新工科背景下建环专业毕业设计的持续改进

王 兰，刘 斌，郝长生

（石家庄铁道大学机械工程学院，河北 石家庄 050043）

**摘要**：全球科技创新进入空前密集发展期，当前新经济呼唤高等工程教育的改革创新。作为高等工程教育中重要的实践教学环节—毕业设计也亟需持续改革创新。分析了当前建筑环境与能源应用工程专业毕业设计中存在的几个问题，采取了优化毕业设计内容、丰富指导教师的工程经验、培养学生的工程素养、使毕业设计成果精细化、规范化、工程化等方面的主要举措，探索了新工科背景下不断提高建筑环境与能源应用工程专业毕业设计质量的新措施，助力国家建设工程教育强国、创新型国家、[人才强国](https://baike.baidu.com/item/%E4%BA%BA%E6%89%8D%E5%BC%BA%E5%9B%BD/3240105?fromModule=lemma_inlink" \t "https://baike.baidu.com/item/%E5%8D%93%E8%B6%8A%E5%B7%A5%E7%A8%8B%E5%B8%88%E6%95%99%E8%82%B2%E5%9F%B9%E5%85%BB%E8%AE%A1%E5%88%92/_blank)等重大发展战略部署。

**关键词：**毕业设计；新工科；建筑环境与能源应用工程；持续改进

当前我国已经建成世界最大规模的工程教育体系，高等工程教育在整个高等教育中的比例也处于世界第一[1]。工程教育致力于受教育者的科学素养、工程意识及应用技能的培养，高等工程教育追求的目标是培养高水平的工程师。当前世界处于百年未有之大变局中，工程科技突飞猛进既是百年变局的一项基本内容，也是百年变局的基本推动力量。全球科技创新已经进入空前密集的活跃期，这对于工程领域人才培养、提高国家竞争实力都提出了非常迫切的要求。以新技术、新产业、新业态、新模式为特征的新经济呼唤工科建设的改革创新，2017年教育部提出了“新工科”理念：问产业需求建专业，问技术发展改内容，问学校主体推改革，问学生志趣变方法，问内外资源创条件，问国际前沿立标准，以期提高未来工程师的专业技能、职业素质和创新能力[2]。“新工科”是我国高等工程教育改革的方向，深化工程教育改革、建设工程教育强国，对服务和支撑我国经济转型升级意义重大。

高等工程教育中的一个非常的重要环节—毕业设计，担负着培养学生解决复杂工程问题能力的重要责任，对提高学生综合实践能力与素质、培养创新精神等都具有十分重要的作用[3]。与本科教育阶段前期集中课堂教学不同，毕业设计需要学生在指导教师的指导下自己动手查阅文献，运用专业计算软件进行计算分析，撰写论文或设计说明书，专业绘图软件绘图等，毕业设计是对大学生四年习得知识的一个提升和总结，它反映了学生对基础理论和专业知识的理解、掌握与运用的水平，反映了学生的学习能力、调查能力、协作能力、归纳总结能力以及创新能力等，是学生综合素质和高校教育质量水平的重要体现。毕业设计质量不仅是衡量学校教学水平、学生毕业与学位资格认证的重要依据，也是评价能否达成人才培养目标的重要参考。然而，当前国内高校工科毕业设计的质量很多不太理想，高校工科毕业设计还需要持续地改进和完善[4]。

建筑环境与能源应用工程专业（简称建环专业）是培养从事工业与民用建筑供暖、通风及空气调节系统的规划设计、施工安装、运行管理、研发制造等方面技术工作的高素质应用型人才。基于新工科理念，根据国家新经济发展形势需要，很多高校的建环专业针对毕业设计中存在的问题进行了一系列改革，并取得了一些成果[5]，但是建环专业毕业设计仍然存在一些问题，需要持续改进。

