

高等学校交通运输与工程类专业规划教材

Steel Bridges

# 钢 桥

——钢结构与组合结构桥梁

赵 秋 主 编  
吴 冲 主 审

非  
外  
借



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

高等学校交通运输与工程类专业规划教材

# 钢 桥

——钢结构与组合结构桥梁

赵 秋 主编

吴 冲 主审



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

## 内 容 提 要

本书是土木工程专业(道桥方向)、道路桥梁与渡河工程专业必修课教材。全书结合《公路钢结构桥梁设计规范》(JTG D64—2015)、《公路钢混组合桥梁设计与施工规范》(JTG/T D64-01—2015)、《公路桥涵设计通用规范》(JTG D60—2015),系统介绍了常用钢结构桥梁和组合结构桥梁的结构形式、构造原理和设计计算理论与方法;简要指出了钢拱桥、钢塔、缆索系统等复杂钢结构的构造特点和计算要点;同时,初步给出了钢桥制作与安装、防腐涂装等知识。书中部分内容配以典型的钢结构桥梁工程实例进行介绍,并考虑了不同层次的学习需求。

本书除可作为高等院校土木工程专业(道桥方向)、道路桥梁与渡河工程专业教学用书外,亦可供从事桥梁工程的技术人员参考使用。

### 图书在版编目(CIP)数据

钢桥:钢结构与组合结构桥梁 / 赵秋主编. — 北京:人民交通出版社股份有限公司, 2017. 12  
ISBN 978-7-114-14383-0

I. ①钢… II. ①赵… III. ①钢桥—桥梁结构—结构设计 IV. ①U448.36

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 317680 号

高等学校交通运输与工程类专业规划教材

书 名: 钢桥——钢结构与组合结构桥梁

著 者: 赵 秋

责任编辑: 卢俊丽 卢 珊 闫吉维

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: 23.25

字 数: 490千

版 次: 2017年12月 第1版

印 次: 2017年12月 第1次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-14383-0

定 价: 52.00元

(有印刷、装订质量问题的图书由本公司负责调换)

## 高等学校交通运输与工程(道路、桥梁、隧道 与交通工程)教材建设委员会

主任委员: 沙爱民 (长安大学)

副主任委员: 梁乃兴 (重庆交通大学)

陈艾荣 (同济大学)

徐 岳 (长安大学)

黄晓明 (东南大学)

韩 敏 (人民交通出版社股份有限公司)

委 员: (按姓氏笔画排序)

马松林 (哈尔滨工业大学)

王云鹏 (北京航空航天大学)

石 京 (清华大学)

申爱琴 (长安大学)

朱合华 (同济大学)

任伟新 (合肥工业大学)

向中富 (重庆交通大学)

刘 扬 (长沙理工大学)

刘朝晖 (长沙理工大学)

刘寒冰 (吉林大学)

关宏志 (北京工业大学)

李亚东 (西南交通大学)

杨晓光 (同济大学)

吴瑞麟 (华中科技大学)

何 民 (昆明理工大学)

何东坡 (东北林业大学)

张顶立 (北京交通大学)

张金喜 (北京工业大学)

陈 红 (长安大学)

陈 峻 (东南大学)

陈宝春 (福州大学)

陈静云 (大连理工大学)

邵旭东 (湖南大学)

项贻强 (浙江大学)

胡志坚 (武汉理工大学)

郭忠印 (同济大学)

黄 侨 (东南大学)

黄立葵 (湖南大学)

黄亚新 (解放军理工大学)

符锌砂 (华南理工大学)

葛耀君 (同济大学)

裴玉龙 (东北林业大学)

戴公连 (中南大学)

秘 书 长: 孙 玺 (人民交通出版社股份有限公司)

# 前言

“钢桥”是土木工程专业或道路桥梁与渡河工程专业的一门专业课,是“桥梁工程”系列课程的一个重要组成部分。本教材主要根据福州大学“钢桥”教学大纲编写,同时照顾了工程技术人员的学习需要。按照教学大纲的要求,学生在学习了“材料力学”“结构力学”“桥梁钢结构基本原理”等必修课程的基础上,通过本课程的学习,能够掌握常用钢结构梁桥和组合结构梁桥的结构形式和构造原理、设计计算理论和方法,了解钢拱桥、钢塔、缆索系统等复杂钢结构的构造特点和计算要点,同时对钢桥制作与安装、防腐涂装等知识有初步的了解。对于与混凝土桥梁具有共性的部分,如桥梁体系和结构分析方法等,其主要由“桥梁工程”课程讲授,“钢桥”课程中不作重复。

以混凝土桥为主的《桥梁工程》教材经历了统编→自编→统编→自编四个阶段,在老一辈桥梁工程工作者数十年的努力下,已打下了坚实基础,其基本结构和内容已基本成型。特别经过本轮规范修订,桥梁工程教材必将走向新的发展阶段。由于历史的原因,我国的桥梁工程教材只是针对于混凝土桥,钢桥教材只有少数几本,且更新速度极慢。今随着《公路钢结构桥梁设计规范》(JTG D64—2015)、《公路钢混组合桥梁设计与施工规范》(JTG/T D64-01—2015)两本规范的相继发布,作者在多年教学与理论研究基础上,参考多部相关著作与规范编写了本教材。本教材主要有以下特点:

(1)教材中的钢桥是指主要受力构件为钢结构的桥梁,可以包括不同材料的桥面板结构,当桥面板为混凝土板或组合桥面板时为组合梁桥,当桥面板为钢桥面板时为纯钢桥。

(2)与国内现有钢桥教材相比,本教材在内容上做了较大的添加与更新。

(3)鉴于钢桥结构构造复杂的特点,教材中设置了大量的插图,方便理解。

(4)本教材去掉了现有钢桥教材中涉及“钢结构基本原理”部分的内容,该部分内容见后续出版的《桥梁钢结构设计原理》。

在第一章“概论”中,主要介绍了钢桥的主要类型和发展概况,并从可持续发展角度论述绿色钢桥及我国钢桥未来发展,还介绍了钢桥设计基本原则、桥梁所受的作用和结构设计方法。通过对钢结构桥梁的多种不同分类方式,反映出钢桥在各个方面的特征。在介绍桥梁所受作用时,不仅包括公路的汽车荷载和城市道路的汽车荷载,还包括铁路和高速铁路的列车荷载以及对于公铁两用桥梁荷载的规定。第二章为“桥面结构和铺装”,主要介绍了钢桥中常用的钢桥面板、钢筋混凝土桥面板和钢混组合桥面板的构造、设计和计算原理与方法,以及构造细节和设计中应该特别注意的问题,并在最后介绍了钢桥面铺装的类型、设计以及常见的病害。第三章为“钢板梁桥”,主要针对组合钢板梁桥中钢结构部分,介绍了钢板梁桥的总体布置与结构形式,主梁的构造、设计与计算,横向联结系与纵向联结系的构造、设计与计算。第四章为“钢箱梁桥”,主要介绍了钢箱梁桥的组成与总体设计,其中,腹板加劲肋的构造与计算原理在第三章中讲解,此外,还介绍了横隔板的构造与计算原理、钢箱梁弯剪与扭转分析方法。第五章为“钢桁梁桥”,主要介绍了钢桁梁桥的组成与结构形式、构造原理、设计计算基本原理与方法。第六章为“组合梁设计原理”,主要介绍了组合梁的组合作用和特点,组合梁的基本设计原理,组合梁温度、收缩和徐变原理与计算方法,组合梁连接件的构造与设计方法,组合梁的强度、稳定、疲劳、裂缝和变形的验算内容,最后给出一个简支组合梁桥的计算示例。其中,组合梁的基本设计原理包括有效宽度计算、换算截面几何特性、组合梁应力计算、内力计算、截面刚度计算及预应力计算。第七章为“钢拱桥”,主要介绍了钢拱桥的组成与类型、钢拱桥的构造与力学性能。第八章为“钢塔与缆索系统”,主要介绍了钢斜拉桥和悬索桥的钢塔和缆索系统及构造与受力特点、设计计算要点,以及两个钢塔实例,关于斜拉桥和悬索桥中主梁结构,可

根据具体结构形式参考第二章~第七章的内容。第九章为“钢桥施工”,主要介绍了钢桥的制造线形与安装线形、桥梁钢结构现场架设、工厂组装、零件制造以及钢桥的防腐涂装。

全书由福州大学赵秋编写,吴冲教授主审。感谢吴冲教授对本教材提出的许多宝贵意见。感谢人民交通出版社股份有限公司卢俊丽编辑的大力支持。感谢研究生林楚的绘图工作以及方向明和陈孔生的例题计算。研究生郭杨斌,本科生吕志林、黄燕萍,对教材进行了文字校对工作,在此一并感谢。由于编者水平有限,教材中不可避免有谬误之处,敬请读者批评指正,并将意见寄到福建省福州市福州地区大学新区学园路2号福州大学道路与桥梁工程系。

**赵 秋**

**2017年10月**

# 目录

第一章 概论	1
第一节 钢桥的主要类型	1
第二节 钢桥发展概况与桥梁可持续发展	8
第三节 钢桥设计一般规定	19
思考题	37
第二章 桥面结构与铺装	39
第一节 钢桥面板	40
第二节 混凝土桥面板	67
第三节 组合桥面板	91
第四节 钢桥面铺装	94
思考题	105
第三章 钢板梁桥	107
第一节 钢板梁桥总体布置与结构形式	108
第二节 主梁	114
第三节 横向联结系与纵向联结系	129
思考题	147
第四章 钢箱梁桥	148
第一节 钢箱梁桥总体布置与结构形式	148
第二节 主梁	158
第三节 横隔系(板)	161
第四节 钢箱梁受力分析	173
思考题	182
第五章 钢桁梁桥	183
第一节 钢桁梁的组成与结构形式	183
第二节 钢桁梁桥构造	197



