

《中国古桥学》

第四十八期

北京茅以升科技教育基金会
中国古桥研究和保护委员会
北京古桥研究中心
北京建筑大学古桥研究院
2024. 7

目 录

北京八里桥建造之谜探颐	1
1. 元通惠河通州段行经路线考.....	1
1.1 元、明通惠河概况.....	1
1.2 元、明通惠河分叉路线与通流闸位置考辨.....	2
1.3 元通惠河经行路线和八里桥转向处分析.....	4
1.4 八里桥下八里河，八里河边八里庄.....	6
2 八里桥中孔奇高、边孔奇矮的特征分析.....	6
2.1 八里桥正名永通桥，是明北京帝都成立五周年的纪念.....	7
2.2 八里桥下河道曾经为元通惠河积水处.....	8
2.3 八里桥结构形制的变化.....	10
2.3.1 八里桥初期根本不需要高拱.....	10
2.3.2 可能曾经出现过重大改造，提升中孔高度以通漕运.....	10
2.4 八里桥形制存在结构弱点.....	11
3 八里桥桥闸疑问解析.....	12
3.1 八里桥结构变化追寻.....	12
3.2 八里桥桥闸追寻.....	14
3.3 八里桥桥闸作用探究.....	14
赵州桥国内外研究综述	17
1. 前言.....	17
2. 赵州桥历史文化价值.....	19
3. 赵州桥科研近况.....	22
4. 赵州桥桥梁文化遗产保护继承及规划展望.....	24
古桥研究助力桥梁科普发展	27
1. 古桥研究.....	27
2. 古桥研究与桥梁科普的重要意义.....	29
3. 古桥研究与桥梁科普携手并进.....	30
4. 桥梁科普后继有人.....	33
5. 结语.....	34
北京古桥拾萃	36
1-万善桥.....	36
2-马驹桥.....	37
3-万宁桥.....	39
4-北海大桥.....	42
5-卢沟桥.....	44

6-琉璃河桥	47
7-八里桥	50
8-通运桥	52
9-外金水桥	54
10-内金水桥	56
11-颐和园十七孔桥	59
12-玉带桥	61
13-南岗洼桥	63
14-昌平七孔桥	65

北京八里桥建造之谜探颐

王锐英¹

(1. 北京建筑大学 古桥研究院 北京 100044)

摘要：北京八里桥号称京师三大护卫之桥，另外两座是卢沟桥和朝宗桥。八里桥以中国人民英勇抗击英法联军的悲怆之战而闻名天下，但八里桥尚有一串未解之谜。例如一是八里桥下之水，起初就是通惠河吗？至今存在争议，且引出元通惠河经行通州路线的问题，此为谜之一。二是三个桥孔之中孔奇高，边孔奇矮，虽多有文章解释为便于通航帆船，且有“八里桥不落桅”之誉，但对于通航且兼顾行洪，并保证桥梁稳定来说，此种形制却存在大大不利，为何如此设计？此为谜之二。三是八里桥是否为桥闸合一的构筑物，亦为可疑。因其若为桥，中孔却有闸槽遗迹，若为闸桥合一，边孔反而无闸，甚可怪异，此为谜之三。而且谜中还有谜，八里桥可说是北京地区名声不小但研究很少的一座古桥。本文对此中疑问试做一探索。

关键词：八里桥；通惠河

1. 元通惠河通州段行经路线考

1.1 元、明通惠河概况

元通惠河至元二十九年(1292年)开工，到至元三十年(1293年)建成，及至元末基本废用。其后，自明永乐始建北京城之前，至成化十一年(1475)，虽亦间或挑浚，但因水源不足和河道淤塞，还有受皇家风水影响，通惠河基本上未通漕运。成化十一年，启动了明代通惠河第一次大修工程，至次年十月完工，此次延续了元故河道，自大通桥至张家湾始通槽。可惜因雨涨旱浅，运行两年即遭废弃，此后五十年又不得通。

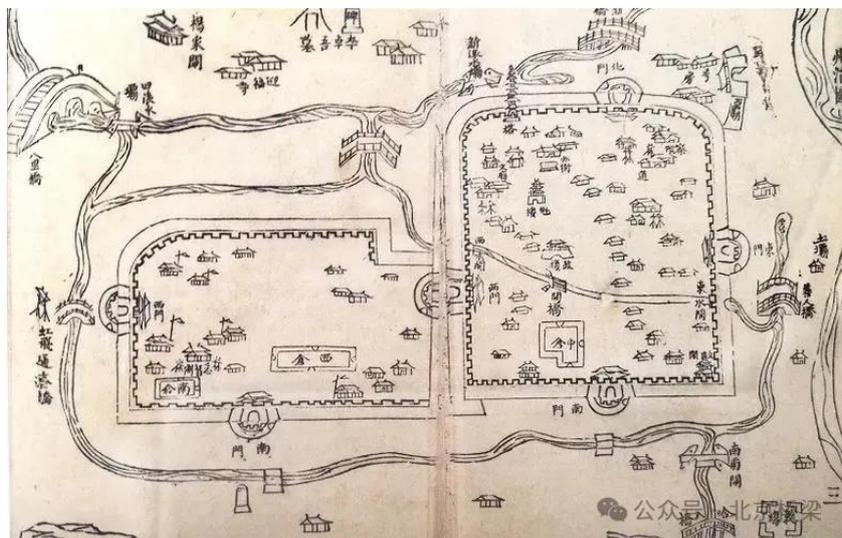


图1 明《通州志》通州城池图

(*八里桥在通州西北；通州城西侧为新城，东侧为旧城)

直到嘉靖七年（1528年），巡按直隶监察御史吴仲上奏并主持了第二次通惠河疏浚工程，恢复了中断一百多年的通惠河漕运。此次改造最大的变化是将自今八里桥附近本来转向东南至里二泗入潞河的元代通惠河下游河道废弃，而是挑直向东，经通州城北直至潞河即北运河，让燃灯塔名副其实地成为京杭大运河的“航标灯”。自此通惠河漕运一直使用到清末光绪二十七年（1901）为止，延续了373年。这就是明清两代通惠河通州段，吴仲居功至伟，被奉为通惠河河神，其编纂的《通惠河志》亦成为记述通惠河治理情况的一部重要志书。吴仲挑直河道值得纪念，也值得探寻，因为与八里桥有关。

1.2 元、明通惠河分叉路线与通流闸位置考辨

关于元代通惠河在八里桥转向东南的位置和走向里二泗的河道，尚未发现绘图文献。这个问题牵扯到大运河之元代通惠河通州段经由何处？是否经过了通州城中心？虽难考证，但对八里桥是否跨过元通惠河却关系重大。此段河道与通流闸位置最为紧要，最早记载见于《析津志》：“**通流闸二，在通州之西北。**”《元史·河渠·通惠河》记载：“其坝闸之名曰：**通州闸二，上闸在通州西门外，下闸在通州南门外。**”成宗元贞元年（1295年）七月，工部言：“通惠河创造闸坝……通州改名通流，河门闸改名广利，杨尹闸改名溥济。”考通州旧城始于金元，明洪武元年（1368年）重修，向西、向南扩建。《元史》编于1369-1370年，与明筑通州城同时，比永乐皇帝建北京城要早30年。以《元史》编纂之仓促，所引文字均应为元朝文献。以其上下文会意，举凡通惠河一节涉及地名亦皆为元代所属。所以《元史》所记“通州西门”应为元代既有通州城池的西门，此西门是否为明通州旧城的西门，尚存疑。《析津志》所记通流上、下闸均在通州西北，《元史》记上闸在西北，下闸在南门外，此记可能有错，或下闸有移改。但要特别提请注意：元通州城与明通州旧城不见得重合，西门、南门均不见得在同一位置。

另外据明《漕运通志》（初名《漕运志》）卷之二《漕渠表》：“通流上闸，旧名通州上闸，**在通州西门外一里，元至元二十九年建。通流下闸，距上闸一里，建立同前。**”该书写成于嘉靖乙酉（四年，1525年），嘉靖丁亥（1527年）首刻，嘉靖戊子（1528年）至嘉靖庚寅（1530年）出版。可见内容早于嘉靖七年（1528年）吴仲再开通惠河。从文字中可知，通流上闸在通州旧城西门以西一里，而下闸在上闸之下游一里，按距离却不言在西门内外。据此推测，显然通流下闸不在西门附近，也没有在城里，而应在西门以西向南延伸的方向。可以肯定元通流上闸不在通州旧城中心位置。

关于通惠河的考证可见赵福生、蔡蕃先生《北京大运河概述》和蔡蕃先生《北京通惠河考》等文章。其中讲到“通州城池图”中位于城中心的“通流闸（通州闸）”（地名闸桥）估计为明代正德二年（1507年）所移改，原位置应在通州西关（老城西关），并据《漕河图志》：“（通流）上闸在通州西门外，西至普济下闸十里；（通流）下闸在通州南门外，西北至上闸五里”。并据此判断通流上闸约在通州新华大街与人民路（佟麟阁街曾经改为人民路，即今新华南街）交叉口附近；下闸疑即明代建南浦闸位置。

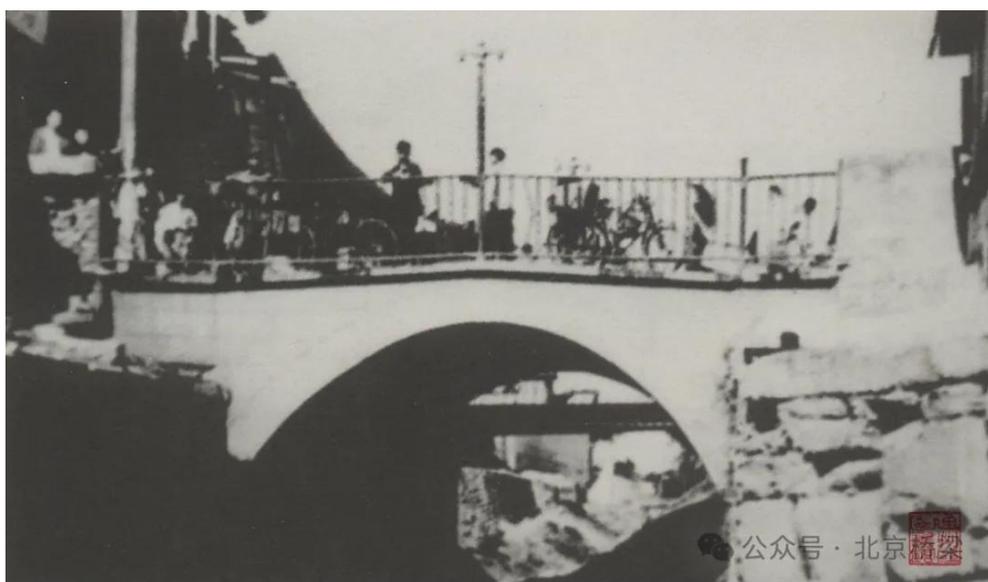


图2 通州旧城中心的闸桥老照片

(*清道光二十六年（1846年）将木桥改建为独券石拱桥，又于1936年再改建为平面铁栏桥。)

《漕运通志》和《漕河图志》所记通流上闸位置一致，下闸位置差距很大，从一里变为五里。光绪《顺天府志》卷四十五《河渠志》记：“通流闸，即元通州闸也。至元二十九年建，木闸二。上闸在通州西门外，其东南五里为下闸，在通州南门外。元贞年，更名通流，延祐后易以石，並二为一。明宣德七年八月修。隆庆二年，工部郎崔孔昕又修。国朝雍正二年重修。今闸在新城内，水高南浦闸十有二尺。”上述各种元明文献所记互有矛盾，加之通州城的改扩建因素，致使元通惠河过通州的路线扑朔迷离。即使上闸在西门外的记载似乎比较一致，如果考虑西门到底是元通州还是明通州旧城的西门，又增加了复杂性。但据“通州西北”、“西门外”和“西门外一里”的略微差异，似可推测元通州西门在明通州西门以西约一里，且元明通州西门之大道，应为同一条京东历史道路即京通大道的前身，通流上闸位于通州旧城西门到八里桥之间道路南侧，方为合理。



图3 元通惠河通州段行经路线推测图（本文绘制）

1.3 元通惠河经行路线和八里桥转向处分析

据上述分析（见推测图），仅按“通州西北”即可排除路线⑦和⑧，今日学者所绘图亦不准确。考察路线①和②，一是在八里桥以东至天桥湾附近，沿通州老城西侧向南再向东。二是在八里桥西边至普济闸（旧有上、下二闸，又名杨尹闸、溥济闸）之间，河道向东南再向东方向，其遗迹至今无存，如能考古发现可为证明。这里需要追溯至金代。据《金史·河渠志·漕渠》：“金都于燕，东去潞水五十里，故为闸以节高良河、白莲潭诸水，以通山东、河北之粟。”“溯流而至通州，由通州入闸，十余日而至于京师。”“然自通州而上，地峻而水不留，其势易浅，舟胶不行，故常徙事陆挽，人颇艰之。世宗之世（1161—1189），言者请开卢沟金口以通漕运，役众数年，竟无成功，事见《卢沟河》。其后亦以闸河或通或塞，而但以车挽矣。”“（泰和）八年（1208）六月，通州刺史张行信言：船自通州入闸，凡十余日方至京师，而官支五日转脚之费。遂增给之。”《金史·河渠志·卢沟河》追记金世宗引卢沟（永定河）失败事：“大定十年（1170），议决卢沟以通京师漕运……十一年十二月，省臣奏复开之，自金口疏导至京城北入壕，而东至通州之北，入潞水。”“十二年……及渠成，以地势高峻，水性浑浊。……”遂告引水失败。《金史》所记说明：第一，通州城北早就有河，是金代漕运之“金口河”、“闸河”，上游为高良（梁）河，下游接入潞河处有闸，时间不晚于金章宗泰和年间。第二，因水源不足，常常难以利用。关于这条“金闸河”至今有不同见解，有学者认为是北京坝河前身。考虑其缘由是因水不足而引卢沟水，而所引水经金中都北城壕，再东直接至通州北，不会绕走北边的坝河，故而可以推测金闸河即通州北河道前身。这已为众多学者专家认可。从漕运和大运

河历史看，金闸河经通州城北一段，就是京杭大运河北京段的前身，应该作为中国大运河世界遗产的重要组成部分，时间还在元代凿通京杭大运河之前。

元代，据郭守敬修建通惠河及其二十四闸的历史记述，**通流上闸和下闸均在元通州城门之外，也未见通惠河是否进入通州城记载。**明代吴仲修浚通惠河之前，**通惠河显然进入了通州城**，据嘉靖七年（1528年），吴仲上奏并议及疏浚方案时，户部侍郎王軼（yuè）说道：“为今之计，惟应修浚河闸。然从通流闸经二水门、南浦、土桥、广利三闸，皆衢市闾阗中，不便转般。从温泥河滨旧小河废堤西不一里，至堰水小堤，诚修筑之，令通普济闸，则径易，可省四闸两关转搬之难。”此段王軼所言并结合前述记载，有三点重要信息：

一是，王軼先叙说从通流闸至广利闸皆在衢市闾阗中，可理解**通流闸在通州新城之中，不应在旧城中**，不过土桥和广利闸尚不准确。

二是所经二水门，不见得是通州旧城的西水关和东水关，通流上闸显然在旧城西门外，河道向东南走向最为合理，水关也应指新城的某水关，具体所指尚难以确证。通流上闸与西门有一段距离，也就是离八里桥不会太远，西门向西通向八里桥的老京通大道显然也不会反复跨越通惠河，合理的路线应沿着通惠河东岸和北岸随河行进。

三是，通流上闸至广利闸之间河道已经圈入通州新城中了，据《明实录》：“宣德七年（1432年）八月壬寅，修通州通流闸及南海子红桥等闸。”时间在建八里桥之前。正统十四年（1449年），即八里桥修建后仅三年，在旧城西南扩建了新城，于景泰年间（1450—1457年）完工。新城北城墙刚好在旧城西门和西水关向西的延长线上，城墙南侧为老京通大道，**所以通流上闸应在老京通大道南侧。**据此考察，经过八里桥的老京通大道在通州应该有两条路线，一是向东经通州东门过潞河东去，二是向东南至张家湾。设想无论自张家湾还是自通州东门，到八里桥的运粮大道是否要反复跨越元通惠河？尤其来自张家湾方向的道路值得考察。据此几点推测，**元通流上闸大致应位于旧城外、新城内，即符合元代记录，也符合明代记录。**推测路线图中的①和②，以至③、④、⑤亦可以排除，唯有⑥至⑨路线基本符合历史文献记载，也符合漕运大道和河道走向的基本规律，即不那么直接而是弯曲的，利于河水蓄积和降低流速，道路也是随河就势，不跨或仅仅跨越一次通惠河。因此通州城池图中的明清通流闸，后来位于新华大街和南北老街交叉口附近的闸桥，显然不是元通流闸，其下也不是元通惠河。元通惠河最大可能是在新华大街南八、九百米的玉带河大街下，**玉带河前身极有可能就是郭守敬开凿的元通惠河通州段。**

