

国际建筑遗产保护研究进展

——基于《International Journal of Architectural Heritage》2014—2018年文章的定量分析

王思思^{1,2,3}, 常郴^{1,3}, 孙喆^{2,4}, 宫永伟^{1,2,3}

1. 北京建筑大学城市雨水系统与水环境教育部重点实验室, 北京 100044
2. 北京未来城市设计高精尖创新中心, 北京 100044
3. 北京建筑大学环境与能源工程学院, 北京 100044
4. 北京建筑大学建筑与城市规划学院, 北京 100044

摘要 为深入了解国际建筑遗产保护研究现状,以该领域唯一一本Web of Science核心数据库收录期刊《International Journal of Architectural Heritage》为研究对象,结合文献计量学方法,针对该刊2014—2018年间刊载的342篇文章的来源地、第一作者所属机构、关键词和文章内容进行统计分析,并从建筑遗产的结构性能、测绘勘察、材料分析等方面,归纳提炼研究主题,与国内研究现状进行横向对比。分析表明,国际建筑遗产科技领域当前研究结构以结构性能为主,以材料表征、测绘勘察、环境科学等为辅的多主题交融互动,研究对象的选择偏倚,研究方法的多元交叉验证倾向等特征,国内研究在定量分析、学科交叉、研究内容深度和广度的拓展方面尚存在发展空间。

关键词 建筑遗产;《International Journal of Architectural Heritage》;文物保护科技

建筑遗产保护发展历经200余年历史,从19世纪上半叶的风格性修复到当代的广义保护,保护对象不断扩充,保护语境逐渐转换,如何保证修复程

序的正义、技术的可靠,修复期间的管理,成为了当下需要重点考量的问题^[1]。在对“保护性破坏”和“不恰当的干预”反思基础上提出的可再治理原则,

收稿日期:2019-08-26;修回日期:2019-12-20

基金项目:国家自然科学基金项目(31870704)

作者简介:王思思,副教授,研究方向为建筑遗产环境保护工程与技术,电子信箱:wangsis@bucea.edu.cn

引用格式:王思思,常郴,孙喆,等. 国际建筑遗产保护研究进展——基于《International Journal of Architectural Heritage》2014—2018年文章的定量分析[J]. 科技导报, 2020, 38(12): 129-140; doi:10.3981/j.issn.1000-7857.2020.12.012

代表了遗址保护技术理念方面的进步,也对遗址保护技术在确定保护方法、选择保护材料以及科学解释遗址损毁原因等方面,提出了更高的要求,明确了遗址保护技术的发展方向^[2]。

近年来,中国文物保护事业发展迅速,文物建筑保护成果成绩斐然,社会科技力量的参与更加速了现代化、科学化保护的进程^[3]。对当代国际建筑遗产在科学技术领域研究趋势的梳理分析,不仅有利于推动国内保护理论构建和保护实践发展,更是为了应对当前中国建筑遗产保护最迫切的问题,即如何在当代国际视野下,结合自身建筑特点和中国特色国情,形成具有地域性和适应性特征的本土化保护方法和技术体系。

基于上述背景,本文以 Web of Science 核心数据库中唯一一本以建筑遗产为研究对象的综合性期刊《International Journal of Architectural Heritage》为例,结合文献计量学方法,针对该刊2014—2018年间刊载的342篇文章,进行关键词和文本分析,以归纳总结研究主题和研究现状,为建筑遗产

保护工作者了解国际同行的科学技术研究状况,探索“符合国情的文物保护利用之路”提供技术参考。

1 期刊介绍

1.1 发展历史

《International Journal of Architectural Heritage》(下文简称:IJAH)创刊于2007年,由 Taylor & Francis 出版社出版,致力于通过行业内高水准学术资源的呈现,提供多学科综合视角下有关历史建筑及历史构筑物的研究、保护与修复概览,囊括历史、技术、材料、勘察、监测、无损试验、分析、诊断、修缮措施及加固技术等的多种信息,支撑建筑遗产研究与保护实践的发展。截至2018年,该刊共发行12卷,文章574篇,其中包含510篇研究论文,47篇会议特刊论文。最初创刊时每年发行4期,2011年改为6期,2015年后增至现在的每年8期。该刊每年出版文章数量持续增长,从2007年的16篇增至2018年的81篇(图1)。

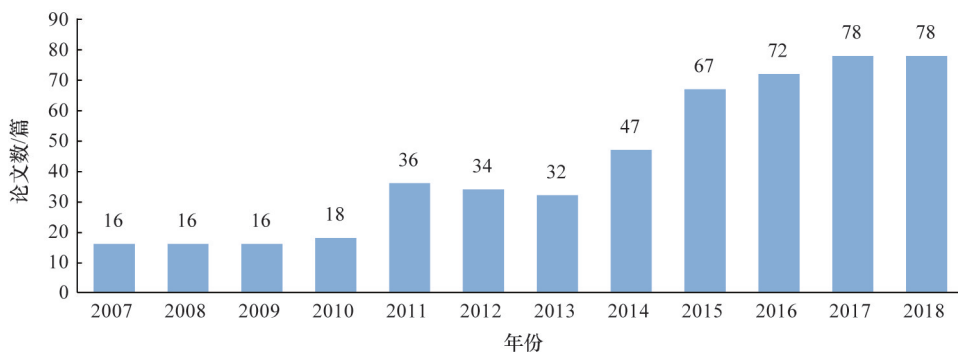


图1 历年文章出版量统计

该刊主编为葡萄牙米尼奥大学的土木工程系的 Lourenço 教授和西班牙加泰罗尼亚理工大学的建筑工程系 Roca 教授。二人自创刊以来一直担任主编,其专业背景决定了 IJAH 的自然科学属性。编委包括来自世界各地的33位教授和学者,其中意大利(5位)、西班牙(3位)和葡萄牙(3位)的编辑最多,3位亚洲编辑分别来自中国、印度和日本。

