

doi:10.11835/j.issn.1005-2909.2015.06.029

开放式研究性建筑物理实验的教学探索与实践

黄凌江,李中奇

(武汉大学 建筑系,湖北 武汉 430072)

摘要:建筑物理实验是建筑物理教学的重要组成部分,也是培养学生解决设计问题,提高科研能力的重要途径。文章从教学方法层面探讨了开放式研究性建筑物理实验模式的教学内容、教学过程和教学目标,并介绍了部分实验教学案例。文章最后分析了建筑物理实验的定位、研究性实验与基础性实验的关系,以及开放式实验教学中需要进一步解决的问题。

关键词:开放式研究性实验;建筑物理实验;实验教学

中图分类号:C642.0

文献标志码:A

文章编号:1005-2909(2015)06-0121-07

建筑物理实验课程是建筑学专业实践体系的主要组成部分,《高等学校建筑学本科指导性专业规范》中规定的4个单元36项实验项目中,建筑物理实验占到3个单元22项^[1]。目前在以建筑设计主导的建筑学教学中,学生对建筑物理等技术类课程存在着热情不高,学习态度被动等情况^[2-4]。其主要原因一方面在于建筑物理的概念、原理抽象,在建筑设计中较难直接应用;另一方面在于教学方式主要采取课堂讲授的方式,学生主动参与性较低。与理论课程不同,实验课程应以动手实践的方式开展,提供发挥学生主观能动性的条件。但是建筑物理实验教学中往往以规定性的基础实验为主,《高等学校建筑学本科指导性专业规范》对研究性实验也未作明确要求。基础性实验对实验各方面均作了明确的规定,注重训练学生的实验操作能力,但存在着学生按部就班完成实验报告,实验结论千篇一律,难以调动学生的主动参与性等情况。同时也导致实验教学与建筑设计等主干课程教学脱钩现象严重。

但许多院校已经意识到研究性实验的重要性并提出了相应的教学思路,包括加强实验中对创新意识培养^[5-6],由单一的验证性实验向设计性和综合性转化^[7]。作者在长期教学实践中也对建筑物理及研究性实验的教学进行了探索^[8-9]。不同院校的实验教学内容和重点虽不相同,但目的都是探索如何提高学生在建筑物理实验课程中的兴趣和主动性,更好地与建筑设计教学相结合并为设计教学服务。在研究性实验中,开放式实验教学是一种可以充分发挥学生在实验中主观能动性的教学方式,培养学生的创新性和独立思考、分析问题

收稿日期:2015-05-02

基金项目:湖北省高等学校省级教学研究项目(2014012);武汉大学实验技术项目;国家大学生创新创业训练项目(201410486055)

作者简介:黄凌江(1976-),男,武汉大学建筑系副教授,博士,主要从事被动式建筑物理环境控制研究,(E-mail)283654962@qq.com。

的科研能力。越来越多的实验教学中提出将开放实验引入建筑物理教学的重要性^[10-11]。文章介绍了武汉大学建筑系开放式研究性建筑物理实验的教学实践以及部分实验案例。

一、开放式研究性实验教学特点

基础性实验对实验选题、内容和方法等均作了明确的规定并给出了完整的实验方案,实验选题多为验证性实验,学生对实验的结果有一定预知,不同人的实验结果也大同小异,需要学生自主思考和探索的内容非常少,同时在教学中对实验内容、地点和仪器设备的限制较多。

相对而言,开放式的实验强调实验内容的开放,学生根据自己感兴趣的现象确定实验选题,学生自行拟定研究计划并设计实验方案等实验内容,通过不同的实验手段获得实验数据。同时场地及仪器设备应较为灵活地向学生开放,学生可以根据实验的需要使用仪器设备和实验场所。研究性实验中实验不是目的,而是一种手段。在建筑学专业中用以探索不同物理因素对建成环境的作用以及不同设计对建筑物理性能的影响,同时强调用研究的方法进行

