

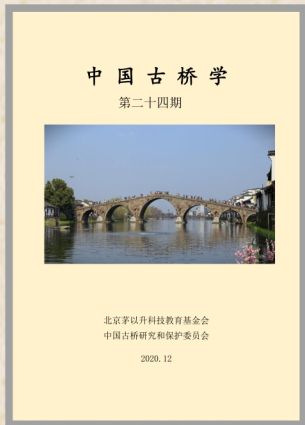
中国古桥学

第二十四期



北京茅以升科技教育基金会
中国古桥研究和保护委员会

2020. 12



封面：京杭大运河古桥之塘栖广济桥
摄影：顾若邕

本期
撰稿：
执编：江南古桥文化研究会
史官云

目 录

1.杭州拱宸桥的保护、修缮和安全检测	P1
陈 斌	
2.古桥三维点云扫描、数字化建模与云平台建设初探	P33
张玉杰、赵建峰	
3.古桥文化与宗教文化关系的探讨	P44
吴齐正	
4.桐乡古桥桥联书法选	P49
顾若邕	
5.古桥二三事	P59
史官云	

杭州拱宸桥的保护、修缮和安全检测

陈斌

作者单位：浙大城市学院 浙江杭州 310015

引言

拱宸桥位于大关桥之北，东连丽水路、台州路，西接桥弄街，连小河路，是杭城古桥中最高最长的石拱桥。拱宸桥在杭州运河文化的发掘中占据了重要的地位，运河新八景中的“江桥忆昔”、拱宸怀旧都是与其有关，所处位置是历史上古运河经济、文化集中的最典型地区，是运河整治开发和保护的重彩之笔。拱宸桥作为该地区的标志性建筑物，也成为该地区历史、经济、文化的区域象征。（登云大桥远望拱宸桥见图1）

拱宸桥是杭州市区古桥中体量最大、桥身最高、桥面最长的石拱桥，也是世界文化遗产预备名录京杭大运河最南端的标志性建筑，其历史价值、艺术价值和科学价值不言而喻。

由于近百年风、雨水的侵蚀，砌体表面风化严重，桥面石阶和石栏板也有局部破损。（远望拱宸桥东端见图2）



图1 站在登云大桥远望拱宸桥



图 2 远望拱宸桥东端

1 桥梁简介及历史沿革

1.1 桥梁简介

据《古今图书集成·杭州桥梁考》和清光绪《杭州府志》（重修本）卷七记载，拱宸桥由明末商人夏木江所倡建，始建于明崇祯四年（1631 年）。初为木椿基础结构，三孔薄墩联拱驼峰桥。桥名拱取迎接之意，宸乃帝王宫殿，表达对皇帝的敬意。

此桥在清代几经毁坏重建。清顺治八年（1651 年）桥身曾坍塌。康熙五十三年（1714 年），浙江布政使段志熙倡率捐筑，云林寺慧轺募款项相助，康熙五十六年（1717 年）十二月竣工。雍正四年（1726 年）右副都御史李卫率属捐俸重修，将桥加厚二尺、加宽二尺，并作《重建拱宸桥记》。咸丰十年（1860 年），太平军在桥心筑堡垒驻扎。同治二年（1863 年）秋，左宗棠率湘军及“常捷军”向杭城的太平军猛攻，由于拱宸桥桥心设有太平军堡垒，经战火洗劫，桥再次频于倒塌。光绪十一年（1885 年），在杭人丁丙的住持下重建三孔石桥，即现之拱宸桥。（历史中的拱宸桥 1 见 1.1-1）

1895 年，丧权辱国的《中日马关条约》签订后，杭州列为通商

口岸。1896 年在此地建立洋关，光绪二十三年（1897 年），日本人在桥面中间铺筑 2.5 米宽的混凝土斜面，以通汽车和人力车。抗战胜利后，洋关废除。解放后，杭州市人民政府规定禁止通行机动车。现在的拱宸桥，名字已演变为方向性区片名。（历史中的拱宸桥 2 见 1.1-2）



图 1.1-1 历史中的拱宸桥 1



图 1.1-2 历史中的拱宸桥 2

1.2 历史沿革

- 始建于明崇祯四年（1631 年），当时有举人祝华封者，以该处适居，观天象、审地理，认为有建桥之必要，始募资动工建造此桥，共费银一万零五百五十余两。
- 清顺治八年（1651 年）圯。
- 康熙五十一年壬辰（1712 年）有人呈请兴复，布政使段志熙倡率捐筑，又有云林寺僧慧轺和尚竭力捐募款项相助，着手重建，始事康熙五十年三甲午（1714 年）二月，竣工康熙五十六年丁酉（1717 年）十二月，历时四年。
- 雍正五年丁未（1727 年）总督李卫率属捐俸重修。
- 光绪乙酉（1885 年）布政使德馨，因里民请言于中丞刘公，属郡绅丁丙董斯役，重建石桥。
- 1897 年，日本人在桥面中间铺设 2.5 米宽混凝土，以通车辆。
- 1984 年 8 月 17 日，杭州市园林文物管理局提请杭州市政府审批拱宸桥等二十四处文物古迹为第二批市级文物保护单位。
- 1986 年 4 月 23 日，杭州市政府布告拱宸桥为市级文物保护单位。
- 1996 年 8 月、1998 年 8 月 20 日，拱宸桥两次遭到来往船只严重撞击，东北角拱脚处一条长 3 米，宽 0.65 米，厚 0.3 米，重约 1400 公斤的拱券石断成三块。
- 1998 年 8 月 27 日，杭州市人民政府公布拱宸桥的保护范围及建设控制地带。
- 1998 年 9 月 28 日下午，杭州市市政公用局召开拱宸桥券修复方案会审会议。
- 1998 年 10 月 21 日，杭州市园林文物局向浙江省文物局紧急请示维修拱宸桥拱券。
- 1998 年 11 月 9 日，浙江省文物局批复拱宸桥维修方案。
- 2002 年 10 月 20 日下午，杭州市运河污染综合整治指挥部召开“丽水路箱涵维护方案实施论证会”，市园文局就箱涵施工

时拱宸桥的保护提出具体要求。

- 2002 年 11 月 8 日，杭州市文物保护管理所向杭州市运河污染综合整治指挥部发出“关于丽水路（湖州路—轻纺桥）工程对拱宸桥安全问题的紧急函告”
- 2002 年，为进一步完善杭城的污水处理系统，杭州市运河污染综合整治指挥部实施了丽水路（湖州路—轻纺路）改建工程，并对拱宸桥进行了重点监测。
- 2003 年 4 月，杭州市园林文物局杭州市文物保护管理所对拱宸桥进行调查。
- 2003 年 4 月 30 日，杭州市人民政府将拱宸桥作为第五批省级文保单位向浙江省人民政府推荐申报。
- 由杭州市规划设计院和杭州市园林文物局协作制定，杭州市人民政府于 2004 年 6 月公布的《杭州历史文化名城保护规划》中规定了“拱宸桥桥西历史街区”，其范围为：北起杭州市第一棉纺厂保留仓库，南至通源里保留仓库，西至小河路，东至京杭运河西岸，面积约 6.55 平方米。
- 2004 年 7 月，由杭州市京杭运河（杭州段）综合整治与保护开发指挥部确立了京杭运河（杭州段）综合整治与保护工程自 2004 年 7 月至 2006 年的阶段性目标。体现了“运河怀古”的拱宸桥地区，作为进入京杭运河杭州市区段的第一个入口景观区，将计划建成十点两线新景观，而“拱宸桥西历史文化街区”是其中的亮点。
- 2004 年 8 月 5 日，杭州市人民政府正式批复了“拱宸桥西历史文化街区保护规划”。根据规划要求，拱宸桥的保护将剔除后加水泥修补、改动、添加部分，同时按原样剔补摘砌破损块石，归安松动、位移原构件。对缺损部分按原样复制，并作出明显标志。桥面允许行人、自行车与载人三轮车通行，不允许载物三轮车与板车、机动车通行。
- 2004 年 8 月，据国家文物局的统一部署，浙江省文物局下发

了《关于做好第六批全国重点文物保护单位申报推荐材料准备工作的通知》（浙文物发（2004）165号）文件，要求全省的各相关单位组织力量做好辖区内推荐单位申报材料的整理工作。同年8月底至10月中旬，杭州市文物保护管理所文保科对拱宸桥进行资料补充，编制了该桥的申报文本。

- 2005年4月5日至5月31日，由杭州市京杭运河（杭州段）综合整治与保护开发指挥部负责，在拱宸桥上下游30米处安装了4个防撞墩。防撞墩水下桩深20米，露出水面1.5米，成楔形，颜色与拱宸桥接近。
- 2005年3月16日，浙江省人民政府将拱宸桥公布为浙江省重点文物保护单位。（拱宸桥国保碑见图1.2-1）
- 应国家文物局的要求，经浙江省文物局的传达，由杭州市园林文物局部署，杭州市文物保护管理所文保科于2005年5月19日至6月15日，对拱宸桥再次进行相关资料的收集、整理和补充，并编制了拱宸桥的“四有”档案（原浙江省版）。
- 2005年，由杭州市运河综合保护开发建设集团有限公司责任公司负责，温岭市古建筑工程有限公司施工，对拱宸桥进行修缮，工程于2005年8月20日正式开始，至9月30日完成桥面修缮，历时41天，桥外石板铺设及桥西绿化工程于10月15日竣工。整个修缮工程对拱宸桥实施了铺设桥面阶石，拆除桥面上的各类管线等附加物，清除有害附生植物，修复栏板间仰莲望柱四十八根，修整桥面台阶石板，调整矫正倾斜的桥栏板、望柱、抱鼓石等项目。在拱宸桥东北端新建碑亭，并刻有《拱宸桥修建记》。
- 2005年拱宸桥上下游航道又发生数只船只相撞事故，至9月下旬，该桥中孔东北角拱券石因来往船只刮擦再次出现局部缺损，同年11月间，该拱券石又遭船只撞击，断成三段。
- 2006年8月间，由杭州市路桥有限公司负责，将拱宸桥中孔东北角缺损的拱券石予以更换。

- 2006 年 8 月间，由杭州市运河综合保护开发建设集团有限公司责任公司负责，对拱宸桥实施景观照明工程，沿桥栏地袱及垂带石外侧下皮安装 1WLED 投光灯，在中孔两侧墩部及水平联结石下皮安装 3WLED 投光灯。



图 1.2-1 拱宸桥国保碑

2 桥梁结构构造

2.1 桥梁结构

拱宸桥桥长 92 米，高 16 米，三孔薄墩联拱结构。桥身用条石错峰砌筑，上贯穿长锁石。桥面呈柔和弧形，中段略窄，宽有 5.9 米，两端桥堍处宽为 12.2 米。边孔净跨 11.9m，中孔 15.8m，拱券石厚 30cm，为拱跨的 $1/52.7$ 和 $1/39.7$ ，中墩厚约 1m，合大孔的 $1/15.8$ ；眉石厚 20cm。采用木桩基础结构（具体不明），桥墩自下至上逐层收分，拱券用条石纵联并列，分节砌作。桥两侧以素面石栏围护，中刻“拱宸桥”三字，栏板间立 48 根望柱，柱头多雕饰仰莲。拱宸桥附近运河水深两侧浅中间深，最大水深超过 4m。（拱宸桥南侧外形图及

大致水深分布情况见图 2.1-1)

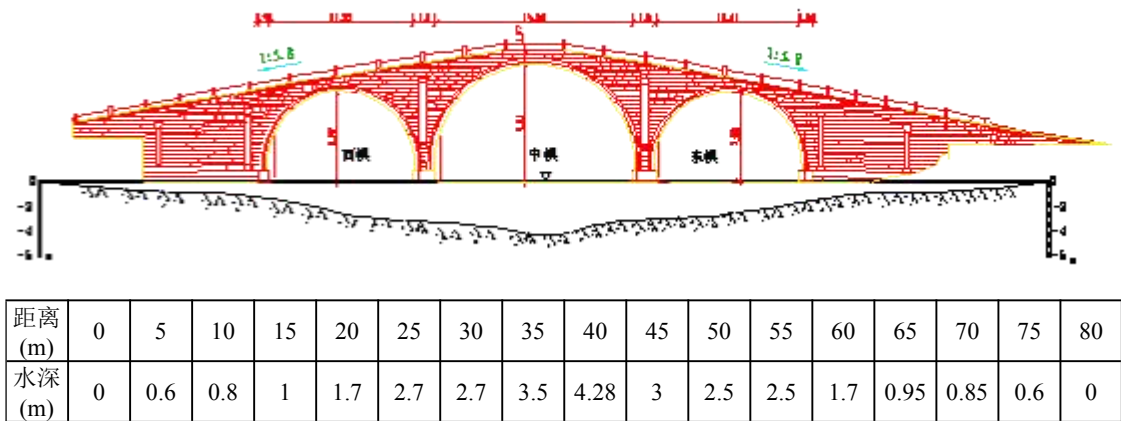


图2.1-1 拱宸桥南侧外形图及水深图

2.2 构造体系

拱宸桥是江南水乡三孔薄墩薄拱实腹联拱桥的典型代表，其构造与装饰上有非常成熟完备的营造体系。拱券（拱宸桥拱券做法见图 2.2-1）砌筑方式为“纵联分节并列法”，但也有“横联分节并列法”或“联锁分节并列法”的叫法，主要做法是并列十一块曲面拱板，拱板厚度基本一致，两节拱板之间用水平锁石联系，拱板两端有榫头，锁石两侧有卯口，石水盘上皮也有卯口，构件互相咬合，达到稳定。拱券外侧护拱石以上砌筑山花墙，为了减薄山花墙的厚度，用券脸石、天盘、对联石、楔石、石斗等组合成整体框架，在对联石两侧开卯口，山花墙靠对联石处用榫头，以拉扯住桥两侧的山花墙。山花墙上伸出系梁石十二根，端前素面无雕饰。对联石上有四对阴刻楹联，点景抒情或年代落款。在 2005 年的维修中，人们在桥身两侧发现四幅楹联，由于年代久远，痕迹极为模糊，只能认出“离武林门十里”等数字。桥东西各用石阶 48 级，中间用石板斜坡，石栏板素面，望柱头部分为仰覆莲状（拱宸桥仰覆莲望柱头见图 2.2-3），栏杆尽头作卷草纹抱鼓石。桥顶千斤石无雕饰，南北两侧有石作吴王靠（拱宸桥顶部吴王靠见图 2.2-2）。为了防止船舶撞击桥墩，2005 年增设了四个防撞墩，并将四只趴蝮石雕巨墩立于墩顶，与古桥相得益彰。（拱宸桥栏

杆抱鼓石见图 2.2-4) (拱宸桥东侧踏跺见图 2.2-5)



图 2.2-1 拱宸桥拱券做法



图 2.2-2 拱宸桥顶部吴王靠



图 2.2-3 拱宸桥仰覆莲望柱头



图 2.2-4 拱宸桥栏杆抱鼓石



图 2.2-5 拱宸桥东侧踏跺

三孔薄墩联拱桥是石拱结构的一大成就，当一孔的主拱券上承受

荷载，就会牵动两边桥墩产生变形，从而把力和变形传到相邻孔，使邻孔协助承载，减小承载孔的桥墩水平推力。这种构造形式，可以减轻墩上结构重量，减少水下工程的工作量，结合了拱上结构共同作用的薄拱构造，使多孔薄拱薄墩桥在南方水乡独放异彩。此类桥型在江南地区广泛存在，如塘栖广济桥、良渚折桂桥、海盐永庆塘桥等均为三孔薄墩联拱桥。而且，拱宸桥也并不是此类古桥中规模最大、历史最悠久的，如嘉兴长虹桥（嘉兴秀洲区王江泾镇长虹桥见图 2.2-6）建于明万历三十九年至天启元年（1611-1621），中孔净跨约 16.5 米，均比拱宸桥大。由此，可以看出拱宸桥的影响力和历史地位，并不在于其桥梁本身。



图 2.2-6 嘉兴秀洲区王江泾镇长虹桥

3 桥梁管理与保护

3.1 保护管理历史及机构

自 1986 年拱宸桥被公布为杭州市级重点文物保护单位以来，杭州市文物保护管理所对拱宸桥开展了有关文物保护、收集、保管、宣传、研究等工作。

目前，拱宸桥由杭州市市政设施监管中心（杭州市市政设施管理处）负责管理、修缮，1998 年起杭州市文物保护管理所负责监督、指导。2002 年由拱墅区建设局文物管理委员会办公室负责监督、指

导。

3.2 保护范围

拱宸桥的保护范围和建设控制地带(拱宸桥建设控制地带平面图见图 3.2-1)由杭州市规划设计院和杭州市文物保护管理所共同划定,经市政府同意,1998 年 8 月 27 日杭州市人民政府下发通知(杭政发【1998】153 号)公布了拱宸桥的保护范围及建设控制地带划定如下:

保护范围:现存整座桥

建设控制地带:东至丽水路以东 100 米,南至桥以南约 50 米,西至桥以西约 100 米,北至桥以北约 50 米。



图 3.2-1 拱宸桥建设控制地带平面图

3.3 日常管理养护

3.3.1 养护主要设施量

花岗岩人行道板: 543.4 m²

花岗岩(青石板)栏杆: 184.2m

墩、柱结构: 1086.8 m²

桥梁保护管理范围桥梁地面投影 50 米范围

3.3.2 检查频率要求

巡检桥面系、上部结构、下部结构及其附属设施的技术状况，巡检频率应不少于 1 次/日。

定期检查桥梁及其附属设施的技术状况（含沉降观测），评定桥梁使用功能，梁体纵向裂缝观测频率应不少于 1 次/季，定期检查报告应不少于 1 次/年。

4 船撞拱券石的修缮

4.1 船撞灾害及原因分析

京杭运河杭州城区段全长 20.92 公里，设定为 V 级航道，按照内河航道标准，要求通航水域净宽不小于 40 米。拱宸桥中孔跨径 15.8 米，仅勉强满足船舶单向通行。随着航运的发展，每年均会发生多次船舶撞击拱宸桥的事件。其中对拱宸桥结构安全有较大影响的船撞事件分别是 1998 年、2005 年和 2015 年，三次船撞事件均导致拱桥主拱圈券石断裂，严重影响结构安全。此外，为保护拱宸桥而修建的防撞墩也频繁受撞。主要的船撞事件有：

