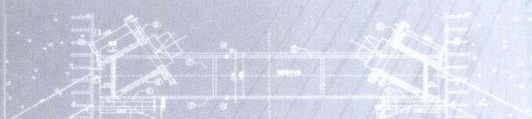


QIAOLIANG
JIANZAO JISHU ZHINAN

桥梁 建造技术指南

姜晨光 主编



化学工业出版社

桥梁 建造技术指南

姜晨光 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

内容精彩 印刷精美

本书以最新的国家规范和标准为依据,以近几年国内、外桥梁建设的最新成就为着眼点,结合我国国情,从实用的角度出发,通俗、系统地阐述了桥梁工程建设的基本程序与过程(包括桥梁工程勘测、桥梁工程规划、桥梁工程设计、桥梁工程施工、桥梁工程管理、桥梁工程检测等),对桥梁工程勘察、规划、设计、施工、管理和相关科学研究工作具有一定的指导意义和参考价值。

本书可供工作在桥梁建设第一线的工程技术人员、工程管理人员、工人使用,也可成为各级政府涉及桥梁工程技术的行政主管部门(如铁路、公路、交通、航运、市政、建设、规划、公安等)以及大运输类企业管理人员的“工作助手”和工具书,还可以作为大土木工程专业、大运输类专业高年级学生的选修教材或阅读材料。

图书在版编目(CIP)数据

桥梁建造技术指南/姜晨光主编.
工业出版社,2011.3
ISBN 978-7-122-09992-1

I. 桥… II. 姜… III. 桥梁工程-工程施工-
施工技术-指南 IV. U445.4-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 232012 号

责任编辑:董琳
责任校对:周梦华

文字编辑:刘莉珏
装帧设计:关飞

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)
印 装:大厂聚鑫印刷有限责任公司
787mm×1092mm 1/16 印张15½ 字数471千字 2011年4月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899
网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:58.00 元

版权所有 违者必究

前 言

桥梁是人类创造的历史最悠久的土木工程结构之一,据文字记载,桥梁建造的历史可追溯到5000年前。桥梁作为人类交通设施的重要组成部分是人类赖以生存的、不可或缺的重要工程建设,可以说我们的生活中几乎一刻都离不开桥梁。从英国福思湾铁路桥(1890年)算起,现代桥梁走过了120年的发展历程。人类对陆地交通的不断需求、科学与技术的不断进步是桥梁工程得以发展的强大动力。从20世纪后期到今天,人们通过对桥梁结构形式、工程材料、设计理论、施工设备、制造工艺等的不断研究与创新,使桥梁工程技术及科学体系均有了长足的发展和进步,桥梁建设活动异常火热。桥梁建设的基本目标是安全、适用、经济、美观,围绕这一基本目标,桥梁技术的发展应在以下4个方面做出应有的贡献,即较大的跨越能力和承载能力;车辆运行安全、乘客乘坐舒适;功能强、造价低;结构优美且与周边环境协调。为此,要求桥梁建设者必须具有科学的思维和精湛的技艺,这些均来自于勤奋的学习和不断的探索与实践,为满足桥梁建设者及时更新知识以及普及桥梁建造技术的需要,笔者不揣浅陋撰写了这本通俗易懂的书。

本书是笔者在江南大学从事教学、科研和工程实践活动的经验积累之一,也是笔者几十年土木工程生涯不断追踪科技发展脚步的部分收获,本书的撰写借鉴了当今国内外的最新研究成果和大量的实际工程资料,吸收了许多前人及当代人的宝贵经验和认识,也尽最大可能地包含了当今最新的桥梁技术成就,希望本书的出版能有助于桥梁科学技术的普及、发展与提高,对从事桥梁事业的人们有所帮助,为我国桥梁建设事业的健康可持续发展做出贡献。

全书由江南大学姜晨光主笔完成,无锡市建设局何跃平、朱烨昕、顾持真、成美捷、孙清林、冯伟洲、姜科、宋艳萍、夏正兴、范春雨、沈建;中国中铁置业集团上海中铁市北投资发展有限公司董勤景;江苏省如东县建设局冯兵;苏通大桥调度指挥中心陆培尧;江苏省交通规划设计院南通分院魏东海;湖南省交通规划勘察设计院彭建国;贵州省交通科学研究院王云牧;无锡市交通局丁满琪;莱阳市国土资源局姜春妍、姜祖彬、刘华、徐永成、梁延兴;无锡市滨湖城市投资发展有限责任公司张献锋;江南大学姜勇、张大林、潘吉仁、姜忠平等同志(排名不分先后)参与了部分章节的撰写工作。

初稿完成后,苏文磬、徐至善、李锦铭、王浩闻、黄建文等五位教授级高工提出了不少改进意见,为本书的最终定稿做出了重大的贡献,谨此致谢!

限于水平、学识和时间关系,书中内容难免存在粗陋与欠妥之处,敬请读者多多提出批评与宝贵意见。

姜晨光

2010年11月于江南大学

目 录

第1章 桥梁概论	1	第8章 混凝土梁桥施工	102
1.1 桥梁的类型、作用与特点	1	8.1 现浇法施工	102
1.2 桥梁规划与设计	12	8.2 吊机架梁法施工	112
1.3 桥梁建造的历史与发展	15	8.3 悬臂施工法	114
第2章 混凝土梁桥桥面构造	23	8.4 顶推法施工	116
2.1 混凝土梁桥的桥面铺装	23	第9章 混凝土拱桥	121
2.2 混凝土梁桥桥面防水与排水	25	9.1 拱桥的组成与特点	121
2.3 混凝土梁桥伸缩缝	25	9.2 拱桥的基本构造	125
2.4 混凝土梁桥的人行道、栏杆与 灯柱	27	9.3 拱桥的设计计算	135
第3章 混凝土简支体系梁式桥	32	9.4 拱桥施工	149
3.1 普通混凝土简支板桥的构造与设计	32	第10章 斜拉桥	155
3.2 装配式钢筋混凝土简支梁桥的构造与 设计	36	10.1 斜拉桥的组成与特点	155
3.3 装配式预应力混凝土简支梁桥的构造 与设计	37	10.2 斜拉桥总体布置与构造	157
3.4 组合梁桥构造与设计	43	10.3 斜拉桥的设计计算	170
第4章 混凝土简支梁桥	46	10.4 斜拉桥施工	175
4.1 混凝土简支梁桥的特点	46	第11章 悬索桥	178
4.2 混凝土简支梁桥主梁的内力计算	48	11.1 悬索桥的组成与特点	178
4.3 混凝土简支梁桥桥面板内力计算	51	11.2 悬索桥的基本类型	180
4.4 混凝土简支梁桥横隔梁内力计算	53	11.3 悬索桥的总体布置	181
4.5 混凝土简支梁桥挠度、预拱度计算	63	11.4 悬索桥构造特征	185
第5章 悬臂梁桥	65	11.5 悬索桥的设计计算	190
5.1 悬臂梁桥的结构类型与特点	65	11.6 悬索桥施工	193
5.2 悬臂梁桥一般构造和适用场合	66	第12章 组合体系桥与特种桥	199
5.3 悬臂梁桥牛腿的构造特点与计算	68	12.1 预应力混凝土梁拱组合体系桥	199
5.4 箱梁计算	71	12.2 部分斜拉桥	199
第6章 混凝土连续体系梁桥	74	12.3 刚构-连续组合梁桥	201
6.1 预应力混凝土连续梁桥的特点	74	12.4 其他组合体系桥	206
6.2 预应力混凝土连续梁桥设计与施工	81	12.5 弯梁桥	206
6.3 预应力混凝土连续刚构桥的特点	89	12.6 斜梁(板)桥	211
第7章 梁式桥支座设计	93	12.7 立交桥与高架桥	216
7.1 梁式桥支座的类型与布置	93	第13章 桥梁墩台设计	222
7.2 梁式桥支座的构造与工作原理	94	13.1 桥梁墩台的构造	222
7.3 板式橡胶支座设计与施工	100	13.2 桥梁墩台的设计计算	226
		13.3 桥梁墩台施工	228
		参考文献	243



