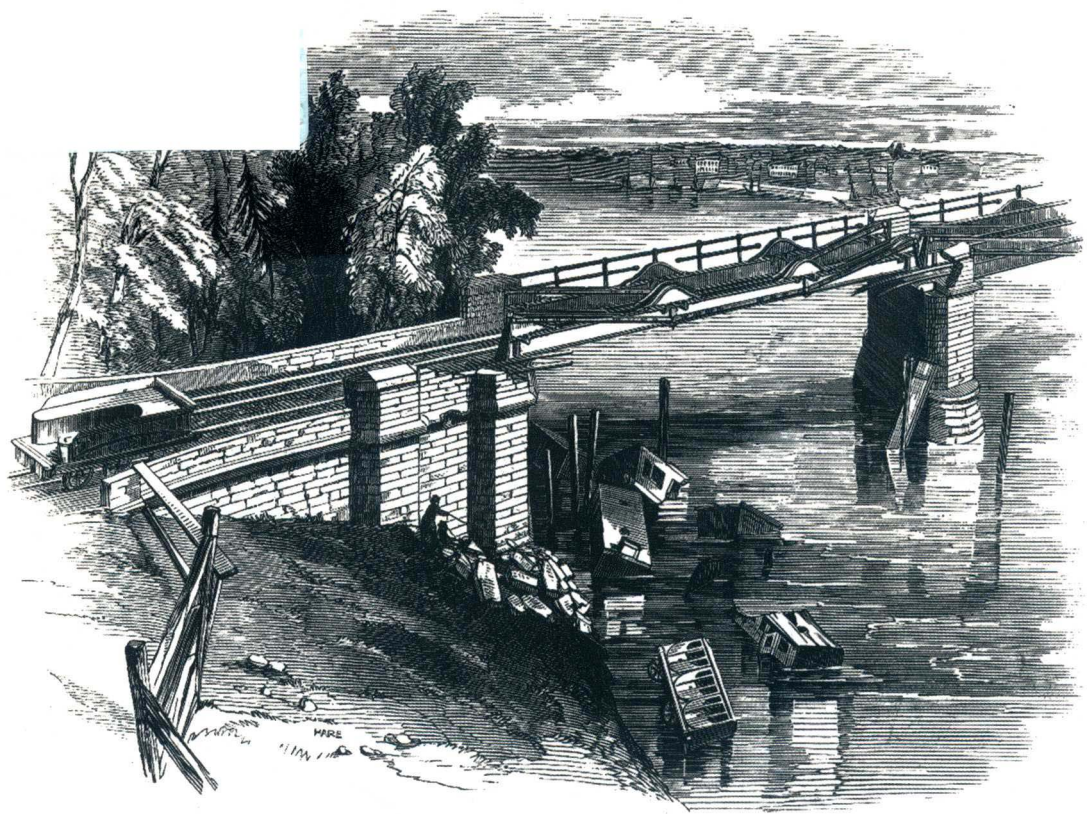
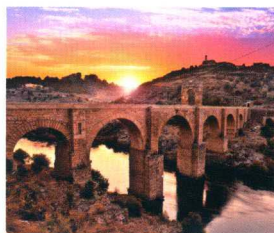




李亚东 著
Yadong
Qiaohua

五军桥话



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

五 車 橋 話

李亚东 著

Yadong
Qiaohua



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

内 容 提 要

本书围绕桥梁工程,结合社会、经济、交通等对桥梁工程的影响,以“中西融会,古今贯通”的思路,以“专业知识通俗化”的手法,分析介绍全球视野下的桥梁历史、桥式演变、桥梁设计、桥梁事故、桥梁文化、桥梁人物等。