实验设计并对实验数据进行分析,逐渐形成采用科学实验推进建筑设计的方法(表1)。开放式研究性实验的目的是培养学生通过实验的方式探索和研究问题的能力。其中开放式是为研究性实验提供更为合适的教学形式。开放式研究性实验将学习主动权交给学生,将固定的课堂转变为自主的学习,延伸了学生进行实验学习的内容、时间和空间范围,提供了更为灵活的学习条件。学生可以有更多的机会接触和利用所需的实验室资源,也拥有更大的学习自主性。

为满足开放实验的进行,需要提供有利的实验条件。首先是实验指导,要求学生将实验的时间安排预先告知教师以便教师有针对性地指导,同时各实验小组通过邮件等方式就实验中遇到的问题随时与教师进行沟通。第二是仪器设备等资源的使用,教学中尽可能地共享实验资源,数量较多的小型仪器如照度计、手持式温湿度计和风速仪等分发给实验小组使用并在小组之间流转。大型仪器设备实行预约使用,做到实验场地和仪器的开放式使用。

表1 基础性实验与开放式研究性的对比

实验类型	实验目的	教学重点	教学指导	实验选题	实验方案	时间及场地	仪器设备
基础性	验证性为主	训练实验技能	规定时间	规定	规定	教学计划	有限制使用
开放式研究性	探索性为主	培养通过实验探索和研究的能力	不定时	自由选题	自行制定	较多地开放	共享

二、开放式研究性实验教学组织

(一) 实验教学组织

实验教学组织分为四个步骤。

首先是实验准备阶段。这一阶段重点训练学生仪器设备的操作能力和基本实验技能,包括培训所有学生掌握各种实验仪器设备的工作原理和使用方法,熟悉热光声基础实验的内容、过程、基本实验方法和实验操作的基础知识。这一阶段是常规实验教学内容,也是开放式研究性实验的基础。

第二步由学生以小组为单位自主提出实验选题和实验方案并在小组内讨论,确定之后按一定的格式规范提交实验研究计划,包括实验目的、实验方法、进度安排等。选题需要体现对某一具体问题的探索和研究。这一部分容易出现选题过大,验证性实验简单以及实验方案不可行等情况,需要教师对实验选题和实验方案进行指导,提出意见和建议。

第三步,对通过的实验选题计划进行开展。实验室需要准备和校准各实验仪器设备,对于小型仪

器,每一个仪器指定一名学生专人负责不同实验小组之间的流转;对需要使用大型设备的实验小组,会对每组一名学生进行专门的操作和安全培训。根据预约安排使用时间,如需要在正常工作以外的时间使用,则由各小组之前指定的学生专门负责操作和管理,并对每次使用情况做好记录。

第四步指导学生对实验完成后的所得数据进行整理和分析并得出实验结论。从实验数据中发现规律验证假设。结论部分是实验的结果也是关键,这部分重点在于帮助学生根据实验所得数据判断其能否支持实验的假设,能得出什么样的结论以及与所学理论是否吻合等问题。同时也要注意实验数据不符合建筑物理原理的情况。这种情况需要和学生一起从实验数据、实验方法及操作等各个方面分析可能的原因。

(二) 实验教学重点

开放式研究性实验教学的重点在于实验选题和实验方案设计。

实验选题是发现和提出问题,是整个实验过程中最重要也是难度最大的部分。自主进行实验选题可培养学生独立思考能力和创新能力。选题来源应多样,包括对生活学习空间的建筑物理环境分析,建筑设计课程中遇到的问题,查阅文献后发现的问题,以及建筑物理中某个具体的问题。在这部分,教师不要对选题进行干预,但会帮助学生从较模糊的想法凝练出可行的实验问题,同时培养学生阅读文献并通过文献学习的能力。最后教师对选题内容进行把关,淘汰过于简单,不具备实验条件或缺乏意义的选题。