1.2 学术价值

该刊是建筑遗产科技领域的重要学术期刊,被

科学引文索引扩展版(SCIE)、艺术与人文科学引文索引(A&HCI)等多个数据库收录。创刊以来,IJAH 的影响因子(Impact Factor)呈总体上升趋势(图2),近5年平均影响因子为1.373,2017年影响因子为1.345,在遗产领域的17本杂志中排名第4(排名前3的分别为《Geoheritage》《Journal of Cultural Heritage》《Heritage Science》)。IJAH 所刊登文章每年被引频次呈加速上升趋势(图3),截至2018年,被引频次达655次,合计被引2420次,每

年平均引次数为201.67次。可见,IJAH对于当代国际建筑遗产科学技术领域的研究传播和学术交流做出较大贡献,在学界发挥了重要作用。



图2 历年影响因子统计

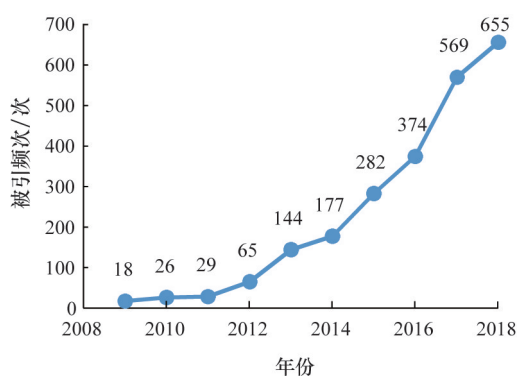


图3 历年文章被引频次数量变化

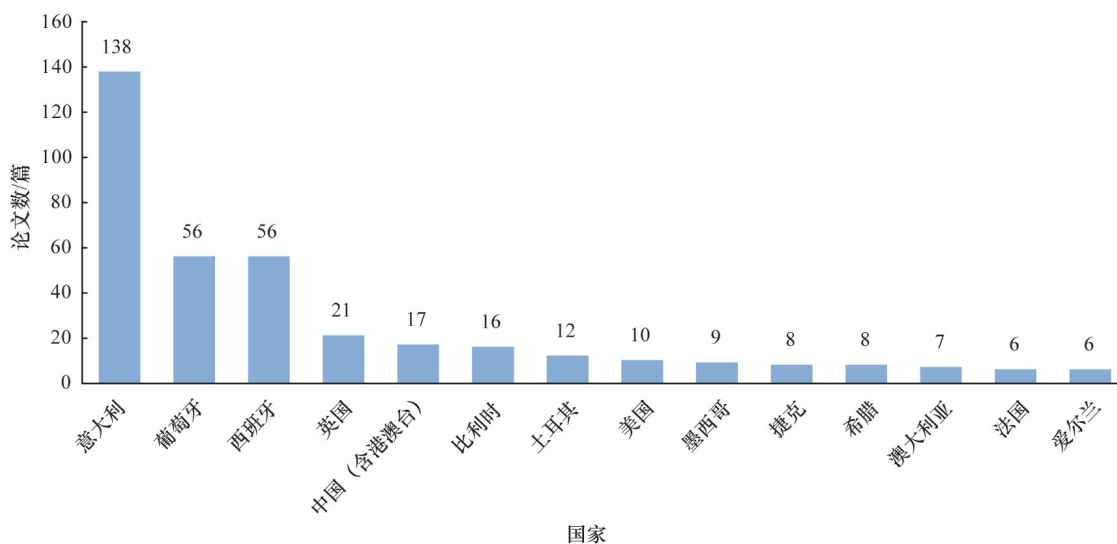


图4 文章来源地统计(按国家)

2 计量指标分析

文章来源地和第一作者所属机构可以从侧面反映学术力量的分布,高频关键词则暗示研究热点。本文将其他材料如社论、书评等从分析样本中删除,从IJAH在2014—2018年间刊载的351篇文章中筛选出342篇有效文章进行如下分析。

2.1 文章来源地分析

文章来源国家的前10位有:意大利、葡萄牙、西班牙、英国、中国(含港澳台)、比利时、土耳其、美国、墨西哥和捷克(图4)。意大利作为世界文化遗产数量最多的国家,文章数量为138篇,约占总数量的40.35%。中国从2014年开始在该刊有文章发表,2014—2018年,发表数量较稳定,平均每年发表5.67篇,共发表17篇,约占总数量的4.97%。

2.2 第一作者所属机构分析

在2014—2018年中,第一作者所属部门为以高校占主导地位,其次是研究机构(图5)。342篇文章中,中国共有8所高校和4个研究所在IJAH上发表文章,除第七建筑工程公司外,其余机构均位于中国南方地区,可能是受中国编辑学术背景的影响,其中发表文章数量最多的是东南大学,其次是南京大学,反映出国内建筑遗产科技类学术研究机构以南京为核心的分布特点。

