

doi: 10.11835/j.issn.1005-2909.2019.01.019

欢迎按以下格式引用:蔡建国,王景全,刘鹏,等.可展折纸结构国际工作坊的实践与思考[J].高等建筑教育,2019,28(1):110-118.

可展折纸结构国际 工作坊的实践与思考

蔡建国^{a,b},王景全^{a,b},刘鹏^b,冯健^{a,b}

(东南大学 a.混凝土及预应力混凝土结构教育部重点实验室;b.国家预应力工程技术研究中心,江苏 南京 210096)

摘要:随着高等学校国际合作交流机会的增多,工作坊作为一种新的教学模式,其应用越来越广泛。以丹麦皇家艺术学院举办的“可展折纸结构在工程中的应用”国际工作坊为例,对工作坊的各个环节进行详细的介绍,包含前期计划、学术汇报、指导教师演示、学生确定研究主题、模型制作及各组的成果答辩等。此外,分析了联合工作坊在促进学生跨学科思维的碰撞与交流,培养学生团队精神和沟通能力,促进教学与实践相互统一等方面的意义,并对工作坊在土木工程学科的适用性进行了探究。

关键词:工作坊;实践教学;可展折纸结构;思维碰撞

中图分类号:G642.0;TU **文献标志码:**A **文章编号:**1005-2909(2019)01-0110-09

工作坊(workshop)最初的含义是一种专题式的研究学习方式,至今已演变成一种新的实践教学模式。工作坊最早源于欧洲的包豪斯学院(Staatliche Bauhaus, 1919-1937),其理念是“技术与艺术并重”,其中“技术”指的是理论课程;“艺术”指的是技术和手工艺实践。在实践环节中,学生的实践场所——工作坊成为实践环节的核心,因此形成的实践模式被称为“工作坊教学”^[1]。

工作坊的实质是在有效的指导下集体完成一些复杂的工作。它能够有效地调动各个成员的积极性,可以在短时间内按照流程完成各项工作。比较常见的工作方式是小团队工作(Team work)方式。在小团队工作中,大家可以比较顺畅的交流和沟通^[2]。

与传统理论知识的传授相比,工作坊有其不同的原则。一是在workshop开始前,指导教师会按照预期的培养目标制定周密的计划和具体的实施细则,控制整个workshop的推行进度,并且指导学生切实执行整个计划。二是评判标准发生改变,从传统的理论考试考核转变为理论和实践综合考核。三是学习方式也发生改变,从传统的单一学习方式转变为多种学习方式并存。通过自学、与同

修回日期:2018-02-01

基金项目:江苏高校品牌专业建设工程资助项目(CE04-2-2);江苏省自然科学基金(BK20170083);江苏省六大人才高峰项目(JZ-001)

作者简介:蔡建国(1984—),男,东南大学土木工程学院教授,博士,主要从事预应力结构的教学和科研工作,(E-mail)j.cai@seu.edu.cn。

学相互学习、向老师学习,可以更加快速高效地学习相关知识与技能。四是 workshop 往往是多层次的,各种专业的学生都可以发挥自己本专业的特长,从而在 workshop 中找到自己的定位。

对于土木工程这一传统学科来说,传统的理论教学、试验教学、认识实习相结合的教学模式已经不能满足社会对人才培养的需求。在当今社会飞速发展和学科改革不断推进的形势下,亟需探索土木工程学科新的教学方式。本文结合东南大学近年来对多国跨学科领域工作坊教学模式的探索,思考工作坊模式在土木工程学科的应用前景。

一、可展折纸结构国际学生工作坊实例

2017年10月15日至29日,可展折纸结构国际学生工作坊项目在哥本哈根丹麦皇家建筑艺术学院举办。来自东南大学土木工程学院、丹麦皇家建筑艺术学院的教师和学生共同参与了此次国际学生工作坊。活动的主要内容包括前期计划、学术汇报、指导教师演示、学生确定研究主题、模型制作及各组的成果答辩等。有东南大学土木工程学院的6名学生、丹麦皇家建筑艺术学院的4名学生共10名学生组成3个组,每组3~4人,均包含来自不同教育背景的学生,以期优势互补,互相交流和学习。

