破碎与分选等 25 个实验,编入了“垃圾分选课程设计”等任务书、指导书和设计实例;编入了毕业设计任务书、指导书及毕业设计实例。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。

全书由宁平、张承中和陈建中担任主编,编写人员分工如下:第一章,张承中;第二章,宁平、张承中、谷晋川、杨月红、瞿广飞、祝鹏飞、杨毅、刘立中、王华、余苏、于浩;第三章,胡开林、马丽萍、瞿广飞;第四章,陈建中;第五章,宁平、陈建中、胡开林、王华、胡建杭、王海娟、陈芳媛。

由于编者水平有限,缺点和错误在所难免,敬请读者提出批评和建议,以便加以修正。

编者

2005 年 3 月

内 容 提 要

本书选编了固体废物的采样和制样、原子吸收光谱法测定固体废物中的部分金属、固体废物毒性鉴别实验、固体废物的风力分选实验和垃圾渗滤液中硫酸盐的测定分析等二十五个实验；编入了垃圾堆肥场生产实习、垃圾填埋厂生产实习和垃圾焚烧厂生产实习的实习指导书及有关内容；另外本书编入了城市垃圾收集线路的设计、城市垃圾分选工艺的设计和有机垃圾产沼工艺的设计等三个课程设计的任务书、指导书和设计案例；还编入了垃圾堆肥厂的设计、垃圾填埋场的设计、垃圾焚烧厂的设计和云锡尾矿焙烧渣四个毕业（论文）设计说明书和案例。

本书为高等学校环境类专业实践教程，亦可供从事相关专业教学、科研工作的人员作为参考书。

目 录

第一章 绪论	1
第一节 环境类专业实践教程编写目的和要求	1
第二节 实验	3
第三节 实习	5
第四节 课程设计	7
第五节 毕业设计	8
第二章 实验	11
实验一 固体废物的采样和制样	11
实验二 原子吸收光谱法测定固体废物中的部分金属	15
实验三 气相色谱法测定固体废物中的有机化合物	18
实验四 热重分析测定共混物组分	21
实验五 X射线衍射仪进行多晶物质的相分析	23
实验六 红外光谱分析实验	26
实验七 废弃物复合材料形貌观察	29
实验八 材料密度、孔隙率及吸水率的测定	32
实验九 有机固体废物热值测定	35
实验十 固体废物毒性鉴别实验	38
实验十一 固体废物的易燃性鉴别实验	39
实验十二 固体废物反应性鉴别实验	41
实验十三 固体废物腐蚀性鉴别实验	44
实验十四 固体废物的压实实验	46
实验十五 固体废物的破碎	50
实验十六 固体废物的风力分选实验	58
实验十七 固体废物的重介质分选实验	61
实验十八 固体废物的磁选实验	64
实验十九 固体废物的电选实验	67
实验二十 堆肥腐熟度测定实验	73
实验二十一 总固体、溶解性固体和悬浮固体的测定分析实验	74
实验二十二 垃圾渗滤液中硫酸盐的测定分析	78
实验二十三 垃圾渗滤液中氯化物的测定	80
实验二十四 垃圾渗滤液中细菌菌落总数的测定	82
实验二十五 垃圾渗滤液中大肠菌群的测定分析	84

第三章 实习	89
第一节 生产实习指导书	89
第二节 垃圾堆肥场生产实习	89
第三节 垃圾填埋厂生产实习	90
第四节 垃圾焚烧厂生产实习	93
第四章 课程设计	95
第一节 城市垃圾收集线路的设计	95
第二节 城市垃圾分选工艺的设计	103
第三节 有机垃圾产沼工艺的设计	121
第五章 毕业设计	132
第一节 毕业设计任务书和指导书的编写	132
第二节 毕业设计案例（一）垃圾堆肥厂的设计	133
第三节 毕业设计案例（二）垃圾填埋场的设计	149
第四节 毕业设计案例（三）垃圾焚烧厂的设计	176
第五节 毕业设计案例（四）云锡尾矿焙烧渣综合利用车间的设计	204
参考文献	227
推荐其他参考读物	228

