

DOI: 10.11835/j.issn.2096-6717.2021.228



桥梁文化遗产的规划与保护 2020 年度研究进展

张方^{a,b}, 邓捷超^a, 张开权^a, 杨倩^a, 钱永久^a

(西南交通大学 a. 土木工程学院; b. 世界遗产国际研究中心, 成都 610031)

摘要:在世界文化交融的进程中,各国都更加重视本国的文化遗产保护,其中桥梁文化遗产作为人类综合活动的遗产,具有交通遗产、建筑遗产、城市规划遗产、工业遗产等的诸多属性,越来越受到世界各国的重视。但是,就目前来看,相对于其他文化遗产,在全球范围,对桥梁文化遗产的研究和实践都还不成熟,并未形成体系。通过对中国近 20 年古桥、古桥文化及其相关研究的统计可以清晰地看到目前桥梁文化遗产研究的整体现状。并且,基于对 2020 年度桥梁文化遗产研究成果的归纳、分析,阐述和总结了 2020 年度桥梁文化遗产研究进展情况,对未来桥梁文化遗产的规划和保护进行了展望。

关键词:桥梁文化遗产;古桥;桥梁文化;保护经验

中图分类号:U445.7 **文献标志码:**A **文章编号:**2096-6717(2022)01-0252-09

State-of-the-art review of planning and protection of bridge cultural heritage in 2020

ZHANG Fang^{a,b}, DENG Jiechao^a, ZHANG Kaiquan^a, YANG Qian^a, QIAN Yongjiu^a

(a. School of Civil Engineering; b. World Heritage Research Center, Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, P. R. China)

Abstract: In the process of cultural integration in the world, all countries pay more attention to the protection of their cultural heritage. As a kind of heritage of comprehensive human activities, bridge cultural heritage has many attributes such as transportation heritage, architectural heritage, urban planning heritage, industrial heritage, etc., and has been paid more and more attention by all countries in the world. However, at present, compared with other cultural heritages, the research and practice of bridge cultural heritages in the global scope are still immature and have not formed a system. Through the statistics of ancient bridge, ancient bridge culture and related research in the past 20 years in China, we can clearly see the overall status of bridge cultural heritage research in China. Moreover, based on the induction and analysis of the research results of bridge cultural heritage in 2020, the paper expounds and summarizes the research progress of bridge cultural heritage in 2020, and looks forward to the planning and protection of bridge cultural heritage in the future.

Keywords: bridge cultural heritage; ancient bridge; bridge culture; protection experience

桥梁文化遗产的规划和保护是文化遗产的规划和保护的一部分^[1],也是桥梁工程研究的一个新方向^[2],桥梁遗产的价值不仅在于科技方面,还表现在文化方面,尤其是“工匠们高超技艺的证明”,更是体现出桥梁遗产的非物质文化遗产价值^[3]。中国古代桥梁文化是中华文化的重要组成部分,它代代相传,自成体系,这在世界上是罕见的。研究中国古桥梁

文化对中华文化遗产保护和地方经济发展有所助益^[4]。桥梁建设自古与文化相伴而生,传承着人类的历史和文明^[5]。不仅古桥,近现代桥也开始传承其带有的历史意义。本文首先回顾了 20 年来桥梁文化遗产及其相关性研究的概况,然后,围绕 2020 年桥梁文化遗产的研究进展进行了介绍,最后对该方向的研究发展趋势和可能的突破点进行了展望。

收稿日期:2021-08-18

基金项目:国家自然科学基金(51778532)

作者简介:张方(1974-),男,博士,主要从事既有桥梁结构的评估、诊断与加固理论、桥梁文化遗产规划和保护以及大跨度桥梁的施工监控和健康监测研究, E-mail: fangzhang@swjtu.edu.cn.

1 中国近 20 年来相关研究文献统计情况

中国有关桥梁的古文献其实并不少,但是由于年代久远、数字化程度的参差,且很多文献又多收藏于地方志或为某一具体桥梁的桥志之中,被检索到的概率就小了。有关中国古代桥梁的专著出现在近代,主要立足于桥梁工程技术研究。直至上世纪 50 年代末才有学者将研究视野略微转入中国古代桥梁的其他方面,例如桥名、桥史、桥俗等,而工程技术研究仍然是中国古代桥梁文化研究的主流。自 20 世纪中叶以来,中国出版的桥梁专著均是对近代桥梁的介绍,而将中国古代桥梁纳入建筑学研究范畴,因此中国古代桥梁的相关研究资料只能在部分建筑学专著或者期刊上寻觅。下面就通过网络手段对近 20 年来桥梁文化遗产以论文为指标做一统计学上的归纳。

在中国知网的中文数据库(CNKI)中,以主题为“文化遗产”并含“桥梁”为关键词检索,2000—2020 年共有相关文献 137 篇,其中学术期刊 63 篇,博硕士论文 51 篇,其他文献 15 篇,年度文献分布见图 1。

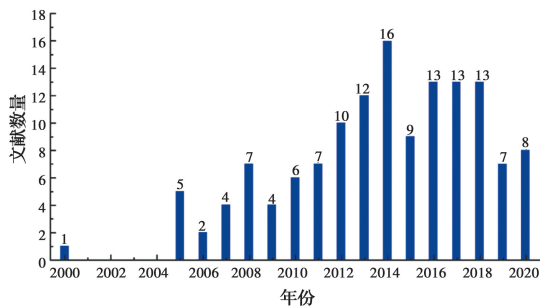


图 1 2000—2020 年“文化遗产-桥梁”研究成果产出统计表

以主题为“桥梁遗产”作关键词检索,1984—2020 年共有相关文献 32 篇,其中学术期刊 15 篇,博硕士论文 7 篇,其他文献 5 篇,年度文献分布见图 2。