第 1 章

桥梁概论

1.1 桥梁的类型、作用与特点

有位哲人说过“因为有了桥，天堑才变成通途！因为有了桥，心灵才得以沟通！因为有了桥，山川才更有灵气！”。桥梁装点了锦绣大地，桥梁改变了人们的生活。我们的生活需要桥，我们的生活离不开桥。桥梁与人们的生活密切相关，没有人不曾桥上走过。究竟桥梁是怎样的一种建筑物呢？中国著名文字学家许慎在《说文解字》中解说曰：“桥，水梁也。梁，水桥也”。可见，桥和梁都是一种修建在水面之上、以供通行的建筑物。在日常生活中，江、河、湖、海固然为人们提供了充足的水源和丰富的食物，但也给出行者带来了极大的不便。在今日的辽宁、贵州、浙江、重庆等地，尚可看到最原始的天然拱桥和天然梁桥。一些倒于河上的树木或露出水面的石头又或是长在河边的藤萝都可以成为人们的渡河工具，这就是所谓的独木桥和踏步桥，在原始社会时期人们已经懂得用这种方法架设桥梁。在浙江余姚河姆渡文化遗址中，可以看到当时建桥的遗痕。在《考工记》（战国时齐人所撰）中，可以找到关于大禹时期建桥的记载。不过这时的桥梁比较简单和粗糙，也比较原始。随着历史的推移，人们又在楼阁之间修建了信道，人称阁道桥。在无水的山谷中，人们也先后修建了大小不等的各种桥梁。因此，通俗地讲，桥梁就是空中的道路。

故古浮桥又称舟桥、浮航、浮桁和战桥。这是一种将船、筏用绳索连接在一起，上铺木板作为桥身建造的桥梁。浮桥的起源很早，《诗经》谓：“亲迎于渭，造舟为梁”，这是以舟为梁。古时限于技术条件或其他原因，在尚未有修建固定的桥梁之时，人们为解决交通的需要便建造了这种浮桥，也可说这是由船（桥）发展至桥梁的过渡。这类桥梁建造快速、造价低廉、移动方便，在战争环境中常被采用。例如五代时，唐庄宗（公元 923～926 年）便曾在黄河上架设过临时性的军用浮桥。不过军事性的浮桥需在上游以重兵保护，以防上游冲下船只，冲断浮桥。浮桥多建在河面宽、河水深，且涨落差异较大的地方。现在用浮桥作永久式桥梁的已很少，但在今日江浙一带尚可看到古代遗留下来的浮桥。比较典型的这类古浮桥有重庆打磨滩浮桥、四川青衣江竹编浮桥、临海云江浮桥等。

古索桥又称吊桥、绳桥或悬索桥。这是一种以绳索为桥身主要承重构件的桥梁，有竹索桥、藤索桥、铁索桥之别。此类桥梁的两端均建有石屋，安有柱桩、铁山、铁牛、石狮等，以固定桥索，或将桥索直接系在山岩上，并用木棍或绞车将桥索绞紧，然后在桥绳上安置木板即成。有的还在桥面两侧安置绳索，以作扶栏。索桥多建于沟深水急的峡谷中。四川、云南、贵州、西藏等地较常见。《徐霞客游记·滇游记》对云南龙川东江藤桥作了记载“龙川东江之源，滔滔南逝，系藤为桥于上以渡，桥阔十四五丈，以藤三四枝高络于崖，从树杪中悬而反下，编竹于藤上，略

可置足……一举足辄摇荡不已，必手揣旁枝，然后可移，止可度人，不可度马人”，索桥的惊险窥豹一斑。比较典型的这类古索桥有灌县（都江堰）安澜桥、泸定桥、桂林云渠索桥等。

古梁桥又称平桥，是以桥墩和横梁为主要承重构件而建造的一种桥梁，是中国古桥最基本、最主要的一种类型。梁桥的出现时间最早，在原始社会时期就有了，独木桥便是它的原始形式。秦汉以前历史上的桥梁，只有记载，没有踪迹可寻，但多半是梁桥。如《史记·苏秦传》中“尾生与女子期于梁下，女子不来，水至不去，抱柱而死”，这是苏秦以尾生的守信来说燕王，能让尾生抱柱而死的桥便应是梁柱桥。梁桥的主要建筑材料是木料和石料。结构则分为伸臂式、简支式，或有柱有墩的，形式变化万千。其桥洞数目从一孔到多孔不等。中小型梁桥在中国民间广为建造，数目最多、分布也最广。自20世纪70年代以后，中国各地陆续有一些出土的桥梁遗址（比如山东临淄齐城壕上有石台木梁桥的遗址，浙江绍兴出土晋代木桥樁等），这些遗址提供了古代梁桥发展的宝贵资料。比较典型的这类古梁桥有绍兴八字桥、泉州洛阳桥等。

优美的拱桥源出何处，至今仍有不同的说法，其中较普遍的是天生桥的说法。南宋诗人陆游《入蜀记》曰“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”。古拱桥是一种以拱券为桥身主要承重结构而建造的桥梁。从材料上说，有木拱桥、石拱桥、砖拱桥和竹拱桥的区别。从拱形上说，又可分为圆形拱、半圆形拱、椭圆形拱、蛋形拱、马蹄形拱、尖拱、花瓣拱、多边拱等。从大拱两端肩上有无小拱的虚实情况分，又有实肩拱（肩上有小拱）和敞肩拱（肩上有小拱，又称空腹式拱）。敞肩拱为中国首创。从拱洞的数目上分，又有单孔拱桥、双孔拱桥和多孔拱桥的区别。一般说来，拱桥孔洞多为单数，中间一孔较为高大，由此向两岸对称地逐步缩小，靠岸边两孔最小。石拱桥的历史虽然可上溯至秦汉，但却未有实物留下。现存的古石拱桥较早的是隋桥，最多的则是明清时代所建的，且大部分的古式拱桥均为半圆拱。比较典型的这类古拱桥有北京的卢沟桥、河北赵州的永济桥、南浔的半圆形拱桥等。

除梁桥、拱桥、索桥和浮桥四种类型外，中国桥梁还有栈道桥、阁道桥、纤道桥、渠道桥、栈桥、园林桥等。栈道桥又名栈阁、桥阁，是一种沿悬崖修建的单臂木梁桥，多见于山区，在今四川、陕西、云南、贵州等地尚存（比如藏蜀栈道）。纤道桥建于江河岸边，与堤岸平行，是纤夫拉船的信道，浙江绍兴的古纤道桥至今尚保存完好。阁道桥建于两楼之间（比如皇帝宫室，上层为皇帝专用），有的上建屋顶（也称复道），据说最早的阁道建于黄帝轩辕氏时，现存的例子如北京雍和宫万佛阁与延绥阁之间的阁道。园林桥修建在园林之内，曲折美观，亦称曲桥，它为游人观景创造了条件，同时也是园中一景，著名的如颐和园的十七孔桥。比较典型的这类古桥还有太原晋祠的鱼沼飞梁。

神州大地河川纵横，孕育了风姿万千的桥梁。我们的祖先很早就开始了造桥的活动。我国造桥的历史非常悠久，据历史文献记载和考古发掘的资料分析，远在原始社会时期我们的祖先就开始了修桥造桥的行为。经过了几千年、近万年的不断创造和改进，我们的祖先建造了许许多多规模宏大、结构科学、造型优美、艺术精湛的桥梁（比如河北的赵州桥、泉州洛阳桥等），在世界造桥史上都处于当时的领先地位。至于我国江南水网地区，西南高山峡谷地带更是离不开桥梁，许多百姓人家一出门就要跨水过桥。至于名山胜景、园林古迹，现代楼苑之中的桥梁更是以它们各种不同的优美姿态点缀着锦绣河山、社区园林。城市立交桥、过街天桥、跨江大桥、跨海大桥、新桥、古桥相映生辉，为人们的生活增添了无限美景。

