

“十二五”国家重点图书出版规划项目



国家出版基金项目
NATIONAL PUBLICATION FOUNDATION

秦顺全 总主编

中国桥梁技术史

第二卷 古代篇（下）

唐寰澄 唐 浩 编著



北京交通大学出版社
<http://www.bjtu.cn>

秦顺全 总主编

中国桥梁技术史

第二卷

古代篇(下)

唐寰澄 唐 浩 编著



北京交通大学出版社

内 容 简 介

本书深入系统地论述了自新石器时代至 19 世纪末 6000 余年中国桥梁技术发源、发展的历史命脉和进程,充分反映了中国古代劳动人民的无穷智慧和卓绝的创造力。作者唐寰澄一生除从事现代桥梁的设计和施工外,还致力于对古代桥梁的考察和研究,他踏遍大江南北,研读数百种历史文献,稽考古籍,博访周咨,精心筛选了近千座典型古桥,配发了 1500 余幅照片和手绘示意图,使内容图文并茂,引人入胜。

本书结构严谨,条理清晰,文字通顺,语言精练,是至今收集资料全面、研究论证深刻、学术价值较高的一部桥梁史书,可供科技史工作者、桥梁工程技术人员、大专院校师生及对桥梁技术史有兴趣的读者阅读参考,更是科技资料部门、图书馆值得收集和珍藏的宝贵资料。

北京市版权局著作权合同登记号 图字 01-2017-1760
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

中国桥梁技术史. 第 2 卷, 古代篇. 下 / 唐寰澄, 唐浩编著. — 北京: 北京交通大学出版社, 2017.12

ISBN 978-7-5121-2386-1

I. ①中… II. ①唐… ②唐… III. ①桥—建筑史—技术史—中国—古代
IV. ①U44-092

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 022301 号

中国桥梁技术史 第二卷 古代篇(下)

ZHONGGUO QIAOLIANG JISHUSHI DIERJUAN GUDAIPIAN (XIA)

策 划: 郑光信

责任编辑: 郝建芳 郑光信

助理编辑: 陈可亮

出版发行: 北京交通大学出版社

电话: 010-51686414

<http://www.bjtup.com.cn>

北京市海淀区高粱桥斜街 44 号

邮编: 100044

印 刷 者: 艺堂印刷(天津)有限公司

经 销: 全国新华书店

开 本: 185 mm × 260 mm

印张: 29.5

字数: 663 千字

版 次: 2017 年 12 月第 1 版

2017 年 12 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-5121-2386-1/U·290

定 价: 198.00 元

本书如有质量问题, 请向北京交通大学出版社质监组反映。对您的意见和批评, 我们表示欢迎和感谢。
投诉电话: 010-51686043, 51686008; 传真: 010-62225406; E-mail: press@bjtu.edu.cn。

目录

第二卷 古代篇（下）

第六章 圬工拱桥	459
第一节 概 述	460
一、天生桥说.....	460
二、土穴说.....	467
三、陶瓮说.....	467
四、叠涩演进说.....	468
五、折边演进说.....	469
第二节 早期石拱桥	471
一、汉飞梁、裸拱.....	471
二、汉、晋洛阳石桥.....	475
三、魏、后赵邺城石桥.....	478
第三节 折边石拱桥	479
一、三折边拱.....	480
二、五折边拱.....	491
三、七折边拱.....	496
第四节 曲线拱石拱桥	501
一、实腹拱.....	501
二、敞肩拱.....	506
三、多孔敞肩拱.....	534
四、南方薄拱.....	538
第五节 尖拱、蛋圆拱石拱桥	544
第六节 马蹄形拱石拱桥	561
第七节 门洞形拱石拱桥	573
第八节 椭圆形拱石拱桥	575
第九节 圆弧石拱桥	584
一、单孔圆弧形石拱桥.....	585
二、双孔圆弧形石拱桥.....	646