本书选题广泛,图文并茂,内容丰富,通俗易懂,适于学习桥梁专业的学生、从事桥梁工程的科技人员以及喜欢桥梁建筑的大众读者阅读。

图书在版编目(CIP)数据

亚东桥话 / 李亚东著. — 北京 : 人民交通出版社股份有限公司, 2018. 11

ISBN 978-7-114-15112-5

I. ①亚… II. ①李… III. ①桥梁工程—普及读物
IV. ①U44-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 247466 号

书 名: 亚东桥话

著 作 者: 李亚东

责任编辑: 李 喆

责任校对: 宿秀英

责任印制: 张 凯

出版发行: 人民交通出版社股份有限公司

地 址: (100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街 3 号

网 址: <http://www.ccpres.com.cn>

销售电话: (010)59757973

总 经 销: 人民交通出版社股份有限公司发行部

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京市密东印刷有限公司

开 本: 787 × 1092 1/16

印 张: 21.75

字 数: 519 千

版 次: 2018 年 11 月 第 1 版

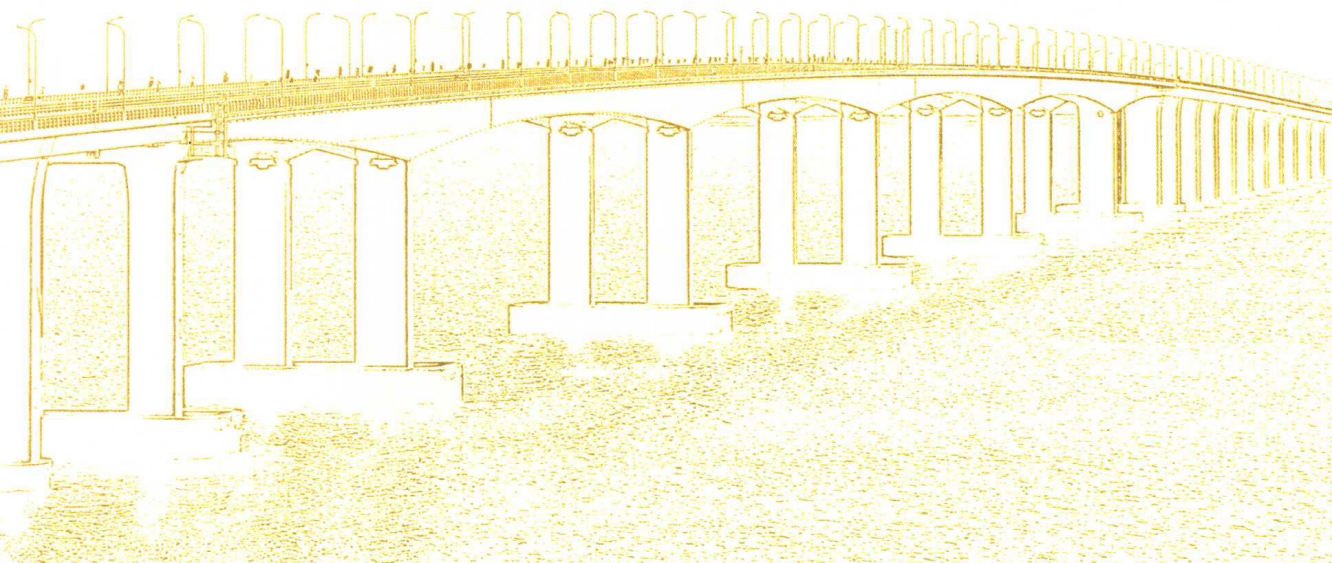
印 次: 2018 年 11 月 第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-15112-5

定 价: 115.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书由本公司负责调换)

谨以此书，纪念我国钢桥设计理论的奠基人、现代悬索桥的开拓者、桥梁工程教育的先行者、西南交通大学教授钱冬生先生（1918.12.23—2016.9.1）100周年诞辰。



序 Preface

从事桥梁工程的教学科研工作,一晃已近 35 年。多年的工作经历,使我对桥梁工程的理解愈加深切,积淀下些许个人感悟。

若用最简洁通俗的语言描述桥为何物,那就是:跨越障碍的通道。从工程角度看,桥梁是跨越障碍、连接线路的人造结构物;从社会角度看,桥梁还作为建筑实体长久地(通常百年)存在于人类生活之中。

桥梁是一类工程设施。所谓工程设施,就是指由若干构件组成、固定于地表、能安全地为人们提供各种服务功能的结构物。桥梁也是集社会财富建造的、服务于社会大众的一类特殊的公共产品。与其他土木建筑相比,桥梁同时具备的开放性(不封闭,随时可用)、公平性(无歧视,人人可用)、节点性(枢纽作用)和直观性(不隐匿,少修饰)特征最为突出。正是这些特征,决定了桥梁在人类生活中的重要地位,也激发出社会大众关注桥梁的热情。

由于桥梁的使用寿命长,这使得一部分桥梁成为表现建造年代工程科技水平的载体,也充当着社会、经济、文化发展的实物见证者。从这个角度看,桥梁的设计与建造,不宜只看作是单纯的科技问题和工程问题。

现代桥梁设计,是多因素约束条件下的总体优化。从工程角度看,要求桥梁安全(能抵抗地震、强风、车辆、人群等作用)、耐久(经久耐用,养护便捷)和适用(满足桥上桥下通行要求,过桥通畅);从社会角度看,还要求桥梁经济(造价适中,维护费用合理)、美观(满足社会审美的基本需求,与环境协调)和环保(对环境的负面影响可控)。设计师的任务,就是在工程需求和社会需求各因素的交互影响中,寻求合理的解决方案。

好的桥梁设计方案,不仅体现出设计师深厚的专业能力,而且还蕴含着设计师超凡的人文素养。一般而言,这样的能力和素养,来自于设计师的专业教育、终身学习和经年累月的工程

实践。不过,坦率地讲,我国目前的专业教育,更多地偏重于桥梁科技本身,忽略或弱化了工程与社会、技术与文化的内在关联。我们更关注的,是如何利用工程力学知识对桥梁结构进行力学分析,利用标准或规范进行设计、建造和养护维修。但是,我们对桥梁的发展历史,桥式的演变过程,社会、经济、交通等对桥梁工程的影响,以及文化、建筑、艺术等在桥梁上的表现,通常重视不够。

借助 2016 年开通的“西南交大桥梁”微信公众号平台,本人不揣谫陋,在“亚东桥话”栏目下,发表了多篇文章。这一平台旨在交流与桥梁有关的公益性知识、文化和信息,因此,本人也力图以“中西融会,古今贯通”的思路,以“专业知识通俗化”的手法,尽量采用浅显易懂的文字和图文并茂的方式,分析介绍全球视野下的桥史、桥式、桥梁事故、桥梁文化、桥梁人物等。

