



高等职业教育土木工程专业系列教材

桥梁施工技术

QIAOLIANG SHI

GONG JISHU

上海市教育委员会 组编
魏红一 主编
黄绳武 主审

高等教育出版社

ISBN 7-04-007656-X



9 787040 076561 >

定价: 18.00元

高等职业教育土木工程专业系列教材

桥梁施工技术

上海市教育委员会 组编

魏红一 主编

黄绳武 主审

高等教育出版社

图书在版编目(CIP)数据

桥梁施工技术/魏红一主编. —北京:高等教育出版社,
2001.5

ISBN 7-04-007656-X

I. 桥... II. 魏... III. 桥梁工程-施工技术-高等学
校:技术学校-教材 IV. U445.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 11845 号

责任编辑 孙鸣雷 特约编辑 司徒妙龄
封面设计 吴 昊 责任印制 蔡敏燕

书 名 桥梁施工技术
主 编 魏红一

出版发行 高等教育出版社

社 址 北京市东城区沙滩后街 55 号

邮政编码 100009

电 话 010-64054588

传 真 010-64014048

021-56719902

021-56718325

网 址 <http://www.hepsh.com>

<http://www.hep.edu.cn>

排 版 南京理工排版校对公司

印 刷 商务印书馆上海印刷股份有限公司

开 本 787×1092 1/16

版 次 2001 年 8 月第 1 版

印 张 16.75

印 次 2001 年 8 月第 1 次

字 数 413 000

定 价 18.00 元

凡购买高等教育出版社图书,如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请在所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

序

高等职业教育培养适应 21 世纪我国社会主义现代化建设需要的,具备综合职业能力和全面素质的,直接在生产、服务、技术和管理第一线工作的技术应用型人才。要提高高等职业教育的教育质量和办学效益,必须深化教育教学改革,而课程改革、教材建设则是教学改革的关键所在。基于这种认识,上海市教育委员会自 1998 年 9 月起开始进行高职教材的组编工作。根据职业教育专业门类多的特点,组编工作着重于领导、引导和指导,目的是动员本市广大高职教师,开展高职教材的研究与建设。

在组织编写的过程中,我们着重提出几个方面的要求:

1. 明确课程内容在本专业应用能力形成中的地位与作用,是高职教材编写的基本依据。要求编者首先把握住使用本教材的专业的培养目标和规格,掌握课程设置的结构与要求,最终明确本教材在实现培养目标的课程体系中的地位与作用,以及同其他课程的关系,努力体现“联系实际、够用为度”的编写原则。

2. 促进教材编写与高职课程改革的紧密联系。高职教材的建设是以课程改革为基础,又是为课程改革服务的,我们组织编写的高职教材基本上是高专业主干课程的教材,教材内容要尽可能反映出课程改革的思路与实践,力求实现以一门主干课程教材的建设带动整个专业的主干课程的改革。

3. 组建一支既有理论知识、又有实践经验的编写队伍。高职教材要求内容、形式充分体现以能力培养为主线。要达到这一目标,在编写队伍的结构上,必须注意整体优化组合,让学术专家、实践行家共同参与编写。这样,高职教学中的产学结合思想在教材编写过程中容易得到贯彻落实。

经过近两年的努力,在社会各界的重视、支持、帮助和参与下,我们在机电类、土建类、计算机类和商贸类等四大类专业组编了二十余本高职教材,现已陆续出版发行。作为一种实践活动,本次编写的高职教材无论在内容还是在形式方面,都会存在一些不足,请广大读者指正。

上海市教育委员会

编者的话

本套高等职业教育土木工程专业系列教材,是在上海市教育委员会领导下,由同济大学高等技术学院牵头,组织上海市几所高等职业技术学校的教师与工程技术人员共同编写的。本系列教材共计15本,包括《土木工程施工实录》、《土木工程施工工艺》、《土木工程测量》、《建筑材料》、《建筑力学》、《房屋建筑学》、《土力学与地基基础》、《建筑施工技术》、《地下工程施工技术》、《桥梁施工技术》、《道路施工技术》等。

本系列教材的编写指导思想是:跟踪土木工程施工技术的迅速发展,适应建筑、地下、桥梁、道路等工程技术的相互交叉,使学生在掌握传统施工工艺的同时,也能掌握各种施工新技术。本系列教材的相关课程衔接科学、合理,尽量避免内容上不必要的重复;突出高职教育的特点,强调理论联系实际,强调以能力培养为核心。本系列教材根据我国土木工程最新设计标准与施工规范、规程、标准等编写,体现当前我国与国际土木工程的施工技术与管理水平。

