doi:10. 11835/j. issn. 1005-2909. 2024. 01. 005

欢迎按以下格式引用:王勇,刘猛,陈金华,等. 对标工程认证基本要求的毕业生设计选题探索[J]. 高等建筑教育,2024,33(1):36-43.

对标工程认证基本要求的毕业生设计选题探索

王　勇[a],刘　猛[a],陈金华[a],肖益民[a],刘　勇[a],付祥钊[b]

(重庆大学 a.土木工程学院;b.环境与生态学院,重庆　400045)

摘要:毕业设计是本科教育的最后关键环节,对学生就业创业能力的形成有重要作用。以重庆大学建筑环境与能源应用工程专业某毕业设计选题为例,基于该选题的背景与目的,对该毕业设计的关键内容、任务要求与传统毕业设计进行对比,并对其不同点进行剖析。以该毕业设计工作内容为基础,对标中国工程教育认证通用标准中的12项基本要求,对该毕业设计的各重要环节进行了对应解析,分析了各环节相关工作以及能力提升与基本要求之间的关系。基于过程分析结果,构建了毕业设计能力培养与工程认证基本要求的关系图谱。以期通过建环专业毕业设计的工作内容,对标工程认证的基本要求,为相关专业毕业生能力提升提供思路与途径。

关键词:工程教育认证;毕业设计;建筑环境与能源应用工程;对标;能力

中图分类号:G642.477　　**文献标志码:**A　　**文章编号:**1005-2909(2024)01-0036-08

工程认证既是工程教育水平评估的基本手段,也是工程师资格国际互认的重要基础[1]。从开展工程教育专业认证工作以来,我国已有近2 000个专业点通过了认证[2]。《工程教育认证通用标准解读及使用指南》(以下简称《指南》)对毕业设计要求指标点进行了明确规定:"指标点是经过选择的,能够反映毕业要求内涵,且易于衡量的考查点。通过毕业要求指标点可以判断专业对于通用标准12项基本要求的内涵是否真正理解,可以判断专业建立的毕业要求达成评价机制是否具有可操作性和可靠性,也可以判断专业是否根据培养目标设计自身的毕业要求"。工程认证是中国工程教育国际实质等效的有效途径。中国与其他国家的教育理念不同[3],国内对工程认证的利弊性差异也有相关的讨论[2,4]。但是,作为《指南》的基本要求,是中国针对《华盛顿协议》基本框架的细化,应该具备一定的可操作性和可实施性。

从2020年开始,建环专业评估正式转为工程认证[1]。近年来,建环专业基于工程认证基本要求在专业教学与人才培养质量提升等方面做了大量工作。吴小舟等[5]对工程教育认证背景下建环专

修回日期:2022-05-15

基金项目:重庆市教育教改项目"'双碳'目标下建筑环境与能源应用工程专业课程思政体系建设与实践"(223017)

作者简介:王勇(1971—),男,重庆大学土木工程学院教授,博士,主要从事清洁能源与暖通空调技术研究,(E-mail)cqwangyong@cqu.edu.cn。

业创新创业人才培养多层次、模块化创新创业教育课程体系及其实践做了探讨；王松庆[6]等对工程认证背景下的指标点分解与课程体系的各权重关系进行了达成度分析；王宏燕等[7]从如何培养学生解决复杂工程问题能力着手对开展工程教育认证工作及推进新工科建设进行了探索。目前，对毕业设计工程能力提升与工程认证的相互关系的研究相对较少，大多从教学方法[8]、校企合作[9]、技术应用[10]、管理现状[11]等方面探索如何提高毕业设计质量，缺乏毕业设计与工程认证有效结合的探索与研究。

因此，基于工程认证的基本要求，通过毕业设计的全过程管理实现毕业生综合能力的提升是一个值得探讨的课题。本文拟通过重庆大学建筑环境与能源应用工程专业（以下简称建环专业）某毕业设计选题工作，对标工程认证要求，进行12项基本要求的理解与探讨，以期通过相互关系的展现为毕业生能力提升提供思路与途径。