(一) 活动主题

工作坊活动主题为“Engineering Tectonics in Kinetic Origami Structures”,即可展折纸中的工程构造。主要目的是研究可展折纸结构特性及其应用。实践工作主要分为理论研究和模型制作。

折纸艺术起源于中国,在唐代时,开始流传至日本。当时日本人把这一种新艺术称为“折纸”,即“origami”。日本人非常重视这种艺术,视为他们的国粹之一并加以发扬。而折纸也逐渐传至西班牙,而后流传至欧美各国^[3],并得到广泛的发展。目前为止,可展折纸结构在建筑和航空领域都有广泛的应用,如图1所示。

(二) 学术汇报

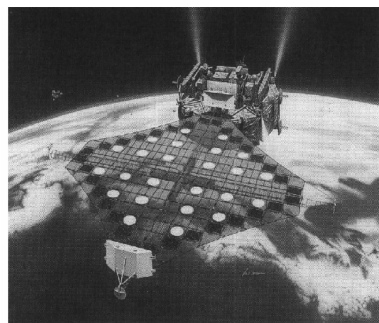
在工作坊的开幕仪式上,东南大学、丹麦皇家艺术学院的教授分别对可展折纸结构的最新研究成果作了学术报告(图2)。各位学者的精彩汇报加深了学生对可展折纸结构的了解,也为学生后续确定研究方向提供了广阔的研究思路。

(三) 指导教师演示

由来自丹麦皇家艺术学院的 Martin 向大家展示了使用 Rhinoceros 软件中的 Grasshopper 插件建立折纸模型的方法(图3)。国内建立与折纸结构相关的模型,一般采用 Creo 软件。Grasshopper 是一款在 Rhino 环境下运行的采用程序算法生成模型的插件,不需要太多程序语言的知识,就可以通过一些简单的流程方法达到设计师所想要的模型。与 Creo 相比,Grasshopper 使用更加方便,并且功能更加强大。

(四) 成果展示

两周的理论研究、模型制作、点评和改进使三组学生受益匪浅,各组的模型也十分有创意,以下分别介绍三组学生的设计制作思考过程。



(a) 航空器太阳能帆板



(b) St. Loup临时教堂

图1 可展折纸结构应用



图2 学术报告环节

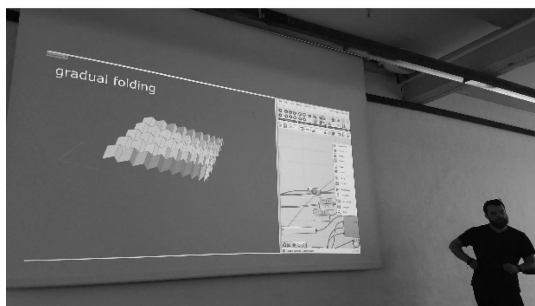


图3 Martin 在向学生演示

作品一

1. 研究思路

该组学生刚开始的选题是用于建筑抗风的折纸型幕墙,但是作为一年级本科生的丹麦学生并没有太多的折纸基础,而中国学生对折纸有一定的了解。在中方学生的引领下,双方共同进行了折纸模型的手工制作,并探讨了如何通过调整数学公式中的几何参数,使得做成的结构能满足特定要求。经过一番讨论,双方决定将思路转向偏感性而不是太多的工程学知识的选题:用折纸构型来做建筑幕墙,利用随风荷载作用改变室内光照(图4)。大多数艺术专业和设计专业学生倾向于此类选题。