在本系列教材编写之前,同济大学成立了由高等技术学院副院长董大奎教授为组长、土木工程学院施工教研室主任应惠清教授为副组长的教材编写小组,对土建行业的有关企业进行了长达一年的调研,对人才的培养目标、业务规格、能力结构、素质要求等方面进行了研究与分析,确定高职土木工程专业培养目标为以建筑工程、市政工程从事项目经理岗位为主的第一线技术与管理人才。根据这一培养目标,教材编写小组对课程体系进行了较大力度的调整与改革,形成了具有高职特色的培养计划与课程设置,并在此基础上确定系列教材编写目录。在编写过程中,得到了上海市建设委员会、上海建工集团、上海住总集团等的大力支持,在此一并表示感谢。

本教材《桥梁施工技术》是系列教材中的一本,由魏红一主编,黄绳武主审。本书第1、6、7、8章由魏红一编写,第2章由凌建中、魏红一编写,第3章由励晓峰、涂意美编写,第4章由励晓峰编写,第5章由励晓峰、魏红一编写,第9章由凌建中编写。

由于高职教育在我国刚刚起步,本系列教材的编写尚无经验,书中不妥之处难免,恳请读者提出宝贵意见。

同济大学高等技术学院
土木工程专业教材编写小组

目 录

第一章 总论	1
§ 1.1 桥梁的基本知识	1
§ 1.2 桥梁的设计要点	8
§ 1.3 桥梁施工方法的概述及施工方法的选择	11
思考与练习	17
第二章 桥梁施工设备及预应力技术	18
§ 2.1 概述	18
§ 2.2 桥梁的常备式结构	19
§ 2.3 桥梁施工的主要起重机具设备	24
§ 2.4 施工挂篮	30
§ 2.5 预应力技术与设备	35
思考与练习	46
第三章 桥梁基础施工	47
§ 3.1 概述	47
§ 3.2 天然浅基础	48
§ 3.3 桩基础	55
§ 3.4 沉井	63
§ 3.5 地下连续墙	67
思考与练习	68
第四章 桥梁墩台	69
§ 4.1 概述	69
§ 4.2 桥墩和桥台的构造特点	69
§ 4.3 桥梁墩台施工	74
思考与练习	83
第五章 简支梁桥的施工方法	84
§ 5.1 简支梁桥的结构特点	84
§ 5.2 就地浇筑施工	89
§ 5.3 预制、安装施工	97

2 目 录

§ 5.4 桥梁支座和伸缩缝的施工	103
思考与练习	106
第六章 悬臂梁、连续梁及刚构桥的施工	107
§ 6.1 悬臂梁桥、连续梁桥及刚构桥的结构特点	107
§ 6.2 固定支架就地浇筑施工法	113
§ 6.3 悬臂施工法	117
§ 6.4 逐孔施工	134
§ 6.5 顶推施工法	150
§ 6.6 转体施工法	160
思考与练习	162
第七章 拱桥的施工方法	163
§ 7.1 拱桥的结构形式及受力特点	163
§ 7.2 拱桥的有支架就地浇筑、砌筑施工	165
§ 7.3 拱桥的无支架就地浇筑施工	172
§ 7.4 装配式钢筋混凝土肋拱桥的缆索吊装施工	178
§ 7.5 转体施工法	183
§ 7.6 桁架拱桥的施工	197
思考与练习	206
第八章 斜拉桥和悬索桥施工方法简介	208
§ 8.1 斜拉桥的结构体系和构造特点	208
§ 8.2 斜拉桥的施工方法	217
§ 8.3 斜拉桥施工实例	226
§ 8.4 悬索桥的结构体系和构造特点	231
§ 8.5 悬索桥的施工特点	236
思考与练习	242
第九章 钢桥施工	243
§ 9.1 概述	243
§ 9.2 钢构件的制作	244
§ 9.3 钢桥的安装	247
§ 9.4 钢桥的施工控制与质量检验	256
思考与练习	259

第一章 总 论

内容提要与学习要求

桥梁工程是关于规划、设计、研究和施工等的综合性学科,在我国有悠久的历史。在了解和掌握有关桥梁施工方法之前,首先需了解桥梁工程的总体概貌。

本章主要介绍:

1. 桥梁的基本组成和结构类型;
2. 桥梁设计荷载和荷载组合;
3. 桥梁的设计原则、程序及要点;
4. 桥梁施工方法概述及施工方法的选择。

通过本章的学习应达到下列要求:

1. 掌握桥梁的种类和结构类型,桥梁工程的专用术语;
2. 了解桥梁的设计荷载和荷载组合;
3. 熟悉桥梁设计过程的要点;
4. 掌握桥梁常用施工方法的特点及适用范围。

桥梁是跨越障碍的通道,是铁路、公路和城市道路等庞大交通网络的重要组成部分,它在国家的政治、经济等方面都起着重要的作用。

桥梁不仅是交通运输的重要建筑物,也是科学技术和艺术智慧的结晶。由于交通网络建设的需求、建筑新材料的出现以及电子计算机的普及等使得桥梁的设计和施工技术发生了很大的变化,涌现出许多新型的桥梁结构。桥梁常以其宏伟壮观而成为城市的标志,代表着国民经济和文化的发达。

§ 1.1 桥梁的基本知识

一、桥梁的种类

桥梁的种类可以从以下几个方面进行划分:

就桥梁的用途而言,可划分成人行桥、公路桥、城市桥、铁路桥、高架渠道、管线桥及运河桥等。

就桥梁所跨越的障碍而言,可划分成跨河桥、跨谷桥、跨线桥及高架桥、栈道等。

就桥梁的建筑材料而言,可划分成钢桥、钢筋混凝土桥、预应力混凝土桥和圬工桥、木桥等。

当需在交通不甚繁忙的航道、通道上建造较高的桥梁,但又因技术或经济等方面原因而无法实现时,则可修建开启桥。另外还有供军事用途的军用便桥。

二、桥梁的基本组成部分

图 1-1 表示一座公路桥梁的概貌。从图中可见,桥梁一般由以下几部分组成:

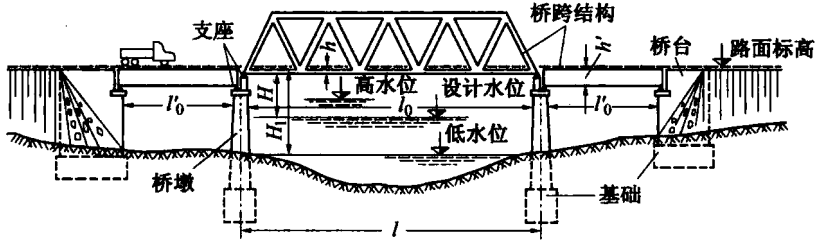


图 1-1 梁式桥概貌

桥跨结构是在线路中断时跨越障碍的主要承载结构。当需要跨越的幅度比较大,并且除恒载外要求安全地承受很大的车辆荷载的情况下,桥跨结构的构造就比较复杂,施工也相对困难。桥面是供车辆或行人行走的部分。桥跨结构及桥面统称为桥梁的上部结构。

桥墩和桥台是支承桥跨结构并将恒载和车辆活载等传至地基的建筑物。通常,设置在桥两端的称为桥台,它除了上述作用外,还与路堤相衔接,以抵御路堤的土压力,防止路堤填土的滑坡和坍塌。设置在两桥孔之间的称为桥墩,单孔桥没有中间桥墩。对于两端悬出的桥跨结构,则往往不用桥台而设置靠近路堤边坡的岸墩。桥台和桥墩中,使全部荷载传至地基地部的奠基部分,通常称为基础。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,并且需在水下施工,故也是桥梁施工中比较困难的一个部分。设置在桥跨结构与桥墩、桥台间的传力装置称为支座,它的作用是支承或固定上部结构,并将上部结构荷载传递给墩台,同时,还保证了上部结构的伸缩、弯曲等变形。桥梁的下部结构通常由桥墩、桥台、支座和基础组成。

为保证迎水部分路堤边坡的稳定,一般在桥台两侧设置石砌的锥形护坡。此外,在桥梁建筑工程中,根据需要还常常修筑护岸、导流结构物等附属工程。

下面介绍与桥梁结构布置有关的主要术语名称。

水位有低水位、高水位、设计洪水水位等之分。在枯水季节的最低水位称为低水位;洪峰季节河流中的最高水位称为高水位;桥梁设计中按规定的设计洪水频率计算所得的高水位称为设计洪水水位。