一、重庆大学建环专业某毕业设计选题介绍

（一）设置该毕业设计选题的背景与目的

毕业设计的目的是培养学生综合应用所学知识解决专业复杂工程问题的能力，该选题工作应有一个论证过程。大部分传统毕业设计对标施工图设计，缺乏相应的合理性论证，但是，无论如何选择毕业设计课题，在人才培养方面毕业设计选题应满足如下要求。

（1）指导教师和学生都要了解中国国情，具有家国情怀，应面向国家“双碳”目标和健康中国的重大需求；有利于毕业生在国家和社会发展需求的领域创新创业就业，在研究生阶段继续深造。

（2）能够培养学生制定和评估本专业工程领域规划、设计、施工、调试与运行等能力，或能够培养发现、分析和解决本专业工程问题的能力。

（3）毕业设计选题以本专业领域内的工程综合训练类课题为主，以解决本专业工程领域内的主要、紧要工程问题为导向。

（4）学生已经具备完成选题所需的基础知识，指导教师已经掌握或通过试做能够掌握完成选题所需的基本方法。

国家“双碳”目标、国务院及各中央政府部门的顶层规划，已经明确提出了对建筑能源应用的“双碳”要求。毕业设计选题——重庆大学虎溪校区太阳能冷热源规划方案设计（简称规划方案设计），要求将建筑冷热能源的需求侧和供给侧关联起来进行工程分析，需求侧的分析重点是重庆大学虎溪校区的冷热需求变化规律（包括建筑环境营造、生活热水、实验研究工艺等的冷热需求），供给侧的分析重点是重庆大学虎溪校区太阳能冷热源供给能力变化规律，希望通过这两个变化规律的关联分析，制定适应这两个规律的合理规划方案。

“规划方案设计”需要解决的工程问题多，复杂性、综合性很强，能力培育训练强度大。基于以上的选题背景，以方案设计作为毕业设计选题是一个探索。其主要目的有：（1）方案设计是冷热源选择中最重要的环节。传统的毕业设计题目由于时间限制，大量的时间集中在绘图上，导致对冷热源选择过程中所表现出的综合能力提升训练不足；因此，需要将毕业设计中的关键环节做集中训练；（2）工程认证的一个重要环节是评价学生毕业后的专业能力。通过契合国家发展方向以及社会需求的毕业设计过程的训练，不仅能保证毕业生在就业或升学（研究生学习）阶段的高起点，而且还能提高毕业生对专业热点的适应能力。但是，由于该毕业设计选题相对难度较大，针对目前毕业生的能力现状，对参加该选题的毕业生有较高的能力要求，这可作为毕业生创新培养的举措之一；（3）以重庆大学虎溪校区作为设计对象，实题实做，更能够提升毕业生的实战能力。以最熟悉的校园为

设计对象，学生对各种约束条件、能源现状等均有深刻的认识，其毕业设计的成果能够做到落地。

（二）该毕业设计与传统设计的不同点

该毕业设计的整体框架如图1所示。传统的毕业设计通常以某建筑为对象，主要进行负荷计算、冷热源分析、空调处理过程、气流组织计算、水力计算、消声减震与自控等设计计算，然后进行相关的图纸绘制，完成施工图的设计。规划方案设计的毕业设计课题与其他传统毕业设计的主要不同点如下。

