

建设工程施工跟我学系列

QIAOLIANG GONGCHENG SHIGONG
KUAISU RUMEN

桥梁工程施工 快速入门

宋世海 主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

建设工程施工跟我学系列

QIAOLIANG GONGCHENG SHIGONG
KUAISU RUMEN

桥梁工程施工 快速入门

宋世海 主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书共分为十章,其中包括桥梁基础知识,桥梁施工准备,基础施工,混凝土、钢筋施工,模板与脚手架施工,支座与墩台施工,桥面施工,梁式桥施工,悬索桥与斜拉桥施工,拱桥施工。

本书内容详实,语言简洁,重点突出,针对性强,适用于从事桥梁工程施工的新入职人员,也可作为高等院校相关专业的参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

桥梁工程施工快速入门 / 宋世海主编. —北京: 中国电力出版社, 2015.6
(建设工程施工跟我学系列)

ISBN 978-7-5123-7360-0

I. ①桥… II. ①宋… III. ①桥梁施工 IV. ①U445

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 046095 号

中国电力出版社出版发行

北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>

责任编辑: 关 童 联系电话: 010-63412603

责任印制: 蔺义舟 责任校对: 常燕昆

北京市同江印刷厂印刷·各地新华书店经售

2015 年 6 月第 1 版第 1 次印刷

700mm×1000mm 1/16·11.25 印张·215 千字

定价: 32.00 元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪

本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

前 言

随着社会的发展，桥梁种类越来越多，工程遍布全国各地。桥梁工程施工人员的需求量也越来越大。许多从业人员由各相关专业的施工转到桥梁施工；也有许多从业人员是相关专业或本专业毕业之后初涉桥梁施工；还有一些人员为零基础进行桥梁施工。为使刚从事道路施工的人员快速适应工作岗位，我们特意编写了《桥梁工程施工快速入门》。

本书在编写过程中着重讲述桥梁工程施工入门所需了解的概念、构造、施工准备、施工流程等内容。使读者对道路工程施工有全面的认知，本书图文并茂，便于读者理解。

本书共分为十章，由内蒙古交通设计研究院有限责任公司的宋世海独立完成主要内容的编写，其他参与资料收集、补充的人员还有李仲杰、叶梁梁、梁燕、张跃、刘娇、马军卫、王文慧、朱思光等人。

在编写过程中承蒙有关高等院校、建设主管部门、建设单位、工程咨询单位、设计单位、施工单位等方面的领导和工程技术、管理人员，以及对本书提供宝贵意见和建议的学者、专家的大力支持，在此向他们表示由衷的感谢！书中参考了许多相关教材、规范、图集文献资料等，在此谨向这些文献的作者致以诚挚的敬意。

由于作者的时间仓促、水平有限，书中难免出现疏漏或不妥之处，敬请读者批评指正并提出宝贵意见和建议。

编 者

目 录

前言

第一章 桥梁基础知识	1
一、桥梁概念	1
二、桥梁的组成	3
三、桥梁的长度	4
四、桥梁工程术语	4
五、最常见的桥梁结构	5
第二章 桥梁施工准备	12
一、施工现场准备	12
二、技术准备	13
三、施工物资、施工机具、劳动组织准备	16
第三章 基础施工	18
一、浅基础施工	18
二、深基础施工	27
第四章 混凝土、钢筋施工	45
一、混凝土施工	45
二、钢筋施工	49
第五章 模板与脚手架施工	52
一、常用模板构造	52
二、模板安装与拆除	54
三、脚手架的搭设与拆除	56
第六章 支座与墩台施工	59
一、桥梁支座	59

二、桥梁墩台施工	64
第七章 桥面施工	78
一、桥面铺装	78
二、桥面排水设施	80
三、桥面伸缩缝	82
四、人行道、栏杆与灯柱	86
第八章 梁式桥施工	90
一、简支梁桥施工	90
二、连续与悬臂梁式桥施工	110
第九章 悬索桥与斜拉桥施工	128
一、悬索桥施工	128
二、斜拉桥施工	134
第十章 拱桥施工	141
一、拱架施工法	141
二、绳索吊装施工法	152
三、其他施工方法	164
参考文献	174