受人民交通出版社股份有限公司之邀,现将一部分文章重新订正,结集出版。本书不是系统介绍桥梁工程的专业技术书籍,而是本人对桥梁工程发展所思所想形成的随笔,或是对某一研究课题的讨论总结,或是对某一热点话题的梳理分析。这些文章单独成篇,但各篇之间又有一定关联。期望学习桥梁专业的学生、从事桥梁工程的科技人员以及喜欢桥梁建筑的大众读者,能借此有所收获。

本书选题较为广泛,各题材涉及的时间跨度大,信息也浩繁,且由于个人水平所限,书中谬误之处在所难免,敬请读者斧正。

是为序。



2018 年炎夏于西南交大东园

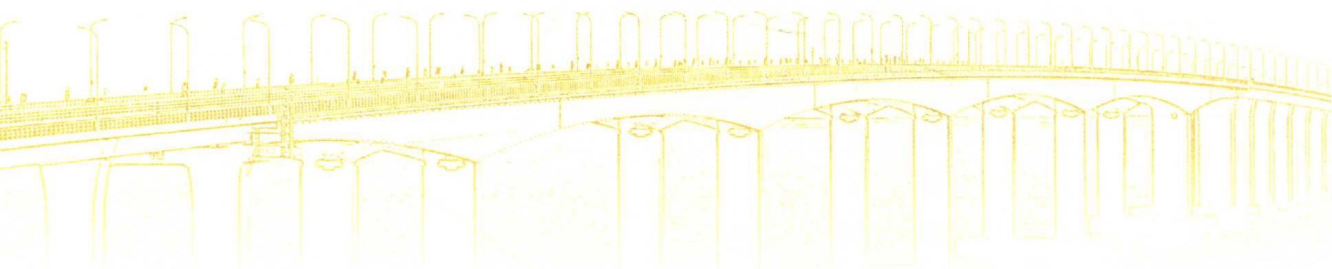
目 录

Contents

- 第 1 篇:梁桥回眸(上)/001
- 第 2 篇:梁桥回眸(中)/011
- 第 3 篇:梁桥回眸(下)/021
- 第 4 篇:拱桥起源辨析(上)/031
- 第 5 篇:拱桥起源辨析(下)/043
- 第 6 篇:悬索桥的前世今生(上)/055
- 第 7 篇:悬索桥的前世今生(下)/067
- 第 8 篇:斜拉桥探源/079
- 第 9 篇:古今中外开启桥/089

- 第 10 篇:千年风雨话廊桥(上)/099
- 第 11 篇:千年风雨话廊桥(下)/111
- 第 12 篇:悬臂梁桥的百年兴衰/125
- 第 13 篇:何谓 viaduct? /135
- 第 14 篇:漫谈跨谷桥/141
- 第 15 篇:网状吊杆拱桥/151

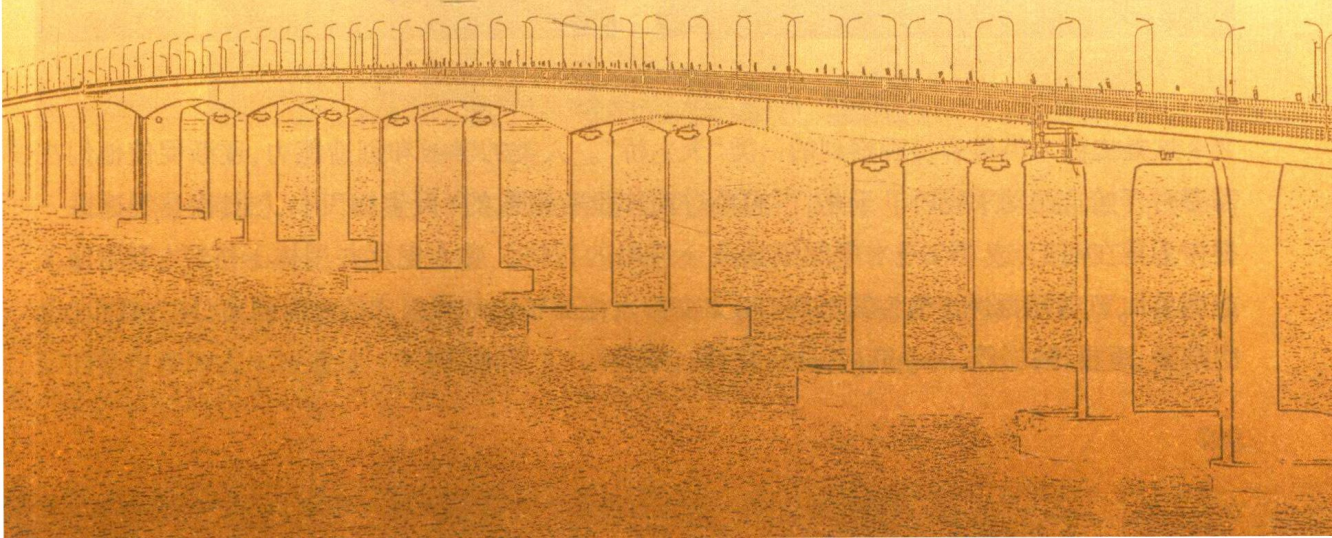
- 第16篇:古今运河桥/165
第17篇:闲谈“姐妹桥”/173
第18篇:谈谈钢管混凝土拱桥的起源/179
第19篇:从米兰拱到钢管混凝土劲性骨架拱/187
第20篇:从混凝土梁桥的悬臂浇筑施工说开去/199
第21篇:桥梁发展“三段论”/207
第22篇:桥梁寿命有多长? /215
第23篇:如何延长桥梁寿命? /227
第24篇:桥梁结构设计方法的历史演进/237
第25篇:欧洲结构规范一瞥/247