第三节	桁梁桥计算	217
思考题		220
<b>第六章</b>	<b>组合梁设计原理</b>	<b>222</b>
第一节	概述	222
第二节	基本计算原理	225
第三节	组合梁温度、徐变与收缩	239
第四节	钢-混凝土的连接	246
第五节	组合梁验算	260
第六节	组合梁算例	265
思考题		280
<b>第七章</b>	<b>钢拱桥</b>	<b>281</b>
第一节	钢拱桥的组成与类型	281
第二节	钢拱桥构造设计	286
第三节	钢拱桥力学性能	296
思考题		304
<b>第八章</b>	<b>钢塔与缆索系统</b>	<b>306</b>
第一节	钢塔	306
第二节	缆索系统	315
思考题		321
<b>第九章</b>	<b>钢桥施工</b>	<b>322</b>
第一节	钢桥制造线形与安装线形	323
第二节	桥梁钢结构架设	327
第三节	现场拼装、运输与组装	335
第四节	零件制造	339
第五节	钢桥防腐涂装	346
思考题		355
<b>参考文献</b>		<b>357</b>

# 概 论

长期以来,受我国所处的经济社会发展水平和公路建设发展阶段制约,公路桥梁主要采用钢筋混凝土结构建造。新中国成立初期钢产量低、建设资金不足,而钢筋混凝土桥梁具有就地取材、原材料价格较低、对施工设备要求不高以及施工工艺成熟等优势,因而被广泛采用。然而钢筋混凝土桥梁也存在结构自重大、使用性能退化机理不明确、拆除后建筑垃圾难以处理等问题。相对于钢筋混凝土桥梁,钢结构桥梁具有自重轻、材料力学性能明确、破坏机理清晰、质量可靠度高、耐久性好、易工厂化自动化生产、施工速度快、建造周期短、抗震性能好、节能环保、可循环使用等优点。在良好的使用和养护条件下,其使用寿命可以达到100年以上。从桥梁建设品质、结构耐久性、资源节约和全寿命周期成本等方面综合分析,钢结构桥梁较钢筋混凝土桥梁有明显的优势。近年来,随着我国经济实力显著提高,又适逢我国钢材价格较低的有利机遇,推广钢结构桥梁既是当前我国经济形势的现实需要,也是按照国家供给侧结构性改革要求加快推进钢结构桥梁的重要发展机遇,符合公路行业发展趋势,对我国桥梁建设和相关产业的发展具有重要意义。

## 第一节 钢桥的主要类型

钢结构桥梁的分类方式多种多样,每一种分类方式都可以反映出桥梁在某一方面的特征。钢桥可以按以下方法进行分类:①使用功能;②几何形状;③结构形式;④桥面板类型;⑤横截

面类型;⑥桥面板位置;⑦钢结构架设方法;⑧桥面板施工方法。

## 一、按使用功能分类

依据使用功能,钢结构桥梁可以分为四类:公路钢桥(highway steel bridge)、城市钢桥(municipal steel bridge)、铁路钢桥(railway steel bridge)、公铁两用钢桥(highway and rail transit steel bridge)。

公路钢桥:主要供公路上的汽车行驶,根据钢结构桥梁所在公路级别,又可以分为高速公路桥梁、一级公路桥梁、二级公路桥梁、三级公路桥梁、四级公路桥梁。

城市钢桥:主要供城市内的汽车行驶和行人通行,主要包括城市立交和高架道路桥梁。根据城市道路等级可分为快速路、主干路、次干路、支路共四个等级。城市桥梁可以只供汽车行驶或在两侧再设置有人行道;或者专供行人通行,又称为人行钢桥(foot steel bridge),由于人行钢桥荷载较小,设计师在选择桥梁的建筑造型时具有极大的自由。

铁路钢桥:主要供铁路列车行驶,桥的宽度比公路小,所承受的车辆活载相对较大,冲击力强,要求能抵抗自然灾害的标准高,特别是结构要求有一定的竖向刚度、横向刚度和动力性能。

公铁两用钢桥:同时承载铁路(或轨道交通)和公路(或城市)两种交通荷载,这种桥梁一般分上下两层或者左右两侧分别承载。而对于同时承载多种交通荷载的市区桥梁,可能同时具有上下分层和左右分侧两种区分交通荷载的方法。

## 二、按几何形状分类

根据桥梁轴线形状和支座的对齐方式可以从平面外形将桥梁分为三类:直桥(right bridge)、曲线桥(curved bridge)和斜桥(skew bridge)(图 1-1)。