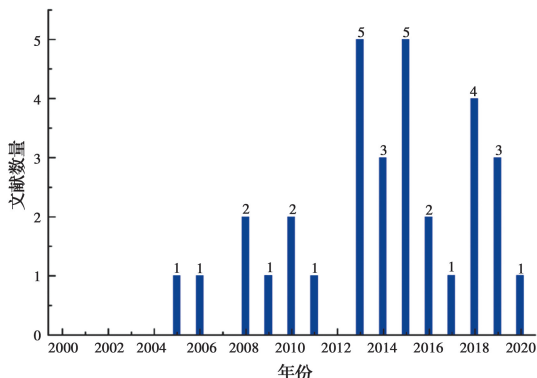


图 2 2000—2020 年“桥梁遗产”研究成果产出统计表

以主题为“古桥文化”作关键词检索,2003—2020 年共有相关文献 66 篇,其中学术期刊 10 篇,博硕士论文 16 篇,其他文献 2 篇,年度文献分布见图 3。

由图 1~图 3 及其相对应的文献综合分析可知,研究桥梁文化遗产的文献可分为三个阶段:

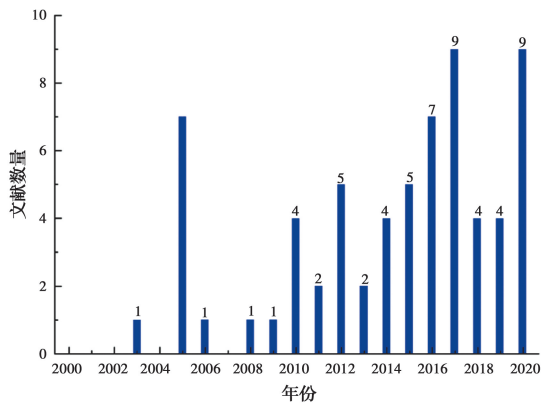


图 3 2000—2020 年“古桥文化”研究成果产出统计表

1) 早期萌芽阶段(2000—2005 年),此阶段开始提出古桥文化的概念,但是研究的范围较小,一般只研究某一小区域的桥梁,并且未提出相对应的桥梁文化遗产保护方法,只介绍了对应的古桥或者桥梁文化^[6-13];

2) 中期发展阶段(2006—2016 年),此阶段开始提出桥梁文化遗产保护的概念。研究开始放广,从地区古桥或者小地区桥梁文化扩展到大地区(一个地域、一个省份、整个中国或者国外),从古桥文化的提出到桥梁文化保护,从古桥文化的重视到桥梁文化遗产的重视和保护等等^[4,14-56];

3) 持续发展阶段(2017—2020 年),在往年的研究基础上随着旅游业和数字技术的蓬勃发展,国内研究除继续关注具体桥梁文化遗产的保护工作外又有了相当的扩展,拓展到桥梁文化遗产旅游的开发模式、对策以及原真性上,桥梁文化遗产旅游开发逐渐走向完善和成熟以及如何利用数字信息化来让桥梁文化遗产的保护更具有时代性、先进性^[3,23,57-77]。

对图 1~图 3 中已有文献按照发表年度、学科分类、研究机构构成和基金等进行分类整理综合分析,发现从 2000—2020 年研究成果呈前期先逐年递增,后期再有所减少的趋势。其中,2008—2014 年增长较为迅速,之后趋于平缓,文献在 2016—2017 这两年左右达到峰值,但是在 2018 年后有所减少,并且有关文献的总数较少,不及 200 篇,说明桥梁文化遗产规划与保护这方面的相关研究还太少,缺乏学者和相关研究人员的重视。从文献所属学科分类来看,主要分属文化,公路与水路运输,考古,建筑科学与工程这四个学科。桥梁文化遗产文献涉及北京建筑大学、浙江大学、郑州大学和华中科技大学等。文献的支撑基金项目有国家社会科学基金,达到 5 项,另有黑龙江省哲学社会科学规划项目 1 项。

当然,单纯以论文产出反映一个学科方向的研究变化,有狭隘之处,尤其是对桥梁文化遗产这样的跨学科研究发现。我们相信,国内有许多研究和成果未被统计在内,比如,茅以升基金会中国古桥研究和保护委员就在古桥保护和桥梁文化遗产的规划和保护方面持续做了大量的研究和实质性的保护工作。

2 海外桥梁文化遗产 2020 年度研究动态

2020 年度国外的有关研究不多,欧美地区占大比例,在这些桥梁文化遗产与保护文献中,研究方向主要有古桥的损伤检测、评估、修复以及保护等。相对往年的研究,对地震下老(古)桥的稳定性、易损性研究是今年国外研究的热点。

在摄影建模来分析实体桥梁遗产的研究方面,Grifa 等^[78]描述了坎帕尼亚地区最重要的遗迹之一——罗托桥的损伤诊断结果如图 4 所示,采用跨学科的方法对其进行准确的损伤诊断,以规划保护、预防和修复工作。

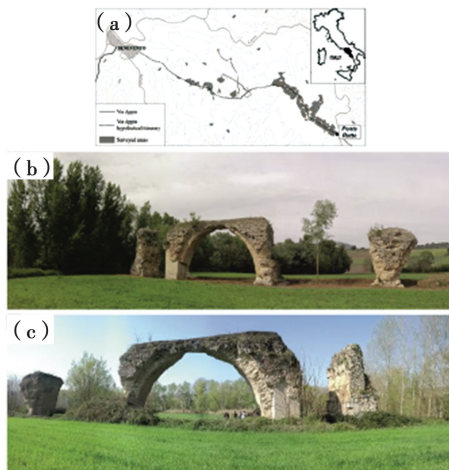


图 4 Ponte Rotto 桥现状

研究者按照 Fitzner 的方法进行摄影测量和损伤诊断可以识别和量化用于桥梁建设的石材类型和其风化程度。用地理参照正射影像方法反应出它们的面积分布、损伤类别以及估计出线性和渐进损伤指标,反映出该桥处于一个较差的状态如图 5 所示。