- 第26篇:桥梁事故知多少/257
第27篇:往事并不如烟——州河大桥垮塌事故/273
第28篇:桥梁文化刍议/281
第29篇:追求桥梁“世界之最”的意义何在? /287
第30篇:土木工程历史性标志 ABC/295
第31篇:你知道哪些动物会造“桥”吗? /303
第32篇:布鲁内尔其人其事/313
第33篇:电影中的桥(上)/321
第34篇:电影中的桥(下)/331

第1篇

梁桥回眸（上）



统计一个国家现代桥梁的结构类型,一定会得到梁桥占比最高的结论。理由很明显:因为梁桥的构造最简单,建造最容易,所以数量也最多。本篇在介绍梁桥起源的基础上,大致梳理了梁桥技术发展的脉络。

原始の木石梁桥

史前人类为了扩大生存空间(比如,需到河对岸去采集果实或狩猎),慢慢学会了建造最原始的桥。这个过程,应该是效法自然、最先从梁桥开始的。

原始森林中,倒塌的树木横卧在山涧或溪流上,水中散布着一些乱石。森林中的各种动物会借用这些倒木或乱石过河(估计动物也不愿意蹚水,图 1-1),自然地,人也可如此(图 1-2)。



a)



b)

图 1-1 野生动物利用倒木或乱石过河



a)



b)

图 1-2 行人利用倒木或乱石过河

这是史前人类最容易观察到的一类“天生桥”。人类的学习和创造能力,逐渐促使他们在需要时开始自己动手建桥。于是,当需要过河却没有现成的“天生桥”时,人们就会就近搬一根树干搭在河上,或者在浅水中间隔摆放一连串的石块。后人把那些用树干搭成(不用加工或简单加工)的木梁桥,称为圆木桥(Log Bridge);把那些由乱石组成的过河通道,称为汀步(也叫踏步、蹬步、跳岩等,Stepping Stones)。

先来讨论最先出现的木梁柱桥。

到人类聚居下来、开始农业和畜牧业的时候,对桥的需求就凸显出来。例如,看陕西西安半坡村新石器时代遗址(公元前 4800 年—公元前 4300 年,如图 1-3 所示,在居住区四周有用于防御的大壕沟(宽 6 ~8m,深 5 ~6m),因此需搭设较宽的(以方便人畜和物品进出)、可移除的(以防范外族或野兽侵袭)进出通道。这样的通道,极有可能是由几根树干捆绑在一起的木梁桥(图 1-3)。

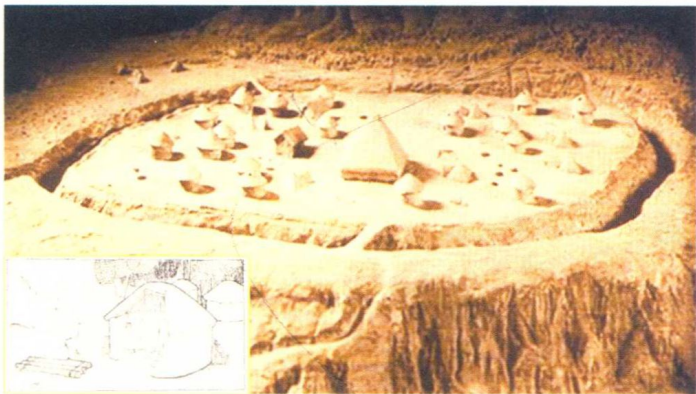
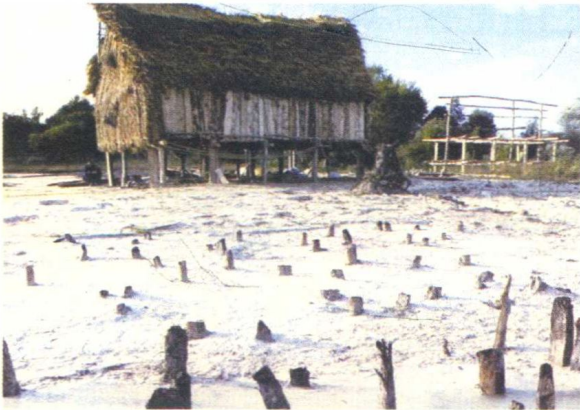


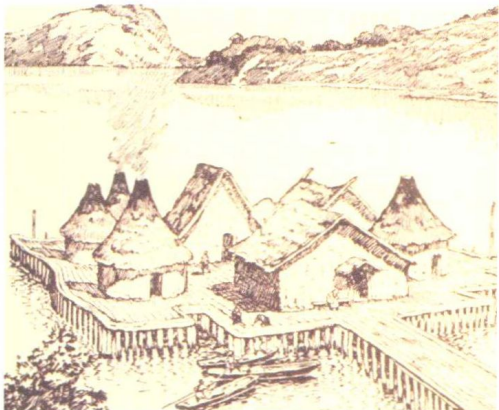
图 1-3 陕西半坡村新石器时代遗址(局部)