跨径有净跨径、计算跨径、总跨径等之分。净跨径对于梁式桥是指设计洪水水位上相邻两个桥墩(或桥台)之间的净距,用 l_0 表示;对于拱式桥是每孔拱跨两个拱脚截面最低点之间的水平距离(图 1-2)。计算跨径对具有支座的桥梁,是指桥跨结构相邻两个支座中心之间的距离,

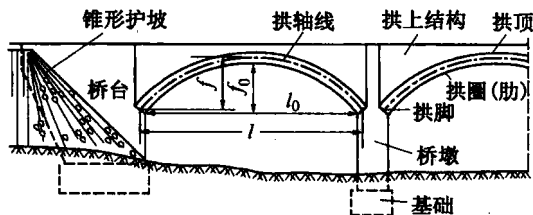


图 1-2 拱桥概貌

用 l 表示,对于拱式桥是两相邻拱脚截面形心点之间的水平距离。总跨径是多孔桥梁中各孔净跨径的总和 ($\sum l_0$),它反映了桥下泄洪的能力。

桥梁全长简称桥长,是桥梁两端两个桥台的侧墙或八字墙后端点之间的距离,以 L 表示;对于无桥台的桥梁为桥面系行车道的全长。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筑中的重要程度。

桥梁净空分为桥面净空、桥下净空。桥面净空是保证车辆行人安全通过桥上所必需的桥梁净空限界;桥下净空高度是设计洪水位或计算通航水位至桥跨结构最下缘之间的距离,以 H 表示(图 1-1),它应保证能安全排洪,并不得小于对该河流通航所规定的净空高度;桥下通航净空是通航河流上的桥梁垂直流水方向的空间限界的轮廓,包括净空高度(船只或船队在设计最高通航水位时能顺利通过桥孔的有效高度)、净空宽度(船只或船队在设计最高通航水位时能顺利通过桥孔的有效宽度),任何结构构件或航运设施均不得伸入通航净空内。

桥梁高度简称桥高(图 1-1 中的 H_1),是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。

建筑高度是桥上行车路面(或轨顶)标高至桥跨结构最下缘之间的距离(图 1-1 中的 h 和 h'),它不仅与桥梁结构的体系和跨径的大小有关,而且还随行车部分在桥上布置的高度位置而异。

在拱桥结构中,拱圈(或拱肋)各截面形心点的连线称为拱轴线;从拱顶截面下缘至相邻两拱脚截面下缘最低点之连线的垂直距离称为净矢高,以 f_0 表示(图 1-2);从拱顶截面形心至相邻两拱脚截面形心之连线的垂直距离称为计算矢高,以 f 表示;拱桥中拱圈(或拱肋)的计算矢高 f 与计算跨径 l 之比称为矢跨比,它是反映拱桥受力特性的一个重要指标。

桥面系包括桥面防水层、桥面混凝土连接层、桥面伸缩缝、桥面车行道、人行道和分隔带铺装、桥面排水设施、装饰栏杆及防撞栏杆、灯柱系统。

涵洞是用来排泄路堤下水流的构造物。通常在建造涵洞处路堤不中断。为了区别于桥梁,《公路工程技术标准》中规定,凡是多孔跨径的全长不到 8 m 和单孔跨径不到 5 m 的泄水结构物,均称为涵洞。

三、桥梁的主要类型

现代桥梁按照结构体系受力特点的不同,可以分为梁式桥、桁架桥、刚构桥、拱式桥、斜拉桥、悬索桥和组合体系桥(图 1-3)。各种桥型的特点如下:

1. 梁式桥

梁桥以抗弯能力承受荷载,它在竖向荷载作用下无水平反力。多孔梁桥的梁在桥墩上不连续的称为简支梁,简支梁是静定结构,结构内力不受地基变形等的影响,因而能适用于地基较差的桥位;在桥墩上连续的结构称为连续梁,连续梁为超静定结构,其刚度大、变形小、动力性能好,但桥墩基础的不均匀沉降及混凝土的收缩徐变等都将在结构中产生附加内力;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结构称为悬臂梁;支承在悬臂上的简支梁称为挂梁;伸出有悬臂的梁称为锚梁。梁桥因其中性轴区应力小,材料不能充分发挥作用,故其跨径受到限制。