四是，文中提到“温泥河”，显然应为“温榆河”，位于通州以北、潞河上源的一条重要支流。“温泥河滨旧小河”应位于温榆河和金闸河之间，

“旧小河废坝”邻近温榆河，由此“废坝”向西不到一里地有一处留存的“堰水小坝”，此“小坝”估计就在金闸河上，“修筑”和“令通”即修复挑浚河道后可直通普济闸。“径易”即东西向且最为直接省事，漕船可直达普济闸。不过，王帆可能没有料到此河道的水位要高于潞河，漕船是上不来的，但“转般”也就是翻坝转运还是可以的。

1.4 八里桥下八里河，八里河边八里庄

从八里桥的最早记载看，八里桥的修建早于吴仲挑浚通惠河，也早于成化年第一次通槽之前。具体见于下述几条记录，本文注释如下：

(1) 《明实录·英宗睿皇帝实录》卷之三十三：“正统二年（1437）八月甲子，修八里桥。桥自京至通州往来之路，其地平广，车可兼行，今为水所败，故令修之。”此条为“八里桥”最早记载，说明八里桥对于京东御道非常重要。漕运当时虽然不通，桥下河道也不是通惠河主河道，但暴雨带来的洪水还是很大，将桥梁冲毁了。

(2) 该书卷之一百十九：“正统九年（1444）闰七月庚寅，顺天府大兴县民阮蓝奏请自修通州八里河木桥……。从之。”此条说明八里桥又名八里河木桥，木桥自是八里桥前身，规模不大，河名为八里河倒也有道理，可理解为八里桥距离通州州治八里，所以名为八里河。可推测如果地名起源通州，八里河之名甚至早于金闸河，因为还有八里庄名。

(3) 该书卷之一百四十四：“正统十一年（1446）八月丁未，建通州八里庄桥，命工部右侍郎王永和督工。”此条即指明英宗正统十一年始建八里桥石桥，又名八里庄桥，八里庄与八里桥同频共振，不相上下。

上述三条记录皆不言通惠河，主要原因就是因为元通惠河在八里桥西侧转向东南了，八里桥以东河道没有做过元通惠河的主河道，由此推测元通惠河没有经过八里桥下，也就不会在八里桥东边的天桥湾处转向通州老城。今人关一文《通惠河水》有个说法：“郭守敬上筑白浮堰以增水源，下于普济闸东筑坝断老河水道，迫水南流延伸河道，将河口南移至高丽庄（张家湾），从而降低河床比降，以利行船。”此说法提出郭守敬“迫水南流”很有见解。亦为本文所探讨之处。文中“老河水道”可理解为金闸河。

综合上述分析，可以推测元通惠河转向东南方向的大致位置在八里桥上游至普济闸之间，之后向南再向东通向通州新城，绕行旧城西南，流向张家湾方向。在此建议做沿线考古探查。

2 八里桥中孔奇高、边孔奇矮的特征分析

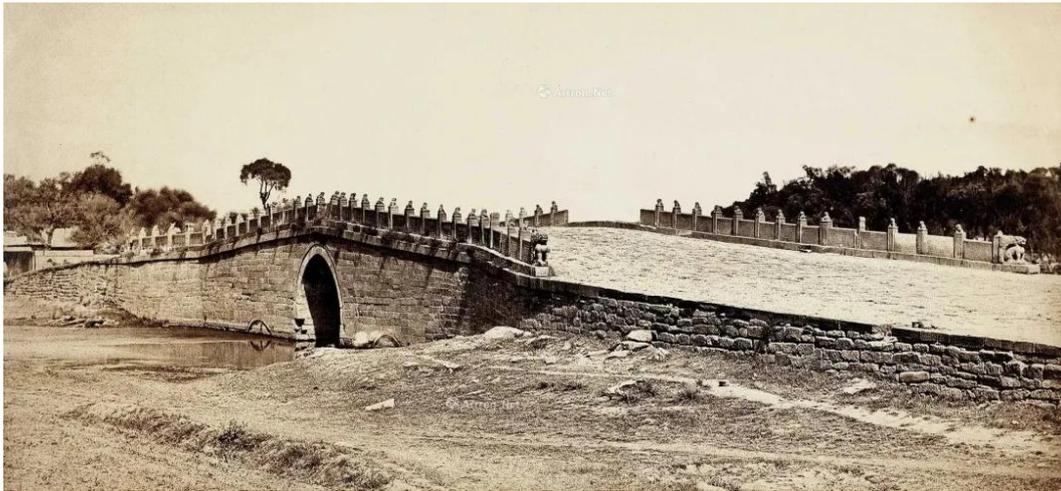


图 4 最早的八里桥照片，北京桥梁第一幅摄影，1860 年 9 月

菲利斯·比托(1832-1909)，世界摄影史上最著名的战地摄影师，是最早来远东拍摄的西方摄影家之一，比托也是世界上第一个拍摄北京的人。特别提示：1860 年八里桥照片中高大的桥孔为中孔，两侧边孔几乎被河水淤泥埋没了。再仔细观察边孔拱券，边孔有可能被砌石堵住了。



图 5 八里桥照片（约 1900 年左右）

2.1 八里桥正名永通桥，是明北京帝都成立五周年的纪念

八里桥为何中孔奇高、边孔奇矮，这个问题与元、明通惠河改道有关系。

据八里桥的历史记载，在元代和明代嘉靖以前，桥上为京东重要的漕运陆路通道，桥下河道仅是北京向潞河（北运河）泄洪的一条河道，不是元通惠河主河道。因为元末以后，通惠河淤塞难通一百余年，江南粮食漕运至张家湾即改为陆运，为此八里桥几经修缮，服务漕运。到了明英宗即位后的正统六年十一月，这个十五岁的小皇帝开始御朝亲政，正式昭告天下定都北京。同年前后，北京城和皇宫修缮一新，京师护城河等各处桥梁由

木桥改为石桥，正统十一年十一月将八里桥木桥改建为三券石拱桥，并赐名永通桥。由此可见，通州八景之“长桥映月”应为大明帝都正式成立五周年的纪念物，为京师的正名增光添彩。

2.2 八里桥下河道曾经为元通惠河积水处

八里桥下的八里河不宽，既然不是元通惠河主河道，只是北京城向东宣泄洪水和城市排水的河道，但也是关乎漕运的重要设施。据《元史·河渠志》对此记载：“通州城北通惠河积水，至深沟村西水渠，去乐岁、广储等仓甚近。拟自积水处由旧渠北开四百步，至乐岁仓西北，以小料船运载甚便。”深沟村附近是深沟坝。深沟坝位于坝河（原为阜通河，有阜通七坝）最东端，是非常重要的粮食转运枢纽。深沟村位于通州城北不远处，深沟坝也在此处，是漕粮从潞河导入阜通河（坝河）的第一站。有学者推测“深沟坝与沟子村的命名依据应是坝河与温榆河交汇时冲出的深沟，当在（朝阳区）沙窝以南的河口处。”元代在这里设置了五个庞大仓群。“拟自积水处由旧渠北开四百步，至乐岁仓西北，以小料船运载甚便。”由是兴工开挖河渠，“通惠河自通州城北，至乐岁西北，水陆共长五百步，计役八万六百五十工”。按元代一步为1.972米计，四百或五百步即相当于789至860米。由此推测，深沟村估计在今物资学院和通州北关之间，那么文中“通惠河”即“通惠河积水处”，就是通州旧城北的八里河，今日水泊葫芦头为其遗迹。由此可以推测，元通惠河的漕船一方面可以逆流而上，向西直达元大都积水潭；也可以在八里桥下顺流转向东，运至乐岁、广储等粮仓存储，以待时机还可以再转运抵大都。

从“通惠河积水处”六字，说明八里桥下面的八里河极有可能是郭守敬开通惠河时，有意设计的调蓄水道（水库），同时也是向东至潞河的泄洪渠道。郭守敬如何迫水南流？似乎在八里桥修建滚水坝即可。据明清文献《元大都宫苑图考》第七节《河流》引《石坝须知》载：“里河（即通惠河）滚水坝在各闸者，庆丰一，平津上一，平津下及普济各二，普济至葫芦头三，南浦一，凡十处。”《再续行水金鉴·运河卷》载：“是年，通州葫芦头滚水坝、西门外滚水坝既普济闸滚水坝各一座，又葫芦头减水闸一座，倾圮损坏。”《康熙·通州志·州治》图示，位于今八里桥附近似乎也有滚水坝。

乾隆《通州志》和光绪《通州志》卷之三《漕运志》均记载：“滚水坝，……崇祯十年，户部郎中马祯弢于天桥西开堤，瓮口覆以长桥，即蓄泄陂也。”天桥为通州天桥湾在通州旧城西城墙西北的桥梁，在其西侧开堤即通惠河南侧堤岸处开口引水，开口处为瓮口，上架设长桥。为此引水，横截通惠河筑滚水坝是有可能的，但时间在明末，应为了向通州护城河引水设计。

八里桥前身木桥似乎没有挡水功能，但仔细分析也根本不需要在八里桥修建滚水坝，而只要在八里河尾端进入潞河处修建溢洪坝即可，**其功能为：**

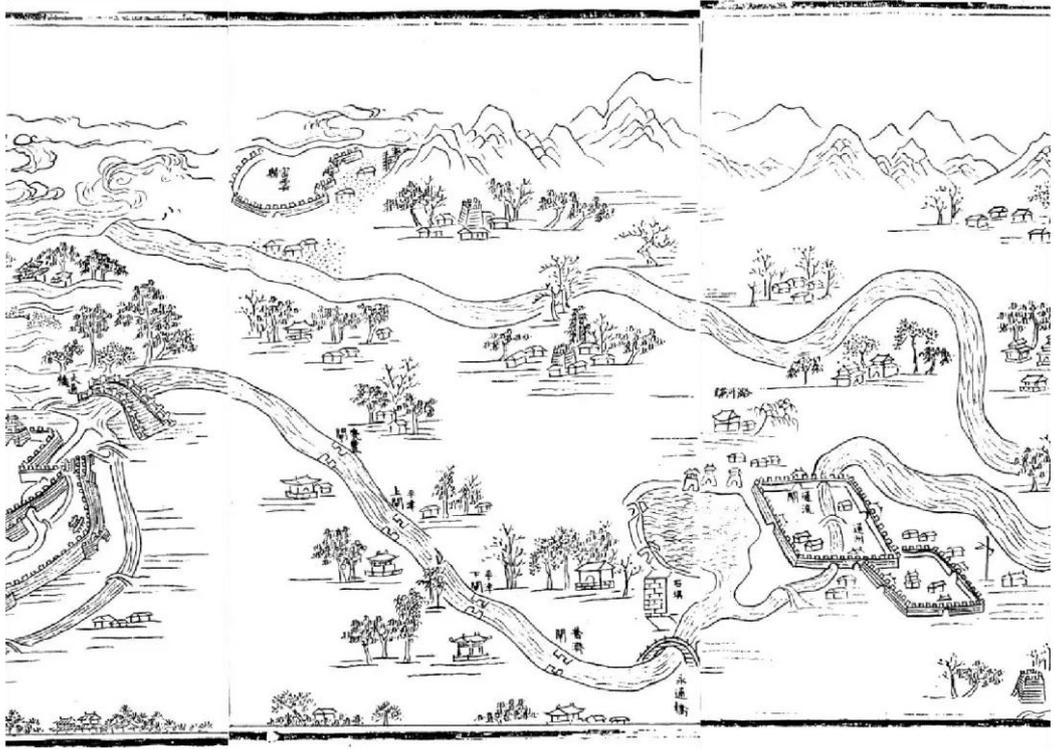


图7《行水金鑿》（局部，北、东为上）中的通州葫芦头

2.3 八里桥结构形制的变化

2.3.1 八里桥初期根本不需要高拱

八里桥下自郭守敬开通惠河起就不是漕运主通道，而且前述《元史·河渠志》所记“以小料船运载甚便”，说明八里桥下的桥洞就没有通行大型漕船的需求，也就是桥洞没有必要修造的很高大。直至正统十一年（1446年）改建八里桥为石桥时候，八里桥一直为重要的陆运通道，桥拱太高完全不利于交通运输，所以高拱石桥是没有必要的！但考虑调节水位高低、控制流向和流量的需求，反而设置水闸是很可能的。一个间接旁证，就是1446年改建八里桥时，在其旁边修建的河神庙应是北京最早的河神庙之一，时间上还早于永定河河神庙。这座河神庙没有修在通惠河主河道旁边，而是修在了蓄泄洪水的通惠河积水处，即八里桥旁边，足以说明两点：八里桥很重要，通惠河积水处的蓄泄功能更重要，是通惠河的重要组成部分。八里桥河神庙应是通惠河总体水利遗产的价值证明。

2.3.2 可能曾经出现过重大改造，提升中孔高度以通漕运

前述八里桥没有通行漕船的需求，所以正统十一年改建石桥的样子与现今的八里桥可能不一样。那么，八里桥石桥曾经被改造过吗？按上述逻辑可以推测，按下述记载亦有证据。据《明实录·宪宗纯皇帝实录》卷之一百五十三记载：“成化十二年（1476年）五月壬戌，漕运总兵官平江伯陈锐等奏：迺者（自去年以来）修造通惠河闸成，欲将西山泉源河道，并通

州等处水关闸座，与永通桥圈俱量为疏浚、修改，以便漕运。上从其议，下所司知之。”接着卷之一百五十四又有记录：“成化十二年六月丁亥，浚通惠河成，自都城东大通桥至张家湾浑河口六十里，兴卒七千人，费城砖二十万、石灰一百五十万斤，闸板桩木四万余，麻铁桐油炭各数万计。浚泉三、增闸四，凡十月而毕，漕舟稍通，都人聚观。”这就是成化十一年启动通惠河第一次大修工程。特别注意：“与永通桥圈俱量为疏浚、修改，以便漕运。”很显然，这句话表明八里桥（永通桥）在30年前的正统十一年（1446）已经改为石桥了，此时又有修改，而且八里桥也不是漕运通道，因为文中很明确地说了“浚通惠河成，自都城东大通桥至张家湾浑河口六十里”，没有八里桥什么事。既然通槽不经过八里桥，为什么要修改八里桥呢？而且是对“桥圈”的修改，“桥圈”不就是李时勉《永通桥记》中提到的“水道三圈”即桥孔拱券吗？是否为了通航漕运和帆船吗？本文认为这一可能性很大，追寻起来无非就是利用通州城北的“通惠河积水处”转漕通航。无形中也为嘉靖七年（1528）吴仲第二次疏浚通惠河做了探索，这也是后来通州北关的葫芦头和石坝倒载转漕的先声。这不是吴仲的功劳，应是漕运总兵官杨茂、平江伯陈锐的功绩。虽然后来失败了，只是败在未能坚持定期疏浚河道上。

结合通漕需要，八里桥附近还发现有泊岸码头。1981年7月间，下游驳岸及局部燕翅墙被水毁，修复期间，考古发现河北岸中有石板铺砌的平台，原来是古代码头，长约50公尺。据单士元先生说，史料记载，明、清两代永通桥都曾设有水运检查站和码头，如今发现古代的泊岸和码头，证明史书记载属实。今日八里桥上存留的两侧节间式石栏杆，每侧有望柱33根，栏板32块，不符合寻常望柱为偶数、栏杆为奇数规制，望柱头的破损变动也很大，一方面是多年战乱变化所致，尤其“八里桥之战”的影响，第一张照片中就可以看到栏杆严重损失的情况；二方面不排除发生过巨大改造，极有可能在1475-1476年，特意将中孔和桥面都提高了，以通行漕船。

2.4 八里桥形制存在结构弱点

八里桥的形制是改造而来，如此可以解释其成因，亦可以讨论其弱点。

八里桥中孔奇高，当然便利通航和泄洪，但增加了陆运困难，这是两权衡量的结果。令人奇怪的是边孔奇矮，即不利于泄水，也不利于通航。可以推想，如果好不容易修了一座能够通航的桥，却在桥孔上压缩了通航空间和过水断面，只允许中孔通行，形成行船过桥的狭窄“堵点”，这是说不过去的。特别是高大的迎水面端墙还容易形成过大的泄水阻力，对桥梁反而造成巨大的威胁。例如八里桥曾经遭受过危害：1983年8月上旬，通惠河上游流域普降大雨，8月4日，八里桥水位达到26.20公尺，中孔上游的水面距拱顶约80公分，当日下午，八里桥下游的通州北关闸开闸放水，

使八里桥下游的水位迅速下降，形成八里桥上下游的水位差达到 110 公分，造成桥孔内形成巨大压力流。8 月 5 日凌晨 1 点 30 分，北桥台基础桩间过水，桥台的东半部分下沉，东面侧墙开裂松动下沉。1984 年 1 月 29 日凌晨 6 时，北孔拱碛东半部和碛脸塌落，侧墙倒塌，桥栏杆悬架于空中。1986 年 6 月 27 日，南边孔桥台的东部基础被水毁，东面的拱碛与侧墙坍塌，东侧桥栏杆及地伏石悬架于空中。水毁的原因与北桥台水毁的原因基本相同。为避免洪水威胁，人民政府于 1986 年开始，专门在八里桥古石桥南北两端各新建了三孔桥梁，同时为八里桥（永通桥）文物修复保护工程的启动创造了条件。