第一章

桥梁基础知识

一、桥梁概念

桥梁是跨越障碍物（如河流、沟谷、道路、铁路等）的建筑物，如图 1-1 所示。随着城市建设的发展，桥梁已经成为城市道路的重要组成部分。



(a)



(b)

图 1-1 桥梁在生活中起到的作用（一）

（a）跨沟桥梁；（b）跨河桥梁



(c)



(d)



(e)



(f)

图 1-1 桥梁在生活中起到的作用 (二)

(c) 跨海桥梁; (d) 跨山谷桥梁; (e) 跨道路桥梁; (f) 跨铁路桥梁

二、桥梁的组成

桥梁一般由上部结构、支座、下部结构和附属设施组成。如图 1-2 和图 1-3 所示, 分别为梁式体系和拱式体系桥梁结构示意图。

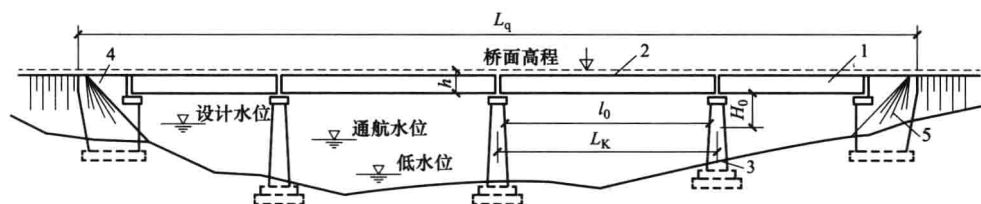


图 1-2 梁式体系桥的基本组成

1—主梁；2—桥面；3—桥墩；4—桥台；5—锥形护坡

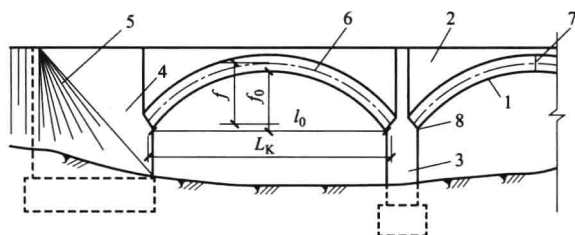


图 1-3 拱式体系桥的基本组成

1—拱圈；2—拱上建筑；3—桥墩；4—桥台；5—锥形护坡；6—拱轴线；7—拱顶；8—拱脚

(1) 上部结构。上部结构又称为桥跨结构, 由承重结构和桥面组成。

1) 承重结构。是道路遇到障碍(如断崖、山谷等)而中断时跨越障碍的主要承载结构。它的主要作用是承受车辆荷载, 并通过支座传给墩台。

2) 桥面。桥面主要由防排水设施、桥面铺装、桥面伸缩缝及路面、护栏、灯具等构成。

(2) 支座。支座是梁式桥中在上部结构与桥墩或桥台的支承处所设置的传力装置, 它不仅要传递荷载, 而且要保证桥跨结构能按照设计要求产生位移。

(3) 下部结构。下部结构主要由桥墩、桥台、基础组成, 其作用是支承桥跨结构并将结构重力和车辆等荷载传至地基土层。

1) 桥墩。桥墩是指多跨桥梁中的中间支承结构物, 它除承受上部结构作用的受力外, 还承受风力、流水压力及可能发生的冰压力、船只和漂流物的撞击力等。

2) 桥台。桥台是设置在桥的两端、除了支承桥跨结构作用的受力外还是与两岸接线路堤衔接的构造物; 既要挡土护岸, 又能承受台背填土及填土上车辆作用所产生的附加土侧压力。

3) 基础。桥墩和桥台中使全部作用效应传至地基的底部奠基部分称为基础,

它是确保桥梁能安全使用的关键。由于基础往往深埋于土层之中,有时还需在水下施工,故也是桥梁建筑中施工比较困难的部分。

(4) 附属设施。

1) 锥形护坡。在路堤与桥台衔接处设置砌筑的锥形护坡,其作用是保证路堤迎水部分路堤边坡的稳定。

2) 附属工程。如护岸、导流构筑物等。

三、桥梁的长度

(1) 特大桥。 $L > 1000\text{m}$; $L_K > 150\text{m}$ 。

(2) 大桥。 $100\text{m} \leq L \leq 1000\text{m}$; $40\text{m} \leq L_K \leq 150\text{m}$ 。

