

doi:10.11835/j.issn.1005-2909.2023.04.017

欢迎按以下格式引用:王小铭,岳东北,阳春,等.美国研究型大学环境工程硕士研究生培养模式及其借鉴[J].高等建筑教育,2023,32(4):128-134.

# 美国研究型大学环境工程硕士研究生培养模式及其借鉴

王小铭<sup>1a</sup>, 岳东北<sup>2</sup>, 阳春<sup>1a</sup>, 李宏<sup>1b</sup>, 何梅<sup>1a</sup>

(1.重庆大学 a.环境与生态学院;b.研究生院,重庆 400044;2.清华大学环境学院,北京 100084)

**摘要:**从“两山理论”到“双碳”目标,国家对生态环境保护及其高层次人才的需求日益提升,提高研究生培养质量,已成为我国创新型国家建设和人才强国战略实施的重要课题之一。以美国北卡罗来纳州立大学(North Carolina State University)为例,从研究生培养学制、目标、课程设置与要求等方面,对环境工程类研究生人才培养模式进行深入剖析,对比探讨中美研究生培养的异同。研究认为,科学的培养目标、完善的课程体系和密切的产学研结合是美国公立研究型大学环境工程类研究生培养的有效经验。研究结果对提升我国环境工程类高层次人才培养质量和科技创新创造能力具有重要的现实价值。

**关键词:**研究生;培养模式;研究型大学;本硕博贯通;北卡州立大学

**中图分类号:**G643.2 **文献标志码:**A **文章编号:**1005-2909(2023)04-0128-07

卓越研究生教育是“双一流”建设内涵发展的重要内容,也是我国建设高等教育强国的必然要求。近年来,随着生态环境保护高层次人才需求的不断提高,环境类研究生招生规模不断扩大,培养模式日趋完善和成熟,但仍需进一步提高研究生培养质量,以适应新时期国家对培养环境学科高端人才的期望与需求<sup>[1]</sup>。文章以美国公立研究型大学——北卡罗来纳州立大学的环境工程研究生培养项目为例进行审视与分析,旨在为我国高等院校环境类及相近工程类学科研究生教育提供经验借鉴。

美国北卡罗来纳州立大学(North Carolina State University,以下简称北卡州立大学或NCSU)成立于1887年,坐落于北卡罗来纳州首府罗利市(Raleigh),是美国历史最为悠久的公立高等教育机构之一北卡罗来纳大学(UNC)系统的重要成员。作为北卡州内规模最大的公立大学,北卡州立大学现有本科生和研究生36 000余名,教师约2 200余名(其中23位为美国院士),生师比为14:1<sup>[2]</sup>。北卡州立大学传统上强于工科研究与教育,在全美公立大学中工程专业研究生项目排名第12位。

修回日期:2022-04-09

**基金项目:**2019年重庆大学研究生教育教学改革研究重点项目“双一流建设背景下以专业课程为依托的工科研究生(环境类)学业素质培养探索与实践”(cqyujg19201)

**作者简介:**王小铭(1983—),男,重庆大学环境与生态学院人才与国际合作办公室主任,环境工程系副主任,副教授,博士,博士生导师,主要从事可持续固体废物管理与技术研究,(E-mail)wangxiaoming@cqu.edu.cn。

根据《美国新闻与世界报道》公布的全美大学排名,北卡州立大学在2020年环境工程/环境卫生工程专业大学排名第21位,在环境/生态领域全球高校中排名第95位<sup>[3]</sup>。

北卡州立大学拥有多个关于环境保护、生态修复的学科与专业,分布于土木建筑与环境工程、海洋地球与大气科学、森林与自然资源、土壤科学、生物农业工程等多个学院。与中国环境工程类研究生学位培养目标与模式比较接近的项目,归属于土木建筑与环境工程学院(以下简称土建与环境学院)。文章基于实际研究生学习与访学工作经验,以及与学院院长 Morton A. Barlaz 教授的深入访谈,对北卡州立大学环境工程研究生学位项目培养模式、课程设置、教学方式与要求等进行了深入剖析,探讨美国研究型公立大学研究生培养的方法、措施及其对我国工科研究生教育的借鉴意义。为便于与欧美日等国其他高校的培养模式比较,在相关课程方面仍保留部分英文表述。