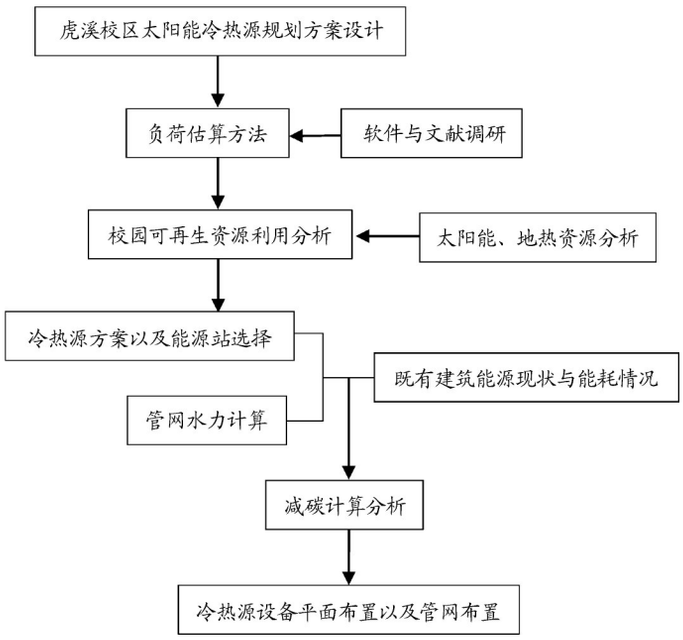

图1 毕业设计整体框架

1.负荷计算的层次不同

传统毕业设计的负荷计算有负荷估算与负荷详细计算两个基本内容。对于负荷估算主要用于冷热源初步选择，而负荷详细计算目的是设备选型，基本按照冷负荷系数法或谐波反应法进行设计计算。而规划方案设计处于规划阶段，建筑图纸达不到施工图程度，无法进行详细计算。到目前为止，尚未有针对能源规划阶段的准确负荷估算方法[12]。本毕业设计需要通过软件（如DeST、EnergyPlus等）进行8 760小时的建模计算，通过体型系数、围护结构、建筑功能等多参数比较，获得估算负荷方法与真实负荷的相对关系；因此，该负荷计算方法的获得，已经完全超越了传统毕业设计负荷计算的层次。

此次规划设计区别于传统的单栋建筑设计，而是一个建筑群，有图书馆、教室、学生宿舍、自习室、办公楼、食堂、运动场馆、实验楼等不同功能需求的多种建筑体，即使在同一建筑功能区域也存在不同时段的负荷分布特点。如：学生宿舍，白天呈现为低密度人员空间，而夜晚呈现出高密度人员空间的特征；对于图书馆和办公楼等，白天为高密度空间，而夜间为低密度人员空间；对于食堂，则呈现出更鲜明的时段性。另一方面，学校有相应的管理制度，各建筑功能区域的开放时间均有相应的规定，其负荷计算中也必须予以考虑。工作日与周末休息日也会呈现出完全不同的状况，而且鉴于各学校资源以及排课的不同，周末可能也有部分课程安排；因此，多种因素决定了校区负荷分析的复杂性。要准确分析负荷分布，需要开展大量的调研以及寻找合适的分析方法。

2.可再生资源利用的程度分析

传统的毕业设计在冷热源方案比较阶段，会考虑部分可再生能源的利用问题，但是，这种考虑

往往是基于概念性的。由于没有足够的时间进行实地调查与分析,基本按照假设条件进行,而规划方案设计是真题真做。

结合自己所在学校的自然资源分析,已不同于传统毕业设计的题目。即使指导教师给出实际工程题目,也很难有条件到现场做实际调研。但是,校区的自然资源是学生最熟悉的校园,有足够的条件去分析自然资源。四年的本科生活,大部分学生可能都没有完全审视自己学校的自然资源分布,而此次毕业设计需要学生沉下心来重新考察、分析所在学校的资源分布优势,如所在城市校区的太阳能资源分布情况、气候区特点,地热能利用的具体优势、各种地表水分布情况、各种资源的容量等。这些自然资源的分布特点决定了如何合理利用好可再生能源。此次毕业设计聚焦太阳能冷热源,从广义的角度出发,所有的可再生能源,包括空气、地表水、岩土等冷热源品位均是由太阳能决定的;因此,结合本次毕业设计的目标,各种可再生资源均需要学生做全面实际的分析,才能获得方案设计的合理性。

3.冷热源技术分析的不确定性

传统的毕业设计在冷热源分析中,由于设计对象是单体建筑,其冷热源的分析结果通常指导教师就可作定性判断。规划方案设计涉及可再生能源利用,需要进行计算分析,无法直接获得相应的比较结果。该毕业设计对比的冷热源方案不仅涉及太阳能、地热能等方面复杂的计算分析,对环境的影响,还需要通过CFD的水温计算才能获得方案的可行性,如利用湖水作为地表水地源热泵的低位冷热源,其计算结果需满足地表水温度变化的要求;因此,其结果是不确定的。

