

doi: 10.11835/j.issn.2096-6717.2020.115

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



桥梁文化遗产的规划和保护 2019 年度研究进展

张方^{1,2}, 张开权¹, 邓捷超¹, 翟文强^{3,1}, 钱永久¹

(1. 西南交通大学 土木工程学院, 成都 610031; 2. 河北省土木工程诊断、改造与抗灾重点实验室, 河北 张家口 075000; 3. 北京建筑大学 土木与交通工程学院, 北京 100044)

摘要:世界范围内文化遗产的规划和保护都越来越受到人们的关注,而桥梁文化遗产的系统研究和保护尚在起步。从桥梁文化遗产保护及规划的思想启蒙到桥梁文化遗产的概念,再到世界各国遗产桥梁及文化遗产保护、规划的历程和经验等进行了阐述和总结,同时,论证了其必要性与紧迫性。在总结现有研究基础上,结合中国实际情况,对桥梁文化遗产保护及规划提出了展望,旨在帮助桥梁工作者们快速、全方位地了解桥梁文化遗产的规划和保护这一新兴学科,希望能够将桥梁文化遗产规划和保护这一思想融入到今后的桥梁工作中。

关键词:桥梁遗产;文化遗产;古桥;世界文化遗产名录;保护经验

中图分类号:TU87 **文献标志码:**R **文章编号:**2096-6717(2020)05-0201-12

State-of-the-art review of planning and protection of bridge cultural heritage in 2019

Zhang Fang^{1,2}, Zhang Kaiquan¹, Deng Jiechao¹, Zhai Wenqiang^{3,1}, Qian Yongjiu¹

(1. School of Civil Engineering, Southwest Jiaotong University, Chengdu 610036, P. R. China; 2. Hebei Key Laboratory of Diagnosis Reconstruction and Anti-disaster of Civil Engineering, Zhangjiakou 075000, P. R. China; 3. School of Civil and Transportation Engineering, Beijing University of Civil Engineering and Architecture, Beijing 100044, P. R. China)

Abstract: Around the world, people pay more and more attention to the planning and protection of cultural heritage, while the systematic research and protection of bridge cultural heritage is still at the early stage. From the enlightenment and countermeasures of the planning and protection of heritage bridge to the concept of bridge cultural heritage, and then to the process and experience of the world heritage bridge and cultural heritage protection and planning, this paper demonstrates its necessity and urgency. On the basis of summarizing the existing research, combined with the actual situation of China, this paper puts forward the exhibition of the planning and protection of heritage bridge. This paper aims to help bridge designers quickly and comprehensively understand the new discipline of the planning and protection of heritage

收稿日期:2020-04-11

基金项目:国家自然科学基金(51778532);河北省土木工程诊断、改造与抗灾重点实验室开放基金(2016)

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.

Received: 2020-04-11

Foundation items: National Natural Science Foundation of China (No. 51778532); Open Fund of Hebei Key Laboratory of Diagnosis Reconstruction and Anti-disaster of Civil Engineering (2016)

Author brief: Zhang Fang (1974-), PhD, main research interests: evaluation, diagnosis and reinforcement theory of existing bridge, planning and protection of bridge cultural heritage, construction monitoring and health monitoring of long-span bridges, E-mail: fangzhang@swjtu.edu.cn.

bridge, hoping to integrate the idea of bridge cultural heritage planning and protection into the future bridge work.

Keywords: heritage bridges; cultural heritage; ancient bridge; world heritage list; protection experience

桥梁文化遗产的规划和保护是桥梁工程研究的一个新方向。按照联合国教育科学文化组织的定义,文化遗产主要包括物质文化遗产(含文化遗产——主要指文物、遗址、建筑群和文化景观)和非物质文化遗产两大类。中国文化遗产的规划和保护起步较晚,2005年8月,国家文物局正式公布采用金沙四鸟绕日金饰图案作为中国文化遗产标志,同年12月,国务院颁布了《关于加强文化遗产保护的通知》,对中国的非物质文化遗产范围进行了界定。“遗产桥梁”(Heritage Bridges)概念的提出是由国际古迹遗址保护协会及其国际工业遗产保护协会在《世界桥梁遗产报告》(1996年)中率先提出的^[1]。虽然是2019年度的研究进展,但单纯2019年度文献较少,故对该方向的定义、由来及发展趋势也一并做扼要介绍。

1 古桥、遗产桥梁和桥梁文化遗产

对古桥的认识和研究,在茅以升先生的引领下,曾在20世纪60年代掀起过一股高潮^[2-3]。茅以升先生认为,“桥梁是代表文化的一种物质建设^[2]”,中国文化历史悠久,各地均有大量的古桥和古桥遗迹存留下来,这些古桥或者遗迹,有些在历史上起过重大作用,有些在艺术上独具一格,有些在创造发明上贡献巨大。总之,无论是在文化传承、历史延续、艺术创造还是科学技术上,它们的价值,在任何时候都是无法估计的。在茅以升等老一辈桥梁大师的推动下,泸定桥、洛阳桥、珠浦桥、卢沟桥、安济桥、广济桥及灞桥等著名古桥才广为人知,珠浦桥就是四川都江堰的安澜桥,作者所在科研团队还为安澜桥的保护做过一些工作。这一时期对古桥的研究和保护成果可归纳为4个方面:

1)发现和揭示某座古桥或某古桥群落,对发现的过程简要概述后重点描述了古桥的现存形态,并对其历史进行一定的挖掘,目的在于向读者介绍该桥和呼吁进行应有的保护,如文献^[4-23]。

2)当一定区域(如省份)古桥研究积累到一定程度,学者们对其进行一番综合介绍和研究,反映出当地桥梁文化历史的传承和特色,如浙江古桥^[24]、浙闽木拱廊桥^[25]、福建古桥^[26]、湖州古桥^[27]、广西古

桥^[28]、贵州古桥^[29]、三峡库区古桥^[30]、湖北古代桥梁建筑^[31]、闽侯古代桥梁^[32]、绍兴石桥^[33]等。

3)还有一类研究只针对一类桥梁或者一种当地有特色的桥梁进行文化探索和保护研究,如闽浙虹桥^[34-35]、广济桥稳定性^[36]、绍兴八字桥的保护维修^[37]、广济桥加固^[38]、桥梁保护方法评价^[39]、上海外白渡桥保护修缮^[40]等。

4)对古桥进行全面综合研究的宏篇巨作和系统性专著中,代表性作品有《中国古桥技术史》^[41]、《中国科学技术史·桥梁卷》^[42]、《中国桥谱》^[43]、《中国桥梁史纲》^[44]、《中国古代桥梁文献精选》^[45]、中国古桥艺术评述^[46]、中国古桥在结构上的成就^[47-48]。近年值得推荐的是,杨志强等^[49]所著的《石桥营造技艺》和季海波等^[50]所著《木拱桥传统营造技艺》,均为浙江省非物质文化遗产代表作丛中桥梁文化遗产的专著。