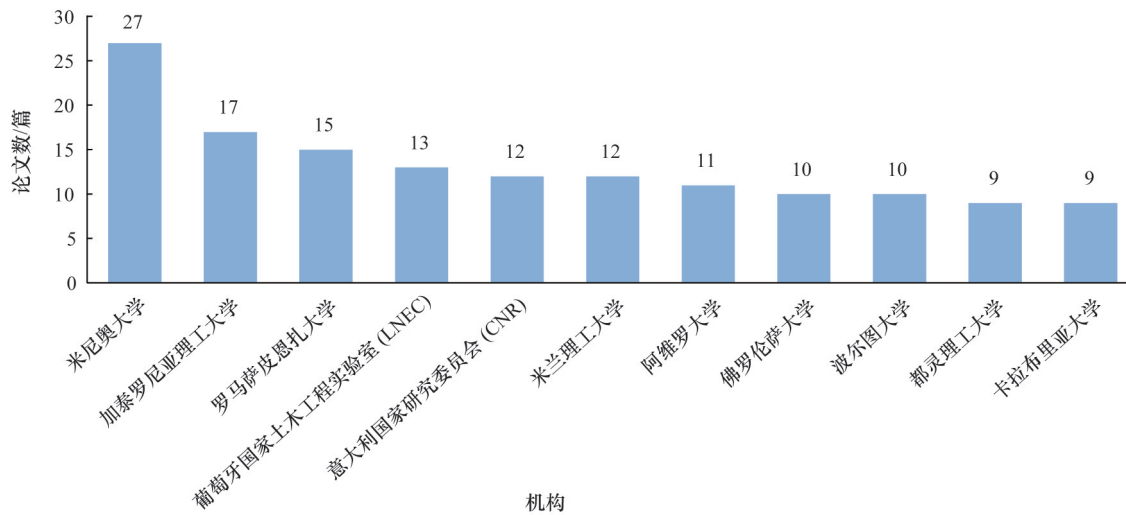


图5 第一作者所属机构统计

2.3 高频关键词分析

1) 高频词提取及处理。本文统计了2014—2018年间的342篇文章中2005个关键词,包含4528个单词。在完成词频统计后,对数据进行一定的合并和删减处理以突出重点。由于关键词的撰写并无统一标准,不同作者在表达同一指向时会有多种表述,为避免由此造成的干扰,整理数据时将同义关键词合并统计在一种表述下。被合并的关键词包括: on site/in situ, stone masonry/masonry buildings/masonry structure, seismic vulnerability/seismic vulnerability assessment等。被合并的单词包括: structure/structures/structural, seismic/earthquake, timber/wood/wooden, earth/earthen等。此外,一些指向过于宏观,对探索研究热点无意义的词在统计中被删去,如 cultural heritage, architectural heritage等。需要注意的是,2014—2018年 IJAH 发行的5卷中,包括4个主题特刊(古建结构监测,现存石质建筑的面外性能评估,大规模历史城区地震风险评估带来的趋势与挑战,现存木结构)和5个会议特刊(其中,有3届历史建筑结构研究国际会议、木结构安全评估国际会议及遗迹救援会议),收录了大量关于结构监测、地震风险评估、木结构及历史构造等主题的文章。特刊主题本身也是研究热点和趋势的体现,但同时也可能导致关键词分析结果的偏差。

2) 近5年内高频词。图6显示了在近5年文章中出現频率超过10次的13个关键词(包含10次)。其中, stone masonry以34次的最高频率远超第二高频词,而具体到无筋砌体(unreinforced masonry)这一较为脆弱的结构,词频达11次,说明与石质建筑相关的关键词至少出现过45次。相比之下,有关木结构(timber structures, 14次)和土质建筑(earthen construction, 5次)的研究就显得力度不够。可见国际学术界的研究对象主要为石质建筑,不过木结构一词能够进入前十名,以及前述两期特刊对其的关注,表明建筑类型的研究视野正在逐步拓宽。同样名列前茅的有限元分析(finite element)表明了数值分析方法的广泛运用,这与排名第4的极限分析(limit analysis),共同反映出多元分析方法(multi analysis)的应用,此特征将在第3节中详细讨论。

有关风险、易损性评估的词表明,预防性保护概念和技术的广泛应用,涉及防震、防水、防霉、防尘、防火等多个方面。其中,地震因其突发性和强破坏性而被主要关注(seismic vulnerability, vulnerability assessment, seismic assessment, seismic risk)。作为石质建筑的抗震能力短板,面外性能的较高词频除与面外性能评估特刊有关外,也进一步表明,该刊对定量研究地震威胁的重视。另外, on site 和 non destructive 作为较高频词语,表明对现场