实验设计是教学过程中关键和复杂的一部分,首先要求学生熟悉已有仪器设备的功能和使用条件,之后要确定实验方案,包括实验对象、实验材料、实验方法、天气条件、时间及地点等。确定实验中的相关参数、变量和评价指标,明确实验目的。如何通过一定的实验步骤和方法,采集到所需要的数据也是保证实验成功的关键。由于建筑学的本科学生对科研方法尚未进行学习和训练,因此这部分需要教师的专门指导,所需时间也最长。

(三) 实验选题及开展情况分析

根据开放式研究性实验的要求,在教学实践中学生根据自己的观察和设计中的问题提出了丰富的实验选题,图1列出了自主的实验选题,并与《高等学校建筑学本科指导性专业规范》要求的基础性实验进行了对比。

从实验选题可以看出,实验选题涉及不同的方面,包括物理环境认知,不同构造及材料的热、光及声性能。物理环境认知方面关注了不同空间的室内热环境,窗洞口形式对室内采光的影响,不同空间形式对声传播的影响;构造方面关注了墙体构造的传热、遮光罩的角度;材料方面关注了不同性质材料的透光及隔声性能。部分选题关注了与建筑物理环境相关的社会问题,如广场舞噪声的传播距离与声压级。大部分自主选题与建筑物理环境基础性实验具有关联性,但部分与具有一定专业性的实验没有关联,如驻波管法测材料吸声系数。由于选题的开放性,学生一般会选取自己感兴趣的问题,以保证之后实验时间安排的充足性。

实验的场地和对象主要以校园和学校内的建筑为主,这是学生最了解的生活学习环境,同时也便于随时开展实验和监测实验。实验一般在5周内完

成,实验时间不受实验课时的限制。研究性实验设计的选题与专业基础性实验密切相关,基础性实验可以看成是研究性实验的先期训练和组成部分,学生通过基础性实验掌握各种实验方法、原理和数据整理分析技能,而研究性实验选题包括了不同的基础性实验内容。在实验方法上,除了采用各基础性实验的方法外,大部分小组都针对不同建筑物理环境进行了问卷调查,从主客观两方面加深对建筑物理环境的理解和体会。在课程中专门对问卷调查的方法进行了讲授并提供热环境问卷范例。实验的考核评分以实验报告为准,同组学生获得同样的分数。其中,实验选题占30%,实验方案设计占25%,实验数据分析占30%,实验结论分析占10%,实验报告格式占5%。

三、实验教学案例

文章选取两个有代表性的实验案例具体介绍,分别为“遮阳百叶材料和角度对室内热光环境的影响分析”和“不同空气间层构造形式的传热”。

(一) “遮阳百叶材料和角度对室内热光环境的影响分析”实验

实验案例一的选题希望了解遮阳百叶的变化对室内采光系数的影响。该选题的研究性体现在通过实验确定百叶遮阳构件的不同角度和材料对遮阳和采光效果的影响,并由学生自行确定校园内一处西侧开窗的房间作为实验地点。在教学指导中首先分析遮阳百叶对采光系数有关的各种影响因素,包括遮阳板的材料、角度、出挑宽度、间距等。之后确定以材料和角度作为研究变量,选择“白色KT板”和“半透明镀膜塑料板”两种材质,夹角选择 60° 、 30° 、 0° ,并规定了出挑宽度和百叶间距为固定量。然后,指导学生确定实验方案,所需的遮阳构件由学生制作完成(图2),由实验室提供照度计、辐射计及温湿度记录仪等仪器设备,并由学生自行选择合适的天气开展实验。

实验设计上分为三组实验进行,分别A组(对照组)、B组(白色KT板)和C组(透明镀膜塑料板)。其中对照组不设遮阳板,选择近似全云天的中午,测量所取测点的照度;B组采用白色KT板制成的百叶遮阳板模型,测量时间及天气条件均与对照组相同。出挑宽度150 mm,百叶间距150 mm,分别测量与地面水平夹角为 60° 、 30° 、 0° 三种情况下的测点照度。C组采用半透明镀膜塑料板制成的百叶遮阳板模型,测量时间及天气条件均与A组相同。