三、三孔圆弧形石拱桥	653
四、四孔圆弧形石拱桥	673
五、五孔圆弧形石拱桥	675
六、六孔圆弧形石拱桥	688
七、七孔圆弧形石拱桥	688
八、八孔圆弧形石拱桥	700
九、九孔圆弧形石拱桥	703
十、十孔及十孔以上圆弧形拱桥	711
第十节 石拱桥展望	729
一、石拱桥的缺点	730
二、石拱桥的优点	730
第七章 竹木拱桥	732
第一节 概 述	733
第二节 竹拱桥	733
一、上承竹拱桥	734
二、中承竹拱桥	735
第三节 木拱桥	735
一、弓弓桥	736
二、撑架拱桥	737
三、贯木拱桥	746
第四节 竹木拱桥展望	772
第八章 特色桥梁	773
第一节 概 述	774
第二节 特色桥梁分类	774
一、闸桥	775
二、水关桥	780
三、十字形梁桥	784
四、Y字形梁桥	785
五、吊桥	786
六、桥上桥	788
七、渠桥	793

八、多坡顶石拱桥	794
九、全圆拱桥	797
第三节 拱梁结合石桥	798
第九章 桥梁艺术	805
第一节 概 述	806
第二节 桥梁艺术理论基础	806
一、和谐	806
二、和同	807
三、太和	807
四、韵律	808
第三节 桥梁主体和环境	808
一、主体造型	808
二、群体造型	811
三、环境协调	812
第四节 桥梁装饰	813
一、桥梁出入口	814
二、桥屋及塔	817
三、栏杆	824
四、雕塑	832
第十章 古代桥梁施工技术	860
第一节 材 料	861
一、木	861
二、石	862
三、铁	864
第二节 施工技术的影响	866
一、施工技术与桥址选择	866
二、施工技术与桥式选择	867
三、施工技术与施工组织	868
第三节 墩台基础施工技术	869
一、墩台基础类型	869
二、墩台基础施工	871



三、砌筑墩柱桥台	876
四、桥梁基础损害	879
第四节 梁桥施工技术	881
一、简支木梁施工	881
二、木伸臂梁施工	883
三、石梁施工	884
第五节 拱桥施工技术	886
一、石拱桥的结构	886
二、石(砖)拱桥类型及砌筑方法	896
三、石拱桥的施工工序	898
四、木拱施工	904
五、石拱桥的勘察与修复实例(以河北赵县永通桥的修复为例)	905
第六节 索桥施工技术	911
一、索桥的施工时间	911
二、索桥的施工步骤	911
三、索桥的保养	915
第七节 浮桥施工技术	916
一、浮桥的施工时间	916
二、浮桥的施工步骤	917
三、潮汐浮桥施工	920
四、浮桥的保养	922



第一节 概述

拱桥是中国古桥中遍及全国的一种桥式。

拱字的意义,不是从拱桥的构造,而是以拱桥的形象从其他事物中假借而来。

《说文》:拱,“敛手也”。抱拳敛手谓之拱。

环绕合执、隆起弯曲都称为拱。《徐霞客游记》以巩作拱。《说文》:巩“以韦(皮带)束也。《易》曰:‘巩用黄牛之革’”。便是以环绕合执的形象,因巩借作拱。

中外桥史学者都曾探索拱的起源。然而觉得事涉渺茫。毕竟何时何地第一次出现拱是说不清楚亦不必深究,可是总放不下这一问题。探本求源,大致有如下五种可能。

一、天生桥说

人类一切称为创造的源泉都来自自然,这是真理。拱的结构得到天生拱的启发。

陆游《入蜀记》:“见天生桥在万县路中,一巨石跨溪而过,自然成桥,形如玉虹,青碧光莹。”《徐霞客游记》记哀牢山有:“天生桥,非桥也,即大落水洞透穴潜行,而路乃逾山陟之。”全国各地天生桥多不胜数,形形色色,形成奇景。

