

拱桥千秋

郭临义 著



人民交通出版社

拱 桥 千 秋

郭临义 著

人 民 交 通 出 版 社

图书在版编目(CIP)数据

拱桥千秋/郭临义编. -北京:人民交通出版社,1998.4

ISBN 7-114-03002-9

I. 拱… II. 郭… III. 拱桥-普及读物 IV. U448.22

中国版本图书馆 CIP 数据核字(98)第 10394 号

Gongqiao Qianqiu

拱 桥 千 秋

郭临义 著

版式设计:刘晓方 责任校对:王静红

人民交通出版社出版发行

(100013 北京和平里东街 10 号)

各地新华书店经销

北京牛山世兴印刷厂印刷

开本:850×1168 $\frac{1}{32}$ 印张:5.25 字数:130 千

1998 年 9 月 第 1 版

1998 年 9 月 第 1 版 第 1 次印刷

印数:0001—1000 册 定价:14.00 元

ISBN 7-114-03002-9

U · 02153

内 容 提 要

本书说古道今,溯源考证,谈拱、论桥、说拱结构,集故事、神话和传说于古拱、古拱桥的涉渡过障的漫长历程。通过对古今拱桥的结构名称、各部构件的基本功能和各种施工方法的介绍,可使读者掌握各类拱桥的一些基本知识。

书中刊载有我国古代拱桥的许多珍贵照片和各类型拱桥的结构图示,图文并茂,是一部集技术性、趣味性、知识性和可读性于一书的科学普及读物。

序

在桥梁教育事业和拱桥理论与实践方面,我和郭临义同志已是多年的老搭档了。他于1958年就读于西安公路交通大学(原西安公路学院)桥隧专业,毕业后留校任教至今,我则于同年来校执教,迄今已四十个春秋。我们既是师生,又是同事,在同一个园圃里,种花抚苗,培育桃李。在长期的教学、生产、科研所取得的成绩中,洒有我们的共同血汗,尤其拱桥理论与实践中的些许成就,更是彼此难分,相得益彰。基于这一原因,人民交通出版社与我商谈组织编撰桥梁科普系列丛书时,我的第一反应就是推荐郭临义同志先拿出拱桥部分试稿,出版社吴德心副总编也欣然同意。郭临义同志忙里抽闲,搜集翻阅大量资料,整理编纂,于1996年初赶写出初稿。经广泛征求意见,数易其稿,终成《拱桥千秋》一书。

书中从古到今,从设计到施工,从结构构造到建筑艺术,均作了深入浅出的阐释,图文并茂又兼收神话、故事与传说,融可读性、通俗性、技术性与趣味性于一体。为使非专业人员(科普读物最主要最广泛的服务对象)更好地理解拱桥的结构形式、构造特点与承载受力原理,书内专辟章节,对技术标准、规范要求、工程识图与构件受力等基本概念。作了知识性的介绍。

在上下五千年的文明史中,我们的祖先在桥梁建设方面创造了惊人的奇迹。我们的着眼点在桥的功能上,至于它的起源和发展历程,作一些仁者见仁智者见智的介绍是一件具有启迪性的有趣的事,然若详细推敲拱桥的正式产生年代却非易事,尚须考古学家来完成。据现有文字记载和实物佐证,最早的拱形结构已有约三千年的历史。我国拱桥始建于东汉中期,历时约一千八百余年。

我国建造拱桥的历史虽比古罗马稍晚,但却独具一格,形式之

多、造型之美，世界少有。开敞肩拱先河的河北赵州桥“奇巧固护，甲于天下”，“制造奇特，人不知其所以为”；长达 320m 的苏州宝带桥，53 孔联拱却是薄墩结构，当推世界之首创，朝拜清乾隆的英使乌戛尔尼深叹“奇观也”，英国摆劳在他的《中国旅行记》中更称此桥为“不可思议之建筑物”；卢沟桥五百狮兽千姿百态，栩栩如生，意大利旅行家马可·波罗称它是“世界上最好的独一无二的桥”，是“各处桥梁之美鲜有及之者”；近年考古发现较赵州桥早 15 年的西安古灞河联拱桥长 400m，“溶溶玄灞兮，经秦川之有余，袅袅虹桥兮，代舟之厥初，飞梁默以霞起，彩柱晔其星舒”，何等宏伟壮观又绚丽多彩。

清末以来，我们在桥梁建设方面曾一度落伍，但是“一唱雄鸡天下白”，新中国成立后，特别是改革开放以来，我们继承先人光荣传统，学习国外先进经验，使神州大地的桥梁建设又有诸多建树。我们不仅挤入现代世界桥梁之林，而且拱桥（斜拉桥）已全方位地步入世界先进行列，或荣登世界桥跨之冠的宝座。