2011 年联合国教科文组织认定的世界文化遗产“水边桩屋”(Pile Dwellings),是指史前人类在阿尔卑斯山区周边的湖泊、河流或湿地的边缘建造的百多处桩屋遗址^[1](图 1-4)。这些聚居点大约建于公元前 5000 年—公元前 500 年,桩屋通过栈桥与陆地相连。栈桥的面板可拆卸,以防范外族入侵。

图 1-4 阿尔卑斯山区周边的“水边桩屋”



a) “水边桩屋”遗址



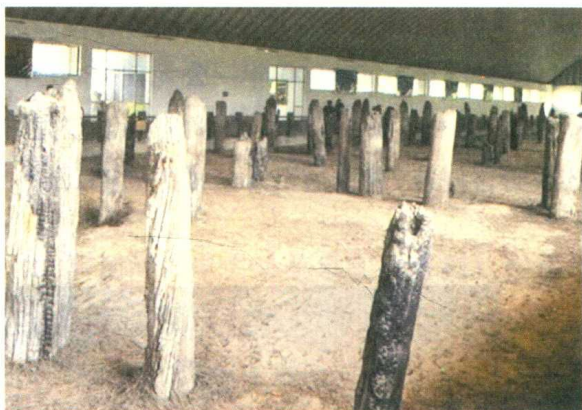
b) “水边桩屋”想象图

木材容易腐朽,今天能看到的木梁柱桥遗迹极为稀少。1996 年,英国官方认定了一处称为斯威特古道(Sweet Track)的古迹,如图 1-5a)所示。这条古道位于英格兰西南部,形成于公元前 3807—公元前 3806 年,其是一条下面由木桩交叉排列、上面铺设橡树板的步道。我国咸阳的秦汉沙河古木桥遗址一号桥,如图 1-5b)所示。桥宽 16m,残存总长 106m,桥桩 16 排,112

根,每排间距 3 ~ 6m,是世界上迄今所知的规模最大的木梁柱桥遗址。



a) 斯威特古道



b) 秦汉沙河古木桥遗址

图 1-5 斯威特古道与秦汉沙河古木桥遗址

笔者认为,从村落形成到城市兴起的这个时期,是人类社会有点规模地建造桥梁的肇始。因木材容易获取和加工,最早建造的多是木梁桥。古希腊作家和历史学家希罗多德(Herodotus,公元前 484 年—公元前 425 年)曾在其《历史》一书中,描述了公元前 7 世纪末古巴比伦在幼发拉底河上建造的一座石墩木梁桥(图 1-6)。桥宽至少 5 ~ 6m,长度超过 115m,设 8 个砖石墩台,上架木梁(白天铺设,晚上拆除)^[2]。在北魏郦道元的《水经注》(卷六)中,描述了在山西汾水上有一座木梁柱桥(30 根柱,柱径 5 尺),建于春秋晋平公时期(?—公元前 532 年),这是我国最早见诸文字记载的一座梁桥。另外,传说(未见文献记载)古罗马城内跨越台伯河的第一座桥,就是木梁柱桥,其始建于公元前 621 年。

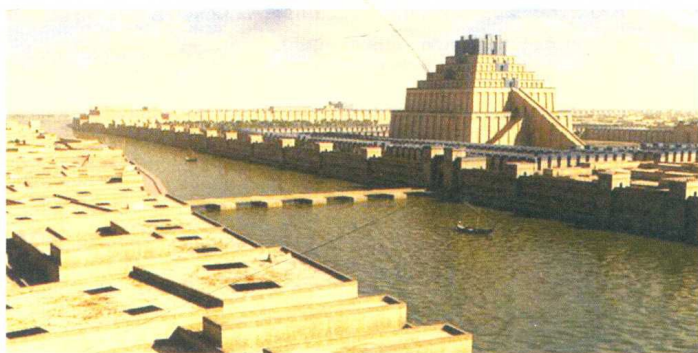


图 1-6 巴比伦的 3D 模型

中国先民在木梁桥的建设中,为桥式的发展做出了卓越贡献。第一,为让木桥用得更为久一点,最早创造出了廊桥(参见第 10 篇);第二,为了把跨度做得更大一点,最早创造出了悬臂梁桥(参见第 12 篇)。

再看看从汀步到石梁(板)桥的演变(图 1-7)。

汀步只适合于布设在水浅流缓的河流中,过河不算安全方便。为了更便捷地渡河,可在河间隔地放置一些石堆,在石堆之上搁置相对平整的石板形成桥面,这就是原始的石墩石梁

(板)桥。这样的桥,阻水面积大,但基础不牢,容易遭受洪水冲毁。随着人类工具和技艺的进步,便可把石堆的间隔加大,并对石材进行粗加工,采用人工砌筑的方式建造桥基和石墩。这样,石墩石梁(板)桥就基本成形了。