第一章 绪 论

第一节 环境类专业实践教程编写目的和要求

一、编写目的

中国《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。”随着我国经济体制从计划经济向市场经济转变，社会就业单位对本科生的创新精神和解决实际问题能力提出了更高的要求。1998年7月，教育部正式颁布《普通高等学校本科专业目录》，从1999年秋季招生开始实施。本科专业目录的修订，在拓宽专业口径、增强适应性方面采取了较大力度的改革，将原有本科专业调减一半以上，新的专业目录只设置了249个专业。在本次专业目录修订过程，环境类专业得到了较大的加强与拓宽，例如新的环境工程专业包含了原有五个专业，即环境工程、环境监测、环境规划与管理（部分）、水文地质与工程地质（部分）和农业环境保护（部分）。为了适应发展的需要，教育部高等学校环境科学与工程专业教学指导委员会根据教育部对编制教学计划的“统一性和多样性相结合”的原则，制定了环境类专业本科培养方案和教学基本要求，鼓励各高校根据市场经济需求并结合各自特点，编制具体的教学计划，并强调加强基础教学，加强实践环节，努力提高环境类专业学生的创新精神和实践能力。

西安建筑科技大学环境与市政工程学院在承担完成世行贷款21世纪初高等教育教学改革项目“环境类专业实践教学诸环节的研究与实践”（1282B 06021）的过程中，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，各校实践教学改革正在向深度发展。调查分析结果还表明，与理论教学相比，实践环节教学相对比较薄弱，尚存在亟待研究解决的问题。比较突出的是缺乏实践教学环节教材和案例教材，实习经费较紧张，实习基地建设较困难，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具有创新精神和实践能力的主要障碍。

为此，“环境类专业实践教学诸环节的研究与实践”课题组在总结本校26年来创办环境类专业本科教学经验的基础上，注意认真吸取兄弟院校的办学经验，尝试编写了环境类专业实践教程系列教材。本次出版的实践环节教材包括《大气污染控制实践教程》、《水污染控制实践教程》、《固体废物处理与处置实践教程》和《环境监测与分析实践教程》四种。其中，《固体废物处理与处置实践教程》由昆明理工大学与西安建筑科技大学合编，其余三种实践教程由西安建筑科技大学编写。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、基本思路

高等教育的实践环节教学包括实验、实习、课程设计、毕业设计和社会实践等诸多环节，实践教学各个环节对于实现培养具有创新精神和实践能力的高级专门人才的目标具有不可替代的重要作用。

环境类专业是一个综合性很强的学科。其所包含的环境工程（工科）和环境科学（理科）之间存在很多交叉内容，且与其他学科在内容上也有很多交叉，自身知识体系又十分庞大，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。

根据教育部环境科学与工程专业指导委员会所制定的本科培养方案中规定的主干课程，结合学校实际情况，确定以生态学、环境工程微生物学、环境监测、水污染控制、大气污染控制、固体废物处理处置等六门主干课程作为本次实践环节教学研究的基本范围。

教学改革的基本单位是课程。课程建设的核心是解决“教什么”和“如何教”这两个问题。首要的是解决“教什么”，即教育教学观念转变和课程教学内容优化；其次是“如何教”，即实践教学体系结构、实践环节学时以及教学方式等问题。

教育教学观念转变在实践环节教学改革中起到主导作用，要转变传统的“授受”模式，激发学生主体性，面向市场需求，实施探究式教学策略，实现理论学习和实践学习结合，基础性实验和综合性、设计性实验结合，实习和社会实践结合，课程设计、毕业设计与市场需求结合，提高学生综合素质，培养具有创新精神和实践能力的环境类专业人才。

课程教学内容优化以知识点为单位，根据环境科技领域的发展动态和知识前沿，立足于市场需求，认真遴选主干课程知识点，以知识点之间内在联系形成知识群。在此基础上，确定实践环节的能力培养目标和实践点，界定本科学习各阶段的实践环节构成，保证实践环节培养目标明确、层次有序，在知识结构上理工渗透、系统完整，在教学效果上促进学生专业知识和能力达到人才培养的规格。