20世纪80年代,改革开放对交通提出了前所未有的巨大需求,桥梁研究和技术发展力量集中到了新建桥梁,古桥研究和社会关注一度几乎停止。

进入21世纪,世界文化遗产研究和保护得到广泛理解和重视,一些建筑和规划学者开始意识到中国的古代桥梁应该纳入文化遗产研究和保护中,万敏等^[51-52]提出遗产桥梁和桥梁遗产的概念,遗产桥梁的概念源于20世纪90年代国际古迹遗址理事会(简称ICOMOS)受联合国教科文组织委托开展的一次古代桥梁调查研究,调查研究的成果由ICOMOS和TICCIH(国际工业遗产保护委员会)联合出版了《世界遗产桥梁报告》(Context for World Heritage Bridges)^[1]。但遗憾的是,直到目前,遗产桥梁仍不是世界文化遗产体系中一个独立的遗产门类。一些进入世界文化遗产名录的桥梁均是通过其他门类进入的,比如文化景观、工业遗产、历史城镇与村落。

近现代桥梁作为现代工业的产物,如今为工业遗产体系所包容,是毫无争议的。王建国等^[53]提出“交通运输业建筑”应属“产业类历史建筑”之范畴。在上海外白渡桥、乍浦路桥、四川路桥等作为产业遗产获得研究者青睐^[54]的同时,钱塘江大桥^[55]、兰州黄河铁桥^[56]等都以工业遗产类别重新获得重视和

保护。

无论是“弯弯飞桥出,潏潏半月馥”、“横桥远亘如游龙,明珠影落长河中”,还是“波光柳色碧溟蒙,曲渚斜桥画舸通”,中国古桥,本来就是文化景观不可或缺的一部分,将古桥作为文化景观遗产中的一部分进行保护和研究得到越来越多学者的重视^[57-60]。

按照世界文化遗产的归类,文化遗产还包括历史城镇和村落,而还有一些桥梁,就散落在众多城镇与村落中,与它们一同研究、一同保护,意义深远^[61-64]。

随着世界文化遗产保护观念的深入和中国“申遗”工作持续开展,加上中国文物保护体制的进一步完善,古桥和一些近现代桥梁得到了重视和保护,在中国6批国家重点文物保护单位中的桥梁已有47座。然而,这还远远不够。数以千计具有遗产保护价值的珍贵桥梁,在自然侵蚀和人为破坏下,常常遭到严重的、甚至是毁灭性的摧残,造成不可弥补的损失。

在已经入选的世界文化遗产中,单纯以桥梁或者桥梁为主申报成功的,只有为数不多的6座。然而到目前为止,中国却没有一座桥梁入选世界文化遗产。除去接触世界文化遗产体系较晚、文化差异等因素以外,对遗产桥梁的本质研究和提炼不足是显而易见的。杨艳等^[65]认为,尽管中国的木拱桥等古桥极具申报价值,但已有的申遗研究中,往往是以这些桥梁所承载的文化、所附属的建筑和所处环境的协调、呼应等为主线,忽视了对桥梁本身价值的研究。因此,对于从事桥梁教育、设计、建造等桥梁事业的人,提高对桥梁文化遗产规划和保护的意识和能力,责无旁贷!

首先,桥梁文化遗产规划和保护不太同于遗产桥梁的概念,它更广泛而深入,是学术范畴中的一个学科方向及其所包含的工作内容。当前阶段,桥梁文化遗产规划和保护是指将中国一些桥梁作为中国乃至人类桥梁设计、建造、运维等活动的遗存,连同其上的附属设施、所在环境、所处交通节点等一并进行科学、系统的规划和保护,以反映人类不同阶段文明程度和科技工业水平下的桥梁设计能力、建造能力、运营维护能力,从而实现保存并展现它们所具有的科技、历史、社会、文化和艺术的突出价值。桥梁不仅是“老”、“旧”到一定程度,才会成为或者就会成为桥梁文化遗产。

其次,应该把“桥梁文化遗产规划和保护”作为学科来进行研究和教育传承,才可能形成一个由中央政府、地方政府、咨询机构、社团组织及科研机构共同构成的文化遗产保护体系,让学有所长的专业人士发挥作用,那么,才可能成为一个具有真正生命力的事业而持续下去。

第三,桥梁本身就是一个涵盖了材料、数学、力学、工程、信息、交通、地质、气候等多学科的综合性人造构造物,桥梁学科从诞生之日起就是集大成的跨学科专业,也才有了土木工程皇冠上的一颗明珠之美誉。“桥梁文化遗产规划和保护”亦是不折不扣的跨学科方向,应该集合所涉及的所有学科共同托举。

2 桥梁遗产保护的制度与原则

入选世界文化遗产名录并不是桥梁文化遗产规划和保护的最终目的,但是,入选会给桥梁遗产乃至这个学科方向带来许多积极的长远影响,尤其是现在还没有零的突破。张春琳等^[66]对桥梁入选世界文化遗产名录的条件进行了分析。

2.1 入选的必备条件

能够成为世界文化遗产,其地位应该是纪念碑式的,或者必须具有突出的普遍价值。这个普遍价值,需要从工程、技术、交通、交流、工业、历史或文化等方面来阐述或解释^[1]。对于一座桥梁,也就是只有满足以下条件中的一个或多个,才具备作为世界文化遗产的遗址或遗迹进入世界文化遗产目录的基本条件。

1)该桥是人类创造天赋的杰作^[1]。例如:西班牙的比斯卡亚桥(Vizcaya Bridge,图1)^[32]、伦敦塔桥(Tower Bridge,图2)^[32],它们的桥型、桥式或者功能都体现了设计或建造者的创新天赋。

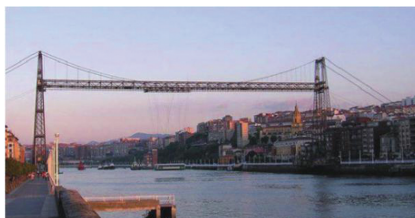


图1 西班牙 Vizcaya 桥^[66]

Fig. 1 Vizcaya Bridge in Spain^[66]

2)在一定时间跨度内,或者是在世界上某一特色文化区域范围内,这座桥梁在诸如工程理论、技术、施工、交通运输和文化交流等方面产生过或仍然

图 2 伦敦塔桥^[66]Fig. 2 Tower Bridge^[66]

具有重大的影响^[1]。例如被大家熟知的美国的金门大桥(Golden Gate Bridge,图 3)^[32]和地处波黑地区的穆罕默德·巴夏·索科罗维奇大桥(Mehmed Pasa Sokolovic Bridge in Visegrad,图 4)^[32]。