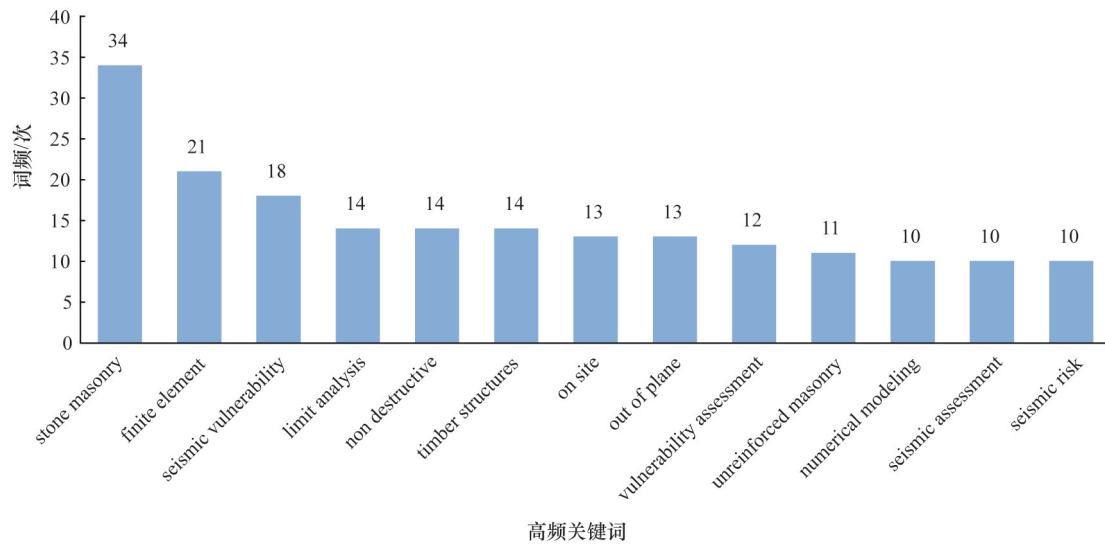


图6 2014—2018年高频关键词

调研以及降低检测破坏性的持续关注。

2.4 年度高频词纵向比较

历年来的高频关键词的比较分析,可以反映出近年来研究趋势变化。2014—2018年,该刊共现关键词的个数和频率随时间增长,从侧面表明研究问

题的离散程度在缩小,关注点有所集中。由于一年的关键词总数较少,词频也较低,历年平均最高词频仅为6.4次,故选择每年词频大于等于3的词进行分析,分析结果见图7。

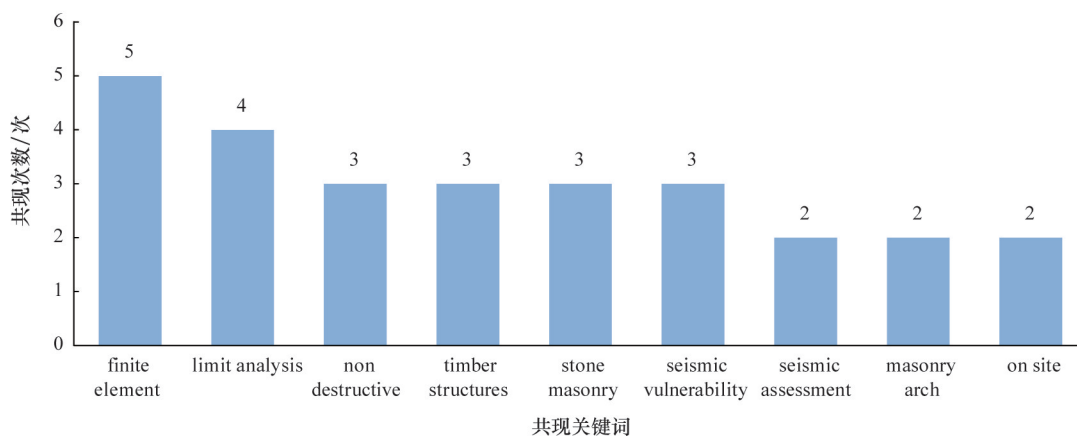


图7 2014—2018年共现高频关键词

“finite element”等共现词的意义不再赘述。受特刊影响,2015年的高频词 monitoring system、2017年的 out of plane、unreinforced masonry 和 shake table 等以及2018年的 historical centers 和 urban scale 等没有任何共现,都仅作为一个年度热点出现。

以材料、地震、实验为中心词的关键词数量在

逐年增多(图8)。以材料为主题的关键词有127个,主要关注点包括传统建筑材料的性能研究,侵蚀保护以及新材料的修缮运用等,可见材料学在建筑遗产领域的重要性日渐增强,保护工作正朝着更加专业分工的细化方向发展。有关抗震性能及防震改造的关键词有104个,且数量增长显著,表明

国际研究对地震问题关注度的上升。与实验相关的共有 84 个,通过实验定量研究,得到可重复论证

的严谨结论与统计学结合使研究结果量化也是建筑遗产未来趋势。

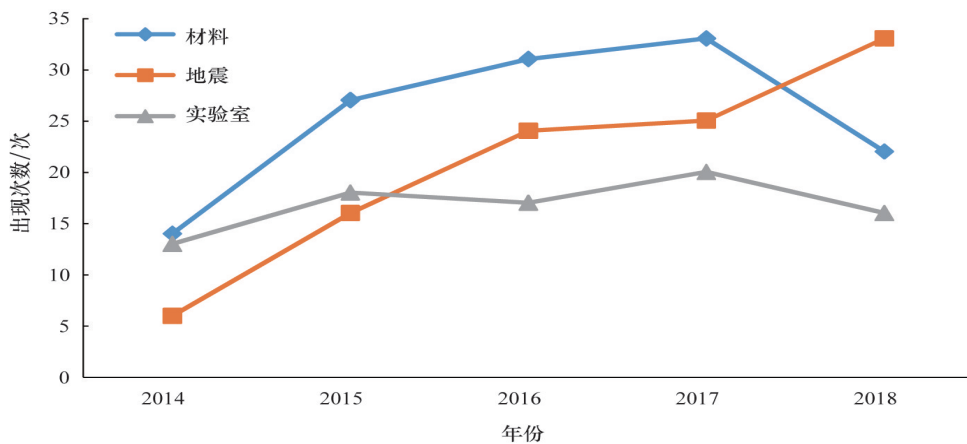


图8 2014—2018年主题词年度变化

3 文章内容分析

所有干预都应以细致全面的调研诊断为基础,在保护时首先对建筑遗产保存状态、材料性质、周边环境等进行研究,了解其病变原因与过程,从而有针对性地“因材施教”^[4]。出于此保护理念以及学术研究本身的分析性偏好,除少数涉及修缮方案制定^[5]和遗产活化保护^[6]等主题的文章(27篇,8%)外,IJAH在2014—2018年,大部分文章主要关注点在于建筑遗产保护前期的调研定损。通过对这些文章的分类型统计和文本分析,可以发现近年研究热点和动态,下文就从中提炼出的几个主题展开讨论。

3.1 结构性能

此主题在该刊文章中占比较大(54%,184篇),尤以抗震性能研究为主。可见在自然科学领域,建筑遗产有相当一大部分研究重点都是在建筑的结构安全以及承载能力方面,这也是建筑遗产有别于其它遗产的关注点之一。

1) 评估方法。各种结构性能的评估方法及其组合运用会在很大程度上影响测量结果的准确性,因此有关分析方法的研究对建筑遗产前期评估诊断有重要价值。目前普遍使用的结构性能评估方法包括极限分析、数值分析和实验分析3大类^[7],其

中极限分析法又可细分为静力法和运动法,上述方法运用于建筑遗产结构性能评估的适宜性和准确性分析已逐渐成为一个新的跨学科研究方向^[8]。

还有一些文章针对某一建筑遗产进行多种方法的平行分析,在结果交叉对比中探寻各方法的可靠性,选出针对此类建筑最适宜的分析方法^[9],并进一步定量研究各力学参数的安全域(safety domain)^[10]。

2) 失效机制。针对建筑遗产的裂缝、歪闪、扭曲、倒塌等失效机制(failure mechanism)的研究,主要集中在实验重现和模拟预测上。前者多被用于验证预测结果的准确性,为极限分析计算解析式的构建提供实验数据参考^[11],或校准建筑的数值分析模型^[12]。一些研究者也将目光投向了结构冗余问题,通过模拟分析确定构件的几何安全因素下限,如拱券安全尺寸^[13]、穹顶最小安全厚度^[14],支撑后续保护工作的开展。

3) 加固方法。为了使建筑能够更好的适应新旧荷载变化,各种加固方法被设计应用到建筑遗产保护事业中,相应研究一方面是在细致的前期调研和结构分析的基础上,设计和校准加固干预方案^[15];另一方面,则通过加固前后的测量数据对比来量化研究某种特定方法的加固效果^[16],与现有的

