



世界著名

桥梁



伦敦塔桥

吉林教育出版社

看 世 界

世界著名桥梁

曹金莲 郭来栓

吉 林 教 育 出 版 社

(吉)新登字 02 号

丛书编委会

顾问 孟春舫
主编 周 航
策划 孟春舫 刘世国
编委 (以姓氏笔划为序)

刘复生 刘 蕾 沈 静 周 航

邵云智 贺成全 姜延秋 曹金莲

郭来栓 程学慧 窦 征 黎 鹏

戴学来

封面设计 东西方实业公司

责任编辑 刘世国

看世界 世界著名桥梁

曹金莲 郭来栓著

责任编辑:刘世国

封面设计:东西方实业公司

出版:吉林教育出版社 850×1168 毫米 32 开 7.5 印张

1 插页 141 000 字

发行:吉林教育出版社 1999 年 9 月第 1 版

1999 年 9 月 1 次印刷

印数:1—5 000 册

定价:8.50 元

印刷:吉林省九三彩色印刷厂

ISBN 7-5383-3249-9/G · 2909



纽约东河上的桥



纽约的桥



华盛顿桥（油画）

总 序

中国正以日益隆盛的姿态走向世界。今天的中国人，看世界的目光不仅是自如的，也应该是自信的。

在历史上，中国向来是一个泱泱大国。自唐朝到清代，虽然国势由盛至衰，但大国的姿态不变。尤其是清末，惟我独尊，盲目自大仍然是帝王及大臣们对“天朝大国”的认识。而对“蛮夷”及其奇技淫巧，当然是不屑一顾的。盲目与无知即是当时国人对世界的认识。

中国近代提倡睁眼看世界的是林则徐。他不仅力行禁毒并积极备战，还嘱人翻译《四洲志》，以期在战略上了解西方，是闭关锁国环境中理智而清醒认识世界的第一人。

我们今天看世界，当然不会盲目自大，但盲目崇洋的思想却并不鲜见。究其根源，对世界各国的文化和历史并未确切了解是重要原因。

看世界丛书第一辑，集中于对世界各国人文景观的描绘，并以此为载体把世界各国的文化和历史介绍给国人，尤其是广大的青少年读者。

第一辑的内容是丰富的。围绕每一处景观，有史的纵向展示，也不乏生动的具体描绘。以《世界著名剧院》为例，它不仅介绍剧院设计建造过程及外观、内部结构的优劣，描述其演出的盛况及所涉及音乐大师的短长；对剧院上演过的

剧目、毁建过程及剧院的近况也都娓娓道来。看世界丛书的其他几部与之相比并不逊色,不仅有足够的知识密度,而且有充分的文化底蕴。

与第一辑相比,看世界丛书第二辑更注重知识的密度,不仅增加了文字和插图,而且在选题上也加大了“技术含量”,纳入了桥梁、水利枢纽、会议中心等能够展示各国科技水平的题目。

东北师大地理系孟春舫教授,为第二辑的出版付出了许多。她不仅为选题的取舍出谋划策,而且还多方联络作者,并在书稿质量上严格把关。这种严谨的工作态度值得钦佩。

处于信息时代的今天,信息的及时、准确是最有意义的。看世界丛书的每一位作者,都为此做过艰苦的努力。

在看世界丛书的写作过程中,资料的匮乏困扰着几乎每一位作者。往往一篇文章所用的资料,要阅读大量的中、外文字才会获得。目的是,选用的资料不仅要准确,而且要最新。对于作者们为看世界丛书所做的这些努力,作为责任编辑是怀着深深的敬意的。但愿广大读者对此会有共识。

上述各位作者为看世界丛书所付出的努力,出发点是明确的:翔实地反映世界各地的名胜,充分展示全球各具特色文化的魅力。目的则更明确,让广大读者,尤其是青少年读者,以平和而客观的态度,对待世界,用自如而自信的目光来看世界。