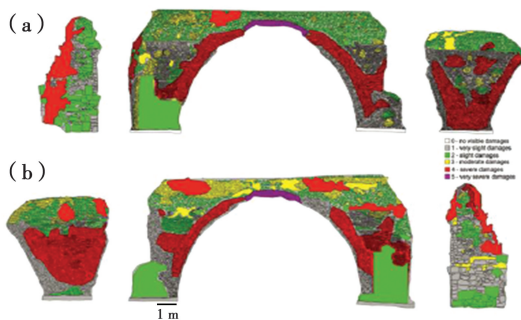


图 5 摄影方法获得的 Ponte Rotto 桥损伤分布情况

同时,Conti 等^[79]对意大利莫亚诺 (Benevento, Italy) 的卡罗三世大桥进行了研究。这座老桥以前的图纸和文件已经找不到,他们用激光扫描仪、摄影测量和地形学综合方法对卡罗三世大桥(图 6)进行了调查,产生了一个度量上可靠的 HBIM(Heritage Building Modelling)模型,如图 7 所示,包括完整的图形和非图形信息,用于此桥以后的维护和恢复项目。

在古桥地震易损性研究方面,Krstevska 等^[80]认为对于



图 6 Carlo III 桥现状

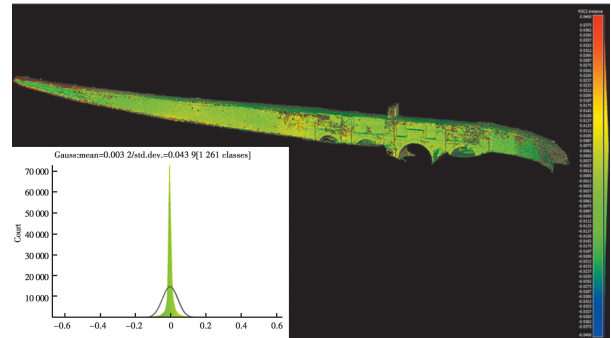


图 7 Carlo III 桥激光扫描获得的点云与摄影测量的比较图

历史建筑来说,如果是在地震活动区,那么历史建筑的抗震稳定性可靠性评估就显得格外重要,因为这些历史建筑中许多都是独特遗产的代表。为确定动态特性而进行的模型振动台试验提供了关于其地震稳定性的有价值的信息:薄弱部分和破坏的发生、发展机制;以及在设计健康监测时考虑的结构关键点。以两种古代砌体结构被作为研究对象,Mostar 古桥(图 8~图 10)和 Protiron 结构(图 11~图 13)进行了缩尺模型(1:9)振动台试验,通过测量模型关键点的加速度、相对位移和绝对位移、应变以及在振动台试验中的损伤识别,提供了该两种古代砌体结构的地震稳定性、破坏机制和薄弱点等重要信息。所获得的结果并已于验证这两处古迹的分析模型,今后也有可能用于规划其健康监测系统。Jara 等^[81]认为在墨西哥许多被认定为世界文化遗产的城市中,有许多具有重要历史价值的公路桥和铁路桥,虽然它们很重要,但很少有人研究这些古代砌体桥梁的起源和最终导致破坏的损伤机理。Jara 等^[81]工作的主要目标是获得这类古代砌体桥梁的动力特性,评估其地震易损性,他们通过进行环境振动测试确定了五座现存历史桥梁的动力特性,试验结果可以用于校准桥梁抗震分析的数值模型,并确定这些桥梁的地震易损性。



