

doi:10.11835/j.issn.1005-2909.2025.02.009

欢迎按以下格式引用:肖海文,翟俊,王涛,等.新工科背景下环境工程毕业设计“创新型”人才培养模式及实践[J].高等建筑教育,2025,34(2):72-78.

新工科背景下环境工程毕业设计 “创新型”人才培养模式及实践

肖海文,翟俊,王涛,李伟民,陈忠礼

(重庆大学环境与生态工程学院,重庆 400045)

摘要:毕业设计是环境工程本科人才培养中重要的实践教学内容,也是新工科背景下创新型人才培养的关键环节。通过对重庆大学环境工程专业近年毕业设计情况及用人单位的行业需求分析调研,探讨和实践了基于设计任务导向,融合双导师制与新技术/新方法应用的毕业设计创新型人才培养模式,以期为高校环境工程毕业设计改革提供参考和借鉴。

关键词:环境工程;毕业设计;新工科;教学模式

中图分类号:C961;G642.44 **文献标志码:**A **文章编号:**1005-2909(2025)02-0072-07

近年来,国家积极稳步推进新工科高等教育改革。新工科是建设服务国家战略、满足产业需求、面向未来的工程专业,旨在培养具有创新创业能力、跨界整合能力的交叉复合型卓越工程科技人才^[1-3]。毕业设计是环境工程本科人才培养计划中最后一个综合性实践教学内容,也是培养环境工程新工科背景下创新型人才的关键环节,通过对重庆大学(以下简称重大)环境工程专业近5年毕业设计情况及用人单位的行业需求调研,探讨了基于双导师制和新技术/新方法应用的毕业设计创新型培养模式改革,并在近两届毕业生中进行了实践,以期为新工科背景下高校环境工程毕业设计改革提供参考。

一、环境工程毕业设计现状和趋势

(一) 选题有多样化趋势,但仍需进一步拓展以满足当前的行业需求

对重大近5年221个环境工程毕业设计选题进行统计分析发现,毕业设计选题在水、气、固三大领域不同方向都呈现出多样化发展趋势。图1是水污染控制领域选题比例的变化情况。2021届前,在水控领域选题主要集中在传统城镇排水方向,占有水污染控制选题60%以上,仅有少量其他方向。2020届比例开始明显下降,其他选题不仅比例增加,而且增加了黑臭水体治理/修复、农村污水处理和海绵城市建设等方向,其中黑臭水体治理/修复占比达11%以上。2022届选题多样化趋