刘世国

1999年9月

前 言

桥梁不仅是一个国家文化的表征,更是生产发展和科学技术进步的写照。

近代桥梁的发展历史,从第一座铸铁桥建成的 1779 年算起,迄今有 219 年,其中,从 1825 年开始有铁路桥,至今有 173 年。

铁路桥的演进可综合概括为自 1825 年英国建成第一条铁路,并兴建铁路桥的一个世纪内,欧美各国大规模兴建铁路,从而掀起世界范围内大规模兴建铁路桥的第一个高潮。第一座混凝土铁路桥也是在英国兴建(1867 年)。在 1860 年后由于炼钢技术的发展,1874 年在美国建成第一座铁路钢桥圣·路易斯桥,此前均为铸铁和熟铁桥。而第一座钢筋混凝土铁路桥出现于 1890 年。本世纪初,由于汽车的出现及公路干线的修建,促进了公路桥的发展。此后近半个多世纪,美、英、德、法等一些工业发达国家,不仅很少新建大型铁路桥,而且大量旧线铁路桥也得不到更新。而高速公路的迅速发展,在世界范围内掀起兴建公路桥的高潮,使公路桥工程技术的发展速度大大超过铁路桥。由于公路运输燃料消耗大、成本高、及环境污染等问题的出现,日本及欧洲一些国家又开始转向发展铁路新干线和高速铁路。同时许多发展中国家,其中包括我国也正在加大新干线铁路和

高速铁路的建设步伐。故可望在今后一段时期,在世界范围内出现第二个铁路桥梁发展高潮。

有人居住的地方,就有路,有路,就有桥。城市里,人口密度大,路也最多,桥也就最多。

临水建立居民点,是古代设计师和规划师为解决城市供水、运输问题而选择的方案。今天,城市用水量更大,临水建城更为必要,桥成了城市建设中的一大课题,尤其立交桥、高架桥成为大城市的一大景观。

架桥不仅要考虑桥面、桥下的交通(通航净空),还要考虑桥梁的造型及其同城市整体的协调。从美学观点讲,桥梁完全可以被打扮得更美些,让其为城市添风采,甚至成为城市的标志。旧金山金门大桥、纽约市的布鲁克林大桥、伦敦塔桥、悉尼海港大桥、伊斯坦布尔洲际桥、南京长江大桥、广州虎门大桥、赵州桥、上海南浦和杨浦大桥以及香港的青马大桥等,均是大桥所在城市或所在河流的标志。水城威尼斯、汉堡、苏州之美,也多与桥多桥美有直接关系。汉堡有桥2 000座,为世界桥梁最多的城市,阿姆斯特丹次之,有1 000多座,威尼斯428座,苏州近400座。

生产对桥梁提出要求,反过来又给架桥以物质基础。桥梁构造的演化总是和生产发展相适应的。一座桥梁的兴衰更直接受到政治、军事、经济和文化的影响,所以写桥不仅写桥梁本身的造型、概貌,而且还要写它的背景,所处地方的环境等,这样才能给人印象深刻,本书正是遵循了这个原则。

要想了解一座桥梁,首先要懂得一些桥梁的基本知识,如桥梁的基本结构、类型及每一种桥式的使用范围。

一般地说,桥梁是与河流、山谷、海峡、湖泊沼泽或交通线(公路、铁路和运河)等横交,并在其下方留出空间而建造

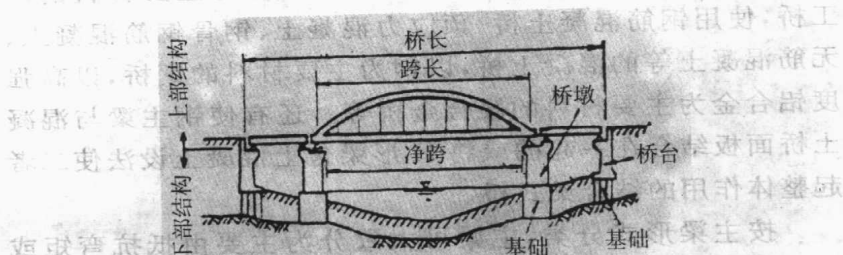


图 1 桥梁的各部名称

的实用通道,以及支承此通道的结构物的总称。桥梁一般由上部结构与下部结构两部分组成,如图 1 所示。上部结构是指直接承受交通车辆荷载的桥梁部分而言。有直接支承车行道的桥面系、支承桥面系并形成桥梁主体的主梁,保持了桥梁的刚性,并抵抗风、地震及其它侧向力。上部结构还包括车行道的伸缩装置、栏杆、排水设备、检查设备、照明等附属设备。下部结构由桥台、桥墩与基础组成。

在桥梁设计中,必须考虑从建造起到使用期间内,桥梁承受的所有荷载。一般必须考虑的荷载有:恒载、活载、冲击、风荷载、附属设备、地震及温度变化的影响等。所谓恒载,是指由于结构本身自重产生的荷载,从使用材料的实际重量求得。活载是指桥梁上通行的车辆(如汽车、火车等)、人群等的荷载。

