

doi: 10.11835/j.issn.1005-2909.2019.02.012

欢迎按以下格式引用:孙政,郭华瑜.强调测绘技术合理性的教学改革——以南京工业大学建筑学专业古建筑测绘课程为例[J].高等建筑教育,2019,28(2):69-75.

强调测绘技术合理性的教学改革

——以南京工业大学建筑学专业古建筑测绘课程为例

孙 政,郭华瑜

(南京工业大学 建筑学院,江苏 南京 211800)

摘要:近年来,激光扫描、摄影测量等光学测量技术在古建筑测绘教学中逐渐普及,然而其往往仅作为手工测量的辅助,用于量取后者不便测量的数据,忽视了其对测量成果图学表达方法革新的潜力。以南京工业大学建筑学专业古建筑测绘课程为例,介绍了强调测绘技术合理性的教学改革。在教学目标上,了解古建筑与学习测绘技能并重,仪器测量与手工测量同步,多种图学表达方法结合。在教学组织上,结合测量技术学习的规律和测量对象的特点,分为授课、实验、测量、数据处理、成果表达五个环节。在考核方式上,强调测量精度、表达深度、合作协同。最后,以矢量图与三维模型结合表达纪念性建筑、手工测量与仪器测量所得屋顶曲面数据的互证、天花彩画的病害记录与分析、基于地理信息系统的南京古建筑专题地图为例,介绍了教学成果的多元表达与专业反馈。这一教学改革正视新兴测量技术对传统古建筑测绘方法的革新,及其对不同类型古建筑的图学表达带来的帮助,使学生掌握的测绘技术更趋实用,并意识到数字化技术在建筑学不同分支中的共通性。

关键词:古建筑测绘;光学测量;摄影测量;建筑信息模型;地理信息系统

中图分类号: TU198;G642.0

文献标志码: A

文章编号: 1005-2909(2019)02-0069-07

古建筑测绘是中国建筑学专业普遍开设的一门课程,旨在使学生了解古代建筑,掌握测绘方法^[1]。传统上,手工测绘一直是中国古建筑测绘教学中的主要方法^[2]。近年来,激光扫描与摄影测量技术飞速发展,不仅在历史建筑的勘察测绘实践中日趋普及^[3-4],也逐渐应用于古建筑测绘教学^[5]。相比手工测量,这些技术不仅可以测得更远、更快、更准,也使测量成果更加丰富多元。如何在古建筑测绘教学中用好这些技术,既是无法回避的挑战,也是顺应时代发展的机遇。

一、明确专业特色、强调多种测绘技术合理组合的建筑学专业测绘教学

目前古建筑测绘中常用的地面激光扫描、移动激光扫描、近景摄影测量、低空摄影测量、红外热

修回日期:2017-11-14

基金项目:国家自然科学基金(51708285,51878341);江苏省自然科学基金(BK20171009)

作者简介:孙政(1984—),男,南京工业大学建筑学院讲师,主要从事建筑遗产测绘技术研究,(E-mail) sunzheng@njtech.edu.cn。

成像都属于光学测量技术,均采用光学传感器采集空间、色彩、温度等信息。激光扫描采用主动光学传感器,可自主发射并回收讯号,受测距的限制(range-based),但不受光线影响。摄影测量采用被动光学传感器,通过影像(image-based)还原三维场景,高度依赖光线,但不受测距的影响。这两种测量技术在成本、便携性、适用性等方面彼此互补,都具有高精度、高效率、非接触等优点,适用于复杂形体的精细测绘。光学测量的原始数据包括三维点云、三维网格面、正射栅格图,这对传统上基于CAD(Computer Aided Drawing:计算机辅助绘图)的二维矢量图表达造成了冲击,采用BIM(建筑信息模型:Building Information Modeling)和GIS(地理信息系统:Geographical Information System)表达、管理、分析光学测量成果成为目前国际上该领域的研究难点与研究热点^[6-7]。

在中国古建筑测绘教学中,以手工测绘为“体”、光学测量为“用”的情况非常普遍。比如,激光扫描和摄影测量往往作为手工测量的辅助,用于量取手工测量不易量取的尺寸,然后从三维点云中截取二维轮廓用于在CAD中绘制二维平立剖图。对于木构梁架的测绘,这种方法无可厚非,因为二维矢量图是一种高效、简明的记录杆件空间信息的图学表达方法,而对于形体不规则(如浮雕、假山)、纹理分明(如砖石表面)、色彩丰富(如壁画、彩画)的测绘对象,光学测量得到的三维模型与栅格图像比二维矢量图更加直观准确,没有必要削足适履,把前者转化为后者。