修回日期:2023-06-15

基金项目:重庆大学校级教改项目

作者简介:肖海文(1976—),女,重庆大学环境与生态工程学院副教授,博士,主要从事水污染控制工程研究,(E-mail)2531206352@qq.com。

势更加明显,传统城镇排水选题比例下降到44%,黑臭水体治理/修复、海绵城市建设、工业废水处理等方向占比进一步加大,还增加城镇给水(深度处理)方向。

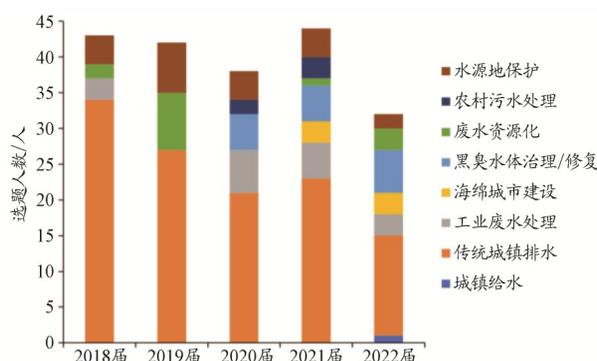


图1 近5年环境工程水污染控制方向毕业设计选题情况

针对环境工程设计主要领域的不同方向,对24个主要毕业生用人单位进行了问卷调研。近年来,用人单位环境工程设计任务类型、相对业务数量、发展趋势统计如表1所示。

表1 环境工程用人单位设计任务的相对数量和发展趋势统计

序号	用人单位环境工程设计任务类型	相对业务数量 (调查表选项:少/中等/多)			发展趋势 (调查表选项:下降/增加/稳定)		
		少	中等	多	下降	增加	稳定
1	工业废水处理与资源化利用	6	5	1	1	3	8
2	传统城市给排水管网系统设计或改造设计	0	3	9	3	0	9
3	污水厂提标改造或尾水处理设计	0	5	7	0	5	7
4	新建城镇污水厂设计	4	7	1	10	0	2
5	海绵城市相关设计	5	6	1	0	8	4
8	黑臭水体修复设计	2	5	5	0	7	5
7	新农村建设相关管网/污水处理设计	1	6	5	0	12	0
8	水源地保护设计	9	3	0	1	1	10
9	公共建筑或住宅污水处理与资源化利用	10	2	0	2	2	8
10	智慧水务相关设计	11	1	0	0	2	10
11	城市固体废物填埋场	8	4	0	7	0	5
12	城市垃圾焚烧/含烟气处理	4	6	2	2	6	4
13	污泥/厨余固废厌氧处理	8	3	1	4	5	3

注:表内数据为填该项的单位个数,总调查的环境工程毕业生用人单位数为24个。

由表1可知,目前环境工程领域,用人单位需求量最大的业务领域涵盖了城市给排水管网的设计与改造、污水处理厂的提标改造及尾水处理、黑臭水体修复,以及与新农村建设相关的管网和污水处理等。特别是城市给排水管网的设计与改造,尽管需求量最大,但近年来显示出稳定甚至下降的趋势。与此同时,黑臭水体修复、新农村建设相关的管网和污水处理不仅需求旺盛,而且预计未来将呈增长态势,尤其是新农村建设相关的水污染控制,所有参与调研的用人单位均预计其需求将增长。此外,海绵城市相关设计、智慧水务相关设计及城市垃圾焚烧(包括烟气处理)设计方向的增长趋势也十分显著。值得注意的是,尽管智慧水务相关设计任务在本次调研的用人单位中相对较少,但其增长趋势却非常突出,有83%的用人单位认为该方向的设计任务在未来将大幅增加。需求量明显下降的设计任务方向包括传统的城镇污水处理厂设计、城市垃圾填埋场设计等。

（二）新知识、新技术运用不足导致的毕业设计创新性欠缺

通过对重大近五年环境工程专业毕业设计成果的深入调研,我们发现,在方案设计阶段,设计者往往依赖于传统的计算方法和分析手段,鲜少有运用新知识或新技术来解决问题的案例,这与新工科教育理念所强调的“将计算机模型、大数据、人工智能等前沿技术融入传统工科工程技术设计”不相符^[4]。如城市排水模型理论和技术涉及城市径流管理、海绵城市规划、设计和运行维护等多个方面,是新型城市雨水系统规划、设计、绩效评估的重要辅助工具。GB 50014—2021《室外排水设计标准》、GB 51222—2017《城镇内涝防治技术规范》等国家标准对数学模型在城市排水系统规划设计中的应用进行了明确规定和要求。国外许多知名高校在土木和环境工程等学科一直十分重视数学模型在解决实际环境问题中的应用^[5]。尽管环境工程专业课程(如排水管网与泵站、水污染控制工程等)教学中对雨水径流模型(如SWMM等模型软件)做过介绍,但将这些新技术、新方法用于环境工程设计方案分析或计算的毕业设计实例非常少。一方面,学生在设计时倾向于使用已有实例的方法,对挑战和创新感到畏惧;另一方面,教师在引导方面存在不足,在毕业设计的过程管理和成绩评定中,鼓励创新的机制不够完善。这些因素共同导致新知识或新技术在设计中的应用寥寥无几,进而阻碍了毕业生创新能力的培养。

（三）指导师资配备单一,难以多维度实现“综合性”和“交叉性”创新

培养具备持续学习和跨界整合能力,能够综合运用所学知识解决复杂工程问题的综合性交叉型人才,是新工科建设及工程教育认证的核心要求。近5年,重大环境工程毕业设计绝大多数实行“一生一师”制。虽然指导毕业设计的教师通常具有博士学位和一定工程实践经验,但是导师也习惯将思路局限于本专业范围,对于当前生态环境保护新战略下很多需要跨界思考和整合的复杂环境工程问题,在方案设计中难以进一步引导学生拓宽思路,从跨学科的角度进行更为合理和完善的设计,使得毕业设计在“综合性”和“交叉性”方面的创新难以实现突破。

