

多学科学术讲座丛书

16

世界桥梁发展史

韩伯林 著

知识出版社

上海



多学科学术讲座丛书

第 一 辑

*1. 美学和中国美术史

朱光潜 黄药眠 常任侠

*2. 陈云同志的经济思想

关梦觉

*3. 广义变分原理

钱伟长

*4. 光纤理论

叶培大

*5. 语言信息和语言通信

马大猷

*6. 我国社会经济和科技发展战略问题

钱伟长等

*7. 谈《红楼梦》

张毕来

8. 中国文字学和训诂学

商承祚 陆宗达

*9. 新闻艺术

徐铸成

有 * 者已出版

责任编辑： 陈荣乐

多学科学术讲座丛书

16

世界桥梁发展史

韩伯林 著

知识出版社出版发行

(上海古北路650号)

(沪 版)

新华书店上海发行所经销

上海东方印刷厂印刷

开本 850×1153 毫米 1/32 印张 10 插页 6 字数 240,000

1987 年 10 月第 1 版 1987 年 10 月第 1 次印刷

印数：1—2,500

ISBN 7-5015-5294-0/T·8

定价：2.40 元

内 容 提 要

桥梁不但是一国文化的表征,也是生产发展的写照。了解世界建桥史,对发展我国现代化的桥梁有着重要的意义。

本书作者毕生从事桥梁设计、施工和研究。在书中作者对世界和中国桥梁的发展作了叙述,着重介绍了科学世纪前中外古桥的发展、演变及相互影响、近代科学与各类现代桥梁的发展,以及新技术革命形势下世界桥梁的发展趋向和新中国桥梁事业的成就。同时,书中为读者提供了许多世界著名大桥的结构理论和施工材料、设备、方法等珍贵资料。

本书通俗易懂,图文并茂,可供有关大专院校作教材,也是桥梁研究、设计和施工人员以及广大历史爱好者和桥梁爱好者的较好参考读物。

作者职务

铁道部大桥工程局高级工程师兼咨询委员会委员

中国土木工程学会《土木工程学报》编委

美国铁路工程协会(AREA)钢结构组委员

序 言

(第 二 辑)

中国民主同盟中央,在1983年暑期所举办的第一期“多学科学术讲座”的基础上,于1984年又举办了第二期“多学科学术讲座”。

中国民主同盟中央在1984年分两个阶段举办了“多学科学术讲座”。第一阶段在暑假中假北京师范大学校址举行,共有:费孝通的《社会调查》、陶大镛的《世界经济和当代经济思潮》、邓广铭的《宋史研究、宋代经济发展史》、唐敖庆的《应用量子化学》、林传鼎的《智力开发的心理学问题》、冯之浚的《现代化与科学学》、张远谋的《工业结晶》、管锦康的《审计学》、谈家桢等的《生物工程》,以及韩伯林的《世界桥梁发展史》。第二阶段将在1984年年底举行,主讲人有:常迥的《信息科学》、张文佑的《地质学》*、张胜瑕的《汽车排气的污染及其控制》等四讲。

1984年的各讲稿,其中除《地质学》和《工业结晶》业已在其他出版社出版外,其余十讲稿将编入“多学科学术讲座丛书”第二

* 由张文佑教授主讲的《地质学》,原定1984年年底举行,但张文佑教授于1985年2月11日逝世,我们不胜哀悼,并停止《地质学》的讲座。

辑，它和第一辑一样，仍由知识出版社(沪)陆续出版。

这次讲座的主讲教授都是民盟盟员，象费孝通、陶大镛教授又都是民盟中央副主席。他们都是我国知名学者，他们毕生从事某一学科的教学和科研工作，他们在百忙中，不仅亲自上台讲授，并且写出了讲稿，提供广大读者参考学习之用。

1984年的讲座，除了继续为盟内和国内外知名学者提供讲台，讲授他们毕生从事的学术成就外，也结合我国四化建设，讲授了有关各种新技术、各种管理科学等内容，以满足各方面的要求。

民盟盟内有大量专家学者，为了更有效地动员起来，为响应党的号召投身四化建设，为建设社会主义精神文明和物质文明，将在以后几年内继续举办“多学科学术讲座”，其讲稿也将陆续在“多学科学术讲座丛书”中发表。