2. 拱桥

在垂直荷载作用下,作为承重结构的拱肋主要承受压力,使主拱截面的材料强度得以充分

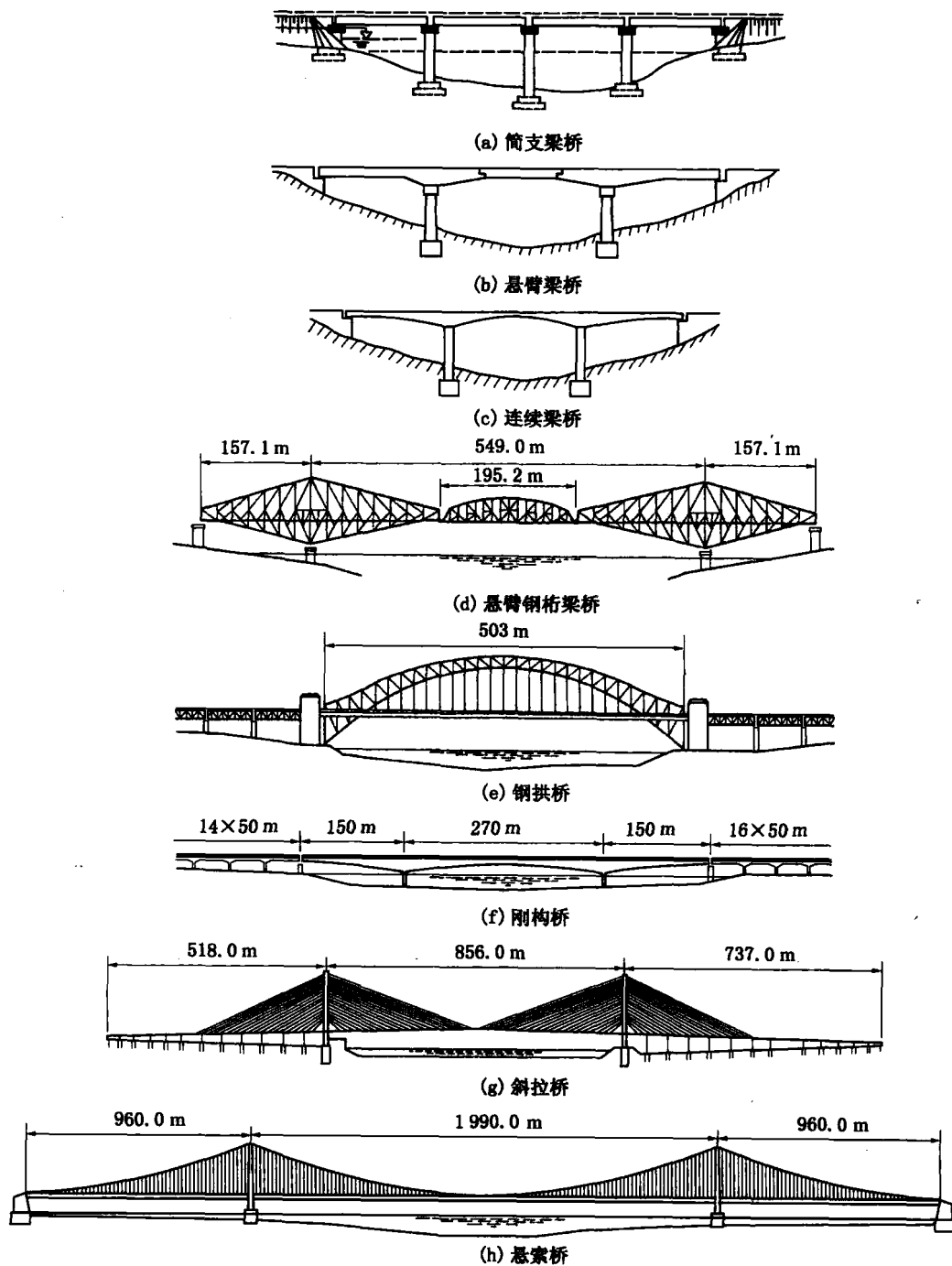


图 1-3 桥梁主要结构体系

发挥,增大了拱的跨越能力。拱桥的支座不但要承受垂直方向的力,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式桥要高。拱桥按主拱的结构体系可分为静定体系的三铰拱和超静定体系的双铰拱和无铰拱,超静定结构体系拱将受到温度、基础沉降等次内力的影响。根据桥面与主拱的相对位置,拱桥又可分成三种形式,桥面在拱肋上方的称为上承式拱桥,桥面在拱肋下方的称为下承式拱桥,而中承式拱桥的桥面位于拱肋的中部。