图 8 Mostar 古桥



图 9 Mostar 古桥 1:9模型

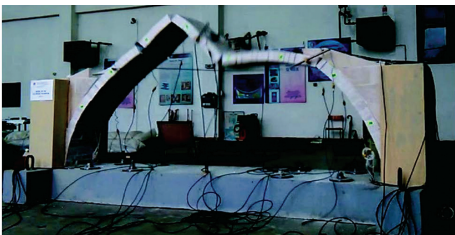


图 10 Mostar 古桥 1:9模型试验情况



图 11 Protiron 结构



图 12 Protiron 结构用于试验的模型

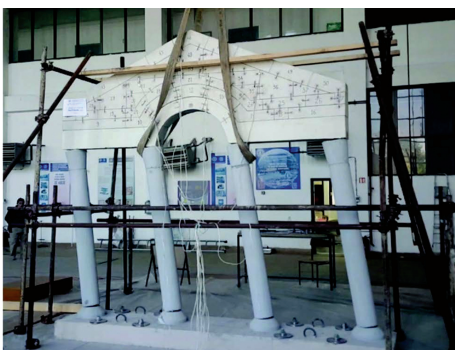


图 13 Protiron 结构模型试验的情况

在评估、修复与保护研究方面, Urquhart^[82] 围绕建于 1950 年的苏格兰早期混凝土桥进行了研究。在那个时期,混凝土从一种人们知之甚少的创新材料发展成为了设计规范广泛采用的现代混凝土。如今在苏格兰,大约 48% 的建于 1950 年的混凝土桥被列入了建筑遗产名录,但是还有更多具有真正的历史价值的混凝土桥并未列入。这些早期的桥梁现在的混凝土性能退化得非常严重,除非采取适当的保护措施,否则它们作为建筑遗产的生存能力可能会受到影响。Beben 等^[83] 对一座古代砌体拱桥的承载能力进行了分析。该拱桥建于 1886 年,由砖和石灰水泥砂浆砌筑而成。承载力分析的目的是为最终修复该桥使其达到与当前技术标准相适应的技术条件,保证能正常通行。计算中,采用了基于原桥材料试验获得的砌体和砂浆强度值,计算采用有限单元法,分别用两种程序进行了数值计算。并且分别进行了两铰拱模型和三铰拱模型的分析。讨论了由数值分析获得的结构中的轴力、剪力、弯矩、位移、正应力和剪应力等,判断了抗压和抗剪承载力情况。最后,提出了修复范围。Accornero 等^[84] 提出的压裂过程理论可为砌体拱桥的使用过程全寿命提供准确有效的评估,成果可更普遍地为目前基础设施中仍具有重要交通作用或重要历史遗产价值的大量古代砌体结构提供准确评估。其文中列出了对 3 座不同拱轴线和长细比的砌体拱桥进行的弹性-塑性-断裂全过程研究。Bush 等^[85] 认为传统桥梁,如廊桥(图 14~图 15),既可以让我们回忆过去的时光,又可以领略古代工程,并成为当地景观的一部分。因此,他们认为应该为后代保护这些具有文化遗产价值的传统桥梁。他们提出了一种文化遗产桥梁的保护性框架,该框架评估遗产桥梁的交通功能重要性和社会价值重要性,然后根据社会价值评级提出四种总体保护策略。该框架目前正被用于促进一些桥梁从活跃的高速公路交通枢纽过渡到永久受到保护的文化遗产。



图 14 Hartland 廊桥(世界最长的廊桥)

3 中国桥梁文化遗产研究动态

2020 年中国桥梁文化遗产的研究主要是围绕着古桥研究展开,也有少量桥梁工业遗产和古桥文化方面。与 2019 年相比,2020 年的研究突出了利用数字化手段传播桥梁文化,用有限元方法来分析古桥现有的安全状况。

在对中国古桥“软文化”与“硬实力”调查、研究、宣传和保护方面,陈力等^[86] 以山、水为基底,以古城与水系为载体,探索了福州城市的朝代更迭及其历史沿革,整理了各个时期



图 15 大小双廊廊桥



图 18 青龙风雨桥

城池轮廓及其水系的变化,对河流上古桥历史进行梳理,对典型案例的现存状况进行调研与分析。李瀛昱等^[87]以广西富川县瑶族风雨桥(图 16~图 19)作为研究依据,并以富川瑶族的历史文化与生存的自然环境作为贯穿的线索,对瑶族从村寨到庙宇及戏台展开了论述。对比了侗族和瑶族风雨桥建筑的相似与不同点,并试图探究其原因。肯定了它们是瑶族文化的重要产物,是留给世人的无价财富。富川瑶族风雨桥并非孤立存在的篇章,它们是富川当地民族历史、生活习俗、民间信仰、文化艺术、经济生活等因素的复合产物,它们之间相互交织、深入交流,共同构筑了涵盖民族性与地域性的深厚的风雨桥建筑文化,同时强烈地体现出瑶族的思想特质。



图 19 高桥风雨桥



图 16 回澜风雨桥



图 17 福寿风雨桥

许贵满等^[62]以少数民族地区的古桥作为研究对象,分析了目前黔南古桥存在的自然环境和人为因素对其破坏的问题,从科学技术手段、古桥价值文化旅游、法律法规等方面提出了保护古桥的建议。并且认为在贵州大数据旅游的背景下,不仅能够保护古桥,而且能够为当地的高原桥城文化旅游提供参考依据,将高原少数民族地区古桥与民族文化特色相结合,在不久的将来会给当地古桥文化旅游带来更好的

发展。

李安军^[23]指出古桥梁是浙东四明山区传统村落的重要元素,类型多样,内涵丰富,具有重要的建筑、历史人文和景观价值。在新农村和美丽乡村建设中,如何保护利用好留存不多的古桥梁,更好地传承古桥文化,是我们面临的重要现实课题。并以余姚四明山区的古桥梁为研究对象和实例,提出了系统性的保护利用对策。杨彩虹等^[88]指出滙阳河主河道邯郸段的石拱桥是邯郸地区重要的建筑遗产之一,深入研究石拱桥的建筑文化与艺术是研究古桥文化的重要途径。通过对滙阳河主河道邯郸段石拱桥(图 20)的现状进行深入调研,展现了石拱桥的营造技艺与装饰艺术,其可以彰显古桥的价值,引起各方人士的关注和重视,继而提高古桥的保护水平。

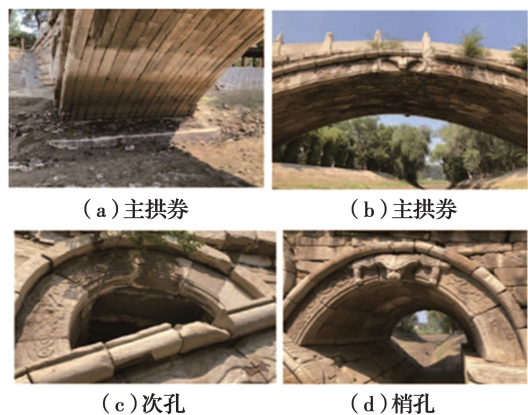


图 20 弘济桥拱券

Hua 等^[89]指出中国古代石拱桥是我国重要的建筑遗产之一,经常受到潜在倒塌问题的威胁。中国古代石拱桥拱圈的石料排列方式与西方石拱桥有很大的不同,这可能会导致