2013 年 11 月 15 日上午，拱宸桥西面朝北一侧护桥墩被一货船撞击，墩上神兽落水。

2012 年 8 月 31 日，拱宸桥遭到过往船只撞击，东南角桥墩部分被毁。

2005 年 9 月 26 日，一辆货船在通过拱宸桥时，撞到中孔拱圈券石被撞损，2005 年 11 月 23 日，在前一次该桥被撞损拱圈未修复的情况下，相同位置再次遭受撞击，2006 年对断裂拱券石进行更换。

2004 年发生的至少 2 起事故，让拱宸桥中孔拱圈石料出现破损。

1998 年 10 月中旬，中孔东南角拱角又被撞裂。

1998 年 8 月 20 日，建德 103 号轮通过杭州拱宸桥下时，撞上了一桥墩上方部位，致使东南侧一大块条石掉下。

1996 年 8 月被船碰撞，造成中孔东北侧拱角处一块竖向条石被

撞成三块。（历次船撞留下的创伤见图 4.1-1）



图 4.1-1 历次船撞留下的创伤

经全面分析，拱宸桥频繁受撞的原因，一是航道等级与桥梁现状不匹配，而是港航部门没有对通行的船舶规模进行有限管控，导致超规格船舶在航道上通行，三是航道交通管理没有跟上，在单向通行的情况下，没有对通行船舶进行有效的引导，导致抢位的现象时常发生。在上述原因基础上，外加天气、水流等外部因素，导致于雨天、夜晚和水流较大的情况下，极易发生船舶撞击桥梁的事件发生。（图 4.1-2

2014 年 12 月 两艘货船为抢位过桥而相撞沉船）

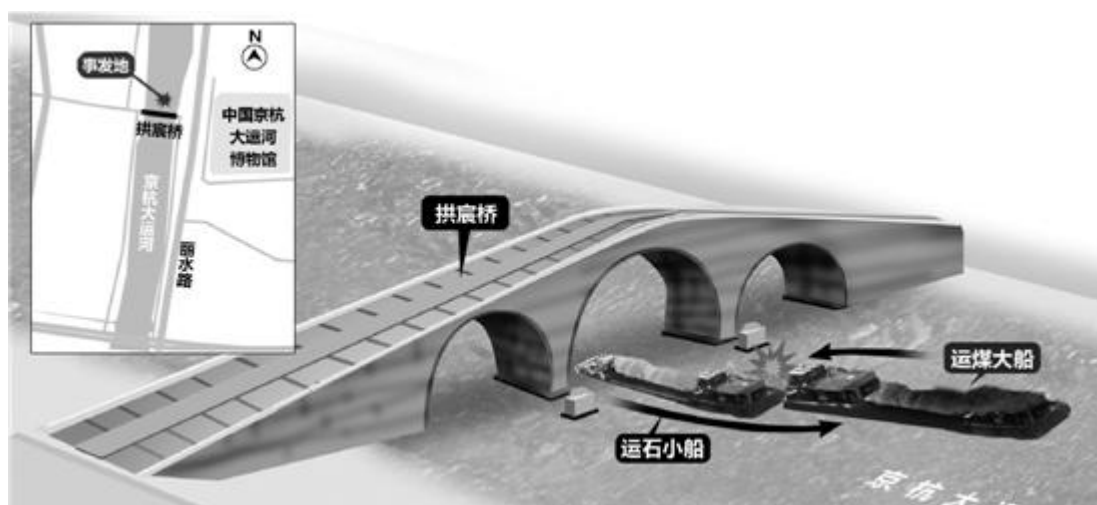


图 4.1-2 2014 年 12 月 两艘货船为抢位过桥而相撞沉船

4.2 拱券券石的维修方法

2015 年 12 月，巡查发现，主孔拱圈东北侧一块条石受过往船只刮擦后开裂破损，且存在 2cm 左右的拉出现象（条石上半部被拉出 2cm 见图 4.2-1），须及时对其进行更换处治，确保严重影响桥梁安全。（主孔拱圈北京侧条石横向断见图 4.2-2）



图 4.2-1 条石上半部被拉出 2cm

图 4.2-2 主孔拱圈北京侧条石横向断

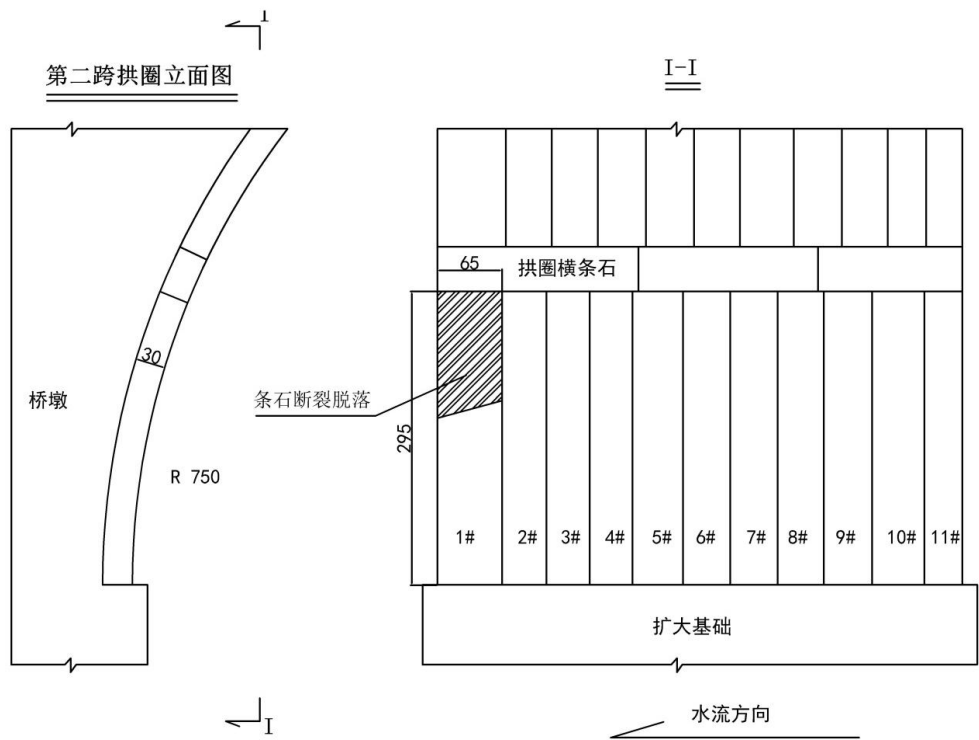


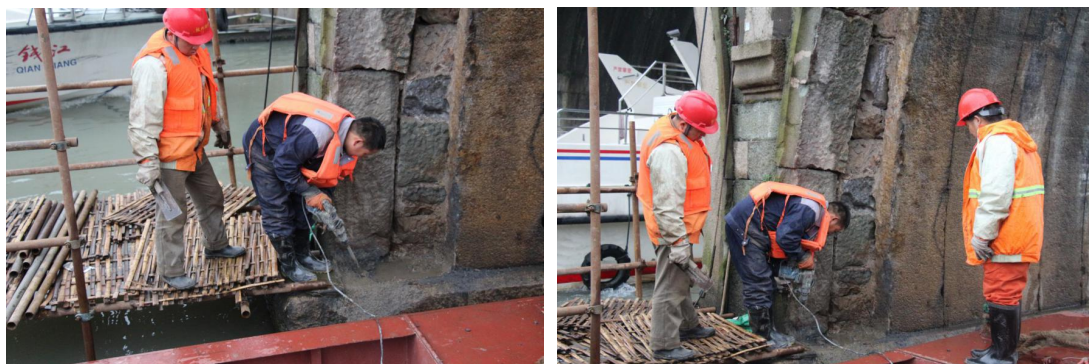
图 4.2-3 拱宸桥第二跨拱圈立面图

本次维修的中孔东北角条石成弧形，半径 7.5 米，高 3 米，宽 0.65 米，厚 0.3 米，整块石料 0.54 立方米，总重量约 1400 公斤。原桥石材为金山石，现已无法采购。2005 年维修采用诸暨高湖石。本次考虑高湖石较脆，贡肋东北侧位置经常受撞的实际，经多方论证和考察，拟采用花岗岩石材替代修复。（拱宸桥第二跨拱圈立面图见图 4.2-3）

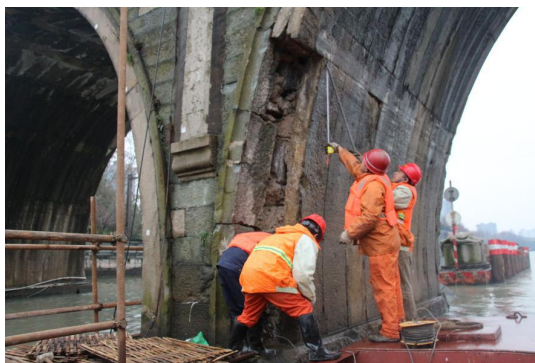
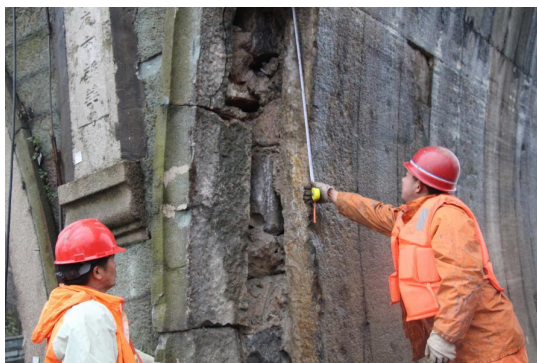
拱圈条石更换工艺：

- （1）选择花岗岩石材，根据尺寸进行加工，并运至码头。
- （2）对航道进行封闭，在主孔拱圈病害位置附近（1#墩）设置施工作业平台。
- （3）移除破损条石，在条石外移过程中，在空槽内设置钢支撑，确保破损条石上部横梁所受荷载直接传递至基础，确保安全。
- （4）清理基础，将残留的石块等进行清理。
- （5）更换东北侧破损断裂条石，加工好的石块吊至指定位置，在桥墩侧面利用千斤顶顺着横梁凹槽顶入，并在预制块顶入的过程中相应减少原设置在内的钢支撑。
- （6）更换完毕后，在脱空或空隙位置灌注无收缩的灌浆料，特别是预制块底部位置进行密实，确保横梁所受荷载能通过预制块顺利传递至基础。

➤ 基底凿平



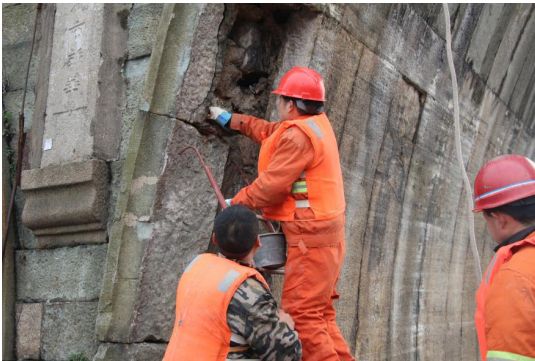
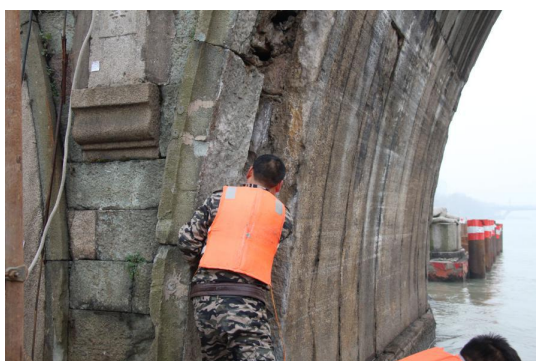
➤ 尺寸度量



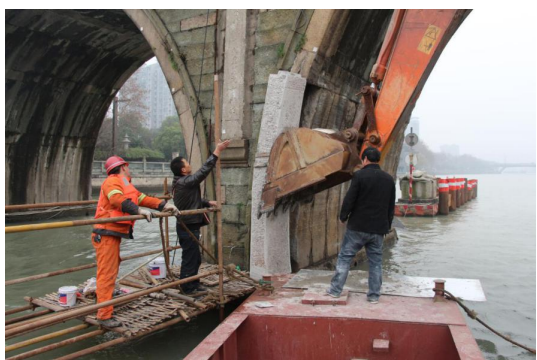
➤ 制作券石



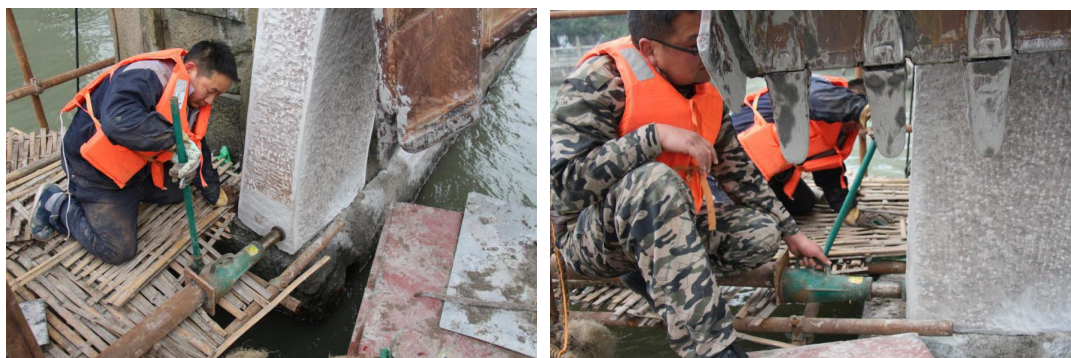
➤ 縫隙填实



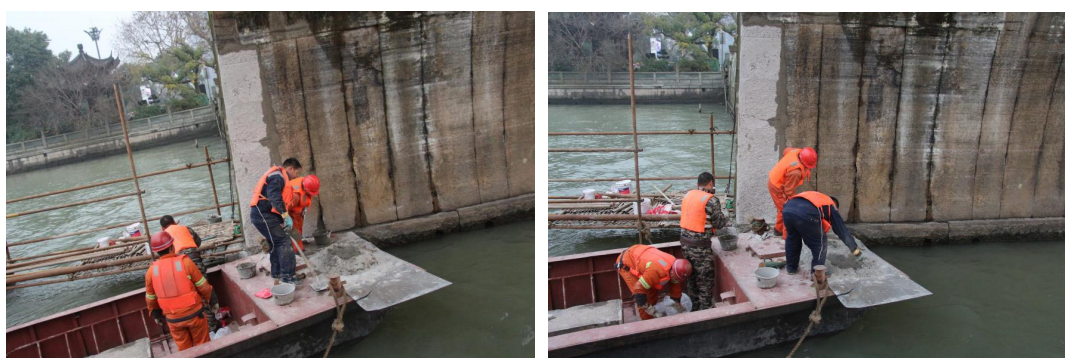
➤ 券石安装



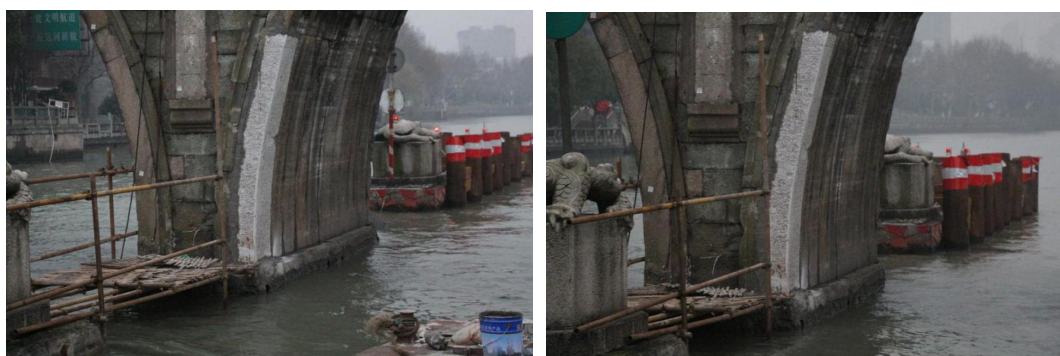
➤ 千斤顶顶入



➤ 灌浆



➤ 安装完成图



5 水下基础无损检测

5.1 检测内容

拱宸桥水下基础因检测困难，其技术状况一直不明，特别是经受数百年水流冲刷、船只撞击、风化腐蚀后的木桩基础是否仍然能够持续满足上部承载要求，具有较大不确定性。而一旦木桩基础失稳或破坏，对桥梁的损害是毁灭性的。检测内容主要包括：

- 采用多波束测深仪测量桥底及两侧各 100m 范围内的河底地形；
- 采用侧扫声纳仪扫描桥底及两侧各 100m 范围内的河底底质与水底障碍物，了解出露河底的木桩和条石基础外观，结合多波束测深成果分析水下基础冲刷情况；
- 潜水员携带浑水摄像机摄录出露河底的水下基础，对条石基础及出露木桩进行外观检查；
- 在桥墩和桥台两侧，距离桥基 1m 处钻孔，了解桥梁基础的地质情况；
- 利用桥墩和桥台两侧的钻孔进行声波 CT 扫描检测，了解木桩的深度及分布情况。

5.2 检测方法

5.2.1 河底多波束测深

沿顺河向布置 7 条纵测线，其中主孔布置 3 条，两侧边孔各布置 2 条。每条纵测线长度为 200m，以桥梁为中心，向两侧各延伸 100m。另外，在桥梁两侧各布置 1 条横测线，每条横测线长度为 50m。测线总长度 1500m，面积约 0.016km²。测线布置见下图 5.2.1-1。