3. 刚架桥

刚架桥的结构介于梁与拱之间,梁与桥墩为刚性连接,体现了此结构受力性能为梁受弯与墩受压相结合。在竖向荷载作用下,梁的弯矩被墩腿处水平反力抵消一部分,因而梁的高度可以减小。

4. 悬索桥

悬索桥以悬挂在塔架上的强大钢索为主要承重结构承受桥面结构。锚固在两端锚碇上的钢索用高强钢丝编制而成,其自重轻、承受力大,能充分发挥材料的优越性能,适用于特大跨径的桥梁。

5. 桁架桥

桁架桥的杆件承受直接拉应力或压应力,材料的利用率较高。但其杆件的强度往往受变形及稳定的限制而不能充分发挥,因此跨径不能很大。桁架桥可分为梁式桁架桥和拱式桁架桥等。

6. 组合体系桥

承重结构系由两种结构形式组合而成的桥梁称为组合体系桥梁,如斜拉桥为梁与斜缆组合。

四、桥梁的设计荷载

(一) 荷载分类

公路桥梁的设计荷载分永久荷载、可变荷载和偶然荷载(表 1-1)。

表 1-1 荷载分类表

编 号	荷载分类	荷载名称
1	永久荷载 (恒载)	结构重力
2		预加应力
3		土的重力及土侧压力
4		混凝土收缩及徐变影响力
5		基础变位影响力
6		水的浮力

(续表)

编 号	荷载分类		荷载名称
7	可变荷载	基本可变荷载 (活载)	汽车
8			汽车冲击力
9			离心力
10			汽车引起的土侧压力
11			人群
12			平板挂车或履带车
13			平板挂车或履带车引起的土侧压力
14		其他可变荷载	风力
15			汽车制动力
16			流水压力
17			冰压力
18			温度影响力
19			支座摩阻力
20	偶然荷载		地震力
21		船只或漂流物撞击力	

永久荷载(恒载):在设计使用期内,其值不随时间变化,或其变化与平均值相比可忽略不计。

可变荷载:在使用期内,其值随时间变化,且其变化与平均值相比是不可忽略的荷载。按其对应桥涵结构的影响程度,又分为基本可变荷载(活载)和其他可变荷载。图 1-4、图 1-5 是基本可变荷载中汽车车列的纵、横向布置。

偶然荷载:在使用期内不一定出现,但一旦出现,其值很大,且持续时间很短。

(二) 荷载组合

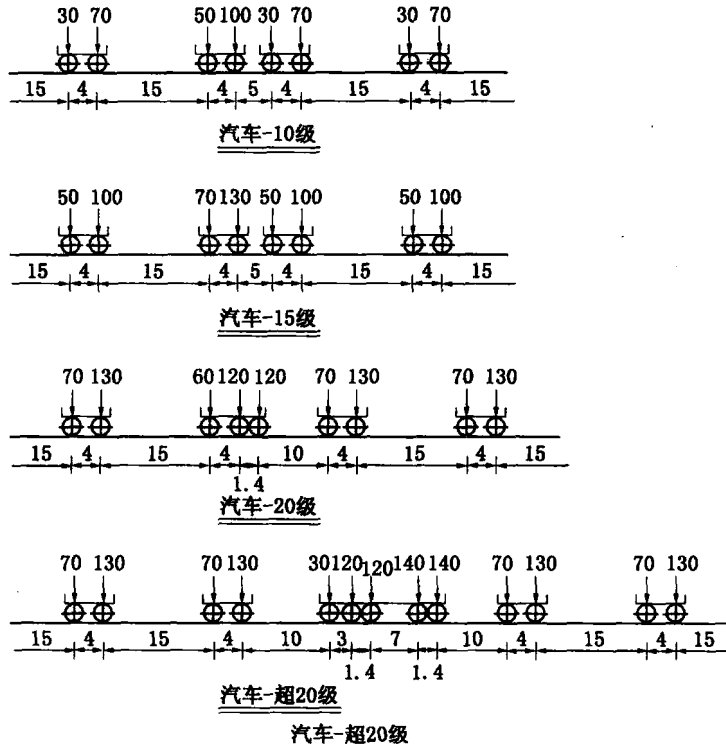
桥梁结构在使用期内有可能承受两种或两种以上的可变荷载,它们在使用期内同时以最大值相遇的概率很小,故在设计结构时,应根据可能同时出现的作用荷载,采用适当的组合规则进行荷载组合。