1. 重庆武隆天生桥

武隆天生桥,位于武隆城区东南 20 公里的白果乡和核桃乡交界处,在乌江北岸,横跨洋水河大峡谷之上。在不到 1 公里的距离之内,有三座天生桥——天龙桥、青龙桥、黑龙桥。其中,青龙桥(图 6-1-1),高 281 米,厚 168 米,平均拱高 103 米,拱孔跨 13~58 米,桥面宽 124 米。天龙桥(图 6-1-2),高 235 米,桥厚 150 米,平均拱高 96 米,拱孔跨 20~75 米,桥面宽 147 米。



图 6-1-1 重庆武隆青龙桥



图 6-1-2 重庆武隆天龙桥

第六章 圯工拱桥





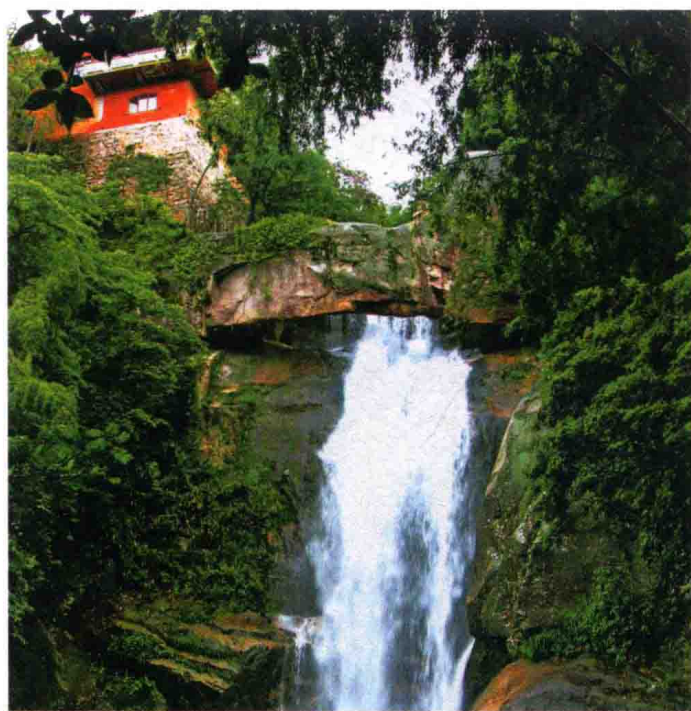
4. 浙江天台山天生石梁桥

水成岩天生桥最著者乃浙江天台山石梁(图6-1-5)。晋·孙兴公《游天台山赋》记石梁:“跨穹窿之悬磴,临万丈之绝冥,践莓苔之滑石,博壁立之翠屏。”注引《启蒙记》:“天台山石桥路迳不盈尺,长数十步,至滑,下临绝冥之涧。……莓苔即石桥之苔也。”石梁即以桥名。

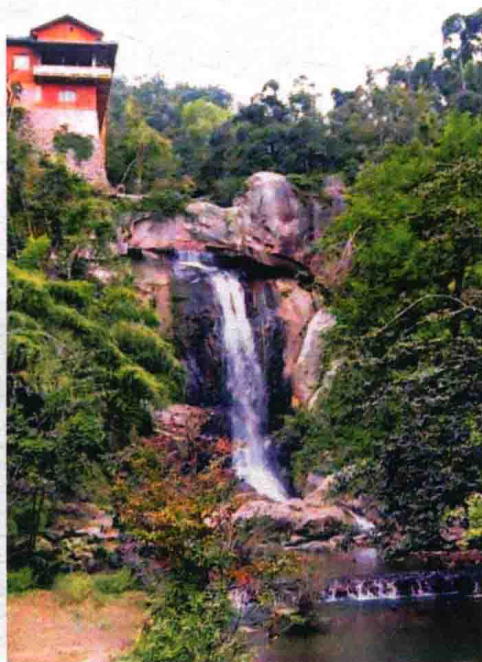
《徐霞客游记·游天台山日记》叙述明·万历四十一年(1613)癸丑四月初三:“下至下方广,仰视石梁飞瀑。……初四……循仙筏上昙花亭,石梁即在亭外。梁阔尺余,长三丈,架两山坳间。两飞瀑从亭左来,至桥乃合流下坠,雷轰河隍、百丈不止。余从梁上行,下瞰深潭,毛骨俱悚。梁尽,即为大石所隔,不能达前山,乃还。”^①崇祯五年(1632)三月,再游天台山。“十六日,过上方广寺,抵昙花亭,观石梁奇丽,若初识者”。