图 8 八里桥古桥及南北两侧钢筋混凝土三孔梁桥（摄影：王锐英）

八里桥看似造型独特，也颇具欣赏价值，但是相对比赵州桥，在排水泄洪方面，其科技水平似乎差之较远。之所以形成如此局面，本文分析推测八里桥是改造而来。首先在于八里桥初期设计不存在大洪水的威胁，因为主河道提前南行了。其次，两边孔矮小，本文推测原初设计的中孔亦不会太大，与通惠河上游大通桥、下游通运桥极其近似，都是高度较为均衡的三孔石桥，迎水面的端墙起初自然就不是很高大。所以，可以推测 1476 年的改造只是提高了中孔高度，当时主要是为通航，而且是可以通行帆船，其次为泄洪，使得八里桥对于应付自嘉靖七年（1528 年）桥下转变成为通惠河主河道后的洪水威胁，就存在先天不足。

3 八里桥桥闸疑问解析

3.1 八里桥结构变化追寻

显然，八里桥在成化十二年（1476 年）五月曾经有过一次改造，将中孔“桥圈”提高了。从现今中孔的拱脚部位的桥墩分水金刚墙砌石构造，亦可作为一个依据。请看这几张图片：八里桥中孔拱券拱脚以下、桥墩以上的端墙墙体砌石，相比桥墩、拱圈和靠上部的砌石，石材的尺度过于“薄

弱、细碎”，整体似乎一个“夹心饼干”，下面很强壮，上面也很强壮，可是中间却给人“又破又碎”的感觉，显然不应该是一体修建的。按照明代历史上最强的建桥“团队”、皇帝敕建和命名的“永通桥”来说，如此砌体质量是有辱皇家脸面的，就是现今的砌石工程做成这样的外观也是要追究责任的。所以，本文据此分析八里桥的中孔曾经发生过重大变化。

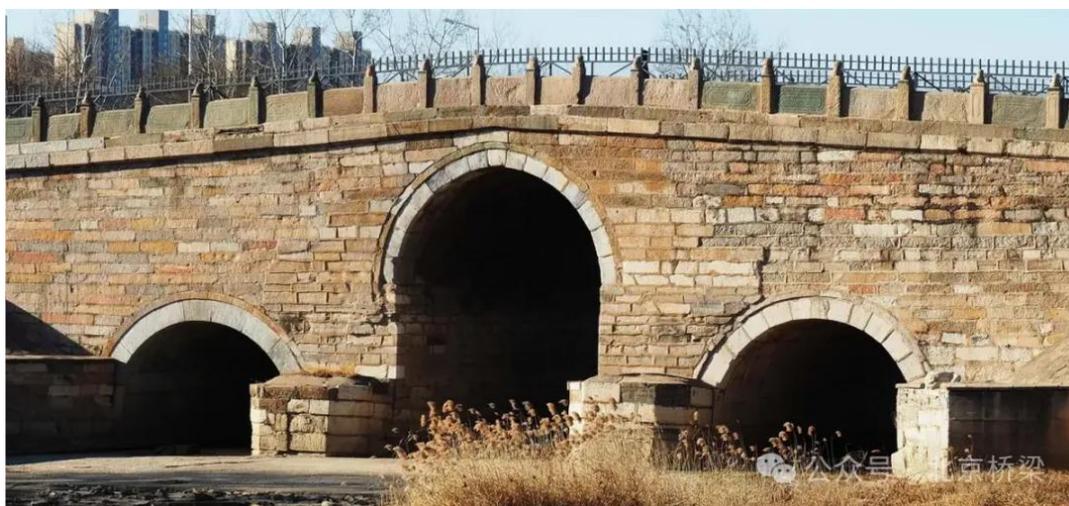


图9 八里桥各孔形式

(*中孔拱脚以下、桥墩以上端墙部位的墙体砌石与拱券上部端墙砌石相比显著薄弱，即石块尺寸普遍更小一些)



图10 八里桥拱圈

(*由于拱圈石材很大，下面基础部分的石材也很大，唯有上下之间的中部金刚墙石材尺寸普遍偏小，这也是造成墙体整体强度下降，鼓胀变形严重的原因之一)

本文推测，成化十二年（1476年）的变化仅仅提高了中孔高度，加高了拱脚下的桥墩金刚墙，但拱脚下部墙体砌石采用了比较小的石材，时间可能比较仓促，工程质量也不高。

3.2 八里桥桥闸追寻

八里桥下到底有没有水闸（船闸、桥闸）？八里桥是不是闸桥？如果设置水闸，其作用是什么？这是个令人疑惑的问题。

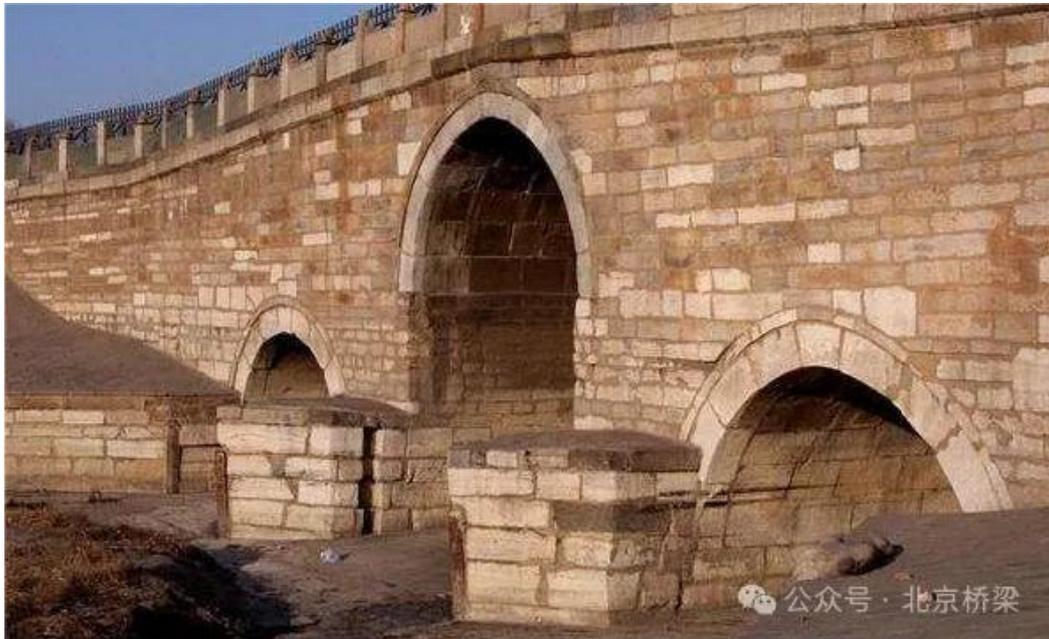


图 11 八里桥中孔拱券下部砌体质量与边孔对比

(*迎水尖后面的分水金刚墙侧面上有水闸闸板槽，边孔的侧墙上没有闸板槽)

有两点值得考虑：一是，通惠河上除八里桥外均为闸桥合一，如万宁桥、东不压桥、大通桥，如果独独八里桥不设水闸，显得奇怪。二是，八里桥西侧上游的普济闸和东侧下游的北关闸之间的距离约有十五里。据文献记载，平津下闸（花园闸、花儿闸）水面高普济闸七尺，距离十三里，水力坡降约万分之 3.5；普济闸水面高通流闸十二尺，距离十二里，水力坡降约万分之 6.4。可以看出普济闸下游的坡度大于上游近一倍。考虑吴仲改道通惠河通向北关闸，坡度应有所变小，但应还是较大的。如此长距离河道和较大的水力坡降，在中间如八里桥处设水闸还是有必要的。可是现今八里桥，只在中孔上游桥墩部位留有闸槽遗迹，边孔却没有。当然，首先可以考虑 750 年以来发生过各种变化，致使如今面对面目全非的八里桥，难以确证。但是，作为文物和文化遗产的八里桥，如今还是不能说它已经面目全非，因为从历史逻辑上说作为水闸遗迹，只能消失，不会添加。如边孔以前可能有过水闸，后来维修中修改没了，只是把中孔保留下来，仅此就足以证明八里桥曾经有过水闸。

3.3 八里桥桥闸作用探究

从设置水闸的角度分析八里桥，至少有三种可能性：

第一种可能：八里桥三孔均需要设闸，如同上游的大通桥闸。作为桥闸一体水利设施应该是拦水闸，不是船闸，否则难以高效的频繁启闭和有效控制水位，这也是倒载制漕运需求。但是吴仲改造通惠河的“五闸二坝”显然没有八里桥闸，即使八里桥有闸也在吴仲改造通惠河之前，此可能性基本可以排除。

第二种可能：在成化十二年提高中孔高度之后，正如现今发现的一样，只在中孔设水闸，如此设计只是启闭中孔，边孔则放任自流。这样好像没有道理，但边孔很低矮，在保持一定的通流情况下，通过对最大的中孔阻断或减小过水流量，也可以依靠壅水抬高上游水位，实现动态调节，同时还可以减少完全阻断水流的巨大压力和困难，不失为一个巧妙和合理的设计。这样的设计需要丰富的经验和复杂的计算，可以看出八里桥桥闸设计水平之高。



图 12 八里桥设置水闸作用推想示意图，只在低水位时发生闸门启闭（本文绘制）

过水断面的减小肯定会抬高上游水位，推想只有当来水量很小时，为保证上游行船可采取这样的设计。但是不如三孔皆设置水闸，取得的效果更快更显著。

第三种可能：在元代郭守敬时期设置。本文前篇已经考证，八里桥下之水在元代为郭守敬修建的“通惠河积水处”，而且此积水处具有两个功能：一是可以通行漕船，将漕运粮食运往通州北的乐岁、广储仓；二是作为调蓄水库，开闸西流，可补充通惠河主河道在普济闸和通流闸之间的水位之不足，开闸东去，可分流以宣泄通惠河洪水。依此功能作用分析，八里桥修建初期可能是一座石坝水闸，相当于运河船闸旁边的月河闸，即可以调

控两侧的水位高低和流向，在水闸之上架设木梁则为八里河木桥。随着时代变迁，水闸作废，改为三孔石拱桥，但却保留了原初水闸的闸板槽，成为如今的八里桥是否桥闸之谜。

上述各种可能性分析和结论是仅仅依照有限的历史记载、八里桥遗迹和内在的演变逻辑所做的推论，是否合理？是否确实？尚需要各方面专家学者探究，本文只是抛砖引玉了。

2024年6月26日

赵州桥国内外研究综述

焦驰宇¹, 李鲁宁¹

(1. 北京建筑大学 古桥研究院 北京 100044)

摘要: 赵州桥, 正名安济桥, 由隋代匠人李春设计建造, 位于河北省石家庄市赵县城南 2.5 公里处的大石桥村, 南北横跨洺河之上, 为当时世界上最长单孔跨度最大的石拱桥, 建成至今已超过 1400 年历史, 是我国乃至世界现存历史最为久远的割圆坦弧敞肩式石拱桥。桥体拱上加拱的结构形式, 开创了“敞肩拱”形式的先河, 为世界桥梁史首创。本文旨在总结国内外赵州桥相关研究成果的基础上, 对桥梁文化遗产保护继承提出相关建议, 为古桥研究人员快速、全方位地了解赵州桥这一文化遗产, 同时将文化遗产继承发扬和保护理念融入到今后的桥梁科研工作中, 提供借鉴意义。

关键词: 赵州桥; 国内外研究; 综述

1. 前言

赵州桥历经千年风雨, 风貌竟酷似今日按近代工程理论设计的拱桥, 其能屹立至今, 绝非偶然。史载赵州桥虽经历代多次修葺, 却仅仅是“石微隙而腰铁剥削”, 桥身整体仍然无恙, 因而引发国内外多位学者对其深感好奇。关于赵州桥世界有名的最早记载, 是一篇由建筑学家梁思成先生科学的考查与论述的重要文献“OPEN SPANDREL BRIDGES OF ANCIENT CHINA-THE AN-CHI CH'IAO AT CHAO CHOU, HOPEI”^[1]即“古代中国的敞肩拱桥-河北赵州安济桥”一文, 该文基于他 1932 年在《中国营造学社汇刊》上发表的“赵县大石桥即安济桥”^[2]中安济桥史话和实地考察报告的进一步深入整理, 并于 1938 年发表于英文版著名建筑评论杂志《PENCIL POINTS》上。新中国解放以后, 桥梁专家茅以升先生主编《中国古桥技术史》在编纂的过程中, 为了揭秘古代桥梁基础之谜, 委托北京建筑工程学院夏树林、胡达和等开展了基础勘查, 两位老师编写了《安济桥桥台基础考察报告》相关技术报告。后经整理发表于《市政技术》杂志上^[3]。已故桥梁专家罗英先生在他的《中国石桥》专著中有专章论述安济桥, 同时在编写《中国石拱桥研究》中也以安济桥为重点研究对象。英国李约瑟教授在他的巨著《中国科技史》中对安济桥倍加称赞。1952-1957 年河北政府也在各方努力下重新对赵州桥进行了修缮工作。随着近代科学技术以及结构计算分析水平的提升, 学者们对赵州桥的研究进一步加深。

本文将对近百年来人们对赵州桥主体结构、基础桥台、腹拱以及抗震性能等的研究进行简要介绍及总结, 并对未来赵州桥文化遗产继承保护以及对其桥身结构的研究发展方向趋势一并做扼要介绍。

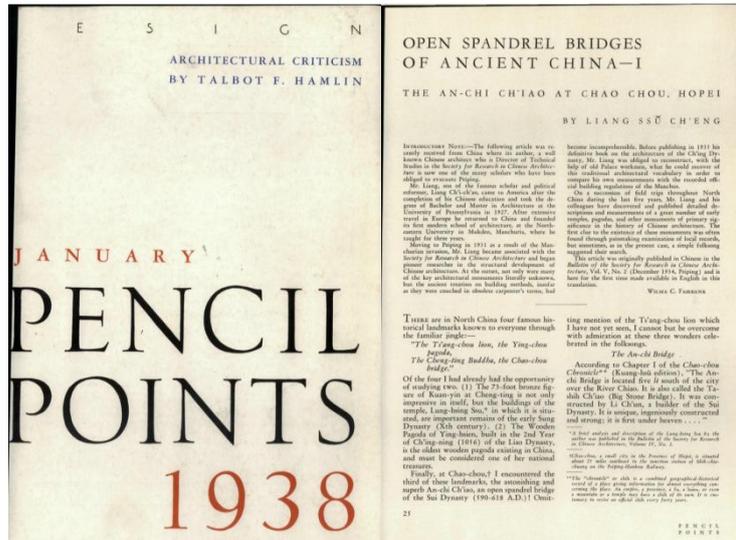


图1 梁思成英文论文封面

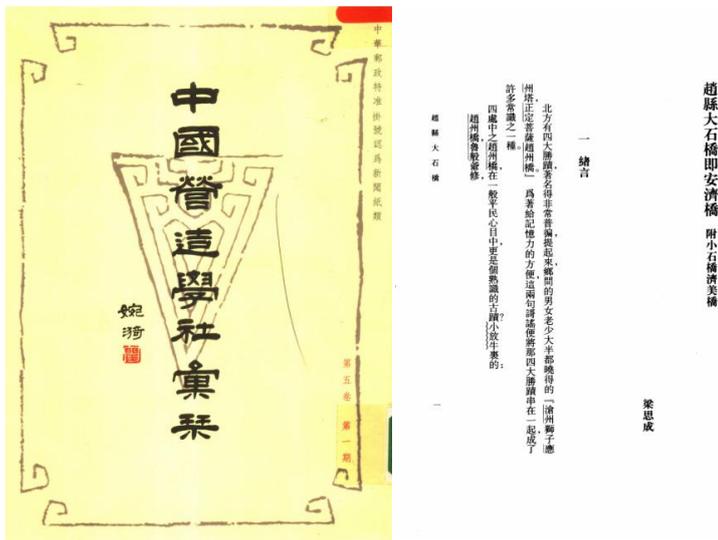


图2 梁思成中文论文封面

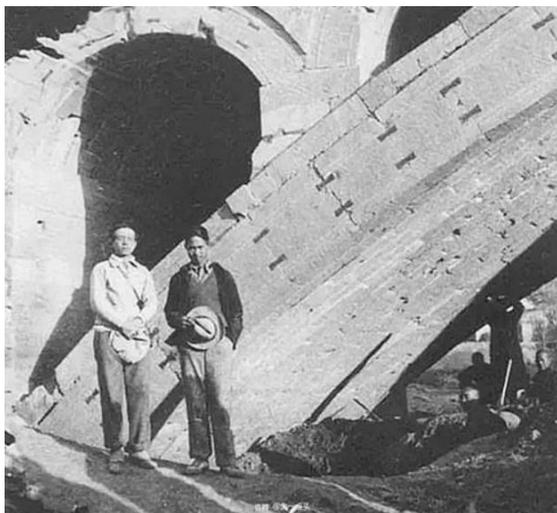


图3 梁思成（左）与赵州桥合影

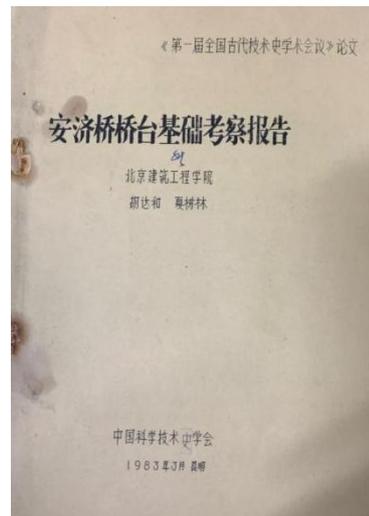


图4 《安济桥桥台基础考察报告》



图5《中国石桥》罗英著

2. 赵州桥历史文化价值

赵州桥的建桥铭文、修缮碑记，游客游览的刻石、题记、留言等很多。由于历史久远，有的湮没，有的被损坏残缺。据明清《赵州志》、《赵州石刻全录》等历史文献记载，以及桥下发掘出土的栏板、望柱、碑刻等实物资料。铭文中最为著名的当属为张嘉贞所著的《石桥铭序》，具体如下所述：