二、基于任务导向、双导师制、新技术/新方法应用的毕业设计模式构建

通过对环境工程毕业设计的新趋势及其存在问题的深入分析,以培养解决复杂工程问题、具有“学科交叉”和“创新”能力的人才为目标,结合当前行业发展需求,构建了以任务为导向,双导师制和新技术/新方法应用为支撑的毕业设计创新型人才培养模式。

（一）以设计任务为导向,引导和突出创新

首先,毕业设计任务的制定必须立足于国家生态环保的最新要求和用人单位的需求,致力于解决复杂的环境工程问题。因此,在设计任务书的制定中,需要根据这些需求明确提出新理念、新技术/新方法相关的设计任务及其深度要求。例如,在排水系统设计任务中明确规定应用SWMM模型分析海绵城市的防涝设计,在排水管网图中标明易涝位置;在城市污水处理的节能分析中引入最新的IPCC碳减排计算等。这样,以设计任务为导向,促进学生在文献检索、开题、方案制定、中期考核、设计计算分析等各个环节充分思考,开展具有针对性的创新设计工作。任务明确、内容细化、重点突出,才能避免创新流于形式,真正将创新型人才培养落到实处。

（二）“双导师制”促进学科交叉融合的模式

环境工程毕业设计中很多新兴选题方向都具有较强的学科交叉性。例如,黑臭水体生态修复、海绵城市建设、绿色建筑节能节水、水源地生态保护、智慧排水等方向。涉及环境工程与生态学、园林景观工程、信息技术、给水排水工程等学科交叉融合,针对不同类型的学科选题,可以设置具有非环境工程专业背景的指导教师,通过双导师制的指导方式,拓宽学生的思维视野,促进其跨学科的思考能力,并加强工程技术交流技能,以探讨和完善解决复杂工程问题的有效方法。指导教师将根

据课题的跨学科需求,提名具备相关专业背景的副导师。在任务书的制定过程中,他们将评估并设置能够体现跨学科特性的设计任务或步骤。随后,在文献检索和设计方案的确定阶段,从多角度为学生提出建议和指导意见。指导主要根据学生要求,采用学生和双导师三方共同讨论的形式进行。在中期考核和成果(计算说明书及图纸表达)评阅两个环节由两位导师分别审查,从不同角度提建议。答辩准备工作主要由环境工程专业的导师负责指导,成绩的评定则由两位导师共同完成。同时,两位导师会对学科交叉双导师制所面临的问题及其效果进行总结,以促进下一届“双导师”制的进一步改进。

(三) 新技术/新方法应用的“创新性”培养模式

调研结果分析表明,随着国家生态环保政策的加强和智慧城市建设的推进,用人单位在环境工程领域面临的工程问题日益复杂化。因此,环境工程设计的方法和思路亟待创新,特别是需要拓展与传统设计计算方法不同的计算模型应用,以及互联网、人工智能和物联网等技术的集成应用。众多调研单位表示,利用现有排水设施实现内涝防控和溢流污染最小化的智慧感知与决策系统设计,已经成为传统排水管网改造设计的趋势。特别是对于那些熟悉城市排水计算模型和物联网控制系统构建等新技术的环境工程专业人才需求日益增长。在毕业设计中鼓励和引导学生借助新技术/新方法解决复杂环境工程问题的具体步骤如下。

首先,由于毕业设计要求在5个月左右完成一项综合性设计任务,时间有限,应用新技术/新方法从头学起或现炒现卖通常难以达到目的,而且会影响整个毕业设计进度,因此需要学生有一定的相关基础知识储备。近年来,学校环境工程课程教学在新工科建设的背景下,在很多专业课程教学中融入了新技术/新方法的理论和应用思路,例如排水管网与泵站专业课教学中融入了数学模型在城市雨洪管理和管网设计中的应用,还增加了污水厂及排水管网节能降碳分析和管理相关内容,为学生在毕业设计实践环节进行实际应用打下了基础。此外,部分学生通过大学生创新/创业项目或参与一些科研活动,或由于今后读研的需要,在自己感兴趣的领域自学了相关环境工程新技术/方法,同样也可作为毕业设计新技术/新方法应用的前期知识积累和储备。在毕业设计选题环节,课题设置的教师必须关注和了解学生的相关新技术/新方法前期知识储备及创新兴趣,尊重学生意愿,有针对性地引导学生选择相应设计课题。