由于各种原因,尚未有校区能源规划案例(部分学校本身处于区域供冷供热的供能范围的除外)。校区大多数建筑采用分散式供冷或供热(北方城市集中供热除外),仅少量的综合楼、图书馆等采用集中空调;因此,结合校区特点进行太阳能冷热源规划毕业设计为一个全新的课题,没有明确的技术路线可以参照,在过程设计中也没有公认的计算方法,需要重新制定校区太阳能冷热源规划的技术路线和关键参数。

4.学生能力的要求

基于以上分析,该毕业设计选题对学生能力、素养要求较高,并不适合所有的本科毕业生参加。对于毕业设计的指导教师,需要做好毕业设计任务分解与串接工作,给多数的学生设计好必做的训练要点,同时给少数优秀的学生提供拔尖创新人才培养的机会。这对于个性化的培养以及创新人才培养均是一种有益的尝试。

二、工程认证标准的12项基本要求与该毕业设计的内在对标关系

(一)对标分析

中国工程教育认证通用标准中的12项基本要求,如表1所示。

基于该毕业设计选题,通过过程分析进行12项基本要求的对标分析。

(1)工程知识。对于此次毕业设计,基于前述难点,毕业设计成果本身就解决了一个复杂工程问题。而方案的选择过程,必须要利用建环专业的工程基础和专业知识。在负荷分析中,需通过自然科学的方法建立相关的气象模型,才能获得负荷分析结果;因此,基于该毕业设计内容,通过学生的过程培养获得解决复杂工程问题的能力。

(2)问题分析。调研能力分为两类,即文献调研能力和现场调研能力。此次毕业设计不仅需要学生通过文献调研获得各种可再生能源利用的基本技术路线,而且需要调研当地的能源结构和价格,通过现场调研收集既有校区能源消耗情况与特点,并进行有效分析。在大量的数据调研样本基

础上，通过一定的方法，如聚类分析方法、回归分析方法等对既有数据进行有效识别与表达；因此，该过程中获得的有效成果，既体现了毕业设计的阶段性成果，又锻炼和提高了学生的调研分析能力。

(3)设计/开发解决方案。该毕业设计的目标本身是利用最小的能源消耗来保证校区师生员工的健康与舒适。太阳能冷热规划不仅符合社会、文化的发展要求，而且也符合环保基本路线，更是《中华人民共和国可再生能源法》等法律的保障内容。由于太阳能资源的不确定性，该毕业设计要引入极端气象灾害模型，以保证各种天气条件下冷热供能的安全性，从而达到环境控制要求；因此，毕业设计内容本身就具备了创新的内容。

(4)研究。该毕业设计需要获得各种以太阳能资源为基础的可再生能源利用数据作为分析基础，如太阳辐射强度分布、极端气候分析、地热能与地表水分布情况等参数；因此，这些基础数据的获得不仅需要调研，更需要进行一定的实际测试。在毕业设计过程中，必然涉及实验测试与数据分析，而大量数据信息还需要一定的分析方法才能获得有效的结论。这对于培养学生采用科学方法解决复杂工程问题的能力大有裨益。

(5)使用现代工具。规划阶段，传统施工图负荷计算方法已经不适用；因此，需要寻找一种合理、可实施的规划负荷方法。在此过程中，会涉及模型建立、软件选择与使用、能耗分解方法、各阶段负荷预测等各类问题，从而建立适用的规划负荷方法。同理，在方案阶段的太阳能资源分析过程中，也涉及计算方法的研究，从而清晰认识目前技术工具的局限性，来提高完善技术方法。

(6)工程与社会。该毕业设计课题来自各校区真实的工程背景，在方案设计中尚有很多问题需要探索，需要利用各种方法、工具等来解决。此外，该毕业设计的主要成果，就是要满足社会、健康、安全、法律以及文化的要求。为此，需要不断协调，其过程本身就以责任为后果来理解上述问题的解决方法。