赵郡洺河石桥，隋匠李春之迹也。制造奇特，人不知其所为。

试观乎用石之妙：楞平砧斫，方版促郁，絨穹隆崇，豁然无楹。吁，可怪也！又详乎义插骈坐，磨砻致密，髴百象一，仍鋤灰璽，腰铁栓蹙。两涯嵌四穴，盖以杀怒水之荡突。虽怀山而固护焉。非夫深智远虑，莫能创是。其拦槛華柱，锤斫龙兽之状，蟠绕擎踞，睚眦翕欵，若飞若动，又足畏乎！

夫通济利涉，三才一致。故辰象昭回，天河临乎析木。鬼神幽助，海石倒乎扶桑；亦有停杯渡河，羽毛填塞，引弓击水，鳞甲攒会者，徒闻于耳，不睹于目。目所睹者，工所难者，比于是者，莫之与京。

《石桥铭序》全文只有二百多字。它的重要性在于最早记录了赵州桥工程的主持者李春的姓名。同时，序文对赵州桥作了概括而形象的描绘，可以帮助我们窥见赵州桥早期的面貌。

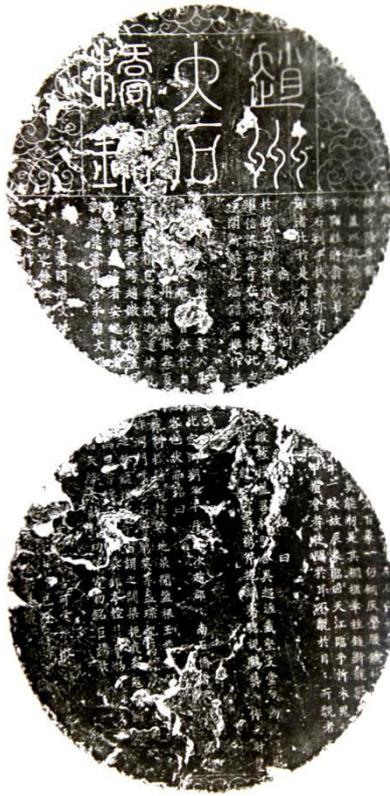


图6 《赵州大石桥铭》拓片

赵州桥历经十次较大修葺，修桥碑记，因年远代湮，损坏丢失居多，大部分难以寻找，仅留存完整碑记的四篇。1955年至1958年在修缮赵州桥期间，为获取编制修缮方案的实物资料，先后于赵州桥下进行了四次科学发掘。发掘的范围由桥身的上游及下游各15米以内的1200平方米，其深度由3—4米的淤泥直挖至河床的硬土层。经过发掘，在河床中出土大小桥石1500余件，从其中拣出来拼成较完整、有雕刻和铭记的桥石，计有：

- 1、栏板二十余件，其中各式雕龙栏板九件，斗子卷叶栏板十六件，天马栏板一件，凤凰栏板一件。
- 2、石刻狮子二个。
- 3、仰天石（帽石）五十二件。
- 4、望柱三十六件。
- 5、唐代修桥记铭刻一件，明代修桥记石碑二件，有题刻的残石六件。
- 6、刻有仙迹的桥面石一件。另外又在拆除桥面时发现故事栏板三件，金代小栏板三件，刻十六瓣花型饰物仰天石二件。

以上发现，对于赵州桥的历史和修缮方案的编制很有帮助，特别对于修复桥上“若飞若动”的“玉石栏杆”，提供了极其宝贵的实物资料。下面列举两著名栏板：



图7 饕餮栏板（正面）



图8 蛟龙栏板（正面）



图9 蛟龙栏板复原图



图10 饕餮栏板复原图

据《赵州桥志》^[4]记载：“饕餮是古代神话传说中的恶兽，属于龙种异称，赵州桥上它为龙首，寓意吉祥，也是凶险的警示。在赵州桥的群龙图中，饕餮位居桥巅，只见它毛发分披，卷曲如云，两耳耸立，眼珠夺目，

凶光闪烁，怒视前方，鼻孔张开，倾盆大嘴，巨齿獠牙，欲吞欲食，气势凶猛，眈眈翕歛，又足畏呼！此恶兽形象，足以使桥上行人望而生畏，举止甚慎，感悟到此处凶险，不可停留。只有车马行人安全通过，才能达到‘通济利涉’的功能，实现‘平安吉祥’的雕刻艺术主题。”

龙是中国神话中的一种善变化、兴云雨、利万物的神异动物，传说能隐能显，春分时登天，秋分时潜渊。又能兴云致雨，为众鳞虫之长，古时除去这两块保留较为完整的栏板外还有龙托花珠栏板、奔龙栏板、凤凰栏板等，数量类型之多令人惊奇，栏板及望柱雕刻精美，刀法苍劲有力，风格古朴典雅，渗透着浓郁的东方审美情趣。并表达出“平安吉祥”的艺术主体。赵州桥的雕龙栏板作为整个桥体的艺术精华，显示隋代浑厚、严整、矫健、俊逸的石雕艺术风格。其雕龙艺术作为隋代绘画艺术的缩影，是研究我国绘画、雕刻艺术发展历史极为重要的参考依据。

作为我国重要的文化遗产，赵州桥对于体现民族文化特色、提升民族自豪感和凝聚力具有重要的历史意义和现实意义，并有益于宣传文物保护知识，提高公众文物保护意识和艺术鉴赏水平。

3. 赵州桥科研近况

1987年，根据北京建筑工程学院1979年发布的《安济桥桥台基础考察报告》勘察探明确定的拱桥下部尺寸，钱令希院士首次应用结构极限分析的观点^[5]对赵州石拱桥进行了承载能力的分析：对于给定拱轴的石拱桥，对应于每个荷载工况，拱圈有一个最小极限厚度；如果拱圈厚度等于或小于这个极限，石拱将出现三个以上的铰而破坏；实际厚度和最小厚度之比表征了拱桥在这个荷载下的拱厚安全度，并且计算了一个集中活荷载通过赵州桥时拱圈最小厚度和拱厚安全度的变化。计算结果证明了这座拥有有1400年历史的古桥，不仅在风貌上酷似现代的拱桥，而且计算也表明它的构造符合现代的科学理论。



图 11 钱令希院士有关赵州桥论文

2000 年, 慎铁刚、慎小焜^[6]从建筑学的角度, 对评价赵州桥的传统美学观点进行了补充, 认为赵州桥在美学方面成功的最主要原因之一是交通功能与外观形式的完美结合; 提出了赵州桥的敞肩圆弧拱形成可能是建桥者在已有实腹拱桥经验的基础上进行仿生学习的新推测。次年, 林树涵^[7]学者通过对梁思成先生于 1934 年撰写的赵州桥考察报告及其所附的实测图的研究分析, 指出: 赵州桥的净跨径应为 39 ± 1 米, 现有的那些净跨径数字均不准确, 并提出建议挖开掩盖赵州桥拱脚的石块和泥土, 以便于更好的对赵州桥跨径进行观察勘测。同年刘云馥、王大钧^[8]于期刊《力学与实践》上发布了“伏拱对赵州桥力学行为的影响”, 首次采用数值计算的方法分析了赵州桥上的两对伏拱对桥身拱轴线形状及拱券应力分布的影响。一方面阐明了伏拱的存在使桥体的圆弧形拱轴线与符合力学原理的恒载压力线十分接近; 另一方面, 说明伏拱的存在明显消除了桥体拱券中的拉应力, 加强了桥体的安全性。从而对这座千年古桥的卓越力学性能有了进一步的认识。

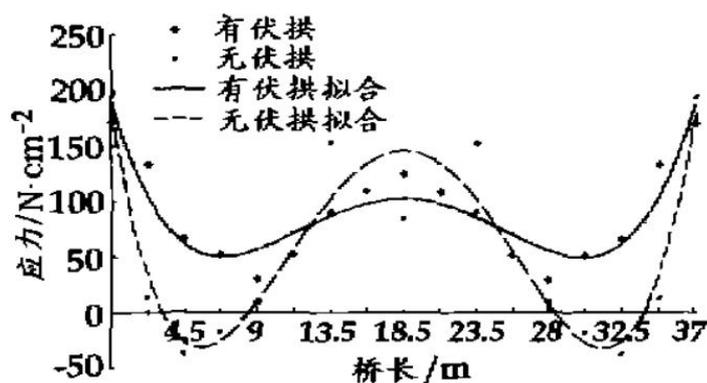


图 12 应力分布拟合曲线^[8]

2007 年, 白秀龙^[9]等人应用电测法, 讨论了拱形梁和简支梁的优劣, 测量拱形梁和简支梁, 在同样载荷的作用下, 所承受的中心最大弯矩。从而得出拱形结构的优越性。2008 年史新格^[10]等人首次采用有限元软件对赵州桥的均质线弹性力学模型进行了模态分析。计算了它的 10 阶振型, 前三阶振型分别为: 上下振动、前后振动、左右振动。其中一阶振型为上下振动, 其自振频率大约为 7.4691HZ, 该振动形式是赵州桥的优良动力学特征之一, 它也是赵州桥经历多次地震和水灾而未损的原因之一。2014 年江成等人^[11]同样使用了 ANSYS 有限元软件对赵州桥进行了力学分析, 分别从静力学、模态分析以及地震波等方面对赵州桥进行了分析。对赵州桥的抗震性能进行了初步研究。

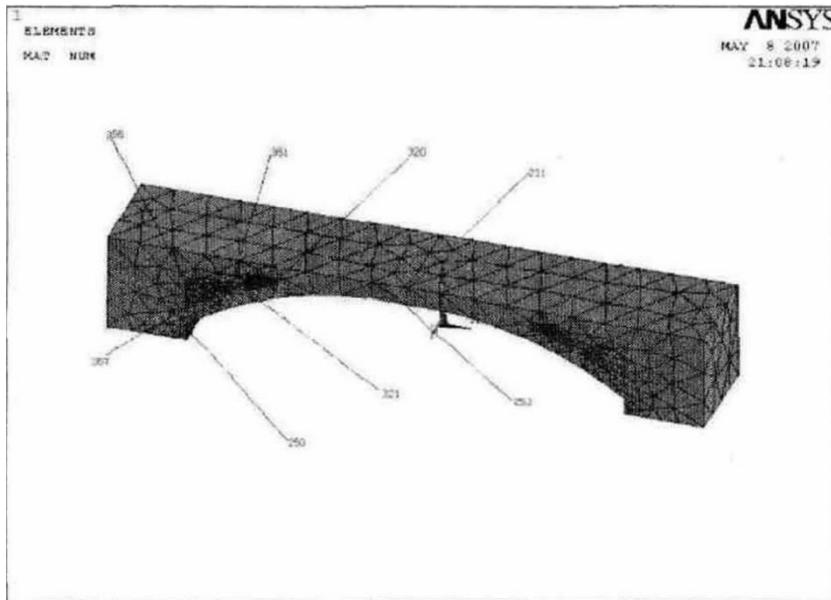


图 13 ANSYS 有限元软件赵州桥模型^[11]

近年来北京建筑大学以及北京古桥研究院的学者们对赵州桥结构特点研究不断深化，以期为赵州桥的研究与保护以及我国古桥研究工作提供借鉴。2015年，北京建筑大学王蓓、王健等^[12]基于对赵州桥全面的实地勘察记录，并结合历史修缮资料，对其桥面系、主腹拱、桥台等重要部位的现况病害进行针对性分析，探究病害产生原因，为日后赵州桥的修缮和保护工作提供参考性建议。同年翁伟、王毅娟^[13]依据北京建筑大学古桥研究院对赵州桥的进一步勘察结果，首次采用了首次利用 MIDAS/Civil 对赵州桥下部基础进行稳定性验算，并分析其结构合理性，次年翁伟^[14]进一步对石拱桥的计算理论、赵州桥的整体受力、拱上结构的联合作用、基础稳定等内容继续深入研究，探析石拱桥建造工艺及其结构特点，以期为日后古桥的研究和保护提供资料和参考。

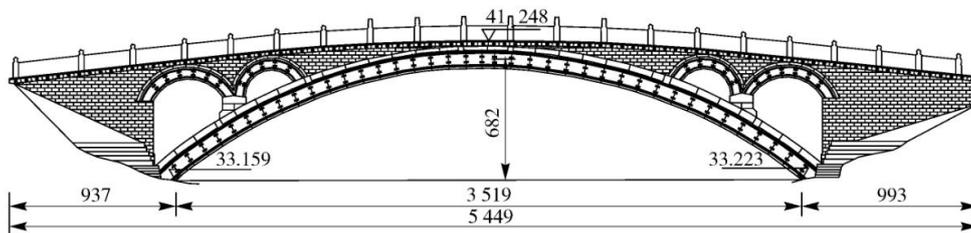


图 14 赵州桥东立面图^[14]

4. 赵州桥桥梁文化遗产保护继承及规划展望

中国古桥，作为建筑遗产的璀璨明珠，其独特性不言而喻。以复杂精妙的结构与施工技艺，成为那个时代科技智慧的直接映射。古桥不仅仅是横跨江川河流的实用建筑，更是广泛分布于大地的普遍景观，几乎每一处水流汇聚之地，都能觅得古桥的身影，它们深深融入古代社会的日常脉络，成为不可或缺的生活元素。传统的建造智慧与工艺，世代相传的桥梁故事，

以及由古桥衍生出的独特文化意蕴，共同编织了一幅幅生动而深厚的文化画卷。这些非物质文化遗产，如同古桥的灵魂，穿越时空，诉说着过往的辉煌与沧桑。

赵州桥的保护以及传承离不开广大学者及政府的支持。早在 1930 年 2 月在北平正式创立的中国营造学社就开始了赵州桥保护和传承的工作，这一由私人兴办研究中国传统营造学的学术团体，虽然只存续了短短十几年，但中国建筑学人凭自己高超的现代学术素养和对传统文化的热爱，重新发现了中国传统建筑独立于西方建筑的独特体系，为中国古代建筑史研究作出重大贡献。

2020 年高雪娜^[15]等人也将河北省档案馆馆藏档案中有关 1952-1957 年赵州桥修缮的相关档案进行了系统梳理，辑录成文。内容中饱含了河北政府对文化遗产保护和传承的决心，感受当时人们对待历史遗产的崇敬与尊重。期望鼓励桥梁专业的学者系统地开展桥梁历史文化的研究，将桥梁历史研究从单纯的技术研究扩展到交通、景观、规划、人文、建筑、历史、等多方位的桥梁文化层面。

总之，赵州桥作为桥梁文化遗产的杰出代表，其保护、继承及规划展望需要政府、学术界、社会各界以及国际组织的共同努力。通过科学规划、有效保护和合理开发，赵州桥将能够继续发挥其历史、文化和科学价值，为后代留下宝贵的文化遗产。

参考文献：

- [1]Liang Ssu-ch'eng, "Open Spandrel Bridges of Ancient China-I, the An-chi Ch'iao at Chao Chou, Hopei," PencilPoints 19 (1938): 25-32;
- [2]梁思成. 赵县大石桥即安济桥[J]. 中国营造学社汇刊, 1934, 5(1)..
- [3]胡达和,夏树林.安济桥桥台基础及地基的考察报告[J].市政技术, 1997(3):6.DOI:CNKI:SUN:SZJI.0.1997-03-001
- [4]冯才钧.赵州桥志[M].人民交通出版社股份有限公司,2015.
- [5]钱令希.赵州桥的承载能力分析[J].土木工程学报, 1987(4).DOI:CNKI:SUN:TMGC.0.1987-04-004.
- [6]慎铁刚,慎小嶷.赵州桥新探[J].长沙交通学院学报, 2000, 16(3):53-56. DOI:10.3969/j.issn.1674-599X.2000.03.013.
- [7]林树涵.赵州桥净跨径考析[J].自然科学史研究, 2001, 20(2):4.DOI:10.3969/j.issn.1000-0224.2001.02.012.
- [8]刘云馥,王大钧.伏拱对赵州桥力学行为的影响[J].力学与实践, 2001, 23(3):5.DOI:10.3969/j.issn.1000-0879.2001.03.005.
- [9]白秀龙,赵文军,陈建璋,等.赵州桥的秘密——拱形梁相对于直梁的优越性[C]//北京力学学会第 13 届学术年会论文集.2007.

[10]史新格,吴永卫,张玉兰,等.赵州桥的模态分析[C]//庆祝刘锡良教授八十华诞暨第八届全国现代结构工程学术研讨会.2008.

[11]江成,吕吉应,许志强.赵州桥抗震性能的初步研究[J].工程质量, 2014(11):4.DOI:JournalArticle/5b435127c095d716a4c55949.

[12]王蓓,王健.赵州桥现况病害分析[J].北京建筑大学学报, 2015, 31(4):5.DOI:JournalArticle/5b3b6b93c095d70f0073849c.

[13]翁伟,王毅娟.赵州桥基础稳定性分析[J].北京建筑大学学报, 2015, 31(4):5.DOI:10.3969/j.issn.1004-6011.2015.04.007.