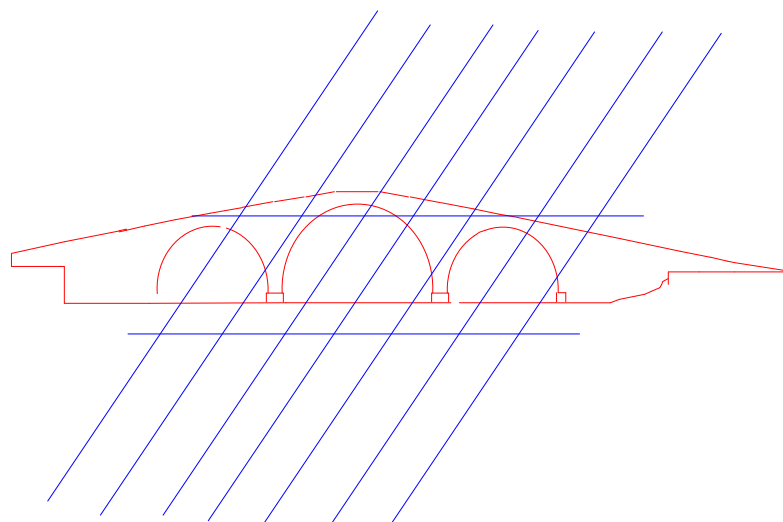


图 5.2.1-1 河底面地形多波束测深测线布置示意图

5.2.2 河底侧扫声呐扫描

沿顺河向布置 7 条纵测线，其中主孔布置 3 条，两侧边孔各布置 2 条。每条纵测线长度为 200m，以桥梁为中心，向两侧各延伸 100m。

另外，在桥梁两侧各布置 3 条横测线，每条横测线长度为 50m。测线总长度 1700m，测线布置见下图 5.2.2-2。

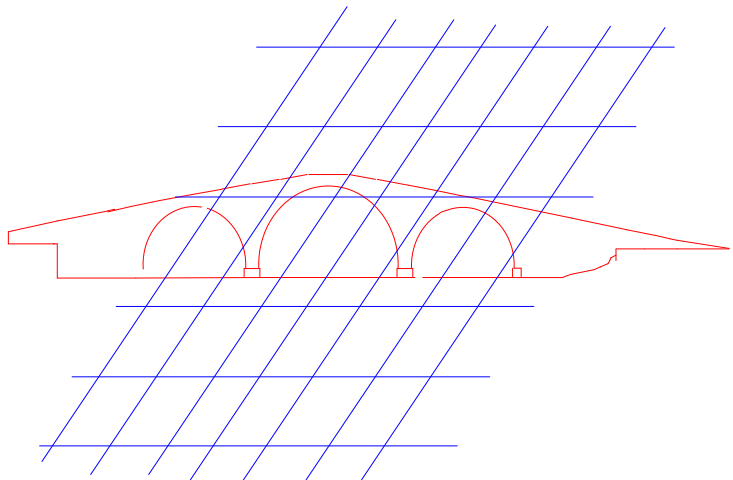


图 5.2.2-2 河底底质及障碍物侧扫声呐测线布置示意图

5.2.3 水下基础外观摄像检查

由潜水员携带浑水摄像机，对两桥墩和两桥台出露水底的条石基础、木桩基础进行摄像检查。

5.2.4 桥基地质钻探

在每个桥墩和桥台两侧各布置 2 个钻孔，共布置 16 个钻孔，钻孔布置在距离桥基 1m 处（避免对基础损伤）。每个钻孔深度暂定 12m(钻孔深度应超过木桩深度)，钻孔深度共计 96m。所布置的钻孔除用于了解桥基地质情况外，主要用于声波 CT 检测，故在钻孔成孔后放置 PVC 护管，护管高出水位 50cm，出露河底部分并用钢套管保护。钻孔布置根据声波 CT 检测需要，具体布置见下图 5.2.4-1。

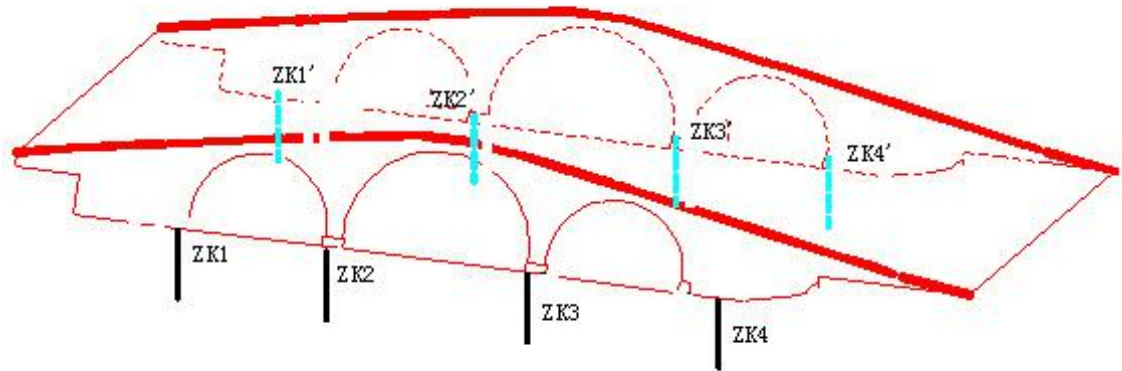


图5.2.4-1 声波CT孔位置分布示意图

5.2.5 桥基木桩声波CT检测

利用 8 个桥基地质钻孔进行跨孔声波 CT 扫描检测，每个桥墩或桥台的 2 个钻孔可组成 2 个声波 CT 检测断面，共布置 4 个声波 CT 检测断面。桥墩或桥台声波CT检测断面布置见图 5.2.5-1 和图 5.2.5-2。

声波 CT 检测时，发射和接收点间距均为 0.2m，每组声波 CT 检测断面布置 800 条射线，4 组断面共布置 3200 条射线。

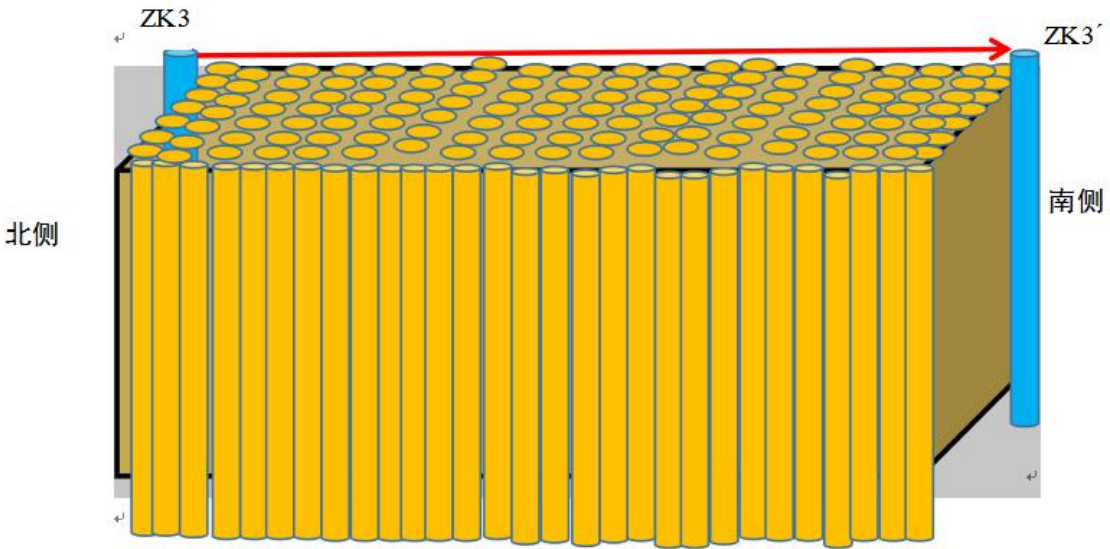


图5.2.5-1 桥基木桩声波CT扫描检测断面布置示意图

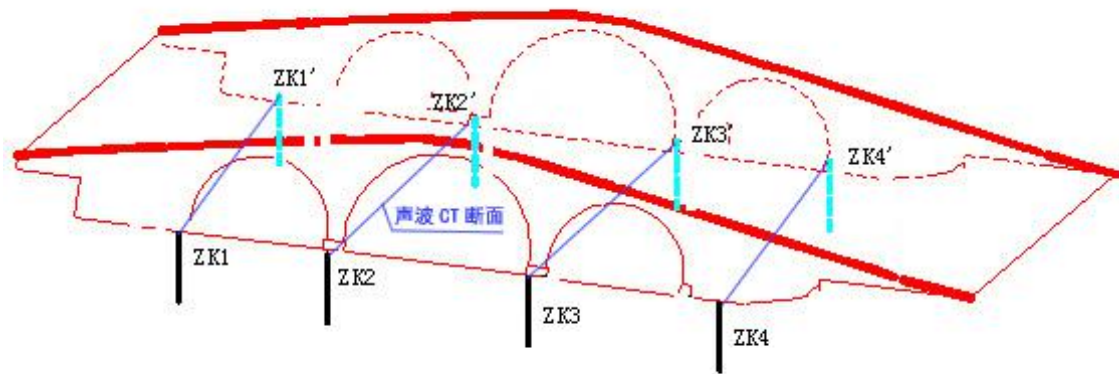


图5.2.5-2 桥基木桩声波CT检测断面布置示意图

5.3 检测成果及分析

5.3.1 水下基础外观检查

拱宸桥水下基础外观检查采用多波束、侧扫声纳、水下摄像及三维全景声纳扫描成像等多种方法，其中三维全景声纳扫描成像能直观展现拱宸桥水下基础的全貌及细部结构，并有效解决水下基础附着物和水生物的覆盖影响。检测期间河水位高程为 12.5m 左右。拱宸桥全景照片及各部位见图 5.3.1-1。



图5.3.1-1 拱宸桥全貌图（西—东）

5.3.2 水下基础全貌

根据拱宸桥水下基础三维全景声纳扫描成像成果，可直观显现拱宸桥水下基础的全貌及细部结构，拱宸桥水下基础全貌见图 5.3.2-1～图 5.3.2-3，图中红色为深水区，绿色为浅水区，其中中孔水深较深（4.5m），西侧边孔水深较浅（3.0m），东侧边孔水深最浅（2.6m）。由图清晰可见两桥台基础、梁桥墩基础和新老防撞墩。需要说明的是，图中黑圈为水下三维声纳扫描仪的摆放位置，因无法扫描面仪器底部区域，故留下黑圈，并无实际意义。

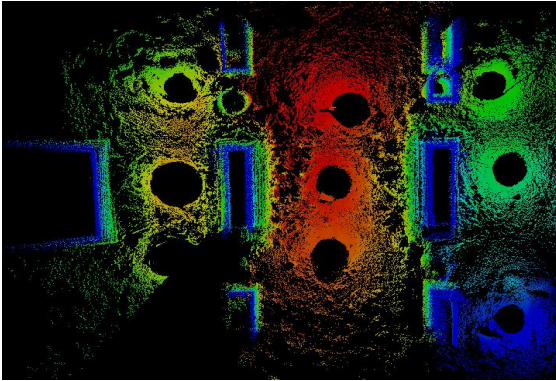


图 5.3.2-1 拱宸桥水下基础俯视全貌图（西—东）

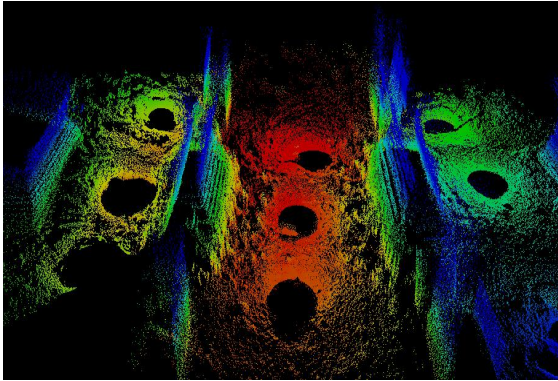


图 5.3.2-2 拱宸桥水下基础南侧斜俯视全貌图（西—东）

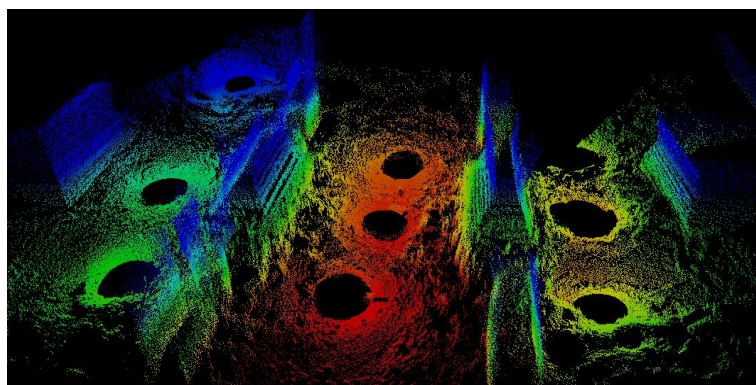


图5.3.2-3 拱宸桥水下基础北侧斜俯视全貌图（东—西）

5.3.3 东桥台水下基础

东桥台水下基础为条石扩大基础，可见5层条石，底部出露宽度约9.0m，上部宽度约7.8m，出露的条石基础基本完整，未见明显缺损；底部未见木桩出露。上部四层砌体表面平整，砌缝基本整齐、平顺；但最底层砌体表面有凹凸，砌缝不平顺，靠南侧局部缺损，缺损范围约长3.8m×宽0.22m，见图5.3.3-1～图5.3.3-3。

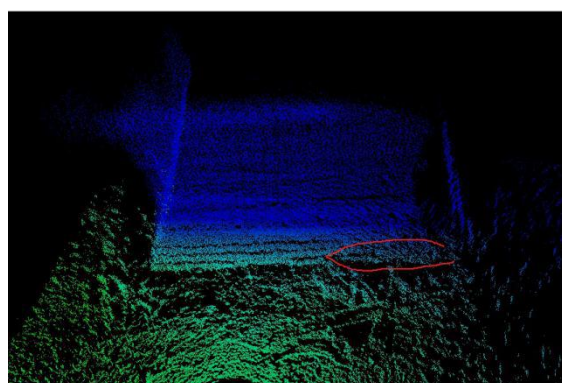


图 5.3.3-1 东桥台水下基础桥洞侧平视图
（从西向东平视，北—南）

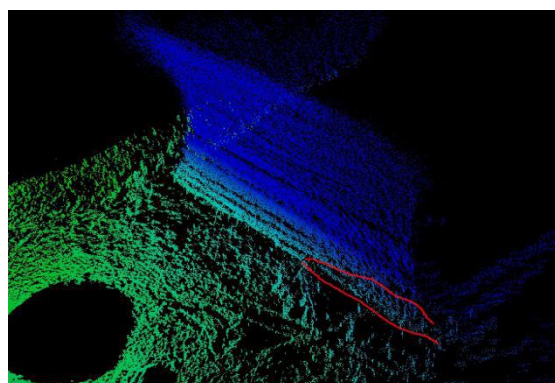


图5.3.3-2 东桥台水下基础西南角斜视图

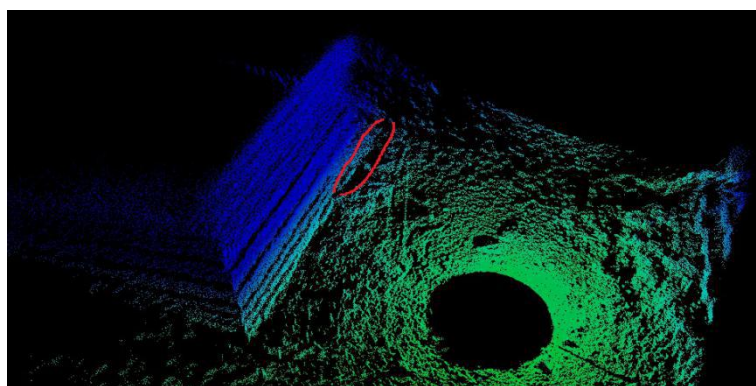


图5.3.3-3 东桥台水下基础西北角斜视图

5.3.4 东桥墩水下基础

东桥墩水下基础为条石扩大基础，底部出露基础尺寸约 $10.0\text{m} \times 4.3\text{m}$ ，上部基础尺寸约 $7.8\text{m} \times 2.3\text{m}$ ，出露的条石基础基本完整，见图 5.3.4-1~图 5.3.4-8。

桥墩东侧（边孔侧）可见 5 层条石，其中上部三层砌筑表面较平整，砌缝基本整齐、平顺；下部两层砌筑表面不平整，砌缝不平顺，局部错断；底部未见木桩出露。

桥墩西侧（中孔侧）可见 6 层条石基础，砌筑总体平整，砌缝基本整齐、平顺；条石基础底部可见木桩基础，木桩基础两端超出条石基础长约 60cm，宽约 40cm，木桩基础边缘不整齐，出露高低不一，最高约 1.5m；河底有零星木桩桩头出露，桩头最大出露高度约 50cm。桥墩西南角条石基础明显被船撞缺损，缺损范围约 $2.5\text{m} \times 2.2\text{m}$ 。