(7)环境和可持续发展。正如工程认证基本要求6的内容，该毕业设计课题本身就是复杂工程问题的工程实践。同时，课题聚焦可再生能源的利用，工程实践成果就是保护环境，减少碳排放，从而保证社会的可持续发展。在此基础上，通过需求评价方法来不断获得该问题的认知能力。

(8)职业规范。该毕业课题出发点着眼于国家的能源发展方向，实现国家的“双碳”目标，其课题本身就具备社会责任感。在设计过程中，各类设备的安装位置(如光伏板、集热器、热泵等)，是否对景观造成影响，是否符合师生员工审美观点，均需要设计人员去了解和理解工程职业道德和规范所涉及的一系列问题。

(9)个人和团队。数据的调研、分析，实验测试，设计内容的分工与组合等工作是毕业设计的基本要求。而相关的工作一个人是无法完成的，需要小组协作。小组中的每一个学生均有明确的责任与分工，即使在同一个阶段性目标中(如调研景观、规划等对能源设施的影响问题)，仍然需要分工完成，而且还需要相关专业的辅助(如设施的美化问题)才能满足整体设计各阶段的时间节点要求；因此，毕业设计整个过程都体现了个人和团队的责任关系。

(10)沟通。区别于传统毕业设计，沟通在此次毕业设计中展现了非常重要的作用。由于毕业设计内容涉及数据调研和人文调研，其过程均需要与各类师生员工进行沟通。沟通过程分为两类，即语言沟通和文字沟通。语言沟通在现场调研中是必须的。而在文字沟通中，涉及调查问卷的问题设置，不仅要通过合理的设计让非专业人员清晰了解和正确选择答案，而且又要够保证设计人能够方便提取相关信息数据。当然，在目前的条件下，国际视野的培养仅能通过国外相关网站以及文献去了解，若条件允许，可通过参与相关国际会议的形式来弥补。

(11)项目管理。该毕业设计成果同时也是实施“双碳校园”的开创性成果，要具备落地性。其

规划结果不仅涉及经济性,而且规划的合理性以及基建工作的可操作性也至关重要;因此,在整体规划中就需要掌握工程管理原理与经济决策方法。这对于学生毕业后,在实际工程中运用工程管理与经济决策相关理论和方法进行项目管理大有裨益。

(12)终身学习。由于该毕业设计课题具备挑战性,较多的指标需要重新梳理和建立,不仅仅是学生本身,就指导教师而言,也是一个学习的过程。将此次毕业设计的对象扩展到其他社区,其技术路线与评价指标也就有了相应的变化;因此,通过此次毕业设计的训练,培养学生终身学习、自主学习的理念和解决问题的方法,而不仅仅是追求问题的答案。通过以上分析可以看出,该毕业设计选题和执行能够充分对标工程认证的基本要求,训练学生的工程能力。

表1　中国工程教育认证通用标准中基本要求

序号	基本要求名称	解释
1	工程知识	能够将数学、自然科学、工程基础和专业知识用于解决复杂工程问题
2	问题分析	能够应用数学、自然科学和工程科学的基本原理,识别、表达并通过文献研究分析复杂工程问题,以获得有效结论
3	设计/开发解决方案	能够制定针对复杂工程问题的解决方案,设计满足特定需求的系统、单元(部件)或工艺流程,并在设计环节中体现创新意识,考虑社会、健康、安全、法律、文化以及环境等因素
4	研究	能够基于科学原理并采用科学方法对复杂工程问题进行研究,包括设计实验、分析与解释数据、并通过信息综合得到合理有效的结论
5	使用现代工具	能够针对复杂工程问题,开发、选择与使用恰当的技术、资源、现代工程工具和信息技术工具,包括对复杂工程问题的预测与模拟,理解其局限性
6	工程与社会	能够基于工程相关背景知识进行合理分析,评价专业工程实践和复杂工程问题解决方案对社会、健康、安全、法律以及文化的影响,理解应承担的责任
7	环境和可持续发展	能够理解和评价针对复杂工程问题的专业工程实践对环境、社会可持续发展的影响
8	职业规范	具有人文社会科学素养、社会责任感,能够在工程实践中理解并遵守工程职业道德和规范,履行责任
9	个人和团队	能够在多学科背景下的团队中承担个体、团队成员以及负责人的角色
10	沟通	能够就复杂工程问题与业界同行及社会公众进行有效沟通和交流,包括撰写报告和设计文稿、陈述发言、清晰表达或回应指令,并具备一定的国际视野,能够在跨文化背景下进行沟通和交流
11	项目管理	理解并掌握工程管理原理与经济决策方法,并能在多学科环境中应用
12	终身学习	具有自主学习和终身学习的意识,有不断学习和适应发展的能力