图 3 金门大桥^[66]Fig. 3 Golden Gate Bridge^[66]图 4 穆罕默德·巴夏·索科罗维奇大桥^[66]Fig. 4 Mehmed Pasa Sokolovic Bridge in Visegrad^[66]

3) 该桥作为突出的案例展示了桥梁工程或技术发展的重要阶段^[1]。例如法国加尔桥(Pont du Gard,图 5),它作为古罗马时代的高架引水桥,在技术和艺术上都堪称杰作。

图 5 法国加尔桥^[66]Fig. 5 Pont du Gard^[66]

2.2 原真性原则

“像其他遗产一样,世界桥梁遗产必须在设计、

材料、工艺或配置等方面通过真实性检验”^[1]。关于原真性原则的考量中,桥梁遗产常常会遇到两种特殊情况:一个就是对古桥的重建;另一个就是桥梁的迁移。为确保申遗的成功,必须坚持重建要拥有原有桥梁完整、详细的文档资料并不加任何猜想^[1]。例如波黑的莫斯塔尔桥(Old Bridge of Mostar,图 6)。

图 6 莫斯塔尔桥^[66]Fig. 6 Old Bridge of Mostar^[66]

2.3 保护立法

在被提名列入世界文化遗产名录前,必须要确认该桥还受到了法律和落实到位的管理机制的保护。

2.4 对比分析

该原则强调申遗桥梁都必须与其所在国境内的同一时期、同一类型的桥梁作必要的比较和分析^[1]。这个原则的目的显而易见,比较分析才能突出说明申遗桥梁在国际和国内范围的重要性。

综上所述,要入选世界文化遗产名录就需要将拟申报的桥梁遗产放在其建造时代及其后,在其所在国境内或全球范围内进行考量,突出其作为桥梁所代表的杰出艺术创造性、工程理论、工程技术、施工方法和水平、交通运输和物资文化交流,以及这些方面所折射的重大影响或者重要阶段。按照文化的传承性,我们现在正在进行设计和建造的桥梁,在有条件的情况下,是不是也应该对比这些条件来开展工作呢?当然,入选世界文化遗产名录只是“桥梁文化遗产规划和保护”工作中的一项,而非终极目标。我们应该参照此标准,建立中国自有的桥梁遗产名录。

3 各国的文化遗产保护经验及桥梁遗产近期相关研究进展

对于文化遗产保护,桥梁工作者比较陌生。文化遗产是全人类的财富,许多国家都在积极努力致力于保护本国的文化遗产免受现代经济发展的负面影响。在致力于本国文化遗产事业的同时,联合国

教科文组织也积极倡导各个国家在遗产保护领域加强合作,共同促进文化遗产保护的和谐发展,促进世界文化多样性。中国应该抓住机遇,在探索本国文化遗产保护模式的同时,积极学习发达国家文化遗产的保护经验,促进文化遗产保护体制和机制的建立^[67-68],桥梁文化遗产保护更当如此。

3.1 法国文化遗产保护经验概要

无论是立法、组织还是实践,在文化遗产保护方面,法国一直走在世界前列。其组织机构为:文化部作为文化遗产保护工作的最高决策机构,其下属设置历史纪念物基金会。并且,文化事业部作为必备机构设在每个行政区的政府内部,以承担文化遗产保护和管理责任。而负责组织相关业务的是文化遗产保护委员会,其特色鲜明:

1)具有相关性的行政部门公职人员、社会团体负责人、民意代表进入到专家组成的委员中。

2)设立诸如文化遗产保护最高委员会、文化遗产保护登记管理国家委员会、古迹研究国家(高级)顾问团等性质不同的文化遗产保护委员会。

在实际运行中,民间社团组织受委托承担了文化遗产保护的绝大多数工作。

特别值得思考和学习的是:其重视文化遗产保护工作的队伍建设,并将文化遗产保护视为一门科学进行长期建设,逐步建立和持续发展出一套完善的教学体系与科研体系,从而科学地从国家层面确保了文化遗产保护工作的科学性与持久性。

就桥梁遗产相关保护,法国“历史性纪念物保护法(1913年)”、“景观保护法(1931年)”和“保护地区法(1962年)”三法构成了很好的法律体系,加上城市的地方政策、国民对建筑文化的关心和城市环境的重视共同保障了法律的执行和发展。

3.2 英国文化遗产保护经验概要

英国文化遗产保护的历史是一个从自发到自觉的过程。其组织机构已形成了一个由中央政府、地方政府和社会团体共同组建的组织网络。中央政府由文化、媒体与体育部负责,其下分设8个顾问委员会来为政府文化遗产保护工作提供必要的技术咨询。其中,民间组织也同样发挥了重要作用。英国民间组织所招募的会员普遍为致力于文化遗产保护的专业人士和热心人,也有不少老宅的所有者。协会分成两类:一类负责文化遗产的维护;一类负责有关文化遗产的咨询工作,如遗产登记、遗产环境变更

等。英国可借鉴的经验包括:1)借助民间与市场的力量保护文化遗产,其真正负责具体实施工作,包括大家熟知的英格兰遗产和英格兰皇家历史遗迹委员会,有趣的是,它们都是非政府机构。此外,还有众多民间组织参与其中。2)强调法律与章程的可操作性。3)通过城乡规划对历史建筑实施整体保护。

就桥梁遗产相关保护,英国的“编目”制值得我们学习。政府把有特殊或历史意义的建筑古迹按年限等条件分级编成细目表,分I级、II级和III级,不同级别受保护程度不同,I级最严格。同时,划定保护区、列入世界文化遗产,作为编目政策的补充。保护工作为法国带来了相当大的财富,1988年,通过开放古建筑、遗址,仅从其国内游客身上就赚取了78亿英镑,并同时创造了16000个就业机会。

3.3 美国文化遗产保护经验概要

美国由于历史短,其文化遗产保护重点集中在历史遗址、遗迹及自然遗产等几个方面,并主要以国家公园方式进行,尤其对民间风俗习惯等非物质文化遗产特别青睐。美国的“国家公园”既包括了“国家湖滨”、“国家景观大道”等自然景观,也包括了诸如“国家纪念战场”、“国家历史街区”等人文景观。史迹保护联邦理事会和国家公园司是美国遗产保护的最高权力机构,同属美国内政部。前者负责文化遗产保护方案的制订与决策,后者负责文化及自然遗产。各州也都设立了相应的史迹保护办公室。社会团体也发挥着重要作用,如“全国史迹信托组织”、“古迹保护行动组织”等。美国民间社团组织对教育国民增强文物意识、接受重要文化遗产及遗产地的馈赠、文化遗产及遗产地的保护与管理等诸多具体工作负责。可借鉴的经验包括:1)重视自然遗产保护,首创国家公园模式;2)强调对自然及文化遗产的整体保护;3)关注非物质文化遗产及传统民俗事项的保护。就桥梁遗产相关保护,美国土木工程师协会 ASCE 主持的国际土木工程里程碑建筑评选在全球范围评选世界最辉煌的土木工程范例,最为瞩目。值得骄傲的是,中国赵州桥(安济桥)于1991年9月被该协会选定为最悠久的“国际历史土木工程里程碑”。被该协会选定为里程碑的桥梁还包括英国的伦敦铁桥和澳大利亚的悉尼湾大桥。