[14]翁伟.基于赵州桥勘察研究结果探析石拱桥的建造技术及特点[D].北京建筑大学[2024-08-02].DOI:CNKI:CDMD:2.1016.082387.

[15]高雪娜.1952—1957年赵州桥修缮工程(下篇)[J].档案天地, 2020(9):22-25.

古桥研究助力桥梁科普发展

夏树林¹ 焦驰宇^{1,2} 韩建棒^{1,2}

(1. 北京建筑大学 古桥研究院 北京 100044;

2. 北京建筑大学 土木与交通工程学院 北京 100044)

摘要：随着社会科技的发展，古桥研究已然成为工程热点领域。桥梁科普作为弘扬中华文化的主要途径之一，推动桥梁科普事业发展是至关重要的。针对古桥研究如何推动桥梁科普的发展，本文通过古桥研究的发展历程，探究其与桥梁科普之间的联系及二者的意义，得出古桥研究推动桥梁科普事业发展的新思路，并以古桥研究助力桥梁科普的成功案例，为古桥研究与桥梁科普的进一步融合提供重要参考。

关键字：古桥研究；桥梁科普；发展思路

古桥作为人类文明的见证，不仅具有重要的历史和文化价值，也蕴含着丰富的工程技术和建筑艺术^[1]。随着人们对文化遗产保护和科技进步发展关注热度的不断增加，古桥保护与研究逐渐成为一个备受关注的领域^[2、3]。将古桥研究的成果以桥梁科普的形式向公众展示，提升公众的科学文化素质，对于更好的传承和弘扬中华优秀传统文化具有重要意义。

1. 古桥研究

早在 1978 年，我国著名桥梁专家茅以升先生组织编写《中国古桥技术史》，对我国各类古桥的历史、组成与沿革、形式特点、施工技术等进行详细论述，对以赵州桥为主的一系列石拱桥的勘查、测绘和保护的研究工作中取得了突出的成绩。当时任教于北京建筑工程学院（现今的北京建筑大学）的夏树林、胡达和教授也参与了《中国古桥技术史》编纂和对北京、河北、山西、山东、江苏、浙江、福建、广东等省市进行古桥调研等工作，二人作为执笔人负责组织了对赵州桥基础和土质情况的深入勘察工作，经实地钻探，首次探明了桥台及基础的基本尺寸，确定了赵州桥采用典型的低拱脚、浅基础、短桥台的结构形式，为后续的力学分析提供可靠的数据支持。同时，第一次采用严格的地质勘察科学试验，证实了赵州桥基础持力层为轻亚粘土层，纠正了曾一度被认为这座古桥的持力层为天然粗砂层的判断，为“赵州桥是在轻亚粘土层上建造大跨度拱桥”这一科学论断提供了非常宝贵的技术支撑^[4、5]。这是国际上首次对赵州桥地基承载情况进行的科学测绘和计算分析，中央电视台、人民日报、北京日报相继作了报道。茅以升先生曾给予该项成果“前所未有的壮举”的高度评价。图 1 所示为赵州桥。



图1 赵州桥

在我国古代，随着当时的社会与科学技术发展，石拱桥建造技术也出现了由小到大、由简单到复杂、由单孔独拱到多孔联拱的提升，所谓多孔联拱，就是多个单孔“串联”而成，是为适应一些地区的需要跨越两岸距离较远的河渠这一需求的产物。多孔联拱有分厚墩联拱与薄墩联拱两大类。厚墩联拱，顾名思义其桥墩厚重，各墩都能承受对应拱的侧向推力，墩身在流速较急的上游方向有分水尖，以达到“杀怒水、破流冰”之目的。薄墩联拱的桥墩为柔性墩，当主拱券荷载较大时，桥墩会产生相对位移，从而使邻孔协助承载。夏树林、胡达和、郑振飞等在《中国古桥技术史》编纂和古桥调研中，将我国多孔联拱古桥分为厚墩联拱与薄墩联拱两大类进行了研究，如图2所示为二孔和七十二孔的联拱古桥。少到二孔联拱的河北赵县济美桥、福建长汀水东桥等，多至七十二孔的江苏吴江垂虹桥，引经据典来介绍它们的历史与结构特点，这也为我国近现代的石拱桥的施工提供了重要参考和依据。



图 a) 赵县济美桥（二孔厚墩联拱，
损毁严重已拆除）

图 b) 吴江垂虹桥（七十二孔薄墩联拱，
已有损毁）

图2 多孔联拱古桥

古桥的保护和修复也是古桥研究的重要组成部分。在对古桥的研究中，看到那一座座古桥因年久失修而消失在历史的长河之中，令人痛心。为了保留这些珍贵的历史文化资源，我国早期也对当时的一批古桥进行了修缮工作。在 1985 年 9 月，经文化部、国家文物局批准，在以茅以升先生为修缮委员会顾问的带领下，夏树林、胡达和教授作为负责设计人员，对河北赵县永通桥进行修缮设计工作[6]。永通桥又称小石桥，与赵州桥是兄妹桥，夏树林、胡达和教授根据之前对赵州桥的勘察经验，对永通桥也进行了桥台勘测、桥址所处地质条件勘察，依照勘察结果，绘制建筑测绘图和地形图，并对古桥现状进行拍照和录像，以便进行修复前后对比。在勘探工作完成后，夏树林与胡达和先生本着“修旧如旧”的原则，制定了永通桥修缮与保护方案并进行施工，对古桥主拱券、小拱券、横向连接、拱上建筑、防水层等受损严重的地方进行修缮与做旧处理，对不需要修缮的桥台部分，在桥台两侧设置护坡予以合理保护，同时，特别委托倪吉昌教授等同志对栏板、望柱等 22 处关键部件进行现场测绘（相关手稿现存于北京建筑大学图书馆），按原样进行修补及恢复，并采取相应的防腐保护措施，真正达到了“修旧如旧”的古桥修缮效果。永通桥的修缮工作于 1989 年完工，古桥的修缮，能够使这些珍贵的文化遗产的历史记忆得以延续，其代表的历史文化得到尊重和保护，也能吸引游客，推动当地经济的繁荣，意义重大，影响深远。

2. 古桥研究与桥梁科普的重要意义

古桥研究不止是停留在理论知识和建造技术上，其在桥梁科普中也具有重要的地位和作用。通过古桥研究，我们可以学习到古人在桥梁建造方面的高超技艺，将研究成果予以通俗易懂的语言进行桥梁科普，有助于让民众传承和弘扬传统文化，还可以推广工程技术和科学知识，提升公众的科学素养。

通过对古桥的研究，我们可以了解这众多古桥的建造背景、历史演变和文化内涵，加深对历史的认知和理解。它所反映的社会背景、工程技术和文化传统，对于理解和认识古代社会具有重要的价值。通过研究及科普，可以将这些珍贵的历史文化资源传承下去，弘扬中华民族优秀传统文化。利用古桥研究来助力桥梁科普，我们能够在了解桥梁工程背后的科学原理和技术要点后，更好地发自内心的理解和欣赏古人智慧的结晶，提高对桥梁建设方面，如结构设计、材料选择、施工工艺等知识的认知和理解。

古桥的研究也包括古桥的保护和修复等问题，古桥保护和修复过程中，可能会涉及到一些新材料、新技术、新方法，如激光扫描、化学保护、虚拟修复等^[7、8]。采用现代科技进行古桥保护与修复，能够使古桥在修复过程中避免二次损伤。而桥梁科普也正是展示创新科技在古桥保护与修复中的应用的一个良好平台，通过科普古桥无损检测技术、数字化建模及仿真分

析等方面内容，更能激起公众对现代科学技术的兴趣，有助于推动桥梁科技的创新和发展。

3. 古桥研究与桥梁科普携手并进

古桥的研究理论及方法的不当，可能会涉及到古桥的寿命，甚至造成不可挽回的损失，这就要求古桥研究人员及团队也需要具有深厚且扎实的古桥研究基础。北京建筑大学具有深厚的古桥研究基础。在 2015 年，北京建筑大学成立了“古桥研究院”，助力古桥的保护、利用与创新。2022 年 4 月申请并获批为北京茅以升科技教育基金会中国古桥研究与保护委员会下属科研机构-“北京古桥研究中心”，作为中国古桥委员会下设的 9 个古桥研究中心之一，同时是北方地区仅有的两个古桥中心之一。自古桥研究院成立以来，依托学校土木与交通工程学院道路桥梁等学科力量，依靠学校建筑学院、建筑设计院、规划设计院等学术力量支撑，以“基于多学科交叉开展古桥文保利用创新与传承”为宗旨，以工程、科研、教育为主体形式，对古桥文保、利用、创新与传承开展了一系列的工作。近年来培养古桥保护方面的硕士研究生 1 人。



图 3 《北京的桥》获奖证书

在古桥研究得到快速发展的同时，北京建筑大学古桥研究院在桥梁科普方面也取得了重要的成果，2022 年度全国公路优秀科普作品比赛中，其参赛作品《北京的桥》荣获一等奖，进一步促进了古桥研究与桥梁科普的融合，为全国科普事业做出了贡献。

作为北京建筑大学古桥研究院设立的主要推动者之一，至今仍致力于古桥研究与桥梁科普工作的夏树林先生，早在 1981 年，就已经开始了桥梁科普工作，当时，根据党中央发出的“全党全社会都要关心少年儿童工作”的指示，夏老师受茅以升先生推荐去北京育民小学做桥梁科普讲座，课上，他用洪亮的嗓音生动的描绘着我国各种古桥的形式特点。各种形式的桥梁在他的描述下，充分的激起了全校师生们的浓厚兴趣。图 4 为 1981 年夏树林教授桥梁科普手稿。时隔 40 年后，在 2021 年 7 月的一天，他再次被邀去北京市育民小学礼堂的讲台上，进行桥梁公益科普讲座，以形象的比喻

讲述着桥梁分类，从古桥的神话故事讲到桥梁的结构形式特点；从古代桥梁讲到现代桥梁，讲述着我国成为世界桥梁强国的艰辛历程，并期望学生们能够“努力学习，打好基础，热爱祖国”。

桥梁科普工作也能不止停留在学校，应该走向社会的各个角落。2023年8月，夏树林教授在北京市海淀区世纪城远大园东区开展社区的桥梁科普公益讲座，以赵州桥为古桥的典型代表作品，引出我国古代劳动人民的智慧，用通俗易懂的语言讲解着各类桥梁的区别与联系，骄傲且自豪的讲述着我国是如何一步步成为当今世界桥梁强国的，我们桥梁建造技术的强大也促进着国家经济的繁荣。时至今日，他仍然奋斗于古桥研究第一线，仍然穿梭于多所中小学、社区，组织开展桥梁公益科普讲座。

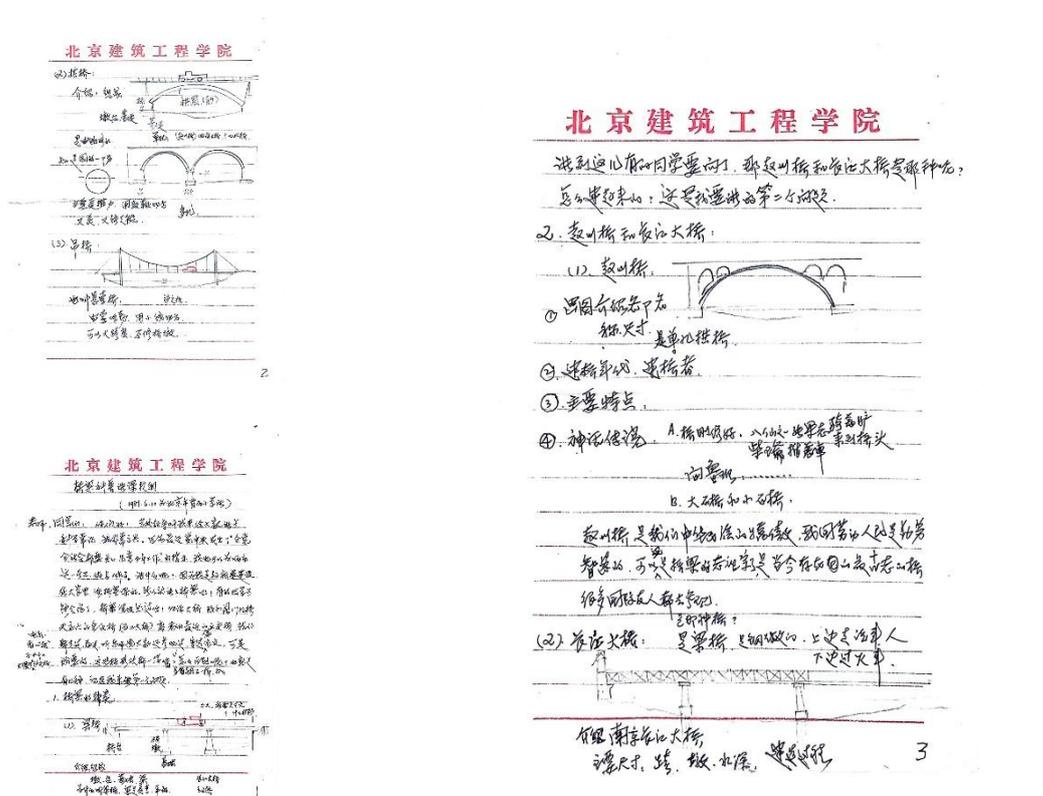


图4 1981年夏树林教授桥梁科普手稿（部分）

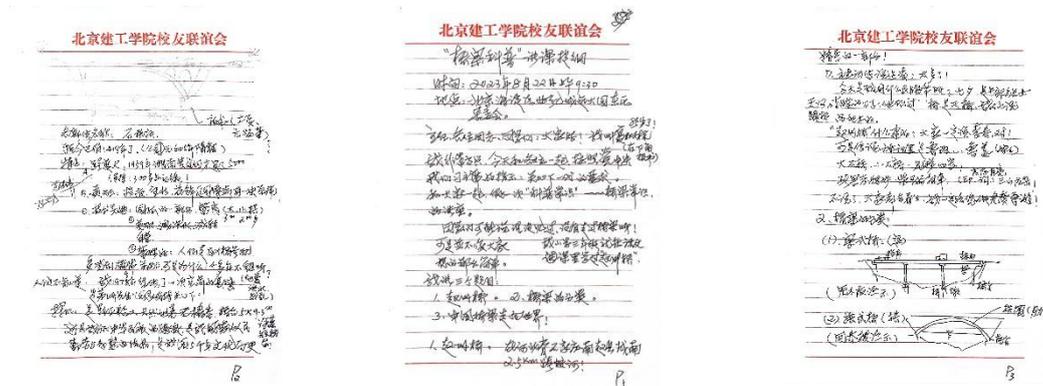
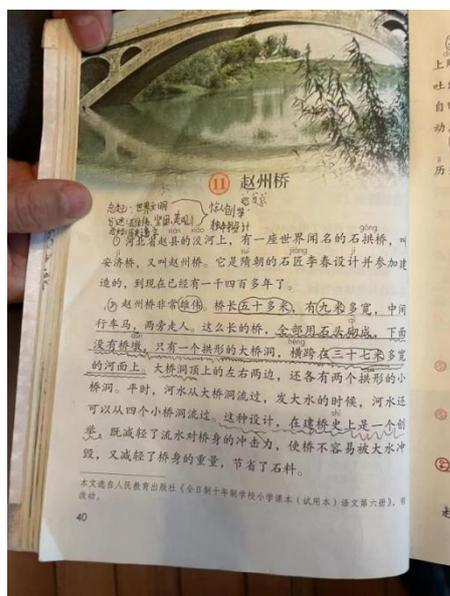


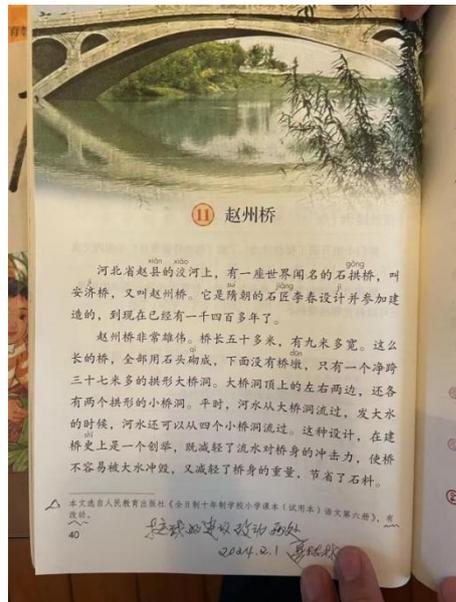
图5 2023年夏树林教授桥梁科普手稿（部分）

无论是古桥研究还是桥梁科普，都应秉承严谨治学之态度。作为祖国的花朵，青少年对古桥的认识及桥梁知识的学习，主要取自两个方面，一是桥梁科普讲座，二就是书本教材的桥梁介绍，这两方面的内容应当保证通俗易懂、语言生动、描述准确，这对于学生建立正确的知识脉络是至关重要的。夏老师在进行每次的桥梁科普公益讲座时，都会事先做好手稿，并在重要之处进行标注，限于文章篇幅，本文仅给出图4与图5所示的1981年与2023年夏老师桥梁科普讲座的部分手稿。