其他加固研究数据进行横向比较分析^[17],建立力学参数之间的相关性联系^[18]。

3.2 测绘勘察

针对建筑遗产几何、物理、环境和人文等信息的测绘勘察作为独立于保护和修缮的前提条件,是后续的研究评估、病害勘探、保护规划、数字化展示管理等信息平台和数据基础^[19]。相关主题文章有51篇,占比15%。

1) 信息存档及分析。特征信息的选择性采集和存档记录,为分析研究材质、纹理、工艺、表面保存状态、残损情况,勘探埋藏结构基础状况,证实加固重建假说^[20]提供参考。激光扫描、探地雷达、红外热成像等与CAD/GIS技术的结合,可以更加细致、全面、便捷地呈现分析结果,使之进一步成为传播地理考古信息的景点展陈教育工具^[21]。

2) 辅助评估。遗产性能评估需要大量的几何信息来进行计算或建模分析,使用传统的测绘技术将消耗巨大的时间和人力成本,且数据的准确性常难以得到有效保证。三维扫描、摄影测量等新技术的应用,将大幅提高前期几何建模的效率和精确度,优化结构评估流程^[22]。运用地理空间数据库(geoDB)可整合几何、历史、结构等多种属性信息数据集于一体,结合空间数据建立综合模型,为多领域、多学科、多层次的社会需求提供交流平台^[23]。

3) 地理空间特征研究。对于大尺度历史中心区及保护规划层面的研究,利用地理信息系统(GIS),建立遗产地理空间特征与其他在地信息的相关性联系,系统整合考古、地理、水文、气候、环境科学和人口统计学等各领域的数据,可以帮助从地球科学角度对建筑遗产再认识,综合管理和保护区遗产资源。如在区域抗震能力评估中,通过绘制建筑易损性分布地图^[24],量化研究受损机理与当地地震特征的关系,预测未来震后的受损情况^[25]。

3.3 材料分析

包括石材、砖、玻璃、木材、颜料、灰浆等在内的建筑材料是建筑遗产原真性和完整性价值中不可或缺的一部分。材料检测分析通过帮助建筑本体信息认知和保护材料开发应用,为历史研究、考古鉴定、病害诊断、保护修复等工作提供科学依据,成

为国际学术界发展方向之一^[26]。以材料分析为主题的文章有80篇,占比23%。

1) 本体信息研究。材料化学领域先进检测分析方法的应用和发展,帮助遗产领域更加直观地获取古代社会人类活动信息,为遗产认知和历史研究提供有力的支撑。利用光学显微镜(OM)、扫描电镜(SEM/EDX)、X射线衍射(XRF)、拉曼光谱(RS)、红外热成像(IRT)等光照相技术,可以无损分析不同材质建筑的保存状况,揭示被覆盖或修改的铭文及纹饰^[20],分析建造时间、工艺技术、施工流程、原料构成及产地等本体信息^[27],此方向尤以壁画研究居多。

2) 环境影响分析。不同于那些珍藏于博物馆恒温、恒湿玻璃盒中的文物,建筑往往直接暴露于各种自然界或城市环境中,受到自然风化、生物腐蚀、污染物化学侵蚀等不同程度的损害。运用综合表征技术来研究建筑在环境影响下的表面状态,结合外界条件测量探讨受损过程和作用机理^[28];利用化学计量学和微生物学分析,侵蚀产物的矿物组成、腐蚀层分层结构及物相组织,通过对比评估和筛选保护试剂^[27]等,都是材料科学和环境科学在该领域的应用方向。也有学者从气候角度切入,基于温湿度研究和不同条件下劣化情况实验,讨论如何通过室内微气候控制^[29]帮助建筑遗产应对气候变化带来的不良影响^[30],实现环境风险预控。

3) 材料性能与结构性能。以夯土建筑为例,鉴于其特殊建造方式,此类建筑对于材料性能的敏感度极高,土壤的粒度分布、最大颗粒尺寸、可塑性、压实程度、线性收缩率、有机物含量、含盐量等都会直接影响夯土墙的结构性能表现。可见材料性能在一定程度上决定了建筑遗产结构性能表现的优劣。分析建立二者之间的相关性联系,确定保证建筑安全的最优材料性能阈值^[31],对建筑遗产的结构安全风险评估,理解建筑崩塌机制的内在原因,并帮助选择合适的加固材料^[32]至关重要。

总体来看,该刊研究主题以结构性能为主,以材料表征、测绘勘察、环境科学等为辅,同时少量包含一些其他主题(图9)。然而,文章内容虽有自身侧重,但一项完整的研究往往涉及多方面的工作。

从结构性能评估到建筑表面状态的综合表征,都需要在建筑学、结构学、测绘学、材料学等多个学科交叉互动共同参与,以及多元化分析方法的综合运用下完成,如运用多重判据决策方法制定修缮方案^[5],结合材料分析和结构试验探究最佳加固措施^[17],在结构模拟分析前,利用三维扫描技术获取建模的几何数据^[21]等。研究对象方面,存在以石质的单体建筑为主的选择偏倚倾向,且研究对象多位于城市,往往是一些具有公共属性或宗教功能的建筑。关于乡土建筑以及区域尺度下建筑遗产的研究

则较少,而有关土质建筑的研究,更是屈指可数,这些研究空缺有待未来的关注和填补。

4 国内研究现状及对比

选择中国知网数据库中SCI来源期刊、EI来源期刊、核心期刊、CSSCI以及CSCD为数据来源,以主题词包含“建筑遗产”或“文物建筑”或“历史建筑”或“古建筑”为检索条件,检索2014—2018年的学术论文得到896条结果。将检索数据的“被引”项按照降序排列后,基于“二八法则”选取检索源中研究论文中20%的核心文献179篇,其中文章最小被引数为6次,进而选取被引数为6次及以上的195篇文章进行分析。

由知网的搜索结果计量化分析得出的关键词共现拓扑图(图10)可以看出,国内形成以传统保护设计及理论为主(一大簇),以测绘勘察、结构性能为辅(两小簇)的研究结构。后两者反映国内学界在科技领域的关注方向,其较小体量表明该领域研究尚未饱和,仍有很大发展空间。该图中的共现关键词反映高被引论文之间的主旨关联和近年热门研究主题,包括三维激光扫描、点云、BIM、信息模型、榫卯、抗震性能、滞回曲线、地震作用等。