天台山石桥介于梁拱之间,可称为“石梁”,因是一根天生的弯梁。亦可称为石拱,也算是一跨拱矢极薄的扁拱。

石梁全长6.0米,梁下有洞2.3米,桥背宽仅0.2~0.3米。桥下一挂飞瀑,落差达35.0米,浑然一体的天生桥,可以启发人们作涵空跨越的尝试,然而离用石块砌拱还有很长一段距离,造化天工,可望而不可即。



(a)



(b)

图6-1-5 浙江天台山天生石梁桥

夏祖照 惠赠

^① 于文江. 徐霞客游记: 卷一. 上海: 商务印书馆, 1923.

2. 安徽休宁齐云山天生桥

上下成蹊，岩侧摩崖题刻甚多，自古便为江南一景（图 6-1-3）。

3. 江西贵溪天生桥

该桥系红砂岩质，浑然石拱（图 6-1-4），上为坦途，履之如桥。

《徐霞客游记·江右游日记》记江西贵溪：“将至贵溪城，忽见溪南一桥门架空，以为城门与卷梁（拱桥）皆无此高跨之理，执途人而问之，知为仙人桥，乃石架两山间，非砖



图 6-1-3 安徽休宁齐云山天生桥 吴礼冠 惠赠

砌所成也。大异之。”后到江西宜黄狮子岩游“石巩寺”。“寺北有矗崖立溪上，半自山顶平剖而下，其南突兀之峰犹多，与之对峙为门，而石蛰之岭正中悬其间……是峰东西横跨，若飞梁天半，较贵溪之石桥，高与大俱倍之。”这种落石横搁在两崖之间，或嵌入两崖之口，左右横推，正起拱的作用。石砌拱桥，是不是仿此而作？



图 6-1-4 江西贵溪天生桥



高 35 米, 宽 40 米, 桥身厚达 10 米 (图 6-1-9)。



图 6-1-9 广西柳州香桥

吴礼冠 惠赠

9. 广东韶关丹霞山通泰桥

位于广东省韶关市丹霞山阳元石风景区。属于天生桥。在侵蚀性岩石中, 陡崖坡的岩块内, 往往有一些平行崖壁的节理, 坡上水流沿节理渗入岩石内, 使节理外侧下部的岩石被侵蚀、溶蚀形成穿洞, 再经崩塌、风化, 穿洞扩大, 节理外侧上部的岩层悬空形成石拱。通泰桥石拱长 50 米, 跨度 38 米, 拱高 15 米, 桥面宽 6~8 米, 桥面最薄处 3 米 (图 6-1-10)。



图 6-1-10 广东韶关丹霞山通泰桥

5. 贵州黎平天生桥

该桥位于黎平县城德凤镇东北 16 公里处。桥全长 256.00 米，主拱横跨福禄江上，跨度 138.40 米，桥宽 118.00 米，拱高至水面 36.64 米，拱顶岩层厚 40.00 米；附拱拱跨 78.00 米，高 28.00 米，宽 119.00 米。仅主拱跨度就远大于之前世界吉尼斯纪录美国犹他州天生桥雷思博桥（跨度 88 米，高 30 米），黎平天生桥在 2001 年 1 月 15 日正式获得吉尼斯世界之最证书（图 6-1-6）。



图 6-1-6 贵州黎平天生桥 黎平旅游局 惠赠

6. 贵州水城天生桥

该桥位于六盘水市水城金盆乡苗族彝族乡的干河地域，与赫章、纳雍两县毗邻。天生桥高 136 米，是世界上最高的公路天生桥之一，桥面宽 35 米，横顶厚度 15 米，桥基跨度 50~60 米，是河道洞穴坍塌后残留洞段，是一种典型的喀斯特地貌奇观（图 6-1-7）。