(3) 中桥。 $30\text{m} < L < 100\text{m}$, $20\text{m} \leq L_K < 40\text{m}$ 。

(4) 小桥。 $8\text{m} \leq L \leq 30\text{m}$, $5\text{m} \leq L_K < 20\text{m}$ 。

(5) 桥涵。 $L_K < 5\text{m}$ 。

注: L 表示多孔跨径总长, L_K 表示单孔跨径总长。

四、桥梁工程术语

桥梁工程建设中常常会遇到与桥梁布置和结构有关一些术语,列举如下:

(1) 总跨径。它是多孔桥梁中各孔净跨径的总和,也称桥梁孔径,用 ΣL_0 。总跨径反映的是桥下宣泄洪水的能力。

(2) 净跨径。设计洪水位上相邻两个桥墩(或桥台)之间的净距,用 l_0 表示。

(3) 标准跨径。梁式桥、板式桥的标准跨径,是以两桥墩中线之间桥中心线长度或桥墩中线与桥台台背前缘线之间桥中心线长度为准;拱桥和涵洞的标准跨径,是以净跨径为准,一般用 L_K 表示。

根据《公路桥涵设计通用规范》(JTGD60-2004)规定,当标准设计或新建桥涵的跨径在 50m 及以下时,我国公路桥涵采用标准化跨径。公路桥涵标准跨径为 0.75m、1.0m、1.25m、1.5m、2.0m、2.5m、3.0m、4.0m、5.0m、6.0m、8.0m、10m、13m、16m、20m、25m、30m、35m、40m、45m、50m。

(4) 计算跨径。对于具有支座的桥梁,计算跨径是指桥跨结构相邻两个支座中心之间的距离,用 L_0 表示。对于拱式桥,是指两相邻拱脚截面形心点之间的水平距离。因为拱圈(或拱肋)各截面形心点的连线称为拱轴线,故也就是拱轴线两端点之间的水平距离。桥跨结构的力学计算是以 l 为基准的。

(5) 桥梁全长。有桥台的桥梁为两岸桥台侧墙或八字墙尾端间的距离,以 L_q 表示。对于无桥台的桥梁为桥面系长度。在一条线路中,桥梁和涵洞总长的比重反映它们在整段线路建设中的重要程度。

(6) 多孔跨径总长。多孔跨径总长以 L 表示。梁式桥为多孔标准跨径之和(即

$L=\sum L_K$); 拱桥为两岸桥台起拱线之间的水平距离。

(7) 桥梁高度。指桥面与低水位之间的高差, 或为桥面与桥下线路路面之间的距离。桥高在某种程度上反映了桥梁施工的难易性。

(8) 桥下净空高度。它是设计洪水位或设计通航水位至桥跨结构最下缘之间垂直距离, 以 H_0 表示。它应保证能安全排泄洪水, 并不得小于对该河流通航所规定的净空高度。

(9) 建筑高度。是指桥上行车路面 (或轨顶) 高程至桥跨结构最下缘之间的距离。容许建筑高度是指公路 (或铁路) 定线中所确定的桥面 (或轨顶) 高程, 对通航净空顶部高程之差。

(10) 拱桥矢高和矢跨比。从拱顶截面下缘至起拱线的水平线间的垂直距离, 称为净矢高 (f_0); 从拱顶截面形心至过拱脚截面形心的水平线间的垂直距离, 称为计算矢高 (f); 计算矢高与计算跨径之比 (f/L_0), 称为拱圈的矢跨比 (或称拱矢度)。