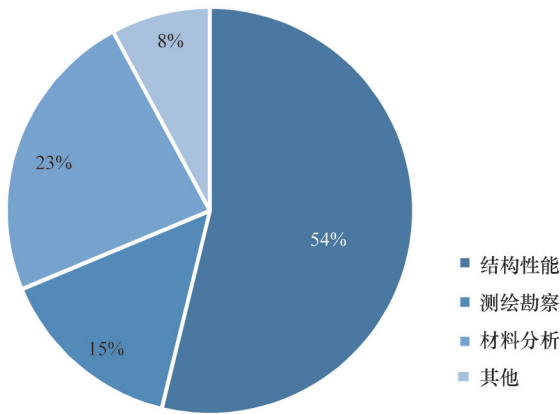


图9 主题比重分布图

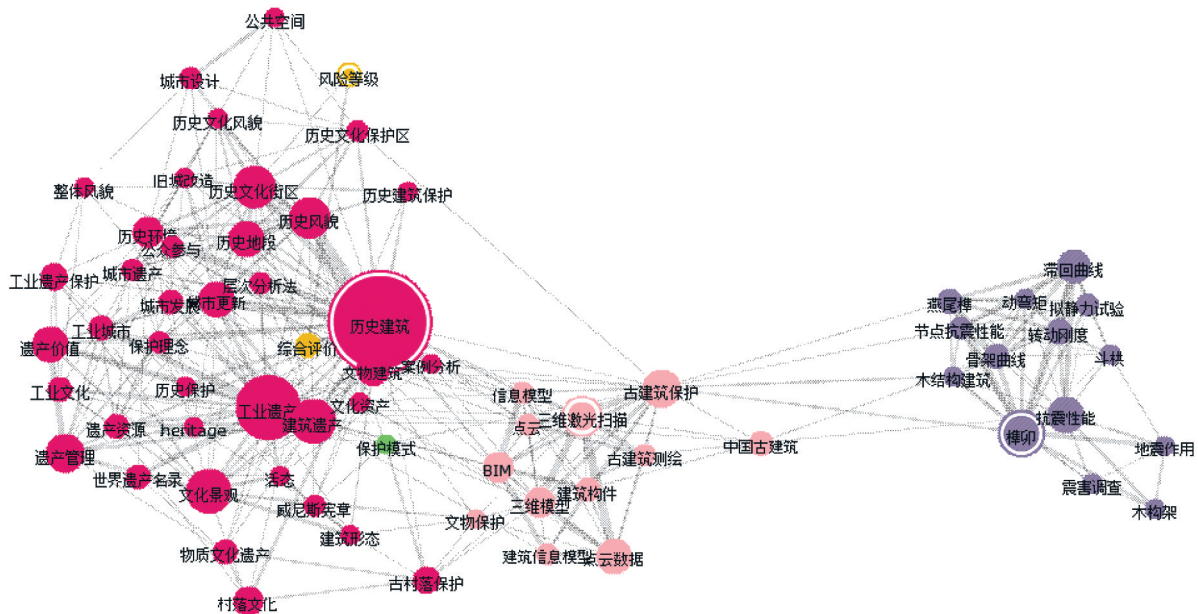


图10 国内研究关键词共现拓扑图 (图片来源: <http://www.cnki.net/>)

以结构性能为主题的文章主要关注点包括榫卯(19篇)、地震(15篇)、加固(13篇)等,这些关注点往往互相交叉。半刚性的榫卯连接作为中国木结构古代建筑的重要特征,因其明显的滞回耗能减震作用成为重点研究对象之一^[33]。地震方面的研究方向包括震害调查与分析、震后破坏状态评估、抗震性能研究以及抗震加固,其中滞回曲线多被用来表征地震作用后结构的恢复力。加固研究中包含抗震加固、原位注浆加固等方向。本主题研究发展相对成熟,内容覆盖与IJAH基本相同,现代试验检测、力学分析和数值分析等研究方法均被广泛采用^[34],但在定量计算理论和方法的建立、相关评价指标体系的建立、实验标准化以及研究系统化等方面尚有不足。

以测绘勘察为主题的文章主要关注点为三维

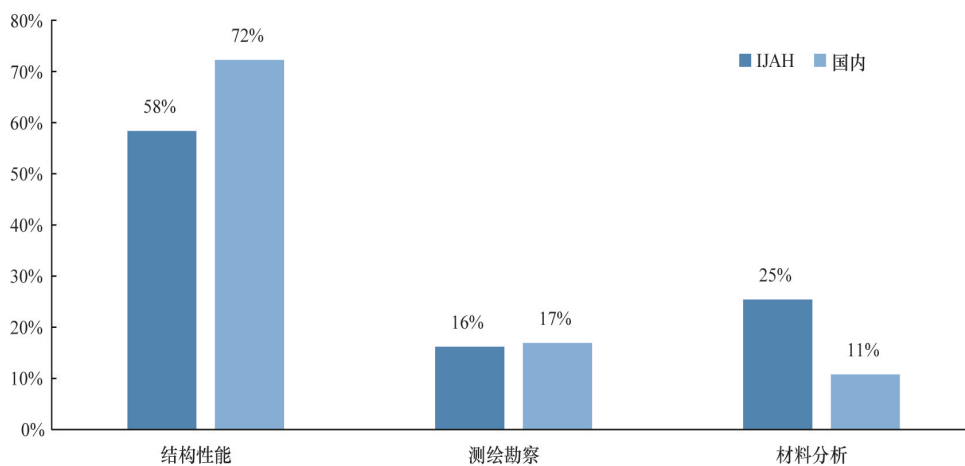


图11 三大主题分配比例

鉴于中国建筑遗产多为耐火等级低、扑救难度大的木结构或砖木结构,火灾对其构成的威胁比地震更为严峻^[35],相应研究也成为国内关注点之一。在筛选出的193篇文章中有11篇涉及防火现状与对策,以及火灾风险评估。