到了近现代桥梁建设有了更加飞跃式发展，现代拱桥、现代梁桥、现代悬索桥、现代斜拉桥等奏响了桥梁的新乐章。

现代拱桥在竖直荷载作用下，作为承重结构的拱肋主要承受压力，拱桥的支座则不但要承受竖直方向的力还要承受水平方向的力，因此拱桥对基础与地基的要求比梁桥要高。图1-1-1分别表示上承式拱桥（桥面在拱肋的上方）、中承式拱桥（桥面一部分在拱肋上方，一部分在拱肋下方）与下承式拱桥（桥面在拱肋下方）。仅供人、畜行走的拱桥可以把桥面直接铺在拱肋上。而通行现代交通工具的拱桥，桥面必须保持一定的平直度，不能直接铺在曲线形的拱肋上，因此要通过立柱或吊杆将桥面间接支承在拱肋上。下承式拱桥可做成系杆拱，即在拱脚处用一报称为系杆的纵向水平受拉杆件将两拱脚连接起来，此时作用于支座上的水平推力就由系杆来承受（支座

则不再承受水平方向的力), 这样做可减轻地基承受的荷载 (特别是在地质状况不良时)。

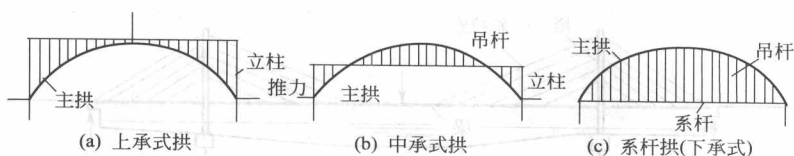


图 1-1-1 现代拱桥

现代梁桥在竖直荷载作用下, 梁的截面只承受弯剪, 支座只承受竖直方向的力。多孔梁桥的梁在桥墩上不连续的称为简支梁; 在桥墩上连续的称为连续梁; 在桥墩上连续, 在桥孔内中断, 线路在桥孔内过渡到另一根梁上的称为悬臂梁。支承在悬臂上的简支架称为挂梁; 伸出有悬臂的梁称为锚梁。架式桥的梁身可以做成实腹的, 也可以做成空腹的 (称为桁梁)。见图 1-1-2。

桥面支承在悬索 (通常称大缆) 上的桥称为悬索桥。英文为 suspension bridge, 是“悬挂的桥梁”之意, 故也有译作“吊桥”的。“吊桥”的悬挂系统大部分情况下用“索”做成, 故译作“悬索桥”, 但个别情况下, “索”也有用刚性杆或键杆做成的, 故译作“悬索桥”不能涵盖这一类用桥。和拱肋相反, 悬索的截面只承受拉力。简陋的只供人、畜行走用的悬索桥常把桥面直接铺在悬索上。通行现代交通工具的悬索桥则不行, 为了保持桥面具有一定的平直度, 是将桥面用吊索挂在悬索上。和拱桥不同的是, 作为承重结构的拱肋是刚性的, 而作为承重结构的悬索则是柔性的。为了避免在车辆驶过时, 桥面随着悬索一起变形, 现代悬索桥一般均设有刚性梁 (又称加劲梁)。桥面铺在刚性梁上, 刚性梁吊在悬索上。现代悬索桥的悬索一般均支承在两个塔柱上, 塔顶设有支承悬索的鞍形支座 (见图 1-1-3)。承受很大拉力的悬索的端部通过锚碇固定在地基中, 个别也有固定在刚性梁的端部者, 称为自锚式悬索桥。

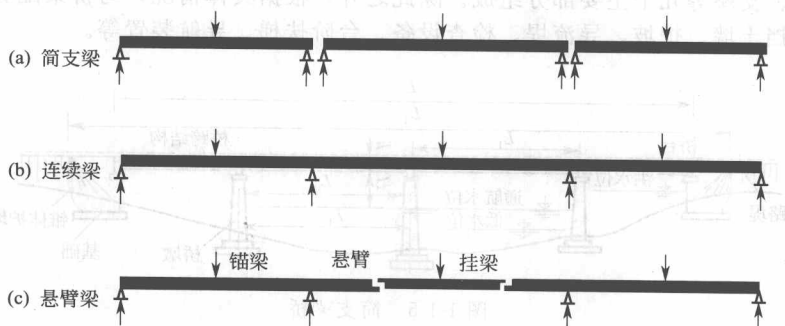


图 1-1-2 现代梁桥

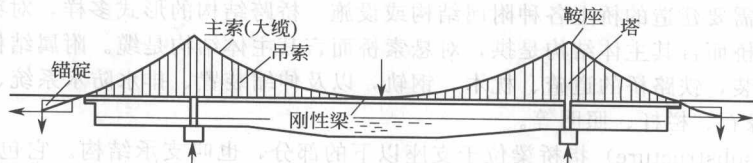


图 1-1-3 现代悬索桥

斜拉桥日文称“斜张桥”, 德文称“斜索桥”, 英文称“拉索桥 (cable stayed bridge)”。将梁用若干根斜拉索拉在塔在上, 便形成斜拉桥。与多孔梁桥对照起来看, 一根斜拉索就是代替一个桥墩的 (弹性) 支点, 从而增大了桥梁的跨度。斜拉桥这种结构形式古已有之。但是由于斜拉索中所受的力很难计算和很难控制, 所以一直没有得到发展和广泛应用。直到 20 世纪中, 由于电子计算机的出现, 解决了索力计算难的问题, 以及调整装置的完善, 解决了索力的控制问题, 使

得斜拉桥成为近 50 年内发展最快, 应用日广的一种桥型。见图 1-1-4。

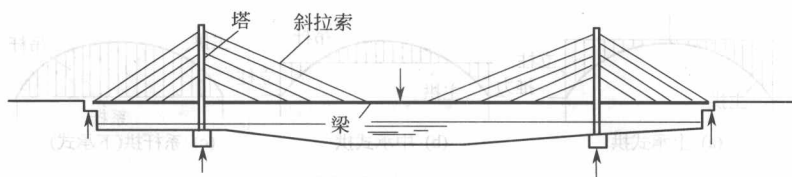


图 1-1-4 现代斜拉桥

综上所述,桥梁 (bridge) 就是供车辆 (汽车、列车) 和行人等跨越障碍 (河流、山谷、海湾或其他线路等) 的工程建筑物,或者说“桥梁就是跨越障碍的通道”,“跨越”是桥梁不同于其他土木建筑的典型结构特征。从线路工程 (公路工程、铁路工程、管道工程等) 的角度讲,桥梁就是线路在跨越上述障碍时的延伸部分或连接部分。桥梁工程 (bridge engineering) 科学是土木工程学科的一个重要分支。“桥梁工程”有两层含义,一是指桥梁建筑的实体,二是指建造桥梁所需的科技知识 (包括桥梁的规划、设计、施工、运营、管理、养护、维修以及相关的基础理论等)。土木工程 (civil engineering) 学科是以房屋、桥梁、道路等工程设施为研究对象的各个学科的统称,是建造各类工程设施的科学技术,各类工程设施通常是指由若干构件组成的、固定于地壳上的、为人们提供服务且能安全承受各种荷载的建筑结构物,土木工程既指工程设施本身也指与其相关的各种科学技术活动。

1.1.1 桥梁的组成

桥梁组成部分的划分与桥梁结构体系有关。常见的简支梁桥（见图 1-1-5），通常由上部结构、下部结构、支座等几个主要部分组成。除此之外，根据具体情况，与桥梁配套建造的附属结构物可能还有挡土墙、护坡、导流堤、检查设备、台阶扶梯、导航装置等。