五、最常见的桥梁结构

常见的桥梁结构一般有梁式桥、拱桥、刚架桥、斜拉桥、组合桥等。

(一) 梁式桥

梁式桥是一种在竖向荷载作用下无水平反力的结构, 如图 1-4 所示。

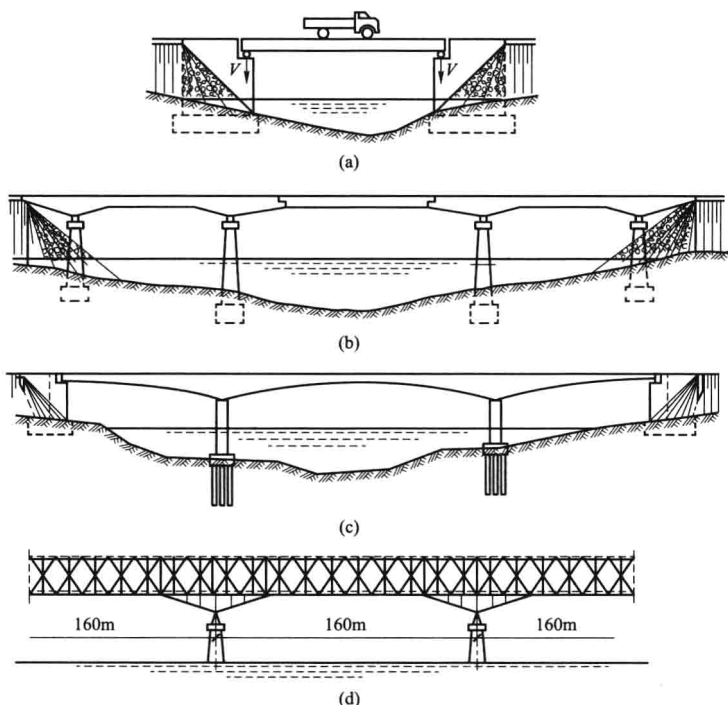


图 1-4 梁式桥

为了节约木材和钢材,目前应用最广的是预制装配式的钢筋混凝土简支梁桥,如图 1-4(a)。这种梁式桥的结构简单,施工方便,对地基承载能力的要求也不高,但其常用跨径在 25m 以下。

当跨度较大时,需要采用预应力混凝土简支梁桥,但跨度一般也不超过 50m。为了达到经济、省料的目的,可根据地质条件等修建悬臂式或连续式的梁式桥,如图 1-4(b) 和图 1-4(c) 所示。