根据各种荷载的重要性,荷载的组合分为六类。

组合 I:基本可变荷载(平板挂车或履带车除外)的一种或几种,与永久荷载的一种或几种相组合。

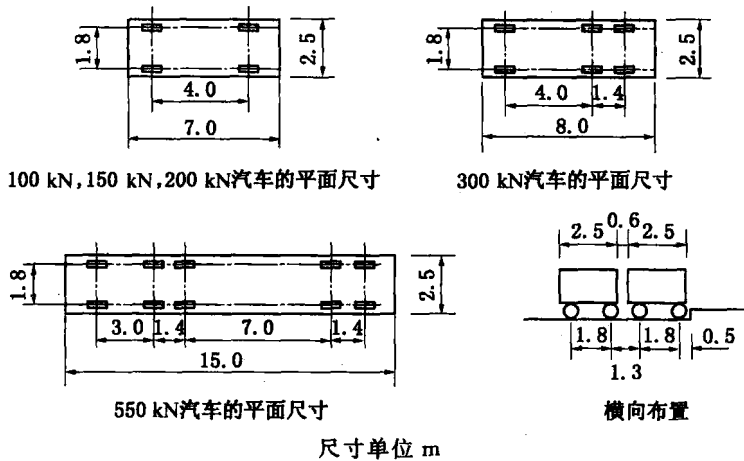
组合 II:基本可变荷载(平板挂车或履带车除外)的一种或几种,与永久荷载的一种或几种和其他可变荷载的一种或几种相组合。

组合 III:平板挂车或履带车,与结构重量、预加应力、土的重力及土侧压力的一种或几种相组合。



轴重力单位 kN 尺寸单位 m

图 1-4 各级汽车车队的纵向排列



尺寸单位 m

图 1-5 各级汽车的平面尺寸和横向布置

组合Ⅳ:基本可变荷载(平板挂车或履带车除外)的一种或几种,与永久荷载的一种或几种和偶然荷载中的船只或漂流物的撞击力相组合。

组合Ⅴ:桥涵在进行施工阶段验算时,根据可能出现的施工荷载(如结构重力、脚手架、材料机具、人群、风力以及拱桥的单向推力等)进行组合;构件在吊装时,其自重应乘以动力系数 1.2 或 0.85,并可视构件具体情况适当增减。

组合Ⅵ:结构重力、预加应力、土重及土侧压力中的一种或几种与地震力相组合。

其他可变荷载应按表 1-2 的规定参与上述各种组合。

表 1-2 其他可变荷载不同时组合表

编 号	荷 载 名 称	不与该荷载同时参与组合的荷载号
14	风 力	—
15	汽车制动力	16, 17, 19
16	流水压力	15, 17
17	冰 压 力	15, 16
18	温度影响力	—
19	支座摩阻力	15

在桥涵设计中,当采用极限状态设计时,应根据不同的极限状态与荷载组合,给出不同的荷载安全系数;当用容许应力设计时,则应按不同的荷载组合给出不同的材料容许应力值。

§ 1.2 桥梁的设计要点

一、桥梁设计原则和程序

桥梁结构应根据使用任务、性质和将来发展的需要,按照实用、经济、安全和美观的原则进行设计。

桥梁必须实用。它要有足够的承载能力,能满足当前车辆、行人安全通过和将来交通发展的需要,以及桥下运输路线畅通无阻的需要。

桥梁设计应体现经济合理性。一切设计必须经过详细周密的技术经济比较,使桥梁在建造时消耗最少量的材料、机具和劳动力;在使用期间养护费用最省,并且经久耐用。同时,设计所选用的结构形式要便于施工和制造,能够采用先进的施工技术和施工机械,以便于加快施工进度,保证工程质量和施工安全。

在适用、经济和安全的前提下,要尽可能使桥梁具有优美的外形,并与周围环境协调。

桥梁设计应广泛吸取国内外的先进经验,积极采用新结构、新工艺、新材料与新设备,使桥梁建筑达到高水平。

根据桥梁设计工作需要循序渐进、逐步深入的规律,并与国家基本建设程序相配合,大型桥梁的设计工作分成几个阶段进行,即前期工作和设计阶段。前期工作包括编制工程预可行性研究报告和可行性研究报告。设计阶段按“三阶段”进行,即初步设计、技术设计和施工图设计。各个阶段都有各自需要包含的内容和深度,要达到的目的和要解决的问题。