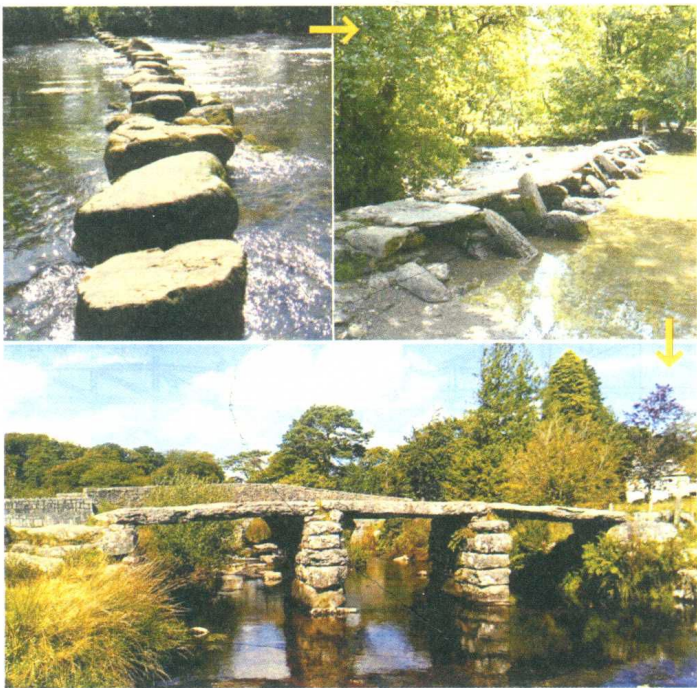


图 1-7 从汀步到石梁桥

石梁的特点是:材性耐久但脆,开采、运输和架设均不易,且跨度难以做大。因此,后来较大跨度的桥就让位于石拱桥了。年代最为久远的石梁,可能是埃及吉萨金字塔附近的一条堤道或一面石墙中的过梁,如图 1-8 所示。该堤道或石墙建于公元前 2551 年—公元前 2472 年^[3],过道之上的石梁重约 300t。世界各地保留至今的古代石梁桥,极为有限,即便有,规模也不大。

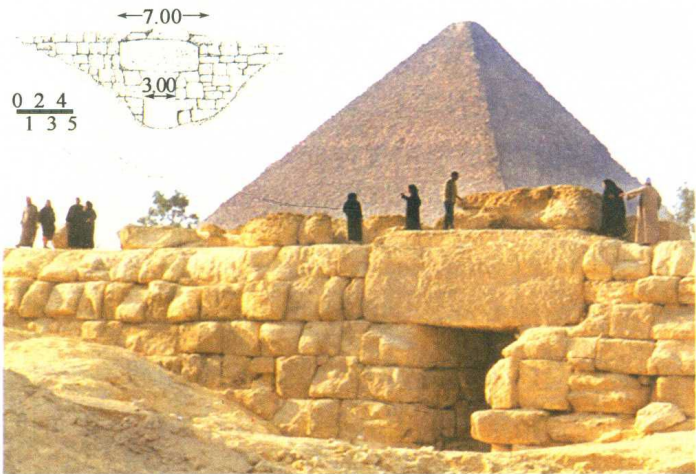


图 1-8 埃及吉萨金字塔附近的过道

我国福建地区的一些宋代石梁桥,如泉州洛阳桥(1053 年)、晋江安平桥(1138 年)、漳州江东桥(1237 年)等,则是中外古代石梁桥的卓越代表。

桁梁桥的问世与发展

在古罗马时期,就曾出现过木桁架拱桥(参见第 5 篇),据此,也不排除建造过桁架梁的可能性。不过,这些技艺即便有过,也并没有流传下来。直到文艺复兴时期,意大利建筑师安德烈亚·帕拉第奥(Andrea Palladio,1508—1580 年)在其 1570 年出版的《建筑四书》和其他著作中,第一次描述了 4 种不同的木桁架结构桥(图 1-9)^[4,5]。