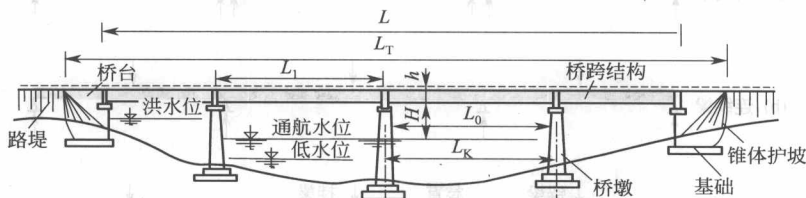


图 1-1-5 简支梁桥

上部结构 (superstructure) 是指桥梁位于支座以上的部分, 它由桥跨结构和桥面构造两部分组成, 前者指桥梁中直接承受桥上交通荷载的、架空的主体结构部分, 后者则指为保证桥跨结构能正常使用而需要建造的桥上各种附属结构或设施。桥跨结构的形式多样, 对梁桥而言其主体结构是梁, 对拱桥而言其主体结构是拱, 对悬索桥而言其主体结构是缆。附属结构或构造是指公路桥的行车道铺装, 铁路桥的道碴、枕木、钢轨, 以及伸缩装置、排水防水系统、人行道、安全带 (护栏)、路缘石、栏杆、照明等。

下部结构 (substructure) 指桥梁位于支座以下的部分, 也叫支承结构。它包括桥墩 (pier)、桥台 (abutment) 以及墩台的基础 (foundation), 是支承上部结构、向下传递荷载的结构物。桥梁墩台的布置是与桥跨结构相对应的。桥台设在桥跨结构的两端, 桥墩则分设在两桥台之间。桥台除起到支承和传力作用外, 还起到与路堤衔接、防止路堤滑塌的作用。为此, 通常需在桥台周围设置锥体护坡。墩台基础是承受由上至下的全部荷载 (包括交通荷载和结构重力) 并将其传递给地基的结构物, 它通常埋入土层之中或建筑在基岩之上, 经常需要在水中施工。架空的结构物与支承结构一起组成承重结构 (load-bearing structure), 承重结构通常由梁、墩或柱、拱、塔、缆等构件组成 (比如由梁、桥墩、桥台组成的梁桥, 由塔、缆、锚锭组成的悬索桥等)。

承重结构承受荷载、跨越空间并支承在基础之上,承重结构的任何一部分破坏结构就会破坏,而结构附属部分的破坏则不会导致结构的彻底破坏。

在桥跨结构与墩台之间,还需要设置支座(bearing)以连接桥跨结构与桥梁墩台,提供荷载传递的途径。

1.1.2 桥梁工程常用专有名词和技术术语

见图1-1-5,规模较大的桥梁工程通常包含正桥(bridge proper)与引桥(approach)两部分。正桥指桥梁跨越主要障碍物(如通航河道)的结构部分,它一般采用跨越能力较大的结构体系、需要深基础,是整个桥梁工程中的重点。引桥指连接正桥和路的桥梁区段,其跨度一般较小,基础一般较浅。在正桥和引桥的分界处,有时还会设置桥头建筑(比如桥头堡等)。

跨度也叫跨径(span),表示桥梁的跨越能力。对多跨桥梁,最大跨度称为主跨(main span)。跨度通常是表征桥梁技术水平的重要指标。桥跨结构相邻两支座间的距离 L_1 称为计算跨径,桥梁结构的分析计算以计算跨径为准。对梁式桥,设计洪水位线上相邻两桥墩(或桥台)间的水平净距 L_0 称为桥梁的净跨径,各孔净跨径之和称为总跨径(它反映出桥位处泄洪能力的大小)。我国公路梁桥把两桥墩中线间距离或桥墩中线与台背前缘的间距称为标准跨径 L_K (也称之为单孔跨径),跨径50m以下时通常采用标准跨径(从0.75~50m共21级,常用值为10m、16m、20m、40m等)进行设计。我国铁路梁桥习惯以计算跨径作为标准跨径(从4~168m共18级,常用值为20m、24m、32m、48m、64m、96m等)。采用标准跨径设计有利于桥梁制造和施工的机械化,也有利于桥梁的养护、维修和战备需要。

梁桥两桥台侧墙或八字墙尾端之间的距离 L_T 可称为桥梁全长,它标志桥梁工程的长度规模。两桥台台背前缘(对铁路桥,指桥台挡碴前墙)之间的距离 L 可称为多孔跨径总长(公路)或桥梁总长(铁路),它仅作为划分特大桥、大桥、中桥、小桥和涵洞的一个指标。

设计洪水位或设计通航水位对桥跨结构最下缘的高差 H 称为桥下净空(clear opening)高度,桥下净空高度应大于通航及排洪要求的规定值。

桥面(或铁路桥梁的轨底)至桥跨结构最下缘的垂直高度 h 称为桥梁建筑高度。公路或铁路桥梁线路设计中所确定的桥面(或轨底)高程与通航及排洪要求所规定的净空高度之差为容许建筑高度。显然,桥梁建筑高度不得大于容许建筑高度。

1.1.3 桥梁的分类

桥梁有各种不同的分类方式,每一种分类方式均可反映桥梁在某一方面特征。

(1) 桥梁按工程规模分类 桥梁按工程规模可划分为特大桥、大桥、中桥、小桥等,见表1-1-1。

表 1-1-1 桥梁涵洞按跨径分类

桥涵分类	公 路 桥 涵		铁路桥涵
	多孔跨径总长 L/m	单孔跨径 L_K/m	桥长 L/m
特大桥	$L > 1000$	$L_K > 150$	$L > 500$
大桥	$100 \leq L \leq 1000$	$40 \leq L_K \leq 150$	$100 < L \leq 500$
中桥	$30 < L < 100$	$20 \leq L_K < 40$	$20 < L \leq 100$
小桥	$8 \leq L \leq 30$	$5 \leq L_K < 20$	$L \leq 20$
涵洞	①	$L_K < 5$	②

① 对管涵和箱涵,不论孔数多少和跨径大小,均称为涵洞。

② 一般指 $L < 6\text{m}$ 且顶上有填土。

(2) 桥梁按用途分类 桥梁按用途不同可分为铁路桥、公路桥、公铁两用桥、人行桥等。铁路桥(railway bridge)专供铁路列车行驶,桥的宽度和跨度有限,其所承受的车辆活载相对较大(由于铁路迂回运输不易实现,因此铁路桥必须结实耐用且易于修复)。与铁路桥相比,公路桥

(highway bridge) 的车辆活载相对较小, 桥的宽度和跨度也可相对较大一些。公铁两用桥 (combined highway and railway bridge) 指同时承受公路和铁路车辆荷载的桥, 我国长江上的主要特大桥 (比如大胜关、武汉、南京、枝城、九江、芜湖等大桥) 都是如此, 通常在增加费用不多的情况下 (桥的墩台和基础可以共用) 可将公路、铁路桥合建 (因而可把专为公路建桥的时间大为提前), 随着经济的发展、公路交通量剧增, 专为公路修建特大桥的事屡见不鲜, 通常除高速公路 (铁) 路上的桥梁外其他桥梁均具备行人过桥的通道。人行桥 (pedestrian bridge, footbridge) 指专供行人 (有时包括非机动车) 使用的桥, 它跨越城市繁忙街道处 (也叫天桥, overpass) 或市区内河流或封闭的高速公路, 为行人 (及行车) 提供方便。在我国还曾有农桥一词, 它指在南方水网地区专为农用机械越过沟渠而建的小桥, 今天这一名词已无实用意义。