3.4 日本文化遗产保护经验概要

日本是亚洲文化遗产保护工作做得最好的国家。其鲜明特点包括:

1) 重视立法和法律的与时俱进,其著名的《文化财产保护法》经过多年的不断完善,已经成为一部十分完善的民族文化保护法典。该法明确规定“由国家设立文化财产保护委员会,用于保护传统文化艺术”。

2) 日本强调“推行保护,重在措施”,其科学的认定程序是“重要无形文化财产”项目认定和“人间国宝”命名的制度保证。这些工作,持续地将整个日本社会对于传统文化遗产的重视程度提到最高。而文化财产持有者也因为作为文化财产的传承人而得到保护。

3) 日本除了国家给予必要的物质和精神奖励外,还十分重视各级地方政府,甚至包括民间组织和个人的参与,并对各方的权力与义务给出明确的规定。

4) 日本对文化遗产的活用最为显著,其多数文化遗产都并非仅仅停留在简单的“保护”上,而是要在社会文化生活中最大限度地发挥出文化财产的作用。

3.5 桥梁遗产研究 2019 年度进展

2019 年中国见刊的研究成果不多,一些民族地区特色桥梁开始引起研究者的关注和保护、铁路和运河遗产工作将桥梁遗产包括其中是两个鲜明特点。艾斯卡尔·模拉克等^[69]通过对达坂城木拱桥进行现场勘查,分析了建桥特征及其现状,针对其病害,提出从 7 个方面进行抢救性修缮保护和环境整治措施。张超等^[70]选取大运河山东段古桥进行研究,对其历史变迁和空间分布特征进行分析,总结了其遗产构成、历史价值、文化价值、科学价值和艺术价值,提出了适当、适度修缮,避免盲目复原;发掘遗产内涵,合理展示利用;完善制度规定,广泛发动群众;建立资源档案,完备古桥信息;保护古桥民俗,注重活态保护等措施。

朱云生等^[71]通过对滇越铁路及个碧石铁路的实地调查、勘测和走访,以及汇总和分析之前的调查材料,对铁道线上和铁路沿线地区的文化遗产分布情况进行详细的汇总,详细地阐述了站房及附属建筑、桥梁、隧道以及其他建筑保存现状和分布情况,分析了滇越铁路及个碧石铁路的历史文化价值,为其研究保护和申报世界文化遗产提供了基础性的研究材料,其中,不乏有价值的桥梁遗产。夏骥等^[72]以贵州“一线路”古驿道既存桥梁遗产为研究对象,根据既存桥梁的结构以及外形特点,揭示其营造技术,并从历史、文化、科学、社会等方面,对其遗产价值进行评价,提升了公众对古驿道沿线桥梁文化遗

产的认识。

2019 年,其他国家的研究亦不多,新增一些国家和地区开展了桥梁遗产研究和保护,现代科技为桥梁遗产保护提供了新的技术支持是本年度的两个鲜明特点。

Mugnai 等^[73]使用 TLS 技术,对古桥梁进行健康监测。TLS 可以提供详细的 3D 模型,高分辨率的激光扫描勘测甚至可以提取最细微的特征,如:裂缝的开裂方向、结构裂缝模式等。TLS 还可以提供精确的几何测量,以便详细了解研究对象的所有变形和异常(裂缝运动、表面变形、材料等)。

Anirudha Das 等^[74]参观了印度加尔各答的 5 座重要桥梁遗产,分析了它们的现状,这些桥梁采用创新的方案来解决劣质的冲积加尔各答土壤这一问题。通过对其桥梁结构的健康状况进行评估,提出可以使用回弹和超声波技术进行无损检测。也可以使用 Profometer 技术来对钢筋进行扫描,确认钢筋的位置和状况,实现对现有桥梁准确的结构评估。

Ghosh 等^[75]使用有限元方法,对具有 100 年历史的砖石铁路桥梁下部结构的岩土稳定性进行数值分析,从印度铁路技术的角度出发,评估此类传统桥梁的岩土安全性和稳定性。

Morganti 等^[76]使用虚拟建模的方式,对 Garibaldi 大桥和 Alari 大桥进行了虚拟重建,通过这一方式,可以让人们更好地了解已失去的桥梁遗产知识,还减少了技术泄密,其展示的 BIM 技术,极大地减少了 3D 模型制作的时间。

如前所述,桥梁文化遗产的规划和保护还处于起步阶段,中国幅员宽广、江河、湖泊、峡谷众多,人类迁徙频繁,历史久远,许多有价值的桥梁散布在祖国辽阔的国土中。近年来,笔者按照文献检索和网络信息,考察了不少有价值的桥梁,如图 7~图 9 所示,例如,贵州福泉(平越)及周边就有 200 余座古桥亟待研究和保护,包括著名的葛镜桥(人称“北有赵州桥,南有葛镜桥”)。可见,有重点、有条件地逐渐开展全国桥梁遗产普查工作势在必行,这也是学习国际成功经验的必由之路。



图 7 云南建水双龙桥

Fig. 7 Shuanglong Bridge in Jianshui, Yunnan



图8 贵州福泉(平越)皋阳桥

Fig. 8 Gaoyang bridge, in Fuquan (Pingyue), Guizhou



图9 贵州福泉(平越)葛镜桥

Fig. 9 Gejing bridge, in Fuquan (Pingyue), Guizhou

3.6 桥梁文化遗产研究的思考

从世界各国文化遗产保护的经验和国内的现状,结合近年来考察和从事的工作,以下思考值得分享。

1)桥梁文化遗产的规划和保护应该获得桥梁研究和产业领域更多的关注和投入,更多地发掘遗产桥梁和挖掘桥梁文化内涵,更好地保护和宣传遗产桥梁,让更多人、更多国家认识中国桥梁、欣赏中国桥梁、保护中国桥梁,这是每一位桥梁人不可推卸的责任。尤其是在旧桥改造工作中,一定要贯彻桥梁文化遗产保护的观念和行动,我们不愿也不应该再看到哪怕是一座精美的遗产桥梁被粗暴地拆除和抛弃!同时,更多桥梁研究者涉足和深入该领域,才能真正推动中国桥梁文化遗产申报世界文化遗产工作的长足进步,从而获得申报成功。