对于很大跨径,以及对于承受很大荷载的特大桥梁,可建造使用高强度材料的预应力混凝土梁式桥外,也可建造钢梁式桥,如图 1-4(d) 所示。

(二) 拱桥

拱桥的主要承重结构是拱圈或拱肋。拱式结构在竖向荷载作用下,桥墩或桥台将承受水平推力,如图 1-5(b) 所示。同时,这种水平推力将显著抵消荷载所

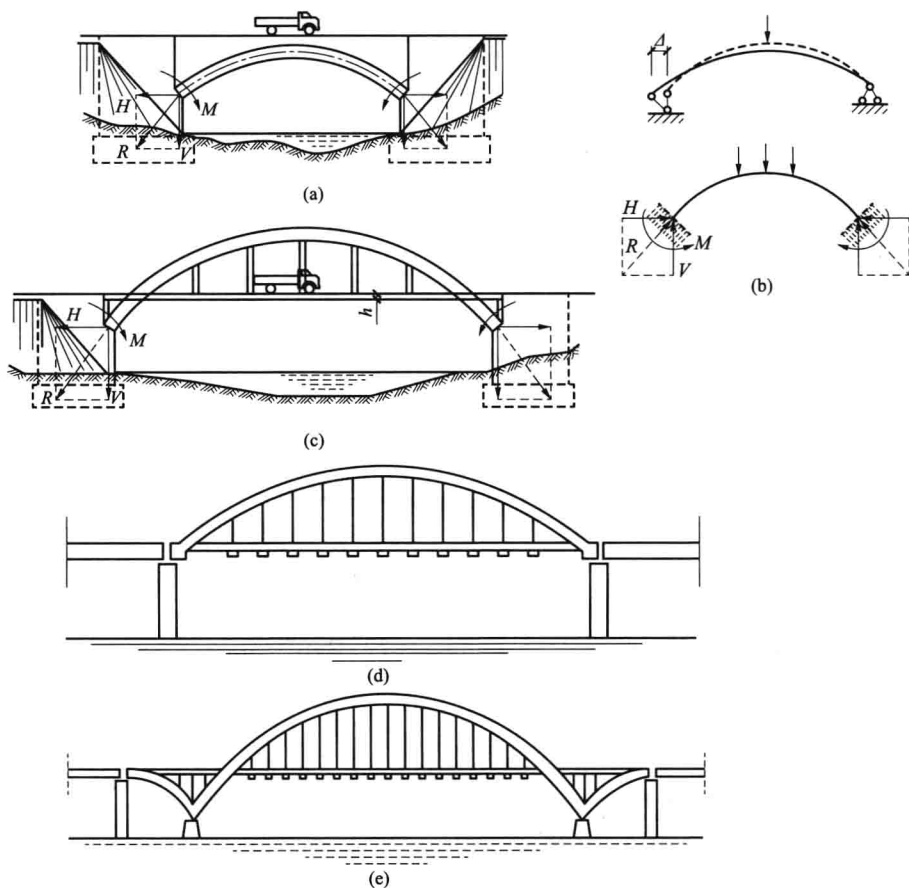


图 1-5 拱桥

引起在拱圈（或拱肋）内的弯矩作用。因此，与同跨径的梁相比，拱的弯矩和变形要小得多。鉴于拱桥的承重结构以受压为主，通常就可用抗压能力强的圬工材料（如砖、石、混凝土）和钢筋混凝土等来建造。

通常称车辆在主要承重结构之上行驶者为上承式桥梁，如图 1-5（a）所示；车辆在主要承重结构之下行驶者为下承式桥梁，如图 1-5（d）所示；图 1-5（c）和图 1-5（e）则称为中承式桥梁。

在地基条件不适于修建具有强大推力的拱桥的情况下，必要时也可建造水平推力由钢或预应力筋做成抗拉系杆来承受的系杆拱桥，如图 1-5（d）所示。

如图 1-5（e）所示为“飞鸟式”三跨无推力拱桥，即在拱桥边跨的两端施加强大的预加力，传至拱脚，以抵消主跨拱脚巨大的恒载水平推力。

（三）刚架桥

刚架桥的主要承重结构是梁（或板）和立柱（或竖墙）整体结合在一起的刚架结构，梁和柱的连接处具有很大的刚性。

这种桥的受力状态介于梁式桥与拱桥之间，如图 1-6（a）所示。在竖向荷载作用下，梁部主要受弯，而在柱脚处也具有水平反力，如图 1-6（b）所示。刚架桥跨中的建筑高度就可以做得较小。普通钢筋混凝土修建的刚架桥施工比较困难，梁柱刚接处较易裂缝。

门式刚架桥简称门架桥，其腿和梁垂直相交呈门架形。门架桥可分单跨门架桥、双悬臂单跨门架桥、三跨两腿门架桥和多跨门架桥。

刚构式桥是一种具有悬臂受力特点的墩梁固结梁式桥，因桥墩向两侧伸出悬臂形同“T”字，故又称为 T 型刚构，如图 1-6（c）所示。刚构式桥几乎都是预应力混凝土结构。预应力混凝土刚构式桥一般可以分为带剪力铰刚构、带挂梁刚构和连续刚构等三种基本类型。

多跨刚构桥属多次超静定结构。与 T 形刚构桥相比，多跨刚构桥保持了上部构造连续梁的属性，跨越能力大，施工难度小，养护便捷，造价较低，如图 1-6（d）所示。

当跨越陡峭河岸和深邃峡谷时，修建斜腿刚构桥往往既经济合理，又造型轻巧美观，如图 1-6（e）所示。由于斜腿墩柱置于岸坡上，有较大斜角，在主梁跨度相同的条件下，斜腿刚构桥的桥梁跨度比门式钢架桥要大得多。

（四）悬索桥

悬索桥也称吊桥，主要用悬挂在两边塔架上的强大缆索作为主要承重结构，如图 1-7 所示。在竖向荷载作用下，通过吊杆使缆索承受很大的拉力，通常就需要在两岸桥台的后方修筑非常巨大的锚碇结构。悬索桥也是具有水平反力（拉力）的结构。现代的悬索桥上，广泛采用高强度的钢丝成股编制的钢缆，以充分发挥其优异的抗拉性能，因此结构自重较轻，就能以较小的建筑高度跨越其他任何桥