拱桥以其固有的自然美、静态美、动态美和龟寿千年的耐久性，宜小宜大宜直宜曲宜幽宜壮宜静宜动以及支承条件等的灵活性与适应性，正以无穷的魅力吸引人们为之奋斗和创新。书中有关这一方面和国内外古今建造拱桥的成就，以典型桥例代表性地展现出来，对读者应当有所激励和鼓舞。在世界经济长足发展的浪潮冲击下，国人自当奋起，以中以今为体，以洋以古为用，在桥梁建设上谱写出更加灿烂的新篇章，为我国两个文明建设的高度升华助一臂之力，并使人们从中得到美的享受，正如作者撰写镌刻的一副楹联那样：“车附柳荫随路去，人伴月影依桥来”。

桥在国计民生中占有何等重要的位置啊！这也是我推荐《拱桥千秋》的一个重要动机。

是为序。

陈祥宝

丁丑金秋于上海

前 言

科学技术是第一生产力,是推动人类社会前进的最大原动力,它可以调动和焕发国人的潜在能力,提高全民族的科技文化素质,使众多的人掌握新技术并在各个领域去发挥其巨大的作用。因而科技普及工作已是当务之急。

我是桥梁战线的一名普通工作人员,能为科技普及做点什么呢?写点桥梁方面的科普文章,介绍桥梁科技知识给读者并企盼广为宣传,以尽微薄之力。夙愿已久,只因忙于教学工作和考虑个人写作能力有限,迟迟未敢握笔。幸得人民交通出版社约稿和陈祥宝、吴德心等老师鼓励,遂鼓足勇气,仓促上阵,草就《拱桥千秋》八章,送出版社审核定夺。

第一章介绍拱形结构的起源,从天然拱到人造拱,从拱形结构到拱桥诞生的过程,从中可以看出华夏拱式建筑和拱桥历史的源远流长。第二章以著名古桥的典型实例,展示华夏古代拱桥的伟大成就,以使读者了解拱桥的结构构造的基本情况,第三、四两章介绍拱桥的种类及其有关构造、组成与名称。桥的主要功能是提供通行,因而要承受各种力的作用,即所谓的承受荷载,简称承载或受力。在这一点上,拱桥和其它桥梁有着截然不同的受力情况,其原理在第五章中简要介绍。第三、四、五章内容对非专业人员来讲显得有些枯燥,但细加品味却对有关人员增加科学普及知识大有裨益。

桥梁不仅具有使用价值,而且具有观赏价值,对物质文明和精神文明建设都有很大影响,因此特辟第六章,从美学观点介绍拱桥的自然景观。拱桥的使用价值和观赏价值乃是拱桥设计者巧思构思的奉献,也是建造者巧夺天工的佳作。通过第七章“鬼斧神工架

彩虹”的简要叙述,也许能使人们确信:人力可胜天工!当然,本章对全篇的理解也是有所帮助的。

随着历史车轮的飞转,拱桥也在不断地向前发展,其当代风貌简介于第八章。人类文明是全人类所共同缔造的,在拱桥建设上,各国和各民族都有自己的贡献,各有特色,各有千秋,只是全书着眼点放在神州大地,又因篇幅所限,仅在书末述及国外拱桥概略,归入第八章。

拱桥,环球尽风华,它是桥林中一片森森苍劲的松柏,也是桥文化花丛中一簇艳丽的奇葩,我们既要歇憩漫步或乘车飞驰其上,也要精心地栽植培育,创造和发展它,这是改革开放的需要,发展的需要,交通发展的需要,也是两个文明建设的需要。桥兴国安泰,时势不我待;飞车跨世纪,放眼看未来!让我们群策群力,以“一万年太久,只争朝夕”的精神,为祖国的公路交通和桥梁建设事业献策献力吧!

本书编写过程中,承蒙许多同志大力支持和帮助,特别是交通出版社同志给以约稿信任,李文臣编审给本书的框架结构与内涵安排等均作了详尽的指导,陈祥宝教授为本书作序,毛应生、金泰丽等同志提供了部分资料,等等,笔者在此特向他们致以衷心地感谢!