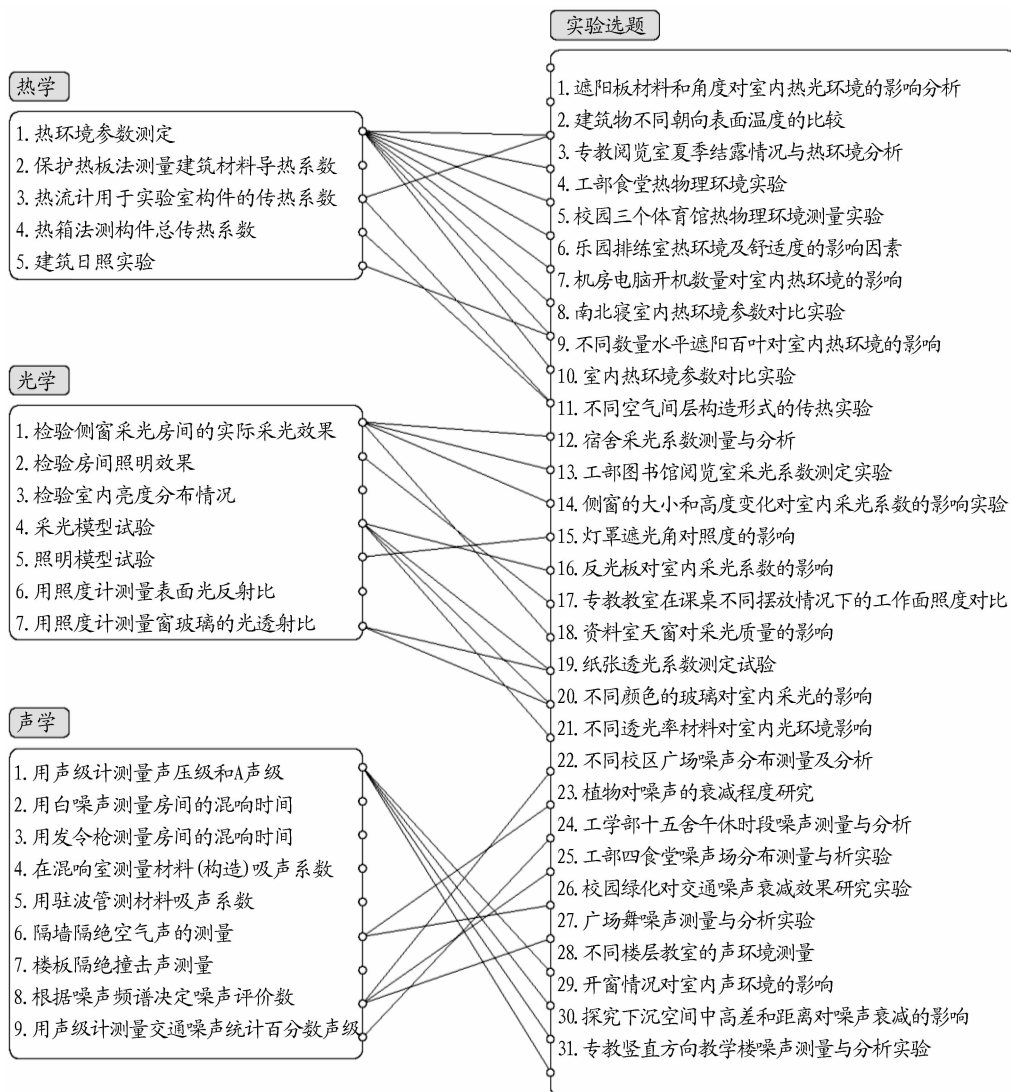


图1 开放实验选题与基础性实验关系



图2 学生制作实验用遮阳模型

实验小组对实验数据进行了横向和纵向的对比分析。通过数据对比,可以清晰地了解不同遮阳材料、角度对室内采光和遮阳的影响,这个过程训练了学生处理大量数据并进行不同层面分析的能力。实验小组最后得出结论,对西侧开有玻璃窗的房间而言,加设遮阳构件能明显减少太阳辐射,改