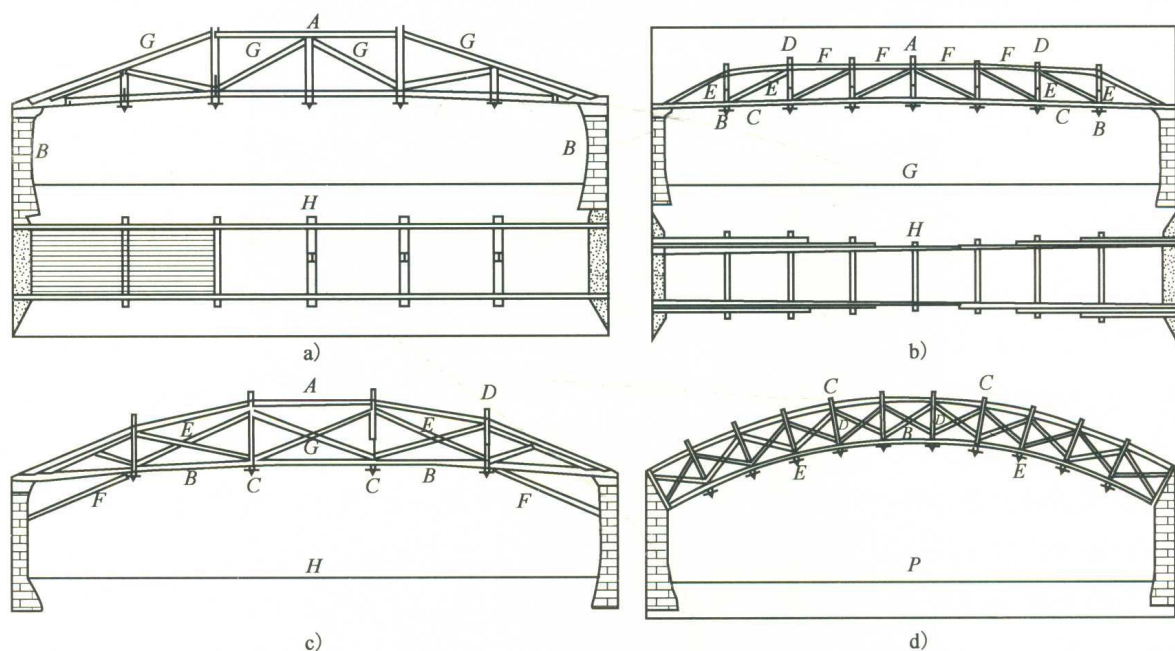


图 1-9 帕拉第奥设想的木桁架桥

众所周知,木构件既能受拉,也可受压,还容易相互连接,所组成的桁架梁便可承受较大的弯矩,使跨越能力更大。今天看来,帕拉第奥提出的木桁架桥,几乎是文艺复兴时期桥梁领域内唯一重大创新。可惜的是,帕拉第奥本人没有机会实践(他只在 1569 年做过一座木梁柱桥的设计,该桥经多次重建保留至今),同时代的人也都认为此类桥式过于超前而不敢尝试。

到了 18 世纪,瑞士的库本曼(Grubenmann)家族建造了一些很有名气的大跨度木桥^[6]。图 1-10a)所示的是其中一座,跨度为 60m。从 19 世纪起,北美开始大量建造带有屋盖的木桁架结构桥(参见第 11 篇)。这是因为北美的木材资源丰富,且没有建造石拱桥的传统。可能是受瑞士工匠的影响,早期的木桁架桥采用的是各式各样的桁架梁与拱的组合形式。其中,Theodore Burr 在 1804 年提出的专利[图 1-10b)]最为接近纯粹的桁架梁结构,其经济合理,架设方便,曾风靡一时。直到 1820 年,Ithiel Town 才第一次提出了没有拱构件的、格构式的桁架

结构[图 1-10c)]。

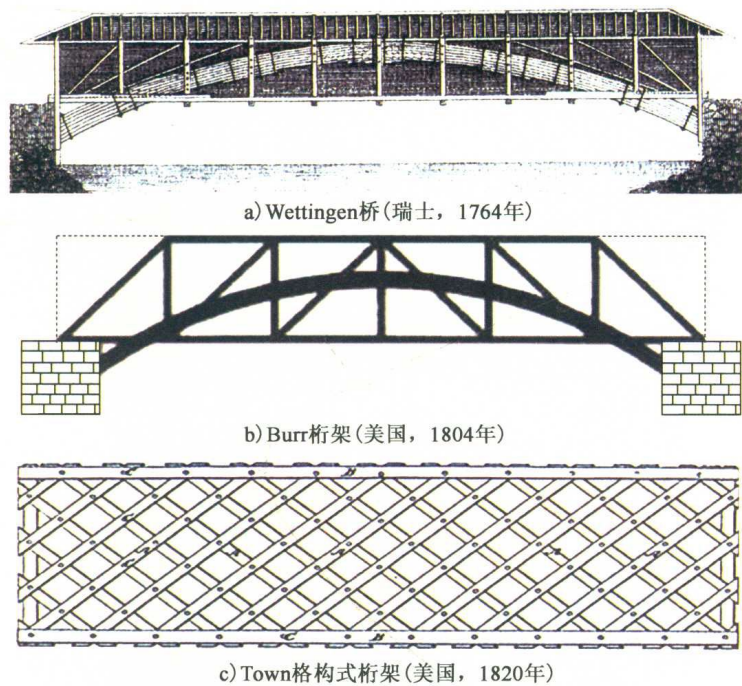


图 1-10 木桁架桥的演变

接下来,随着力学、材料和工程技术的进步,各式桁架梁桥就如同雨后春笋般地涌现出来(图 1-11),并奠定了现代桁架梁桥的基础。这些桁架开始主要服务于铁路桥梁,后来慢慢扩展到公路和城市桥梁;所采用的材料,先是纯木结构或铁木混合结构,后来采用钢铁材料。经过历史的选择,我们今天还常用的,包括 Warren(华伦式,即三角形桁架)、Howe(豪式,即 N 形桁架)、K 形桁架等。