(3) 桥梁按桥跨结构所用材料进行的分类 按桥跨结构所用材料的不同桥梁可分为钢桥、钢筋混凝土桥、预应力混凝土桥、结合梁桥、圬工桥 (用砖、石、素混凝土块等砌体材料建造的拱桥)、木桥等。由于钢材具有匀质性好、强度高、自重小等优点, 因此钢桥 (steel bridge) 具有较大的跨越能力 (在跨度上处于领先地位), 我国传统的铁路桥采用钢桥 (钢板梁桥、钢桁梁桥等) 较多, 近年来随着大跨度公路悬索桥和斜拉桥的发展, 公路桥采用钢桥的形式也越来越多。钢筋混凝土桥 (reinforced concrete bridge) 和预应力混凝土桥 (prestressed concrete bridge) 的建造费用较低、养护维修方便, 是目前应用最为广泛的桥梁, 在中小跨度内已逐步取代钢桥, 在大跨度范围内也具有较强的竞争力。钢与混凝土形成的结合梁桥 (composite bridge) 主要指钢梁与钢筋混凝土桥面板组合形成的梁桥或加劲梁。圬工桥 (masonry bridge) 主要指石拱桥, 其取材方便、构造简单, 适用于跨度不大、取材方便的山区架桥。目前除临时性桥梁、林区桥梁、旅游外, 一般不采用木桥 (timber bridge)。人类历史上还曾先后采用过铸铁 (cast iron) 和锻铁 (wrought iron) 作为建桥材料, 在结构钢 (structural steel) 出现之后, 这类桥梁就退出了历史舞台。

(4) 桥梁按结构体系分类 桥梁按结构体系 (结构受力特征及立面形状) 的不同可分为梁桥 (beam bridge, girder bridge)、拱桥 (arch bridge)、悬索桥 (suspension bridge) 等三种基本体系, 以及由基本体系组合而成或一种基本体系与梁、塔、斜索等构件形成的组合体系, 见图 1-1-4 所示的斜拉桥 (cable-stayed bridge)。梁桥在竖向荷载作用下只产生竖向反力, 常见有简支梁桥、连续梁桥、悬臂梁桥 (见图 1-1-6)。拱桥在竖向荷载作用下有竖向反力和拱脚推力, 无铰拱还有支承弯矩, 见图 1-1-7。悬索桥以缆索跨过索塔顶锚固在河岸上作桥的承重结构, 在缆索上悬挂吊杆, 吊着桥面系供行车行人, 缆索受拉、索塔受压弯, 见图 1-1-3、图 1-1-8。刚架桥 (见图 1-1-9) 的显著特点是桥跨和墩台刚性连接成整体, 在竖向荷载作用下和拱一样, 有竖向反力和水平反力, 无铰刚架还有支承弯矩, 刚构桥梁与墩的刚性连接见图 1-1-10 [其中 (a) 为 T 形刚构桥、(b) 为连续刚构桥]。组合体系桥是由不同体系组合而成的桥梁, 常见有梁拱组合 (见图 1-1-11)、梁索组合 (斜拉桥等) 等。

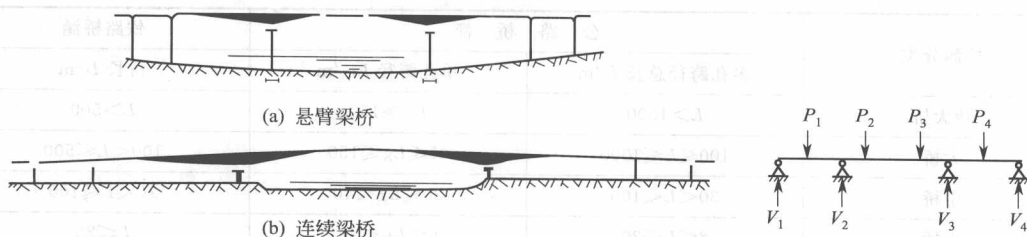


图 1-1-6 梁桥

(5) 桥梁按桥跨结构与桥面的相对位置进行分类 桥梁按桥跨结构与桥面的相对位置的不同可分为上承式、下承式和中承式桥。对梁桥和拱桥, 桥面 (deck) 布置在桥跨结构上面的为上承式桥 (deck bridge), 布置在桥跨结构下面的称为下承式桥 (through bridge), 布置在桥跨结构中间的称为中承式桥 (half through bridge)。桥面位置的选择与容许建筑高度和实际需要有关。上承式桥被广泛采用, 适用于容许建筑高度较大的情况, 其特点是上部结构的宽度较小、墩台的材

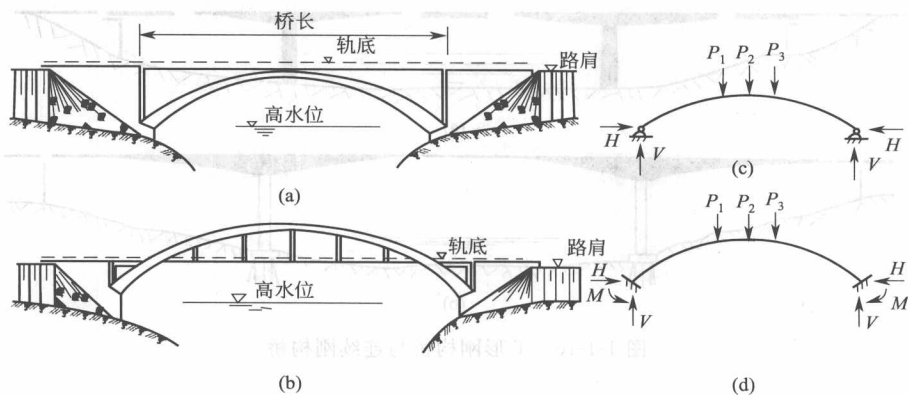


图 1-1-7 拱桥

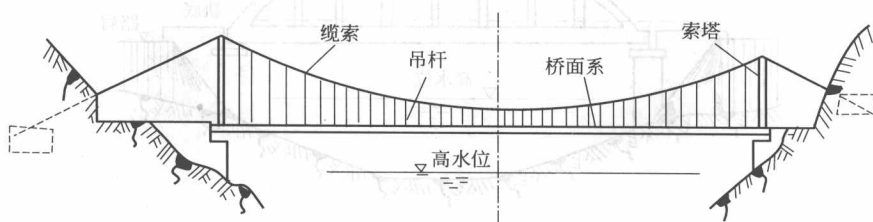


图 1-1-8 悬索桥

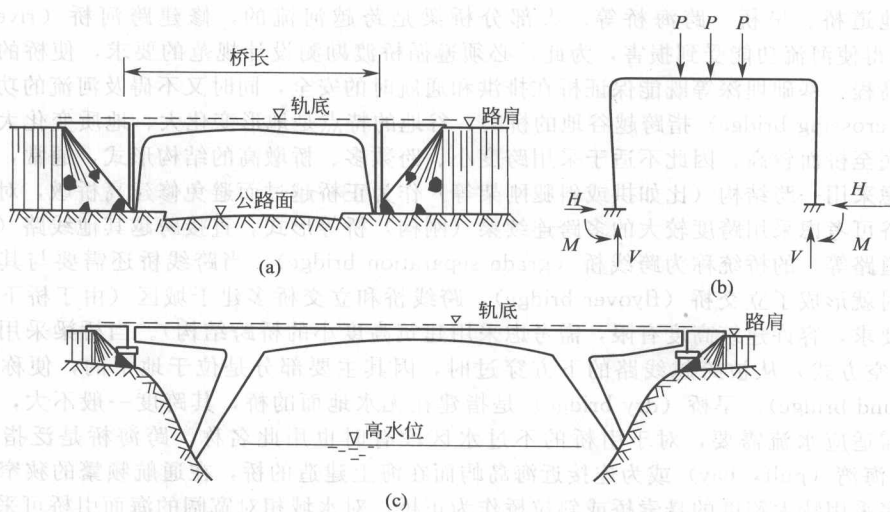


图 1-1-9 刚架桥

料用量有所节省、桥面视野开阔。当容许建筑高度很小、布置上承式桥困难时可采用下承式桥，由于桥跨结构在桥面之上且需要满足桥面净空要求，故结构的横向宽度相对较大，墩台尺寸也相应有所增加。有时因地形限制或结构造型需要须把桥面布置在桥跨结构高度的中间部位而形成中承式桥，因其承重结构有一部分位于桥面之上占用了桥面宽度，为使桥面宽度满足要求必需加宽两片拱肋或桁梁的中心距（这将使横梁跨度增加、用料偏多）。在一座桥中，桥跨结构与桥面的相对位置可有不同的形式。