图 6-1-7 贵州水城天生桥 吕广阳、高碧原 惠赠

7. 广西江洲仙人桥

该桥位于广西凤山县江洲瑶族乡凤平村。桥高、宽、长各 100 多米，公路通过“桥”下，直达江洲、相圩（图 6-1-8）。



图 6-1-8 广西江洲仙人桥

8. 广西柳州香桥

该桥位于柳州鹿寨县中渡镇，距离柳州市区 72 公里。香桥是一座巨大的天然石桥，横卧在峡谷两侧的高山之巅，“桥洞”



11. 山东潍坊仙人桥

该桥位于潍坊青州杨集乡洞顶村西,北峰山陡崖下有一天然石洞,名为昭阳洞,相传因昭阳太子(明·嘉靖帝)寓此而得名。昭阳洞南有深涧,涧上有拱石连接南北,名为升仙桥,又称为下天桥,俗称仙人桥(图 6-1-12)。

12. 陕西西安圭峰山天生桥

西安圭峰山下乌桑峪中有一座花岗岩天生桥,又名遇仙桥。

其地质构造奇特,是间歇性流水冲刷的结果。桥海拔 1 100 米,长 50 米,净跨 38 米,高 25 米,底座宽 21 米,厚 2 米左右,单孔,呈弧形(图 6-1-13)。