笔者知识有限,常习于工科而疏于文学素养,加之艺术细胞奇缺,何谈科而又普?!仅以此书抛砖引玉,错误疏漏之处,恳请读者不吝批评指正。

郭临义

一九九七年十月于西安

目 录

前言.....	1
第一章 源远流长探拱源.....	1
一、拱桥梁桥孰为先	1
二、冰棱拱桥往来行	3
三、天生石拱处处有	5
四、穴居不独是岩洞	6
五、儒有蓬户及瓮牖	7
六、汉墓砖拱日臻善	8
七、梁、板与拱本无别	9
八、东汉建成石拱桥	11
第二章 独领风骚千百年	13
一、敞肩圆弧赵州桥	13
二、扁拱薄墩天渡桥	15
三、百狮雄风卢沟桥	16
四、飞檐高竿亭上桥	18
五、蒲桥联拱开先河	18
第三章 拱桥种类何其多	21
一、钢、木、圻工建拱桥	21
二、矢跨比分坦、陡拱	23
三、跨径、桥长分大小	25
四、拱轴曲线形状多	27
五、车道位置上中下	34
六、拱圈截面有类别	36
七、拱上建筑空与实	39

八、三铰、两铰、无铰拱	40
九、平拱坡拱、弯、斜拱	42
十、单孔、双孔、联拱桥	45
第四章 构造、组成与名称	48
一、影子、投影与视图	48
二、剖面图与断面图	51
三、拱桥基本之组成	54
四、主要尺寸与术语	56
五、建筑限界与桥宽	58
六、主拱构造与形式	62
七、拱上建筑之构造	71
八、桁架拱与刚架拱	77
第五章 承载原理够奇特	83
一、力与力之三要素	83
二、力矩、力偶、力偶矩	86
三、内力、外力及平衡	88
四、人字架与“三石拱”	90
五、三折边到圆弧拱	92
六、系杆拱和桁架拱	96
第六章 拱桥特具自然美	99
一、既类穹庐也苍穹	99
二、色泽质感特自然	101
三、拱桥固有曲线美	102
四、宜大宜小宜直曲	103
五、添彩添色添景观	105
六、映山映水映云天	106
七、入诗入画入照图	107
八、似飘似舞似飞天	108
第七章 鬼斧神工架彩虹	110
一、支架施工多稳健	110

二、天车架桥尤惊险	116
三、悬臂施工遙相望	120
四、劲性骨架够奇特	125
五、转体施工更新颖	128
第八章 拱桥魅力永风华	135
一、华夏特色看拱桥	135
二、拱桥适应性极强	136
三、造型灵活又多样	137
四、养护维修皆方便	139
五、路桥刚柔相济美	139
六、桥路连接也顺适	140
七、支承条件不苛刻	142
八、拱桥环球尽风华	143

第一章 源远流长探拱源

一、拱桥梁桥孰为先

路是人走出来的,狭义而论,是供人们生产、生活而行走的。广义言之,车有车路,兽有兽路,人有人路。由此看来,路是伴随人们的生产、生活而逐渐形成的。

那么桥呢?那是因路中断,人们要跨越或通过这种障碍,达于彼岸,才去想方设法涉渡或掏挖。首先,人们受到了种种自然现象的启发:其一,树因风力刮倒或水流淘空根部而倒,卧于沟渠之上,提供行人跨沟越渠之便,这大概就是最早的“梁桥”(图 1-1)。其二,天然洞穴,自成拱状(图 1-2)。其三,山石震落河道,水流冲之中空,遂成乱石堆拱(图 1-3),这可能就是石砌拱桥的雏型吧!

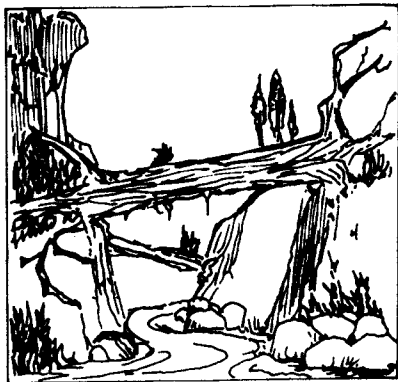


图 1-1 梁“树”桥

我们又要问,梁桥出现早还是拱桥出现在先呢?这个问题很难一下子说个明白,犹如先有公鸡还是先有母鸡一样的难答。试想,先有树倒沟渠之上,还是先有山崩石落又渐为流水冲之中空。人们是先穴居于洞以栖身,还是先跨梁(树)越沟以追猎。这,谁能说得清楚。