(二)毕业设计选题内容与毕业生能力培养的关系分析

完成该选题的任务,需要学生在教师的指导下,全面、综合运用所学知识,尤其是将建环专业的两大专业知识板块——“建筑环境营造”和“建筑能源应用”融会贯通。本专业工程分为规划、设计、建造、运维四大阶段,一个具体的选题不可能包含四个阶段,但也不宜局限于工程设计一个具体阶段。为了拓宽建环专业人才培养的领域,毕业设计的基本要求宜通过实践某一个阶段的实施步骤和内容来理解实施本专业工程项目的基本步骤和内容。通过毕业设计训练,帮助学生理清解决工程问题的思路和方法,强化学生自主学习和终身学习的能力。

通过以上分析,可以获得该毕业设计能力培养的关系谱图,如图2所示。通过调研和数据分析,不仅提高了学生的沟通和分析能力,而且其成果还可支撑该毕业设计的基础数据。以可再生能源

利用的社会、文化认知能力，通过专业分析以及研究的基本方法完成方案的选择分析，基于设计过程中的团队协作能力，以及应用工具与方法的能力共同支撑毕业设计内容。通过工程应用能力与管理能力强化可实施的设计成果。在毕业生从事工作或继续深造后，面对“社区太阳能冷热源规划”“社区双碳能源规划”“社区双碳能源咨询”等类似项目可灵活应用相关工程方法，这实际也起到了终身学习的目的；因此，通过认证指标以及培养过程所需的各种能力，基于毕业生的过程训练，不仅使学生理解与应用相关的设计方法，而且全面提升了毕业生的素养和能力。

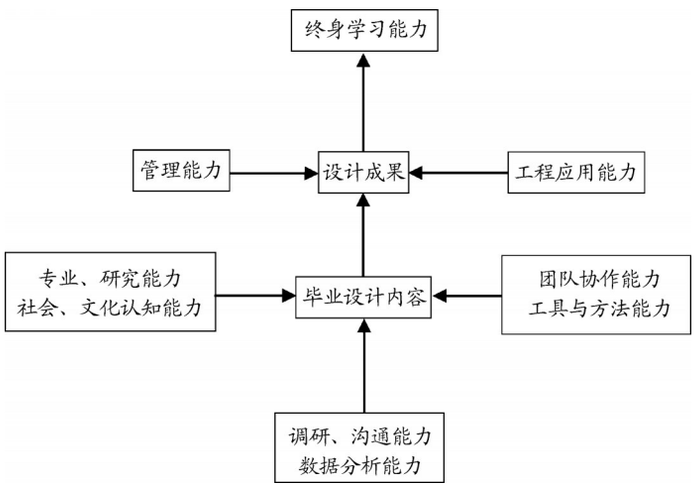

图2 毕业设计能力培养关系图谱

三、结语

（1）合理的毕业设计选题不仅要体现工程认证的基本要求，而且还要满足国家和社会的需求，这对于与“双碳”目标实现直接相关的“建环”专业尤其重要。

（2）通过对重庆大学虎溪校区太阳能冷热源规划方案设计的实题实做，学生能把握社区冷热源规划咨询的步骤和内容，从而理解本专业工程方案设计的基本要素，为工作中类似项目的把握奠定基础。