善室内热环境;遮阳构件最好选择光线透射率较低的白色不透明材料;若只考虑室内热环境,则遮阳板与水平线角度越大越好。但实际应用中,遮阳板应与室内光环境综合考虑,结合光学实验的数据得出,60°左右的角度采光均匀性最好,因此,60°白色KT板是此次实验中对室内物理环境改善效果最好

的遮阳板。

该实验使用的仪器设备为小型手持式仪器,在

实验过程中由学生负责保管使用,实验结束后流转给其他实验小组。

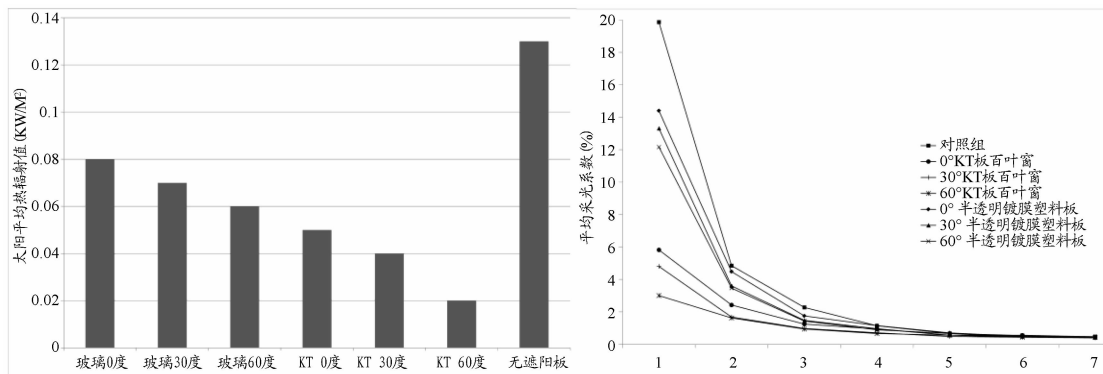


图3 实验案例一部分分析数据

(二)“不同空气间层构造形式的传热”实验

实验案例二的选题为不同空气间层构造形式对建筑围护结构传热系数的影响,包括结构材料、有无间层、间层是否贴铝箔等。该选题的研究性体现在探索夏热冬冷地区,空气间层两侧为不同材料以及在单侧不稳定传热条件下墙体试件的传统能力和表面温度波动情况,为夏热冬冷地区空气间层墙体的

设计提供参考。实验首先在教师指导下确定构造的种类并确定实验方案,包括试验周期、构造类型、热箱的输入温度、表面温度和间层温度的数据采集处理等,之后小组以武汉夏季温度最高的五天作为典型温度,以七种不同构造作为研究变量(图4),所需的墙体构造由学生和专业的泥瓦工协同制作完成(图5)。