不同的垮塌方式。因此,具有典型“中国石排”特征的拱桥垮塌机理亟待研究。首先对中国古代石拱桥中常用的石材布置进行了详细的调查和总结。在此基础上,建立了4个典型拱桥的有限元模型,研究了其砂浆破坏过程、破坏模式及承载能力。在此基础上,分析了拱的摩擦系数对典型拱的破坏模式和承载力的影响。

在关于桥梁工业遗产和桥梁文化遗产的书籍的研究方面,张晶等^[90]认为中东铁路桥隧遗产是我国铁路遗产体系的重要组成部分,将其放在世界铁路桥隧产生与发展的背景下,通过文献整理、案例分析及比较归纳等方法,研究了严寒环境下中东铁路大跨度钢桥(图21)的铆接技术、结构材料和桥墩施工的特点,大型多跨铁路石桥的实现方式及钢筋混凝土在石桥中的应用方法,以及长距离隧道高精度勘测技术和对凿施工方法。并通过与同时期国内外桥隧建筑比较,总结中东铁路桥隧在当时的材料应用、结构创新、施工技术等方面的先进经验,进而提炼出中东铁路桥隧建筑在科技、文化、历史、艺术、社会等方面的价值和意义,以期为中东铁路遗产的系统性、科学性、完整性保护和未来申遗提供有益借鉴。



图21 第一松花江大桥资料图及现状

陈伟明^[91]探讨了《广济桥史料汇编》的文献价值,潮州广济桥(俗称湘子桥),位于广东潮州古城东面,横跨韩江东西两岸,昔为闽粤交通要道,距今已有八百多年历史,为全国重点文物保护单位。指出《广济桥史料汇编》以饶宗颐《广济桥志》和张树人《湘子桥考》两篇考据性著述为主,较全面地对广济桥的历史沿革及人文情况等进行考证论述,是一部具有重要历史价值和文献价值的书籍。

在利用数字化手段传播、有限元分析和用现代科技来调查研究与保护古桥方面,陈栋等^[57]认为绍兴古桥及其所蕴含的文化作为绍兴古城的重要组成部分,在当今城市高速发展的背景下却面临损毁、消失的窘境。并通过分析绍兴古桥数字化传播的现状,针对性地提出构建绍兴古桥“数字化共同体”的新媒体途径,通过立足于社交媒体以及利用数字化技术打造数字化体验馆等形式最大限度地保护和传播古桥文化,维持绍兴古城的可持续发展。杨振威等^[92]认为古代石拱桥大多根据经验设计,缺少相应规范校核,且受当前交通流

量增大、频繁承载甚至超载等交通环境恶化及石拱桥结构与材料性能退化的影响,古代石拱桥往往存在较大的安全隐患。并以洹河古代石拱桥为研究对象,基于大型通用有限元软件 ANSYS 平台,建立了洹河古代石拱桥的三维有限元模型。根据现行规范标准计算了古桥在重力与单车道车载与双车道车载等最不利荷载作用下,1/4跨、1/2跨和3/4跨等控制截面处的挠度和应力。其计算结果表明,在当前规范体系下,洹河古代石拱桥运营期应力和挠度满足现行规范要求,拱桥结构安全。所得结果可为石拱桥的保护与研究提供参考。傅康杰等^[93]采用无人机激光三维扫描技术实现古桥建筑全生命周期的数字化管理,用望春桥以及周边场景的点云数据构建3D模型,构建起“古桥建筑全生命周期数字化保护”框架,实现大众随时了解古桥信息,传承普及宁波古桥文化。Chen等^[94]在超声CT技术的基础上,提出了一种评价石质文物风化程度和稳定性的方法。对中国东部的古石桥古岳桥进行了检测,此桥建于大约820年前。首先利用超声CT技术获得桥面石柱纵波波速分布剖面;其次,根据石阶原位p波速度与同岩性新鲜岩样p波速度的比值,确定了石阶的风化程度;最后,在历史桥附近采石场采集不同风化程度的相同岩石试件,对其进行了p波速度、UCS和弹性模量测试,并提出了p波速度与这些力学特性之间的关系。根据这些关系,可以得到被检测的石材的力学性能分布。在此研究中,通过评估程序检测出历史石桥中一个石柱的两个垂直部分,因为不同的压力有不同的风化度,风化断面越高,其物理力学性能越差,这是影响老桥稳定的关键部位。

4 未来规划与研究展望

4.1 中外特点及学习经验

2020年中国研究所提出的保护桥梁经验有:将古桥文化与民族文化相结合^[62],利用数字化技术打造等方法最大限度地保护和传播古桥文化^[57-60],将桥梁的文化内涵与自然景观融为一体以形成独特的城市文化建筑形态^[58],通过价值转型重新构建价值体系^[95],将保护与传承结合起来^[61]等等。而国外研究提出的保护经验有:利用摄影或者建模分析古桥的保护状态、利用HBIM模型来支持古桥以后的维修和恢复、评估历史桥梁的地震易损性并规划健康监测、开发桥梁的优先评估框架、对遗产性的砌体桥梁进行寿命评估和修复等等。

比较中外的研究可以看出,国外的文献研究更加偏向于桥梁遗产实物保护,从结构的外形保护到结构的安全性保护再到结构的寿命、易损性评估;而中国的桥梁遗产文化的保护,从古桥文化与民族文化的结合到桥梁文化与城市文化的结合,再到桥梁遗产与自然景观和数字信息的结合。国内外的研究方向差异巨大,我们可以向国外学习,让古桥保护、桥梁文化遗产规划与保护不仅仅只从文化软实力方面入手,同时也应加强桥梁实物的检测、评估、保护、加固与健康监测等方面的研究和实践。