2)桥梁文化遗产规划和保护工作应当教育先行!呼吁有桥梁工程学科或者文化遗产保护、文物保护及相关学科的高校、职业技术学院等,应尽快开设桥梁文化遗产规划和保护课程,使培养的未来的桥梁设计者、桥梁工程师从走出校门的那一刻就具备了桥梁文化遗产保护的观念和意识,同时,逐渐组建更多的研究团队,把桥梁文化遗产规划和保护作为一个学科方向去建设和发展。

3)充分利用自媒体时代带来的信息传递渠道多、传播速度快、图文视频多维度等优势,向更多的人宣传遗产桥梁,在向世界人民展示中国丰富灿烂

的桥梁文化遗产的同时,也会使得桥梁文化遗产规划和保护的观念深入人心,赢得更多社会力量的支持。

4)AI技术的发展、5G和今后6G时代带来的信息高速、高带宽传递途径的实现、3D GIS技术的成熟和成本的降低,为遗产桥梁的保护实现数字孪生提供了技术基础。随着研究的深入,可以利用虚拟仿真技术结合有限元方法,模拟遗产桥梁建造、使用、老化的全过程,在数字世界用“孪生”桥梁历经千年风雨,在当代再与一体化感知监测系统提供的现实状态数据进行对比修正,得到一个与物理世界中遗产桥梁“同生共处”的数字孪生桥梁。数字孪生桥梁技术在桥梁遗产保护中可以为学者和大众提供极其丰富的研究空间和体验平台:

①享用5G技术,可以欣赏一年四季桥梁遗产的绝美风貌,而且是沉浸式的主观视角。你可以撑着伞,站在古桥上看“春潮带雨晚来急,野渡无人舟自横”;你也可以泛舟江上,回望“千年野鹤归华表,百尺长虹驾巨川。”

②可以在遗产桥梁中体验VR,可以选择所喜欢的朝代,选择你喜欢的人物作为自己,来一番古今穿越游古桥,切实感受文化遗产给人带来的丰富体验。甚至,你还可以虚拟成古桥设计者、建造者,身着朝服、手持竹筒,指导匠人们实现你心中的造桥梦想,再看着它经风雨、历古今,并与桥梁文化名人面对面交流诗词歌赋、把酒舞剑,成就一番桥梁盛世。

③数字孪生更为古桥的保护提供了前所未有的技术手段。对桥梁状态的感知具有数字预拟与现实监测的相互应征,更加准确而又有预见性。对桥梁病害的原因,由于数字孪生模型的回溯而更具科学性。数字孪生技术还可以为古桥的修葺、保护提供多途径,实现过程、目标、目标性能劣化衰减的对比,从而为遗产桥梁保护的决策提供更加有力的支撑。

5)在进行桥梁遗产的文化保护和宣传的同时,桥梁保护技术的基础性研究应该加强和深入。个人计算机性能的提升、有限元商用软件日益成熟、加固新材料新工艺的涌现、桥梁健康检测和监测技术的发展,都为遗产桥梁的评估、加固和加固后性能预测与监测提供了技术基础。加快开展对遗产桥梁材料时变性能、建造模拟、无损加固材料和既有材料粘结性能、“修旧如旧”加固体系等基础方向的研究。

4 结论

桥梁文化遗产的规划和保护是桥梁研究的一个新方向但从创立之初就是一个跨学科的研究方向。在从桥梁大国向桥梁强国迈进的进程中,桥梁文化遗产的研究和宣传工作不可或缺,也刻不容缓。就研究方向而言,笔者认为其是具有鲜活生命力的,以下几方面为研究的发展趋势和呼吁:

1)桥梁专业的学者系统地开展桥梁历史文化的研究,并且把桥梁历史研究从单纯的技术研究深入到扩展到涉及交通、景观、规划、人文、建筑、历史、军事等多方位的桥梁文化层面,梳理出具有鲜明中国特色的桥梁遗产和桥梁遗产群落,逐步建立中国的桥梁文化遗产体系。

2)结合现代检测、评估和加固理论和方法,开展桥梁遗产保护工作的系统研究。

3)在桥梁教育工作中,开设桥梁文化遗产的相关课程和培养相关方向的研究生,填补该项教育的空白。

4)充分利用社会团体、媒体等力量,开展桥梁文化遗产的社会意识构建工作和相关的教育工作,增强大众,尤其是青少年在桥梁文化遗产上的民族自豪感。

5)分重点、有条件地尽快开展全国性的桥梁文化遗产普查工作。

参考文献:

- [1] DELONY E. Context for world heritage bridges [R]. ICOMOS and TICCIH, 1996.
- [2] 茅以昇. 重点文物保护单位中的桥: 泸定桥、芦沟桥、安平桥、安济桥、永通桥[J]. 文物, 1963(9): 33-47, 69-70.
MAO Y S. Bridges in key cultural relics protection units: Luding bridge, Lugou bridge, Anping bridge, Anji bridge and Yongtong bridge [J]. Cultural Relics, 1963(9): 33-47, 69-70. (in Chinese)
- [3] 茅以昇. 介绍五座古桥: 珠浦桥、广济桥、洛阳桥、宝带桥及灞桥[J]. 文物, 1973(1): 19-34, 70-71.
MAO Y S. Introducing of five ancient bridges: Zhupu bridge, Guangji bridge, Luoyang bridge, Baodai bridge and Baqiao bridge [J]. Cultural Relics, 1973(1): 19-34, 70-71. (in Chinese)
- [4] 西安发现隋代灞河古桥遗址[J]. 中国科技史料, 1994, 15(3): 65.
Discovery of Bahe ancient bridge site of Sui Dynasty in Xi'an [J]. Historical Materials of Chinese Science and Technology, 1994, 15(3): 65. (in Chinese)
- [5] 黄秀陵. 涪陵市发现宋代古桥[J]. 四川文物, 1988(5): 69.
HUANG X L. Ancient bridge of Song Dynasty discovered in Fuling City [J]. Sichuan Cultural Relics, 1988(5): 69. (in Chinese)
- [6] 张俊. 古桥之乡的不朽杰作——泰顺木拱桥[J]. 浙江档案, 1997(11): 44-45.
ZHANG J. The immortal masterpiece of the ancient bridge town: Taishun wooden arch bridge [J]. Zhejiang Archives, 1997(11): 44-45. (in Chinese)
- [7] 姚献华. 紫阳桥[J]. 中国公路, 1999(5): 3-5.
YAO X H. Ziyang Bridge [J]. China Highway, 1999(5): 3-5. (in Chinese)
- [8] 张国镇. 德化“木廊桥”[J]. 中国公路, 1999(23): 3-5.
ZHANG G Z. "Wooden corridor bridge" in Dehua [J]. China Highway, 1999(23): 3-5. (in Chinese)
- [9] 姜波. 济南旧城的古桥[J]. 民俗研究, 1995(4): 37-40.
JIANG B. The ancient bridge of Jinan old city [J]. Folklore Studies, 1995(4): 37-40. (in Chinese)
- [10] 王忠义, 李军宁. 咸阳 挖沙挖出文物[J]. 中国公路, 1999(10): 3-5.
WANG Z Y, LI J N. Excavation of cultural relics in Xianyang [J]. China Highway, 1999(10): 3-5. (in Chinese)
- [11] 郑州出土一座古桥[J]. 公路, 2000, 45(10): 59.
An ancient bridge unearthed in Zhengzhou [J]. Highway, 2000, 45(10): 59. (in Chinese)
- [12] 程步武. 屯溪桥史话[J]. 中国公路, 1995(11): 54.
CHENG B W. History of Tunxi Bridge [J]. China Highway, 1995(11): 54. (in Chinese)
- [13] 王展意. 中国现存古桥新考[J]. 中国公路, 1995(8): 38-39.
WANG Z Y. A new study on the existing ancient bridges in China [J]. China Highway, 1995(8): 38-39. (in Chinese)
- [14] 彭冬林. 道教名山话古桥[J]. 中国公路, 1996(11): 50.
PENG D L. Ancient bridges in famous Taoist mountains [J]. China Highway, 1996(11): 50. (in Chinese)