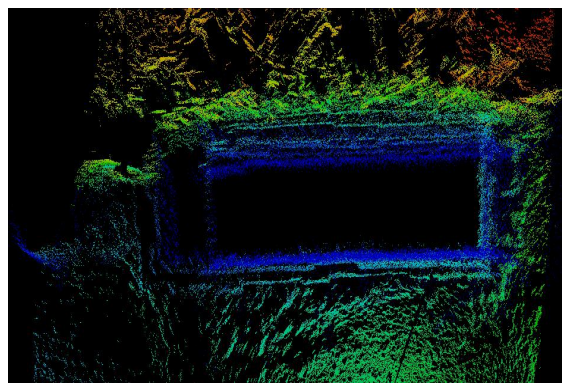


图 5.3.4-1 东桥墩水下基础俯视图（南—北）

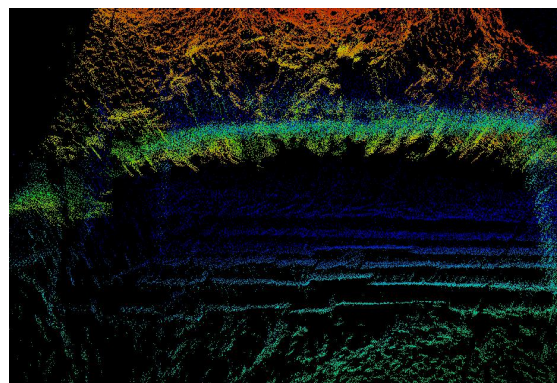


图5.3.4-2 东桥墩东侧水下基础斜俯视图（南—北）

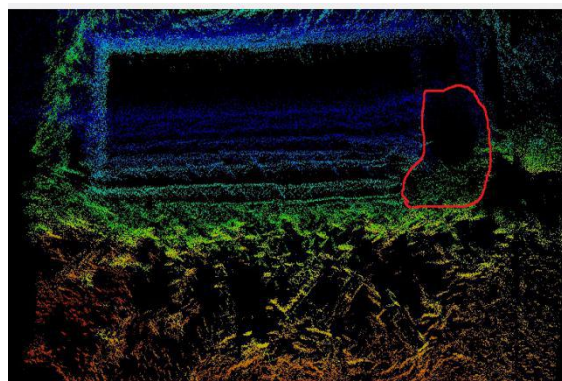


图5.3.4-3 东桥墩西侧水下基础斜俯视图（北—南）

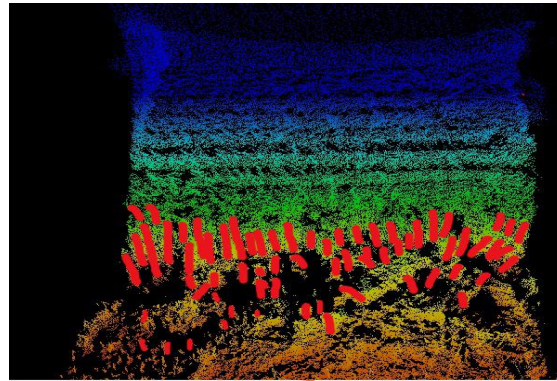


图5.3.4-4 东桥墩西侧水下基础平视图（北—南）

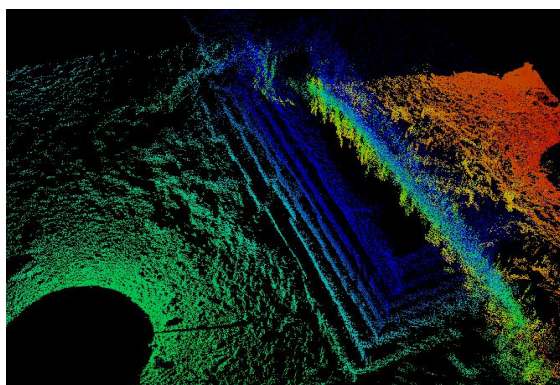


图5.3.4-5 东桥墩水下基础东北角斜视图

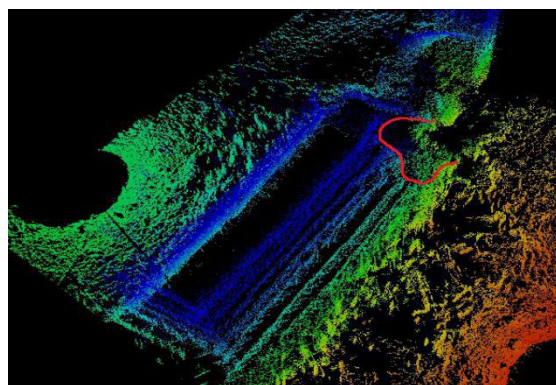


图5.3.4-6 东桥墩水下基础西北角斜视图

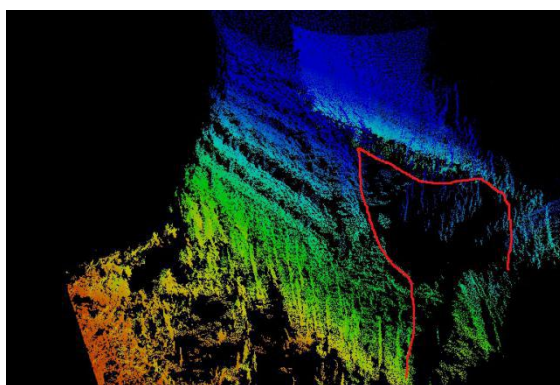


图5.3.4-7 东桥墩水下基础西南角斜视图

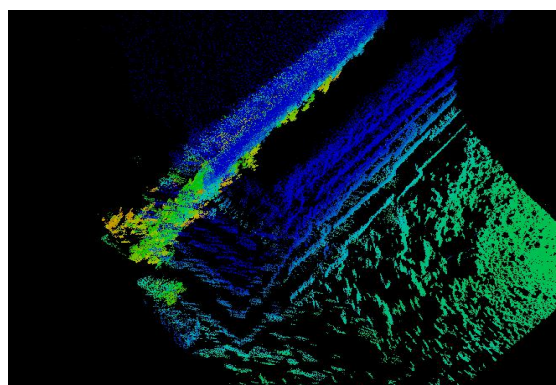


图5.3.4-8 东桥墩水下基础东南角斜视图

5.3.5 西桥墩水下基础

西桥墩水下基础为条石扩大基础，底部出露基础尺寸约 $10.0\text{m} \times 4.3\text{m}$ ，上部基础尺寸约 $7.8\text{m} \times 2.5\text{m}$ ，出露的条石基础基本完整。

桥墩东侧（中孔侧）可见 6 层条石，其中上部五层砌筑表面较平整，砌缝基本整齐、平顺；最底层砌筑表面不平整，砌缝不平顺；条石基础底部可见木桩基础，木桩基础两端超出条石基础长约 60cm，宽约 40cm，木桩基础边缘不整齐，出露高低不一，最高约 1.5m；桥墩附近河床有零星木桩桩头出露河底，桩头最大出露高度约 50cm。

桥墩西侧（边孔侧）可见 5 层条石基础，其中上部四层砌筑表面较平整，砌缝基本整齐、平顺，但第 3 层中部缺损一块条石长约 1m；最底层条石已扭曲，中部错断，靠南端约 2.5m 基本塌陷；条石基础底部未见木桩基础，但桥墩附近河床可见有零星木桩桩头出露河底，

桩头最大出露高度约 20cm。见图 5.3.5-1~图 5.3.5-7。

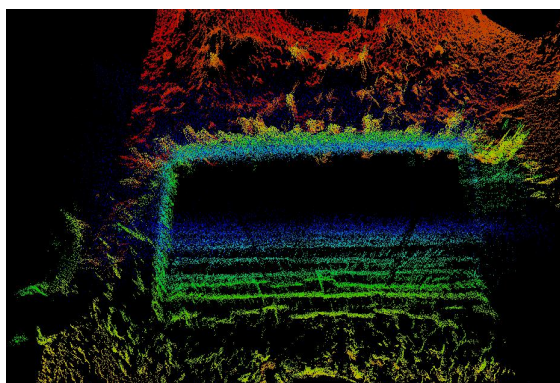


图 5.3.5-1 西桥墩水下基础俯视全貌图（北—南）

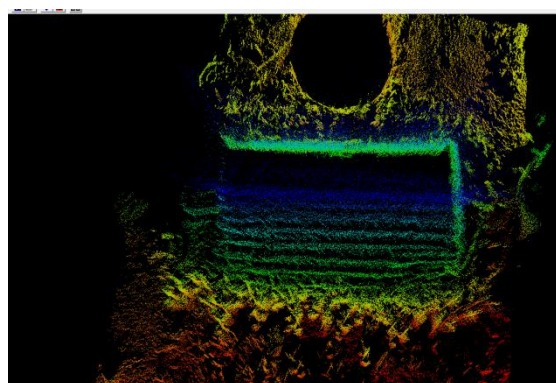


图5.3.5-2 西桥墩东侧水下基础俯视图（南—北）

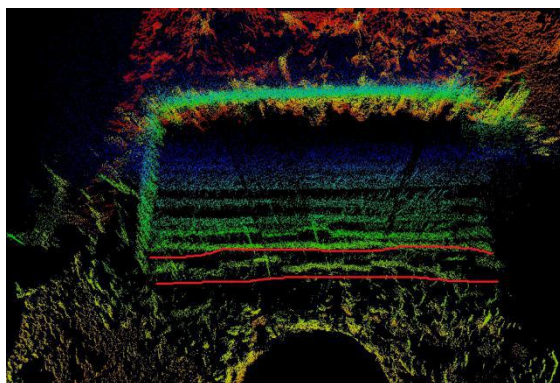


图5.3.5-3 西桥墩西侧水下基础俯视图（北—南）

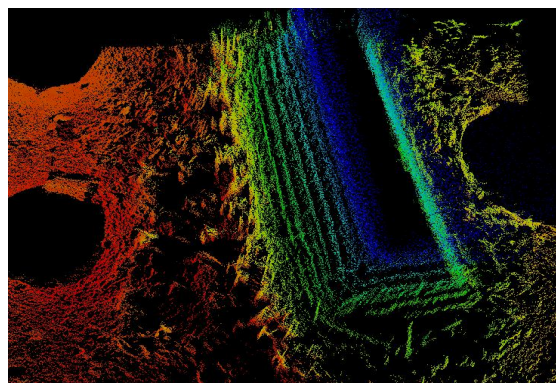


图5.3.5-4 西桥墩水下基础东北角斜视图

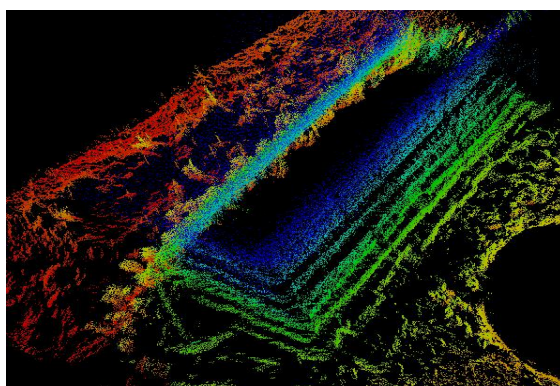


图5.3.5-5 西桥墩水下基础西北角斜视图

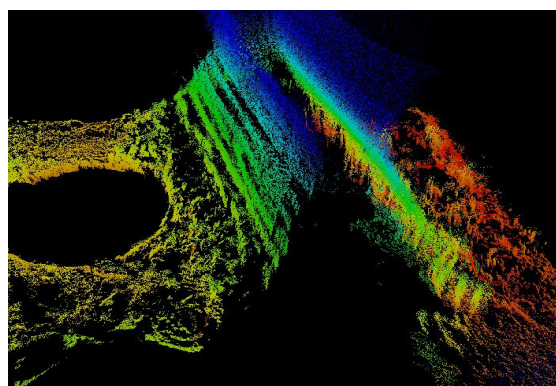


图5.3.5-6 西桥墩水下基础西南角斜视图

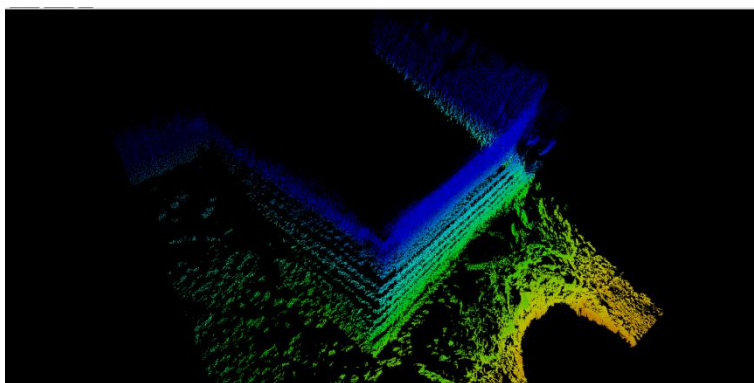


图5.3.5-7 西桥墩水下基础东南角斜视图

5.3.6 西桥台水下基础

西桥台水下基础为条石扩大基础，桥台东侧可见8层条石，上部宽度约7.8m，底部出露宽度约9.0m；其中上部六层砌体表面平整，砌缝基本整齐、平顺；底部两层砌体表面不平整，砌缝不平顺，靠北侧约3.5m段局部有坍塌。底部未见木桩出露。见图5.3.6-1~图5.3.6-3。

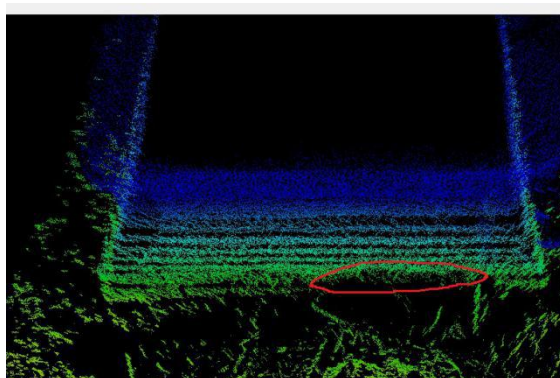


图 5.3.6-1 西桥台水下基础斜平视图（南—北）

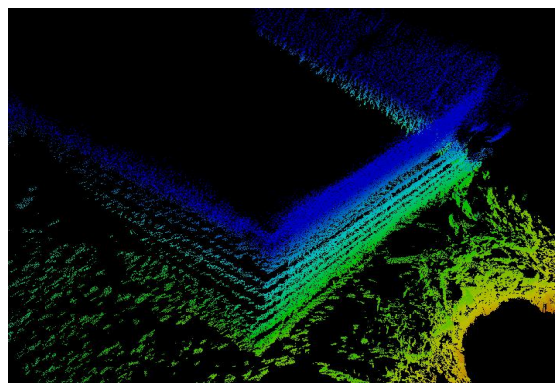


图 5.3.6-2 西桥台水下基础东南角斜视图

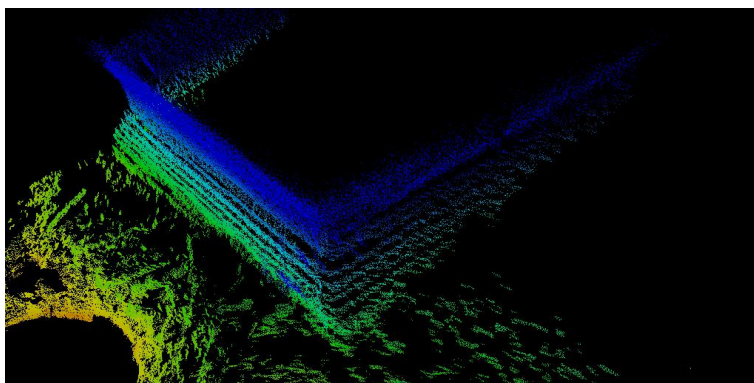


图 5.3.6-3 西桥台水下基础东北角斜视图

5.3.7 木桩基础

通过水下三维声纳扫描和水下摄像，在中孔侧可见东、西桥墩条石基础底部有木桩基础，木桩基础两端超出条石基础长约 60cm，宽约 40cm。木桩基础边缘不整齐，靠外侧的部分木桩歪斜，每排可见约 30 根，间距约 30~40cm。木桩出露高度不一，最高约 1.5m。中孔出露木桩见图 5.3.7-1，靠东桥墩侧木桩出露见图 5.3.7-2，靠西桥墩侧木桩出露见图 5.3.7-3。水下摄像发现表面有附着物和水生物，刷去表面附着物后测量木桩顶端直径约 10cm~30cm，见图 5.3.7-4。