此外,相关技术规范、规程和计算方法等多沿用普通建筑标准,如抗震设计基准期和防火等级等,远不能满足建筑遗产实际保护要求,因此针对性的规范和评估标准尚需补充完善。

激光扫描与点云数据(7篇)以及以BIM为代表的信息模型(4篇)。前者的研究方向包括几何模型的构建,面对庞大点云数据的优化处理策略,测绘复原和倾斜分析。后者则包括利用模型信息进行经济评估和造价控制,通过构件分类进行信息标准化处理,以及几何建模方法。与IJAH对比,本主题研究方向相对单一,地理空间特征、测绘信息管理与共享等方面有待进一步研究。国内测绘勘察在研究中多扮演辅助的角色,其潜能仍需深入探索。

就三大主题研究力量的分配比例而言,相较于IJAH文章,国内对材料分析关注的较少(图11),仍有较大发展空间。样本中与之相关的文章仅7篇,研究对象以木材为主,以加固防腐保护材料、材料无损检测分析、材料的力学性能为研究方向。

5 结论

通过对《International Journal of Architectural Heritage》2014—2018年的关键词及文章内容的分析总结,可以概括出该刊建筑遗产科技领域研究的以下特点。

1) 形成了以结构性能为主,以材料表征、测绘勘察、环境科学等为辅的多主题交融互动的研究结构。结构性能决定了建筑遗产的生命安全,而测绘

勘察和材料表征,在保护建筑遗产原真性价值的同时,也为结构性能分析提供了数据和理论支持。

2) 研究对象有明显的选择偏倚倾向。主要的研究对象是石质的单体建筑,且研究对象多位于城市,往往是一些具有公共属性或宗教功能的建筑。关于乡土建筑以及区域尺度下建筑遗产的研究则较少,而有关土质建筑的研究更是屈指可数,这些研究空缺有待未来的关注和填补。

3) 运用多种测量分析方法交叉验证研究结果。建筑遗产所处的复杂环境和无损或微损测量原则使相关评测工作难以全面有效地开展。多元化分析法,即采用多学科测量方法与可靠性分析相结合来对建筑遗产进行评测,凭借其极高的交叉学科互动性,得到了众多研究者的青睐。

综上,建筑遗产研究呈现出快速持续的发展趋势。作为一个复杂而涉及多种因素的综合学科,其研究前景绝不囿于狭义的建筑学或遗产学领域。在跨越结构、材料、测绘、环境等各大学科,结合多种测量分析技术的交叉研究中,以多元化的综合分析视角重新认识、评估和保护建筑遗产,是当今国际研究的热点和发展方向。

将国内研究现状与之进行横向比较,显示出中国研究在定量分析、研究内容深度和广度、学科交叉性以及研究系统化方面尚有不足,测绘、材料等学科的研究相对滞后。这些不足既是业界发展的瓶颈与束缚,也是未来学术界发展的方向和着力点。通过学习世界先进保护理念和技术,对具有中国特色的保护理念、方法、技术进行整理、完善和总结,不仅可以提高中国建筑遗产保护科技水平,同时,通过具有中国特色的木质和土质建筑遗产保护研究成果发表,可以补充完善国际建筑遗产领域相关研究空白,提升中国建筑遗产保护研究的国际影响力。

参考文献(References)

- [1] 陈曦. 建筑遗产“修复”理论的演变及本土化研究[J]. 中国文化遗产, 2019(1): 17-23.
- [2] 苏伯民. 国外遗址保护发展状况和趋势[J]. 中国文化遗产, 2005(1): 104-107.
- [3] 黄克忠. 走向二十一世纪的中国文物科技保护[J]. 敦煌研究, 2000(1): 5-9.
- [4] 郭宏. 论文物保护科学研究的内容与方法[J]. 文物保护与考古科学, 2003, 15(3): 61-64.
- [5] Jajac N, Rogulj K, Radnic J. Selection of the method for rehabilitation of historic bridges: A decision support concept for the planning of rehabilitation projects[J]. International Journal of Architectural Heritage, 2017, 11(2): 261-277.
- [6] Philokyprou M. Adaptation of new university uses in old buildings: The case of rehabilitation of listed buildings in limassolcyprus for university purposes[J]. International Journal of Architectural Heritage, 2014, 8(5): 758-782.
- [7] Ferreira T M, Costa A A, Costa A. Analysis of the out-of-plane seismic behavior of unreinforced masonry: A literature review[J]. International Journal of Architectural Heritage, 2015, 9(8): 949-972.
- [8] Sorrentino L, D'Ayala D, de Felice G, et al. Review of out-of-plane seismic assessment techniques applied to existing masonry buildings[J]. International Journal of Architectural Heritage, 2017, 11(1): 2-21.
- [9] Boscato G, Pizzolato M, Russo S, et al. Seismic behavior of a complex historical church in l'aquila[J]. international journal of architectural heritage, 2014, 8(5): 718-757.
- [10] Andreini M, De Falco A, Giresini L, et al. Mechanical characterization of masonry walls with chaotic texture: Procedures and results of in-situ tests[J]. International Journal of Architectural Heritage, 2014, 8(3): 376-407.
- [11] Restrepo Velez L F, Magenes G, Griffith M C. Dry stone masonry walls in bending-part I: Static tests[J]. International Journal of Architectural Heritage, 2014, 8(1): 1-28.
- [12] Gentile C, Saisi A, Cabboi A. Structural identification of a masonry tower based on operational modal analysis[J]. International Journal of Architectural Heritage, 2015, 9(2): 98-110.
- [13] Block P, Lachauer L. Three-Dimensional(3D) equilibrium analysis of gothic masonry vaults[J]. International Journal of Architectural Heritage, 2014, 8(3): 312-335.
- [14] Simon J, Bagi K. Discrete element analysis of the minimum thickness of oval masonry domes[J]. International Journal of Architectural Heritage, 2016, 10(4): 457-475.
- [15] Riggio M, Tomasi R, Piazza M. Refurbishment of a traditional timber floor with a reversible technique: Importance of the investigation campaign for design and con-