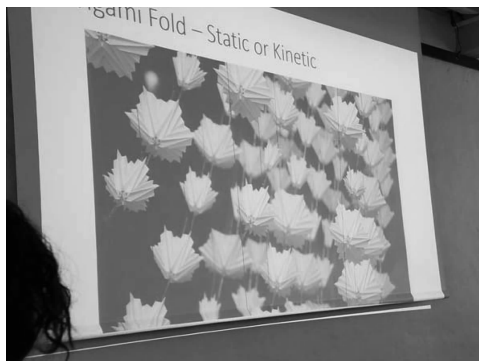


图4 小组设计构思图



图5 小组成果展示

2. 研究过程

经过之前对利用数学公式进行几何参数模型,以使做成的结构能满足特定要求的设计流程进行讨论之后,学生对折纸模型制作都有了一定的了解。接下来,便开始了模型制作。先是制作了几个 Miura Origami 模型并将其组装,然后通过广泛的搜集资料,寻找到相关的图片和视频。结合模型、图片和视频,最后进行成果展示(图5)。学生对该选题产生很大的兴趣,教师们一致认为有必要进行进一步的研究。

作品二

1. 设计理念

该组学生经过讨论,确定选题为基于 Miura 构型的便携折纸隔墙(Portable Miura-Ori Room Divider)。研究基本思路是先对 Miura-Origami 进行参数化研究,然后进行物理模型制作。

2.设计过程

图 6 给出的 Miura Origami 的典型折痕,实线部分表示峰线,虚线部分表示谷线, α 为峰线和谷线之间的夹角。

通过讨论发现,峰线与谷线之间的夹角(图 6 中的 α)对折纸构型的性质有很大的影响,故决定通过改变夹角(α),来研究不同夹角(α)下折纸构型的性质。考虑到现有的材料和工具,决定采取手工制作折纸模型的方式。首先将不同折叠角度(峰线与谷线之间的夹角)的折痕绘制在具有一定初始刚度的厚纸上,然后按照图示的峰线、谷线进行折叠。

如图 7 所示,共制作了 5 组模型,每组模型的夹角 α 分别为 15° 、 30° 、 45° 、 60° 、 75° 。

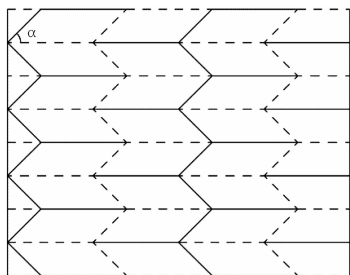


图 6 Miura Origami 的典型折痕

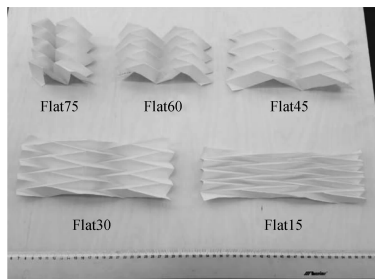


图 7 不同角度(α)的 Miura Origami 模型

图 8 给出了 Miura Origami 的展开过程。从完全折叠状态到完全展开状态,制作的折纸模型有一定的刚度,能够很好地展示其展开过程。

通过对 Miura Origami 完全折叠状态的观察,发现在不同夹角(α)下 Miura Origami 的完全折叠状态,折叠后长度(Compacted length)、折叠后高度(Compacted depth)是不同的。学生们对此现象提出了自己的想法,比较一致的观点是提出某种参数来反映折叠后的不同状态。经过热烈讨论,一致同意采用压实性(Compactability)和厚宽比(Thickness-width Ratio)来表征折叠后的不同状态。

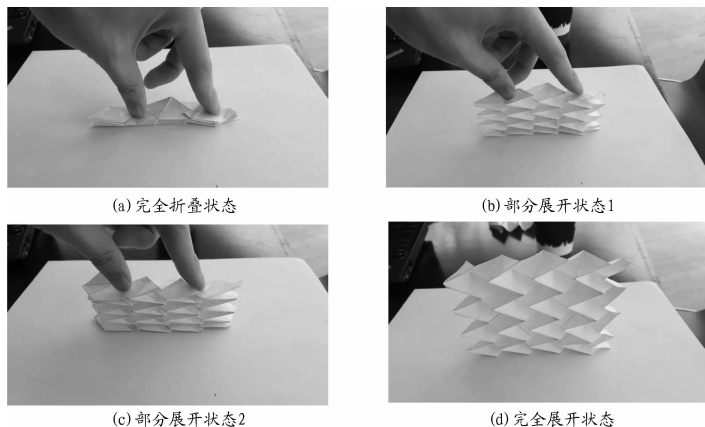


图 8 Miura Origami 展开过程

如图 9 所示,定义:

$\text{Compactability} = \text{Compacted length} / \text{flattened length}$,

$\text{Thickness-width Ratio} = \text{Compacted depth} / \text{compacted length}$ 。

分别对不同角度(α)模型的最终折叠状态进行测量,得到角度(α)对压实性和厚宽比的影响曲线,如图 10 所示。

从图 10 可以看出,随着峰线和谷线之间的夹角角度(α)的增加,Miura Origami 完全折叠后的厚

宽比逐渐增加,增加趋势呈非线性,即先缓慢增长,后续增加较快。与之相反,其压实性先是缓慢下降,后急剧下降。

接下来进行 Miura Origami 的物理模型设计。通过了解发现,丹麦皇家艺术学院可以进行激光切割,故采用厚度大一些的原材料制作模型的想法是可行的。经过讨论,小组成员决定采用木板和钢筋进行模型制作。基本思路是:首先绘制出 Miura Origami 物理模型设计图,然后通过激光切割出相应的模型元件,最后通过钢筋和强力胶对模型进行组装。

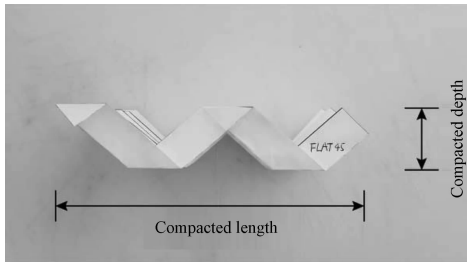


图9 Miura Origami 完全折叠状态示意图

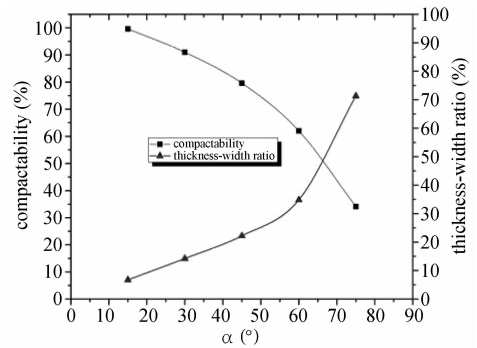


图10 角度(α)对压实性和厚宽比的影响曲线

图 11 给出的是 Miura Origami 物理模型设计图。模型的主要设计思路是,将四个构件通过销轴相连。同时,为了避免折叠过程中的碰撞,在连接件的对应位置进行了处理。需要说明的是,该模型中峰线和谷线之间的夹角 $\alpha = 45^\circ$ 。图 12 给出的是物理模型加工图,为具体的构件设计图。

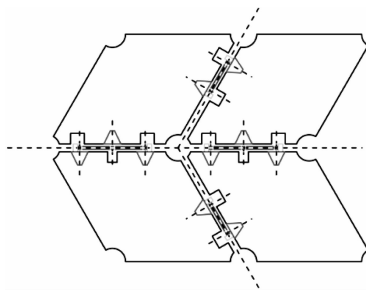


图11 Miura Origami 物理模型设计图

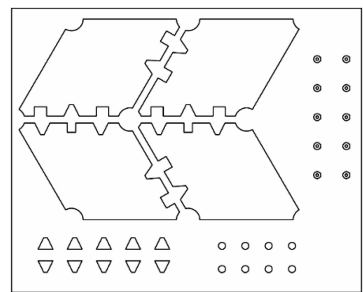


图12 Miura Origami 物理模型加工图

按照前文所述的过程,小组成员制作了 Miura Origami 物理模型(图 13),基本实现了 Miura Origami 的折叠过程。在最后进行成果展示的时候,小组成员发现,由于上下两个销轴只设计了两个连接件,在实际折叠过程中会出现连接脱开的情况,无法完成 Miura Origami 的完全折叠。各位教师给出的建议是可对模型进行进一步改进,比如增加连接件数目,单个销轴上的连接件数目至少为 3 个。小组成员对此表示赞同,后续对模型进行了改进。