4.2 新时代桥梁文化遗产规划与保护的展望

随着时间的推移,越来越多的具有时代特征代表性和时

代技术代表性的桥梁应该被认同为文化遗产桥梁,且应被加以合理的遗产规划和保护。不要让众多具有历史文化价值的桥梁被城市的变迁、交通的拓展等行为毁掉。这就需要从立法到民众意识多层次、多维度地宣传和推进桥梁文化遗产的规划与保护。

同时,普通的文化遗产的保护方法不能再适用于现代社会的桥梁文化遗产的保护,必须让桥梁文化遗产的保护与时代共同进步,用先进、发达的科学技术来保护珍贵的桥梁文化遗产。

最后,在这自然、人文和社会科学相互交叉、渗透、发展的时代,信息技术的出现使学科之间的交融更加紧密,所以不仅要学习国外现有的保护方法,而且要紧跟时代的步伐,思考、研究和利用诸如光学、微波、激光雷达遥感、地理信息系统、卫星定位、虚拟现实、物联网、大数据等信息技术来开发和保护我国的桥梁文化遗产,使桥梁文化遗产规划和保护走上一条健康的可持续化发展的道路。

参考文献:

- [1] DELONY E. Context for world heritage bridges[C]. TICCIH, 1997.
- [2] 张方, 张开权, 邓捷超, 等. 桥梁文化遗产的规划和保护 2019 年度研究进展[J]. 土木与环境工程学报(中英文), 2020, 42(5): 201-212.
- [3] 张春琳, 万敏. 世界桥梁遗产的价值内涵及入选条件分析:《世界桥梁遗产报告(Context for World Heritage Bridges)》解读[J]. 华中建筑, 2018, 36(2): 13-16.
- [4] 丁媛. 中国古代桥梁文化专题研究[D]. 武汉: 华中师范大学, 2013.
- [5] 张霆. 桥梁建设背后的创造伟力与济世情怀: 中华民族桥梁文化精神与境界的一种解读[J]. 重庆交通大学学报(社会科学版), 2020, 20(1): 35-39.
- [6] 孙荣华. 江南水乡古桥文化(下): 浙江德清古桥梁初探[J]. 古建园林技术, 2005(3): 18-22.
- [7] 赵君尧. 福州古桥文化探微[J]. 闽江学院学报, 2005, 26(3): 22-27.
- [8] 孙荣华. 江南水乡古桥文化: 浙江德清古桥梁初探(上)[J]. 古建园林技术, 2005(2): 14-22.
- [9] 唐乐菱. 湖州古桥文化探秘[J]. 中国地名, 2005(3): 41-42.
- [10] 丁大钧. 中国绍兴现存古石桥建筑[J]. 建筑科学与工程学报, 2005, 22(1): 6-15, 23.
- [11] 何锦峰. 泰顺廊桥保护给水利建设带来的思考[J]. 浙江水利科技, 2005, 33(1): 81-83, 91.
- [12] 池凤仙. 寻找桥乡文化之根[J]. 思想·理论·教育, 2005(4): 55-58.
- [13] 吴正光. 贵州古桥的文物价值[J]. 贵州文史丛刊, 2003(2): 54-58.
- [14] 李甜甜, 李婵颖, 谢焯焯, 等. 绍兴桥文化认知及其价值开发的调查[J]. 绍兴文理学院学报(自然科学), 2016, 36(3): 95-102.
- [15] 仇丹, 赵慧宁. 最扬州之传统桥文化[J]. 美与时代(上), 2016(11): 43-44.
- [16] 宣屹颖, 周柯伊, 杨洲, 等. 小桥·流水·人家: 绍兴古城文化资源保护研究[J]. 现代装饰(理论), 2016(11): 180.
- [17] 姚良达, 肖治权, 余鸿图, 等. 古桥建筑文化与五音桥的修复研究[J]. 工程技术研究, 2016(6): 234-235.
- [18] 赵旒娜. 文化线路视野下浙东运河水系古桥梁的遗产构成研究[J]. 艺术与设计(理论), 2016, 2(10): 90-92.
- [19] 丁彦, 张良, 刘湛民. 中国桥文化的数字化传承与发展: 常州古桥的前世今生[J]. 美与时代(城市版), 2016(9): 13-14.
- [20] 严波, 张勇. 苏南城市规划中古桥文化遗产的保护模式: 以常州古桥遗产保护为例[J]. 江苏地方志, 2016(4): 4-9.
- [21] SHI Y Y, MIN Q W, HE L, et al. Agricultural heritage systems: A bridge between urban and rural development[J]. Journal of Resources and Ecology, 2016, 7(3): 187-196.
- [22] 蔡祥梅. 明代南京桥梁研究[D]. 西安: 陕西师范大学, 2016.
- [23] 李安军. 浙东四明山区古桥梁保护利用研究: 以余姚市为例[J]. 中国港口, 2020(Sup1): 89-97.
- [24] 杨晖, 张雪梅, 姜雪丽, 等. 无锡古桥的历史文化内涵与保护研究[J]. 江南论坛, 2015(12): 33-34.
- [25] 彭传怀, 李春艳. 俄侨文化遗产: 中俄人文交流的桥梁和纽带[J]. 边疆经济与文化, 2015(12): 38-39.
- [26] 贾艳. 浙江余杭石拱桥研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2015.
- [27] 黄雄, 万敏. 世界遗产视野下的桥梁遗产解读与思考[C]//2015 中国城市规划年会论文集. 贵阳, 2015: 311-320.
- [28] 邓程. 荆楚艺术符号的重塑与运用—武汉景观桥艺术风格创新研究[D]. 武汉: 武汉理工大学, 2015.
- [29] 杨艳, 孙潮, 陈宝春. 现有世界文化遗产桥梁的核心价值及中国古桥申遗的思考[J]. 世界桥梁, 2015, 43(2): 65-71.
- [30] 向同明, 龙宇晓. 侗族濒危桥梁文化遗产的抢救记录与传承保护[J]. 民族论坛, 2015(2): 42-46.
- [31] 黄巍. 架起沟通文化遗产保护与旅游开发的桥梁[C]//博物馆藏品架起沟通的桥梁——广西博物馆协会首届学术研讨会暨广西壮族自治区博物馆第七届学术研讨会论文集. 南宁, 2014: 93-99.
- [32] 季宪. 中东铁路干线铁路遗产景观形态特征研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2015.
- [33] 查娜. 无锡古桥艺术特色研究[D]. 江苏 无锡: 江南大学, 2014.