桥梁的分类也很复杂,简单讲按用途分有公路桥、铁路桥、渡槽、管道桥等。公路桥中也包括仅通行人的步行桥。管道桥为支承水、石油、煤气等管道的桥。渡槽有管道与槽型渠两种。还有建成为供上述用途两种以上的多用桥,如公路铁路两用桥。

按使用材料分,可分为木桥,石、砖等为主要材料的圬工桥,使用钢筋混凝土桥,预应力混凝土、钢筋钢筋混凝土、无筋混凝土等的混凝土桥,以钢为主要材料的钢桥,以高强度铝合金为主要材料的轻合金桥等。还有使钢主梁与混凝土桥面板结合在一起的或将 H 形梁包上混凝土设法使二者起整体作用的结合梁式桥。

按主梁形式分类,主梁可大致分为主要由抵抗弯矩或剪力的构件组成的板梁或梁结构,由承受轴向拉力或压力的构件组合而成的桁架结构。在拱桥中,即使是板梁形式的主梁也承受轴向力。另外,在板梁形式中有 I 形梁及箱形梁,在结合梁中,也有把钢梁作成 U 形,上加混凝土桥面板使梁成为箱形的。

按支承条件分类,可大致分为外力静定的简支梁桥、悬臂梁桥(铰接连续梁)与外力超静定连续梁、拱、刚构等。另有缆索将主梁(加劲梁)吊起的悬索桥和从斜方向在几处吊起的斜拉桥。也有用浮箱支承在水上的浮桥。

按路面位置分类,路面或轨道面设于主梁上部时称为上承式桥(上承式梁),设于主梁下部时称为下承式桥(下承式梁),设于中间时称为中承式桥(半穿式梁)。

按桥梁活动与否分类,桥梁以不轻易移动的固定点为固定桥;为了给船舶通航留下足够的净空,将主梁作为可动的活动桥,又细分为平旋桥、升降桥和竖旋桥等,如西雅图平旋桥。

在桥型的选择上,主要考虑线路的使用性。桥址的地形、地质方面的设计、施工、养护管理上的问题及与环境的协调。过去侧重于建桥技术与造价,例如横过河流时,选择地质条件良好的和桥梁长度较短的地点,现在又把线路的使用性放在了首要地位。

悬索桥是以受拉的缆索作为主要构件的桥梁,悬索桥的组成如图 2 所示。缆索亦称主缆,是主要的受拉构件。桥塔是为了支承缆索最高点的结构。加劲梁(或加劲桁架)是

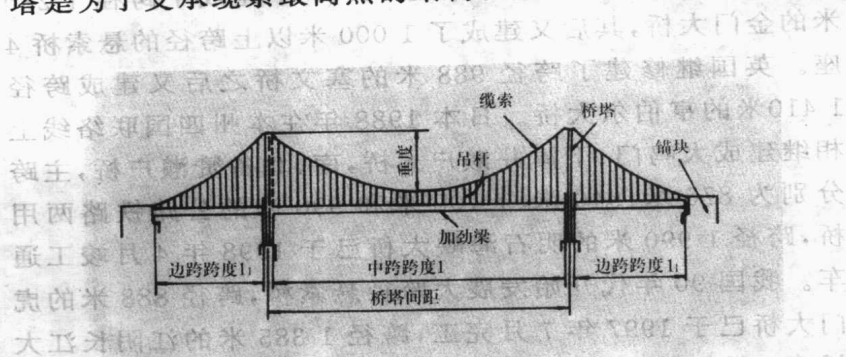


图 2 悬索桥的组成

使作用于桥面的活荷载分散开来,并将易变形的缆索予以加劲的结构。吊杆亦称吊索,是将桥面、加劲梁用缆索吊起的受拉杆件。锚块亦称锚碇,是将缆索拉力传导到地基的结构,有重力式和隧道式等形式。在自锚式悬索桥中,缆索拉力由加劲梁的轴向力承担,不另行设置锚碇结构。

悬索桥的历史悠久,其起源要追溯到公元前。就目前发展趋势来看,悬索桥还是跨越能力最大的一种桥型,也是跨径(跨度)超过 1 000 米的铁路桥的惟一桥型。据分析论证其极限跨径可达 4 000 米,这为铁路桥的发展展示了光明的前景。从目前情形看,铁路悬索桥为数不多,已知日本有 4 座,葡萄牙萨拉扎尔桥仅在加劲梁下层预留了双线铁路;湄公河桥在大桥中线预留了单线铁路;香港青马大桥是公路铁路两用桥,于 1997 年 7 月竣工通车。随着预应力钢筋混凝土技术的发展,铁路悬索桥会不断修建,并在跨径上会创造