钱伟长

1984年10月31日于北京

前言

江山如画，碧波荡漾，奇峰飞瀑，层峦叠嶂。公元前 6000 年的原始人，为了生活，漫游大地，追温暖，到处觅食。分居在湖边、树上或洞穴中，往来无定，住宿无所。尼罗河两岸发掘出欧式器具，日本、美洲发现华北旧石器时代文物，各地相距遥远，如何克服途中的深壑大河，推想该用桥过渡吧，这就是桥梁的起源。

当然无法推想何年何处建造世界第一桥。西安半坡村遗址有大围沟，推想该有桥通庄内外；浙江余姚河姆渡遗迹有带榫卯的木梁柱，伦敦泰晤士河底有橡木框墩基，瑞士、意大利有水上桩屋遗迹，瑞典斯德哥尔摩北部华伦吐纳附近已干涸的小海湾上有千根栎木桥柱的残迹；传说埃及尼罗河上也架过桥；北国冰封，少木材，使用扁薄石板，连续铺在墩上，称为薄板桥；英国古代利用整块石建成“拍板桥”(Clapper Bridge)见图 1。



图 1

原始人面对美丽的大自然，岩洞、石林和千姿百态的天生拱，有些拱顶可通行人，下泄流水；这是自然界对人们的赐与，也启发原始人造桥的构思。

中国科学院古桥调查组在浙江天台山、云南下关西水电站后面都发现了天生桥。

美国犹他州格林河 流入科罗拉多河处有“峡谷地区国立公

园”，稍北有“拱国立公园”，园内有天生拱 124 座。南犹他州有 300 多座天生拱桥。

犹他州南部纳瓦霍山西北科罗拉多河支流上，屹立着世界上最大的天生桥。高出水面 94 米，跨径 84 米，拱顶厚 13 米，宽 10 米。印第安人叫做“诺奈佐希”，有“彩虹”之意。它由鲜艳的橙红色砂岩构成，在蓝天白云衬托之下，凌空横架，象长空中美丽的彩虹。

在圣胡安地区，还有奥瓦乔莫(Owachomo)桥，跨径 59 米，高出水面 33 米，桥板厚 3 米，最狭窄处桥面宽为 10.7 米。

有时大风吹倒树杆，凑巧落在溪上，成独木桥，作圆木梁式，这是原始梁桥。

据《畿辅通志》记载：“保定县柏木桥，河水环绕，行者病涉，岸有古柏，忽倒置河中，如桥可渡，迄今相沿。”《湖北通志》记载：“巴东县四百八十里龙巢溪，溪岩绝陆，不可为桥。相传明成化二年，忽水漂来一大木，横架其上，行人得以攀缘而渡，故名飞桥，至今尚存。”

上述记载，虽系明成化年间事，年代不远，但却表达原始时代风力倒木的可能。

在半热带地区，又另创一种桥式，就是悬桥。在半热带环境中，原始人寻找食物，要爬上陡而窄的峡谷，那里没有圆木，怎么办？可能有一比较聪明的人，回忆栖居树上的情况，发现了树茎藤条，能象葡萄蔓从一树引过深坑，转到对岸另一棵树上，不觉欢欣，狂叫起来，立刻爬到树上，扶着藤茎，摇摇摆摆过深谷，到了对岸树上，爬了下来。这光辉的发现增添了渡河新经验。

天生拱、梁桥和悬桥，桥的三种基本形式出现了！以后人们的智慧发展，能模仿自然，桥式又不断有新发展。

有些岩石从两岸悬臂外伸，并不合拢，中有空距。人们碰到这样情况，常一跃而过。如空距太大，不敢跳越，想起穴居时洞中石块分层作叠涩拱，模仿在空距处加一根圆木或石板，使之接通合

拢,就成悬臂式桥可以通行。从观察到模仿,大大前进了一步。

有时感到梁桥或悬桥不够长,还不能过河,而附近地区找不到树杆,又没有藤。不觉沿着河岸,上下游寻找,发现河中矗露出岩礁。思想一闪,计上心来,沿岸寻找石块,一边趟水,一边抛石成石堆,继发展石堆成堤,就成堤梁桥。