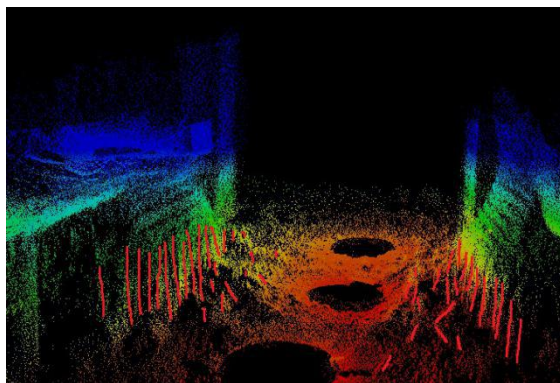


图 5.3.7-1 中孔东、西桥墩木桩基础及河床桩头出露图

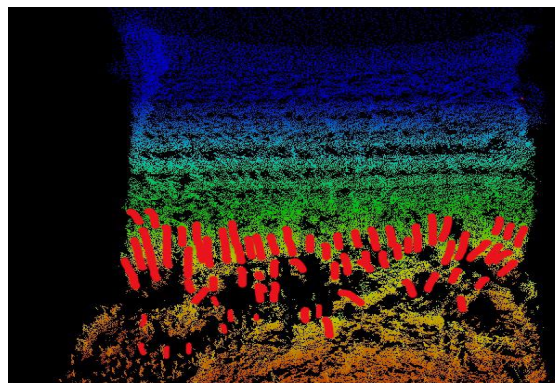


图 5.3.7-2 中孔靠东桥墩侧木桩基础出露图

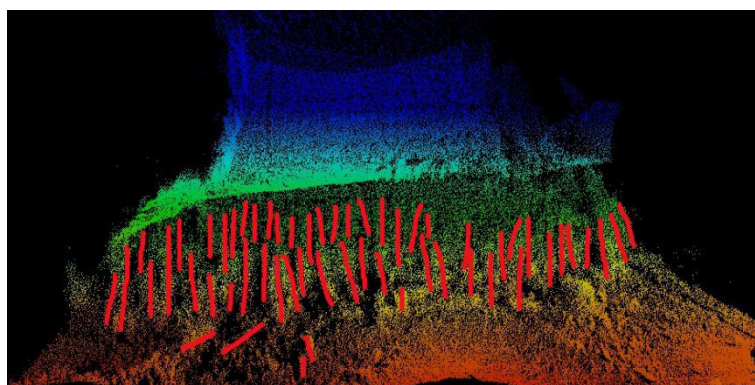


图 5.3.7-3 中孔靠西桥墩木桩基础出露图



图5.3.7-4 中孔水下出露部门木桩桩头摄像截图

另外，在中孔靠近东、西桥墩的河床有零星木桩桩头出露，桩头最大出露高度约 50cm，部分桩头歪斜。见图 5.3.7-5。

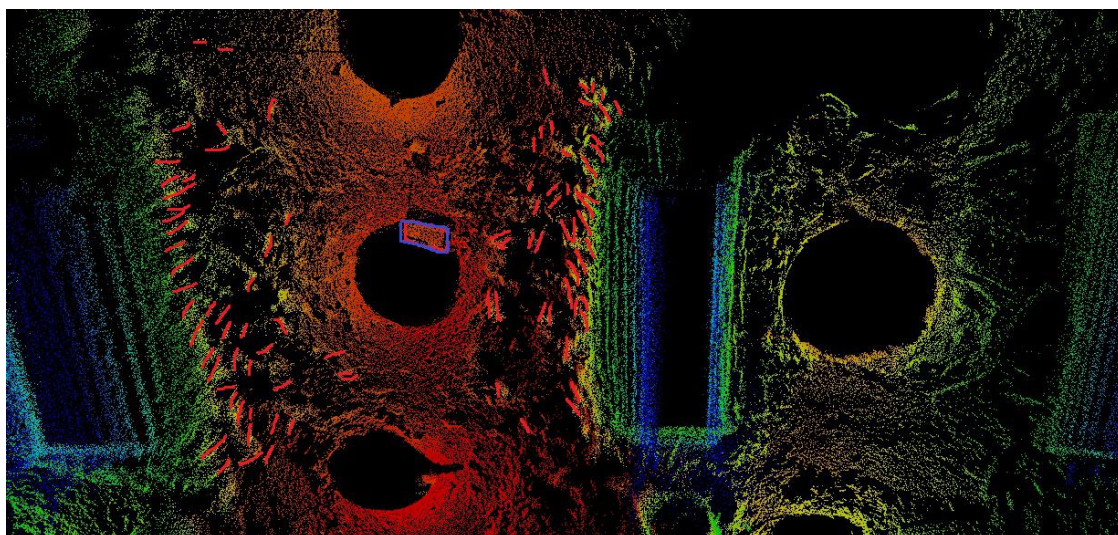


图5.3.7-5 中孔河床木桩桩头出露图

5.3.8 木桩深度

采用声波 CT 扫描和声波水平同步对穿法检测木桩深度，分析木桩入土深度约 6~10m 不等。见图 5.3.8-1~ 5.3.8-2。

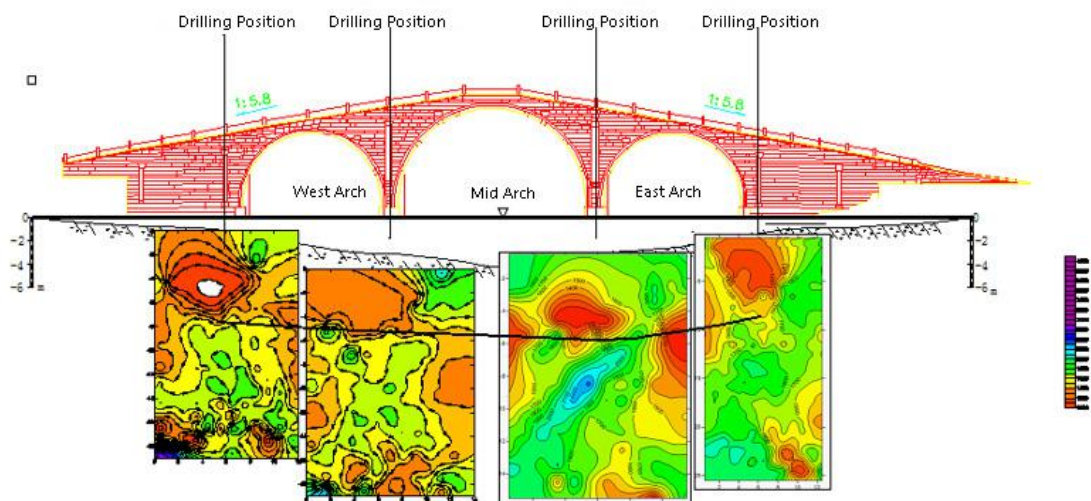


图5.3.8-1 声波CT扫描检测成果图

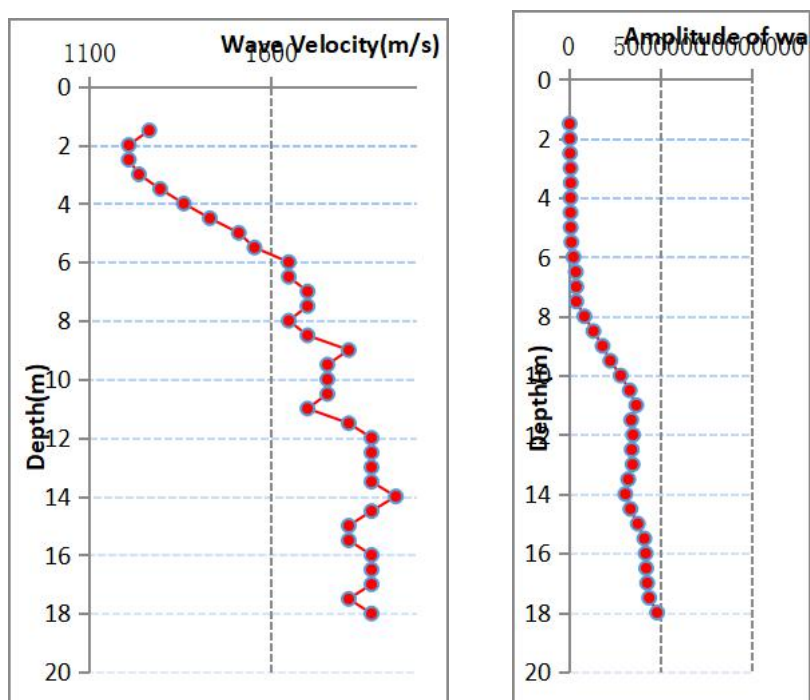


图5.3.8-2 声波水平同步检测成果图

5.3.9 桥底河床检查

拱宸桥桥底河床呈凹槽形态，中孔河床最低高程为 8.0m，东边孔河床最低高程为 9.9m，西边孔河床最低高程为 9.5m，中孔河床低于东、西两侧边孔分别为 1.9m 和 1.5m；中孔河床呈深槽形态，分析为船只行驶导致河床冲刷和船底刮擦所致，见图 5.3.9-1~图 5.3.9-2。

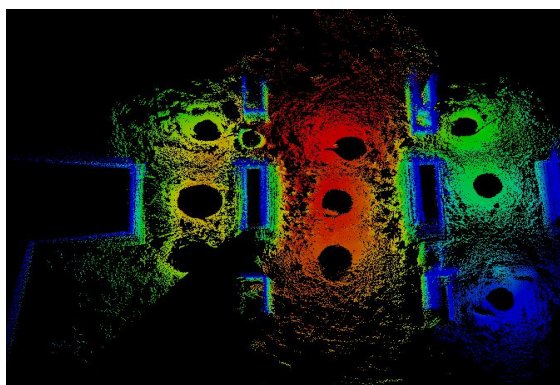


图5.3.9-1 拱宸桥桥底河床俯视图（西—东）

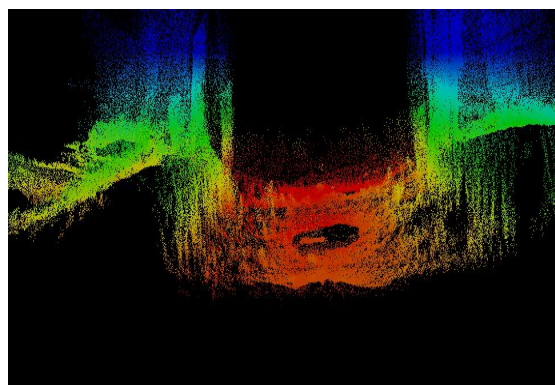


图5.3.9-2 拱宸桥桥底河床断面南侧平视图

（西—东）

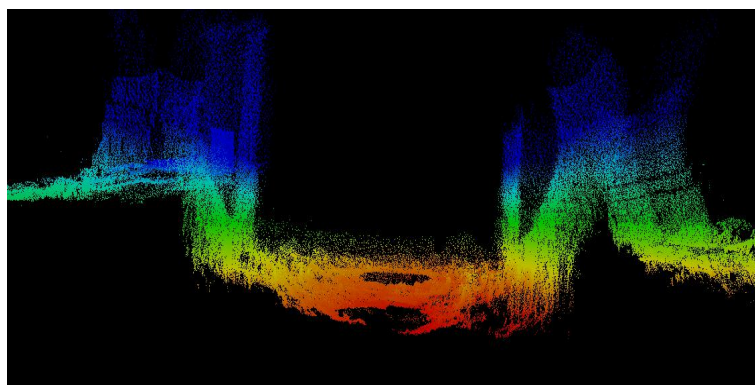


图5.3.9-3 拱宸桥桥底河床断面北侧平视图（东—西）

桥底河床上可见零星块石分布，其中在中孔底部有一大块石，尺寸约为长 1.7m×宽 0.7m×高 0.6m，见图 5.3.9-4。另外，潜水员在西桥墩的西南角河底探摸到一艘铁质沉船，出露长度约 1.7m。



图5.3.9-4 中孔河床大块石及出露桩头图

5.3.10 两侧河道

在拱宸桥上下游两侧 100m 范围内河床底质为淤泥，河床基本平顺，最低处河床高程约为 8.0m。河底零星散布块石及杂物，未见沉

船等大体积障碍物，见图 5.3.10-1。在拱宸桥南北侧 23m、33m 处切取断面，4 个断面的河床低点高程范围为 8.05~8.40，按检测时河水位高程 12.50m 计算，4 个断面的最大水深约为 4.1~4.5m。

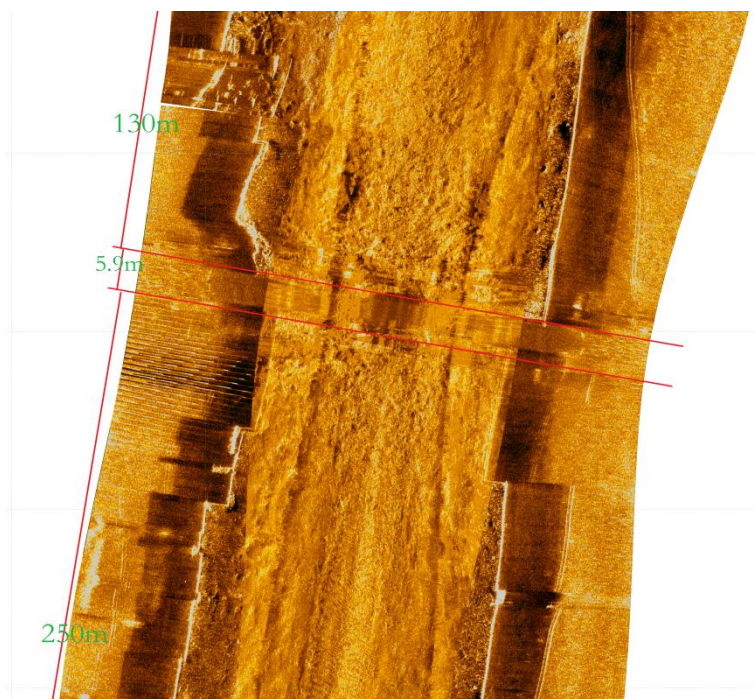


图5.3.10-1 拱宸桥桥底及两侧河道侧扫影像图

5.4 检测结论

本监测应用无损检测技术，对拱宸桥进行详细的水下基础检测，包括多波束测深仪测量河底地形、侧扫声纳仪结合多波束测深分析水下基础冲刷情况、水下三维声纳成像检测水下基础、声波 CT 扫描检测及桥基声波水平同步对穿检测木桩的深度及分布情况等工作。检测结果表明，运用无损检测技术对水下基础进行检测，极大提高了工作效率，更精准的获取了水下基础的损坏情况，为后期桥梁加固养护提供了重要的依据。

(1) 基于本次检查所获得的结果，初步推测认为拱宸桥桥底原为满堂木桩基础，中孔河底上部木桩系被河流冲刷和船底刮擦侵蚀所损毁。

(2) 由于深吃水、大吨位船只对河底冲刷和刮擦作用，导致中

孔河床凹陷并不断侵蚀河床底部木桩和东、西桥墩边缘木桩，已严重损伤桥墩木桩基础并影响其上部条石基础的稳定。

(3) 由于中孔形成深槽，明显低于两侧边孔河床，中孔侧木桩陡立 2m 高度，在数百吨的竖向荷载和因河床高差导致的侧向压力作用下极易造成桥墩木桩基础的整体失稳，严重威胁拱宸桥的安全。

(4) 东、西桥墩的条石基础因船撞受损明显，桥墩、桥台底部条石局部有坍塌、缺损，已影响条石基础的整体稳定。建议尽快对水下条石基础进行加固修复并封闭出露在外的木桩，及早清理桥底水下大块石、沉船等障碍物。

参考文献：

1. 大运河畔，拱宸桥下（2013-8-14）微博，胡波，
http://blog.sina.com.cn/s/blog_4bab02370102eamw.html
2. 李中翔. 拱桥与我国古代力学. 《文物保护与考古科学》，1998(2):33-36
3. 中国古桥在工程结构和力学方面的成就
4. 柏文峰 - 《辽宁工程技术大学学报》 - 1988 - 被引量：0
5. 石拱桥检测与加固技术探析
6. 向绿林 - 《现代装饰:理论》 - 2015 - 被引量：0
7. 湖州古桥之三孔石拱桥（17座，新增乱石拱桥1座）
http://blog.sina.com.cn/s/blog_4d6de5390101fhn3.html

古桥三维点云扫描、数字化建模 与云平台建设初探

张玉杰¹，赵建峰²

(1. 浙江杭甬复线宁波一期高速公路有限公司，浙江 宁波 315700；2. 浙江交通职业技术学院，浙江 杭州 311112)

一、什么是古桥三维点云扫描、数字化建模与云平台建设

在信息化和数字化时代的大背景下，古桥数字博物馆的建设势在必行。笔者探索利用三维激光扫描仪等先进的仪器设备，获取高精度高分辨率的三维几何点云数据，然后基于BIM技术建立古桥三维全景精细化数字模型，并通过开发建立基于GIS系统的古桥大数据云平台，将一定区域或范围内的古桥纳入系统进行统一管理，为古桥数字化管理和保护利用提供重要的支撑。

古桥风格独特，每一座古桥都是一部反映古代建筑工匠的建筑技艺的发展史。由于历史、经济等诸多原因，许多古桥都受到了不同程度的破坏。传统测绘多以图纸、文字、表格、图片、影像等电子文件的形式，由于不同类型的数据信息不关联，信息表达易出错、遗漏和矛盾，无法得到精确的尺寸数据信息，导致古桥修复工作困难。BIM技术与三维扫描技术结合，能更全面地数字化保护古桥建筑信息。通过三维扫描技术，能够在短时间内获得目标对象的三维点云数据，不仅克服了传统单点测量的局限性，还提高了数据采集

的效率。和传统的采集模式相比，古桥建筑信息能够得到更为全面、完善的留存。三维激光扫描技术得到的古桥建筑点云数据格式与 BIM 技术有着成熟接口，可以实现数据的高效转换。目前应用广泛的 BIM 是建筑业信息化的产物，BIM 技术在古建筑领域的广泛应用也得益于它强大的三维重建、可视化、参数化等特点。古桥的三维信息在形成的过程中以 BIM 为载体，将信息参数化，由于信息查询存在着许多的问题，比如传输速度慢，数据量大等，BIM 的应用恰恰解决了这些问题。在数字化采集+建模的基础上，如果基数足够就可以进行一定区域内，比如一个区县，或者一个省内的 GIS+BIM 的古桥数字化信息云平台建设。

二、古桥三维点云扫描、数字化建模与云平台建设的意义

以笔者所在的浙江为例。浙江经济发达，文脉深厚，有保存较为完好的系统性古建群网，它们是历史留下的宝贵的、真实的财富，而不是现代仿造新建的伪品。浙江各地分布大量古桥，但因为地方土地开发利用等人为因素、洪水等自然因素，或是古桥本身年久失修等结构病害，导致古桥因外部原因毁坏的事例很多。

古桥三维点云扫描、数字化建模与云平台建设，可以为浙江古桥提供一种用互联网和数字化形式实施保护性利用，保护性开发的方法。

一是对古桥做一个系统性的搜集整理发现；

二是在发现的基础上给出技术性保护和养护方法（结构监测，结构预警，特殊自然灾害的提前预报与防控、常规养护措施、预防性加固方案等）；

三是在保护的基础上可以考虑如何实现古为今用，为交通+旅游、美丽乡村、乡村振兴等地方政府课题提供有力支撑；

四是在工程的基础上不断发掘古桥文化内涵。古桥具有公共属性，这是与私家宅院中的古建筑最显著的区别。古桥身上蕴含的历史与人文内涵更为厚重深远和博大精深，如能借用这个平台在工程基础上发掘古桥文化内涵，善莫大焉。

古桥今用，才有新生，合理利用才是最大的保护。开发“古道·古桥·古村落”大数据云平台是建立起“历史文化财富”与“现代化两美浙江”两者之间的一座桥。通过古桥爱好者与专业团队结合进行的勘古桥—寻古道—找古村落—观古建筑活动，进而通过专业人员与专业设备对古桥三维点云扫描、数字化建模与云平台建设，构建GIS+BIM模型，全开放，可定制，根据需求创建库，并通过各类库搭建和管理项目。同时，可以为地方实现“乡村振兴”，落实“两山理论”，建设“两美浙江”，提供技术硬支持和文化软沉淀。这是一群工程师结合自身技术+兴趣做的一件很有意义的事，也是工程师能为“留得住乡愁”做的技术支持与实在贡献。

三、古桥三维点云扫描、数字化建模与云平台建设方法

1、古桥点云数据采集以及点云数据处理

首先利用三维扫描仪获取古桥建筑的三维激光扫描点云数据。三维激光扫描仪作为高新技术应用的测量仪器，彻底颠覆了传统单点测量模式，其测量基本原理与全站仪类似，利用马达作水平和垂直方向的旋转，采用激光作为光源进行测距。在仪器内，通过一个测量水平角的反射镜和一个测量天顶距的反射镜同步、快速而有序地旋转，将激光脉冲发射体发出的窄束激光脉冲依次扫过被测区域，测距模块测量每个激光脉冲的空间距离，同时扫描控制模块控制和测量每个脉冲激光的水平角和天顶距，最后按空间极坐标原理计算出扫描的激光点在被测物体上的三维坐标。