可见,光学测量与手工测量并不存在孰优孰劣的关系,只是具有不同的适用范围^[8]。如何根据测绘需求和测绘对象选择合理的技术是目前古建筑测绘教学中需要明确的一个关键问题。

二、从单一手工测绘到多种测绘技术并用的教学改革

南京工业大学建筑学院在明代建筑、民国建筑的研究与修复中具有较为深厚的积累^[9-10],在历届教学中对其进行过广泛而深入的测绘。结合上述国内古建筑测绘教学中的普遍性问题和自身特点,从2017年秋季学期开始,在古建筑测绘教学中强调测绘技术的合理性应用。

(一) 教学目标的重设

(1)了解古建筑与学习测绘技能并重。建筑学专业毕竟不同于历史建筑保护专业,不应过分强调技术导向而忽略对古建筑的了解。作为面向本科生的基础教育,二者不应偏废,可以彼此促进。数据精度和丰富性的提升有助于更好了解古建筑,而对古建筑的了解是选择适宜技术、准确处理测量数据的保证。

(2)仪器测量与手工测量同步。仪器测量与手工测量都是特定客观限制和主观需求下的合理选择。仪器测量的优势体现在精度要求高、数据类型广、尺度大、复杂性高的测绘上,而手工测量在快速获取构件尺寸、便携性、测量树木遮挡区域等方面具有前者无法替代的优势。强调技术导向并非夸大仪器的作用,而是更加注重技术的合理性和适用性。

(3)多种图学表达方法结合。以激光扫描和摄影测量为代表的光学测量不仅提供了点云模型、栅格图像等有别于传统CAD矢量图的直接成果,还可以通过数据处理与BIM和GIS结合,在图学方法上拓展现有的成果形式。此外,测绘成果还包括3D打印、虚拟漫游等形式。同时,基于CAD的平立剖图依然是表达建筑空间信息的理想方式。

(二) 教学组织的调整

基于上述理念,在为期2周的测绘实习中,3个班90名学生被分为2组,其中71名学生采用传统方法——手工测量结合CAD绘图(手工组),以建筑为单位展开测绘,19名学生采用RTK(Real -

Time Kinematic,实时动态全球卫星导航系统)、全站仪、摄影测量、激光扫描等测量方法结合 BIM、GIS,以测量仪器为单位展开测绘(仪器组)。相比由授课-测量-绘图组成的传统教学环节,仪器组教学由授课-实验-测量-数据处理-成果表达五部分组成(表1)。

(1)授课。在测绘周首日,教师向所有学生介绍采用仪器测量的目的、意义、方法、分工、考核要求、预期成果,并通过指定学生和主动报名的方式确定仪器组的人数和分工。

(2)实验。在外业测量之前,仪器组首先在校园内展开测绘实验,目的是熟悉仪器操作、保障仪器使用安全、提高外业效率。该环节作用显著,尤其是摄影测量这样对图像采集和控制点测量具有复杂要求的技术,教师可以通过类似工作坊的形式,利用一整天时间对学生的实际操作进行全程指导,这是传统教学没有的优势。

(3)测量。不同仪器的外业时间差异较大,因此教师制订的工作计划也各不相同。例如,RTK组和移动扫描组1~2天就可以完成全部4处建筑的测量,而摄影测量组需要3~5天的反复拍摄和建模才能得到理想的数据。

(4)数据处理。数据处理也是手工测量没有的环节。由于激光扫描和摄影测量均为间接测量技术,需要进行拼接、校正、优化、区分等工作。该环节同样以类似工作坊的形式展开,使学生以最快效率学习软件操作。

(5)成果表达。从该环节开始,仪器组与手工组开始密切协作。仪器组由于采集了三维几何数据和色彩数据,负责将其与手工组的CAD平立剖图结合,以轴测图、爆炸图、剖透视等形式表达二者的测绘成果。此外,教师指导学生分别建立GIS数据库、BIM模型等。除了图纸,还有结合3D GIS和3D打印制作的地形模型、由全景相机制作的VR漫游等,使用者可以通过扫描展板上的二维码观看。