《考工典拾遗记》中记载:“舜命禹(公元前 2286 年)疏川奠岳,济巨海,鼃鼃以为梁。”鼃鼃是一种爬虫类动物,形如卵石,就是在水中堆集起来大小卵石,成为堤梁,人可在上行走。

爱尔兰与苏格兰海峡间有巨大天然岩礁,称为大力士堤道,传说古代大力士在堤道上走过;印度锡兰间也有此传说。

那时期人们对建桥有一种思想障碍,认为四围有河水环绕,反倒安全。别个部落的人较难侵入。人们那时都喜建临时桥,因为敌人来时随时都可撤掉,以便挡住敌人。

新石器时代出现带有雉堞墙垣和炮楼的城堡。世界上出现了第二次大规模分工——农业和手工业的分工。劳动种类多了,劳动量大了。打了胜仗,捉来俘虏当奴隶,奴隶成为主要劳动力。开始分裂有阶级,剥削的和被剥削的,向私有制转化。氏族制度社会崩溃,逐渐由国家代替,世界观向私有转变。因为要掠夺,要打仗,所以要搭浮桥,跨渡港湾和大江,以便进攻;打败了,要自卫,所以要造活动桥,使自己军队能退守城堡,敌军被河沟挡住,无法进入。

在此时期,推动进步的最大因素,就是战争。因为战争提供了竞争的因素,迫使人们运用智慧去战胜敌人,也进一步对桥梁进行改良。

由于军事运输,桥要加宽,墩要加强,堆石墩不够用了。用细枝与粗杆交错铺平,组成粗鲁式柳条墩,内填卵石和土。在法国还可见到这种墩的遗迹,乃罗马人占领前高卢人所做的。

由于社会在发展,需要永久桥。农民要建小桥跨越小溪到田间,牧人要桥使牲畜安全过河,猎人和木工建桥去森林,商人要桥

去市镇，战士建桥去边界。人们凭借智能，学习所需要的建桥技术。一旦学会，又传授给朋友邻舍和子孙，有利于本部落或本族的发展。习惯与传统乃发展的敌人，但也是优秀技术得以保存的重要因素。原始时代，桥梁设计与施工进步很慢，桥型重复而单调，智慧的火花被塞熄。战争乃当时促使桥梁进步的最大因素。

石桥 原始人改良自然桥，首先采用石柱石梁结构。英国达特(Dart)河有花岗石板桥，一直保存至今。这种形式的结构乃原始的。每跨石梁约长4.6米，宽1.83米。河中有两石墩，用扁平花岗石一块叠着一块砌成。桥台也用花岗石逐层砌筑。此桥模仿著名的宗教纪念碑或平原上的石柱群，利用冰川时代所遗巨石，创石柱石梁结构。

另一石板桥在西班牙，也系柱梁式，属原始时代遗物。从此两例，可见原始人已创造了石柱石梁桥，仅桥墩有所变化。将石料分层砌筑，或竖立独块大石做桥墩。后来的石板桥较多装饰，但基本上相同。

埃及、巴比伦都有这种柱梁结构式的桥梁。希腊史前桥梁大都用重型墩台，上铺狭窄石板，厚0.5米，宽0.6米，自一墩至另墩纵向铺设，用铁钉使之与石墩相连。也有分层石墩，用料石逐层悬臂砌筑，相合于跨中，成为悬臂拱式。

在小亚细亚的斯麦拿(Smyrna，现属土耳其)，有一古桥，跨迈利兹(Meles)河，跨径仅12.2米，单跨，供那时沙漠中旅行的篷车行驶的。传说约在公元前900年，诗人荷马居住在岸旁游玩过。现在此桥还在使用，可能是现存的历史上最早一座桥梁。桥面的铺砌与挡墙已更新，其他的照原式保存。

木桥 早期瑞士“湖居人”住在小木屋，建于湖上木平台上。为建木平台支承，发明了湖床中打木桩的施工方法。从此此法推广，创木栈桥。也创三角形屋顶，系粗鲁式桁梁。湖居人实是木工的先师——乃创木桩基础和桁梁结构简单原理的始祖。

在欧洲北部及中部,木梁桥有所改进。加宽木桥,先在两旁铺两根圆木,感到不平,难以行走,便将圆木砍成粗鲁平面,缝隙中填土或草。如跨径增长,木梁下垂挠度加大,可在梁下竖直打进另一圆木深入河床,以提高支承力,成为木栈桥。