## 一、环境工程硕士研究生项目简介

### (一) 研究生学位类型与学制

北卡州立大学环境工程类硕士研究生培养设有学术型与专业型两种形式。如表1所示,学术型学位主要作为进一步攻读博士学位的过渡,以学术研究为导向,注重学生创新与科学研究能力的培养<sup>[4]</sup>。学术型研究生在修满至少24个学分的基础上,需要完成毕业论文及其答辩环节;专业型学位则致力于培养符合特定行业需求与实际工作需要的高层次应用型人才,要求研究生以修读课程与参与实践为主,不要求完成学位论文工作。除完成理论课程学习外,北卡州立大学研究生还需要完成必要的论文研究与学术讲座课程等。总体来看,这与中国多数高校的培养模式具有相似性。

表1 北卡州立大学环境工程硕士研究生学位类型与培养学分要求

| 学位类型      | 英文名称   | 学制/年    | 学分/个 | 需要完成          |  | 学分构成说明  |
|-----------|--|---------|------|---------------|--|---|
|           |  |         |      | 学位论文<br>(是/否) |  |   |
| 学术型<br>硕士 | Master of Science in<br>Environmental<br>Engineering (MSENE) | 2       | 31   | 是             |  | 由24个课程学分,6个学位论文学分,1个学术讲座学分构成                                  |
| 专业型<br>硕士 | Master of Environmental Engineering<br>(MENE)                | 1.5~2.0 | 31   | 否             |  | 由30个课程学分,1个学术讲座学分组成;学生可通过在学业导师指导下参与科研项目获得3个学分折抵课程学分;部分课程可远程修读 |

注:对于专业型硕士,其配备学业导师主要是对其选课择业等方面进行指导,不完全等同于我国硕士生导师的概念。

然而,对于硕士研究生培养,北卡州立大学没有刚性的发表论文要求,研究生通过学院组织的答辩即可毕业,与中国多数高校硕士研究生需发表期刊或会议论文的毕业要求存在明显的差别,体现出美国高校对自身学术文化和学生培养质量的充分自信,也为中国“破五唯”背景下的研究生学位授予与质量保障工作提供了良好的借鉴。

### (二) 研究领域、课程设置与培养环节

北卡州立大学环境工程硕士研究生主要在6个重点研究领域开展学习与研究工作,获得相应的知识、技能与创新能力培养。这些领域分别为环境过程工程、水资源工程、空气污染工程、沿海工

程、能源系统分析、模拟与系统分析。针对研究领域的需要,学院开设了近30门研究生课程(表2)。除满足在校学生线下学习需求外,部分课程可通过“工程在线”网络平台提供给远程选修课程的学生<sup>[5]</sup>。