图 6-1-12 山东潍坊仙人桥

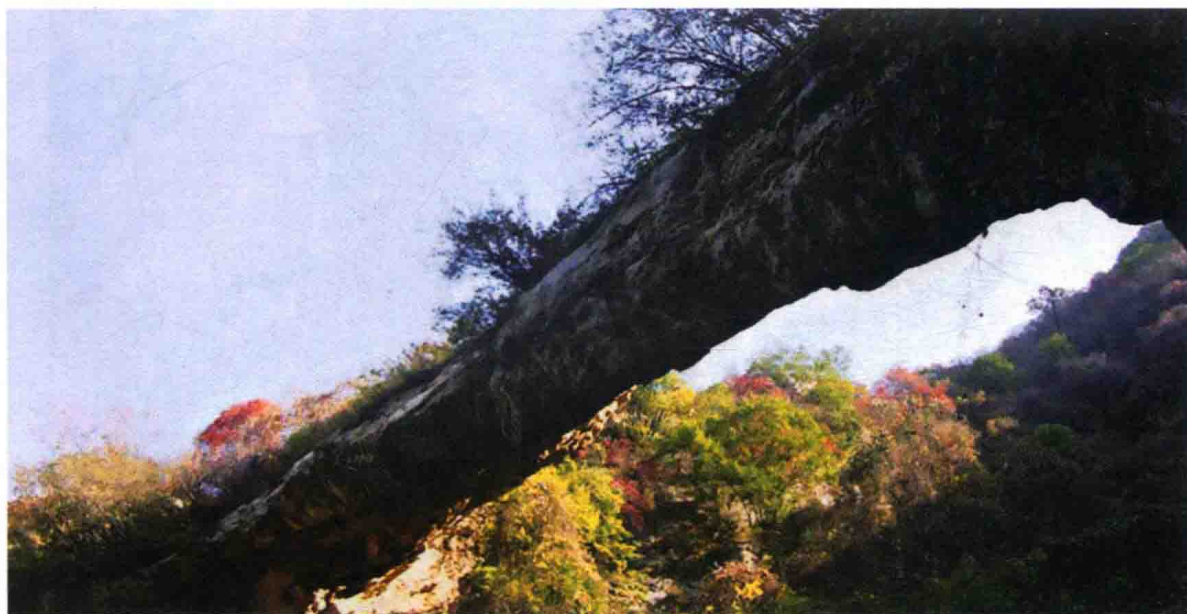


图 6-1-13 陕西西安圭峰山天生桥

10. 湖南张家界仙人桥

该桥长 26.0 米，宽 1.6 米，厚 1.0 米，高 67.0 米，飞架在两处悬崖绝壁之间（图 6-1-11）。

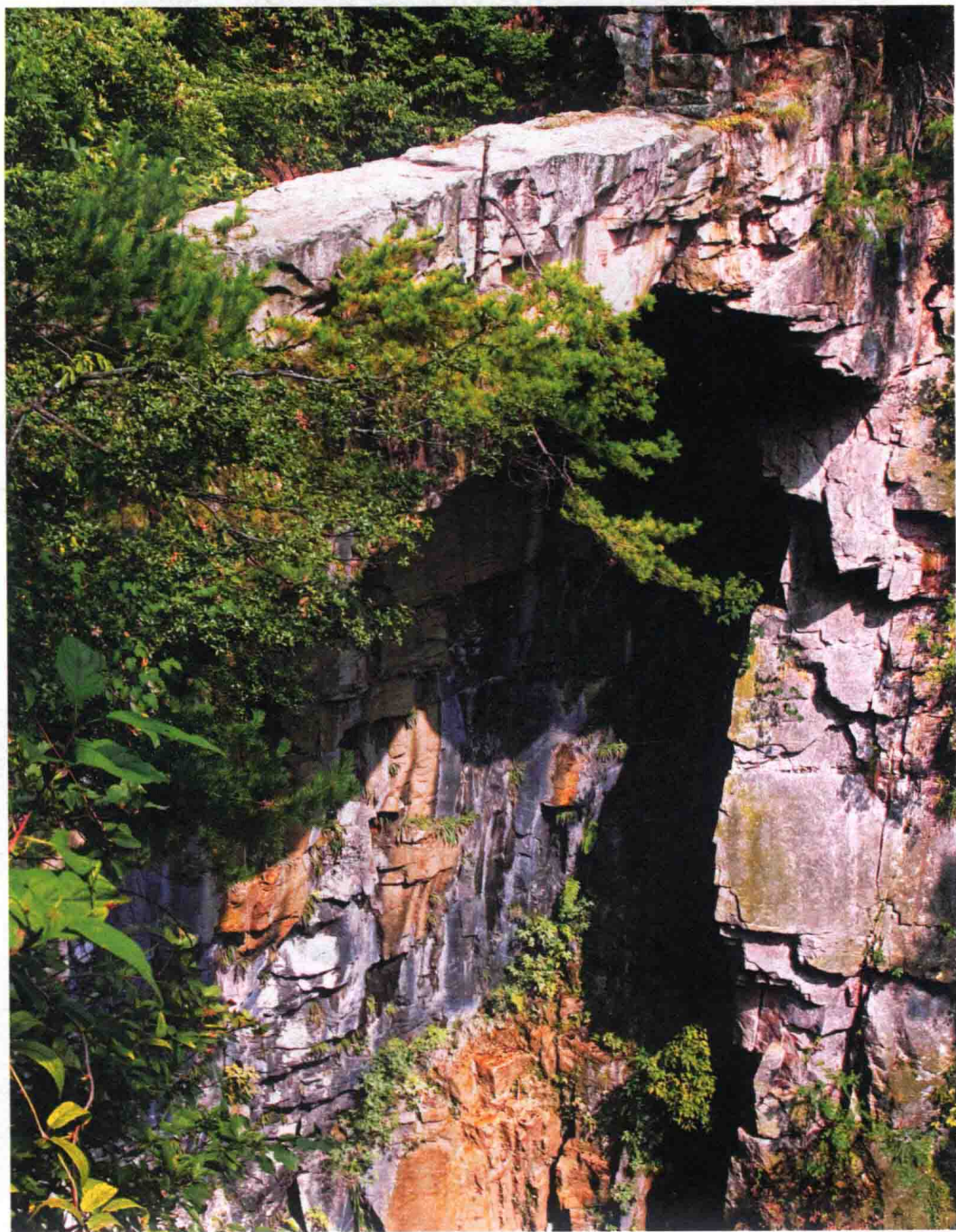


图 6-1-11 湖南张家界仙人桥

吴礼冠 惠赠



《礼记·儒行》中却有这样的记载。记穷苦的学者“蓬户瓮牖(窗)”以陶管或无底破坛子、砌在土壁之中作为窗户,这也许就是当年新石器时代的原始格局。现今潮汕地区,仍能见到用数根圆形陶管砌在墙中,作窗或通气孔的房屋。^①中国石拱桥建造,砌拱一项,仍称“卷瓮”,或“骈瓮”,而《营造法式》称石拱为“舆窗”。新石器时代墓葬,儿童都用瓮葬。瓮竖立土坑中,上盖石块、陶盆或陶片。1954年山东辽阳发掘出数量达348座儿童陶棺,^②长者120厘米,短者30厘米,分别用二到五节不同的陶器,如锅、甑、盆、罐、钵、甗、壶、奁等套接而成,横埋在土中。时间约在拱发展初期的西汉初中期。陶瓮内存水、酒、粮食,瓮壁可以抗拉;埋于土内,瓮壁起拱的作用,可以抗压。环绕合拢不就是拱吗?

后代用陶器作为建筑材料,先是半规瓦,后为空心砖、小砖……从瓮出发发现了拱的作用,然后用砖石“卷瓮”“骈瓮”以造“舆窗”,这也是一种有趣的逻辑进程。