又一个聪明人,设想将两根圆木分两边铺开,在上横铺树枝树杆,再填土,做成原始桥面。木桥技术便又向前发展一步。

悬桥 热带地区原始人对悬桥进行改良,计有四种形式,在现今原始部落地区还可见到:

- (1) 路面直接安置在悬索上;
- (2) 吊篮在单索上运行;
- (3) 吊床式或V形、管式;
- (4) 悬索下垂桥面。

第一种形式见于秘鲁阿普里马克(Apurimac)河,乃亚马孙河支流之一。秘鲁原始人用龙舌兰属纤维茎,组成缆索,改良自然悬桥,跨径达85米,高达36米,至上世纪末还在使用。

据说为建立打猎围场,四周为深谷和急流所阻时,长老们决定建悬桥。派三四个青壮年奋勇游渡到对岸,此岸在箭头套上线圈,用弓箭向对岸发射,圈末端系细线,后接绳索,对岸青壮年接到箭后,由细线拉到绳索;如此反复,由细及粗,使缆索得以越过深谷。美国华盛顿弗里尔(Freer)美术陈列馆,有我国周朝镶嵌的青铜碗上射箭图案作证(图2)。

那时一般过谷缆索分为二组,每组隔1.22米设一吊杆,校正挠度和下垂度。各组缆索压实,使增加承载力。两索终端固定于两岸树上或岩石中。在附近森林中,剪切树枝,径约7.5厘米,长1.22~1.54米,用皮或麻与缆索连成人行道。



图 2

此种悬桥较轻,容易摆动,但通行人及负载的牲畜时,却有充分的强度。

单索上运行吊篮,最早出现在我国,叫做“溜索”,篮在索上滑动。人坐在篮中,上有滑车。单索卡在滑车轮槽中,靠人的自重滑到对岸,返回时靠篮中人自己拉曳绳索前进。秘鲁的塔拉勃塔(Turabta)也有这种溜索。我国澜沧江上还有可过连人带马的溜索桥。

吊床式悬桥在中国、印度北部、中非和南非都有。用纤维茎组成绳索,将四索平行铺过深谷,成为一种吊床。四索合成二对,上下各一对,在下的一对铺织席,上下二对索中用草茎或苇茎相系,如怒江的原始藤桥(图3);西藏有V形或管式悬桥,如西藏洛渝地区