表2 北卡州立大学环境工程硕士研究生课程列表

| 课程编号                                 | 课程名称(原文)  | 课程名称(翻译)     |
|--------------------------------------|---|--------------|
| 专业核心基础课程                             |   |              |
| CE 571                               | Physical Principles of Environmental Engineering*         | 环境工程物理学原理    |
| CE 573                               | Biological Principles of Environmental Engineering*       | 环境工程生物学原理    |
| CE 574                               | Chemical Principles of Environmental Engineering*         | 环境工程化学原理     |
| 专业选修课程 - 500级别(难度较700级别低,硕、博研究生均可选修) |   |              |
| CE 576                               | Engineering Principles of Air Pollution Control*          | 空气污染控制工程原理   |
| CE 577                               | Engineering Principles of Solid Waste Management*         | 固体废物管理工程原理   |
| CE 578                               | Energy and Climate*                                       | 能源与气候        |
| CE 579                               | Principles of Air Quality Engineering*                    | 空气质量工程原理     |
| CE 581                               | Fluid Mechanics in Natural Environments                   | 自然环境中的流体力学   |
| CE 583                               | Engineering Aspects of Coastal Processes                  | 海岸过程的工程方面    |
| CE 584                               | Hydraulics of Ground Water*                               | 地下水力学        |
| CE 586                               | Engineering Hydrology                                     | 工程水文学        |
| CE 588                               | Water Resources Engineering*                              | 水资源工程        |
| CE 596                               | Special Topics  | 非固定专题课       |
|                                      | Coastal Hydrodynamics                                     | 海岸水动力学       |
|                                      | Coastal Modeling  | 海岸建模         |
|                                      | Engineering Measurement and Data Analysis                 | 工程测量与数据分析    |
|                                      | Surface Water Quality Modeling                            | 地表水水质模拟      |
|                                      | Sustainable Building Design                               | 可持续建筑设计      |
|                                      | Water and Sanitation in Developing Countries              | 发展中国家的水与卫生   |
| 专业选修课程 - 700级别(博士研究生选修为主)            |   |              |
| CE 771                               | Physical-Chemical Water Treatment Processes*              | 物理化学水处理过程    |
| CE 772                               | Environmental Exposure and Risk Analysis*                 | 环境暴露与风险分析    |
| CE 774                               | Environmental Bioprocess Technology*                      | 环境生物工艺与技术    |
| CE 775                               | Modeling and Analysis of Environmental Systems            | 环境系统模拟与分析    |
| CE 776                               | Advanced Water Management Systems                         | 高级水管理系统      |
| CE 777                               | Stochastic Methods in Water and Environmental Engineering | 水与环境工程中的随机方法 |
| CE 784                               | Ground Water Contaminant Transport                        | 地下水污染物运移     |
| CE 791                               | Complex Adaptive Systems Analysis                         | 复杂自适应系统分析    |
| CE 796                               | Special Topics  | 非固定专题课       |
|                                      | Atmospheric Aerosols                                      | 大气气溶胶        |
|                                      | Hydroclimatology  | 水文气候学        |
|                                      | Environmental Life Cycle Assessment                       | 环境生命周期评价     |

注:“\*”表明该门课程为Engineering Online课程。新开设的硕士和博士课程分别列于CE 596和CE 796“非固定专题”课程编号下,待其成为常规固定性课程后,方可获得特定的非统一课程编号。

从表2可看出,课程体系设置的总体思路是从专业基础到专业方向选修:从环境工程专业基础的物理、化学、生物过程原理,到水、固、气工程实践理论与技术,再到更高阶的环境生物工艺技术、环境暴露与风险分析、环境系统模拟与分析。此外,还设置少量前沿专题类课程,如发展中国家的水与卫生、环境生命周期评价。这些课程构成了环境工程研究生学位较完整的基础与专业知识体系,体现了理论与实践的结合,并不断融入新的学科发展方向性题材等内容,有利于提高学生对学科方向的整体性和前沿性认知。

表2列出的研究生课程尽管分为“专业核心基础课程”和“专业选修课程”两大类,并且选修课程也有难度级别划分,然而其并无严格意义的必修与选修之分,学分统一设置为3分/门。研究生在导师的指导下,根据自身的兴趣、未来工作领域以及科研工作开展的实际需要等,自由选择所修课程。此外,学院和导师还积极支持和鼓励研究生跨学院、跨学科,甚至跨学校选修专业课程,拓展知识结构。

## 二、研究生培养对比分析与经验借鉴

### (一) 课程学习质量的保障性

北卡州立大学环境工程研究生培养项目高度重视学生对于专业课程的学习。表2列出的环境工程专业基础原理课程和水、气、固及环境系统分析等主干方向性课程,均由学院具有丰富科研与教学经验的正教授担纲讲授。在实际教学过程中,授课教师定期布置给学生的作业与课外阅读思考等学习内容的工作量与难度均较大。