四、叠涩演进说

自从用比较整齐的砖或石块砌墙,其门窗留孔,有用左右挑出檐石,上搁木板或石梁的做法。多层的叠石,层层挑出,左右相接,在中国称为“叠涩”,国外称“假拱”。国外对石拱的起源,大部分主张由“天生桥”得到启发,和在古希腊建筑及埃及金字塔内发现的“假拱”演变而来的学说。然而叠涩不是拱,不产生拱的推力。叠涩和拱结构现今仍并存在中国古今建筑和桥梁结构领域。梁桥一章里我们列举了不少实例。

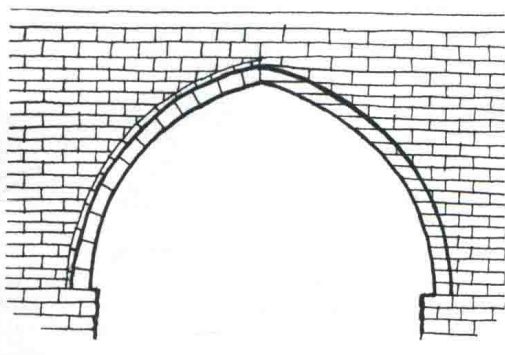
湖北秭归与巴东两县交界处的溪河上,清·乾隆年间建造的寅兵桥,为单孔尖拱。桥由两县各建一端,因此选料和构筑工艺不尽相同。尤其是此桥桥孔中心分界两端的结构完全不一样。秭归一端,采用传统的拱券带眉石结构,而巴东一端,不设拱券,用逐层向桥孔中挑出的叠涩方式,东西合拢成为整体,桥洞自形成完整的拱形。秭归拱顶横推力作用于巴东叠涩墙上。巴东半“拱”不产生推力,其倾倒的趋势为秭归半拱推力所顶住。此为古桥中斗胜的奇构(图6-1-16)。



(a) 秭归端拱券



(b) 桥面



(c) 半拱半叠涩示意图

图6-1-16 湖北秭归寅兵桥

① 至今非洲尼日利亚民居仍有开窗洞的圆土茅屋极似半坡。

② 陈大为. 辽阳三道壕儿童瓮棺墓群发掘简报. 考古通讯, 1956(2): 54-69.