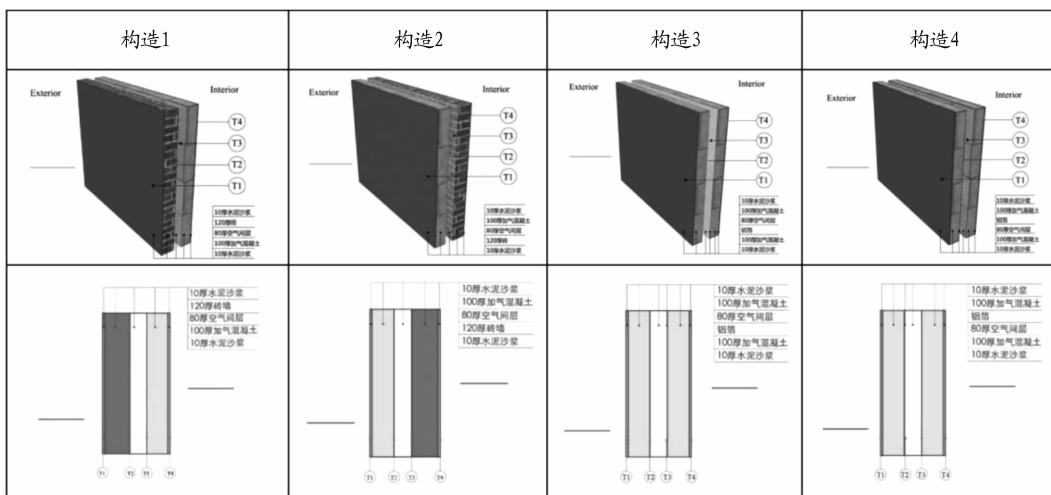


图4 实验中围护结构构造



图5 学生和工人制作实验构件

实验小组选择实验状况稳定的同一天数据,对七种构造的内表面温度进行对比分析。通过数据对

比,可以清晰地了解围护结构不同材料、间层构造对室内温度的影响,培养了学生筛选、整合数据并进行不同层面分析的能力。最后实验小组对七种围护结

构的隔热性能作出了综合评价,图6为部分数据分析。

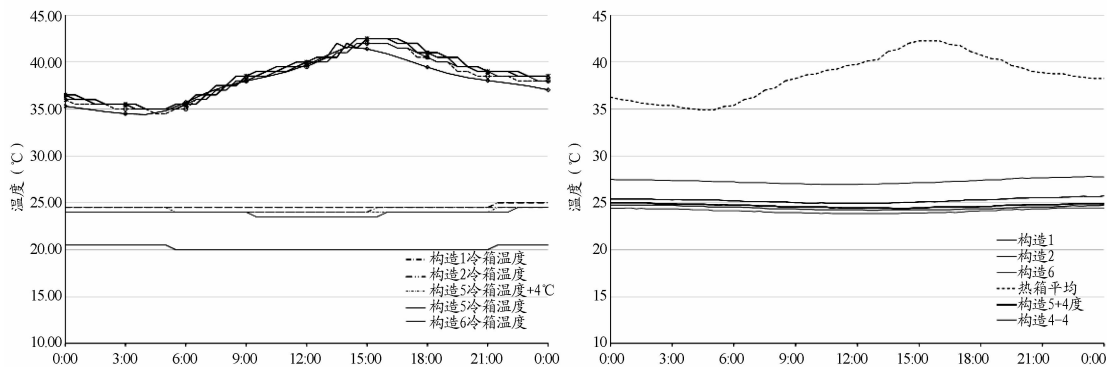


图6 实验案例二部分分析数据

实验小组最后得出结论:空气间层能降低围护结构的传热系数,提高隔热性能;相同厚度空气间层红砖的隔热性能优于混凝土砌块,砖在室外侧隔热效果更好;在空气间层贴铝箔对围护结构的隔热性能有明显提升;空气间层单侧贴铝箔时,铝箔靠近室外一侧隔热效果更好;空气间层双侧贴铝箔时室内热舒适度最高。

该实验需要使用的冷热箱和热流温度测试仪属于大型固定设备,教师要对实验小组的一名学生进行专门的实验设备操作培训,并实地指导前几次实验。等学生完全掌握设备操作后,在非上班时间将实验室交由学生使用,并对每次实验做好实验日志记录。

上述两个实验选题都是针对某一个具体问题的探索性实验,教师在选题、实验方案和仪器操作方面给予指导,整个实验过程由学生自主安排。实验基本达到了预期目的,通过实验学生掌握了研究建筑变量和建筑热工及物理环境的基本方法,并能对实验数据进行分析 and 解读,得出指导建筑设计的结论。同时,提高了学生对特殊情况的处理能力和实验数据的分析和判断能力。