表3、表4分别列出了500和700级别课程的简介、学习要求以及成绩评定标准等信息。从中可以看出,学生若要顺利完成课程并获得良好以上的成绩,需要投入较多的时间与精力,并且在课程学习过程中不断接受教师的督促与考核。例如:771课程要求研究生完成8次平时作业,2篇科技文献评议作业,以及3次2~3 h/次的闭卷测试。课程的平时作业难度通常较高,注重对学生解决问题能力的锻炼,并非简单套用公式即可解决。学生需要在平时作业、文献阅读、期中测验、期末考试等各学习环节上全力以赴,方能取得较好的成绩。类似地,577课程尽管学习内容难度较771课程低,但仍然要求学生完成7~8次作业(含软件运用)和闭卷测验等内容。通过这些严密的过程评价,保证学生在专业基础理论和文献阅读方面得到扎实有效的培养与锻炼。

表3 范例500与700级别课程教学过程与评价

| 课程名称              | 内容简介  | 教学目标   |
|-------------------|---|--|
| CE 577 固体废物管理工程原理 | 固体废物管理方面内容包括产生、储存、运输、处理、土地处置和管理等;主要处理方式包括焚烧、填埋和堆肥;管理政策选择与工程决策评估集成,以及对当前研究热点的文献调研等 | 为学生提供固体废物管理所涉及的单元操作知识。完成本课程后,学生将熟悉固体废物工程设计和相关管理政策等 |
| CE 771 物理化学水处理过程  | 重点介绍水处理涉及的物理化学处理过程,包括沉淀、浮选、过滤、混凝、氧化、消毒、沉淀、吸附和膜处理等。探讨饮用水水质保障问题                     | 在选择和设计常见的水和废水处理工艺时,学生能熟练运用环境工程涉及的物理化学原理            |

从实际研修来看,阅读文献与参考书、完成作业等课前、课后的投入时间较高,通常需要花费4~5倍于课堂教学的时间,才能完成课程要求的课外阅读、小组作业以及考试准备等。研究生在1个学期完成3~4门课程的学习任务并获得良好的成绩是需要付出相当努力的。因此,北卡州立大学研究生院为保证学生修读课程的时间分配与学习质量,规定研究生每学期原则上不超过15个学分

的修读课程<sup>[6]</sup>。由于大部分学术型研究生通常在修读课程的同时进行实验室研究工作,因此,一般每学期不会选择修读超过3门的理论课程,以免出现学业与研究超负荷的情况。

表4 范例500与700级别课程学习评价标准

| 选课学生类型             | 习题作业                           | 其他类型作业  | 考核  | 特别要求                                   |
|--------------------|--------------------------------|---|---|--|
| CE577<br>本科生       | 7~8次(含1次软<br>件模拟作业)<br>占总成绩50% |   | 2次,半期和期末测试,2h/次,<br>分别占总成绩20%和30%                                   | 学生必须在2次<br>测试中分别及<br>格,否则不能获<br>得总成绩及格 |
| CE577<br>硕博<br>研究生 | 7~8次(含1次软<br>件模拟作业)<br>占总成绩40% | 研究性作业(research assign-<br>ment), 占总成绩15%                                      | 2次,半期和期末测试,2h/次,<br>分别占总成绩18%和27%                                   | 得总成绩及格                                 |
| CE771<br>硕博<br>研究生 | 8次<br>占总成绩20%                  | 学会使用学术搜索引擎,完成<br>2篇课程教学内容相关的学术<br>论文评阅作业(paper review<br>assignment), 占总成绩10% | 3次,期中2次阶段性测试,期末1<br>次综合测试,2~3h/次。2次阶段性<br>测试占总成绩35%,期末测试占总<br>成绩35% |  |

与之相比,尽管近年来我国部分高校不断与国际接轨,新增环境相关领域研究生课程,丰富了学生的课程选择范围。然而,研究生通常被要求在一年级修完多达12~15门专业课程,学生课程完成质量难以保证,教师上课负担重。此外,现有开设的部分专业课程基本没有或少有课后作业,且形式较单一,多为要求研究生完成与课程或研究方向相关的综述报告。这种现状可能造成学生对研究生课程学习的重视度和投入度不足,从而影响学生对基础专业理论的掌握和创新能力的培养,导致部分研究生对理论课程学习采取消极应付和抵触的态度<sup>[4]</sup>。因此,在合理安排内容的同时,科学设置课程节奏,提高整体学习质量,是环境工程硕士研究生课程改革的方向。