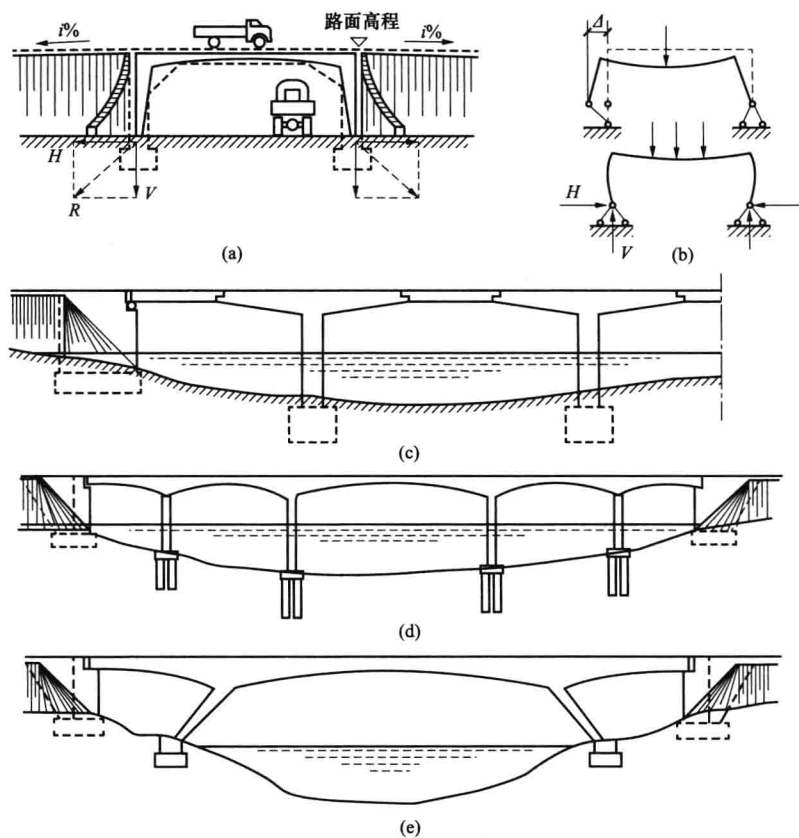


图 1-6 刚架桥

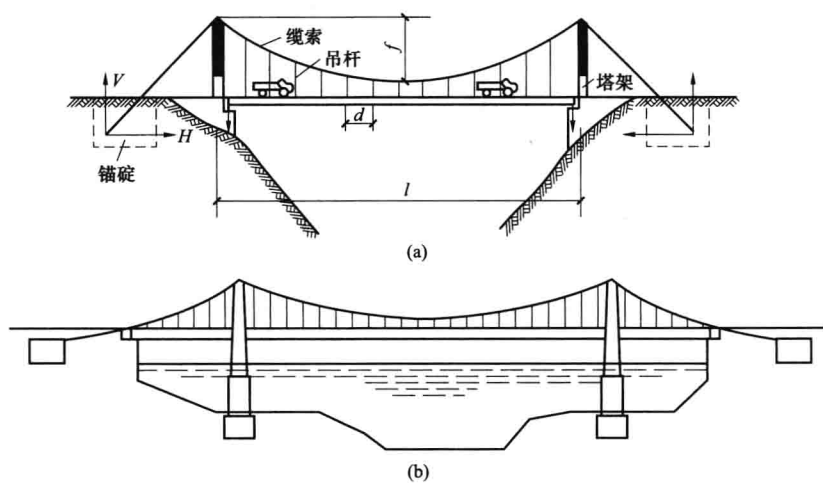


图 1-7 悬索桥

型无与伦比的特大跨度。

悬索桥的特点是：成卷的钢缆易于运输，结构的组成构件较轻，便于无支架悬吊拼装。对于山岭地区和遭受山洪泥石流冲击等威胁的山区河流以及大跨径桥梁，当修建其他桥梁有困难的情况下，往往采用悬索桥。