图 1-2 天然拱

不过,自有文字记载或有文物出土佐证以来,一般认为先有梁桥后有拱桥。但是,事物本身却是一个相互矛盾又相互依存的统一体,特别是当其成对出现时更是如此。

拱和梁作为桥,都是一个统一体。二者之主要区别,在于后者明显不一,前者则有相互过渡之共同特点。中国谓之

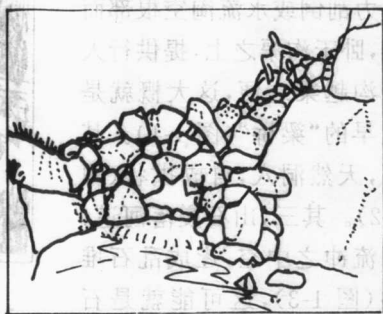


图 1-3 乱石堆拱

曰“叠涩”,而西方称之为“撑架拱”的“假拱”(图 1-4),就是似梁非梁似拱非拱而梁拱兼具的一种桥梁结构形式。叠涩梁是撑架拱,撑架拱却又确为梁。

退一步来说,即使是先有梁桥后有拱桥,拱桥也还是源远流流

长呢！

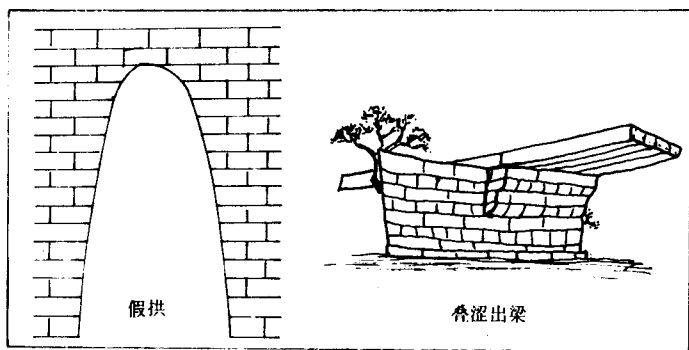


图 1-4 假拱与叠涩

二、冰棱拱桥往来行

《说岳全传》中所提到的金兀术冰冻渡黄河，是一个烱炙人口，家喻户晓的历史故事。其实河水结冰渡人，并非单指黄河。大凡寒温带陆地上的江河湖泊，冬季皆可结冰，且中间稍凸隆起而成拱状，当其达到足够厚度时，车马行人便可安然通行其上。这种冰棱“拱”能不给人以拱形结构的启发吗？不仅能，而且这启发也应该是在很早很早的远古时代。

谈起冰棱“拱桥”，还有不少故事与神话传说呢！且看老君造桥与“黑猪拱河”：

开天辟地的时候，天上有玉皇大帝，地上却无皇帝，人世间诸事全由老君治理。因此人们便把这个时期，叫做“老君治世”时代。

有一次，老君带着娘娘来到三门峡，见河宽流急，浪大阻人行走，惜民之心顿生，决意造桥。

老君造桥有两个忌讳，一怕日射为玉皇所见，二怕凡人识破天机。为不犯忌讳，他在河心造好三条桥腿后变做一只大黑猪，拱到河底去造桥面，当桥面造好翻转朝上而桥成时，玉皇想破坏也是无能为力了。老君娘娘是个凡人，住在山上，他怕娘娘给他送饭时天

机泄露，便在半山腰安设一鼓，并与娘娘约定：鼓声一响，送饭下山。谁知玉皇得知，十分恼怒，因怕黄河桥成与天宫之天桥相冲而于天庭不利，便急派风神下凡界，破坏老君造桥。

风神仔细打听得知，老君造桥最怕凡人看见，便施展法术，刮起一阵旋风，鼓从山腰滚下，“咚咚”作响，惊动娘娘急忙下山送饭。因尚未到吃饭时，老君还未上岸却听人喊，抬头一看，竟是娘娘送饭河边，心中十分恼火，急问看见什么？当听得娘娘“别无所见，仅有黑猪拱河”时，便叹息一声：“唉，天机被你识破，我前功尽弃了”！桥面翻不过来，只有三个桥腿象三座石岛立于河心，分谷为三门，这就是“三门峡”名称的由来。