- [34] 刘晓庆. 四川桥文化旅游资源研究[D]. 成都: 四川师范大学, 2014.
- [35] 岳芳令. 传统地域文化的保护及在景观设计中的展示与传承: 以泸县九曲河中心公园为例[D]. 西安: 西安建筑科技大学, 2014.
- [36] 万敏, 黄雄, 温义. 活态桥梁遗产及其在我国的发展[J]. 中国园林, 2014, 30(2): 39-43.
- [37] 万敏, 黄雄, 温义, 等. 活态桥梁遗产及其在我国的发展[C]. 绿色交响、盛世园林——第九届中国国际园林博览会文论汇编, 北京, 2013, 6.
- [38] 张冬宁. 世界遗产视野下的中国古代经典石桥申遗研究: 以河北赵州桥、福建洛阳桥和北京卢沟桥为例[D]. 河南 开封: 河南大学, 2013.
- [39] 陈学文. 明清江南(湖州)的桥与桥文化[N]. 中国文化报, 2013-03-14(14).
- [40] 黄雄. 活态型桥梁遗产的内涵与价值研究[D]. 武汉: 华中科技大学, 2013.
- [41] 张伦超, 梁成燕. 滁州市城市文化建设之滁州城区桥文化发掘与研究[J]. 科技资讯, 2012, 10(35): 205-206.
- [42] 王明宇. 赵州历史街区保护的文脉传承[J]. 城乡建设, 2012(7): 26-27.
- [43] 乐振华. 绍兴古桥遗产构成与保护研究[D]. 杭州: 浙江农林大学, 2012.
- [44] 朱铁军. 江南古桥及文化的地域性功能研究[J]. 安徽农业大学学报(社会科学版), 2012, 21(2): 127-131.
- [45] 朱铁军. 江南古桥本体及文化综合分析和规划保护研究[J]. 安徽理工大学学报(社会科学版), 2012, 14(1): 97-101.
- [46] 黄正良. 刍议云南古桥文化遗产资料的收集和整理[J]. 黑龙江史志, 2011(15): 32-33, 35.
- [47] 项贻强, 刘成熹. 西方近代桥梁的杰作及对文化遗产的贡献[J]. 世界桥梁, 2010, 38(2): 70-73, 78.
- [48] 朱铁军. 江南古桥文化与地域环境关联探究[D]. 安徽芜湖: 安徽工程大学, 2010.
- [49] 林义元. 古桥与泉州社会[D]. 福州: 福建师范大学, 2010.
- [50] 蒋焯. 中国廊桥建筑与文化研究[D]. 长沙: 中南大学, 2010.
- [51] 黄正良, 尹桂丽, 赵志宏. 大理州云龙古桥文化探析[J]. 大理学院学报, 2009, 8(7): 10-13.
- [52] 孟游. 列入《世界遗产名录》的桥梁[J]. 集邮博览, 2009(6): 17-18.
- [53] 周丽. 湖南古代桥梁结构类型和特点研究[D]. 长沙: 湖南大学, 2008.
- [54] 任晓婷. 工业遗产中桥梁建筑的保护与更新研究[D]. 长沙: 长沙理工大学, 2008.
- [55] 张霞, 张放陶. 物质文化遗产中的科学技术支撑: 古代桥梁和古代铜殿个例鉴赏[J]. 山西科技, 2006, 21(5): 22-23, 31.
- [56] 郭唯, 袁书琪, 李晓. 福州古桥文化资源特征、保护及开发利用初探[J]. 福建地理, 2006, 1(2): 55-58.
- [57] 陈栋, 张欣. 绍兴古桥文化的数字化传播研究[J]. 新闻研究导刊, 2020, 11(18): 25-26.
- [58] 沈海龙, 刘继莲. 苏州明清古桥文化景观资源开发初探[J]. 中华环境, 2020(9): 76-78.
- [59] 屠剑虹. 让桥文化成为文旅融合的新亮点[N]. 绍兴日报, 2020-08-06(3).
- [60] 王悦. 数字人文视域下苏州古桥文化遗产档案开发利用研究[D]. 江苏 苏州: 苏州大学, 2020.
- [61] 钱燕璇. 浅析潮州广济桥的传承与发展[J]. 文物鉴定与鉴赏, 2020(11): 156-157.
- [62] 许贵满, 韩海娅, 白浩. 黔南民族古桥旅游发展问题及保护建议[J]. 福建建材, 2020(4): 39-40, 47.
- [63] 何治国. 赣“压白尺”古桥文化保护研究: 以澄波桥长、宽、高、桥门为例[J]. 美术大观, 2019(8): 132-134.
- [64] 刘加维, 刘静波. 重庆桥文化体系构建初探[J]. 建筑与文化, 2019(6): 162-164.
- [65] 夏骥. 贵州“一线路”古驿道遗产特征及保护策略研究: 以东段既存桥梁遗产为例[D]. 贵阳: 贵州大学, 2019.
- [66] 徐敏, 汪娟. 论嘉兴古桥蕴含的文化内涵及其意义[J]. 科技视界, 2018(33): 79-81.
- [67] 何治国. 赣“压白尺”古桥文化保护研究: 以铅山澄波桥桥基为例[J]. 美与时代(上), 2018(9): 53-55.
- [68] 张书言, 周阳. 古桥文化遗产中的保护模式和发展趋势: 以常熟古桥保护为例[J]. 科教导刊(下旬), 2018(15): 161-162, 166.
- [69] 张春琳. 活态遗产桥梁的价值及其评价研究[D]. 武汉: 华中科技大学, 2018.
- [70] 杨亚丹. 河北重要古桥的保护与展示[D]. 南京: 南京师范大学, 2018.
- [71] 翟羽佳. 常州古桥文化的保护与发展[J]. 名作欣赏, 2017(35): 108-111.
- [72] 孙思佳. 绍兴石桥文化对日本石桥发展的影响研究: 以日本长崎石桥群为对象的调查分析[J]. 产业与科技论坛, 2017, 16(21): 106-109.
- [73] 张丽珍. 北侗盆处古桥文化的历史溯源与功能价值探析[J]. 湖北职业技术学院学报, 2017, 20(2): 71-74.
- [74] 吴国军, 赵丹娅, 宋笑笑, 等. 传统与现实之间: 湖州练市古桥文化研究与保护[J]. 才智, 2017(14): 216, 218.
- [75] 朱邓吉, 虞光云, 徐吉航. 大运河古桥文化历史街区的衍生产品初探[J]. 山西青年, 2017(7): 279.
- [76] 严波, 瞿小佩, 张勇. 苏南城市规划中古桥文化遗产的保护模式研究——以常州古桥遗产保护为例[J]. 江苏城市规划, 2017(3): 10-16.
- [77] 徐昊铨, 陈伟. 从文化承载物的角度对宁波在保护古桥上的现状研究[J]. 中外建筑, 2017(1): 45-48.
- [78] GRIFA C, GERMINARIO C, IZZO F, et al. Damage