一、毕业设计中存在的问题

目前，我国高校工程教育普遍存在着滞后于社会需求、重理论轻实践的问题。作为传统的工科专业，建筑环境与能源应用工程专业毕业设计中也存在一些普遍的问题。

（一）毕业设计内容陈旧

目前，高校工程专业的教师有许多缺乏实际工程经验，毕业设计内容往往与专业培养目标偏差较大。结合科研的选题研究内容偏理论化、学院化，与企业当前发展实际需求脱钩。来源于工程实际的题目，设计内容陈旧。近些年因为经济快速发展，工业与民用建筑结构形式增加，能源需求紧张，新设备、新系统不断涌现，可再生能源应用更是发展迅猛，行业规范不断修订，很多高校教师身处学校，与企业联系较少，不能根据专业规范及本行业发展要求及时更新设计内容，无法满足新工科背景下专业人才训练与培养的需求。

（二）指导教师工程经验不足

我国高等工程教育中出现了“工程弱化”、“工科理科化”现象，出现这种现象的原因是什么？不少教育界专业人士表示，高校教师职称评定制度及高校科研考核评价体制导向重论文、重科研、轻工程，存在着考核评定导向倾斜、评定标准单一等问题，校企合作不到位，使高等工程教育存在一定的功利化倾向。在当前的大环境下，高校工科教师为了职称晋升，满足学校考核标准不得不将很大的精力投身到科研工作中，与企业联系甚少。工科专业教师评价体系往往趋同于其他专业，评价“指挥棒”不仅导致了工科教师和学生的“理科化”，也阻碍了我国工科高端人才的培养和发展[6]。再加上目前高校工科教师多数是从学校到学校，尤其是近年来高校教师来源多为高校毕业博士，缺乏设计院、监理、施工等工程单位的工作经历，或相关工程项目管理经验，有些则是相近专业出身，没有本专业基础，更没有企业中的工程实践经历，这也成为了我国工科高端人才培养的障碍。

（三）不重视对学生工程素养的培养

高校学生在多年理论学习过程当中，已养成了从课堂与教材中获取知识的习惯，而毕业设计需要查阅大量专业文献和规范，多数学生懒得去阅读筛选与自己设计项目相关的资料，还是习惯于等、靠、要。任何一个毕业设计项目都是一个复杂的工程问题，需要综合分析、计算，需要应用专业软件来完成，学生看到设计任务书就心生畏惧，感觉无从下手。这是因为他们缺乏系统思维和工程实践能力，解决复杂问题联系实际的渠道不通畅，对工程实践中常用方法知之甚少，缺乏工程意识，多数学生缺乏对本专业发展前沿知识的了解，工程素养有待逐步提高。

（四）设计成果不够精细、专业规范性不足

毕业设计一般都在第八学期，客观上毕业设计期间，学生面临严峻的就业问题或考研复试压力，难以全身心投入到毕业设计中，导致毕业设计质量下降，设计成果粗糙。在施工图方面，较普遍的现象是图纸表达不符合专业制图标准，缺乏对新规范、新标准的了解，施工图纸与工程实用要求相差较远，有些重要计算学生不先学习计算原理，盲目应用设计软件进行计算，计算结果往往不正确，设备选型停留在设计手册中的样本，与当前工程实际应用脱节。

二、毕业设计质量的提升

高等工程教育实践教学内容的确定要建立在实际工程需要及其相关任务基础上，以满足社会经济发展和学生就业需求为本，融入职业岗位需求、企业人才认定标准等，实践教学内容需要高校教师、行业及企业专家协作完成，这样才能最大限度地保证实践教学内容的实效。

（一）优化毕业设计内容

毕业设计是高等工程教育实践教学中的重要环节，其设计内容应符合专业培养的基本要求，要有清晰确定的研究目标和内容，并且研究内容要有一定的难度、深度和创新点，还要能体现卓越工程师的基本训练内容；不仅要结合工程实际，还要引入本学科前沿科技成果；还应结合生产企业、科研单位的需求及实验室的实际条件。毕业设计内容在满足学生的工程实践能力、创新能力和综合能力提升的基础上，还要结合学生就业需求，符合以人为本的精神和社会需求，要有一定的广泛性、代表性和适应性。