二、土穴说

《易·系辞下》称：“上古穴居而野处，后世圣人易之以宫室，上栋下宇，以待风雨。”《礼记·礼运》亦说：“昔者先王未有宫室，冬则居营窟，夏则居橧巢，……饮其血，茹其毛，未有麻丝。”今天发现原始社会，如北京周口店、山西垣曲、广东韶关、湖北长阳等旧石器时代的“山顶洞人”就是居住在天然的山洞之中。

新石器时代已经有了浅穴（竖穴）上盖木架、茅顶，糊以草泥的浅穴居和宫室的结合。但是在黄土高原地区，迄今为止，仍以窑洞为主要的居处。黄土窑洞乃是筒拱建筑，靠自然土的拱作用，稳定而不坍落。只是在窑洞洞口避免雨水流淌而护以砖拱。砖拱当然是后世的产物。

在土壤条件合适的地方，如戈壁滩、黄土高原等地区，还能挖到土穴墓葬。土穴墓始自战国。^① 洛阳金谷园东汉墓（约公元110年）的一个耳室为土穴。新疆吐鲁番阿斯塔那（汉意首府）高昌时代土穴墓（图6-1-14，时在公元384年）。这种攒尖（覆斗）和穹隆（覆孟）式的土穴，已是对立体拱作用的充分认识。

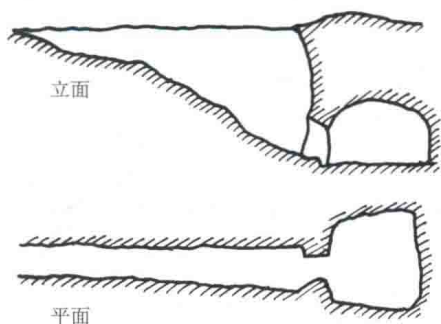


图 6-1-14 新疆吐鲁番墓穴

世界伟大建筑中国长城，起自战国，历秦汉，完善于明。从长城上，我们应该可以看到拱发展的痕迹。遗憾的是，秦汉及以前的长城，仅存遗迹，所能见到的是长城的片断残垣，或孤立的烽火台，已看不到城门、敌楼等建筑。今日的砖石城墙和城、堡、障、墩等附属建筑，虽有很多砖石拱门或射窗孔，大都是明代的建筑。在丝绸之路上汉长城的烽火台，可以见到崩成尖拱形的土城门洞，是不是为西汉时的原型，已难查究。西汉和东汉之间已有砖拱出现，土穴未始不是砖拱穴的前身。

今日陇东地区黄土高原，长久被雨水侵蚀而为梁为沟。深沟之间有时造土桥。土桥实乃陡壁土堤，堤上通道。堤下有土洞通过沟底之水。堤为主而桥孔少，但仍以土桥为名。详见特色桥梁一章。

三、陶瓮说

陶器的发明很早，离今五六千年以前的新石器时代已有了陶盆、瓶、罐、鬲、瓮等日用陶器。陶器一般都是制作成圆形，已利用了简单的旋转工具。在发掘出的西安半坡村新石器时代遗址中，房屋建筑用木构、草顶、泥墙。遗址仅存房基和柱孔，上部的构造，包括门窗的做法是推想而得（图6-1-15）。

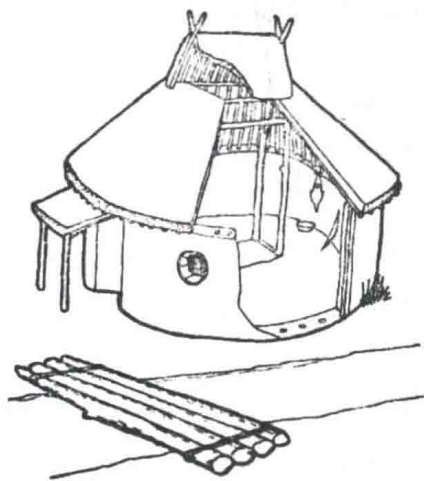


图 6-1-15 西安半坡村新石器时代民居（想象图）

^① 王仲殊. 墓葬略说. 考古通讯, 1955 (1): 56-70.