## (二) 课程学习进程的灵活性

北卡州立大学环境工程学术型与专业型研究生修读的课程数量一般为8~10门,学生可以灵活安排在1.5~2年的学制时间内完成,只要在申请毕业前修读课程学分足够且绩点达到良好(3.0以上),即认为学生课程修读满足毕业要求。课程的学习和科研活动并行,学生一边修读研究生课程,一边进行科研活动。

中国高校环境工程专业研究生所需修读的课程普遍超过10门,课程数量多且集中在一年级。比较来看,尽管多数学校认为研究生在一年级完成课程后,可以集中精力开展研究工作。但在实际研修中,美国公立高校的学习与科研并行可以使研究生较早地进入科研课题研究中,并在此过程中不断地发现和学习与研究方向和兴趣相关、针对性强的选修课程,提升了学习的主动性和针对性。

此外,“本硕博贯通”专业课程的设置(参见表3,CE577课程)也是值得思考和借鉴的模式,该课程内容普适性强且难度适中,可同时被高年级优秀本科生、硕士研究生与博士研究生选修学习,并分别完成与各自水平相对应的考核要求。尽管这种贯通课程的设置一方面与美国本科生数量较少有关,但另一方面也减轻了教师的授课负担。灵活的课程学习进程、科研活动与课程选择的良性协同,为我国部分学科或专业逐步推进小班教学、提前储备研究生优质生源,以及本硕博贯通培养等提供了借鉴范式。

### (三) 学业与职业发展支撑体系的完备性

北卡州立大学对研究生的支持服务包括研究生院招生、学院服务及联络、学生服务与管理等方面。除与中国类似的招生与学生日常管理服务以外,北卡州立大学研究生院及其职业发展中心还通过多种形式的项目制活动帮助学生,从参与团队协作,撰写研究报告、学位论文,应对面试等方面为学生提供相应的指导。例如:研究生院在暑假期间组织论文写作辅导工作坊活动,面向全校多学院已完成计划课程、即将进行论文撰写的研究生开设。工作坊活动聘请经验丰富的论文写作辅导教师,围绕论文的构思、撰写与发表等内容开展,帮助学生避免论文写作与发表过程中涉及的学术道德方面的问题,使学生逐步养成良好的科学素养,为其学业与科研成果的发表奠定基础。土建与环境学院近年来也开始设置专人专岗,指导学生进行科技论文与报告写作,开展职业发展辅导等工作,包括求职策略、简历和求职信写作、模拟面试、谈判协助、撰写项目报告等。此外,学校与学院的职业发展部门不定期举办研讨会、工作坊、课外训练营等活动,培养研究生口头展示表达能力,锻炼其在学术界、商业/工业界、政府机构和非营利组织中所需的一系列工作技能等。

然而,当前中国多数高校研究生的科技写作(技术报告、期刊与学位论文等)指导工作由导师负责。许多研究生因缺少系统专业的指导,造成科技写作成为其沉重的学业与心理负担。许多高校尽管也设置了学生职业发展与就业指导中心或相关部门,但其职能与工作内容主要围绕就业季动员、宣传、招聘等活动,尚无法满足不同专业学生的个性化职业发展的能力培养需求。因此,适当将行政职能延伸至辅助专业教学,密切产学结合,对环境工程硕士研究生的素质和技能提升有积极的借鉴作用。

### (四) 学术型与专业型研究生培养的差异性

作为开展研究生教育最早也是最先进的国家,美国的专业学位研究生教育为社会各专业领域培养了大量高层次应用型人才,满足了科技创新和经济发展的需要,并吸引了大量的国际生源。在培养方式上,北卡州立大学土建与环境学院的学术型研究生和专业型研究生的培养目标十分明确,具有显著差异性。学术型研究生主要以修读专业课程和开展科研项目为主,而专业型研究生则以修读专业课程结合社会实践为主,最快可在1年半的时间(3个学期)内完成学位学习。