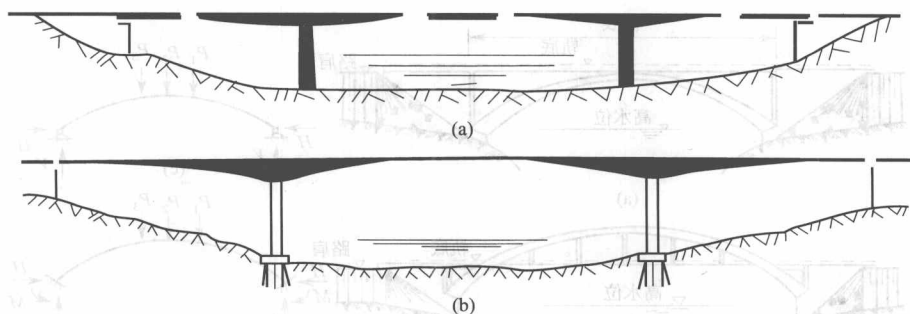


图 1-1-10 T形刚构桥与连续刚构桥

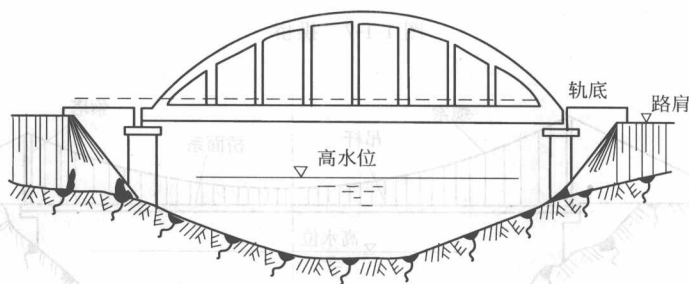


图 1-1-11 梁拱组合

(6) 桥梁按跨越对象的分类 桥梁按所跨越的对象的不同可分为跨河桥、跨谷桥、跨线桥、立交桥、地道桥、旱桥、跨海桥等。大部分桥梁是跨越河流的，修建跨河桥（river-crossing bridge）不得使河流功能受到损害，为此，必须遵循桥渡勘测设计规范要求的要求，使桥的孔径、跨度、桥面高程、基础埋深等既能保证桥在排洪和通航时的安全，同时又不碍及河流的功能。跨谷桥（gorge-crossing bridge）指跨越谷地的桥梁，谷地的特点是地形变化大、地质变化大、水流变化大、谷底至桥面较高，因此不适于采用跨度小、跨数多、桥墩高的结构形式，通常，对较窄的河谷可考虑采用一跨结构（比如拱或斜腿刚架等）作为正桥越过而避免修建高桥墩，对较为开阔平坦的河谷可考虑采用跨度较大的多跨连续梁（刚构）桥等形式。直接跨越其他线路（公路、铁路、城市道路等）的桥统称为跨线桥（grade separation bridge），当跨线桥还需要与其所跨越的线路互通时就形成了立交桥（flyover bridge），跨线桥和立交桥多建于城区（由于桥下净空和桥面高程的要求，容许建筑高度有限，需考虑采用建筑高度小的桥跨结构）。当桥梁采用下降方式（而不是架空方式）从被跨越线路的下方穿过时，因其主要部分是位于地下的，便称为地道桥（underground bridge）。旱桥（dry bridge）是指建在无水地面的桥，其跨度一般不大，其桥墩截面形状不需适应水流需要，对于引桥的不过水区段有时也用此名称。跨海桥是泛指跨越海峡（straits）、海湾（gulf, bay）或为连接近海岛屿而在海上建造的桥，在通航频繁的狭窄海峡或海上航道处多采用特大跨度的悬索桥或斜拉桥作为正桥，对水域相对宽阔的海面引桥可采用多跨的预应力混凝土梁。跨海桥的长度从几千米到几十千米不等，需在自然条件复杂的海洋环境中施工，对质量（尤其对材料的耐久性和防腐蚀性）的要求高，应采用以大吨位预制浮运架设为主的施工方法，并应尽量减少海上作业量及对海洋环境的影响。

(7) 桥梁按平面形状分类 桥梁按平面形状的不同可分为直桥、斜桥、弯桥等。绝大部分桥梁为直桥或正交桥（right bridge），其纵轴线方向同水流方向（或所跨越的线路方向）基本正交。斜桥（skew bridge）指水流方向（或所跨越的线路方向）同桥的纵轴线不呈直角相交的桥，由于斜桥所提供的桥下净空的有效宽度比直桥所提供者小，因此为提供同样的桥下有效宽度斜桥的跨度就需加大，故不宜使桥梁斜交过甚。在水平面上呈曲线状的桥称为弯桥或曲线桥（curved

bridge),当桥位于线路的曲线区段,在桥的跨度小时可仍用多跨直线梁(按折线布置)而仅让桥面适应曲线要求,当跨度较大时则应改变桥梁的形状而使桥跨结构本身呈曲线状。

(8) 桥梁按预计使用时间长短进行分类 桥梁按预计使用时间的长短的不同可分为永久性桥梁和临时性桥梁。永久性桥梁(permanent bridge)指用钢材、混凝土、石材等耐久材料所修建的桥梁,桥梁的设计和施工应遵照适用的规范,达到经济合理目的,其期望的使用寿命一般在100年左右。临时性桥梁(temporary bridge)也称便桥(detour bridge),是指为使线路早日开通而对使用寿命不作长久打算的桥,其材料可用木材、钢材和制式设备(比如万能杆件等),其孔径和跨度可不考虑洪水影响,当造桥物资不充足时还可对桥上的行车提出一些限制。

(9) 桥梁的其他分类 绝大部分桥梁在建成后是不可移动的,称为固定式桥梁。在特殊情况下,为同时满足线路高程要求和河流通航要求,也修建开启桥或活动桥(basculable bridge)。开启桥指一部分桥跨结构(通常为钢梁)可以提升或转动(平转或竖转)的桥,而升高或转动的目的则是为了让桥下可通过较高的船舶。与固定式桥梁相比,开启桥的建造费用可以节省,但其交通量将受到限制,而维修管理费用也较高。

为军事目的而修建的桥可称之为军用桥(military bridge)。军事上常用的临时性桥梁之一就是贝雷桥(bailey bridge),其由桁架组成,拆装简便、运输方便、承载力大。军事上常用的另一种就是浮桥或舟桥(floating bridge, pontoon bridge),其用船或浮箱代替桥墩浮在水面上。在军用的制式舟桥中,为增加其机动性,常让其具有自行性。

伴随着城市交通的发展,需要修建大量的高架桥(viaduct)或高架路,其主要目的是让线路高出地面,从而保持线路的畅通或增加其通行能力。在山区修建高架桥的主要目的则是为了保护森林植被,减少对自然环境的破坏。高架桥也常指跨越深谷或宽谷的高桥。

在码头上用于沟通河岸与轮船以装卸货物或作为上下旅客的通道的称为栈桥(trestle bridge)。栈桥采用桩和梁作为承重结构,因其与古代栈道相似而得名。在桥梁施工中,为在河岸与水中桥墩之间建立通道,往往也搭建临时性栈桥。

专为输水而修建的架空渠道称为渡槽或水道桥(aqueduct)。为输送天然气、煤气、自来水、电力等而建造的桥统称为管线桥(pipeline bridge)。连接运河的桥称为运河桥(canal bridge),桥上可行船。