环境类专业实践环节教学体系采用基础训练平台、专业训练平台、综合训练平台三个层次的结构体系。基础训练平台的实践内容以公共基础课和专业基础课的实验为主，辅以社会调查、公益劳动等社会实践活动。着眼于培养本科生基本操作技能；专业训练平台着眼于本科生从事环境保护活动必需的工程技术、经济、法律和管理规划等方面的知识基础和和能力基础，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。该平台实践环节丰富，包括专业实验（三门主干课程共开设 65 个实验）、实习（认识实习、监测实习、生产实习、生态实习和毕业实习）、课程设计（水污染控制工程课程设计 I、II，大气污染控制工程课程设计 I、II，环保设备设计、环境规划设计 I、II 和环境影响评价共八门课程设计）和社会实践（区域环境生态调查、校园网监测、环保绿色组织活动等）；综合训练平台着眼于加强实践环节教学与将要实行的注册环境工程师制度的联系，使就业岗位所需知识技能在实践环节教学中体现出来，满足拓宽环境类专业从业领域和范围，提高人才国际竞争力。具体内容包括毕业实习、毕业设计（论文）和 ISO 9000、ISO 14001 资质认证等社会实践活动。

增加实践教学环节学时和学分数量，提高其在教学计划中所占比例，是保证实践环节教

学质量的重要措施。从2000年开始,西安建筑科技大学环境与市政工程学院在保证本科生知识结构完整性的前提下,将总理论教学时数控制在2500学时以下,实验、实习、课程设计、毕业设计等实践性教学环节总学时为45周,与理论教学周数之比达3:8。

三、基本要求

对环境类专业实践教程的使用上,拟从“教”与“学”两个层面出发,提出以下基本要求。

(1) 环境类专业实践环节教学体系确定后,优秀的实践性教材就成为提高专业教学质量的关键。而现行的各种教材虽各有特色,又各有一定局限性。因此,教师应根据社会需求,结合各校特色来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,注重能力培养。同时,加强人格培养,注重团队精神,也是实践环节教学的重要原则。

(2) 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、校园网、影像材料和典型案例,可以充实和拓展教学效果,调动学生的学习积极性。重要的是把握实践环节教学总体目标,强化课程各知识点之间的联系,强化实验、实习、课程设计、毕业设计等环节之间的联系,强化学校教育和社会需求的联系,努力促进学生形成专业基本知识体系,提高专业技能。

(3) 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,忠于自己所观察到的实验现象和调查数据,养成严肃、认真、细致、整洁的工作习惯,努力使实践环节教学成为学生主动参与、内因驱动、在实践中提高的学习过程。

(4) 学生应独立完成实践教学诸环节的全过程,对各环节的工作重点、基本原理、操作程序、研究方法做到心中有数,在独立完成过程中,从环境科学角度进行创新思维并主动发展在实际工作中对所学知识的创造性应用能力。

第二节 实 验

实验教学的宗旨是培养学生理论与实际相结合的操作技能,实事求是、精益求精的科学态度,以及分析问题和解决问题的实践能力。实验教学改革是环境类专业教学改革的重要部分。对于环境类专业无论把实验部分单独设课或与理论教学合在一门课程里,可以有不同的安排方式,但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。

一、构筑环境类专业实验教材新体系

目前,在实验环节教学中,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,坚持以应用性和面向社会需求为主,以培养学生创新精神的实践能力为主,增加思考性、设计性和综合性实验,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,重视多媒体和计算机技术在实验教学中的应用。

实验教学应加强基本技能训练,强化实际分析问题、解决问题能力和创新能力的培养。

本实践教程中关于实验教学指导书的编写注重四方面的改革。一是注重理论教学与实验教学的紧密联系,认真遴选主干课程知识和有利于学科交叉融合的切入点作为实验教学内容;二是注重面向社会需要,合理安排知识技能结构,以反映环境科学与工程学科发展趋势的新成果来补充完善实验教学体系;三是注意从简单到复杂、循序渐进的培养原则来安排实验教学,如从天平使用操作学习到掌握排除常见故障的能力,从学习各种环境监测仪器的校准方法到掌握仪器误差分析技能等;四是注意基本训练型、综合应用型及设计创新型实验的合理结构比例,在本科实验教学阶段以基本训练型实验为主。

本次出版的环境类专业实践教程系列教材共选编了90个实验。其中《环境监测与分析实践教程》选编了水质及土壤监测、大气监测、生物监测及综合设计型四类27个实验项目;《大气污染控制实践教程》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20个实验项目;《水污染控制实践教程》选编了水污染控制的物理方法、水污染控制的化学及物理化学方法、水污泥控制的生物化学方法及污泥处理四类18个实验项目;《固体废物处理与处置实践教程》选编了固体废物组成测定与分析、固体废物的物理、化学及生物特性的测定与分析、危险废物特性鉴定、固体废物渗滤液测定分析、固体废物的压实与破碎实验、固体废物的分选实验、垃圾渗滤液测定分析、固体废物减量化、无害化和资源化实验等七类25个实验。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,其数量约为总数的1/5。