说也奇怪，桥虽没建成，可自那以后，年年冬天三门峡都有冰棱搭桥，拱起如拱状，人车履行其上也不致塌陷。有人说，这是老君不甘失败，才想了这么个法子(图 1-5)。

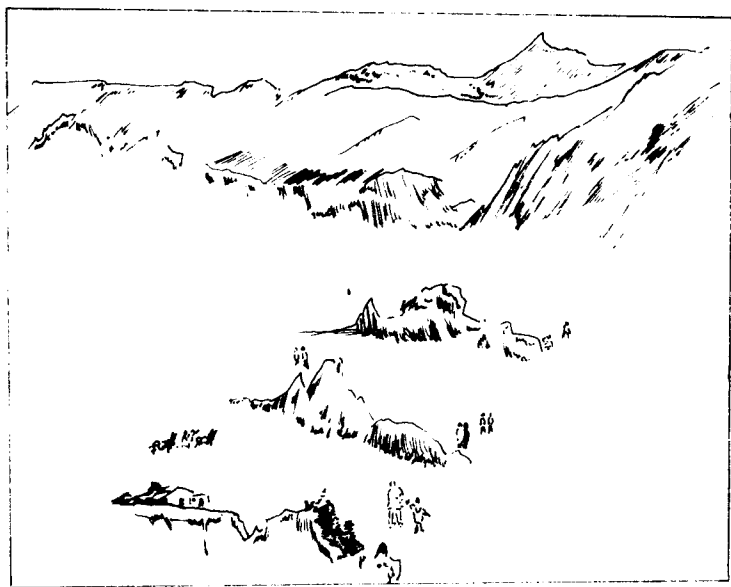


图 1-5 履冰三门峡

三、天生石拱处处有

大凡有关桥梁史的著作中,对于拱形结构的起源,一般都归结为自然界水力对岩石长期侵蚀所产生的天然石拱即溶洞。溶洞或曰山洞,多位于人烟稀少的山区,特别是深山丛林处。那里既有曲径通幽又有溪流潺潺,既有花香鸟语又有猿啼鹤鸣,既为探险家旅游寻迹探秘之所往,又为佛家面壁道家修炼之去处,可谓“洞天福地”、“蓬莱仙阁”。

溶洞就是天然的石拱,天生的石拱,国内处处可见,世界处处可觅。其中最著名的如法国的阿尔代什(Ardeche)省跨越阿尔代什河的天生拱,美国列克星敦(Lexington)天生拱,我国云南大理县的天生拱和贵州黎平县的天生拱等。其中黎平高屯天生拱为世界之最,跨径达 118.92m。

山石震落堆积谷中,下为流水冲去松动部分,使之中空而成拱状,也是一种天然拱或天生拱。因溶洞无明显石块堆叠垒砌之状,很难引起人们砌石筑拱的尝试,故而有人推断石砌拱是受乱石拱的启发而得。

要说天生溶洞是蓬莱仙阁,洞天福地,那么乱石拱处则可见琼浆玉液,世外桃园。古城西安八水环绕,夹于南北二山之间。南山峻岭中有一旅游胜地翠华山和南五台,不知多少亿万年前发生的一次山崩,不仅崩出一大片绚丽怪石、巍峨巨岩,而且崩飞出“冰洞”、“风洞”等奇景,还造就了一个堆石大坝,蓄贮了一池碧波泓水——风景秀丽迷人的“冰湫池”。岸上青山,树绿花红笑仙境;池中浅底,鸥鱼游翔傲长空。

冰湫池出水处那石堆大坝,则另有一番情趣。正是它,象宝带桥使两岸纤夫往来嬉戏那样,沟池两边游客行人可从坝上欢笑往来,悠然自得,尽情领略那天成自然的翠华风光,其中就有美妙的“小桥流水”。

湖水尚且幽静,石坝尚且安然,这桥从何出?水流何处?简直

不可思议。然而，当你小憩石坝之上，便会静听到那脚下深处有潺潺水声。原来这潺潺流水正是湖水缓缓泄出，通过坝下作涓涓溪流之状，暗溪涓流长年累月冲走了坝下之石块，遂显拱状。这乱石拱无疑与溶洞一样，同属天生石拱类族。观景者只知“小桥流水”迷人，细心者还能悟出乱石堆砌的拱形结构。

四、穴居不独是岩洞

洞穴不仅有天生石质的，也有天生土质的。天生石洞（溶洞）之顶部有凸顶之拱形，也有非拱形的平顶或凹顶，或平、凹、凸三者兼有。天生土洞则不然，其顶部只能是上凸的拱形。当土崖下部因外界震扰松动塌陷时，因“自然拱”原理，自然而然地在洞顶形成了如同拱圈一样的拱形结构（图 1-6），天生石拱却难见此状。



图 1-6 土崖自然拱

天生土拱并没有天生石拱那样长久，然而它的出现却不见得比天生石拱晚。脱离了猿类的人类先民们，在尚不会制造金属工具以前的漫长岁月里，恐怕是不会挖出个石洞来的，但要挖个土洞以藏身却是比较容易的。即使手刨也能刨出个土洞来。可见，作为人造的土质拱形结构，也许会比人造的石质拱形结构要早得多。

作者出生在关中平原，生活在黄土高原，这里的坑坑凹凹，坡