- [15] 吴锐. 晋城城关古桥梁: 景德桥、景忠桥、晋南桥[J]. 古建园林技术, 1988(4): 47-51, 60.
WU R. Jingde bridge, Jingzhong bridge and Jinnan Bridge [J]. Traditional Chinese Architecture and Gardens, 1988(4): 47-51, 60. (in Chinese)
- [16] 刘永生. 古城古渡古桥: 永济黄河蒲津渡遗址考古琐记[J]. 文物世界, 2000(4): 4-8.
LIU Y S. Ancient city, ancient ferry and ancient bridge: archaeological records of pujindu site on the Yellow River in Yongji [J]. World of Antiquity, 2000 (4): 4-8. (in Chinese)
- [17] 浦玉平. 来苏桥史话[J]. 中国公路, 1995(8): 39.
PU Y P. History of Laisu Bridge [J]. China Highway, 1995(8): 39. (in Chinese)
- [18] 郭步艇. 襄垣永惠、通济古桥调查记[J]. 文物世界, 1992(3): 39-41.
GUO B T. Investigation of Yonghui and Tongji ancient bridges in Xiangyuan [J]. World of Antiquity, 1992 (3): 39-41. (in Chinese)
- [19] 甲秀桥[J]. 毕节师范高等专科学校学报, 1999, 17 (4): 3-5.
Jiaxiu Bridge [J]. Journal of Bijie Teachers College, 1999, 17(4): 3-5. (in Chinese)
- [20] 张国镇, 吴家阳. 古桥新姿[J]. 中国公路, 1996(12): 48.
ZHANG G Z, WU J Y. New appearance of ancient bridge [J]. China Highway, 1996 (12): 48. (in Chinese)
- [21] 肖培林. 泸县发现大批明、清古桥[J]. 四川文物, 1988 (6): 69.
XIAO P L. A large number of ancient bridges of Ming and Qing Dynasties were found in Luxian county [J]. Sichuan Cultural Relics, 1988(6): 69. (in Chinese)
- [22] 郭天江, 刘振宇. 南阳古桥多[J]. 中国公路, 1996 (4): 48, 50.
GUO T J, LIU Z Y. Many ancient bridges in Nanyang [J]. China Highway, 1996(4): 48, 50. (in Chinese)
- [23] 黄牛. 侃侃“古桥”[J]. 水利天地, 1992(6): 11-12.
HUANG N. Talking about "ancient bridge" [J]. Water conservancy world, 1992 (6): 11-12. (in Chinese)
- [24] 沈康身. 浙江古桥[J]. 杭州大学学报(自然科学版), 1981, 8(3): 328-336.
SHEN K S. Ancient bridges in Zhejiang [J]. Journal of Hangzhou University (Nature Science), 1981, 8(3): 328-336. (in Chinese)
- [25] 毕胜, 赵辰. 浙闽木拱廊桥的人居文化特殊意义[J]. 东南文化, 2003(7): 52-56.
BI S, ZHAO C. As seen the special character of architectural culture from the wooden arch bridge with veranda in Zhejiang and Fujian Province [J]. Southeast Culture, 2003(7): 52-56. (in Chinese)
- [26] 郑振飞, 陈宝春. 福建古桥的建筑艺术[J]. 福州大学学报(哲学社会科学版), 1991, 5(2): 53-56.
ZHENG Z F, CHEN B C. Architectural art of Fujian ancient bridge [J]. Journal of Fuzhou University (Philosophy and Social Sciences), 1991, 5(2): 53-56. (in Chinese)
- [27] 吴颖. 湖州古桥现状与保护[N]. 中国文物报, 2004-12-10(8).
WU Y. Current situation and protection of Huzhou ancient bridge [N]. China Cultural Relics Daily, 2004-12-10(8). (in Chinese)
- [28] 廖燕玲. 广西古桥[J]. 城建档案, 1998(6): 3-5.
LIAO Y L. Guangxi ancient bridge [J]. The Urban Construction Archives Magazine, 1998(6): 3-5. (in Chinese)
- [29] 吴正光. 贵州古桥的文物价值[J]. 贵州文史丛刊, 2003(2): 54-58.
WU Z G. The cultural relic value of Guizhou ancient bridge [J]. Guizhou Culture and History, 2003(2): 54-58. (in Chinese)
- [30] 刘康. 三峡工程库区古桥文物考查简况[J]. 学术动态报道, 1995(1): 24-26.
LIU K. A brief survey of ancient bridges in the Three Gorges Reservoir Area [J]. Academic News, 1995(1): 24-26. (in Chinese)
- [31] 李德喜. 湖北古代桥梁建筑[J]. 华中建筑, 2009, 27 (3): 147-156.
LI D X. Ancient bridge construction in Hubei Province [J]. Huazhong Architecture, 2009, 27(3): 147-156. (in Chinese)
- [32] 曾江, 林展飞. 闽侯古代桥梁[M]. 福州: 福建美术出版社, 2008.
ZENG J, LIN Z F. Ancient bridges of Minhou [M]. Fuzhou: Fujian Fine Arts Publishing House, 2008. (in Chinese)
- [33] 陈从周, 潘洪莹. 绍兴石桥[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1986.
CHEN C Z, PAN H X. Shaoxing stone bridges [M]. Shanghai: Shanghai Scientific & Technical Publishers,