二、加强实验环节教学管理

加强实验教学目标管理,重在实验教学过程控制。坚持实验全过程控制的三段式管理制度,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式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;实验后实行学生提交实验报告,师生讲评实验结果的验收总结制度。

改革实验教学考试方式是实现全过程控制的重要保证。改变过去以实验无单独考核成绩,或以批改学生提出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,正确处理严格把关和减轻学生负担的关系为原则的考试方式。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、建设开放式环境类专业实验教学中心

实验室是本科生实验教学的重要基地,实验室建设是实践环节教学能力建设的重要内容。西安建筑科技大学环境工程实验室是教育部和陕西省重点实验室,已有二十多年本科生教学实验经验。在本教改项目实施过程,在原环境工程实验室的基础上组建了环境类专业实验教学中心,从体制上保证实验环节教学活动的组织;加强教师的参与,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;实行开放性实验,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辅助效果。

1. 建设环境类专业实验教学中心

为适应专业拓宽后对实验课教学的要求,对原有各专业实验室进行了调整,组建了宽口径的环境类专业实验教学中心,主要承担环境类专业本科生专业实验教学,并配备专职人员管理实验教学全过程,并与教师一起承担专业实验教学任务,从体制上为实验教学改革措施落实提供保障。

2. 加强教师参与,提高实验人员整体素质

为加强实验环节教学队伍建设,要求理论课教师进实验室参加实验室建设和指导学生实验,并鼓励教授进实验室参与教学指导,这已成为一项制度得到坚持。由于教师与实验人员的共同努力,促进了实验教学内容更新,实验装备水平提高,并增设了综合应用型和设计研究型教学实验项目,重编了实验教材。

3. 改进实验装置,规范本科教学实验

本项目实施过程,实验室共开发和更新实验装置 14 台,有效提高了本科教学实验的规范性。同时已向国内 15 家高校提供使用。已开发的实验装置包括斜板(管)沉淀器、竖流式沉淀器、氧传递系数测试装置、活性污泥试验装置、生物转盘实验装置、离子交换实验装置、表面曝气实验装置、UASB 反应器试验装置、电除尘器伏安特性模拟实验装置、袋式除尘器实验装置、旋风除尘器实验装置、粉尘真密度测试装置、移液管粉尘粒径分布测试装置及吸气罩实验装置等。

4. 开放性实验室建设

环境类专业实验教学中心在完善开放条件和建立各项规章制度基础上,实现全面开放。实验室近年已接待设有环境类专业的五所兄弟院校本科生专业实验 20 余次,还陆续接待了国外高校的本科生(研究生)到校参观和参与实验。同时,实验室对校内本科生也实现开放,许多本科学生参加教师所承担的科研课题,在实验室组织大学生研究训练(Student Research Training, SRT)计划。

第三节 实 习

实习是理工类高校实践教学的重要环节。国内高校环境类专业实习环节教学现状调查结果表明,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,达不到应有的效果。本项目针对实习环节面临的问题,以建设实习基地为核心,加强“三个结合”,即理论教学与实习训练相结合,基本技能与综合训练相结合,个性化训练和团队精神培养相结合,促进了实习环节教学质量提高。

一、加强理论教学与实习训练有机结合,明确各类实习的教学功能

实习环节包括诸多形式,各类实习教学功能定位是实习环节教学改革的首要问题。以六门主干课程教学目标实现作为各类实习功能定位的主要依据,加强理论教学与实践训练的有机结合,构建由校外实习和校内实习组成的环境类专业实习教学环节新体系。

校外实习包括认识实习、生态实习、生产实习和毕业实习诸多环节。认识实习安排在专业课开课前,以了解主干专业课涉及的工艺设备、净化流程和净化装备为主要教学目的,实习形式以参观为主,实习时间一周;生态实习在国家级自然保护区开展生态学野外实验内容,满足拓宽后环境类专业的教学需要,实习时间一周,安排在《生态学》等主干课之后;生产实习时间四周,安排在第七学期。生产实习内容包括工业三废治理设施运行、检修和故障诊断,企业环境管理和规划,清洁生产综合利用,环保设备设计、加工和安装等内容。生产实习也可称为工厂实习,通过工厂实习,深化学生理解、消化课堂教学内容,了解现代化大工业生产的工艺和装备,培养观察事物、分析问题和解决问题的实践能力;毕业实习是学生完成全部课堂教学之后进行的最后一次实习。其主要目的是结合毕业设计(论文)课题内容,为完成毕业设计(论文)任务奠定基础,并通过实习增长实际知识和技能,培养学生创新能力和解决实际问题的能力。毕业实习时间一般为三周。