其次,在设计任务书中明确相关新技术/新方法应用的要求,并在资料查阅、文献综述和开题中进一步帮助学生深入了解这些新技术/新方法的基本概念和基础理论,尤其要通过案例查找强化这些新技术/新方法应用的一般步骤和思路。

再次,在方案设计和计算分析的过程中,必须充分激发学生的主动性和创造性,重点培养学生在新方法/新技术方面的实际应用能力。同时,应培养学生在应用过程中发现并识别问题的能力,并通过查阅相关文献、小组讨论及与导师研讨等途径来解决问题。在中期检查和答辩前的成果审核阶段,指导教师应针对新技术/新方法的应用方案提出优化建议,并在结果分析及改进方面给予指导。

最后,在成果评审、答辩及成绩评定阶段,从新技术/新方法应用的难度和效果两个维度增加“创新性”评分的权重,以提升成绩评定的公正性,激发学生在应用新技术/新方法时的创新积极性。

三、实践结果分析

(一) 环境工程“创新性”毕业设计培养模式实践

在2021和2022届环境工程毕业设计中,选取了海绵城市方向,从设计任务制定、双导师制和新技术/新方法应用方面进行了毕业设计“创新性”人才培养模式的实践探索。

毕业设计选题为“海绵城市雨水湿地公园水系统设计”,来源于工程实践,契合当前海绵城市建设、雨洪控制、非点源污染控制,以及水体生态修复方向的行业需求热点。设计内容涉及环境工程、给水排水工程、生态工程、园林景观等多学科交叉融合。实行双导师制度,主导师具备环境工程和给水排水工程专业背景,辅导师则拥有生态学和环境生态工程专业知识背景。在工程设计中突出创新点:一是雨水径流数学模型在工程设计中的应用;二是生态修复及重建技术的应用。

任务书由两位导师共同制定,主要设计内容有大量环境工程和生态工程交叉融合点,如湖水的生态修复、滨湖湿地设计、生物群落的构建等。此外,在设计任务中明确借助雨水径流模型SWMM软件对径流总量和单场降雨峰值削减量进行计算分析的任务要求,培养学生将这一雨水设计新技术应用于解决实际工程问题的能力。

在文献资料查阅/翻译阶段,两位导师对文献检索的主题和关键词提出建议。4月初由主导师检查学生文献查阅情况,提出重点关注和分析的文献建议,介绍文献梳理、归纳和分析的一般方法,建议按不同的设计背景对海绵城市雨水径流控制及污染控制案例进行分类,总结其设计方法和特点。

在开题报告环节,两位导师共同参与讨论,指出与本案相关的雨水径流控制不仅仅局限于水质控制技术本身,水量的保障和计算对于水体公园的构建同样至关重要。雨水径流水量的计算是水处理、水质保障、公园防洪安全,以及生态修复设计的基础数据,因此,其计算方法和文献资料的调研应受到重视。副导师则针对公园水体修复和良性生态景观格局的构建提出建议。此外,通过对比学生所查的不同案例,导师启发并提示学生在应用SWMM雨水径流模型进行分析时,应考虑模型原理和参数选取的因素,引导学生关注这些案例与本案的异同点,为后续在设计中应用SWMM模型对单场降雨雨水径流流量的削减计算奠定基础。

在方案设计、分析、计算阶段,根据学科交叉融合特点,由双导师共同对学生进行指导。中期考核前组织两次双导师参与的设计方案小组讨论会。环境工程导师主要协助分析汇水流域,进行水量平衡分析,确定平均年份的水量保障方案、旱季公园的补水方案和防洪方案。两位导师共同指导完成径流处理湿地设计方案和湿地公园水系统水质保障总方案。生态学教师主要协助分析湖水水质的长期保障和生态修复方案设计。在中期考核之后,环境工程的导师将主要负责指导学生使用SWMM模型来计算和分析雨水公园海绵体对径流流量的削减效果。这一阶段将重点培养学生的模型操作技能、实践动手能力,以及对计算结果图表的分析能力。此外,学生还将学习如何识别数学模型构建过程中可能出现的常见问题,并通过文献查阅、小组讨论等方法来解决这些问题。