表1 基于不同测量仪器的教学内容(从实验环节开始)

| | 实验 | 测量 | 数据处理 | 成果表达 |
|--------------|---|----------------------|-------------------------------|----------------------------------|
| RTK | 仪器操作 接收站与移动站最大 距离 | 地面控制点 坐标 | 数据导出 补充时空数据(城市尺 度、历史图像) | GIS数据库 3D GIS地形模型及3D 打印 |
| 单反相机和全 站仪 | 图像采集方法 摄影测量软件操作 结合测量控制点方法 | 立面 彩画 浮雕 天花 | 图像处理 三维建模 结合测量控制点 | 融合矢量图表达色彩 病害记录(彩画、天花) 漫游动画 |
| 无人机 | 仪器操作 图像采集方法 摄影测量软件操作 结合测量控制点方法 | 场地 屋面 立面 | 图像处理 三维建模 结合测量控制点 | 融合矢量图表达色彩 病害记录(屋面) 漫游动画 |
| 全景相机 | 仪器操作 图像采集方法 摄影测量软件操作 | 天花 漫游路径 | 图像处理 三维建模 | BIM建模 VR漫游 |
| 移动激光扫描 | 仪器操作 扫描路径 数据处理方法 | 建筑室内外 | 拼接点云模型 与BIM结合 | BIM建模 |

(三)考核方式的多元化

教改对成绩考核带来了机遇和挑战。有利的一点是,由于仪器组只有19名学生,教师对每名学

生在2周内的表现较为了解。困难之处在于,仪器组的学生不再以建筑为单位出图,即某位学生的成果不再集中反映在某几张图纸上,而且大量成果为开放性的研究成果,教师仅提供研究方向和资料,学生需要自主研究,比如,利用BIM建立参数化斗拱模型,利用3D GIS生成地形和建筑模型并3D打印等。

成绩考核主要包含3个方面:

(1)测量结果的准确性。测量精度是以技术为导向的古建筑测绘教学的关键。除直观判断(如点云数据明显变形)外,移动扫描组的测量精度可通过固定激光扫描(所用扫描仪每站误差为4~6 mm)校验,摄影测量组和RTK组的测量精度互为验证,上述结果均以RMSE(均方根误差)反映。

(2)成果表达的深度。原始成果是如实表达用仪器测量得到的数据(点云模型、正射图等),反映了学生对仪器和软件操作的熟练程度。在此基础上结合多种测量数据(其他仪器、手工测量)进行记录和分析,反映学生图学表达的功底和创造性。

(3)认真度、研究能力、合作能力。古建筑测绘课程的教学改革使不同技术协同的复杂程度大大提高,学生在测绘过程中表现出的特质也是考核内容。认真程度可以通过师生交流和测绘日志反映,研究能力表现在独立解决技术问题、学习软件技能等方面,合作能力体现在与仪器组内部及与手工组的协作中。

三、教学成果的多元表达及其对专业学习的反馈

(一)CAD矢量图与三维模型结合

引导学生尝试将手工测量绘制的CAD矢量图与光学测量成果结合,以剖轴测图(图1)、剖透视图等形式表达。从信息传达的角度,这种图学表达方式结合了矢量图的确切性与光学测量成果的丰富性,避免了后者的降维表达,非常适用于表达天花、彩画等重要的建筑局部。同时,这使学生意识到古建筑测绘与建筑设计在图学表达原理与技法上是相通的,有利于专业学习上的融会贯通。

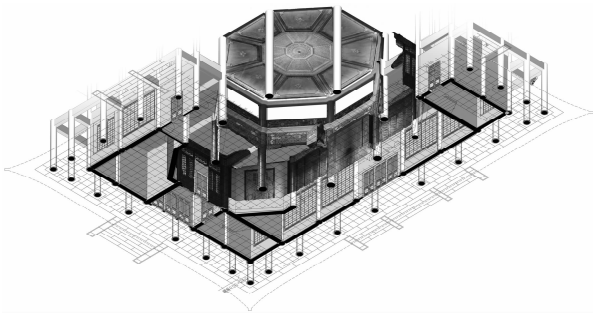


图1 融合手工测绘与光学测量的藏经楼一层剖轴测图(绘图:南京工业大学建筑学院本科生崔相国)

(二)多源数据的互证

教学中,测绘数据分别来自手工组和仪器组,而仪器组内部又有不同获取数据的途径(如激光扫描和摄影测量),再加上历史图档中的平立剖图,这些不同来源的数据不仅可以互相对比和验证,还可发现不同测量技术、现状与图纸之间的细微差异。在光华亭测绘中,学生发现摄影测量生成的正射图与手工测绘的CAD图在屋顶以下高度吻合,但屋顶曲面相差明显(图2)。由于用全站仪测量了控制点,摄影测量的误差不到3 cm,可知手工测绘存在误差。古建筑测绘的目的并不是绘制看似美观的图纸,不同方法得到的数据都有可能实现这一目的,而是了解不同方法的精度和误差产生