我校建环专业在制定设计内容时，结合学生就业需要及读研方向，初步确定毕业设计题目类别：科研类题目、供暖工程、空调通风工程，成立对应的三个项目组，科研类题目主要针对将来读研的学生，结合本专业的科技前沿方向及学生的需求确定研究内容；供暖和空调通风类题目则是结合本专业的工程实际，与企业导师沟通交流，确定设计内容，引入最新的专业工程设计的方案，并结合当前专业发展前沿，加入系统能耗计算，碳排放计算；与本专业科研单位、生产企业的需求相结合，并突出本校专业特色—轨道交通，设立了地铁车站通风空调工程设计类题目，请轨道交通设计院专家把脉，制定具体的设计内容；此外，还满足一些在就业单位实习的学生的要求，结合工作单位的需要讨论确定设计内容。每个项目组细化设计的每个环节，并征求企业工程师意见，使设计内容更贴近工程实际应用。

（二）丰富指导教师的工程经验，引入企业导师

教师科研与工程应用对接的直接途径就是教师到企业挂职锻炼，可以让教师深刻体会到科研与工程应用之间的距离，科研为工程应用服务的重要性，参与到工程实践中去，感受并总结本专业校内人才培养与实际工程需求之间的差距，发挥教师的主动性，对解决“重科研、轻工程”的问题具有重要的现实意义。此外，通过校企联合孵化和立项产学研项目，引导教师的科研任务与本行业发展深度结合，将科研工作落地做实，并鼓励学生在毕业设计期间参与到教师的科研项目中去。

建环专业与设计院、施工单位、供暖空调及通风设备厂家、暖通运行管理公司等企业签订合作协议，我校鼓励青年教师直接深入到工程单位中去，向企业专家、工程师、工人师傅取经，汲取行业工程一线知识。在校内指导教师通过日常学习，持续跟进更新的专业规范和标准，熟悉专业设备及工艺的应用前沿；能环系每周三下午固定拿出2小时进行集体专业工程学习、交流，定期请校外企业专家、工程技术人员进行技术经验交流，进行校企深度交流、学习。校内教师走出去，企业专家走进来，提高专业教师的工程素养。

（三）培养学生的工程素养

走中国特色[新型工业化道路](https://baike.baidu.com/item/%E6%96%B0%E5%9E%8B%E5%B7%A5%E4%B8%9A%E5%8C%96%E9%81%93%E8%B7%AF/10512526?fromModule=lemma_inlink" \t "https://baike.baidu.com/item/%E5%8D%93%E8%B6%8A%E5%B7%A5%E7%A8%8B%E5%B8%88%E6%95%99%E8%82%B2%E5%9F%B9%E5%85%BB%E8%AE%A1%E5%88%92/_blank)、建设创新型国家、建设[人才强国](https://baike.baidu.com/item/%E4%BA%BA%E6%89%8D%E5%BC%BA%E5%9B%BD/3240105?fromModule=lemma_inlink" \t "https://baike.baidu.com/item/%E5%8D%93%E8%B6%8A%E5%B7%A5%E7%A8%8B%E5%B8%88%E6%95%99%E8%82%B2%E5%9F%B9%E5%85%BB%E8%AE%A1%E5%88%92/_blank)等一系列重大战略部署，迫切要求我国由工程教育大国迈向工程教育强国。走中国特色新型工业化道路，迫切需要培养一大批能够适应和支撑产业发展的工程人才；建设创新型国家，提升我国工程科技队伍的创新能力，迫切需要培养一大批创新型工程人才；增强综合国力，应对[经济全球化](https://baike.baidu.com/item/%E7%BB%8F%E6%B5%8E%E5%85%A8%E7%90%83%E5%8C%96/245085?fromModule=lemma_inlink" \t "https://baike.baidu.com/item/%E5%8D%93%E8%B6%8A%E5%B7%A5%E7%A8%8B%E5%B8%88%E6%95%99%E8%82%B2%E5%9F%B9%E5%85%BB%E8%AE%A1%E5%88%92/_blank)的挑战，迫切需要培养一大批具有[国际竞争力](https://baike.baidu.com/item/%E5%9B%BD%E9%99%85%E7%AB%9E%E4%BA%89%E5%8A%9B/224250?fromModule=lemma_inlink" \t "https://baike.baidu.com/item/%E5%8D%93%E8%B6%8A%E5%B7%A5%E7%A8%8B%E5%B8%88%E6%95%99%E8%82%B2%E5%9F%B9%E5%85%BB%E8%AE%A1%E5%88%92/_blank)的工程人才[7]。这些都指向了学生的工程素养的培养。国际技术与工程教育家协会（International Technology and Engineering Educators Association，ITEEA）于 2020 年发布了《技术与工程素养标准：技术和工程在 STEM 教育中的作用》，它阐述了技术与工程素养的要素：系统思维、创新能力、制造与制作能力、批判思维、乐观精神、协作与沟通、伦理责任[8]。要求工程师具备基本的科学、技术、工程和数学能力，过硬的专业技能，工程伦理及实践动手能力。根据我国当前的产业布局及经济发展要求工程人才应具备：工程实践能力、工程创业能力、数字化能力、跨学科能力、工程伦理能力[7]。