外业完成点云数据采集后，采用配套软件导入点云数据，利用无目标全自动配准技术完成所有测站点云数据的自动配准工作。点云数据处理软件集成丰富的点云数据编辑工具，通过分割、取样、裁剪等工具可以对原始点云数据进行过滤、去噪、裁剪，然后提取所需要的数据。基于三维模型工具，根据点云建立三维模型，为后期展示提供精准详实的三维模型数据。

三维激光扫描仪的主要特点包括：1) 信息采集快速；2) 数据保存更完善、详实；3) 可实现古桥建筑在计算机中的

真实再现；4) 为古桥的修缮和复制提供数据基础；5) 测绘简单，不用装备梯架就可以完成测量，减少工人劳动强度；6) 实现传统测绘手段无法操作或记录对象的测绘；7) 非接触测量，充分保护古桥建筑。通过实地实桥信息采集技术，提供可信的桥梁建筑数据源，降低信息获取时间，提高信息准确性，给古桥信息带来便捷的共享价值，推动古桥数据标准化，从而驱动古桥建筑数据的业务发展，提高古桥管理保护工作效率。

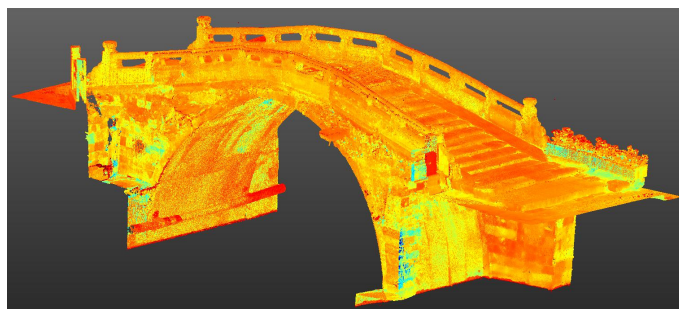


图1 扫描获取的德清县省保单位-清河桥三维点云模型

2、基于 BIM 的古桥建筑逆向建模及局部构件参数化

针对不同角度扫描图像，进行控制数据点的拼接，多视角点云数据统一化，进一步对网格缺陷补充及网格平滑处理，构建古桥建筑模型三角格网；其次，利用构造栅格和拟合曲面生成三维模型，构建古桥建筑全景精细化数字模型；鉴于古桥建筑全景模型体量大，面向网络化应用存在传输量大、渲染时间长的问题，需对大体量模型进行点云数据降噪、减面处理；最后，通过古桥全景网格模型切片，将古桥建筑实体与周边实景网格区分，分别进行不同层面的模型轻量化处理。

将古桥实体点云数据导入相关 BIM 三维软件建模平台，逆向建立古桥建筑三维高精度模型，利用扫描仪软件自带的测量功能，测出各部分的尺寸，为建模做准备，对古桥建筑中梁、板、柱等规则的结构构件以及栏杆、扶手、阶梯等规则的构件进行参数化族建模，建立古桥建筑构件“族”模型库，将复杂古桥建筑三维结构的建模转换成基于语义和少量参数数据的自动化建模过程，同时采用实体模型代替复杂的点云模型，达到模型轻量化目的。



图2 构建的桥梁三维数字化模型示例

3、古桥建筑全生命周期属性信息关联 BIM 古桥建筑模型

对古桥文物进行保护，需要得到 BIM 古桥建筑模型的全生命周期属性信息，比如一些构件的年代、破损的情况和材质等等。然后在虚拟的模型里面导入相关的照片、现保存状况报告、相关具体数字数据等有关的资料，形成完整的信息数据系统。这些信息与模型空间位置以及构件尺寸的信息共同存储在同一个三维模型中，打开模型的同时，就可以直观地得到模型的空间和属性信息，并且所有信息都是相互关联的，实现了属性信息的同步更新，实现了 BIM 对古桥建筑

本体信息的全面覆盖。



图 3 设计开发中的桥梁三维数字化模型展示系统界面

四、古桥三维点云扫描、数字化建模与云平台建设的实践案例

本文第二作者所在单位拥有北京茅以升科技教育基金会浙江交通职业技术学院古桥研究中心（以下简称浙江交院古桥研究中心），近年来致力于开展古桥三维数字化保护工作，对拱宸桥、祥符桥、清河桥、穆桥、白龙塘桥等一批国家级、省级及县市级重点文物保护单位进行了三维激光测量和数字模型的构建，为古桥数字化管理和保护修复提供基础数据和技术支持。

典型案例：浙江省文物保护单位——德清古桥群·清河桥

清河桥，位于乾元镇务前街与县东街交界、南北方向跨县桥河，单孔石拱桥，由武康石构筑而成。明嘉靖《德清县志》载：清河桥，在县东一百七十步，当学宫之前，宋治平

间（1064~1067）建，今呼孩儿桥。清同治《湖州府志》载：清河桥，在儒学门前，跨北流水。宋治平间知县陈之方建，俗称孩儿桥。明天启四年（1624）教谕马文耀更名“会瀛桥”。桥长 17.07m，单孔净跨 8.7m，净矢高 4.5m，横向布置为：0.3m（护栏）+2.85m（桥面净宽）+0.3m（护栏）=3.45m。拱券采用 6 条券石纵联分节并列砌置，环成半圆状，拱券顶点龙门石镌刻荷莲瓣纹饰图。券石雕刻有长生禄位的荷莲饰图。拱券高敞，结构严密，外无袱石相环。桥洞两侧金刚墙用标准条石平缝错砌。桥面中心板无饰刻，因修理务前街路面时被水泥浇灌。两坡各置台阶 17 级，台阶两侧置垂带石，桥面各用七条石梁为栏，上部镂空成形，护栏顶点为弧圆形，浮雕云拱，有多种风格组成，与绍兴城区八字桥的浮雕云拱基本相似。护栏与 8 根方形望柱连接，望柱头镌刻精美的覆莲。护栏尾端置抱鼓石，抱鼓石很小，刻有回形纹。桥额刻于拱顶券面石，双钩阴刻“清河桥”3 个大字。

清河桥是德清县为数不多的宋代桥梁，对于研究古代桥梁建筑提供了宝贵的资料，具有非常高的历史、艺术价值。2005 年被列为省级文物保护单位。



图4 德清古桥群·清河桥概貌

该桥始建年代应在北宋治平年间（1064-1067），由于年代久远，桥梁设计、施工等相关资料已无从考证。经查阅档案馆修缮记录、走访当地居民得知，2012年5月，经浙江省文物局批准，德清县文保部门在浙江省文物考古研究所所长、古建筑专家李小宁的指导下对清河桥进行了修缮，清除桥上杂草灌木，补齐桥上缺失的望柱、石栏等构件，大修如旧。2015-2016年，乾元镇进行小城镇改造工程，对清河桥周边环境进行综合整治。

2019年，经德清县博物馆日常巡查发现，主拱圈有一片拱卷石掉落，初步判定原因为南北两侧桥台基础发生不均匀沉降后，主拱圈出现严重变形引起的病害。考虑到采用传统

的测绘技术无法获取精确的古桥结构尺寸信息以及主拱圈变形量，由此带来了古桥修复工作困难等一系列问题，浙江交院古桥研究中心利用先进的三维激光扫描仪获取了该桥的三维点云数据并进行数字模型构建（图 1），通过在数字模型中进行对比量测，获得了实测拱轴线与理论拱轴线之间的变形量值（如图 5 所示），为古桥管养单位和维修加固设计单位提供了详实可靠的基础数据，为该桥后续的加固改造设计、维修施工提供了重要的参考依据。

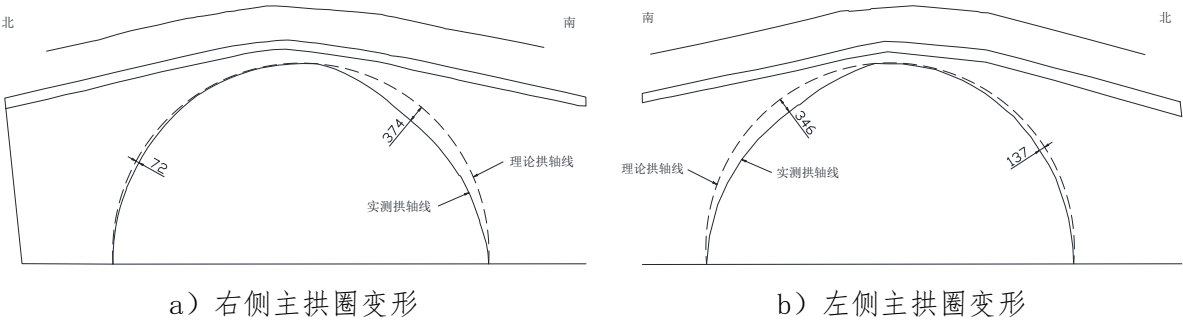


图 5 清河桥主拱圈变形对比图（单位：mm）

五、关于古桥三维点云扫描、数字化建模与云平台建设的展望

1、规范化古桥分类指标，参数化构件族模型库，建立标准化的古桥建筑构件数据库，是古桥数字化的基础工作。随着采集数据的增多，一是对同一类型的古桥做统一识别和归类，二是在归纳同类型古桥“共性”中识别每一座古桥的“个性”。

2、在古桥工程结构数字化采集的基础上，补充完善古

桥历史、文化、民俗方面的数字化采集整理工作。古桥具有公共属性，这是与私家宅院中的古建筑最显著的区别，古桥身上蕴含的历史与人文内涵更为厚重深远和博大精深，如能借用这个平台在工程基础上发掘古桥文化内涵，将会对古桥在工程硬核基础上集约化建设古桥软文化内涵，做到“硬工程”与“软文化”的交汇融合。

3、以古桥数字化模型与平台为基础，制定科学合理的古桥检测方法与监测措施，为古桥今用提供技术支持与保障。

4、根据检测结果制定古桥维修加固方案，根据监测数据建立古桥风险控制系统与风险档案。考虑到浙江省特有的自然条件，古桥因台风、洪水毁坏案例较多，考虑在监测指标中纳入上游河道冲刷调查、洪迹线调查、桥梁墩台与基础防冲刷结构措施、桥梁墩台防漂流物撞击性能、廊桥桥面建筑迎风面积及抗风措施等对应指标，以便做到针对性防护。对目前仍在通行机动车的古桥，应纳入超载车辆监测指标

5、结合古桥数字化采集与建模，通过补充与编制行业标准、团体标准、规范的形式，在标准与规范上补充完善古桥的质量评价等级与维修加固措施。为政府和民间保护古桥提供理论依据、技术支持与规范标准依据。

古桥文化与宗教文化关系的探讨

吴齐正

据考古研究，从河姆渡文化遗址、半坡文化遗址中发现，我国真正意义上的桥梁诞生于氏族部落时代，距今 6000 多年以前。中国是一个有着 5000 多年历史的文明古国，自古就有“桥的国度”之称。桥梁是一个国家文化的表征。我国古代桥梁的建筑技术，有不少是世界桥梁建筑史上的创举，充分显示了中国人民的非凡智慧和力量。如我国河北赵县的赵州桥、福建泉州的洛阳桥、广东潮州的湘子桥、广西三江的程阳桥、北京的卢沟桥等五大名桥就是杰出的代表作，举世无双，在世界桥梁史中占有非常重要的地位，它们的领先成就至今在世界上仍然光辉闪耀。古桥传承着人类文明和经济繁荣，留下了一笔笔宝贵的文化遗产和艺术财富。

中国儒、释、道三教并存，有三教同源之说，中国古桥亦有三教同桥的文化现象。古桥文化与宗教文化是中华民族传统文化的重要组成部分，它们有机相融，相互渗透，交相辉映，彰显了中华传统文化的灿烂辉煌。

唐代张继有脍炙人口的《枫桥夜泊》诗云：“月落乌啼霜满天，江枫渔火对愁眠。姑苏城外寒山寺，夜半钟声到客船。”随着这首千古绝唱的传播，枫桥和寒山寺也因此名扬天下，从此历代文人吟咏不绝。这是桥寺并存，古桥文化与宗教文化相结合的一个典型实例。

其实，儒、释、道三教的基本思想在诸多方面都有相融共通之处，如他们都讲从善仁爱、自然和谐、天人合一等，只是表达内容和方式不同而已。

宗教是人类精神信仰和寄托的表现，宗教是一种文化。宗教建筑是我国物质文化遗产的重要内容，是各个历史时期人类文明和智慧的

重要凝聚体，许多宗教建筑具有很高的建筑艺术水平和重要的文化价值。

古桥文化与宗教文化有机相融，三教同桥的文化现象可从以下几方面论证，本文仅以浙江当前桥寺并存的实例阐述。

一、我国自古以来就有修桥建寺的善举传统，这是三教思想的体现。

早在魏晋南北朝时期，佛教兴起时尚未形成寺院，就有达官显贵“舍宅为寺”。如杭州萧山的江寺，系南朝齐建元二年（480）左卫公江淹舍宅为寺，故名江寺，沿用至今；海宁惠力寺，系东晋宁康年间（373~375）尚书张延光舍宅为寺，北宋大中祥符二年（1009）御赐“惠力寺”；德清八胜寺，系南朝梁青州刺史沈子真舍宅为寺，梁天监八年（509）武帝赐名“八胜寺”。之后，随着社会变迁和时代发展而得到迅速发展。古桥和寺庙修建除官办外，许多都由当地百姓募捐、或地方乡绅出资、或寺庙僧人化缘募资建造，尤其广大宗教徒、善男信女更是踊跃布施，他们的姓名和捐款刻载在桥石或功德碑上，彰显了中华民族崇尚仁爱、行善乐助、和谐相处、造福子孙的传统美德。这些都反映了儒、释、道的思想体系。

二、桥与寺的关系不仅是建筑空间配置的需要，更有文化观念的关系。

桥与寺是建筑空间配置的需要，如修桥过河进寺，探其渊源，还有更为重要的文化观念的关系，它们有着千丝万缕的不解之缘。江南水乡很多寺庙前面通常都有河流，旧时称为放生河，河上之桥叫做放生桥。正如佛经中云：诸余罪中，杀业最重，诸功德中，放生第一。佛教宣扬普渡众生、脱离苦海、寻求幸福，桥是渡河的载体，是解脱一切苦难的象征，善男信女过桥的同时经心灵净化，逐渐走向神圣的禅门境地。有些桥因寺得名，有的桥就是寺的组成部分，桥寺同名，

如杭州西湖有下、中、上天竺寺，寺前的三座古石桥，俗称下、中、上天竺桥；嘉兴南湖的太平桥与太平寺；桐乡的福严寺桥与福严寺；绍兴越城的龙华桥与龙华寺；湖州南浔的广惠桥与广惠宫，等等。有些桥就是由寺中僧人建造的，如海宁惠力寺前的紫薇桥，系嘉庆元年（1796）由惠力寺僧释乘车建造的。还有的桥是为纪念寺内高僧而取的桥名，如天台国清寺的丰干桥，是为纪念唐代贞观年间（627~649）国清寺高僧丰干而得名。

三、古桥与寺庙建筑的装饰非常讲究，丰富多彩，精美绝伦，寓意深邃，体现三教追求的思想。

1、古桥的桥堍、寺庙的山门和殿堂等处，都有两只蹲立于须弥基座上的大石狮守护左右；古桥栏杆望柱的装饰也常雕刻形象生动、姿态各异的小石狮。古时，狮子被世人誉为“兽中之王”，成为人们崇拜的对象。狮子又被视作吉祥之物，能驱妖辟邪、消灾避祸、平安吉利。古桥与寺庙采用石狮守护，佛、道两家共用，也就不言而喻了。

2、古桥与寺庙建筑上，象征佛教的莲花图案俯拾皆是，触目可见。如古桥的石栏杆望柱、栏板、桥柱上通常都雕饰有莲花图案。佛殿中的佛像或坐或立于莲花上，称之为莲座、莲台。莲花是圣洁、清净的象征，展示出“出淤泥而不染，濯清涟而不妖”的高雅品格，所以佛教以莲花来比喻“佛性”。北宋大儒、中国理学的创始人周敦颐，独爱莲花，著有脍炙人口的《爱莲说》流传千古，“莲，花之君子也。”他喻物抒怀，对莲花与儒家品质关联思考，赋予儒家高风亮节品格。于是，宋代始莲花便具有儒、佛一家的共义，令世人崇敬。

3、江南水乡的古石拱桥，因构造需要，桥顶通常都做成方形平台，上置顶盘石，正中雕刻“轮回”图案（偶尔也有雕刻其它吉祥图案）。图案自中心点分六道向外逐渐扩展，最终呈车轮形状。“轮回”系佛教用语，也叫六道轮回、生死轮回、轮转，意谓众生在“三界”、

“六道”的生死世界中有如车轮回旋不停，循环转化。佛教宣扬因果报应，轮回转世，说如果今生行善，下世就可能投胎好运，生在富贵人家，或升官发财，或成为“天神”；如果今生作恶，下世可能生在贫贱人家，或变成畜生，或下地狱受苦。所以，人们常说“善有善报，恶有恶报，不是不报，时候未到”。古桥上雕刻“轮回”图案，是佛教因果报应思想的具体反映，让人们在过桥时经常看到“轮回”，记住要时时从善不从恶，广积功德，以修来生。

4、古桥石栏杆的端部、寺庙殿宇的门前都设置有抱鼓石，抱鼓的雕饰有许多采用的是太极图案。太极图是道教的标志性图案，太极宣扬阴阳动静和五行说，反映道家的哲理思想。儒家奉行《易经》，同样宣扬的是太极八卦等思想。现在“太极”基本上同时为儒、道两家并重共用。在桥面、梁柱等部位还有雕饰博古、如意、笔锭、犀角等象征道教的图案。道教中民间传说的“八仙”，也是古桥和寺庙常见的雕饰图案。

5、古桥和寺庙建筑中，还常用松柏、灵芝、龟、鹤、竹、蝙蝠、鹿、麒麟、龙、凤等作为装饰题材，分别象征友情、长生、君子、福禄、辟邪、祥瑞等思想，尽显三教文化的特色，这些都是中华民族传统文化的体现。