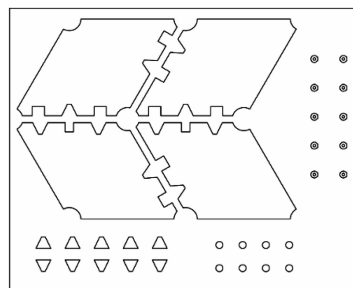


图13 Miura Origami 物理模型

作品三

1.设计理念

该组学生研究的基本思路是将折纸结构应用到太阳能电池板、太阳帆、太空望远镜等一些厚度不可以忽略的结构中。对于此类需要在太空中发挥作用的结构来说,可展性与便携性是其必不可少的性能。因此,小组成员决定基于 Miura Origami,设计一种可展开折叠结构,将其应用到航空航天领域的太阳能电池板中。

2.设计过程

小组成员首先对厚板折叠进行了广泛调研。经过调研发现,厚板折叠样式有很多,大部分零厚度板折叠样式都可以设计为厚板折叠。厚板折叠的关键在于:一是该种折叠样式作为零厚度板折叠能否进行;二是折痕处销轴的安装位置;三是板件折叠后是否可以形成足够的内部空间容纳其余板件。这就要求板件之间的厚度、销轴安装的位置要满足一定的数值关系。

经过小组成员相互讨论,决定可展开结构的设计采用二级可展开折叠结构。初步方案是通过两次不同的展开机制,把空间折叠结构展开成平面。二级可展开折叠结构,将由完全相同的基本展开体相互连接而成,每一个基本展开体由一个中心单元和六个边单元连接而成,每一个中心单元和边单元都是最小折叠单元。

最小折叠单元的设计采用 Miura-Origami。每一个最小折叠单元为一块由六个正三角形组成的正六边形,整个折叠结构由这些正六边形组成。采用 Miura-Origami 和正六边形单元可以使所用最小零件的种类最少(最小零件都是相同的正三角形板件),方便制作加工与安装,同时可以使规模生产后的成本较少。但是设计的构型本身依然具有采用非正六边形单元的折叠能力,留有足够的改装空间。

采用 Proe 三维设计软件,小组成员提出了第一种基本展开体的二级展开方式。具体为:

中心单元展开方式:Miura-Origami

边单元展开方式:Miura-Origami

展开顺序(图 14):中心单元按照 Miura-Origami 的方式展开成平面,随后六根滑杆把六个边单元推出。待滑动结束后,六个边单元按照 Miura-Origami 的方式展开成平面,形成空间平面网架。最后中心单元和所有边单元把自身携带的正三角形板件以简单翻折的方式全部打开,展开过程结束。

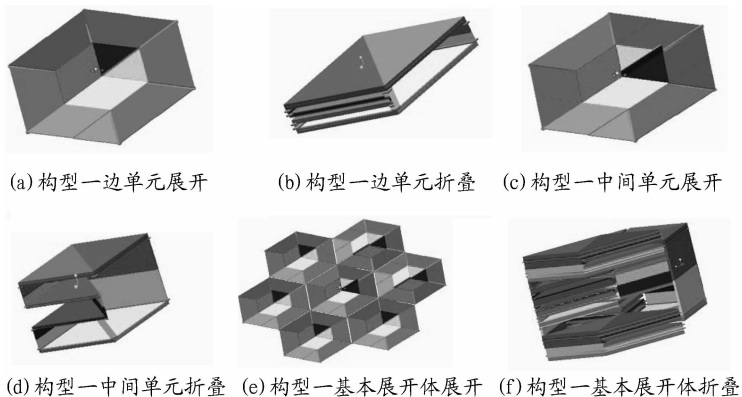


图 14 厚板折叠构型一

完成厚板折叠构型一之后,小组成员又对边单元展开方式进行了进一步讨论,考虑是否可以采用其他的边单元展开方式。通过与指导教师沟通,最终提出了第二种基本展开体的二级展开方式。具体为:

中心单元展开方式:Miura-Origami

边单元展开方式:简单翻折

展开顺序(图15):中心单元按照 Miura-Origami 的方式展开成平面,随后六根滑杆把六个边单元推出。待滑动结束后,形成空间平面网架,六个边单元按照简单翻折的方式展开成平面,同时中心单元把自身携带的正三角形板件以简单翻折的方式全部打开,展开过程结束。

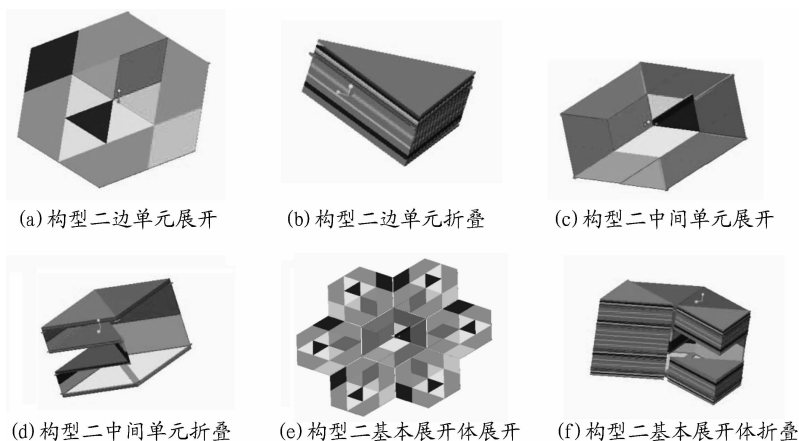


图15 厚板折叠构型二

最后进行成果总结汇报。两种二级展开方式均实现了模型的二级展开与折叠,达到了较好的效果。

(五) 思考与建议

经过两校师生的共同努力,为期半个月的可展折纸结构国际学生工作坊项目顺利完成。各个小组成员互相交流学习,感到收获很多。在设计—实践—点评—修正—再设计的研习过程中,学生对可展折纸结构有更加透彻的认识,也提升了实践能力和团队协作能力。

基于此次国际学生工作坊的运作过程,可提出一些建议为之后的交流活动作为借鉴和参考。首先,对传统技术最新进展的介绍十分有必要。通过介绍,可以让学生对这项技术有一个宏观的概念,给学生提供广阔的思路 and 无限的视野;否则学生的思维很容易被限制在传统的领域,无法向外扩展。其次,集中向学生讲授相关基础知识、演示基本技能是十分必要的,基础知识、基本技能是后续思维扩展的基础和前提。缺少这些,思维创新也无从谈起。最后,由简到繁的研习流程也是十分必要的。此次工作坊学生从前期的研究方向确定到后期的模型制作、方案修改,实质是一个不断完善的循序渐进的过程,这个循序渐进的过程保证了整个工作坊的顺利进行。

二、对工作坊教学模式的思考

从可展折纸结构国际学生工作坊的全过程中可以看出,工作坊不仅为学生获得基本理论知识提供了实践平台,真正实现了学以致用,还促进了跨学科的思维碰撞交流,拓展了学生的视野,增强了学生的沟通能力和团队精神。对土木工程学科工作坊教学模式有以下几点思考。

(一) 跨学科的思维碰撞交流

参与此次工作坊的丹麦皇家艺术学院的学生均来自建筑设计专业。由于专业需要,他们更加着眼于建筑的外观及其功能性,并且主要是从概念去思考问题,对达到目的的具体做法并不关注,这也是建筑设计专业学生培养计划未涉及过多工程专业课的结果;而对于土木工程学科的学生而言,思考的重点则是解决问题的具体细节,在概念判断上并没有给予足够的重视。实际上,在进行科学研究时,遇到的很多问题都没有既定的解决办法,于是概念上的判断就成了把握问题关键、寻找解决方案的第一步,也是更深入研究问题的基础。但一味强调细节,往往容易深陷其中而不能从宏观上把握问题。

由于建筑设计专业、土木工程专业具有两种不同侧重的思维方式,因此两者的交流会带来思维层面的碰撞^[4],甚至迸发思维的火花。与传统的相同专业学生相互学习交流相比,这样可以产生更好的学习效果,学生可以在思维碰撞中相互学习、共同进步。