建环专业基于新工科理念在毕业设计过程中，每位指导教师着重督促引导学生根据实际情况合理地选择设计方案，整个设计的每一部分先分解，再组合，同项目组学生分别提出自己的设计方案，大家一起讨论、分析，在指导教师引导下确定最优方案，培养学生的沟通协作能力、批判思维与系统思维；指导学生学习现行的行业规范、行业标准，逐条分解，逐字解读，引导学生在设计的每个环节都要依据行业规范、行业标准进行设计，指导学生使用专业计算软件进行计算，鼓励引导学生对计算结果进行分析，学会判断计算结果的正误，培养学生的制作能力；还要及时纠正学生的“容错”思想，督促学生出现错误要及时纠正或彻底纠正错误，培养学生严谨细致的工作作风和严肃认真的工作态度；指导教师鼓励学生登录专业网站、论坛，引导学生去及时关注行业发展，与企业导师一起指导、鼓励学生在设计中用新规、新设备、新方法，在设计中融入当前节能降耗、碳排放、碳中和理念，培养创新精神，关注工程伦理和社会可持续发展，提高学生的工程素养。

（四）设计成果精细化、规范化、工程化

每所学校都对毕业设计成果有自己的具体规定，基本上研究型论文要有：文献综述、研究对象、研究方法、研究结果、分析与总结、参考文献等。工程设计类需要有：设计说明书、设计图纸两大部分。设计说明书包括：设计条件、设计方案比选、设计计算分析、参考文献等，绘图需要用专业软件，设计图纸要符合本专业制图标准。每所学校对论文和设计说明书都有自己的格式要求。

在满足本校毕业设计基本要求的基础上，指导教师指导过程要精细化，保证设计成果的规范化和工程化。指导教师加强管理，强化学生对毕业设计重要性的理解，重视毕业设计的过程，强调不以最后结果定考核成绩；在制定设计方案时，先学习当前设计中的各种设计方案，熟悉每种方案的利弊，再针对自己的设计对象通过比选制定方案；在设计计算中，首先学习计算原理，细化每个计算参数的选取，再去用软件计算；设备选型时，首先熟悉当前各种设备的特点，再针对自己的设计对象的特点，进行设备选型；在施工图绘制时，先熟悉专业制图标准，按照标准去绘图，先进行样板图学习，熟悉绘图流程、内容、标准，再自己动手；每个环节由校内校外企业导师一起把关，保证设计成果的精细化、规范化和工程化。

结语

以新经济和新产业为背景的新一轮科技革命和产业变革，对建环专业新工科建设提出了严峻挑战，如何通过毕业设计这个重要的实践教学环节，培养建环专业学生的工程素养以适应新工科建设的需要，是一个值得持续跟进的课题。为此我们总结了近年来在毕业设计中所作的努力和探索，以期为高等工程院校相关专业人才培养提供借鉴和参考，助力我国培养大批具有国际竞争力，且能够胜任智能社会生产要求的技术与工程人才。

[基金项目]2022年石家庄铁道大学高等教育教学研究项目（Y2022-4）

王兰（1971-），女（汉族），河北武邑人，硕士，副教授，主要从事建筑及设备节能、振动控制研究。

参考文献

[1] 徐向伟,姚建涛.新形势下高等工程教育实践教学体系构建与实践[M].秦皇岛:燕山大学出版社,2022.