1986. (in Chinese)
- [34] 方拥. 闽浙虹桥的调查研究(一)[J]. 福建建筑, 1995(3): 1-4.
FANG Y. A survey and research of the timber-arch bridges in Fujian and Zhejiang (I) [J]. Fujian Architecture & Construction, 1995(3): 1-4. (in Chinese)
- [35] 方拥. 闽浙虹桥的调查研究(续完)[J]. 福建建筑, 1995(4): 7-10.
FANG Y. A survey and research of the timber-arch bridges in Fujian and Zhejiang (II). Fujian Architecture & Construction, 1995(4): 7-10. (in Chinese)
- [36] 邓广辉, 喻永华, 张立乾, 等. 从广济桥稳定性评价及抢险保护设计浅谈古代石拱桥现状评估和保护整治[J]. 北方交通, 2007(12): 69-72.
DENG G H, YU Y H, ZHANG L Q, et al. Simple talking about estimation of current situations of ancient stone arch bridge and renovation of it from evaluation of Guangji bridge stability and its design of emergency protection [J]. Northern Communications, 2007(12): 69-72. (in Chinese)
- [37] 项贻强, 李秋萍, 周维, 等. 绍兴八字桥的现状 & 保护维修方法探讨[J]. 浙江建筑, 2010, 27(3): 1-3, 6.
XIANG Y Q, LI Q P, ZHOU W, et al. Discussions on the status quo and maintaining method of the "Baziqiao" bridge in Shaoxing [J]. Zhejiang Construction, 2010, 27(3): 1-3, 6. (in Chinese)
- [38] 张为民, 张春生. 广济古桥的抢修加固处理设计[J]. 华东水电技术, 1998(1): 33-37.
ZHANG W M, ZHANG C S. Design of emergency repair and reinforcement of Guangji ancient bridge [J]. Hydropower Technology in East China, 1998(1): 33-37. (in Chinese)
- [39] 周开发, 曾玉珍. 桥梁保护方法评价[J]. 国外桥梁, 1996(1): 36-37, 26.
ZHOU K F, ZENG Y Z. Evaluation of bridge protection methods [J]. World Bridges, 1996(1): 36-37, 26. (in Chinese)
- [40] 毛安吉. 上海外白渡桥保护修缮的技术措施和施工流程[J]. 中国市政工程, 2010(3): 38-40.
MAO A J. On preservation & repairment technological measures to garden bridge of Shanghai & its construction procedure [J]. China Municipal Engineering, 2010(3): 38-40. (in Chinese)
- [41] 茅以升. 中国古桥技术史[M]. 北京: 北京出版社, 1986.
MAO Y S. Technical history of ancient bridges in China [M]. Beijing: Beijing Publishing House Group, 1986. (in Chinese)
- [42] 卢嘉锡, 唐寰澄. 中国科学技术史-桥梁卷[M]. 北京: 科学出版社, 2000.
LU J X, TANG H C. A history of science and technology in China [M]. Beijing: Science Press, 2000. (in Chinese)
- [43] 中华人民共和国交通部. 中国桥谱[M]. 北京: 外文出版社, 2003.
Ministry of Communication of the People's Republic of China. A Guide to Chinese Bridges [M]. Beijing: Foreign Languages Press, 2003. (in Chinese)
- [44] 项海帆, 潘洪莹, 张圣城. 中国桥梁史纲[M]. 上海: 同济大学出版社, 2009.
XIANG H F, PAN H X, ZHANG S C. Compendium of Chinese Bridge History [M]. Shanghai: Tongji University Press, 2009. (in Chinese)
- [45] 李合群. 中国古代桥梁文献精选[M]. 武汉: 华中科技大学出版社, 2008.
LI H Q. Selected documents on ancient Chinese bridges [M]. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology Press, 2008. (in Chinese)
- [46] 王其明. 中国古桥艺术评述[J]. 北京建筑工程学院学报, 2000(1): 68-76.
WANG Q M. The art of Chinese ancient bridges [J]. Journal of Beijing Institute of Civil Engineering and Architecture, 2000(1): 68-76. (in Chinese)
- [47] 柏文峰. 中国古桥在工程结构和力学方面的成就[J]. 阜新矿业学院学报, 1988, 7(Sup1): 77-78. (in Chinese)
BAI W F. Achievements of Chinese ancient bridges in engineering structure and mechanics [J]. Journal of Liaoning Technical University (Natural Science), 1988, 7(Sup1): 77-78. (in Chinese)
- [48] 柏文峰. 中国古桥在结构上的力学成就[J]. 云南工业大学学报, 1997(4): 15-18.
BAI W F. The engineering mechanics achievement of China's ancient bridge [J]. Journal of Yunnan Polytechnic University, 1997(4): 15-18. (in Chinese)
- [49] 杨志强, 罗关洲, 陈晓, 等. 石桥营造技艺[M]. 杭州: 浙江摄影出版社, 2014.
YANG Z Q, LUO G Z, CHEN X, et al. Stone bridge construction skills [M]. Hangzhou: Zhejiang