（3）从人才培养的角度，毕业设计选题应该从规划、设计、建造、运维四大阶段中合理选择某一个阶段来实施本专业工程项目的基本步骤和内容，不能仅局限于施工图的传统设计。

（4）通过对毕业设计过程的分解，在过程中去理解、对标工程认证的基本要求，这对于提高毕业生的专业能力有直接作用。文中提到的毕业设计选题，对毕业生本身的综合能力要求较高，有一定的挑战性，但对于拔尖创新人才的培养，是一种有益的尝试。

（5）工程认证的基本要求需要在具体的毕业设计选题实施中去理解和深化。本文以建环专业为例所开展实践与思考，对于其他专业的适用性还有待进一步验证。

参考文献：

[1] 杨晚生，刘琳，高云飞，等. 基于工程认证标准要求的课程权重系数计算方法分析[J]. 高等建筑教育，2021，30(1)：161-166.

[2] 戴先中. 工程教育专业认证中毕业要求分解指标点的利弊[J]. 高等工程教育研究，2022(3)：60-66.

[3] 杨秀峰，于加，倪美琴. 建筑环境与能源应用工程专业本科教学改革思考——基于中美高校建环专业教学比较和工程教育专业认证理念[J]. 教育教学论坛，2021(39)：84-87.

[4] 项聪,郭雅兰. 工程教育认证的内在逻辑及自我超越[J]. 高等工程教育研究,2022(4):65-69.
[5] 吴小舟,王树刚,王继红,等. 工程教育认证背景下建环专业创新创业人才培养探讨[J]. 高等建筑教育,2020,29(6):61-66.
[6] 王松庆,贺士晶,刘曙光,等. 工程教育认证背景下建筑环境与能源应用工程专业毕业要求达成度评价研究[J]. 安徽建筑,2021(2):123-125.
[7] 王宏燕,张晓静,陈超,等. 工程认证背景下复杂工程问题驱动的新工科人才培养模式探究[J]. 高等建筑教育,2022,31(5):15-22.
[8] 刘丽孺,刘琳,郑瑞芸,等. 基于项目驱动教学法的建环专业的专业设计及专业课程优化探索[J]. 制冷与空调,2020,20(10):10-13.
[9] 余晓平,殷利. 基于工程能力培养的建筑环境与能源应用专业毕业设计教学思考[J]. 高等建筑教育,2017,26(3):101-105.
[10] 印红梅,贾春辉,黄紫旭. BIM技术在建筑环境与能源应用工程专业毕业设计中的应用[J]. 制冷与空调,2020,34(6):739-743.
[11] 程洁,吴强."双一流"背景下研究型高校毕业设计(论文)管理现状探究[J]. 高等教育学报,2020,43(2):88-94.
[12] 龙惟定,潘毅群,王暂. 碳中和城市建筑能源系统(3):负荷篇[J]. 暖通空调,2022,52(9):1-14.

Exploration on the topic selection of graduation design for the basic requirements of engineering certification

WANG Yong[a], LIU Meng[a], CHEN Jinhua[a], XIAO Yimin[a], LIU Yong[a], FU Xiangzhao[b]

(*a. College of Civil Engineering*; *b. College of Environment and Ecology, Chongqing University, Chongqing 400045, P. R. China*)

Abstract: Graduation design is the last key link of undergraduate education, which plays an important role in the formation of students' employment and entrepreneurial ability. Taking a graduation design topic of the building environment and energy application engineering major of Chongqing University (hereinafter referred to as building environment major) as an example, based on the background and purpose of the topic, the key content and task of the graduation design are compared with the traditional graduation design. According to the 12 basic requirements in the general standard of China engineering education certification, the important links of the graduation design are analyzed including the relationship between related work of each link and ability improvement and the basic requirements. Through process analysis, the relationship map between graduation design ability training and basic requirements of engineering certification is proposed. Through the graduation design of building environment major based on the requirements of engineering certification, it is to provide ideas and ways for the cultivation of graduates of related majors to improve their abilities .

Key words: engineering education accreditation; graduation design; building environment and energy application engineering; benchmarking; capacity

(责任编辑　梁远华)