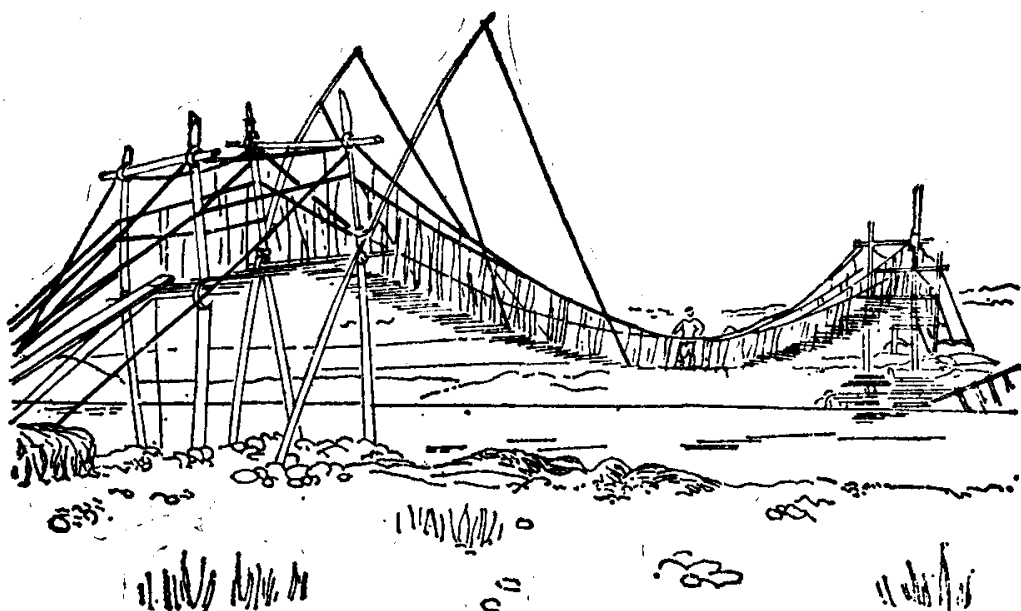


图 3

旁固村的藤网桥,长达 130 余米。

在喜马拉雅山区,早期似乎已有文化,超过其他地区。跨山谷铺上平行绳索,下垂吊杆,系用细绳制作,承载路面。虽属粗鲁形式,却具有现代悬桥原理。难以推想什么时候或怎样第一次使用

这些形式。不仅是对自然界进行改良，而是产生一种新概念，代表文化中一大发展。可能这种新概念自朦胧想象中出现。

世界四大文明古国——巴比伦、埃及、印度和中国，沿着底格里斯河、幼发拉底河、尼罗河、印度河和黄河，开创了早期文化。纵观全球，除波涛汹涌的海洋，到处是茂密森林，郁郁葱葱。尼罗河象绿色飘带，飞越黄色沙漠，下游成扇形三角洲，流进地中海。两河流域有完善灌溉网，印度河流泛滥和人工灌溉；我国西北地区干旱，形成大沙漠，炎黄族进入中原地区，开发黄河中游两岸，从此孕育出伟大灿烂的华夏文化。

目 录

前 言	(1)
一、西方古代桥梁	(1)
二、中国古代桥梁	(21)
三、中外古代桥梁的比较及其相互影响	(46)
四、近代科学与现代桥梁	(77)
五、悬桥与斜拉索桥	(107)
六、钢桁梁、钢箱梁、钢拱	(143)
七、圪工桥、桥墩、基础	(178)
八、新技术革命形势下世界桥梁发展的趋向	(208)
九、新中国桥梁的成就	(244)
十、新中国各类桥梁	(270)

一、西方古代桥梁^[2,6~8]

两河流域 公元前6000~前4000年苏美尔人在富饶的底格里斯河和幼发拉底河流域殖民,靠日光将土坯晒成砖,是当地唯一的建筑材料。并非不懂得用石料,因为要远从波斯水运,或从东山用人力搬来;也不是不懂得烧砖的方法,而是由于缺乏燃料。

他们用砖建造叠涩拱。经长期实践,有人试将砖块转动,变横砌为竖砌,不觉成了拱圈(图 1.1),不仅受力大而且美观,是一个重要的发现!惊奇不止。真正拱的美丽与壮观,乃人类伟大成就之一。从这概念出发,至罗马成为半圆拱,中世纪的哥特式运动,以及古代、近代的穹窿圆顶。柱梁式结构是静力的、无机的,并没有传递运动和力的感觉,属无生气建筑。拱结构具运动的感觉,表达传递的力。每拱石传递力至次一石,自拱冠经拱身到拱脚达桥台。那时人当然不懂得这些理论,只从经验中体会拱石的侧向推力,由桥台或挡墙来抵制。

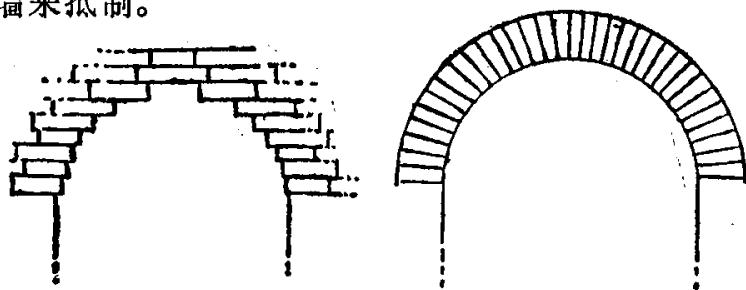


图 1.1

两河流域文化发展最早,美国考古学家曾在尼普尔发掘一座古城,最迟约为公元前 6000~前5000 年,较埃及还早一些。

公元前 1300 年底格里斯河旁卡来城,尼姆罗宫废墟中发现砖

拱沟渠。公元前 800~前 700 年尼尼微、尼普尔与巴比伦被毁地区，也发现尖顶砖拱沟渠。尼尼微有圣奈赫里勃输水桥遗迹，系公元前 7 世纪所建，集 18 条溪水，宽 15 米，长 300 米，中开 5 个泄水孔，径 3 米，用水平层假拱砌建。