四、结语

通过开放式研究性实验教学,取得了一定的教学成果,主要体现在两个方面:(1)科研创新能力的培养。学生初步掌握了通过实验方法对某类问题进行研究探索的能力,在近年建筑学专业本科生申报国家大学生创新创业训练计划中,建筑物理实验数量有所增加,其中一项选题入选国家级计划,多项入选校级计划。(2)对建筑设计教学的促进。学生在课程设计和参加各类绿色建筑竞赛时,逐渐形

成通过建筑物理实验对有关设计问题进行研究的风气,并依据实验数据和结果推进设计。

建筑物理实验课在建筑学教育中的不同定位会起到不同的教学效果。开放式研究性实验成为解决建筑设计中物理环境问题的途径,是建筑物理理论知识与建筑设计之间的桥梁。但是其与基础性实验也密不可分,两者在教学中应密切衔接。一方面学生通过基础性实验掌握实验设计和实验方法,是开展研究性实验的前提。另一方面研究性实验包含了不同的基础性实验内容。开放式实验适合研究性实验教学,突破了时间空间和实验选题的限制,是一种可以更好发挥学生主动性,培养学生创新性思维的实验教学方式。但是在实践探索过程中还存在一些需要解决的问题,如在实验时间和场地分散的情况下,教师如何更好地进行实验指导,实验室管理和工作时间之外的开放如何协调,选题合理但实验结果不理想的实验如何进行评价和考核等,需要在实践中进一步探索和总结。

参考文献:

- [1] 全国高等学校建筑学学科专业指导委员会. 高等学校建筑学本科指导性专业规范[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2013.
- [2] 谢振宇, 刘蕊. 结合真实生活情境的建筑物理课程[C]// 第十一届全国建筑物理学术会议论文集——建筑·节能与物理环境, 北京: 中国建筑工业出版社, 2010.
- [3] 郝洛西, 林怡. 建筑物理光环境实验性教学模式的创新与实践[J]. 建筑学报, 2008(1): 5-8.
- [4] 鲍学芳. 建筑声, 光, 热技术与建筑设计教学融合的探讨[C]// 第十一届全国建筑物理学术会议论文集——建

- 筑·节能与物理环境,北京:中国建筑工业出版社,2010.
- [5]毛万红. 基于创新意识培养的建筑物物理课程实验教学模式初探[J]. 高等建筑教育,2014,23(1): 130 - 132.
- [6]陈仲林,张青文. 建筑物物理创新实验探索[C]//第十届全国建筑物物理学术会议论文集,广州:华南理工大学出版社,2008.
- [7]谢浩. 论将学生主体作用贯穿到建筑物物理实验教学中[J]. 高教研究与实践,2012(1):67 - 69.
- [8]黄凌江. 研究性实验在建筑物物理实验教学中的应用[C]//全国建筑教育学术研讨会论文集,北京:中国建筑工业出版社,2008.
- [9]黄凌江,兰兵. 建筑物物理与建筑设计结合的教学模式探讨[C]//全国建筑教育学术研讨会论文集,大连:大连理工大学出版社,2014.
- [10]祁少明,田秋月,董海荣. 重视建筑物物理实验提高建筑物物理教学质量[C]//第十届全国建筑物物理学术会议论文集,广州:华南理工大学出版社,2008.
- [11]金虹,宋菲. 引入开放实验的建筑物物理教学初探[C]//第十届全国建筑物物理学术会议论文集,广州:华南理工大学出版社,2008.

Exploration and practice of open and exploratory building physics experiment teaching

HUANG Lingjiang, LI Zhongqi

(Department of Architecture, Wuhan University, Wuhan 430072, P. R. China)

Abstract: Building physics experiment is an important part of building physics teaching, and it is a scientific approach for solution of design problems and an opportunity to improve their scientific research ability. We researched on the open and exploratory building physics experiment teaching from aspects of teaching contents, teaching process and teaching goals, and also introduced typical experimental cases. Finally, we analyzed the positioning of building physics experiment, the relationship between exploratory experiments and basic experiments, and problems that need to be further addressed in teaching practice.

Keywords: open and exploratory experiment; building physics experiment; experiment teaching

(编辑 周沫)