的原因。

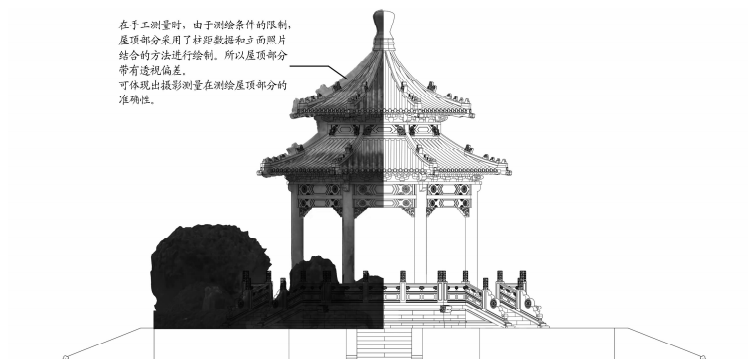


图2 摄影测量与手工测量在测绘光华亭屋面曲率时的互证(绘图:南京工业大学建筑学院本科生苏子悦)

(三) 病害记录与分析

在测绘藏经楼时,学生通过摄影测量得到的正射图发现了门厅天花板的水迹。经过与教师讨论,学生意识到水迹产生的原因可能是雨水从建筑外墙渗入。如果水迹处的天花板相比其他部分更接近地面,可以部分证实这一推断。因此,教师指导学生通过激光扫描得到的点云模型分析天花板的沉降——激光扫描比摄影测量得到的点云模型具有更高的几何精度(图3),结果印证了这一推断。在这个案例中,学生综合运用不同测量方法解决具体问题,初步具备了发现问题的意识和分析问题的能力。



图3 融合了激光扫描、摄影测量、CAD 矢量图的藏经楼天花病害记录(作者同图2)

(四) 南京古建筑分布专题地图

随着教学测绘的开展,越来越多南京的古建筑得到测绘,如何有效融合历届测绘成果成为一个重要问题。这些成果以独立的文件、文件夹等形式存储在计算机硬盘中并不能充分发挥作用。如果两届学生测绘了同一座建筑,那么两次测绘成果的对比就提供了空间信息之外的时间维度,可引导学生发现、检测该时间段内建筑的变化,从而在静态的测绘上更进一步。目前,GIS 是整合区域尺

度空间信息的常用平台,引导学生把南京的重要古建筑(国家、省、市三级重点文物保护单位)按照类型、年代、建筑师等信息分类,录入开源软件 QGIS 中,并通过 Web-GIS 发布,以 PC 端和移动端访问(图 4)。在最新发布的 ArcGIS Pro(版本 2.2)中,BIM 模型、点云模型等数据已在三维视图中与地理信息对接,这就意味着不同格式、不同来源、不同时间的测绘成果都可整合在一个中央数据库中,这无疑是将未来测绘成果表达与管理的趋势。

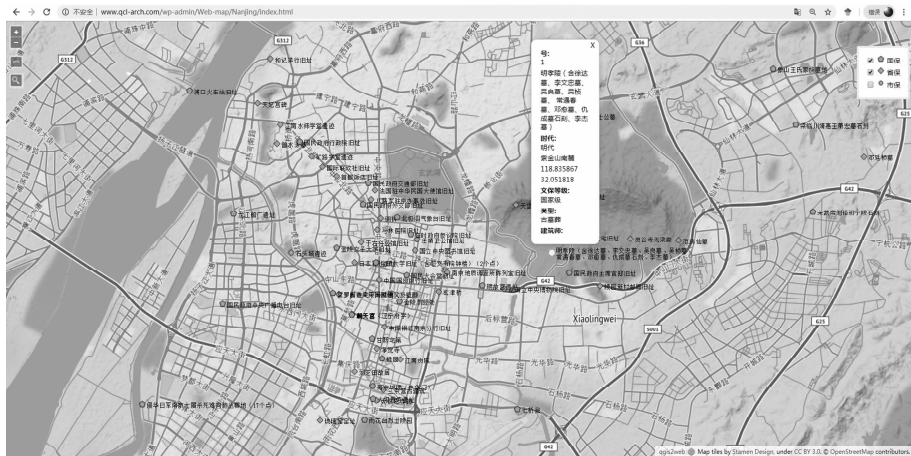


图 4 基于 Web-GIS 的南京古建筑分布专题地图(数据录入和绘图:南京工业大学建筑学院本科生赵与谦、陆思豪、纪宗廷)