初步设计是根据设计任务书和初测资料编制,其目的是拟定修建原则、选定设计方案、提出施工方案、编制设计概算;技术设计是根据批准的初步设计及审批意见,对重大复杂的技术问题,通过科学试验、专题研究、加深勘探调查和分析比较,确定桥位和桥型设计方案,计算工程数量,提出修正的施工方案和修正设计概算;施工图设计是根据批准的初步设计或技术设计,进一步对选定的设计方案加以具体化,提出施工需要的图表及施工组织设计,计算各项工

程数量,并编制施工图预算。图 1-6 为设计阶段与建设程序相关图。

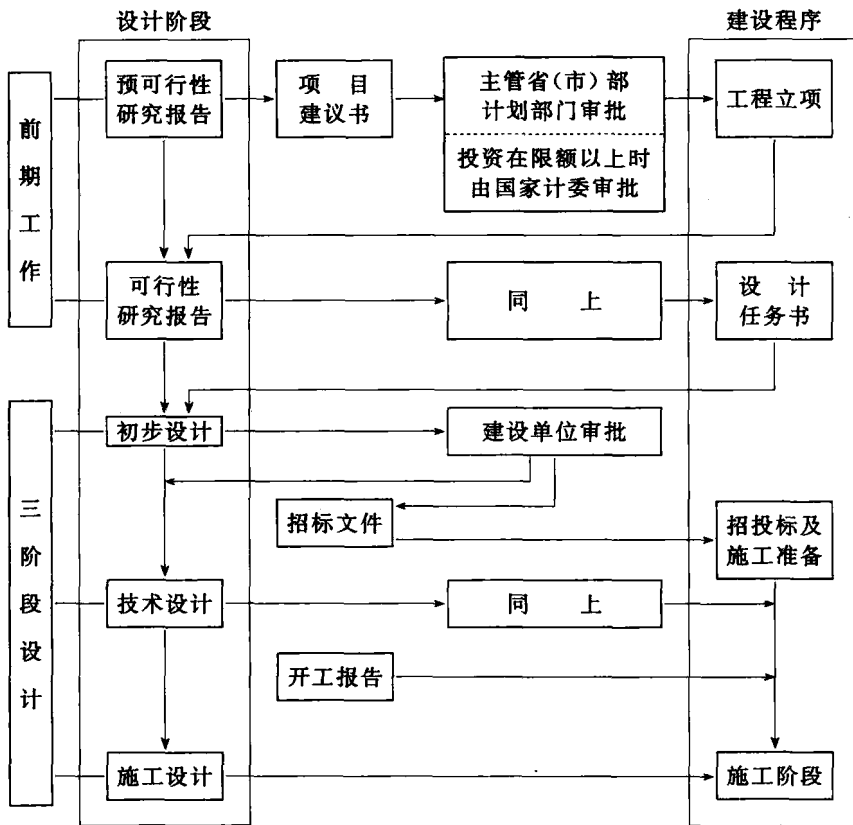


图 1-6 设计阶段与建设程序相关图

二、设计资料调查

桥梁设计涉及的因素很多,必须充分调查研究,从客观实际出发,分析该桥的具体情况,才能得出合理的设计建议,提出正确的计划任务书。因此,桥梁的规划、设计必须进行以下一系列的调查工作:

1. 调查桥梁的使用任务:即调查桥上的交通种类和行车、行人的往来密度,藉以确定桥梁的荷载等级和行车道、人行道宽度等。调查桥上有否需要通过的各类管线(如电力、电话和水管、煤气管等),为此需设置专门的构造装置。

2. 测量桥位附近的地形,绘制地形图供设计和施工应用。

3. 探测桥位的地质情况,包括土壤的分层标高、物理力学性能、地下水等,并将钻探所得资料绘成地质剖面图。对于所遇到的地质不良现象,如滑坡、断层、溶洞、裂隙等应详加注明。

4. 调查和测量河流的水文情况,包括调查河道性质(如河床及两岸的冲刷和淤积、河道的自然变迁等),收集和分析历年的洪水资料,测量河床断面图,调查河槽各部分的形态标志、糙率等,通过计算确定各种特征水位、流速、流量等,与航运部门协商确定通航水位和通航净空,了解河流上有关水利设施对新建桥梁的影响。