由于历史原因、自然因素等关系，古桥和寺庙历经风雨沧桑，在历史的长河中大多已被毁殆尽。幸存下来的少量古桥显得弥足珍贵，遗存寺庙有代表性或规模较大的已在20世纪80年代以后逐渐得到修复并对外开放，成为历史文化遗产宝库中的瑰宝。然而，从古桥文化与宗教文化相结合的角度研究，现在桥寺并存、相互关联者，堪称凤毛麟角。我们要大力弘扬和传承中华优秀传统文化，保护好这些先人留下来的宝贵遗产，无愧于后人。

实例图片如下



嘉兴南湖太平桥与太平寺



海宁紫微桥与惠力寺

桐乡古桥桥联书法选

——江南古桥文化研究会收藏

桥联始于明代后期，盛行于清代民初，多见于苏杭、嘉湖一带的古桥。镌刻于桥“门洞”两侧的石柱或桥身的整块条石上，构成了一道富有特色的古桥文化风景。

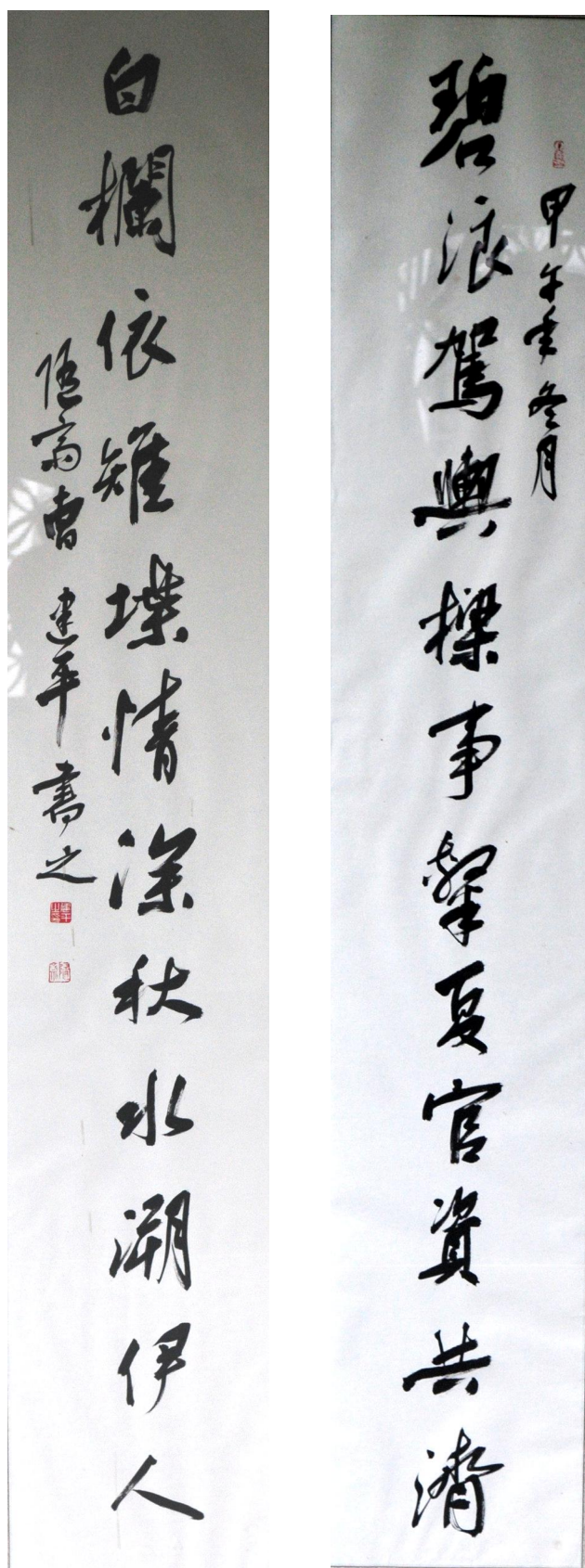
一句句隽永妙语因桥而生，一副副别具特色的对联，因桥而成，随桥而传，同时又为桥梁增添了浓郁的人文色彩。桥联作为水乡文化的一种载体，成为最能体现水乡地区文化水平的一种样式。它对偶讲究，蕴涵哲理，是当地风土人情，人文景观和真实历史的最直接写照。由于众多文人的参与，使得桥联更具丰富的文化内涵。

桥联既有历史价值又有文化价值，今天读来，更能体现到一种文化乡愁。

书法，中国汉字特有的艺术形式，它是中华民族的文化瑰宝。书法艺术内涵丰富、博大精深，既形成了自身独特的造型艺术特点，也发挥着思想交流、文化继承等重要的社会作用。

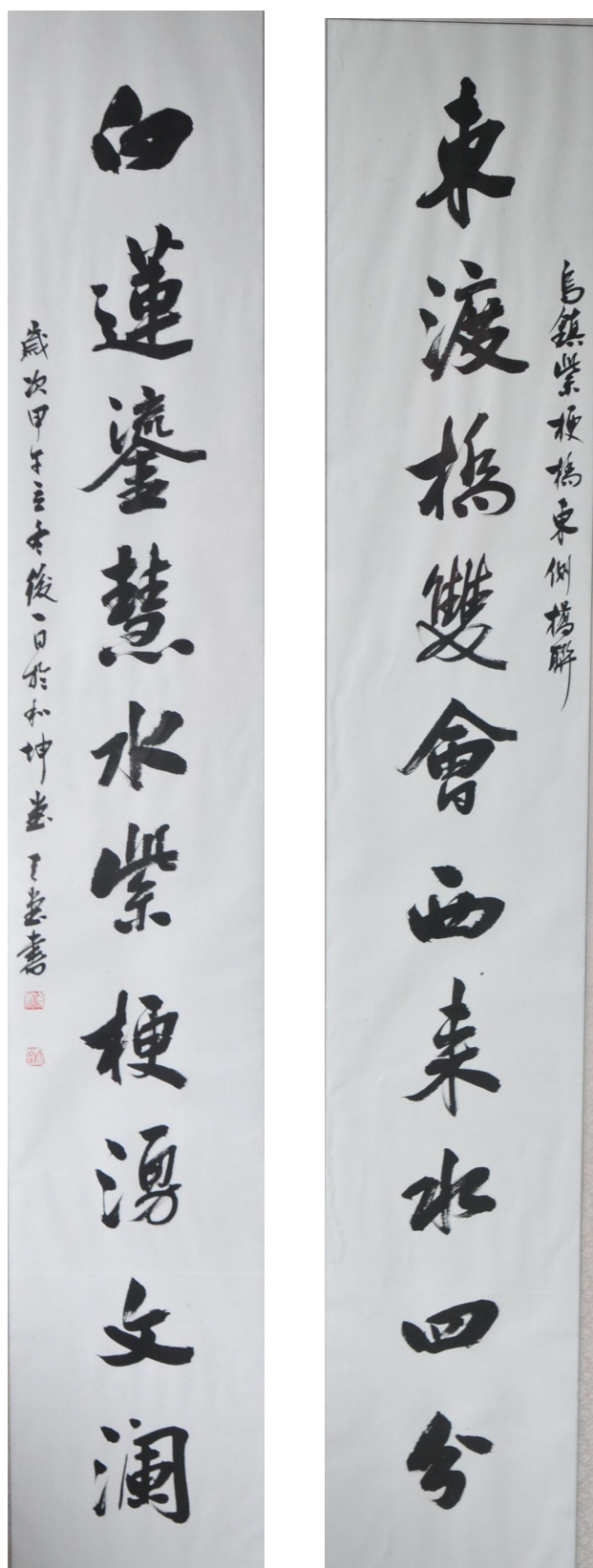
成立于浙江省桐乡市的江南古桥文化研究会，为丰富古桥文化研究内容，专门邀请地方书画名家，用书法这一艺术表现形式，书写桐乡地区古桥桥联，并予以收藏。一桥一联，联桥合璧，让观者在欣赏书法之美的同时，又能享受桥联的魅力，遥想古桥之风采。

淋漓酣畅的书法作品，形式和内容的和谐相联，为古桥文化研究涂抹上一层让人心动的艺术色彩。

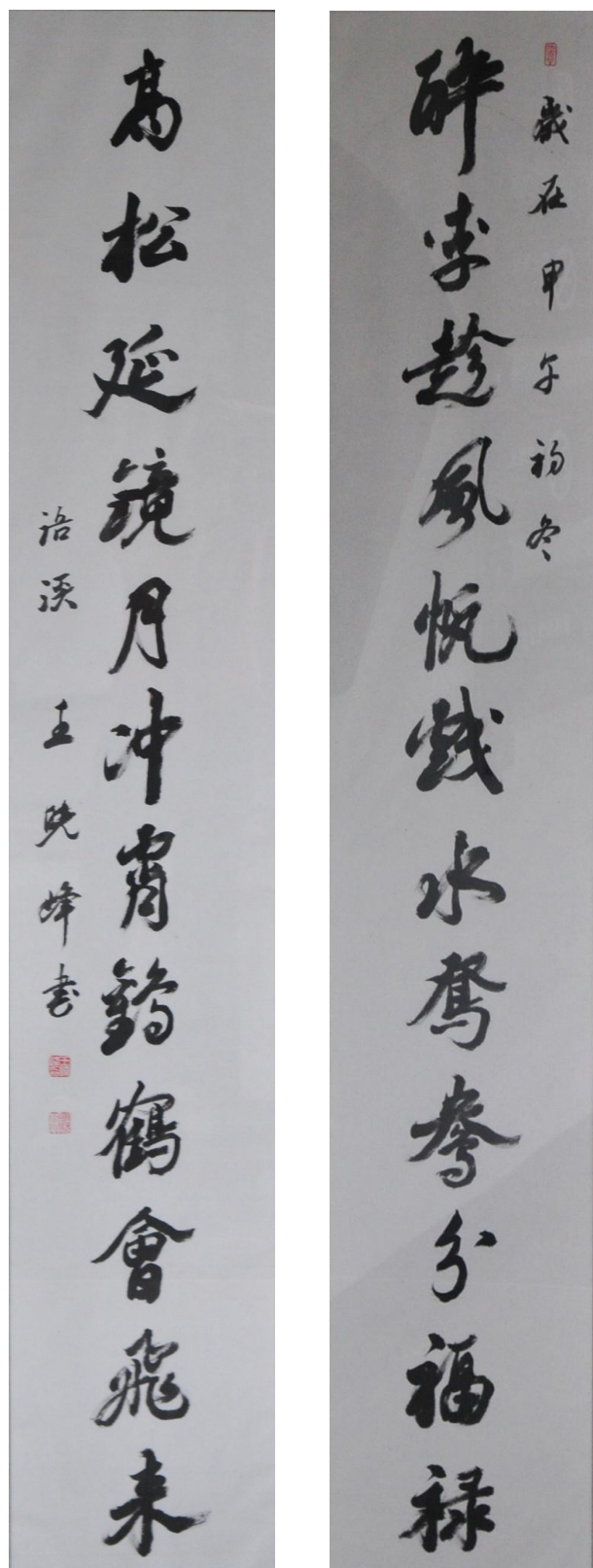


碧浪駕輿樑事隸夏官資共濟

白欄依雉堞情深秋水溯伊人（桐乡市崇福鎮·司馬高橋）

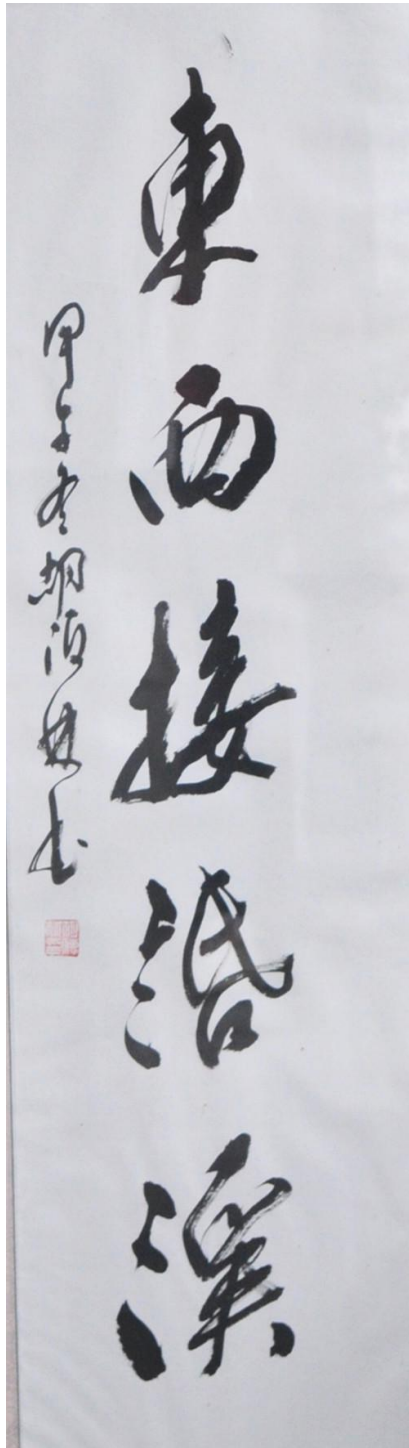


东渡桥双会 西来水四分
白莲鑒慧水 紫梗湧文瀾 （桐乡市乌镇镇·紫梗桥）

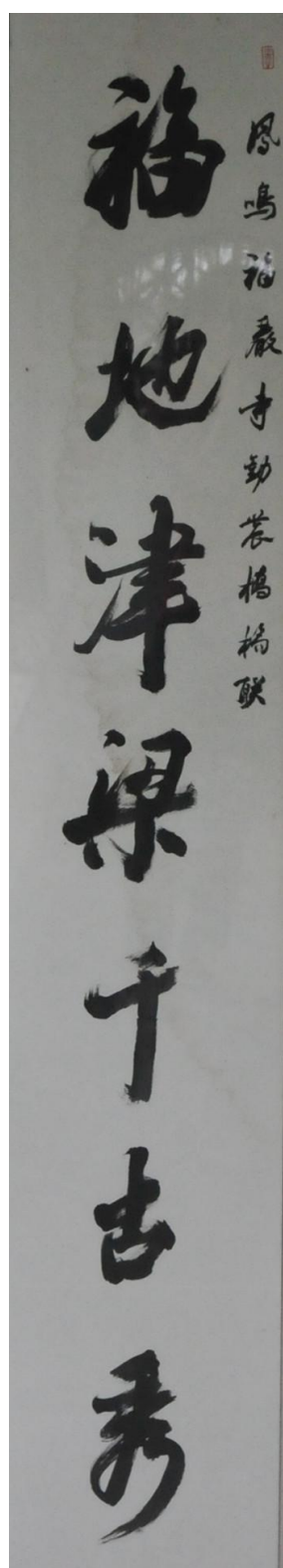
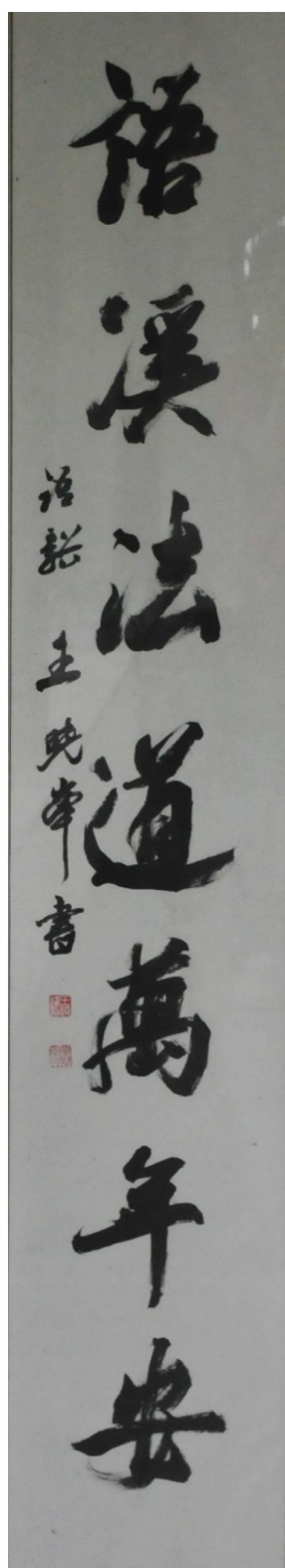


醉李趁风帆戏水鸳鸯分福禄

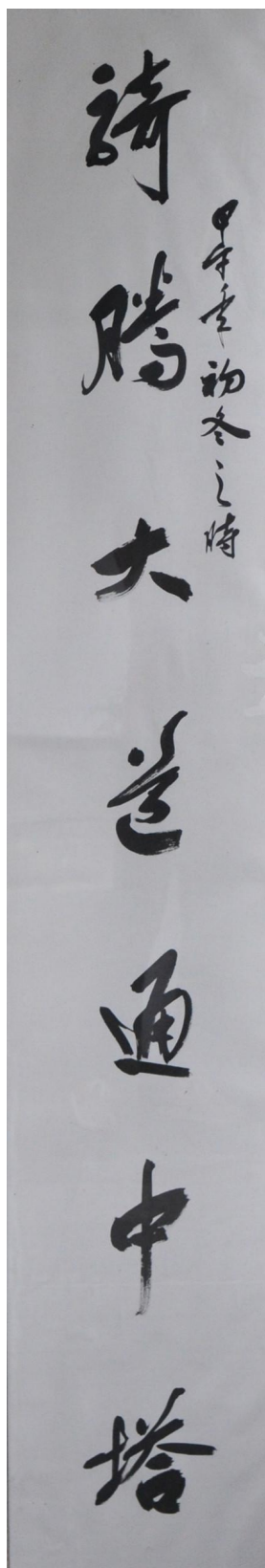
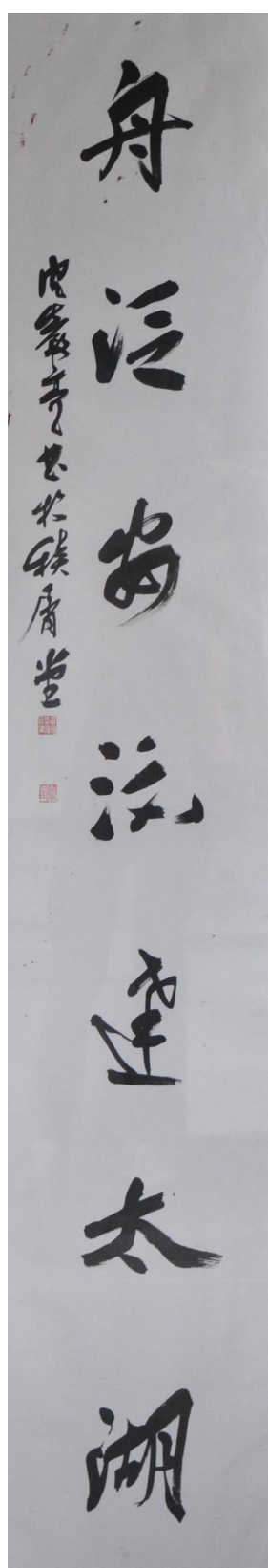
高松延镜月冲霄鹤鹤会飞来（桐乡市崇福镇·松老高桥）