[2] 钟登华.新工科建设的内涵与行动[J],高等工程教育研究,2017(3):1-6．

[3] 顾秉林,王孙禺,雷环,等.院校工程教育工程性与创新性问题研究[M].北京:清华大学出版社,2022.

[4] 张东海，高蓬辉，黄建恩，等．新工科背景下多学科交叉融合的建环专业人才培养模式探索与实践[J],高等建筑教育,2021,30(1):1-9．

[5] 吴启迪.国家高等工程教育政策的决策模式创新研究[M].上海:同济大学出版社, 2018.01.

[6] [蒋宗礼,](https://kns.cnki.net/kcms2/author/detail?v=DxGmxfxkPoETVySXvXLcylpPY9pah5E1ILZ-aPez-sdr51NtW0q26JYO9qQ-u3-EDRKP7o3DyvD2kNYoOECE9W-XIE_Upbq5Yuq79Zy3AAM=&uniplatform=NZKPT" \t "https://kns.cnki.net/kcms2/article/_blank)[姜守旭](https://kns.cnki.net/kcms2/author/detail?v=DxGmxfxkPoETVySXvXLcylpPY9pah5E1tL9yhyaqlLFJPCYy3t4co5ZmDCzQptUW0bBPfas88xY3Ucq2ZKAJsCl7wqIrQQp-l1d6E9dK9fk=&uniplatform=NZKPT" \t "https://kns.cnki.net/kcms2/article/_blank).发挥本科教学质量国家标准对新工科建设的推动作用[J],[中国大学教学](https://navi.cnki.net/knavi/journals/JXCY/detail?uniplatform=NZKPT" \t "https://kns.cnki.net/kcms2/article/_blank),[2018(01)](https://navi.cnki.net/knavi/journals/JXCY/issues/DxGmxfxkPoE2rMpFIy6DR6_V70cjL6oNPA3g6PevW4uUwi1jivFttG3hVgWt2Rhs?uniplatform=NZKPT" \t "https://kns.cnki.net/kcms2/article/_blank):41-45.

[7] 张炜,吕正则. 面向工业4.0的高等工程教育变革趋势与应对策略[M]. 杭州：浙江大学出版社,2020.

[8] 赵冉,郑旭东.智能时代何以发展K-12学生的技术与工程素养？—基于《技术与工程素养标准》的分析与启示[J].2022,32(6):89-97.

## **Continuous Improvement of the Graduation Design of Building Environment and Energy Application Engineering under the New Engineering Background**

WANG Lan LIU Bin HAO Changsheng

（School of Mechanical Engineering, Shijiazhuang Tiedao University, Hebei, Shijiazhuang, 050043）

## Abstract: The global scientific and technological innovation has entered an unprecedented period of intensive development, and the current new economy calls for the reform and innovation of higher engineering education. One of important practical links in higher engineering education—the graduation projectalso needs urgently continuous reform and innovation. Some problems were analyzed in graduation project of Building Environment and Energy ApplicationEngineering. Some measures were carried out, such as the optimization of

## graduation design content, enriching the engineering experience of the instruct- ors, building students engineering qualities, making the graduation design

## achievements refinement, standardization, engineering. To improve graduation

## design quality of Building Environment and Energy Application Engineering,

## new measures were explored continuously undernew engineering background to construct engineering education power, innovative country, talent power and

## other major development strategy.

## Keywords: graduation design; new engineering; Building Environment and Energy Applica- tion Engineering; continuous improvement

手机号：15530153921，地址：河北省石家庄市北二环东路17号石家庄铁道大学机械工程学院，邮编：050043，

邮箱：wanglan-1971@126.com