校内实习包括校园环境监测实习和社会实践活动。监测实习时间为两周,每年两次对校园环境开展空气、生活污水和噪声等监测活动,并将监测结果在校园监测网定期公布。社会实践活动并非全部在校内开展,大学生环保组织科技活动,环境日宣传活动,西安建筑科技大学举办的中日大学生环境论坛等社会实践活动在校内开展。另外,近年还组织了秦岭生态调查和渭河流域污染调查等校外社会实践活动。

根据对各类实习教学功能定位,编写了各类实习大纲和教学指导书。《环境监测与分析实践教程》编入了环境监测实习大纲、实习教学任务书和指导书,并编入具体案例。目前已形成由认识实习、生态实习、生产实习、监测实习和毕业实习组成的总学时不少于10周的环境类专业实习教学新体系。

二、加强基本技能与综合训练相结合,建设各类实习基地

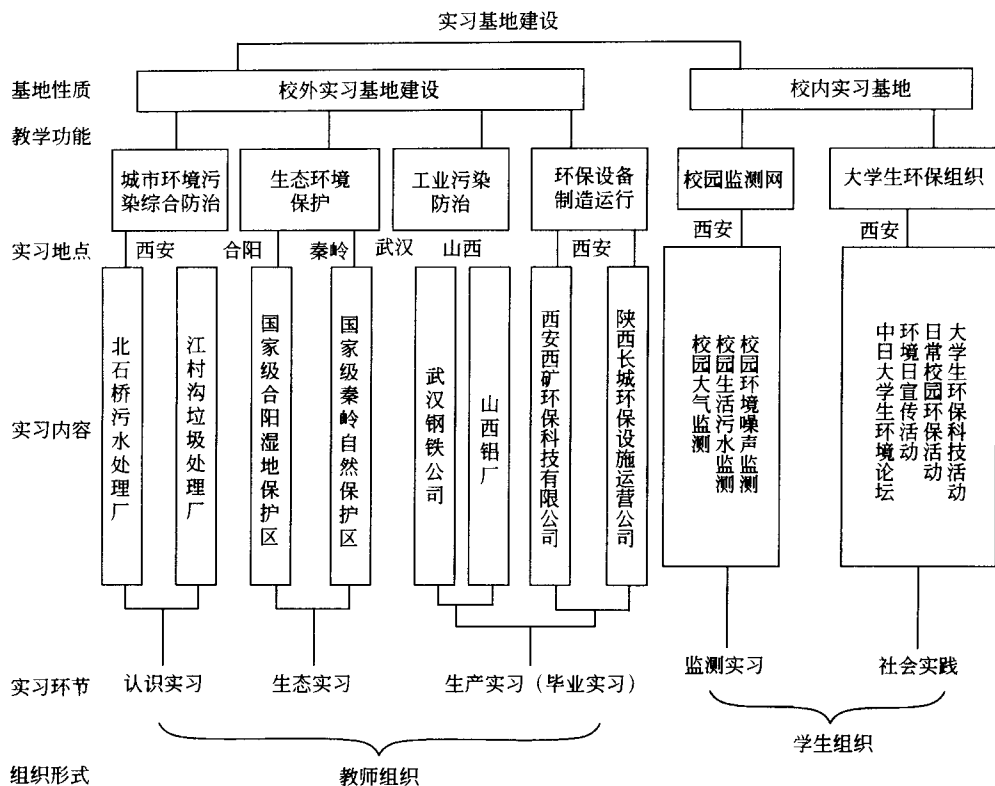
在明确各类实习教学功能基础上,以建设校内实习基地为核心,重新整合实习内容,加强基本技能与综合训练相结合,突出实习重点,拓宽实习的教学功能,全面培养和提高学生的综合素质和创新意识。