南北通沙渚
东西接语溪（桐乡市高桥街道·盐官桥）

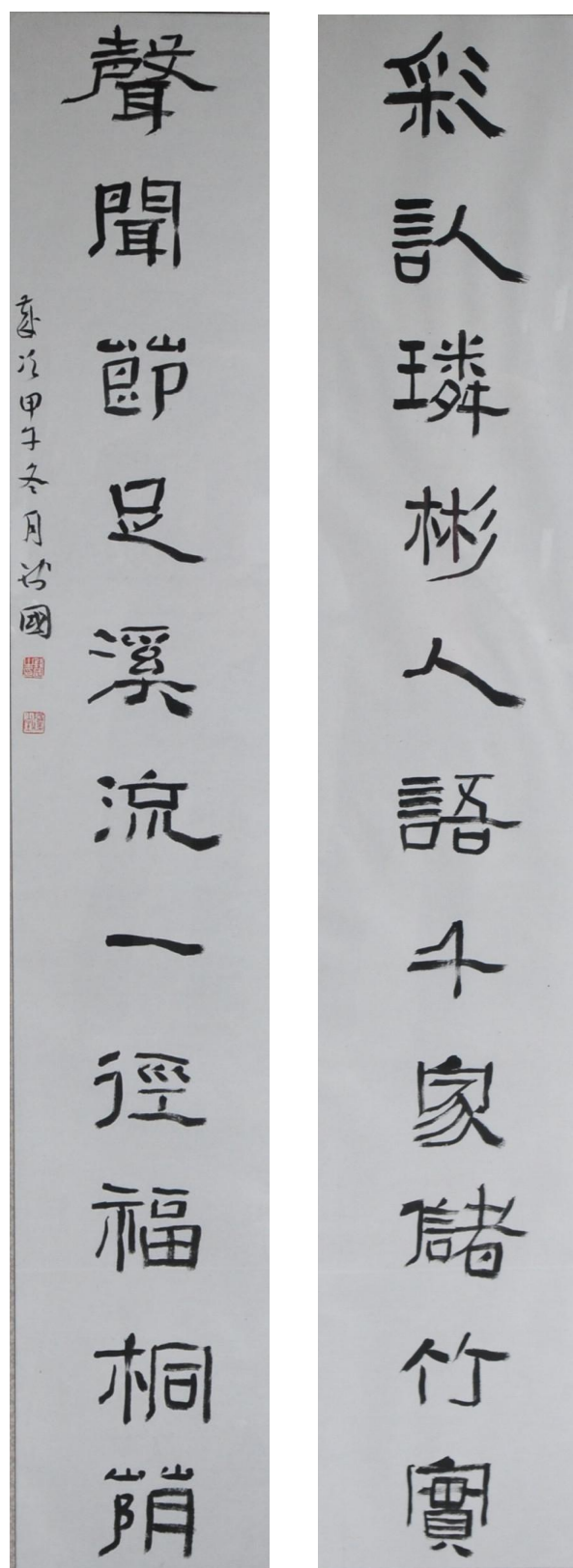


福地津梁千古秀
语溪法道万年安 （桐乡市崇福镇·福严寺桥）



绮腾大道通中塔
舟泛安流达太湖

(桐乡市乌镇镇·明庆高桥)



彩认璘彬人语千家储竹实
声闻节足溪流一径福桐荫（桐乡市濮院镇·栖凤桥）



梅泾南下瞻红旭
桐水西流泛绿波 （桐乡市濮院镇·善庆桥）



千祥云集兴隆地
百福星临吉庆众 （桐乡市濮院镇·太平桥）

（顾若邕 供稿）

古桥二三事

一、桥名

每座桥，如同每个人，都有自己的名字。根据我国桥梁专家茅以升先生对古桥桥名的分类，大致有六类，具体为：表彰类、记事类、抒情类、写景类、纪念类和神话类。桥的命名反映了当事人的思想感情和地域文化。或表彰政德善举，或记录建桥缘源，或抒发感情意愿，或描绘宝地美景，或记叙名人典故，或宣扬教义神灵等等。古桥名称含义深刻，内涵丰富，成为古桥文化的重要组成部分。此略举一二。



断桥：古桥名为“断桥”的很多，但唯独杭州西湖的断桥名扬四海，就因为杭州断桥承载着一桩流传百世的爱情故事——白蛇传，令历代无数男女痴情于此。断桥宋代名保佑

桥，元代称段家桥。“断桥”之名由来，众说纷纭。一说旧时桥旁为段家村，断系段之误读或为其谐音；有说西湖白堤到此而断，故为断桥；又说原桥上有廊，冬季雪后，桥上两头白雪皑皑，中间桥上无雪，似乎中断，谓之断桥；还说南宋文人嘲讽王朝丢城失地，偏居一隅，只剩下“断桥残雪”了。



歇马桥：上海青浦青龙村旁，有座歇马桥，因宋朝名将韩世忠在此抗金得胜而得名。据传南宋期间金兀术兵犯青龙镇，遇上韩世忠屯兵于此，金兵一见前方“韩”字大旗高扬，金兀术急令退兵。宋军三声炮响，韩世忠一马当先，夫人梁红玉擂动战鼓、挥舞令旗，全军奋勇追杀，大败金兵。是夜，韩将军夫妇在一小桥上歇马察情，确定金兵已兵败撤退。当地族人就将此桥叫做“歇马桥”，纪念抗金名将韩世忠夫妇。



题扇桥：在浙江绍兴市内有一座家喻户晓的题扇桥，桥西石碑上刻有“晋王右军题扇处”字样。传说晋代书圣王羲之，时任右将军、会稽内史，经常路过一座小桥，常见一位老太太在桥上摆摊卖扇，生意不好，顿生恻隐之心，于是就在她的扇子上题了几个字，让老人叫卖。结果，老太太手中的扇子被路人抢购一空，老人宣扬王羲之的大恩大德，众人为纪念王羲之善举，将此桥命名为“题扇桥”。



聚宝桥：浙江桐乡有座聚宝桥，位于洲泉镇义马村。相传当地村民因为一河隔断了两岸往来，朝思暮想在河上造座

石桥。有位贫穷钟姓农民一日因救母心急掉入河中，忽遇仙人相救，并施以一杆称和一个元宝。他回家用称称元宝，不料称盘里又生出了一个元宝，如此再三，白花花的银元宝装满了一桶，够建一座石拱桥的银两了。此时，他手中的盘称也不翼而飞，神仙送宝建桥的善举也传播开了。全村人齐心协力很快用银元宝作资金建了一座三拱大石桥。钟姓农民特意让石匠在中间桥洞两侧各镶嵌了一对银色的石元宝，取桥名为“聚宝桥”，当地村民也称它为元宝桥和三洞桥。



百梁桥：宁波鄞州有座“宁波十佳名桥”一百梁桥。浙东鄞江又称小溪江、兰江，四明山水从群峰峡谷流入鄞江，“状如喷雪，声若震雷”，引无数文人墨客惊叹不已。北宋元丰元年，外迁而至的朱姓父子，联合本地周姓、韩姓等村民集资在原由十多条木船组成的“浮桥”旧址上建一座避风遮雨的廊桥。众人合力，建造了一座长 80 米、宽 7 米、高达 10 米的 6 墩 7 孔平梁木构瓦面廊桥。由于每孔上铺大木 14 根为梁，桥面上用 132 根木柱建 27 间廊屋，左右设有长凳供人歇息，“百梁桥”桥名由此而来。

二、桥联

一般稍有名望的古桥，尤其古石桥，都有桥楹联。古桥楹联是古桥文化的载体和体现，它镌刻在石质梁桥和拱桥的桥柱上，也有刻在桥廊柱、桥亭柱的显眼位置处，刻有桥联的桥柱也叫桥联柱。这些对联，或歌咏风光，或追溯历史，或标识地域，或劝人为善，或宣泄情意等。语言隽永精炼，意味深远，睹物思情，耐人寻味。

杭州中山公园曲桥亭柱上：水水山山处处明明秀秀；晴晴雨雨时时好好奇奇。

宁波万年桥上：过了几重山，到此力倦稍歇息；还有数道溪，前去路遥莫耽延。野鸟有声，开口劝君暂且息；山花无语，点头笑客不须忙。

上海金山宝源桥上：修数百年崎岖之路；造千万人来往之桥。

上海青浦永远桥上：积金不若积善；便己无如便人。

苏州盘门蟠龙桥上：西来桂棹上黄浦；东去锦帆入太湖。

绍兴安昌颖安桥上：长街小河呈水乡秀姿；园日纷虹状石桥胜景。

绍兴泗龙桥亭柱上：为富不仁遗臭万年；为仁不富流芳百世。

嘉兴海宁斜桥上：曲人曲橹摇曲船；斜风斜雨过斜桥。

嘉兴桐乡乌镇新北桥上：船行竟日，正落月繁星，依稀鱼火；门对长河，更画桥烟柳，掩映人家。

嘉兴桐乡洲泉镇淳安桥上：（南柱）南首桥门东西直线杭县界；（北柱）北首桥门东西直线崇德县界；（中孔梁）中央桥门为德清县东西连接之水道。

湖州德清永寿高桥上：虹影卧波，两岸绿杨春色秀；雁

行横月，满江碧山夜光寒。

湖州德清化秀桥上：桥接东西路；渡济往来人。



三、桥诗

诗言志、诗言事、诗言景、诗言情、诗言史。

千百年来，无数文人墨客写下了数不清的有关桥的诗词

曲赋，为后人留下了一座丰富的文学宝库。唐朝诗人张继的《枫桥夜泊》：“月落乌啼霜满天，江枫渔火对愁眠。姑苏城外寒山寺，夜半钟声到客船”成为世代绝唱。与枫桥相邻的寒山寺也因《枫桥夜泊》这首七言绝句而成了名胜古刹，受到历代众僧居士朝拜，这不得不归功于《枫桥夜泊》的独特魅力。

隋·杨广的《江陵女歌》：雨从天上落，水从桥下过。
拾得娘裙带，同心结两头。

唐·杜牧的《寄扬州韩判官》：青山隐隐水迢迢，秋尽江南草木凋。二十四桥明月夜，玉人何处教吹箫。

唐·孟浩然的《舟中望晓》：问我今何适？天台访石桥。

唐·刘禹锡的《乌衣巷》：朱雀桥边野草花，乌衣巷口夕阳斜。旧时王谢堂前燕，飞入寻常百姓家。

唐·白居易的《正月三日闲行》：黄鹂巷口莺欲语，乌鹊桥头冰未销。绿浪东西南北水，红栏三百九十桥。

五代·杜荀鹤的《送人游吴》：君到姑苏见，人家尽枕河。古宫闲地少，水巷小桥多。

宋·王安石的《众乐亭》：载沙筑成天上路，投虹为桥取孤屿。

宋·陆游的《长歌行》：兴来买尽市桥酒，大车磊落堆长瓶。

宋·朱熹的《野桥言志》：下马驱车过野桥，桥西一路上云霄。

宋·徐俯的《春日游湖上》：双飞燕子几时回？夹岸桃花蘸水开。春雨断桥人不断，小舟撑出柳荫来。。

元·张翥的《西泠桥》：狂家醉欹明月上，美人歌断绿云消。数声渔笛知何处？疑是西泠第一桥。

明·高启的《枫桥》：画桥三百映江城，诗里枫桥独有名。几度经过忆张继，乌啼月落又钟声。

明·朱麟的《碧天桥》：虹桥矗鳌柱，呼吸通座侧。灏气通星辰，水天长一色。

明·陈子澜的《恩波桥》：浙水东去第一桥，虹霓跨海出云霄。栏杆咫尺冲片斗，阁道参差接市朝。

清·曾延枚的《晚过湘桥》：二十四桥凝目处，往来人在图画中。

清·沈受宏的《苏堤口号》：六桥遥带两峰弧，烟水茫茫旧宋都。一向鄂王坟上拜，回头不忍见西湖。

清·周光瑞的《盐溪渔唱》：丝娘桥上姓名香，妇女行仁事迹祥。利济万年凭十指，市人犹乐道金娘。

清·缪绥武的《国界桥怀古》：萧疏两岸芦花开，荒草凄迷日影西。行为野桥分国界，朔风犹听骏马嘶。

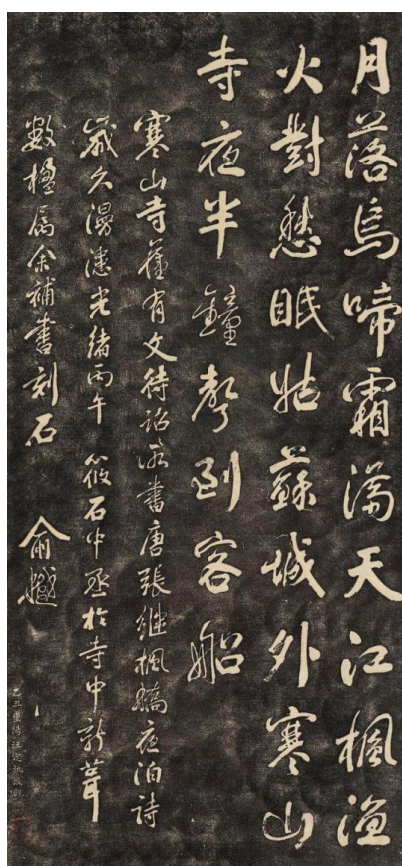
清·沈作忠的《夹浦》：浪花飞雨打船清，陆续渔船浦上停。日落鱼虾都上市，双桥灯火晚风腥。

清·丁丙的《七绝》：宝庆桥连德胜桥，石灰江涨北新遥。夹城巷口尤繁盛，市镇同夸节物饶。

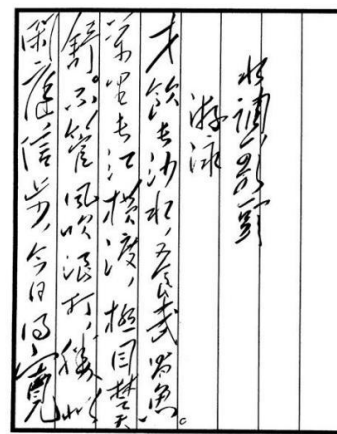
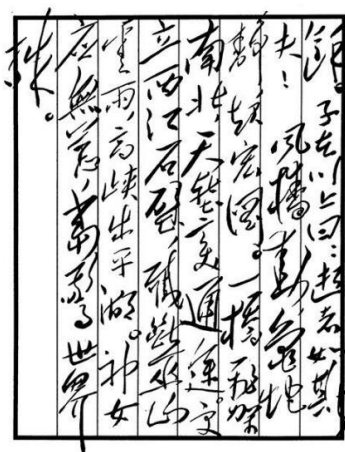
现代·毛泽东的《水调歌头·游泳》：才饮长沙水，又食武昌鱼。万里长江横渡，极目楚天舒。不管风吹浪打，胜似闲庭信步，今日得宽馀。子在川上曰：逝者如斯夫！风檣动，龟蛇静，起宏图。一桥飞架南北，天堑变通途。更立西江石壁，截断巫山云雨，高峡出平湖。神女应无恙，当惊世界殊。

…… 古桥悠悠，古诗熠熠。这些名诗佳句，无不凝聚了前人对桥的赞美、思念和敬意。桥诗犹如古桥文化中一颗璀璨之星，发射光芒，使人得到知识了解历史，得到趣味

珍惜古桥，得到陶冶崇尚文明。



书法欣赏 www.yac8.com



四、桥语

以物言景，以物言情，这是中国汉语的一大特色。汉语中的惯用语、歇后语、谚语，其文字看似平常，但其含义却

十分深刻。“一叶知秋”就是以树上落叶、黄叶来表示秋天的来临和绚丽多彩的秋色。“人比黄花瘦”就是以秋天的黄花（这里指菊花）的俏丽比喻有情人因情思过度，不思饮食，憔悴而瘦胜似黄花。用“桥”字来表达人们的情感、思想和心情的词句，自古以来比比皆是：

- 1.你走你的阳关道，我走我的独木桥。
- 2.桥归桥，路归路。
- 3.车到山前自有路，船到桥头自会直。
- 4.我走过的桥比你走过的路还多。
- 5.摇啊摇，摇到外婆桥。
- 6.逢山开路，遇水搭桥。
- 7.有庙必有桥，有桥必有庙。（上海青浦）
- 8.一路无情水，二座禽兽桥。（浙江长兴）
- 9.人在桥上走，影在水中游。
- 10.阳间彩虹桥，阴间奈何桥。
- 11.过桥抽板，过河拆桥。（浙江宁波）
- 12.跑过三关六码头，到过宁波江桥头。（浙江宁波）
- 13.山上有花山下香，桥下有水桥上凉。
- 14.村庄好不好，就看村前桥。（浙江绍兴）
- 15.修桥铺路管子孙，烧香拜佛图自身。（浙江绍兴）
- 16.孩子晚上哭，桥上贴红条。（上海金山）
- 17.夫妻陪到老，夫妻桥上到一到。（浙江宁波）
- 18.若要病转好，药渣桥上倒。（浙江平湖）
- 19.考试考得好，状元桥上点蜡烛。（浙江鄞县）
- 20.嘉兴几多桥，三步二升桥。

（史官云 供稿）