(二) 教学与实践的相互统一

在工作坊运行过程中,指导教师通过学术汇报和现场演示的方式进行教学,学生通过实践对已学的理论知识进行理解,并通过自主学习、相互学习的方式来提高认识。指导教师的点评和学生的不断实践都体现了教学与实践的连续统一,使知识的获取过程成为一个饱满的连续体系^[5]。

(三) 沟通能力和团队精神的培养

工作坊是一个基于项目的教学培养模式。在工作坊的运行过程中,学生需要组成团队进行方案设计、模型制作,并且根据各个成员的特长进行任务分派。在以上过程中,良好的沟通能力是必不可少的。只有具有良好的沟通能力,才能合理完成任务,避免不必要的时间浪费,提高工作效率。对于常规的学生工作坊,参与项目的学生具有类似的教育经历和文化背景,成员之间几乎不存在沟通障碍。但对于国际工作坊,参与项目的学生有着不同的教育背景和文化背景。在项目进行过程中,小组成员需要克服语言障碍和文化壁垒,进行跨学科、跨国籍的沟通和交流,对各个成员沟通能力提出了更高的要求。学生需要从常规的沟通方式转变到另外一种自己不熟悉的方式,并慢慢适应这种方式。这种转变是对学生沟通能力的一次很好的锻炼。此外,由于是分组完成自定的研究课题,小组成员在完成任务的过程中相互交流与学习,团队意识与责任意识得到强化,有利于团队精神的培养。

三、结语

此次工作坊实践,包括前期计划、学术汇报和演示,以及学生反复实践与接受考核直至作品完成,本文对工作坊这种教学模式在土木工程学科的适用性做了较为深入的研究。研究发现,工作坊教学模式能够达到教学与实践的相互统一,能够引起跨学科思维的碰撞交流,并且能够较好地培养学生的沟通能力和团队精神。因此,对土木工程学科来讲,工作坊作为一种教学模式具有较好的适用性,值得进一步推广。

参考文献:

[1] 林书兵. 基于工作坊的实践教学模式的应用与探析[J]. 现代教育论丛, 2014(3): 67-71.

[2] 张晓瑞, 郑先友. 基于 WORKSHOP 的建筑学专业教学模式探讨[J]. 高等建筑教育, 2009, 18(3): 137-139.

- [3] 蔡建国, 冯健, 任政. 基于 workshop 的跨专业合作模式探讨[J]. 高等建筑教育, 2016, 25(6): 54-60.
- [4] 蔡建国, 吴刚, 张骞, 等. 柔性模板混凝土结构国际学生工作坊实践与思考[J]. 高等建筑教育, 2017, 26(5): 115-121.
- [5] 李彩丽. 高等学校艺术设计专业校际联合实践教学模式思考——以 2013 年上海艺术设计展清华大学与米兰新美术学院 workshop 为例[J]. 黑龙江工程学院学报, 2015, 29(6): 68-71.

The practice and reflection of kinetic origami structures international workshop

CAI Jianguo^{a,b}, WANG Jingquan^{a,b}, LIU Peng^b, FENG Jian^{a,b}

(*a. Key Laboratory of Concrete and Prestressed Concrete Structures of Ministry of Education;*

b. National Prestress Engineering Research Center, Southeast University, Nanjing 210096, P. R. China)

Abstract: With the increase of opportunities for international cooperation and communication in colleges and universities, workshops are becoming more and more widely employed as a new teaching pattern. In this paper, the kinetic origami structures workshop held in Royal Danish Academy of Fine Arts is taken as an example for a detailed description, including planning, academic reports, demonstration of counselors, research topic determining by students, model making and results replying. In addition, the significance of joint workshop for promoting interdisciplinary thinking collision and communication, cultivating team spirit and communication ability, and promoting the unity of teaching and practice is analyzed. And the applicability of workshop in civil engineering is also explored.

Key words: workshop; practice teaching; kinetic origami structures; thinking collision

(责任编辑 王 宣)