目前,学校已建成了环境类专业校内外实习基地及其教学功能、实习地点、实习内容、组织形式如下图所示。

三、加强个性化训练和团队精神培养相结合,改革实习教学方法

通过产学研结合,改革实习教学方法,加强个性化训练和团队精神培养,是提高实习教学质量的重要途径。改革实习内容程序单一化模式,增加实习类型多样化,突出个性化教育,增强教学互动性,实施实习内容标准化与个性化相结合,鼓励学生克服实习报告的“克隆”现象,指导学生大胆创新。学生通过接触和认识社会,了解社会对人才规格的需求,提高实践能力和创新能力的培养。

青年学生由于缺乏对国情、社会、生产第一线的了解,思想中缺乏对国家、社会和集体责任感。在实习中通过较长时间的社会实践,学习工人、农民的好品质,增强了纪律观念、劳动观念和社会责任心。在实习中,鼓励和指导学生成立实习小组,协同完成实习任务,注意培养学生的团队精神。



环境类专业校内外实习基地建设

第四节 课程设计

课程设计是课程教学的重要组成部分,是培养学生工程设计能力和创新能力的实践教学重要环节。明确课程设计教学目标,由对课程教学的补充转向对学生素质与能力的培养,以工程设计能力和科学研究能力培养为主线,开展多样化课程设计是对适应拓宽后的环境类专业教学改革的重要内容。

一、实施多样化课程设计,强调创新能力培养的全面性

为了适应拓宽后的环境类专业发展的需要,加强学生工程设计能力的训练,将原来开设的四个课程设计增加到八个,要求每个学生完成六个课程设计。课程设计题目涵盖了工程设计、设备设计、区域规划、企业管理、环境评价等多个学科方向,有利于环境类专业的理工渗透和交叉融合,有利于学生素质和能力的全面培养。

二、加强课程设计教材建设,增强实践技能训练的系统性

为适应课程设计环节教学改革需要,组织编写了13个课程设计任务书和教学指导书,以及案例教材。《大气污染控制实践教程》中编入了“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；《水污染控制工程实践教程》中编入了“离子交换法处理课程设计”、“化学沉淀法课程设计”、“啤酒废水处理课程设计”和“生活污水处理课程设计”的任务书、指导书和设计案例；《固体废物处理与处置实践教程》中编入了“城市垃圾收集线路设计”、“垃圾分选工艺设计”、“有机垃圾产沼工艺”的任务书、指导书和设计案例。这些教学指导书和案例教材的出版，有利于增强学生实践技能训练的系统性。

三、改革课程设计考核方式，提高课程设计教学效果

课程设计内容丰富而时间较短，一般每个课程设计为1.5~2周，各类课程设计内容各具特点，如何提高实际教学效果是指导教师关注的问题。以讲评方式替代传统的考核方式，组织学生讨论课程设计文件图纸，并由指导教师针对存在问题进行启发式讲评，开展生动活泼的考核，有利于促进教学效果的提高。

第五节 毕业设计

毕业设计（论文）教学过程是对本科生强化工程意识和创新意识，进行工程基本训练和提高科研实践能力培养的重要阶段，是把所学知识进行综合运用的具体实践，是对本科生进行综合素质教育，培养严肃认真的科学态度、优秀的思维品质和严谨的工作作风的重要途径。通过毕业设计教学，培养本科生勇于实践、勇于创新的精神，正确的设计思想和掌握现代设计研究方法，具备综合应用多学科理论、知识的能力和解决实际问题的能力。因此，毕业设计（论文）质量是评估高等学校教育质量的重要内容，也是本科生在进入社会前由宽口径专业进入具体工作岗位角色的一次模拟实践。在环境类专业毕业设计（论文）教学的改革过程，以选题、指导和管理为核心，进行了三个方面的改革尝试。

一、毕业设计（论文）选题原则

1. 选题的一般原则

(1) 选题满足专业培养目标。选题内容应有适当的深度和广度，应符合拓宽后环境类专业的培养目标和教学基本要求，体现本专业的的基本训练，使学生受到比较全面的锻炼。

(2) 选题面向社会需求。选题应保证教学与生产实践的结合，在保证学生综合训练的基础上，提倡真题真做，“真刀真枪”地完成毕业设计，增强学生的责任感、紧迫感、市场观念和经济观念。

(3) 选题有益于学生的创新能力培养。选题应有益于学生综合运用多学科的理论知识和技能，有益于理工渗透融合，有益于教师与学生充分发挥自身优势，有益于激发学生独立工作能力。