我国九年义务教育所选用书本教材中桥梁科普内容影响更加广泛，课本中的内容更应准确得当。夏教授在一次桥梁公益科普讲座中偶然发现了人民教育出版社出版的小学三年级下册语文课本中《赵州桥》一文几处不妥，并指出了更改建议。例如，文中的“中间走车马，两旁走人”，现有研究表明：在古代桥梁中，桥梁并没有明确的车行道与人行道的区别，因而是区分车行道与人行道的；又如该桥“横跨在三十七来多宽的河面上”，经仔细分析，桥位处的河面宽度并不完全等于桥梁的跨度，因而容易让学生引起误解，产生不合适的概念。为此，他翻阅许多古桥资料，引用文献，找出不足，并提醒人民教育出版社对文中不当之处予以修正。人民教育出版社非常重视此事，及时更新三年级语文下册课本版本（如图6所示）。当提及此事，夏老师表示：桥梁科普无小事，这一课本会送到几千万学生手中。如果课文中有不恰当的表达也会使人们对赵州桥这一悠久古桥以及桥梁相关知识产生错误认识，不利于桥梁科普和文化遗产。古桥研究要细致入微，桥梁科普更需细心严谨。



(a) 三年级语文下册课本旧版



(b) 三年级语文下册课本新版

图6 三年级语文下册课本新旧版对比

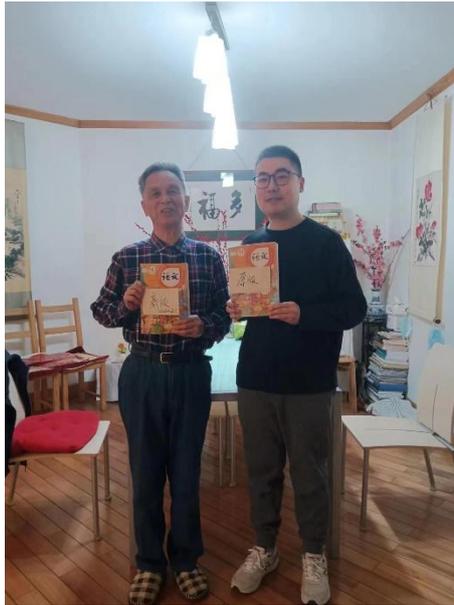
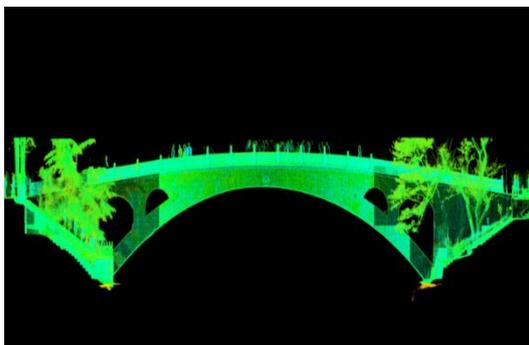


图7 人民教育出版社编辑赠送新版教材

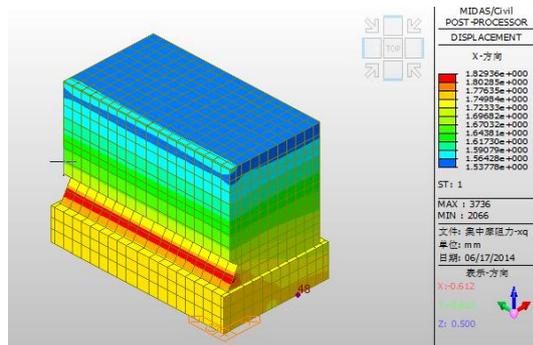
4. 桥梁科普后继有人

在北京建筑大学古桥研究院的努力下，以古桥研究为基础，持续推动桥梁科普事业的发展。

在古桥研究方面，2015年，北京建筑大学古桥研究院专门对国保文物单位赵州桥进行了保护性勘察，如图8所示。此次勘察采用现代技术手段对赵州桥进行精细化测量测绘，通过现场检测得出病害情况并进行了总结，建立了有限元模型对桥台进行计算分析。在勘察检验基础上，对赵州桥上部结构维修技术资料进行了系统整理，同时对其可能病害变化形式进行了推测分析。同时，分析了病害成因，并提出相应的维修加固方案，为该古桥的保护修缮奠定良好基础。此外，在2023年，北京建筑大学古桥研究院申报的“北京中轴线古桥文化遗产保护与利用研究”项目也得到了北京市社会科学基金的支持，北京建筑大学古桥研究院将进一步挖掘古桥价值，做好保护利用，实现古桥文化的传承与发展。



(a) 三维激光扫描



(b) 桥台有限元模型分析

图 8 研究团队对赵州桥保护性勘察

如图 9 所示，古桥研究院研究团队也在积极推进桥梁科普事业。2022 年，古桥研究院王锐英教授出版新书《北京中轴线上的桥梁》、主编《中国古桥典籍整理（京津冀卷）》。同年 9 月，北京建筑大学古桥研究院北京图书大厦在成功举办“2022 全国科普日北京科学嘉年华-首都科普联合行动”之小小古桥守护者-探访北京古桥。在这次桥梁科普讲座中，以中国古桥的起源、类型和北京桥梁的历史文化激起学生兴趣，以各种类型的古桥病害诊断及修复方法让学生了解到古桥保护的紧迫性与重要性，以古桥的结构体系及受力原理丰富学生桥梁相关的力学知识。



图 9 古桥研究院师生积极推进桥梁科普事业

在今后的发展中，北京建筑大学古桥研究院将进一步促进古桥研究与桥梁科普的融合，夯实古桥研究基础，继续服务于古桥的研究和桥梁科普事业。

5. 结语

在古桥的研究中，我们能够深刻领悟到历史的厚重与我国古代劳动人民智慧的辉煌。这些古老的桥梁不仅连接着湍急的河流两岸，更连接着时光的流转与文明的传承。通过对古桥研究，不仅能够了解古代建筑工艺和设计理念，更能够从中汲取智慧，积累经验，为当代桥梁建设提供设计思路。同时，古桥的研究也应保持“古为今用，推陈出新，科学普及，继承传统”的观念，以促进古桥研究与桥梁科普的进一步融合，更好的推动桥梁科普的发展。桥梁科普应保证采用公众易于理解和接受的方式向其传播科学技术知识、科学方法和科学思想，为其建立清晰且正确的知识脉络，以便于

理解和欣赏古人智慧的结晶，通过科普学习提高对桥梁建设方面知识的认知，更有利于我们将这些珍贵的历史文化资源传承下去，弘扬中华民族优秀传统文化。

参考文献：

- [1] 唐寰澄.中国古代桥梁.北京:文物出版社.1987.
- [2] 王学平.乡村振兴战略视域下古桥保护与利用研究[J].建设科技,2023,(10):77-79.
- [3] 唐绍华,高荣,何静,等.重庆主城区古桥现状调查及保护对策研究[J].科学技术创新,2019,(16):99-101.
- [4] 茅以升.中国古桥技术史.北京:北京出版社.1986.
- [5] 冯才钧.赵州桥志.北京:人民交通出版社.2015.
- [6] 2011年古桥研究与保护学术研讨会论文集.南京:东南大学出版社.2011.
- [7] 刘怡,雷耀丽.灞河古桥遗址结构考证与保护研究[J].西安建筑科技大学学报(自然科学版),2012,44(06):859-864.
- [8] 张南.深基坑下穿文物古桥原位保护施工方案研究[J].工程技术研究,2023,8(17):20-22.

北京古桥拾萃

1-万善桥

万善桥位于北京西山双泉寺前面，跨于山涧，南北走向。据资料记载，万善桥建成于明万历十年(1582年)十一月。民国八年(1919年)三月修葺，是一座单孔石拱桥。该桥背脊异常优美、线条柔和、拱券高大、结构独特，被誉为“北京最美的古桥”。

古桥横跨在黑龙沟山壑之间，全长 25.40m，全宽 4.25m，净宽 3.05m，桥身长 16.0m。侧墙和翼墙是用不规则的青石板砌筑，侧墙长 16m，北桥墩翼墙长 7.20m，南桥墩翼墙长 6m。上顶有单层仰天石组成的金边线，仰天石厚 19 厘米，宽 65 厘米，外出檐 18 厘米，石拱桥段为圆弧竖曲线，两边是一对反圆弧竖曲线，桥两头均系渐变曲线。桥身上部宽 3.93m，下部拱脚处宽 4.05m。

桥为全青色石结构，桥台建筑在山脚岩石上，石砌桥台为燕翅形，前墙长 4.65m，北桥台燕翅墙长 8.30m，南桥台燕翅墙长 7.70m。

拱圈是三心圆弧形(蛋圆形)镶边纵联分段并列式结构，全部用青石板砌筑，由 22 道联石和 22 块券脸石和 1 只龙门石雕龙头构成框形结构，将拱券分成 21 段，各段拱券石均为并列式，是北京石拱桥中独一无二的结构方式。券脸石厚 32 厘米，宽 45 厘米，券脸石的长度不等，内缘弧长约 78~80 厘米。纵联石的厚度不等，多数厚 20~25 厘米，拱脚处的纵联石厚 36 厘米。券脸的外缘镶有拱眉石，拱眉石厚 13 厘米，凸出于券脸 5 厘米、侧墙 5 厘米。拱脚后退于桥台前墙约 28~31 厘米。拱脚跨径 10.40m，矢高 6.10m，桥台间距离 9.43m。

传说该桥专门为金章宗皇帝来双泉寺避暑而修建的，原为木桥，规模不大，而且低矮，沟中水大时会涨过桥面，成为漫水桥，后改建为石桥。明万历十年(1582年)十一月和清乾隆年间都重修过。双泉寺中石碑的碑文记载：“光绪甲申(1884)九月十九日……添建石桥一座，名曰万善”，目前见到的万善桥应是清光绪十年修建的。因桥无护栏，时有人坠入湍急的水中丧生，后桥工用青砖砌矮墙，上加石刻盖顶形成墙式护栏，护栏外侧有青石板刻“万善桥光绪辛卯重修”字样，“光绪辛卯”是清光绪十七年(1891)，“万善”为众人为善之意。

现在万善桥基本保持古桥的风貌，桥体完整，只是翼墙有几条裂缝。1984年 5-6 月，在万善桥上游(以东)沿山腰处新开辟一段道路，连接万宁桥两头道路，万善桥不再通行车辆，让车辆绕行，减少古桥的承载压力，有效地保护了万善桥。



图1 万善桥（北建大桥梁师生及相关人员拍摄）



图2 万善桥-单孔石拱桥（北建大桥梁师生及相关人员拍摄）



图3 万善桥石额拓片（北建大桥梁师生及相关人员拍摄）

参考文献：

- [1] 孔庆普. 中国古桥志[M]. 北京：东方出版社，2020.
- [2] 梁欣立. 北京古桥[M]. 北京：北京图书馆出版社，2007.

2-马驹桥

马驹桥位于北京东南郊，跨凉水河上，西北东南走向。明天顺七年(1463年)建，为九孔石拱桥，命名弘仁桥。《明史·津梁》记载“天顺六年，英宗皇帝命建石桥，拨帑银数万。天顺七年桥成，赐名弘仁桥。”后在乾隆三十八年重修，改为七孔石拱桥。1964年，马驹桥被拆毁改建水泥混凝土大桥，桥头碑亭毁于“文革”。

1951年春季调查马驹桥，该桥是一座闸桥合一的7孔石拱桥。桥墩和桥面上铺砌花岗岩石板，桥面隆起较高，其纵坡呈正圆弧形竖曲线。两侧有节间式青石栏杆，西侧的栏杆齐全，有36根望柱，35块栏板，两端各是一块抱鼓石。桥身段有望柱30根，栏板29块。两端桥墩八字栏杆各有三根望柱、三块栏板和一块抱鼓石。东侧栏杆残缺较多，桥身上的栏杆无存，青石地伏存在，两端的八字栏杆各存两根望柱、一块栏板和一块抱鼓石。桥面全宽8.10m，净宽6.5m，桥身长5.95m，南北桥墩各长5.60m，桥梁全长67.15m。

马驹桥紧紧挨凉水河南岸，桥东是通州马驹桥镇。在隋末唐初时，马驹桥地区是丰盛的草场，当朝在此养大量的仔马、马驹，管理仔马的军民建立了村落，取名“马驹里”。当时河上搭设了一座简易的木桥，因“马驹里”而得名了“马驹桥”。1463年，马驹桥被建成一座九孔石拱桥，明英宗亲赐“弘仁”桥，可民众仍然习惯称之为马驹桥。1774年重修马驹桥，改九孔为七孔，桥南侧修桥亭两座，内立乾隆亲书御碑修桥记（现残碑移至通州区西海子公园葫芦湖边）。

参考文献：

- [1] 毛云章，侯建华. 拱守北京的四座古石桥[J]. 石材, 2009(11):53-54.
- [2] 孔庆普. 中国古桥志[M]. 北京：东方出版社，2020.

3-万宁桥

万宁桥，又称海子桥、后门桥，为闸桥一体结构，西侧为澄清上闸。建于元代，1292年改为石桥。

《析津志》记载：“万宁桥在元武池东，名澄清闸，至元中建，在海子东。至元后复用石重修，虽更名万宁，人惟以海子桥名之。”

明清两代均对万宁桥有多次的修葺。《明史》中记载“宣德六年（1431年）五月，重修澄清闸。”

从考古资料看，历史上万宁桥虽有多次修葺，但依然延续了初建的位置、规模，也保留了部分早期的构件。民国十三年（1924），修筑北新桥至太平仓电车轨道期间，对万宁桥桥面进行了改造，将行车道降低，改横铺石板为斜铺石，在两边增设人行步道。1936年在桥面铺筑沥青。

1984年，万宁桥被公布为北京市文物保护单位。2013年，澄清上闸（含万宁桥）作为大运河文物构成被公布为第七批全国重点文物保护单位。2014年，万宁桥作为遗产构成列入大运河世界文化遗产。万宁桥文物构成包括：桥体、燕翅墙及镇水兽、澄清上闸遗址。万宁桥既是元大都和明、清北京城起源的重要标志，也是北京漕运历史的见证。

万宁桥为一座单孔实腹石拱桥。主要由基础、拱券、桥面、栏板望柱、燕翅及周边石驳岸组成，四角燕翅之上各有一尊镇水兽蚣蝮，西边南北燕翅水下还各有一只蚣蝮，总共有六只镇水兽。桥西河道燕翅部分有澄清上闸遗址。桥梁拱券、翼墙、基础、均采用条石材料砌筑而成。全桥长33.0m，宽20.5m，跨径为7.3m，拱券为半圆形。上半部为框式横联结构，拱券由纵联石、券脸石和龙门石构成，两侧龙门石正中上方各雕有一兽首，风化严重。有资料显示为饕餮（tāo tiè）或龙首。桥面原始铺装不详，清末时期老照片显示，当时桥面应为石材横向铺设。

元代石桥跨在什刹海入玉河口处，是元代大运河漕运的始点。桥下装有水闸，通过提放水闸，以过舟止水，保证南来粮船直驶大都城内。桥为单孔汉白玉石拱桥，长10余米，宽近10米，桥面用块石铺砌，中间微拱。桥的两侧建有汉白玉石护栏，雕有莲花宝瓶等图案。万宁桥不仅仅是积水潭附近重要的水路航道，起到交通漕运的功能，同时它是属于澄清上闸的一部分，同时兼具了节水的重要功能，是一座闸桥合一的石拱桥。

就自身结构而言，万宁桥属于单孔厚拱桥，这类型的拱桥最大的特点就是厚重的桥墩和桥拱，但是其桥面比较平坦，坡度不大。由于桥拱厚重，所以桥身在承重方面表现优异，河水的冲刷一般不会对其构成威胁。

除了结构特点，古桥的栏板、望柱、镇水兽和抱鼓石等构件，是其艺术价值的重要体现，这些部件多演绎着古代艺术家精湛的雕刻技术。尤其是桥上的镇水兽，镇水兽一共有六组，其中桥东两岸各一只，桥西两岸各一

只，桥西的水下还各有一只，和岸上的两只相对而视，中间为一石刻团花，配为两组二龙戏珠模样。全桥合起来共 6 只镇水兽，它们不仅是难得的艺术珍品，而且还是测量河水深浅的标尺。另外值得一提的是万宁桥的“二十四节气望柱头”，柱头上雕刻着 24 条纹理，这与同样位于故宫中轴线的内金水桥旁的望柱柱头构造相同。

万宁桥的名称在历史上有多次的变化。元代称万宁桥，俗称海子桥，明代改皇城北门为北安门，清代又改称地安门，因万宁桥在皇城以北，又称北安桥、地安桥、后门桥。也因什刹海的水来自京西，五行西方属金，水名金水，有称金水桥，还有民间称官桥、闸桥。1949 年后称“后门桥”。2000 年维修中进行了考古，并将后桥名恢复为“万宁桥”。



图 1 万宁桥（北建大桥梁师生及相关人员拍摄）



图 2 万宁桥立面照片（北建大桥梁师生及相关人员拍摄）



图3 万宁桥柱头（北建大桥梁师生及相关人员拍摄）



图4 万宁桥镇水兽（北建大桥梁师生及相关人员拍摄）

参考文献：

- [1] 孔庆普. 中国古桥志[M]. 北京：东方出版社, 2020.
- [2] 梁欣立. 北京古桥[M]. 北京：北京图书馆出版社, 2007.
- [3] 张必忠. 万宁桥——北京城的奠基石[J]. 紫禁城, 2001(2):5.
- [4] 小周周有话说. 北京万宁桥：元朝遗留闸桥合一的石拱桥-北京城中轴线的延续[EB/OL]. <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1668653084156672774&wfr=spider&for=pc>, 2020年6月5日
- [5] 北京旅游网. 古都文化之中轴线之三：万宁桥[EB/OL]. <https://www.visitbeijing.com.cn/article/47QkX52uIkH>, 2019年3月1日
- [6] 王锐英. 北京中轴线上的桥梁[M]. 光明日报出版社, 2022.03.