图 1-7 (a) 为在山区跨越深沟或河谷的单跨式吊桥。图 1-7 (b) 所示则是在大江或湖海上跨越深水区的三跨式吊桥。

相对于其他体系而言，悬索桥的自重轻，结构的刚度差，在车辆动荷载和风荷载作用下，桥有较大的变形和振动。

(五) 斜拉桥

斜拉桥由斜索、塔柱和主梁所组成。用高强度钢材制成的斜拉索将主梁多点吊起，并将主梁的恒载和车辆荷载传至塔柱，再通过塔柱基础传至地基。这样，跨度较大的主梁就像一根多点弹性支承（吊起）的连续梁一样工作，从而可使主梁尺寸大大减小，结构自重显著减轻，既节省了结构材料，又大幅度地增大桥梁的跨越能力。与悬索桥相比，斜拉桥的结构刚度大，即在荷载作用下的结构变形小得多，且其抵抗风振的能力也比悬索桥好，这也是在斜拉桥可能达到的大跨度情况下使悬索桥逊色的重要因素。

常用的斜拉桥是三跨双塔式结构，但在实践中也往往根据河流、地形、通航要求等情况，采用对称与不对称的双跨独塔式斜拉桥。

斜拉桥的斜索组成和布置、塔柱形式以及主梁的截面形状是多种多样的。一般常用平行高强度钢丝束、平行钢绞线束等制作斜索，并用热挤法在钢丝束上包一层高密度的黑色聚乙烯外套进行防护。

斜索在立面上也可布置成不同形式。各种索形在构造和力学上各有特点，在外形美观上也各具特色。斜索集中锚固在塔顶的辐射形布置，如图 1-8 (a) 所示，因其塔顶锚固结构复杂而较少采用；现今采用的索形布置多为竖琴形和扇形，如图 1-8 (b)、图 1-8 (c) 所示。

斜拉桥是半个多世纪来最富于想象力和构思内涵最丰富且引人瞩目的桥型，它具有广泛的适应性。一般说来，对于跨度从 200m~700m，甚至超过 1000m 的桥梁，斜拉桥在技术和经济上都具有相当优越的竞争能力。然而，随着斜拉桥跨度的增大，将会面临塔过高和斜索过长等一系列技术难点，这不仅涉及到高耸塔柱抗震和抗风等动力稳定方面的问题，而且还有主梁受压力过大以及长斜索因自重垂度增大而引起的种种技术问题。另外，斜拉桥的斜索可以说是这种桥梁的生命线，确保其使用寿命，是当今桥梁界十分关切和重视的重要课题。

(六) 组合体系桥

除了以上五种桥梁的基本体系以外，根据结构的受力特点，由两种或两种以上不同体系的结构组合而成的桥梁，称为组合体系桥。

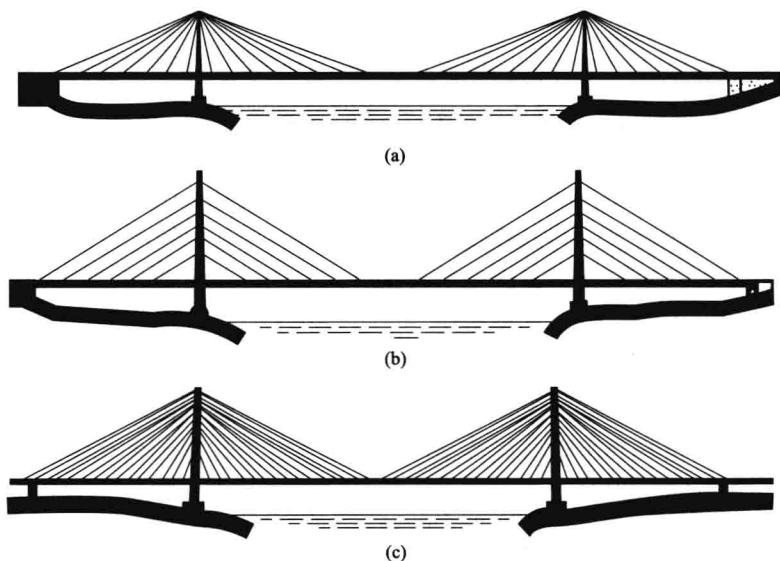


图 1-8 斜拉桥

(a) 放射形; (b) 竖琴形; (c) 扇形

图 1-9 (a) 为一种梁和拱的组合体系, 其中梁和拱都是主要承重结构, 两者相互配合共同受力。由于吊杆将梁向上 (与荷载作用的挠度方向相反) 吊住, 这样就显著减小了梁中的弯矩; 同时由于拱与梁连接在一起, 拱的水平推力就传给梁来承受, 这样梁除了受弯以外尚且受拉。这种组合体系桥能跨越较一般简支梁桥更大的跨度, 而对墩台没有推力作用, 因此, 对地基的要求就与一般简支梁桥一样。