据说尼姆罗曾命令在巴比伦跨幼发拉底河建桥，系单跨砖拱，径约达 200 米，宽 9.2 米，河旁码头用做桥台，桥两端通王宫。又传说，在河下用砖隧接通。现巴比伦被埋在黄沙下 60 米，此桥与城同命运，该一同被埋葬了。

史家估计，巴比伦人口在 200 万以上，居民靠郊区农产品供应，河网输送粮食。运河常平行，深 1.85~4.5 米，宽 6~9 米，河上有许多桥，和其他建筑物的规模与等级相适应。底格里斯河的坝，能将水灌溉运河。公元前 350 年亚历山大船曾在河中行驶。

巴比伦城 15 英里见方，四周由 107 米高砖墙环绕，厚 26.5 米，有 350 座塔保护。砖墙外有深沟，掘沟中泥土烧制砖。城外有大湖或贮水池，52 英里见方，深 23 米，贮蓄泛滥时河水，供旱时使用。

希罗多德历史记载中有木屋桥。说公元前 783 年巴比伦皇后尼德罗克利斯在皇宫处跨幼发拉底河所建，有 100 石墩，建于深水中。上部结构用木梁，中有活动孔，用铁链和熔铅连接石块成桥墩，宽 11 米，长 200 米。晚间将桥面全撤除，以防盗贼及侵略者。

希腊 爱琴海中岛屿及沿海地区，在公元 3000 年前曾有过相当发达的经济和文化，中心先后在克里特岛和巴尔干半岛上的迈西尼。爱琴文化同埃及互有影响，以后由希腊所继承，所以爱琴文化也被称为希腊早期文化。

古希腊是欧洲文化的摇篮。公元前 8 世纪起在巴尔干半岛、小亚细亚西岸和爱琴海中岛屿建立了很多小的奴隶制国家，它们向外移民；又在意大利、西西里和黑海沿岸建立许多国家，相互间政治、经济、文化关系十分密切，总称为古代希腊。

希腊奴隶社会时形成城邦国家,故多防御性建筑,造桥修路,则属次要,交通多在海上。马其顿时代为其赫赫武功曾有造桥修路之举。在希腊化时代桥梁大有发展,那时为各个城邦国家商业交往的要道,全部归入罗马帝国版图后又大发展。交通不畅,帝国无以自存,矢直国道及优良桥梁乃帝国荣誉与威力的表现。

今存古桥,在帕米苏斯(Pamisos)河口及其支流上。桥跨三河,左通美塞尼亚(Messenia),右通梅加洛坡利斯(Megalopolis),中至安达尼亚(Andania)。桥墩有三角形破水尖,全桥计七墩四台,从遗物判断当时用假拱。在伯罗奔尼撒战争中(公元前431~前404年),希腊曾造60米长木桥,桥上建碉堡,沟通大陆与埃博厄(Euboea)岛。

马其顿时代的亚历山大,征服波斯后,又侵入印度。在印度河作战失利,被迫撤退。当时用皮筏内塞草成浮筒,用时联在一起,输送撤退的军队,战争发展了军用桥。

伊皮鲁斯(Epirus)派伦洛士(Pyrrhus)在亚得里亚海湾也建了浮桥。

波斯 公元前4000~前3000年,波斯原始文化开始,从氏族制度下生活的游牧民族,逐渐形成部落联盟。

公元前550年波斯王居鲁士起义,推翻了米地亚人的统治,统一了许多部落,建立了阿赫明尼王朝,成立了波斯王国,后来成为波斯帝国。公元前529年居鲁士亡,由居鲁士到大流士一世统治时期(公元前522~前483年)达全盛时期。

波斯人从两河流域(巴比伦、亚述)埃及,吸收砖工建筑技术,首创尖拱,这乃波斯人一大贡献。

史家希罗多德说:从萨格(Sarg)到苏沙(Susa)道上有110个桥头哨所,表明当时桥梁却不少,惜现多不存在。

波斯以浮桥和之字形尖拱桥著称于世,浮桥用以对巴比伦、埃及和希腊的战争。