另外,有时也根据桥梁的其他突出构造特点进行命名和分类,限于篇幅不做过多阐述。

1.1.4 桥梁的结构体系

按结构体系及其受力特点,桥梁可划分为梁、拱、索三种基本体系和组合体系。不同的结构体系具有不同的结构形式和受力特点。

1.1.4.1 梁桥

梁桥是古老的桥梁结构体系之一。梁作为承重结构主要以其抗弯能力来承受荷载,在竖向荷载作用下其支承反力也是铅直的,简支梁桥的梁部结构只受弯、剪而不承受轴向力。常用简支梁(simply-supported beam)桥的跨越能力有限,跨度一般不超过40m。后来悬臂梁桥和连续梁桥得到了发展,它们都利用增加中间支承以减少跨中正弯矩,更合理地利用了材料和分配内力,加大了跨越能力。悬臂梁(cantilever beam)采用铰结或一简支跨(称为挂孔)来连接其两个端头,为静定结构,受力明确、计算简便,但因其结构变形在连接处不连续而对行车和桥面养护产生不利影响,近年来已很少采用。连续梁(continuous beam)因桥跨结构连续,克服了悬臂梁的不足,是目前采用较多的梁式桥型。梁桥分实腹式和空腹式。实腹梁的横截面形式多为T形、I字形和箱形等。空腹梁主要指桁架(truss)式桥跨结构,梁的高度和截面尺寸可在桥长方向保持一致或随之变化。中小跨度的实腹梁桥常采用等高度T形梁(混凝土)或I形梁(钢),跨度较大时可采用变高度(在中间支承处增大梁高)箱形截面预应力混凝土连续梁(刚构)桥或钢桁架梁并配合悬臂法施工。

1.1.4.2 拱桥

拱桥的主要承重结构是具有曲线外形的拱圈(arch ring)。在竖向荷载作用下,拱圈主要承

受轴向压力,但也受弯、受剪。拱趾处的支承反力除了竖向反力外还有较大的水平推力(thrust)。根据拱的受力特点,多采用抗压能力较强且经济合算的砌体材料(石材等)或钢筋混凝土来修建拱桥。因拱是有推力的结构,对地基的要求较高,故一般宜建于地基良好之处。按照静力学的划分,拱可分成单铰拱、双铰拱、三铰拱和无铰拱。因铰的构造较为复杂,一般常采用无铰拱体系。随着施工方法的进步,除了传统的满堂支架或拱架施工方法外,目前也经常采用悬臂施工、转体施工、劲性骨架施工等无支架施工新技术,这对拱桥在更大跨度范围内的应用起到了重要的促进作用。

1.1.4.3 悬索桥

悬索桥主要由缆(又称索,cable)、塔(pylon)、锚碇(anchorage)、加劲梁(stiffening girder)等组成。对跨度较小(比如小于300m)、活载较大且加劲梁较刚劲的悬索桥,可将其视为缆与梁的组合体系。但大跨度悬索桥的主要承重结构为缆,其组合体系的效应可忽略。悬索桥在竖向荷载作用下,其悬索受拉,锚碇处会承受较大的竖向(向上)和水平(向河心)力。悬索桥悬索通常用高强度钢丝制成圆形大缆,加劲梁多采用钢桁架梁或扁平箱梁,桥塔可采用钢筋混凝土或钢。因缆的抗拉性能得以充分发挥且其尺寸基本上不受限制,故悬索桥的跨越能力一直在各种桥型中名列前茅。不过,由于结构较柔,悬索桥较难满足当代铁路桥的要求。在修建跨度相对较小(通常不大于300m)的悬索桥时,当两岸用地受到限制而无法布置锚碇时或出于景观需要,可采用自锚式悬索桥(self-anchored suspension bridge)。自锚式悬索桥将大缆的两端固定在加劲梁的两端,省略了大尺寸的锚碇,但导致了梁的材料用量的增加,也增加了施工难度。

1.1.4.4 组合体系桥

组合体系桥(combined system bridge)指承重结构采用两种基本体系或一种基本体系与某些构件(梁、塔、柱、斜索等)组合在一起的桥。在两种结构体系中,梁经常是其中一种,与梁组合的可以是柱、拱、缆或塔、斜索。代表性的组合体系主要有刚架桥、T形刚构桥和连续刚构桥、梁-拱组合体系、斜拉桥及其他组合体系等几种类型。

(1) 刚架桥。刚架桥(portal bridge)是梁与立柱(或称为墩柱)的组合体系。刚架桥中的梁与立柱刚性连接形成刚架,见图1-1-12。刚架桥的主要特点是立柱具有相当的抗弯刚度,故可有效分担梁部跨中正弯矩,达到降低梁高、增大桥下净空的目的。刚架桥在竖向荷载作用下,主梁与立柱的连接处会产生负弯矩,主梁、立柱承受弯矩也承受轴力和剪力,柱底约束处既有竖直反力也有水平力。刚架桥多采用立柱直立的、单跨或多跨的门形框架形式,柱底约束可以是铰结或固结。钢筋混凝土刚架桥适用于中小跨度的、建筑高度要求较严的城市或公路跨线桥。立柱斜向布置的刚架桥称为斜腿刚架桥(portal bridge with inclined legs,见图1-1-13),其受力特点与刚架桥大致相同,在竖向荷载作用下,斜腿以承压为主,两斜腿之间的梁部受到一定的轴向力。斜腿刚架桥斜腿底部可采用铰结或固结形式,并受到较大的水平推力。对跨越深沟峡谷、两侧地形不宜建造直立式墩柱的情况,斜腿刚架桥可表现出其独特之处。墩柱在立面上呈V形并与梁部固结的桥梁,称为V形刚架桥,其在受力上具有连续梁和斜腿刚架的特点,由于V形支撑的作用,支点负弯矩及梁高可适当减小、跨度可适当加大、外形也较美观。

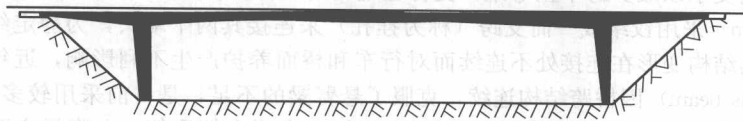


图 1-1-12 刚架桥

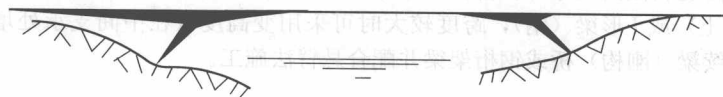


图 1-1-13 斜腿刚架桥

(2) T形刚构桥和连续刚构桥 随着预应力技术和悬臂施工方法的发展,具有刚架形式和特点的桥梁可用于跨径更大的情况,比如T形刚构桥(T-shaped rigid frame bridge)。预应力混凝土T形刚构桥是因悬臂施工方法的发展而衍生出来的一种桥型,其桥墩的尺寸及刚度较大,墩顶与梁部固结,墩底与基础固结,仍在跨中设铰或挂孔来连接邻近两T形刚构,它融合了悬臂梁桥和刚架桥的部分特点。T形刚构桥因是静定结构,能减少次内力、简化主梁配筋。T形刚构桥有利于对称悬臂施工,但粗大的桥墩会因承受弯矩较大而费料,其桥面线形的不连续也会影响行车,因此,目前已很少采用这种桥式。在连续梁桥基础上,人们把主跨内较柔细的桥墩与梁部固结起来,就形成了所谓的连续刚构桥(continuous rigid frame bridge,见图1-1-10)。连续刚构桥的特点是桥墩(为单墩或双薄壁墩)较为纤细,以承受轴向压力(而不是弯矩)为主,表现出柔性墩的特性,这就使得其梁部受力仍然体现连续梁的受力特点(主跨梁部仅受到较小轴向力的作用)。连续刚构桥除保持了连续梁的受力优点外,还节省了大型支座的费用,减少了桥墩及基础的工程量,改善了结构在水平荷载下的受力性能,有利于简化施工工序,适用于需要布置大跨、高墩的桥位。近年来,预应力混凝土连续刚构体系在桥梁工程中的应用越来越普遍,其用于公路桥的跨度已超过300m。为突出结构造型上的不同,人们将T形刚构桥和连续刚构桥划归为组合体系,但从主要受力特点上看T形刚构桥和连续刚构桥仍主要表现出梁的受力特点,字面上“刚构”一词可理解为墩梁刚性连接形成的桥跨结构。