4-北海大桥

北海大桥，原名金鳌玉蝾桥，也称御河桥或金海桥，始建于至元元年（1264年），位于北京市北海公园南门西侧，文津街东头，横跨于北海与中海之间。整个桥身如同一条洁白无瑕的玉带，横跨在北海上面。是北京市城区内最大的古石桥。

桥为九孔连拱石桥，是中国古老堤障式石拱桥的典型。旧时的金鳌玉蝾桥总长 156.73 米，桥宽 9.48 米，九个石拱券其净跨径分别为第一、九孔 3.2m，第二、八孔 3.82m，第三、七孔 4.45m，第四、六孔 5.1m，第五孔（即中孔）5.74m。八个桥墩厚度相等，均为 7.84m，桥墩厚度大于桥孔净跨径，无分水尖墩台，每个石拱券顶都有一螭状吸水兽头，这是该桥独有的造型。桥墩和桥面上铺砌花岗岩石板（局部是青白石石板），两侧有节间式白石栏杆，每侧有望柱 52 根，栏板 51 块，抱鼓石 2 块。其中，桥身一侧有望柱 34 根（含角柱），栏板 33 块，两端八字栏杆各有望柱 9 根，栏板 9 块，抱鼓石 1 块。下面有矩形断面的白石地袱。桥面全宽 9.50m，净宽 8.50m，桥身长 117.60m，桥墩长均为 19.60m，桥梁全长 156.80m。

1954 年，为改善道路交通，北京市人民政府决定改建拓宽北海大桥桥体。1956 年 5 月初至 9 月 26 日，实施桥梁加宽工程（向南面一侧加宽）。改建后的大桥，保持了原桥的风格，从 9m 多加宽到 34.30m，其中车行道宽 25.70m，南侧步道宽（含栏杆）4.46m，北侧步道宽（含栏杆）4.16m。桥身长 117.58m，桥墩长均为 19.60m，桥梁全长 156.78m。桥头坡度从 8%降低到 2%，桥面改铺沥青路面，中间的车行道为 27m，两边的人行道为 3.5m。大桥的九孔只保留中间的第五孔能流水畅通，其余的八孔桥洞用砖砌堵死只为装饰之用。1974 年 8-9 月，拆除两侧石栏杆及地袱石，更换为 2m 多高的节间式铁栏杆。

明代废木桥建造了堤栈式石拱桥，明弘治二年（1489 年）五月，西海子九孔石桥建成，石桥两端立有牌坊，西边牌坊曰金鳌，东边牌坊曰玉蝾，故该桥名曰金鳌玉蝾桥。



图 1 北海大桥（北建大桥梁师生及相关人员拍摄）

参考文献

- [1] 北京市规划和自然资源委员会, 北京的古桥 | 金鳌玉蝀桥: 京城内最大古石桥. [EB/OL].<https://baijiahao.baidu.com/s?id=1640743971829865243&wfr=spider&for=pc>, 2019-08-02.
- [2] 孔庆普. 中国古桥志[M]. 北京: 东方出版社, 2020.
- [3] 梁欣立. 北京古桥[M]. 北京: 北京图书馆出版社, 2007.

5-卢沟桥

卢沟桥位于北京市丰台区宛平城西侧，因横跨卢沟河（即永定河）而得名，东西走向，是北京市现存最古老的石造联拱桥，被马可·波罗誉为“世界上最美丽的、独一无二的桥”，在西方也称为马可波罗桥。金大定二十九年（1189年）兴工修建，明昌三年（1192年）建成。明正统九年（1444年）、弘治三年（1490年）、嘉靖二十年（1541年）、嘉靖三十四年（1555年）重修。清康熙七年（1668年）被水毁东侧几孔，翌年（1669年）修复。清雍正十年（1732年）、乾隆十七年（1752年）重修，乾隆五十一年（1786年）重修。

卢沟桥是一座11孔石拱桥。桥面全宽9.40m，净宽7.10m，桥身长213.00m。东桥堍长28.00m，西桥堍长27.00m，桥梁全长268.00m。桥身段桥面纵坡度约0.8%。东桥堍的纵坡度约5.4%，西桥堍的纵坡度约4.5%。侧墙和翼墙用青石板砌筑，上顶有双层仰天石组成的金边线，其立面呈正圆弧竖曲线。桥台是带燕翅形，前墙长约12.90m，燕翅墙长约20.00m。桥墩上游端有高大的分水尖，在尖楞处立嵌一根铸铁柱。桥墩下游端是抹角方形凤凰台。桥墩由东向西依次为4.38m、4.80m、5.10m、5.50m、5.50m、5.74m、5.42m、5.10m、4.05m、4.15m。桥墩全长（各墩略有出入）17.93m。其中，墩尾长2.43m，主体长8.50m，分水体长2.35m，上游端长4.65m，全长7.00m。拱券是半圆框形纵联式结构，由10道纵联石和9块券脸石构成框形结构，框内有5或6道纵联石。中三孔的券脸龙门上各有一只石雕龙头（1951年只在第五孔南面，第六、第七孔北面有石雕龙头，1987年添补齐全），各孔净跨径由东向西依次为13.80m、14.15m、14.45m、14.45m、15.05m、15.40m、15.00m、14.74m、14.48m、14.00m、13.80m。

桥堍和桥面上铺砌花岗岩石板，两侧有青石节间式石栏杆和青石地袱，北侧有望柱141根，栏板140块，桥身上有望柱109根（含角柱），东西桥堍上的八字栏杆各有望柱16根。南侧有望柱140根，栏板139块，桥身上有望柱109根（含角柱），西端的八字栏杆是16根望柱，东端的八字栏杆是15根。栏杆东端是一对侧立回首式石雕雄狮（向西头顶望柱），栏杆西端是一对侧立式回首石雕大象（向东头顶望柱）。望柱上有千姿百态的石狮子，1951年在281根望柱上有大狮子281只（每根望柱一只），小狮子207只，共有大小狮子488只。桥栏杆东端有一对石华表，东桥堍上北侧有“康熙重修卢沟桥碑”和“卢沟晓月”碑（亭），西桥堍北侧有“卢沟桥修葺碑”和“乾隆诗碑”。



图 1 卢沟桥（北建大桥梁师生及相关人员拍摄）



图 2 卢沟桥近景（北建大桥梁师生及相关人员拍摄）



图3 卢沟桥石狮子（北建大桥梁师生及相关人员拍摄）

参考文献

- [1] 孔庆普. 中国古桥志[M]. 北京：东方出版社, 2020.
- [2] 梁欣立. 北京古桥[M]. 北京：北京图书馆出版社, 2007.

6-琉璃河桥

琉璃河桥，为一座联拱石拱桥，呈南北走向，位于北京市房山区琉璃河镇北的京石公路上，上跨琉璃河。文字记载，明朝时琉璃河经常洪水泛滥，特别是汛期，原建的木桥常被洪水冲毁，清《日下旧闻考》记载：“明永乐十六年（1418年）七月，修顺天府琉璃河桥”。当时官府拨款维修石木建筑的琉璃河桥，可屡建屡毁，影响南北交通往来，终于明嘉靖十八年（1539年），皇帝下诏，朝廷拨款修建石桥，前后经历七年建成桥梁，于嘉靖二十五年（1546年）五月乙丑，琉璃河桥完工。同年由工部尚书雷礼撰写《新建琉璃河石桥碑》立于桥头。之后，明万历三年（1602年）九月，又立“明沈一贯琉璃河桥碑记”石碑，记录了大桥的相关历史情况。总体而言，琉璃河石桥为“朝宗孔道”、“京南要隘”，对南北交通起到了重要作用。

琉璃河桥是一座 11 孔石拱桥。桥墩和桥面上铺砌花岗岩石板，桥面略显弧形，局部呈波浪形，两侧有节间式石栏杆，每侧有望柱 88 根、栏板 87 块，两端各有一块抱鼓石。地袱的断面为矩形，地袱后退于金边 10cm。桥面全宽不一致，中部宽 11.05m。北段宽 10.79m，南段宽 10.90m，大部分接近 10.40m，净宽约 9.20m，桥身宽 146.70m，南北桥墩长均为 10.10m，桥梁全长 166.90m。

在北起第三墩前面（西侧）有一根方形铸铁柱，称“镇水铁杵”，斜倚在桥上。铁杵的断面厚 25cm，宽 38cm，上端是环形，全长 12.03m。

《敕修琉璃河桥堤记》记载：“良乡县迤南四十里，…有河一道，志称琉璃，…，适逢霖潦，散漫奔溃百余里。…嘉靖己亥，皇上驾幸承天，睹民难涉，惻然悯之。比釜回，敕工部尚书臣甘为霖督修。为霖以病去，不终其事。越岁乙巳，复命侍郎臣杨麟同内官监太监臣陈准、袁亨建石桥普济，各以绩叙。然无堤捍御，每逢溽暑水发，环桥南北尽为巨涛，难以越渡，往来病是者又十有八年矣。会辛酉仲冬，事闻当宁。…于是委郎中臣王尚直，员外郎鲁一经，同内官监太监臣杨用分理，其规画悉臣杲所定。凡为堤南北东西共五百余丈，桥一座，长四丈五尺，阔三丈五尺。又新饰欽立玄恩、咸济坊牌凡二座，至壬戌孟冬报成。”

明《世宗实录》载：“嘉靖二十五年九月，浚良乡琉璃河，置桥其上。嘉靖四十年（1561年），又在石桥南北两端修筑路堤，铺筑石板道，并添建小桥一座。于石桥上下游两岸修筑河堤，同时在石桥两端各建牌楼一座，北曰元恩，南曰咸济”。此项工程于嘉靖四十一年（1562年）冬季完成。



图 1 琉璃河桥（北建大桥梁师生及相关人员拍摄）



图 2 琉璃河桥（北建大桥梁师生及相关人员拍摄）



图3 琉璃河石碑（北建大桥梁师生及相关人员拍摄）

参考文献

- [1] 孔庆普. 中国古桥志[M]. 北京：东方出版社, 2020.
- [2] 梁欣立. 北京古桥[M]. 北京：北京图书馆出版社, 2007.

7-八里桥

八里桥，正名永通桥，始建于公元 1446 年的明代三孔石拱桥，位于朝阳区东部偏南（通朝边界），横跨在通惠河上，是通州至北京朝阳门大道上的必经之处，因距通州八里而得名。八里桥被列为全国重点文物保护单位、列入世界文化遗产名录。2021 年 10 月 22 日，被列入北京市第一批水利遗产名录。

八里桥长 30m，宽 16m，为三孔石拱桥，其中间孔高达 8.5m，宽 6.7m，两次孔仅高 3.5m，相差悬殊。这种构造据说是专为漕运的需要而设计的。通惠河运粮船多为帆船，如建造普通形式拱桥势必阻碍漕船航行，将中孔建造得相当高耸，漕船即可直出直入，因此有“八里桥不落桅”之说。由于八里桥桥头路面坡度较陡，机动车爬坡困难，桥两侧曾垫高处理。八里桥南北长 50m，东西宽 16m。桥面两侧各有 32 块石栏板、33 根望柱，板面上的雕刻刀法流畅，粗犷有力。每个望柱上雕有石狮，石狮形态各异，栩栩如生，可与著名的卢沟桥石狮媲美。桥南往东 200m 处，立有清雍正御制石道碑一座。桥墩设破冰棱，呈船形，前端有分水尖，尖上安装三角形铁桩，在桥墩和桥拱的水位线的位置加固了一圈腰铁，用此预防春天解冻时冰块的撞击或夏天时洪水、过往船只的碰撞。除此外它的石雕装饰也很美，在 32 块汉白玉护栏板的望柱上都雕刻有造型各异，形态生动的石狮子。

永通桥始建于 1446 年，因地处通州城西八里处，又被称为八里桥。是全国重点文保单位，2014 年录入世界文化遗产京杭大运河的文物名录。为保护永通桥（八里桥）在其西侧新建了一座作为“接班人”的新八里桥。经过近一年施工，新建的八里桥建成通车，新桥全长 81.0m，宽 26.6m，替代了老八里桥的交通承载功能，老桥禁止机动车通行，并开始进行修缮保护。



图 1 八里桥（北建大桥梁师生及相关人员拍摄）



图 2 八里新桥（北建大桥梁师生及相关人员拍摄）

参考文献

- [1] 孔庆普. 中国古桥志[M]. 北京：东方出版社, 2020.
- [2] 梁欣立. 北京古桥[M]. 北京：北京图书馆出版社, 2007.

8-通运桥

通运桥位于北京通州张家湾镇，因横跨萧太后河上，又俗称萧太后桥。原为木桥，明神宗时建石桥。万历三十三年(1605)十月建成，命名“通运”。清咸丰元年曾重修。

通运桥是一座3孔石拱桥。据记载“桥南北走向，全长十三丈，宽三丈”。桥梁全长约45m，桥身长33.60m，桥墩长6.0m，桥面全宽9.39m，净宽8.15m。桥墩和桥面上铺砌花岗岩石板。两侧有节间式青石栏板，每侧有望柱24根，栏板23块，栏端抱鼓石为石蹲兽，与八里桥、故宫断虹桥相似。望柱柱头雕狮，神态各异；狮下雕为须弥座，束腰饰以连珠纹，上下浮雕仰覆莲瓣，整齐划一；两柱间嵌以栏板，每块内外两面各浮雕二只宝瓶，大小一般，纹饰有别，煞为别致。桥身均由花岗条石砌成，桥面车痕累累；中券阔二丈七尺，侧券阔二丈一尺，分水石距墩背石高近一丈，运船穿洞不必免帆。正券当中圆肩之下两壁，各嵌一块碑记。

侧墙和翼墙用花岗岩石板砌筑，上顶有单层仰天石组成的金边线。桥台为带雁翅形，前墙长10.50m，雁翅墙长5.50m，桥墩上游端为尖形，下游端是方形。桥墩厚3.85m，桥墩长13.50m。

拱券为半圆形纵联石结构，均由13道拱券石构成，券脸外缘鑿有拱眉线，中孔龙门有石雕龙头，中孔跨径6.50m，边控跨径6.90m。

张家湾是京杭大运河的起点，张家湾镇自辽金以来因潞河通运和通惠河的开凿而逐渐发展为水陆要津，“万舟骈集”曾为“通州八景”之一。通运桥与城墙遗迹是研究北京通惠河水利工程及张家湾古镇民风民俗的珍贵实物资料。张家湾还是回教的聚居地之一，最有代表性的就是非常有名的清真寺，耸立在如今的张家湾老街的路南。



图 1 通运桥（北建大桥梁师生及相关人员拍摄）



图 2 通运桥（北建大桥梁师生及相关人员拍摄）

参考文献

- [1] 北京市政协文史资料委员会编.《北京文史资料精选 通州卷》[J]. 北京: 北京出版社, 2006

9-外金水桥

外金水桥为横亘在天安门前外金水河上的三孔拱券式汉白玉石桥，始建于明永乐年间，重建于清康熙二十九年（1690年）。外金水桥共计七座。中间造型别致、雕刻精美的五座石桥分别与天安门城楼的五个门洞相对应。桥南端（包括桥）距城门洞62米，桥与桥之间距离5米。桥稍有坡度，中间呈现拱面，而且桥身中间窄，两端宽，呈“]”型。这种变化多姿、起伏曲折的线条，似“蹶玉桥之长虹”，更增添了天安门的华丽。《华夏名桥》载：“金水桥建于明代永乐十五年（1417年），初为三座桥，成化元年（1465年）改成五座样式的金水桥。清顺治八年（1651年）对其进行了大修，从那时至今的350多年里再没有大修过。”金水桥的设计者，历史上争议较多，至今没有定论。

外金水桥，在天安门、太庙、中山公园前，共七座，三孔拱券式，南临天安门广场，北倚天安门城楼。桥栏雕琢精美，形似条条玉带，与古朴的华表和雄伟的石狮构成天安门前巍峨壮丽的景色。七座桥在建制使用对象上各有不同。正中的一座最为宽阔宏大，桥梁全长42m，桥面长40.2m，全宽9.62m，净宽8.70m，最大一孔跨径5.5m，每一侧各有汉白玉望柱20根，栏板19块，抱鼓石2块，望柱头采用圆柱型蟠龙祥云柱头，为皇帝一人专用，称为“御路桥”；御路桥两侧为“王公桥”，该桥全长37.6m，桥面长36m，全宽6.42m，净宽5.78m，每侧18根望柱，17块栏板，2块抱鼓石，望柱为“二十四节气”柱头，是皇室成员、亲王们通行；王公桥外侧为“品级桥”，全长34.97m，桥面长33.8m，全宽5.52m，净宽4.55m，供三品以上的文武官员们行走；此外，在太庙（劳动人民文化宫）和社稷坛（中山公园）门前的两座桥，原来都比品级桥还窄，叫“公生桥”，供四品以下官员、兵弁、夫役来往使用的。现在人们看到的这两座桥已不是昔日的“公生桥”，桥面是解放后扩建加宽为11.8米。七座桥从桥的使用对象、建筑和装饰，可以看出封建社会的等级制度森严。