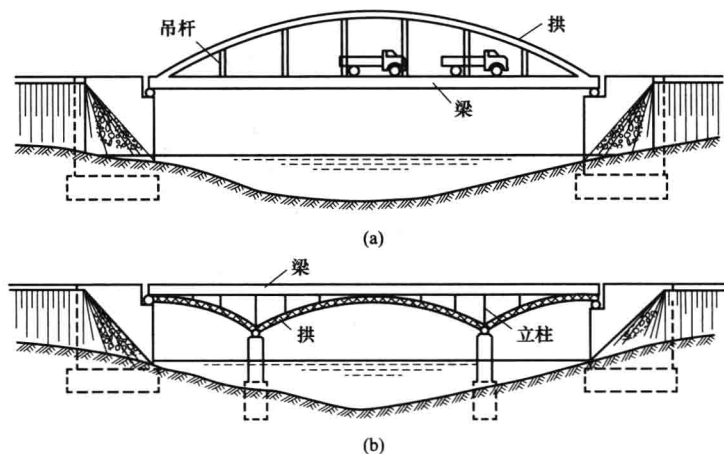


图 1-9 拱梁组合体系桥

图 1-9(b) 为拱置于梁的下方、通过立柱对梁起辅助支承作用的组合体系桥。

图 1-10 为几座大跨度组合体系钢桥的示意图。

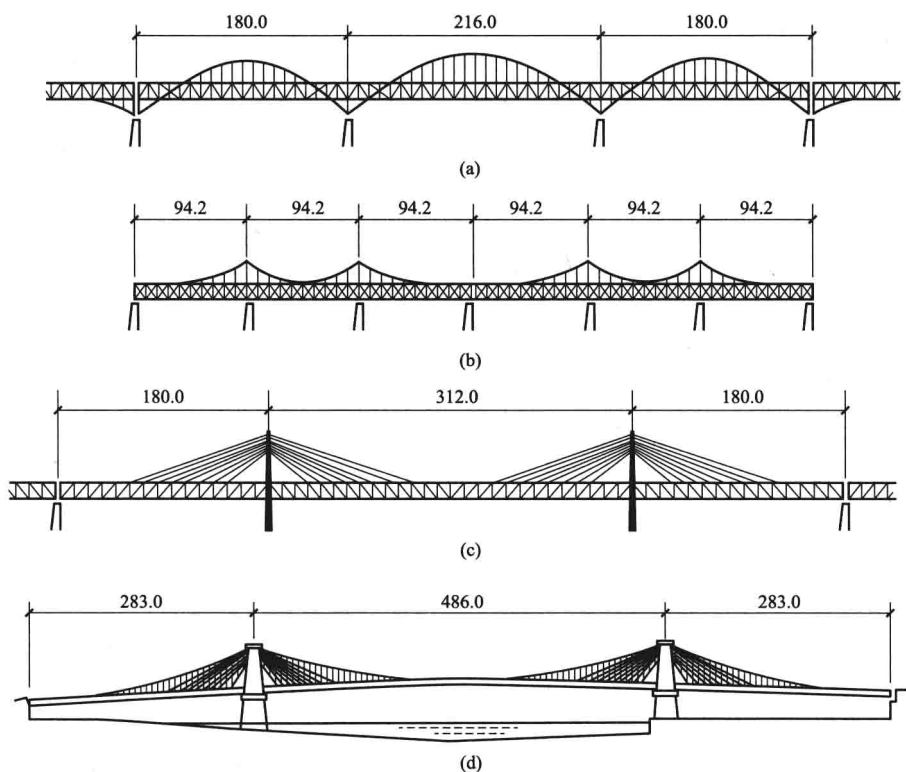


图 1-10 大跨度组合体系桥 (尺寸单位: m)

(a) 钢桁架和钢拱的组合; (b) 钢梁与悬吊系统的组合;

(c) 钢梁与斜拉索的组合; (d) 斜拉索与悬索的组合