(4) 选题应体现专业特色。工科类环境工程专业应以工程设计型题目为主，理科类环境科学专业应以研究论文型题目为主。题目类型多种多样，便于学生根据各自兴趣和需要来选择。

2. 毕业设计题目来源

(1) 指导教师承担的课题中选出适合教学要求的内容作为选题，真题真做；

(2) 指导教师根据教学需要，将生产实践和社会需求中收集的资料经剪裁组合的选题，假题真做；

(3) 学生在社会实践基础上，结合实际需要或接受委托自立的选题。

3. 毕业设计题目安排

选题分配原则是一人一题，独立完成，突出个性化培养，有利于激发学生创新精神。选题分配实行双向选择，亦可根据学生预分配和就业情况进行定向选择，使学生在毕业设计阶段接触工作性质和内容接近的选题，有利于学生走上工作岗位后能迅速适应社会需求。

二、毕业设计指导的基本要求

(1) 本科毕业设计（论文）指导应注重基本训练，对设计、绘图、实验、文献资料检索、专业外文翻译、国内外动态分析，说明书和论文撰写以及计算机应用等环节基本训练，力求规范性。

(2) 环境类专业是多学科交叉渗透的边缘学科，设计研究应把握设计思想的科学性和设计过程的综合性，其综合性体现在工程技术特征和非工程技术特征的综合，体现工程技术、管理技术、技术经济分析和人文科学等多学科知识的综合。

(3) 注重设计内容的新颖性，加强对学生创新能力的指导。鼓励应用智力激励法、提问追溯法、联想创造法、反向探求法、组合创新法等实用创新技术指导毕业设计（论文）。

(4) 认真编写设计任务书和指导书。“两书”是指导学生高质量完成毕业设计任务的基础。本实践教程中共编入了大气污染控制方面四个选题、水污染控制方面的两个选题、固体废物处理与处置方面四个选题的“两书”和案例。

三、教学管理的主要措施

1. “三阶段”教学管理实施全过程控制

毕业设计（论文）教学管理可大致分为三个阶段 11 个步骤。“三阶段”教学管理强调阶段性检查，及时发现和改进存在的问题，实现全过程控制，详见表 1-1 所示。

表 1-1 毕业设计环节教学管理程序和内容

阶段和要求	时间	步骤和内容	设计文件	检查
(1) 调查实践阶段 通过资料查阅，文献翻译，现场调研，了解市场需求和技术背景，确定设计研究目标和任务	2~3 周	① 由指导老师和学生共同确定设计题目，指导老师下达设计任务书和指导书； ② 毕业实习、查阅文献、收集资料、现场调研； ③ 开题报告审查	外文资料翻译 实习报告 开题报告	开题报告审查
(2) 方案设计阶段 分析设计任务的性质特点，寻求解决问题的各种途径和方法，提出各种设计方案，优化选择，将使设计满足设计任务的基本要求	9~10 周	① 方案选择设计 ② 设计计算，或试验装置建设 ③ 主要图纸绘制或试验装置运转	方案设计 说明，主要设计 图纸	方案设计审查 (其中预答辩)

续表

阶段和要求	时间	步骤和内容	设计文件	检查
(3)总结检查阶段 将设计方案变成可实施的工程图纸,设计计算说明书或软件,论文撰写,完成全部任务	4~5周	① 绘制全套图纸或试验数据整理分析 ② 编写设计说明书或论文 ③ 指导教师批改 ④ 修改毕业设计 ⑤ 毕业答辩	论文或设计说明书,全套图纸,工程概算或经济分析	毕业答辩

2. “期中预答辩,五分上大会”的检查措施

针对“三阶段”管理制度,在重视开题报告审查的基础上,提出了“期中预答辩、五分上大会”的检查措施,在中期召开预答辩,对已完成的设计方案开展重点检查,并指导下一步任务完成。要求拟评“优秀”的学生参加大会答辩,从严把关毕业设计质量。

3. 组建“三结合”答辩委员会,加强毕业答辩管理

为了加强与生产实际的联系,严格毕业答辩管理,聘请由本校指导老师、兄弟院校同行专家以及科研设计单位工程技术人员组成的“三结合”答辩委员会,促进了教学质量的提高。

环境类专业实践教学诸环节的研究与实践,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。本次出版的《环境监测与分析实践教程》、《大气污染控制实践教程》、《水污染控制实践教程》和《固体废物处理与处置实践教程》反映了中国环境类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。