新记录。

若论及悬索桥的技术水平,当属美、英、日和我国。美国是修建悬索桥最早最多的国家,1937年建成了跨径1 280米的金门大桥,其后又建成了1 000米以上跨径的悬索桥4座。英国继修建了跨径988米的塞文桥之后又建成跨径1 410米的亨伯尔大桥。日本1988年在本州四国联络线上相继建成大鸣门、下津井濑户大桥,南、北备赞濑户桥,主跨分别为876米、940米、1 100米和990米的公路铁路两用桥,跨径1 990米的明石海峡大桥已于1998年4月竣工通车。我国90年代开始发展大跨径悬索桥,跨径888米的虎门大桥已于1997年7月完工,跨径1 385米的江阴长江大桥现已挂缆索,预计1999年竣工。从以上可以看出,美、英、日和我国的桥梁建设代表了悬索桥的最高水平。尤其日本建成的4座和我国香港青马公路铁路两用悬索桥,展示了铁路悬索桥的发展动向。

目前关于我国在渤海湾上修建跨海通道的设想中,提出采用跨径768米自锚体系的多跨公、铁两用悬索桥方案,可能是我国下一个世纪铁路悬索桥发展的起点。国外悬索桥正大步向更大跨度挺进。意大利从50年代就设计筹划在墨西拿海峡上建造跨径3 300米公路铁路两用悬索桥,恐怕也将成为下个世纪之初的工程了。墨西拿海峡是沟通第勒尼安海与爱奥尼亚海,并将西西里岛与意大利本土隔开的一条宽约3.3千米的海峡,两岸可以隔海相望,意大利人民多年来一直梦想在海峡上架桥。日本也正在谋划建3座跨径在2 500~3 000米之间的纪淡、丰予、津轻海峡桥,其方案均为悬索桥。在直布罗陀海峡超大跨桥梁的设计中,林同炎博士1983年就提出,在桥塔处各设两个长1 100米的由斜拉索支承的悬臂斜撑,而在两桥塔的斜撑之间,采用跨度

为 3 000 米的悬索桥方案。而他在 1992 年作可行性研究中,又改建议为在主航道上设 2 个 5 000 米长的主跨,在两侧副航道上分别设 1 个 2 500 米长的边跨,形成塔高 914 米,总长 15 000 米的悬索桥,这将成为下个世纪悬索桥水平的代表。

斜拉桥的跨越能力仅次于悬索桥,而且在跨径小于 800 米时,其用钢量少、刚度大、造价低,会比悬索桥更具竞争优势。据分析,其极限跨径可达 3 700 米。斜拉桥是一种古老的桥型,在 17 世纪到 19 世纪曾出现斜拉式的人行桥和跨越护城河的桥梁。但由于那时材料的强度低拉索易松弛而不能持久,致使斜拉桥沉默了好一段时日。

第二次世界大战以后,许多被毁坏的桥梁需要修复,欧洲社会才重新发展了斜拉桥。1955 年瑞典修建了第一座现代斜拉桥——罗姆桑德桥,跨径为 $(75+183+75)$ 米。美国最早的三座大型斜拉桥,分别跨越哥伦比亚河(1975~1979 年)、密西西比河(1979~1983 年)和跨越俄亥俄河(1974~1985 年)。现在,美国已陆续建造了 15 座大跨径的斜拉桥。我国自 1975 年开始建造斜拉桥,如四川汤溪河桥(主跨径 76 米)、上海新武桥(主跨径 54 米,1976 年建成)。

至 80 年代末,世界斜拉桥有了大的发展。主跨达 400 米以上的斜拉桥有法国的圣纳泽桥(404 米)、加拿大的安纳西斯桥(465 米)等 10 座。这时,我国也修建了济南黄河桥(220 米)、天津永河桥(260 米)、珠江四桥(175 米)、九江桥(2×160 米)、广东西樵桥等 10 余座。以重庆石门桥为标志,我国有了修建 400 米跨径斜拉桥的实力,我国从这时起已接近了世界水平。

至 90 年代,斜拉桥跨径在向 1 000 米冲刺,小跨径在 100 米以下,应用非常广泛。现在正在施工的日本多多罗桥

跨径最大(890米,1998年竣工),法国的诺曼底桥(856米,1995年)第二,上海杨浦(620米,1993年)居第三位,上海徐浦(590米,1997年)居第四位。我国已建和正在建的跨径400米以上的斜拉桥有8座,仅次于日本(有10座),居世界第二位。跨径605米的青州闽江大桥(钢斜拉桥)即将动工。正在设计的伶仃洋桥是一座跨径(395+900+395)米3跨斜拉桥。这标志着我国斜拉桥技术已处于世界先进行列。