- diagnosis of ponte rotto, a Roman bridge along the ancient appia [J]. *International Journal of Conservation Science*, 2020, 11(1): 277-290.
- [79] CONTI A, FIORINI L, MASSARO R, et al. HBIM for the preservation of a historic infrastructure: The Carlo III bridge of the Carolino Aqueduct [J]. *Applied Geomatics*, 2020: 1-11.
- [80] KRSTEVSKA L, NIKOLIĆ Ž, KUSTURA M. Shake table testing of two historical masonry structures for estimation of their seismic stability [J]. *International Journal of Architectural Heritage*, 2021, 15(1): 45-63.
- [81] JARA J M, LÓPEZ J I, OLMOS B A, et al. Effect of seismic source type on the expected behavior of historic arch bridges [J]. *International Journal of Architectural Heritage*, 2020: 1-27.
- [82] URQUHART D C M. The early concrete bridges of Scotland: A heritage at risk? [J]. *Journal of Architectural Conservation*, 2020, 26(3): 201-214.
- [83] BEBEN D, UKLEJA J, MALESKA T, et al. Study on the restoration of a masonry arch viaduct: Numerical analysis and lab tests [J]. *Materials*, 2020, 13(8): 1846.
- [84] ACCORNERO F, LACIDOGNA G. Safety assessment of masonry arch bridges considering the fracturing benefit [J]. *Applied Sciences*, 2020, 10(10): 3490.
- [85] BUSH S J W, DEAN A, WHITE C, et al. Prioritization framework for asset management of new brunswick's covered bridges [J]. *Journal of Performance of Constructed Facilities*, 2020, 34(4): 04020049.
- [86] 陈力, 陈天童, 关瑞明. 福州古城水系中的古桥初探 [J]. *华中建筑*, 2020, 38(8): 138-143.
- [87] 李瀛昱. 富川瑶族风雨桥建筑形制与文化研究[D]. 南宁: 广西民族大学, 2020.
- [88] 杨彩虹, 杨佳楠. 滏阳河主河道石拱桥的建筑文化与艺术解析[J]. *河北工程大学学报(社会科学版)*, 2020, 37(4): 103-107.
- [89] HUA Y W, CHUN Q, JIN H. Research on collapse modes and bearing capacities of ancient Chinese stone arch bridges built with different stone arrangements [J]. *International Journal of Architectural Heritage*, 2020: 1-24.
- [90] 张晶, 刘松茯. 中东铁路桥隧遗产的特质与价值研究 [J]. *建筑遗产*, 2020(3): 94-101.
- [91] 陈伟明. 略论《广济桥史料汇编》的文献价值[J]. *大众文艺*, 2020(4): 202-203.
- [92] 杨振威, 任克彬, 谭亚可. 洄河石拱古桥运营期结构安全仿真分析[J]. *水利与建筑工程学报*, 2020, 18(4): 87-93.
- [93] 傅康杰, 吕奕城, 孙宏权. 基于 BIM 的古桥数字化保护应用: 以宁波望春桥为例[J]. *江西建材*, 2020(4): 80-81.
- [94] CHEN X, QI X B, XU Z Y. Determination of weathered degree and mechanical properties of stone relics with ultrasonic CT: A case study of an ancient stone bridge in China [J]. *Journal of Cultural Heritage*, 2020, 42: 131-138.
- [95] 刘起. 兰州黄河铁桥考量及价值转型探讨[J]. *兰州交通大学学报*, 2020, 39(1): 147-152.

(编辑 王森卉)