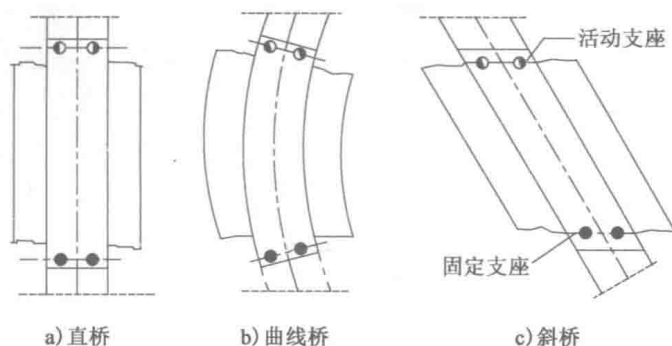


图 1-1 桥梁平面几何外形分类

直桥在平面上呈现矩形形式,这种桥型具有经济、设计简单和架设方便等优点。

曲线桥(也称弯桥)的桥轴线采用曲线形式,特别在立交桥的匝道桥少不了用曲线桥。曲线桥梁会增加桥梁构件施工难度,对有些桥梁,可能仅采用弯曲的桥面板,而支承构件(主梁)由一系列直梁相互连接构成。

斜桥是指桥梁的支座连线与桥轴线不垂直的桥梁。在桥梁建设中,常常由于桥位处的地形限制,或者由于高等级公路对线形的要求而将桥梁做成斜桥。

## 三、按结构形式分类

工程结构的受力构件离不开拉、压和弯三种基本受力方式,并由基本构件组成各种结构

物。我国主要有以下五种结构形式的桥梁:梁桥(girder bridge)、拱桥(arch bridge)、刚构桥(rigid frame bridge)、斜拉桥(cable-stayed bridge)、悬索桥(suspension bridge)。

### (一)梁桥

梁桥是一种在竖向荷载作用下无水平反力的结构,主要通过主梁弯曲将竖向荷载传递至基础。由于外力(恒载和活载)的作用方向与承重结构的轴线接近垂直,故与同样跨径的其他结构体系相比,梁内产生的弯矩最大。多孔梁桥的梁在桥墩上不连续的称为简支梁桥(simply supported girder bridge),见图 1-2a);在桥墩上连续的称为连续梁桥(continuous girder bridge),见图 1-2b);将简支梁梁体加长,并超过支点,在桥墩上连续,在桥孔内中断的称为悬臂梁桥(cantilever girder bridge),支承在悬臂上的简支梁称为挂梁(hanger beam),伸出有悬臂的梁称为锚梁(anchor beam),见图 1-2c)。梁式钢桥按主梁形式又可分为钢板梁桥、钢箱梁桥和钢桁梁桥。梁桥是最经济的结构形式,然而自重会限制其跨径发展,当主梁采用钢箱梁形式时,铁路桥梁极限跨径约为 150m,公路桥梁极限跨径约为 300m。桁架桥能够充分发挥钢材的性能,因而桁架桥的极限跨径能达到 500m 以上,然而桁架桥的梁高会随跨径急剧增加。由于美学等原因,目前已经很少采用大型的桁架式桥梁,尤其在城市地区。

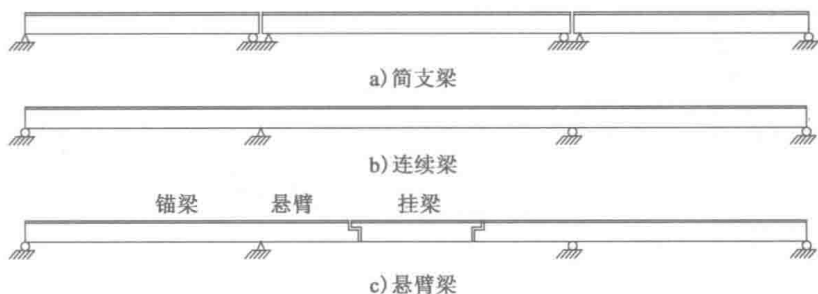


图 1-2 梁桥

### (二)拱桥

钢拱桥的主要承重结构是拱肋或拱圈,在竖向荷载作用下,下部结构承受水平推力。同时,这种水平推力将显著抵消荷载所引起在拱肋(或拱圈)内的弯矩作用。因此,与同跨径的梁桥相比,拱的弯矩和挠度要小得多。拱桥根据自身的结构形式又可以细分为:三铰拱、两铰拱和无铰拱。三铰拱适用于基础状况不理想的情况,由于拱顶铰施工困难及维护费用很高,三铰拱目前很少采用。无铰拱要求具备良好的基础条件,因此,这种类型的桥梁一般应用于山区。两铰拱的拱桥在国外最为常见,而国内无铰拱桥较多。当拱肋采用钢箱或桁架结构时,拱桥跨径可达到 550m。

如果拱桥不能充分承受两端支承处的水平力,不仅拱脚会产生很大的位移,而且拱内也会产生很大的弯矩,不能充分发挥拱的优势。拱桥可以采用两种方法来承受两端支承处的水平力:一种是设置坚固的基础,水平力由基础承受,为有推力拱,适用于地基良好的桥位;另一种是在拱的两端设置拉索或者梁(称为系杆或系梁)等,使得水平力互相平衡,为无推力拱,也称为系杆拱,可以适用于地基较差的桥位。

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。根据桥面与拱肋的相对位置关系,拱桥(图 1-3)可分为上承式拱桥(桥面在拱肋的上方)、中承式拱桥(桥面位于拱肋的中间部位)与下承式拱桥(桥面在拱肋下方)。