斜拉桥是一种以缆索作为主要承重结构的桥梁,主梁既参与全桥的整体受力,也作为桥面结构。全桥的刚度由几何刚度和主梁的抗弯刚度形成,而以几何刚度更为有效。在斜拉桥向大跨度发展的过程中,面临减轻主梁重量(减少斜拉索的负担),提高材料的强度(减小斜拉索的断面),增加全桥的几何刚度等关键问题。从已建成的斜拉桥中可以看出,主跨小于350米时适于采用预应力混凝土斜拉桥。1983年建成的济南黄河斜拉桥是混凝土斜拉桥,其体系是双索面、密索、5跨连续混凝土箱梁。采用倒Y形门式索塔,索跨8米,梁高2.75米,为中跨的1/80。维持这个桥的几何不变性,塔、梁、索共同负担,但主要靠背索(边跨第2条)和辅助墩。在主跨大于350米时,采用钢与混凝土组合梁(结合梁)斜拉桥较好。1986年建成的加拿大安纳西斯桥首先采用结合梁桥面,上海南浦大桥和杨浦大桥也证实了其优势。这种结合梁桥面可减小主梁的重量,也可以减小斜拉索内力及断面,提高桥梁的跨越能力。杨浦桥的几何稳定性主要依靠背索、辅助墩维持。采用钢与混凝土组合梁是使斜拉桥轻型化的途径之一。斜拉桥的主梁高度是不随斜拉桥的跨径而增大的。例如,跨径856米的法国诺曼底桥的梁高3.05米,跨径890米的日本多多罗桥的梁高2.7米。

主跨与边跨采用不同材料作主梁的斜拉桥称为复合斜

拉桥。上海南浦、杨浦大桥都是主跨采用组合梁、边跨采用预应力混凝土的复合斜拉桥。主跨采用钢梁、边跨采用预应力混凝土的复合斜拉桥,适用于更大跨径。如伶仃洋斜拉桥,主跨 900 米,塔高 273.21 米,桥面以上塔高 206.6 米,属于复合斜拉桥。

拱桥是一种古老的大跨径桥型。赵州桥是古老石拱桥的杰出代表。1931 年,美国建成跨径 504 米的奇尔文科公路钢拱桥,1932 年澳大利亚建成跨径为 503 米的悉尼港公路铁路两用钢拱桥。

从拱桥的发展进程来看,在本世纪 50 年代左右,进入全盛时期。以后,由于梁桥无支架施工技术的采用和斜拉桥、悬索桥的发展,采用拱桥的机会大大减少。我国最大的铁路钢拱桥是九江长江大桥,跨径为 216 米。我国铁路拱桥的水平,与国外先进水平差距不是很大。只要钢材生产数量大、材质高,加之铁路建设的需要,我国铁路拱桥的技术水平是不难进入世界先进水平行列的。

梁式桥是目前铁路桥梁中使用最广泛的桥型,因其制造简单,架设方便,所以在我国铁路桥梁建设中采用最多。梁式桥由于结构的限制,跨径不可能太大,其钢铁路桥最大跨为加拿大魁北克桥,其跨径为 549 米。

代表铁路梁式桥世界水平的国家还是美、英、德、日。代表目前国内铁路钢桥技术最高水平的九江长江大桥,主跨虽达 216 米,但采用了柔性拱加劲。而同类型的日本与岛桥,比九江长江大桥主跨还长 29 米,由于采用了比九江长江大桥强度大的钢材,没有柔性拱加劲,且其架设时墩顶节段以大型浮吊吊装,再以整体节点的单杆进行悬拼直到跨中合拢,节省了钢材,缩短了工期。近年我国铁路混凝土梁式桥的技术水平已接近国外先进水平。

从总体水平看,我国在铁路桥梁墩台和基础技术水平方面,仅次于日本。日本因修建了较多的海湾、海峡桥及大跨悬索桥、斜拉桥,使其在施工机械、大体积混凝土施工、无人沉箱、设置沉井和地下连续墙等技术方面处于世界领先地位。铁路桥梁施工技术水平,一般来说,取决于国家的整体科技水平和工业水平。我国在拱桥、刚架桥、墩台和深水基础等方面技术处于世界先进水平,而斜拉桥和悬索桥,及一些大型施工机具设备和检测手段则落后于世界先进水平。预测经“九五”规划和下个世纪初十年的努力,可望我国铁路桥梁工程技术整体水平,会进入世界先进水平行列。