(3) 梁-拱组合体系 梁-拱组合体系同时具备梁的受弯和拱的承压特点。组合形式可以是刚性拱及柔性拉杆(也称系杆拱),也可以是柔性拱及刚性梁(见图1-1-14)。梁-拱组合体系的主要优点是利用梁部受拉(若是混凝土梁部则对其施加预应力)来承受和抵消拱在竖向荷载下产生的水平推力,这样,桥跨结构既具有拱的外形和承压特点又不存在大的水平推力,故可在一般地基条件下修建。但相对而言,梁-拱组合体系的施工较为复杂。

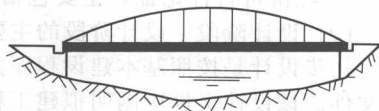


图1-1-14 下承式系杆拱桥

(4) 斜拉桥 斜拉桥(cable-stayed bridge,见图1-1-4)是梁与塔、斜索组成的组合体系,结构形式多样、造型优美壮观。在竖向荷载作用下,梁以受弯为主,塔以受压为主,斜索则承受拉力。斜拉桥梁体被斜索多点扣住,表现出弹性支承连续梁的特点(这样,梁所承受的恒载弯矩减小,梁高可以降低,结构自重可以减轻,跨度可以增加),另外,塔和斜索的材料性能也能得到较充分发挥。因此,斜拉桥的跨越能力仅次于悬索桥,是近几十年来发展很快的一种桥式。同样由于刚度问题,斜拉桥在铁路桥梁上的应用也极为有限。

(5) 其他组合体系 其他组合体系主要包括斜拉体系(塔及斜索)及梁、拱、索的组合体系。斜拉体系也可与大跨度钢桁架梁组合,在这种体系中,主要承重结构是钢桁架梁,斜拉体系只起到辅助施工和分担荷载的“加劲”作用,比如芜湖长江大桥。矮塔、斜索与变截面预应力混凝土连续梁或连续刚构形成的组合体系(extradosed prestressed bridge,国内称矮塔斜拉桥或部分斜拉桥)桥型将原来置于梁体内的一部分预应力钢筋外置以便提高其预应力效率,其外形与斜拉桥相近,但受力上介于传统梁桥和斜拉桥之间。斜拉体系与拱的组合可形成斜拉拱桥(cable-stayed arch bridge),这种桥式将斜索下端锚于桥面以分担荷载。将斜索布置在悬索桥桥塔两侧可形成斜拉-悬索组合体系(cable-stayed-suspension hybrid bridge),这一桥式现主要用于悬索桥加固,也曾作为一些跨海峡特大桥(比如直布罗陀大桥)方案被提出。

桥梁结构体系的分类无一定之规(比如悬索桥和斜拉桥又可划分为缆索承重桥的类型),以上各种分类也不可能包容式样繁多的所有桥型。仅仅对桥梁的(纵向)结构体系有所了解还远不能完全把握住桥梁的结构特点,在结合桥位情况选择某种结构体系的同时还需要对这一结构体系相适应的建桥材料(钢、混凝土或两者的结合)、结构横截面形状及布置(比如多主梁或箱梁或桁架梁)、结构的横向和立面布置(比如斜拉桥的塔及索面的布置与造型)、重要的构造细节(比如预应力的配筋方式、节点处理)、施工方法(比如浮运、顶推、悬臂施工等)等进行比较、分析和选择。然后,才可能建造出符合工程规律、具有经济效益的性价比高的优质桥梁。

1.2 桥梁规划与设计

1.2.1 桥梁设计程序

我国桥梁设计程序分为前期工作及设计阶段两步。前期工作主要包括编制预可行性研究报告和可行性研究报告。设计阶段一般按“三阶段设计”进行,即初步设计、技术与施工设计。

(1) 前期工作 预可行性研究报告与可行性研究报告的编制均属建设的前期工作。预可行性研究报告在工程可行的基础上着重研究建设上的必要性和经济上的合理性。可行性研究报告则是在预可行性研究报告审批后,在必要性和合理性得到确认的基础上,着重研究工程上的和投资上的可行性。这两个阶段的研究都是为科学地进行项目决策提供依据的,前期工作可避免盲目性及带来的严重后果。这两个阶段的文件应包括以下3方面主要内容。

① 工程必要性论证。评估桥梁建设在国民经济中的作用。

② 工程可行性论证。首先是选择好桥位,其次是确定桥梁的建设规模,同时还要解决好桥梁与河道、航运、城市规划以及已有设施(统称“外部条件”)的关系。

③ 经济可行性论证。主要包括造价及回报问题和资金来源及偿还问题。

(2) 设计阶段 设计阶段的主要工作是初步设计、技术设计和施工设计(称三阶段设计)。

初步设计是按照基本建设程序为使工程取得预期的经济效益或目的而编制的第一阶段设计工作文件。该设计文件应阐明拟建工程技术上的可行性和经济上的合理性,要对建设中的一切基本问题作出初步确定。内容一般应包括设计依据、设计指导思想、建设规模、技术标准、设计方案、主要工程数量和材料设备供应、征地拆迁面积、主要技术经济指标、建设程序和期限、总概算等方面的图纸和文字说明。初步设计应根据批准的计划任务书编制,应进一步开展水文、勘测工作,对桥式方案进行比选,对科研项目进行立项,编制施工组织设计,完成工程概算工作。

技术设计是基本建设工程设计分为三阶段设计时的中间阶段的设计工作。它是在已批准的初步设计的基础上,通过详细的调查、测量和计算而进行的。其内容主要为协调编制拟建工程中有关工程项目的图纸、说明书和概算等。经过审批的技术设计文件是进行施工图设计及订购各种主要材料、设备的依据,且是基本建设拨款(或贷款)和对拨款的使用情况进行监督的基本文件。技术设计应进一步深化初步设计,充分勘探,确定细部尺寸、截面配筋,确定施工方法,合理调整概算。

施工设计又称为施工图设计,是设计部门根据鉴定批准的三阶段设计的技术设计或两阶段设计的扩大初步设计或一阶段设计的设计任务书所编制的设计文件。施工设计文件应提供为施工所必需的图纸、材料数量表及有关说明。与前一设计阶段比较,施工图的设计和绘制应有更加详细的、具体的细部构造和尺寸以及用料和设备等图纸的设计和计算结果。施工图设计的主要内容包包括平面图、立面图、剖面图及结构、构造的详图;工程设计计算书;工程数量表等。施工图设计一般应全面贯彻技术设计或扩大初步设计的各项技术要求。除上级指定需要审查者外,一般均不需再审批,可直接交付施工部门据以施工,设计部门必须保证设计文件的质量。同时施工图文件也是安排材料和设备、加工制造非标准设备、编制施工图预算和决算的依据。施工图设计阶段应编制施工图、编制工程预算。

三阶段设计一般用于大型、复杂的工程,铁路建设项目的设计工作一般常采用三阶段设计。两阶段设计分为初步设计和施工设计两个阶段,其中初步设计又称为扩大初步设计,公路、工业与民用房屋、独立桥涵和隧道等建设项目的设计工作通常采用这种设计步骤。一阶段设计仅包括施工图设计一个阶段,一般适用于技术简单的中小桥。国外施工设计通常是由施工承包商进行的,国内所有设计则全由设计单位进行。

1.2.2 桥梁的规划设计

桥梁规划设计的内容包括野外勘测与调查研究、纵断面设计、横断面设计、平面布置等。桥梁设计的原则是“适用、经济、安全和美观”,围绕这一基本目标,桥梁技术的发展应表现为桥