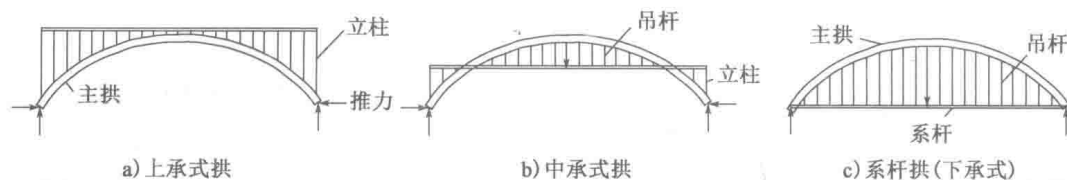


图 1-3 拱桥

### (三) 刚构桥

刚构桥的主要承重结构是梁和立柱结合在一起的刚架结构,梁和柱的连接处具有很大的刚性。在竖向荷载作用下,梁主要受弯,而在柱脚处也具有水平反力,其受力状态介于梁桥和拱桥之间。刚构桥常用连续刚构桥和斜腿刚构桥(图 1-4)。连续刚构桥属多次超静定结构,在设计中一般应减小墩柱顶端的水平抗推刚度,使在温度变化下结构内不致产生较大的附加内力。斜腿刚构桥的跨中部分和斜腿不仅受弯,同时也像拱桥一样受压。因而斜腿刚构桥的基础同时受到水平和垂直两方向的力作用,斜腿刚构桥的两个边跨为仅受弯曲作用的梁。

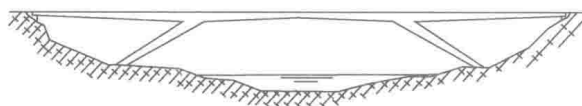


图 1-4 刚构桥(斜腿刚构桥)

### (四) 悬索桥

桥面支承于悬索上或用吊索挂在悬索(通常称主缆)上的桥称为悬索桥(图 1-5),也被称为“吊桥”,有地锚式悬索桥和自锚式悬索桥两种形式。和拱肋相反,悬索的截面只承受拉力,为了保持桥面具有一定的平直度,将桥面用吊索挂在悬索上。为了避免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, stiffening girder)。桥面设在加劲梁上,加劲梁吊在悬索上。一般悬索桥的主要承重构件主缆锚固在锚碇上,称为地锚式(external anchored)悬索桥。也可将主缆直接锚固在加劲梁上,从而取消了庞大的锚碇,变成了自锚式(self-anchored)悬索桥。由于钢结构的重力小,因而悬索桥加劲梁适合采用钢结构,大跨径悬索桥通常采用钢桥面板(正交异性板)。

### (五) 斜拉桥

斜拉桥是将梁用若干根斜拉索拉在索塔上的结构形式,由塔柱、主梁和斜拉索组成。斜拉索不仅为主梁提供弹性支承,而且其水平分力对主梁产生很大的轴力。斜拉桥可以通过调整斜拉索的初始索力达到调整主梁弯矩、桥面高程和提高索及桥梁整体刚度的目的。设计中可以根据受力需要计算确定斜拉索的初始索力,施工中通过施工控制调整索力,使之达到设计值。