在环境工程导师的主导和生态导师的辅助下,共同指导学生完成毕业设计计算说明书的撰写和图纸的绘制。学生们能够按照既定进度顺利完成设计任务。到了5月底,所有初稿完成后,双导师共同参与审查学生的设计成果,并组织了包含双导师参与的答辩前讨论会,针对设计计算说明书和图纸提出完善和改进建议。导师的评阅意见和评分由两位导师协商确定。

在答辩过程中,学生能较好地陈述设计方案,回答问题,对所借助的计算模型软件的应用操作有清晰的认识,表明学生在学习借助新技术解决复杂工程问题上收获颇丰。两届共5位学生参与了本选题毕业设计培养模式改革实践,取得了2优3良的毕业设计最终成绩。

(二) 实践结果和分析

1. 双导师制是值得尝试的教学指导方式

传统毕业设计采用的“一生一师”制通常容易将指导思路局限于本专业范围,不利于引导学生打开思路,从不同的专业角度进行更合理和完善的设计,或顺利完成需要交叉融合的设计内容。本毕业设计培养模式实践引入具有生态学背景的指导教师和环境工程专业教师配合指导,相对于传统的雨水排水设计和水体水质保护项目,增加了海绵城市建设中湖水水体的生态修复设计、滨湖湿

地设计、生态景观和生物多样性修复设计等诸多亮点和创新点,有效拓宽了学生在环境保护设计方面的思路,培养了跨学科和跨界思考/整合的能力,这对于毕业后迅速参与和主导解决环境工程中的复杂工程问题具有重要意义。

2. 副导师的配置必须有针对性且可多样化

根据课题的学科交叉或创新特性,配备具有相关设计背景的人员担任副导师。近年来,环境工程设计领域对掌握非传统设计方法和新技术的人才需求极为迫切。例如,能够运用数学模型(包括模型软件)进行模拟、设计计算和预测的人才;熟练运用互联网、物联网、人工智能技术进行智慧水务规划设计的人才;掌握水、废气、固废污染控制及资源化过程中碳管理或节能减碳分析方法的专业人士(即碳工程师)等。

熟悉这些新兴领域的专业人才除了专门研究该方向的环境工程教师外,设计院所具有丰富经验的工程师、专攻该方向的硕博研究生也是可聘用的潜在副导师。例如,在SWMM模拟计算中,对于汇水区概化、模型参数率定和雨水调蓄池计算参数的确定等,特邀市政专业研究生校友来校作讲座,较好地扮演了副导师角色。

3. 双导师制的指导模式应具灵活性和针对性

双导师制下,两位导师之间的协作并没有固定的模式。他们以学生为中心,相互配合,共同商讨交叉设计教学内容的衔接与安排,以实现良好的合作。经实践验证,在毕业设计中期检查之前、确立设计方案的过程中,采用以学生为主导、双导师共同参与的小组讨论形式,是一种极佳的指导模式。这种模式有助于明确设计内容和步骤,有效预防后期设计过程中出现的弯路和时间不足的问题。

4. 学生前期基础理论和专业知识储备仍需加强

如前调研分析所述,在我国生态环保战略新形势下,国家和用人单位对环境工程人才的需求已经超越了传统人才的标准,迫切需要培养能够学习并掌握新技术/新方法以解决复杂工程问题的“创新型”人才。毕业设计作为本科教育最后的一个综合性实践环节,其成功实施依赖于前期教学环节(包括课程教学、实践环节以及科研训练)所积累的基础理论和专业知识。

本次实践表明,学校环境工程毕业设计中学生在掌握新技术/新方法方面的前期知识储备仍然不足。以“海绵城市雨水公园水系统设计”这一毕业设计选题为例,学生尝试利用SWMM模型软件来分析和计算海绵城市汇水区降雨径流削减量。尽管在排水管网和泵站、新生研讨课等课程中学生对此有所接触,但都是非系统性学习,更未涉及实操训练,导致在毕业设计中利用该模型进行计算分析时出现了诸多问题,不得不投入大量时间去学习模型的基本概念、原理和应用方法,这无疑拖慢了设计进度。因此,“创新型”人才培养是一个系统工程,毕业设计是促进和反映“创新型”重要的、最后的一个环节,反演到其他教学环节,如相关课程大纲的改革、教材/课程内容的更新、新技术/新方法相关课程设计的设置等,均有必要同步跟进。例如,在相关雨水管网课程设计中指导学生借助SWMM模型软件对雨水排水管网计算和易涝点的计算预测等内容进行实际操作等。