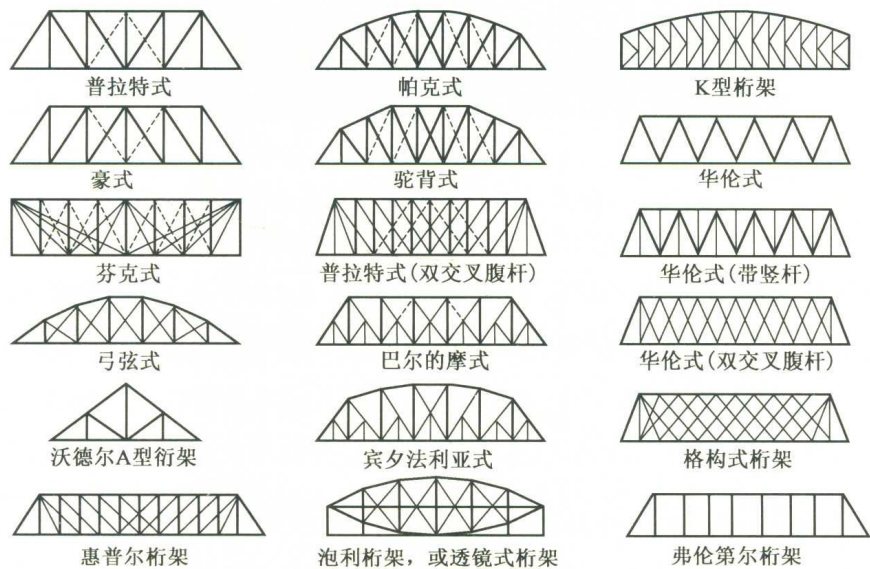


图 1-11 桁架桥类型

桁架结构除普遍用于梁桥外,也用于大跨度拱桥的主拱、斜拉桥的主梁和悬索桥的加劲梁,今天已屡见不鲜。限于篇幅,这里只介绍一座历史上著名的铁路桁梁桥,其也是国际土木工程历史性标志性建筑^[7](图 1-12)。



a) 1857年建成格构式桁梁(右), 1891年建成透镜式桁梁(左)



b) 1939年、1945年遭受破坏



c) 1958年之后

图 1-12 波兰特切夫铁路桥

该桥名叫特切夫(Tczew)桥,位于波兰北部,跨越维斯瓦河(Vistula)。该桥借用大不列颠管箱梁的设计特点,1851—1857年建成了一座全长837.3m的单线下承式铁路桥(也可通行车马和行人),主桥为6跨130.88m的格构式熟铁桁梁。后因铁路运量猛增,其他车马和行人过桥不便,1888—1891年再建一座6跨双线铁路桥(主桥采用的是透镜式桁架,1912年再架长约250m的3跨桁梁),老桥便改为公路和人行桥。第二次世界大战期间,该桥曾在1939年和1945年遭受过两次破坏。1958年,该桥再次改换双线桥的主体结构,采用变高度的华伦式桁架。

特切夫桥落成时,是当时欧洲规模最大的铁路桥。它经历了 160 年的风风雨雨,为了延长使用寿命而多次修复更换,今天看上去,多少给人一种沧桑和凌乱之感。

顺便提及,中国的第一座大型铁路梁桥,是 1881 年修建的唐胥铁路上的王家河铁桥(图 1-13)。这桥采用华伦式桁架(跨度信息不详),是英国工程师金达(Kinder)主持建造的^[8]。

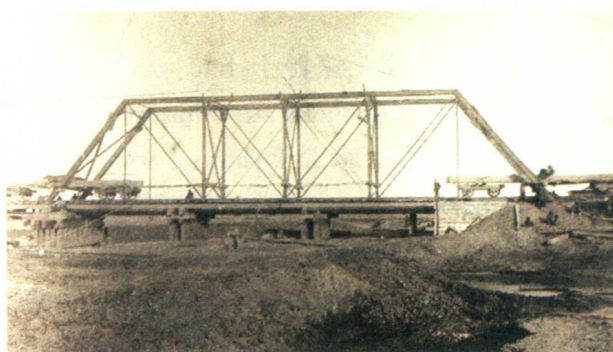


图 1-13 唐胥铁路王家河铁桥

参考文献

- [1] UNESCO. “Prehistoric Pile Dwellings around the Alps” [EB/OL]. at: <http://whc.unesco.org/en/list/1363> 2017-10-09.
- [2] D Asheri, A Lloyd, A Corcella. A Commentary on Herodotus [M]. Oxford University Press, 2007.
- [3] Ancient Egypt Research Associates . The Wall of the Crow [EB/OL]. at: <http://www.aeraweb.org/lost-city-project/wall-of-the-crow/> 2017-10-10.
- [4] 安德烈亚·帕拉第奥. 帕拉第奥建筑四书[M]. 李路柯, 郑文博, 译. 北京: 中国建筑工业出版社, 2015.
- [5] Gennaro Tampone, Francesca Funis. “Palladio’s timber bridges”. Proceedings of the First International Congress on Construction History, Madrid, 2003.
- [6] D. Bennett. “The history and aesthetic development of bridges”. in G. Parke and N. Hewson (Ed): Manual of Bridge Engineering[M] . Thomas Telford, 2008.
- [7] Wieland Ramm. “History and Construction of the Old Vistula Bridges in Tczew”. Proceedings of the First International Congress on Construction History, Madrid, Jan. 2003.
- [8] 皮特·柯睿思. 关内外铁路[M]. 北京: 新华出版社, 2013

图片来源

图 1-1 野生动物利用倒木或乱石过河, 来源于: [https://www.warrenphotographic.co.uk/04720-fox-on-log-bridge-at-dawn\(a\)](https://www.warrenphotographic.co.uk/04720-fox-on-log-bridge-at-dawn(a)); <http://www.birdsasart-blog.com/2014/02/26/>