斜拉桥根据拉索顺桥向排列形式又可以分为三种类型:辐射形、扇形和竖琴形(图 1-6)。拉索中的水平分力对主梁施加很大的压力。

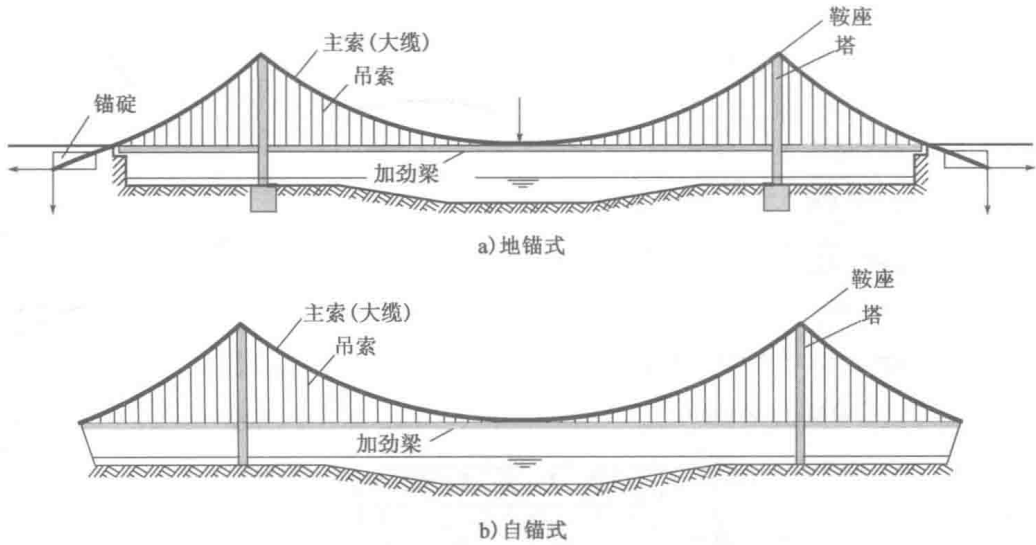


图 1-5 悬索桥

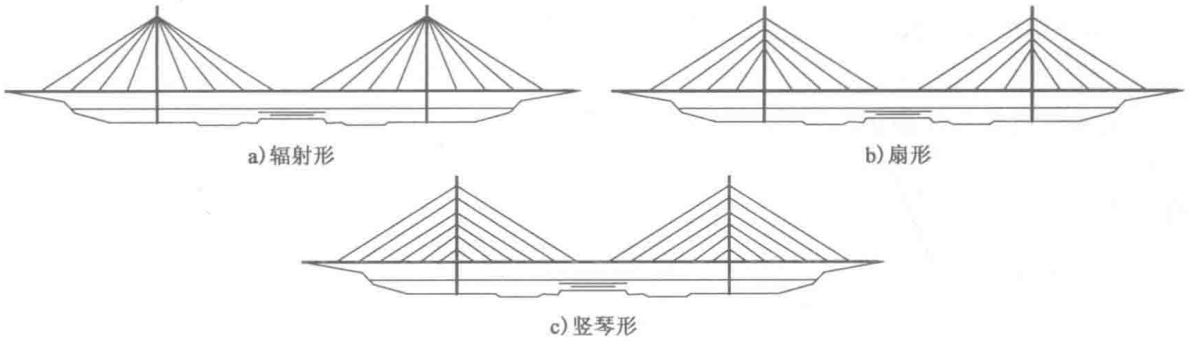


图 1-6 斜拉索布置形式

通常来说,不同的桥型和结构形式,有其适用的经济跨度范围(图 1-7)。下部结构的造价对上部结构的布置和选型具有重要的影响。当下部结构建造费用较低时,采用较短的梁跨有可能使整体结构更为经济;反之,当下部结构的建造费用较高时,采用较大的梁跨则可能更为合理。

#### 四、按桥面板类型分类

桥面板主要分三种类型(图 1-8):混凝土桥面板、正交异性钢桥面板、钢-混组合桥面板。

混凝土桥面板与钢梁相连接形成钢-混组合结构梁桥,这种连接方法对主梁的弯曲抗力和扭转抵抗能力均有贡献。特别对于梁上缘受压、下缘受拉的正弯矩区,可充分发挥混凝土板的抗压能力和钢梁的抗拉能力。对于中等跨径桥梁,发达国家通常采用钢-混组合桥梁结构形式。

正交异性钢桥面板按一定间距在板的表面布置相互垂直纵、横加劲肋的加劲钢板。虽然钢桥面板纵、横两个方向的弹性模量是相同的,但其两个方向的加劲肋并不相同,使得两个方

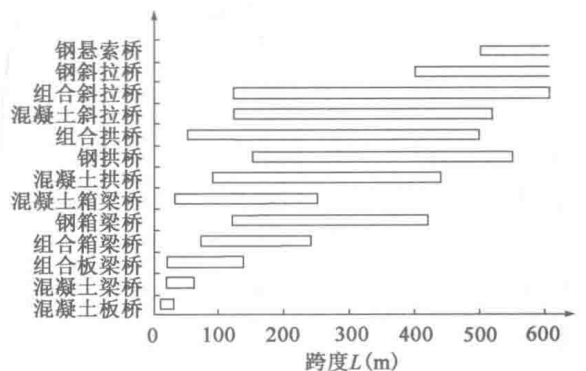


图 1-7 不同桥型的经济跨度范围

向的惯性矩也不相同,故可称之为“正交异性板”。作为主梁上翼缘的钢桥面板,与混凝土桥面板相比,自重大为降低,但费用较高。因此,对于自重占总荷载较大的大跨径桥梁,或者为了提高承载能力的桥梁,一般采用正交异性板。然而,正交异性板由于车轮荷载的反复作用容易导致疲劳问题,设计时应小心处理。