目前,多数高校专业型硕士培养基本仍沿用学术型硕士培养模式<sup>[7]</sup>,学术学位与专业学位研究生的培养模式区分度不足。学术型和专业型研究生所上课程门类与内容区别不大,都必须完成毕业论文,理论学习普遍多于专业实践,在环境人才培养方面输出更多“偏学术型人才”,不能满足社会经济发展对于生态环境保护高层次应用型人才的需要。在这一方面,美国高校关于专业型研究生培养所积累的丰富经验和成果,以及形成的一套较为完善的人才培养模式,值得我们借鉴与学习<sup>[8]</sup>。

## 三、结语

学位研究生教育肩负着培养我国社会经济发展急需的高层次人才的艰巨使命。近年来,我国多数高校环境类硕士研究生培养模式在形式上与国外高校差距日益缩小,在课程门类和科研资助等方面提升也较快,人才培养质量显著提升。但囿于研究生入学动机、师资水平、培养模式等因素,我国环境类高层次人才培养质量与国家生态环境保护需求的预期之间仍存在一定差距。

笔者认为,可以借鉴美国公立研究型高校研究生教育的成功经验,并结合我国国情与学位研究生培养特点,作出相应改进:设置具有学科与学校特色的培养目标;完善课程体系,提高导师水平,完善过程评价,严把教学质量;强化科研能力培养,增强实习实践环节,密切产学结合。以此推动研究生教育的发展,不断提升“双一流”建设水平。

## 参考文献:

- [1] 侯立安,张林,高鑫. 环境科学与工程高端人才培养模式与机制再创新[J]. 中国大学教学,2016(5):22-26.
- [2] NC State University. Rankings and Facts[EB/OL]. [2021-03-21]. <https://www.ncsu.edu/about/rankings/>.
- [3] NC State University. US News - Best Colleges [EB/OL]. [2021-03-21]. <https://isa.ncsu.edu/facts-comparisons/rankings/us-news/>.
- [4] 张升堂,施龙青. 中美硕士研究生培养方式的若干对比[J]. 中国地质教育,2015,24(3):95-98.
- [5] NC State University. Engineering Online[EB/OL]. [2021-03-30]. <https://www.engineeringonline.ncsu.edu/>.
- [6] NC State University. 3.15 Course Registration [EB/OL]. [2021-03-30]. <http://catalog.ncsu.edu/graduate/graduate-handbook/course-registration/#text>.
- [7] 魏红梅.“新常态”下我国专业学位研究生教育改革的创新探索[J]. 学位与研究生教育,2016(3):15-20.
- [8] 梁传杰. 借鉴美国经验构建我国研究生教育质量保障体系[J]. 研究生教育研究,2018(4):84-90.

## Foster mode and experience of environmental engineering master programs in U.S. public research universities

WANG Xiaoming<sup>1a</sup>, YUE Dongbei<sup>2</sup>, YANG Chun<sup>1a</sup>, LI Hong<sup>1b</sup>, HE Mei<sup>1a</sup>

(1a. School of Environment and Ecology; b. Graduate School, Chongqing University, Chongqing 400044, P. R. China; 2. School of Environment, Tsinghua University, Beijing 100084, P. R. China)

**Abstract:** From the “Two Mountains” theory to the “double carbon” goal, the national demand for eco-environmental protection and high-level talents is increasing day by day. Improving the quality of postgraduate talent training has become one of the important topics in the construction of an innovative country and the implementation of the strategy of strengthening the country with talents. Taking North Carolina State University as an example, this paper deeply analyzed the training mode of graduate students in environmental engineering from the aspects of educational system, objectives, curriculum and requirements of graduate training, and compared and analyzed the similarities and differences between Chinese and American graduate training. The results show that well-designed training objectives and curriculum system, as well as the close combination of learning and practicing are the effective experience of environmental engineering graduate training in American public research universities. The results warrant certain practical values for the cultivation of postgraduates of environmental engineering in China, promoting the training quality of high-level talents and the further improvement of scientific and technological innovation and creativity.

**Key words:** graduate students; training mode; research university; undergraduate and graduate program; North Carolina State University

(责任编辑 周沫)