天安面前的外金水桥是皇城南大门的出入口，自始建时就是天安门不可分割的一部分。随着皇城的世事变迁，同天安门一同见证了中国的历史风云。天安门位于北京市中心，原为明、清两朝皇城的正门。始建于明永乐十五年（1417年），原名“承天门”，清顺治八年（1615年），改建后称天安门。外金水桥始建同天安门，重建于清康熙二十九年（1690年）。

明、清两朝皇帝祭天、祭方泽、祈谷时要从天安门出入。皇帝亲征出兵时，要在此门前祭路。大将军出征时，皇帝要出天安门统帅文武百官在长安右门外祭旗，宴送征人。明、清两朝第逢大典，皇帝要在此举行“颁诏”，而后布告天下。

1860年英法联军，1900年八国联军，曾先后攻陷北京城，天安门屡遭炮火。宣统三年（1911年），辛亥革命成功后，1912年2月隆裕皇太后代

表皇帝在天安门城楼颁诏退位。从此，结束了皇城原有的使用功能。解放后，与天安门五门洞相对的五座金水桥进行过多次修缮，基本是在原状的基础上进行了修补，比如对桥面损伤处进行了水泥找补，对桥栏杆进行了粘接、加固、修补等保护性修缮。并在石栏杆外又加了一道保护性铁栏杆。在太庙（劳动人民文化宫）和社稷坛（中山公园）门前的两座桥，现在人们看到的这两座桥已不是昔日的“公生桥”，而是经过新中国建立后的改扩建，但桥身的栏杆应为原“公生桥”栏杆。



图1 外金水桥（北建大桥梁师生及相关人员拍摄）



图2 金水桥望柱

图3 外金水桥

（北建大桥梁师生及相关人员拍摄）

参考文献

- [1] 孔庆普. 中国古桥志[M]. 北京：东方出版社，2020.
- [2] 梁欣立. 北京古桥[M]. 北京：北京图书馆出版社，2007.
- [3] 百度百科. 金水桥[EB/OL]. <https://baike.baidu.com/item/金水桥/12176>. 2021-12-22
- [4] C 代表文化. 寻古北京之：金水桥[EB/OL]. https://www.sohu.com/a/609977762_121124760. 2022-11-25

10-内金水桥

内金水桥位于故宫内太和门前广场的内金水河上，是五座并列单孔式石拱桥，建于明永乐年间。清顺治八年（1651年）对其进行了大修，此后距今350年来再未进行过大修。1983年，市政二公司对金水桥进行了整修，重新铺平了河底。金水桥的设计者，历史上争议较多，至今没有定论。金水桥飞虹横卧，桥面起伏不平，中间稍窄，两端较宽，呈现出婀娜多姿的曲线美。洁白晶莹的汉白玉金水桥与飘然如玉带般的金水河、巍峨壮丽的宫廷建筑浑然一体，彰显出古都皇城雍容华贵、庄严典雅的大国气派。

内金水桥是紫禁城内最大，也是最壮观，最华美的一组石桥。共有5座单孔石拱桥，这五座优美的石桥随着弯曲如弓的金水河河道也成弧形排列。桥的规格制式和外金水桥相同，正中的一座是御路桥，桥长23.15米，宽6米，汉白玉望柱上雕刻蟠龙祥云，专供皇帝通行；御路桥东西两侧为王公桥，长21米，宽5.4米，供皇室成员、亲王大臣通行；再两侧为品级桥，长19.5米，宽4.8米，供三品以上的文武官员行走。内金水桥的望柱栏板雕刻与外金水桥图案略有不同。站在午门城楼上北望，金水河宛如一把弯弓，中央御路仿佛就是弦上的利箭，蓄势待发，象征着帝王受命于天，强有力地统治着江山社稷，其造型设计有着深厚的文化内涵。

金水桥下的金水河源头来自京城西郊的玉泉山，从紫禁城西北角筒子河进入大内西侧，先南流绕过武英殿门前，穿过断虹桥，再向东横过太和门广场，然后逶迤盘转从东南流出紫禁城。古代的建筑讲究一个五行选址，正所谓山环水绕有生气，这五行学说包含的是自然界的金、木、水、火、土等五种元素，其中方位西方，代表的是金，金水便由此而得名。金水河不仅起到风水行气的作用，而且还具有给排水和消防用水功能。由于故宫建筑主要是木结构，容易发生火灾，而且本身故宫里面极其缺水，这金水河就有了救火与排水的作用，一旦故宫着了火，金水河便派上用场了。



图1 内金水桥远景图（北建大桥梁师生及相关人员拍摄）



图2 内金水桥（北建大桥梁师生及相关人员拍摄）

参考文献

- [1] 孔庆普. 中国古桥志[M]. 北京：东方出版社，2020.
- [2] 梁欣立. 北京古桥[M]. 北京：北京图书馆出版社，2007.
- [3] 百度百科. 金水桥[EB/OL]. <https://baike.baidu.com/item/金水桥/12176>.
2021-12-22
- [4] C 代表文化. 寻古北京之：金水桥[EB/OL]. <https://www.sohu.com/a/>

609977762_121124760.2022-11-25

11-颐和园十七孔桥

十七孔桥是古代桥梁建筑的杰作。该桥成弧线形，是清乾隆时（1736—1795）建，是颐和园内最大的石桥，蕴涵着深厚的文化底蕴，具有极高的美学价值、学术价值和使用价值。

坐落在宽阔的昆明湖上的十七孔桥，东接东堤，西连南湖岛，飞跨于东堤和南湖岛之间，十七孔桥是一座联拱石桥。长150米，桥面宽8m，净宽6.56m，高7m，单孔净跨径4.2~8.5m。这座桥由17个券洞组成。该桥纵坡较大，远远望去像一道长虹飞跨在碧波之上，该桥梁具有中国古建美学的几大特点：中轴对称、具有平衡美、稳定美的特点，同时该桥各孔跨径和矢高以中孔最大，向两边渐次减小，形成规律性变化，在美学角度上具有变调式的韵律感。桥两边的白石栏杆，共有124根望柱，每侧62根，每根望柱上都雕刻着精美的姿态各异的石狮，大小共五百四十四只，比号称“石狮子数不清”的卢沟桥还要多。

十七以“九”中分，即从桥东西两端算起，第九孔是中央的大桥孔。而按照古时候的礼制文化，“九”被称为极阳数，是过去封建帝王最喜欢的吉利数字，象征天、天子或帝王，常常被应用于礼制及皇家建筑之中。例如在故宫内就有九级台阶、九环石砖、九只角兽等；而中央则是最尊贵的方位，属于帝王的位置，《荀子》中的话就印证了这一点：“故王者必居天下之中，礼也。”桥正中北面有桥联一副提额写着“灵鼉偃月”，对联为“虹卧石梁，岸引长风吹不断，波回兰桨，影翻明月照还空”；南面一副提额写着“修螭凌波”，对联为“烟景学潇湘，细雨轻航暮屿，晴光缅甸明圣，软风新柳春堤”。

十七孔桥有金光穿洞现象，此桥大致坐落东西方向，偏西北东南向。每当日落，斜晖映照，洞见金光，尤其冬至日最为炫耀。因为日落方位会随着季节变化，春分秋分的时候基本是正西方向，夏天则西偏北，冬天则西偏南，在这之间来回摆动。一般而言，只有偏南的夕阳光线照在桥洞墙壁上，十七孔桥才会有金灿灿的感觉，这种光与影的结合在太阳位于南回归线日落点时的景观最为奇特，人们称之为“金光穿洞”的奇观。



图 1 十七孔桥—石拱桥（北建大桥梁师生及相关人员拍摄）



图 2 昆明湖上第一座桥——十七孔桥（北建大桥梁师生及相关人员拍摄）

参考文献

- [1] 孔庆普. 中国古桥志[M]. 北京: 东方出版社, 2020.
- [2] 梁欣立. 北京古桥[M]. 北京: 北京图书馆出版社, 2007.

12-玉带桥

玉带桥位于颐和园西堤东段，是西堤六桥中的一座，该桥形如玉带，是颐和园“西堤六桥”中是最令人喜爱的一座。桥面呈反弯曲线，组成波形线桥型，建于清乾隆十五至十九年（1750-1754年），光绪时（1875-1908）重修，其桥梁拱券是当年乾隆从昆明湖乘船到玉泉山的通道。

该桥为单孔石拱桥 36m，桥墩外口宽 14m，宽 6.5m，单孔拱券净跨 11.38 米，矢高约 7.5 米，全高近 10m，桥坡成 70~80 度，30 对望柱及栏板皆选用汉白玉雕砌，望柱上刻有形态各异、展翅舞翔的仙鹤。玉带桥拱高而薄，弧形的线条十分流畅。近似半圆的桥洞与水中的倒影，形成一轮满月，四周桥栏望柱倒影参差如画。蛋尖形桥拱为两心圆曲线，此桥旧名“穹桥”，俗称驼峰桥、锅底桥，均以形象命名。玉带桥的造型具有我国长江三角洲地区石拱桥的风格，拱高而薄，成流畅疏朗的曲线，以纤秀挺拔、轻巧飘逸为其特色。加之桥身、桥栏选用青白石和汉白玉雕砌，浑身洁白如玉，宛如玉带。

拱桥造型主要由上下两条弧线决定，一般拱桥上弧线只是略微隆起，不能过大，以保证通车方便，同时拱桥跨度还受到施工技术的限制。西堤没有通车的要求，桥下是通往玉泉山、玉河的门户，御舟大船的通行需求更为重要，这为桥体造型创新提供了动力。



图 1 颐和园玉带桥（北建大桥梁师生及相关人员拍摄）



图 2 西堤六桥唯一拱券结构石桥——颐和园玉带桥（北建大桥梁师生及相关人员拍摄）

参考文献

- [1] 孔庆普. 中国古桥志[M]. 北京：东方出版社，2020.
- [2] 梁欣立. 北京古桥[M]. 北京：北京图书馆出版社，2007.

13-南岗洼桥

南岗洼桥具体建造时间不详，但不晚于明代，是一座五孔石砌联拱桥，桥长 44.45m，宽 9.50m，整体古朴壮观。1990 年 12 月修建京石高速公路时，发现于两米多深地下，1992 年对该桥进行保护修缮，8 月完工。

古桥位于北京丰台区南岗洼乡，横跨当时的永定河支流，是沟通两岸交通的一座重要桥梁。石桥全长 44.45m，桥身长 30.75m，两端桥墩长各为 6.82m，桥面宽 9.52m，净宽 7.44m，为五孔石砌联拱桥。拱券为半圆形，属于纵联式结构，中孔跨径为 3.45m，中孔顶有一吸水兽头，其相邻两孔的跨径为 3.1m，边孔跨径为 2.8m，桥孔间桥墩厚 2.22m，桥墩与卢沟桥桥墩相似，迎水面为尖状，背水面为方形，呈船形。桥面平缓石板横向铺砌，桥沿有单层仰天石出檐而形成金边线，两边是实心护栏板和四方顶望柱，两侧望柱数量不等，南侧 22 根，北侧 20 根，桥头两侧各有一块抱鼓石柱，望柱顶雕刻垂莲，抱鼓石呈卷云状。

该桥由于河水常年泛滥，河床淤积，遂埋地下。古桥出土后，北京市人民政府作出原地修复保护的決定，北京市文物局、京石公路扩建工程指挥部，采取了保护措施，北京市人民政府和国家文物局投资 50 万元，对古桥进行了修复、保护。北京市文物研究所承办古桥的挖掘修复工作，市园林局、古建六队完成修缮施工任务。



图 1 南岗洼桥（北建大桥梁师生及相关人员拍摄）



图2 南岗洼桥（北建大桥梁师生及相关人员拍摄）

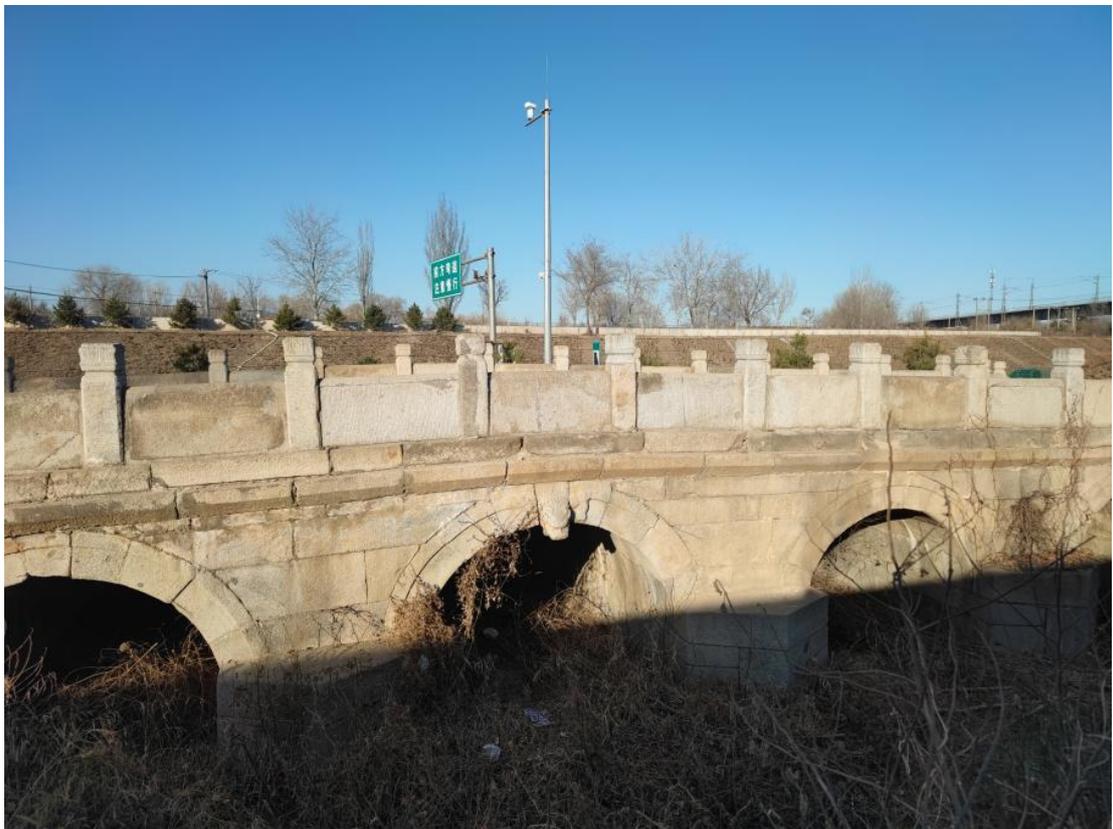


图3 南岗洼桥（北建大桥梁师生及相关人员拍摄）

参考资料

- [1] 梁欣立.北京古桥[M]. 北京：北京图书馆出版社, 2007.01.

14-昌平七孔桥

昌平七孔桥位于昌平区昌赤路，昌平胡庄东，跨十三陵水库上游，为明代石拱桥。1953 年被毁，改建为过水路面。1958 年在原桥址按原样重建，是一座有特色的公路桥。

据《昌平县地名志》记载：七孔石拱桥建于明嘉靖三十三年(1554)，横跨在京陵御道和东沙河上，桥梁全长 78m，宽 12.6m，高 7.25m。中间一孔为跨径 6.1m 的大孔，其余小孔跨径为 5m。1958 年 5 月至 11 月，在古明代七孔桥遗址西侧十几米的地方，平行修建了新七孔桥，新桥属中桥，桥长 112.72m，每孔净跨径 10m，桥高 11m，桥面车行道宽 6.5m，两侧人行道各宽 0.75m 汉白玉石仿古护栏。

明代七孔桥有石望柱和石栏板，初看与其他古代石桥上洁白如玉的护栏并无两样，但用手轻轻一敲望柱之间的石栏板，则可发出金钟银铃一般清脆悦耳的音响，每块栏板发出的声音各有不同，使人大为惊奇。其实这是因为栏板石料中有二分之一的方解石，含有铁质，所以才会有叮当作响的妙音，如钟似罄。建桥时根据每块栏板含铁量的多少，按中国古代音律由宫、商、角、徵、羽五音组成，所以七孔桥又称“五音桥”。可惜桥上望柱和石栏板今日已全无踪迹，没法验证其美妙的声音了。明天启元年(1621)闰六月，大雨连绵，洪水不断暴涨，水势凶猛，七孔桥被淤泥覆盖，只能在非雨季通行。后又屡遇大水，将桥全部冲毁。目前七孔古桥只剩残破的石拱券部分基础，拱眉石上还能见到石榫槽，残拱券间的桥墩是方石砌墙青砖填芯，四周还有散落的大块桥石料，残存的桥墩处就是古七孔桥遗址。



图 1 昌平七孔桥（北建大桥梁师生及相关人员拍摄）

参考文献：

- [1] 梁欣立. 北京古桥[M]. 北京：北京图书馆出版社，2007.
- [2] 昌平区地名志编辑委员会. 昌平区地名志[M]. 北京：北京出版社，1997