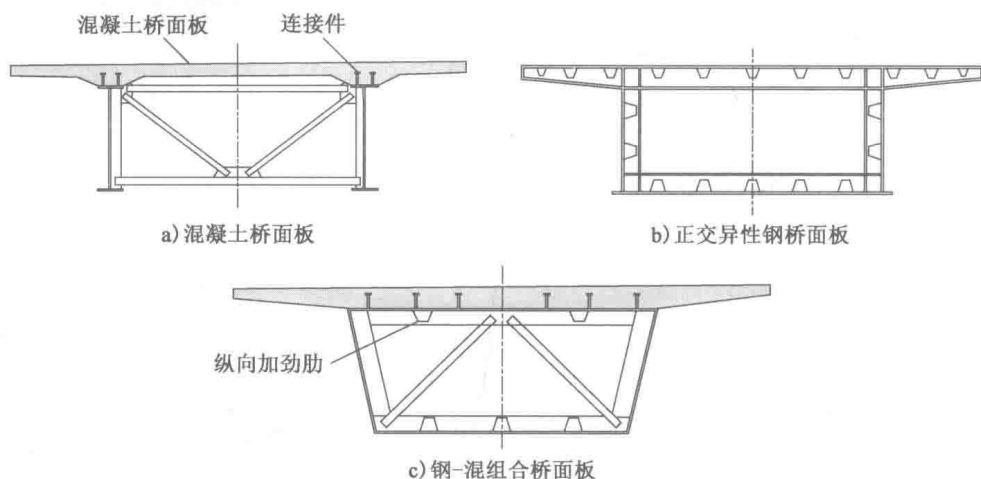


图 1-8 桥面板类型

在采用混凝土桥面板的组合梁桥中,当钢梁上翼缘较宽以至于在主梁之间横向连通,或对于具有钢桥面板的钢桥,在钢桥面板上面铺一层混凝土层并通过剪力连接件连接,均可转化为组合桥面板。组合桥面板由于其组合作用,比混凝土桥面板重量轻,底层钢板可充当混凝土层浇筑时的底模;与钢桥面板相比,桥面板刚度增大,降低了钢桥面板疲劳开裂风险。组合桥面板形式较多,将在第二章进行详细讲述。

## 五、按横截面类型分类

由钢梁和混凝土桥面组成的组合梁桥,其横截面可分为两种:开口截面和闭口截面(图 1-9)。当横截面由两个或两个以上的工字形梁(热轧或由钢板装配)、桁架梁或多个小箱梁构成时,称为开口截面;当横截面由一个单室或多室的箱梁构成时,称为闭口截面。开口截面和闭口截面的不同之处主要与它们抵抗偏心荷载引起的扭矩方式有关。

开口截面[图 1-9a)]通常包括双主梁截面和多主梁截面,闭口截面包括完全由钢材制作的箱形截面[图 1-9b)]、槽形截面[图 1-9c)]和通过底部平联联结的双主梁截面[图 1-9d)]。后两个示例中,混凝土板与钢截面组成闭口截面。

当考虑桥梁抵抗扭矩时,需要区分开口截面与闭口截面。开口截面由于具有较小的抗扭刚度将产生较大的翘曲变形;而闭口截面抗扭刚度较大,扭转变形非常小。因此,对于曲线梁桥采用闭口截面是较为有利的。

## 六、按桥面板位置分类

桥面板按相对主梁位置,可以分为上承式桥面板和下承式桥面板(图 1-10)。采用上承式桥面板可以保护下面支承钢梁免受车辆荷载的冲击作用和自然环境的影响,同时为行车道加宽提供了可能。对于相同间距的主梁,上承式桥面板形式所需的桥面板厚度更小,而且无须设计横梁来传递荷载。对于所需桥面板较宽的情况(如三车道以上)上承式桥面板形式是最经

济的构造方式。

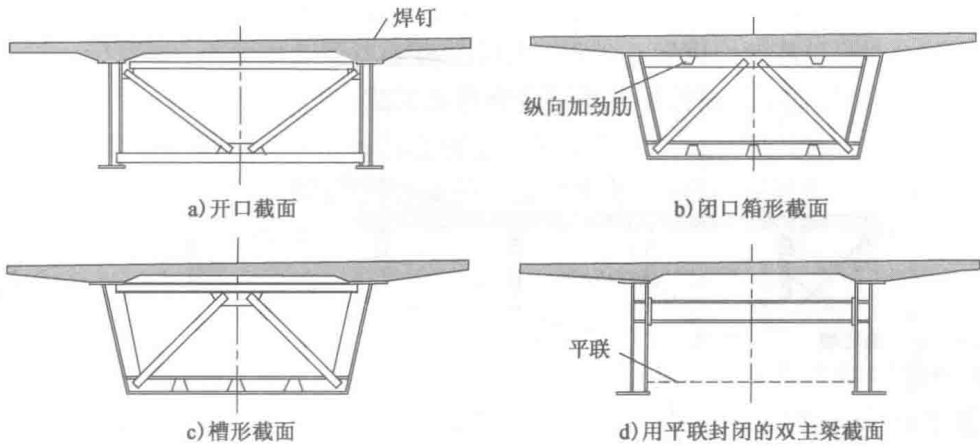


图 1-9 横截面类型

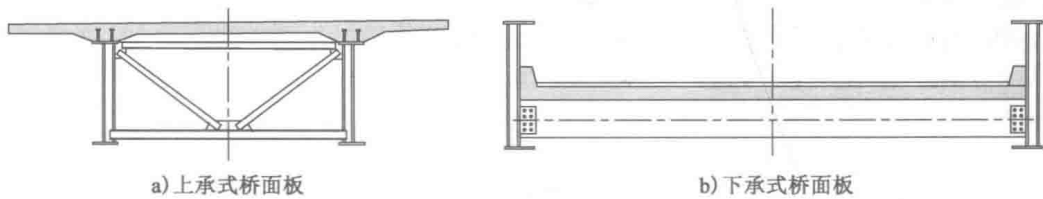


图 1-10 桥面板位置

然而,上承式桥梁的总高度比较大,当梁高受到限制时,采用下承式比较合理。当采用下承式钢板梁桥时,主梁可以起到隔噪声的作用;另外,下承式板梁吊杆可直接锚固于主梁上,因而较多使用在悬索桥和拱桥上。