5. 成绩评定中应明确和细化“创新性”的加分项,以鼓励学生采用非传统的创新性设计方法

本次毕业设计实践表明:与依赖传统设计方法(主要依据现有的设计规范、标准、手册、标准图集等)相比,运用新技术/新方法进行分析、设计、计算在毕业设计中更具挑战性,参考资料少,要求学生投入更多的时间进行自我学习和思考,但这种做法对学生创新能力和适应当前行业需求的培养更为有利。以本次毕业设计实践为例,某同学在进行单场降雨径流流量模拟时,不得不多次计算,因为模拟出的径流削减曲线与实际情况不符。面对模型设置的详细检查,该同学付出了巨大的努力。最终在导师的指导和同学学生之间的讨论协助下,经过对异常数据的深入分析,最终发现了参数设置的缺陷,并成功完成了任务。尽管这样的设计创新过程增加了难度,但也极大地锻炼了学

生,培养了良好的科研工作作风,这种经验将使学生终身受益。因此,可细化“创新性”的加分项,从毕业设计成果的实用性(需求和意义)、创新任务的难度、学生的工作量,以及完成效果等多个维度进行评分。在选题阶段就明确这些成绩评定的标准,这将激励学生更积极地面对挑战,采用非传统的创新设计方法。

四、结语

在当前“创新型”人才培养及行业需求的新形势下,在环境工程专业毕业设计中实施“创新型”人才培养模式,是我国高等教育新工科建设的有益探索。本毕业设计模式基于设计任务导向,以双导师制和新技术/新方法应用为主线,在培养模式总体设计中注重以学生为主体,在毕业设计不同环节制定适宜的创新性培养目标、引导模式和执行方法,确保目标的明确性,最大限度地利用学生现有的知识储备和学习能力,激发他们的创新热情,并引导他们解决问题、克服创新过程中的各种挑战。两届毕业设计实践表明,较传统毕业设计模式,该模式下培养的环境工程毕业生在当前用人单位亟需的新技术/新方法的掌握和运用方面均得到了良好实践训练;同时,该培养模式还帮助学生了解了学科交叉解决复杂环境工程问题的一般思路和方法。在就业形势严峻的当下,该毕业设计培养模式对于提升毕业生的综合创新能力和就业竞争力具有积极的作用,值得在环境工程毕业设计实践中进一步推广。

参考文献:

- [1] 未碧贵,宋小三,魏雪芬. 新工科理念下给排水科学与工程专业毕业设计(论文)质量控制[J]. 教育观察,2018,7(7): 83-84.
- [2] 周文琪,孙小博,唐汉,等. 新工科背景下农业机械化及其自动化专业本科毕业设计改革方案研究[J]. 教育观察,2023,12(10):117-120.
- [3] 张盼,齐立强,付东. 基于工程认证的环境工程毕业设计改革探索[J]. 高教学刊,2021,7(22):150-153.
- [4] 梁兵,易声耀,陈清. 新工科背景下土建类毕业设计模式探索[J]. 大学教育,2022(8):77-80.
- [5] 张伟,王建龙,孙慧超. 工程教育认证背景下数学模型在城市雨水课程和实践教学中应用的探索[J]. 教育教学论坛,2018(47):122-124.

Education method and practice of graduation project to cultivate creative professionals of environmental engineering under new engineering disciplines requirements

XIAO Haiwen, ZHAI Jun, WANG Tao, LI Weimin, CHEN Zhongli

(College of Environment and Ecology, Chongqing University, Chongqing 400045, P. R. China)

Abstract: Graduation project is an important education practice for undergraduates of environmental engineering, and it also plays a key role for the cultivation of innovative professionals for new engineering disciplines. An investigation of graduation project for environmental engineering undergraduates in recent 5 years is made in Chongqing University as well as the requirements of employers for them. A new education method for graduation project of environmental engineering has been presented and put into practice based on the double-tutor system and application of advanced technologies and methods, and the objective is to provide references for the reform of graduation project in environmental engineering at colleges and universities.

Key words: environmental engineering; graduation project; new engineering; education method

(责任编辑 梁远华)