四、结语

从教学效果看,强调测绘技术合理性在三方面收到了良好的效果。首先,使学生接触前沿的测绘技术,并意识到测绘对于建筑遗产保护的现实意义,为日后从事相关工作奠定了初步基础;其次,通过测绘精度的提升和数据类型的拓展,使学生更好地了解中国古建筑;第三,此次教学涉及的逆向建模技术不仅可用于古建筑测绘,也可用于建筑设计,有助于学生理解建筑学不同分支在技术上的互通。

此次测绘暴露出的最大问题是仪器组与手工组的数据核对和协作。由于手工组对场地、屋顶曲面等对象的测绘精度较低,而数字组提供成果(需要数据处理)较晚,两组之间直到成果表达的阶段才展开协作。因此,在之后的教学中应让数字组先行一步,尽快将控制性测量数据提供给手工组,引导学生采用网络协作技术(比如 Revit 的协同)同时展开工作。另外,此次课程所用设备的总价为几十万元,尽管已对学生进行了培训,学生的操作也令人满意,但还是存在不可预知的风险。如何在保证安全的前提下,使更多的学生有机会操作仪器是下一步需要解决的问题。

参考文献:

- [1] 王其亨,吴葱,白成军.古建筑测绘[M].北京:中国建筑工业出版社,2006.
- [2] 李婧.中国建筑遗产测绘史研究[D].天津:天津大学,2015.
- [3] 汤羽扬,杜博怡,丁延辉.三维激光扫描数据在文物建筑保护中应用的探讨[J].北京建筑工程学院学报,2011,27(4): 1-6.
- [4] 孙政,曹永康.基于消费级无人机采集图像的摄影测量在建筑遗产测绘中的精度评估——以吉祥多门塔为例[J].建筑遗产,2017(4):120-127.
- [5] 胡岷山.三维激光扫描技术在古建测绘中的应用——以教学实验课程为例[J].建筑学报,2018(Sup1):126-128.

- [6] Logothetis S, Delinasiou A, Stylianidis E. Building information modelling for cultural heritage: A review[J]. ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 2015, 2(5): 177.
- [7] Campanaro D M, Landeschi G, Dell'Unto N, et al. 3D GIS for cultural heritage restoration: A 'white box' workflow[J]. Journal of Cultural Heritage, 2015(9): 321-332.
- [8] 张莹莹,孙政.西藏建筑遗产测绘中的技术适用性[J].华中建筑,2018,36(1):52-56.
- [9] 郭华瑜.南京明孝陵明楼建筑形制研究[J].建筑史,2009(2):81-92.
- [10] 郭华瑜,孙璨.从“四方城”到神功圣德碑亭——南京明孝陵神功圣德碑亭修缮设计记思[J].建筑史,2016(2):97-108.

Teaching reform emphasizing the rationality of survey technology: Taking the historic building survey course of architecture specialty in Nanjing Tech University as an example

SUN Zheng, GUO Huayu

(School of Architecture, Nanjing Tech University, Nanjing 211800, P.R. China)

Abstract: Optical measurement technologies such as laser scanning and photogrammetry have been widely used in the courses of historic building survey in recent years, but they are mainly considered as a supplementary method to hand measurement instead of an innovation to graphical representation. The article presents the teaching reform emphasizing the rationality of survey technology, taking historic building survey course of architecture specialty in Nanjing Tech University as an example. The teaching objectives are learning historic buildings and surveying techniques, mastering optical measurements and hand measurements, and drawing with multi-methods. The teaching procedure consists of lecture, trial, field measurement, data processing, and graphical representation. Accuracy, level of development and team collaboration are regarded as criteria of assessment. The results are illustrated with four cases: integrating raster imageries with 3D models, validating hand-measured data with optical measurement, mapping the diseases of ceiling paintings, and a GIS-based thematic map of historic buildings in Nanjing. The course reform echoes the innovation of measurement technology to conventional surveying of historic buildings and graphical representation of different architectural types. It exposes students to practical measurement technologies, and promotes them to realize the connection between different branches of architecture with the media digital technology.

Key words: historic building survey; optical measurement; photogrammetry; building information modeling; geographical information system

(责任编辑 周沫)