## 七、按钢结构架设方法分类

桥梁钢结构架设方法常用的有三种,即起重机吊装施工、悬臂施工、顶推施工。除以上三种架设方式外还存在其他在特殊情况下采用的专门施工方式,如采用驳船整桥运输吊装、以桥台为支点转体施工等。

当桥梁离地面的高度比较小时,可以使用在地面上的吊机架设桥梁(图 1-11)。通过吊机或升降机将每个桥梁构件安置在桥墩或临时支架上,然后将这些构件焊接于已施工好的主体结构上,焊接的接头位置须设置在远离支座的低应力区域。

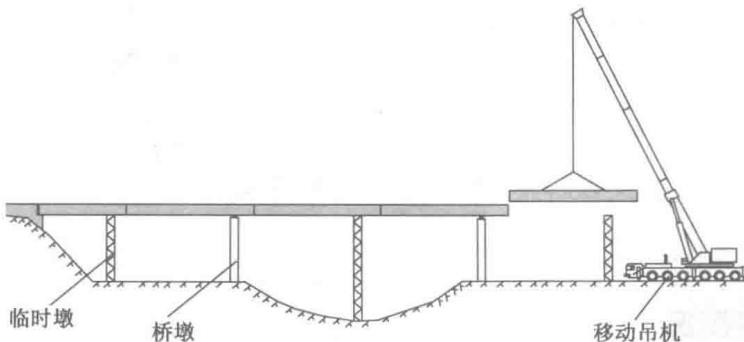


图 1-11 采用地面吊车吊装



当桥梁离地面的高度比较大或者桥梁需跨越峡谷而无法设置吊机或运用吊机施工受限时,可采用悬臂架设法(图 1-12)。钢梁分段安装,通过悬臂外伸向相邻支座延伸。为避免悬臂段产生过大应力有时需额外设置临时墩(当桥梁离地高度适中时)。悬臂施工法适用于桥梁跨越重要航道施工的情况,斜拉桥尤其适合悬臂施工法。

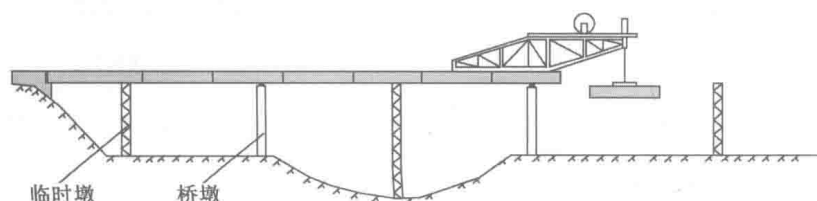


图 1-12 悬臂施工

顶推施工与悬臂施工适用条件类似(图 1-13),先在桥梁的一端沿桥轴线方向拼装主梁节段,然后运用顶推方式将桥梁从一侧桥台往另一侧顶推或拖拽。为了避免随悬臂长度增加而增大负弯矩,通常要在悬臂段前端设置导梁以减小悬臂重量。

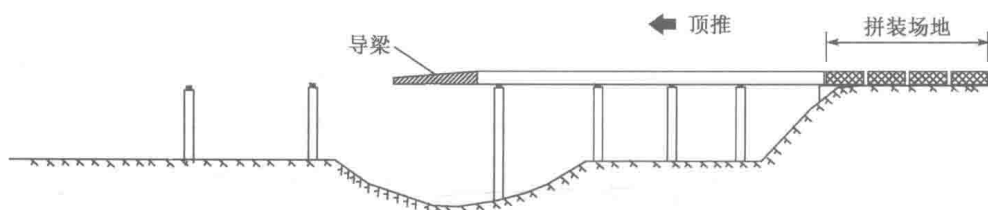


图 1-13 顶推施工

## 八、按桥面板施工方法分类

钢主梁顶部的混凝土桥面板主要有三种基本施工方法:现浇桥面板、分段顶推桥面板和预制组拼桥面板。

现浇桥面板是指在固定模板上或移动模板上(小台车沿着钢梁移动)浇筑混凝土的施工方式,应用这种施工方式时钢主梁可以设置,也可以不设置支架。

分段顶推桥面板是指沿桥梁轴线分段预制混凝土桥面板,然后通过顶推方式使桥面板在钢主梁上就位。这种桥面板施工方式与主梁顶推施工一致。

预制组拼桥面板是指在钢主梁上沿桥轴线从一端向另一端逐块安装预制桥面板的施工方式。这种施工方式需通过地面上的吊机或安装于桥上的挂篮将预制桥面板吊装就位。

## 第二节 钢桥发展概况与桥梁可持续发展

### 一、钢桥发展概况

19 世纪 20 年代,随着铁路蒸汽机车的出现,人们开始修建铁路,铁路钢桥也随之发展起