- trol of the intervention[J]. *International Journal of Architectural Heritage*, 2014, 8(1): 74-93.
- [16] Magenes G, Penna A, Senaldi I E, et al. Shaking table test of a strengthened full-scale stone masonry building with flexible diaphragms[J]. *International Journal of Architectural Heritage*, 2014, 8(3): 349-375.
- [17] Garmendia L, Larrinaga P, Garcia D, et al. Textile-reinforced mortar as strengthening material for masonry arches[J]. *International Journal of Architectural Heritage*, 2014, 8(5): 627-648.
- [18] Silva B, Dalla Benetta M, da Porto F, et al. Compression and sonic tests to assess effectiveness of grout injection on three-leaf stone masonry walls[J]. *International Journal of Architectural Heritage*, 2014, 8(3): 408-435.
- [19] 吴葱, 梁哲. 建筑遗产测绘记录中的信息管理问题[J]. *建筑学报*, 2007(5): 12-14.
- [20] Sfarra S, Bendada A, Ibarra-Castanedo C, et al. Santa Maria di Collemaggio Church (L'Aquila, Italy): Historical reconstruction by non-destructive testing techniques [J]. *International Journal of Architectural Heritage*, 2015, 9(4): 367-390.
- [21] Lezzerini M, Antonelli F, Columbu S, et al. Cultural heritage documentation and conservation: Three-Dimensional (3D) Laser Scanning and Geographical Information System (GIS) Techniques for thematic mapping of facade stonework of St. Nicholas Church (Pisa, Italy)[J]. *International Journal of Architectural Heritage*, 2016, 10(1): 9-19.
- [22] Chellini G, Nardini L, Pucci B, et al. Evaluation of seismic vulnerability of santamaria del mar in barcelona by an integrated approach based on terrestrial laser scanner and finite element modeling[J]. *International Journal of Architectural Heritage*, 2014, 8(6): 795-819.
- [23] Brumana R, Oreni D, Cuca B, et al. Strategy for integrated surveying techniques finalized to interpretive models in a Byzantine Church, Mesopotam, Albania[J]. *International Journal of Architectural Heritage*, 2014, 8(6): 886-924.
- [24] Uva G, Sanjust C A, Casolo S, et al. Antaeus project for the regional vulnerability assessment of the current building stock in historical centers[J]. *International Journal of Architectural Heritage*, 2016, 10(1): 20-43.
- [25] De Matteis G, Criber E, Brando G. Damage probability matrices for three-nave masonry churches in abruzzo after the 2009 L'Aquila earthquake[J]. *International Journal of Architectural Heritage*, 2016, 10(2-3): 120-145.
- [26] 李佳佳, 张秉坚. 国际文物保护材料研究现状——基于 Web of Science 数据库 2000—2016 年期刊论文的定量分析[J]. *东南文化*, 2017(3): 6-15.
- [27] Rosado T, Gil M, Caldeira A T, et al. Material characterization and biodegradation assessment of mural paintings: renaissance frescoes from Santo Aleixo Church, Southern Portugal[J]. *International Journal of Architectural Heritage*, 2014, 8(6): 835-852.
- [28] Sandak J, Sandak A, Riggio M. Characterization and monitoring of surface weathering on exposed timber structures with a multi-sensor approach[J]. *International Journal of Architectural Heritage*, 2015, 9(6): 674-688.
- [29] Kalamees T, Vali A, Kurik L, et al. The influence of indoor climate control on risk for damages in naturally ventilated historic churches in cold climate[J]. *International Journal of Architectural Heritage*, 2016, 10(4): 486-498.
- [30] Rajcic V, Skender A, Damjanovic D. An innovative methodology of assessing the climate change impact on cultural heritage[J]. *International Journal of Architectural Heritage*, 2018, 12(1): 21-35.
- [31] Gomes M I, Goncalves T D, Faria P. Unstabilized rammed earth: Characterization of material collected from old constructions in south portugal and comparison to normative requirements[J]. *International Journal of Architectural Heritage*, 2014, 8(2): 185-212.
- [32] Mateus L, Veiga M D R, de Brito J. In situ characterization of rammed earth wall renders[J]. *International Journal of Architectural Heritage*, 2015, 9(4): 430-442.
- [33] 赵鸿铁, 张凤亮, 薛建阳, 等. 古建筑木结构的结构性能研究综述[J]. *建筑结构学报*, 2012, 33(8): 1-10.
- [34] 宋晓胜, 苏经宇, 郭小东, 等. 中国木结构古建筑榫卯连接节点抗震性能研究进展[J]. *世界地震工程*, 2014, 30(1): 12-22.
- [35] 吴俊奇, 张婧, 曾雪华. 新时期我国古建筑消防安全的现状及对策研究[J]. *给水排水*, 2017, 53(4): 85-90.

Status and prospect of research on architectural heritage protection: A quantitative study using IJAH 2014–2018

WANG Sisi^{1,2,3}, CHANG Chen^{1,3}, SUN Zhe^{2,4}, GONG Yongwei^{1,2,3}

1. Key Laboratory of Urban Stormwater System and Water Environment, Beijing University of Civil Engineering and Architecture, Beijing 100044, China
2. Beijing Advanced Innovation Center for Future Urban Design, Beijing 100044, China
3. School of Environment and Energy Engineering, Beijing University of Civil Engineering and Architecture, Beijing 100044, China
4. School of Architecture and Urban Planning, Beijing University of Civil Engineering and Architecture, Beijing 100044, China

Abstract To provide a thorough understanding of the international research status on architectural heritage protection and make a comparison between China and foreign countries, 342 articles published by International Journal of Architectural Heritage (IJAH), the one and the only journal concerning architectural heritage in the database of Web of Science, from 2014 to 2018 are analyzed using statistical and bibliometrics methods. From the analysis, it is shown that the research has focused on structural behavior, surveying and mapping, and material analysis, and that the international study is characterized by interactive multi-thematic structure among mechanical behaviors, material characterization, surveying and mapping, environmental science and others, and has selection bias of research objects, as well as employs multi-analysis research method etc. Besides, there is still a capacious development space for domestic research in quantitative analysis, interdisciplinary study, expansion of research contents.

Keywords architectural heritage; International Journal of Architectural Heritage; scientific and technological conservation ●



(责任编辑 卫夏雯)