- Photography Press, 2014. (in Chinese)
- [50] 季海波, 陈伟红, 薛一泉, 等. 木拱桥传统营造技艺 [M]. 杭州: 浙江摄影出版社, 2014.
JI H B, CHEN W H, XUE Y Q, et al. Traditional construction techniques of wooden arch bridges [M]. Hangzhou: Zhejiang Photography Press, 2014. (in Chinese)
- [51] 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.
WAN M, HUANG X, WEN Y. Living bridge heritage and the development in China [J]. Chinese Landscape Architecture, 2014, 30(2): 39-43. (in Chinese)
- [52] 万敏, 黄雄, 温义. 活态桥梁遗产及其在我国的发展 [C]//国家住房和城乡建设部. 第九届中国国际园林博览会论文汇编, 中国风景园林学会, 2013: 128-133.
WAN M, HUANG X, WEN Y. Living bridge heritage and its development in China [C]//Ministry of housing and urban rural development. The Ninth China International Garden Expo, China Landscape Architecture Society, 2013: 128-133. (in Chinese)
- [53] 王建国, 蒋楠. 后工业时代中国产业类历史建筑遗产保护性再利用[J]. 建筑学报, 2006(8): 8-11.
WANG J G, JIANG N. Prolective reuse of Chinese industrial historic building heritage in the post-industrial age [J]. Architectural Journal, 2006(8): 8-11. (in Chinese)
- [54] 张松. 上海产业遗产的保护与适当再利用[J]. 建筑学报, 2006(8): 16-20.
ZHANG S. Conservation and adaptive reuse of Shanghai industrial heritage [J]. Architectural Journal, 2006(8): 16-20. (in Chinese)
- [55] 白青锋. 锈迹: 寻访中国工业遗产[M]. 北京: 中国工人出版社, 2008.
BAI Q F. Explore Chinese Industrial Heritage [M]. Beijing: China Workers Press, 2008. (in Chinese)
- [56] 刘起. 作为工业遗产的兰州黄河铁桥建筑研究[D]. 西安: 西安建筑科技大学, 2008.
LIU Q. Architectural study on the Lanzhou Iron Bridge of the Yellow River as industrial heritage [D]. Xi'an: Xi'an University of Architecture and Technology, 2008. (in Chinese)
- [57] 张松. 小桥流水人家: 江南水乡古镇的文化景观解读 [J]. 时代建筑, 2002(4): 42-47.
ZHANG S. Reading cultural landscape: historic waterside towns in south East China [J]. Time + Architecture, 2002(4): 42-47. (in Chinese)
- [58] 朱祥明, 方尉元, 卞欣毅. 中国泉州五里桥文化景观保护与周边环境恢复研究与实践 [C]//2012 国际风景园林师联合会(IFLA)亚太区会议暨中国风景园林学会 2012 年会论文集(下册), 2012.
ZHU X M, FANG W Y, BIAN X Y. Research and practice of cultural landscape protection and surrounding ecological environment restoration of Wuliqiao in Quanzhou, China [C]//2012 International Federation of Landscape Architects (IFLA) Asia Pacific Conference and 2012 Annual Meeting of Chinese Society of Landscape Architecture (Volume II), 2012. (in Chinese)
- [59] 张光英. 闽东北浙西南地区木拱廊桥建筑文化景观特性研究[J]. 广西大学学报(哲学社会科学版), 2012, 34(2): 73-78.
ZHANG G Y. Research on the cultural landscape characteristics of wooden arch bridges in northeast Fujian and southwest Zhejiang [J]. Journal of Guangxi University (Philosophy and Social Science), 2012, 34(2): 73-78. (in Chinese)
- [60] 龙松亮, 王丽娟, 张燕. 文化景观遗产视野下的木拱桥遗产保护动向探析[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(33): 20626-20628.
LONG S L, WANG L X, ZHANG Y. Preservation strategies of the wooden arc-bridge cultural landscape heritage [J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2011, 39(33): 20626-20628. (in Chinese)
- [61] 阮仪三, 李澍, 林林. 江南古镇历史建筑与历史环境的保护[M]. 上海: 上海人民美术出版社, 2010.
RUAN Y S, LI Z, LIN L. The work of protection for historical buildings and environment of ancient towns in Jiangnan Work of protection for historical buildings and environment of ancient towns in Jiangnan [M]. Shanghai: Shanghai People's Fine Arts Publishing House, 2010. (in Chinese)
- [62] 段进. 城镇空间解析: 太湖流域古镇空间结构与形态 [M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2002.
DUAN J. Urban spatial analysis: Spatial structure and form of ancient towns in the Taihu Lake Basin [M]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2002. (in Chinese)
- [63] 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.
DING D J. Construction of existing antique stone

- bridges in Shaoxing, China [J]. *Journal of Architecture and Civil Engineering*, 2005, 22(1): 6-15, 23. (in Chinese)
- [64] 赵逵, 丁援, 万敏. 湖北宣恩县彭家寨: 国家历史文化名城研究中心历史街区调研[J]. *城市规划*, 2009, 33(8): 97-98.
ZHAO K, DING Y, WAN M. Pengjiazhai, Xuan'en County, Hubei: Research on the historic district of the national historical and cultural city research center [J]. *City Planning Review*, 2009, 33(8): 97-98. (in Chinese)
- [65] 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.
YANG Y, SUN C, CHEN B C. Core values of existing world cultural heritage bridges and reflection on making ancient Chinese bridges be recognized as world heritages [J]. *World Bridges*, 2015, 43(2): 65-71. (in Chinese)
- [66] 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.
ZHANG C L, WAN M. Analysis on the value and selection condition of world heritage bridges: Interpretation on the context for world heritage bridges [J]. *Hua Zhong Architecture*, 2018, 36(2): 13-16. (in Chinese)
- [67] 于海广, 王巨山. 中国文化遗产保护概论[M]. 济南: 山东大学出版社, 2008.
YU H G, WANG J S. Introduction to Chinese cultural heritage protection [M]. Jinan: Shandong University Press, 2008. (in Chinese)
- [68] 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.
XIANG Y Q, LIU C X. Masterpieces of western modern bridges and their contribution to world cultural heritage [J]. *World Bridges*, 2010, 38(2): 70-73, 78. (in Chinese)
- [69] 艾斯卡尔·模拉克, 爱资哈尔·艾斯卡尔, 提力瓦力迪·斯拉依, 达坂城木拱桥特征及保护加固措施探索[J]. *遗产与保护研究*, 2019, 4(2): 5-9.
AISIKAER M, AIZIHAER A, TILIWALIDI S. Features of the wooden arch bridge of Dabancheng and approaches for its protection and reinforcement [J]. *Study on Natural and Cultural Heritage*, 2019, 4(2): 5-9. (in Chinese)
- [70] 朱云生, 马莉, 白成明, 等. 滇越铁路及个碧石铁路文化遗产调查与分析[J]. *红河学院学报*, 2019, 17(3): 17-20.
ZHU Y S, MA L, BAI C M, et al. Cultural heritage of Yunnan-Vietnam Railway and Ge-Bi-Shi Railway [J]. *Journal of Honghe University*, 2019, 17(3): 17-20. (in Chinese)
- [71] 张超. 大运河山东段古桥遗产价值与保护策略研究[D]. 北京: 北京建筑大学, 2019.
ZHANG C. Study on the heritage value and protection of the ancient bridge in the Shandong Section of the Grand Canal [D]. Beijing: Beijing University of Civil Engineering and Architecture, 2019. (in Chinese)
- [72] 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.
XIA J. Study on the heritage characteristics and protection strategy of the "One Line" ancient road in Guizhou - Taking the existing bridge heritage in the eastern section as an example [D]. Guiyang: Guizhou University, 2019. (in Chinese)
- [73] MUGNAI F, LOMBARDI L, TUCCI G, et al. Geomatics in bridge structural health monitoring, integrating terrestrial laser scanning techniques and geotechnical inspections on a high value cultural heritage [J]. *ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 2019, XLII-2/W11: 895-900.
- [74] ANIRUDHA D C, PARTHA R C, Revisiting some important heritage bridges of Calcutta, India [C]// *Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Engineering History and Heritage*, 2019
- [75] GHOSH P, SHRIVASTAVA R, SWAIN A. Geotechnical stability assessment of a railway arch bridge more than 100-year old: A case study [J]. *Sādhanā*, 2019, 44(9): 191.
- [76] MORGANTI R, TOSONE A, ABITA M, et al. The lost heritage of Roman iron and steel bridges. virtual reconstruction of two case studies [J]. *ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 2019, XLII-2/W15: 799-806.