

桥梁结构

张发祥

河海大学出版社

号 810 第 字 登 录 (表)

桥梁结构

张发祥

河海大学出版社

(苏)新登字第 013 号

内 容 提 要

本书主要介绍梁式桥梁和拱式桥梁的基本理论和基本知识,以及各种桥梁的构造、设计和计算方法,并在主要章节内附有计算示例。

本书可供高等学校学生学习之用,也可供工程设计单位、工程管理部门的技术人员参考。

责任编辑 吴毅文

责任校对

桥 梁 结 构

张发祥

出版发行:河海大学出版社
(南京西康路1号,邮政编码:210098)

经 销:江苏省新华书店
印 刷:河海大学印刷厂

开本 787×1092 毫米 1/16 印张 11 字数 300 千字
1994 年 12 月第 1 版 1994 年 12 月第 1 次印刷
印数 1—5,000 册

ISBN7-5630-0143-3

U.3

定价:9.80 元

河海版图书若有印刷装订错误,可向承印厂调换

前 言

桥梁在国民经济建设中起有十分重要作用。根据教学要求,在多年教学实践基础上,编写了此书,书中吸取了国内外先进技术和新的科研成果,强调了重点突出、简明扼要、深入浅出和通俗易懂的原则。既体现各种桥梁的现行设计规范的精神和要求,并做到理论联系实际,在主要章节内附有计算示例,以便于读者自学和参考。

本书可供高等学校学生学习之用,也可供工程设计单位和工程管理部门的技术人员参考使用。

全书由张发祥编写,赵天台审阅。由于水平有限,恳请读者对本书存在的缺点和错误给予批评指正,谢谢。

(85)	.....	附录一	第四版
(88)	.....	附录二	第四版
(88)	.....	附录三	第四版
(88)	.....	附录四	第四版
(88)	.....	附录五	第四版
(88)	.....	附录六	第四版
(88)	.....	附录七	第四版
(88)	.....	附录八	第四版
(88)	.....	附录九	第四版
(88)	.....	附录十	第四版
(88)	.....	附录十一	第四版
(88)	.....	附录十二	第四版
(88)	.....	附录十三	第四版
(88)	.....	附录十四	第四版
(88)	.....	附录十五	第四版
(88)	.....	附录十六	第四版
(88)	.....	附录十七	第四版
(88)	.....	附录十八	第四版
(88)	.....	附录十九	第四版
(88)	.....	附录二十	第四版
(88)	.....	附录二十一	第四版
(88)	.....	附录二十二	第四版
(88)	.....	附录二十三	第四版
(88)	.....	附录二十四	第四版
(88)	.....	附录二十五	第四版
(88)	.....	附录二十六	第四版
(88)	.....	附录二十七	第四版
(88)	.....	附录二十八	第四版
(88)	.....	附录二十九	第四版
(88)	.....	附录三十	第四版
(88)	.....	附录三十一	第四版
(88)	.....	附录三十二	第四版
(88)	.....	附录三十三	第四版
(88)	.....	附录三十四	第四版
(88)	.....	附录三十五	第四版
(88)	.....	附录三十六	第四版
(88)	.....	附录三十七	第四版
(88)	.....	附录三十八	第四版
(88)	.....	附录三十九	第四版
(88)	.....	附录四十	第四版
(88)	.....	附录四十一	第四版
(88)	.....	附录四十二	第四版
(88)	.....	附录四十三	第四版
(88)	.....	附录四十四	第四版
(88)	.....	附录四十五	第四版
(88)	.....	附录四十六	第四版
(88)	.....	附录四十七	第四版
(88)	.....	附录四十八	第四版
(88)	.....	附录四十九	第四版
(88)	.....	附录五十	第四版
(88)	.....	附录五十一	第四版
(88)	.....	附录五十二	第四版
(88)	.....	附录五十三	第四版
(88)	.....	附录五十四	第四版
(88)	.....	附录五十五	第四版
(88)	.....	附录五十六	第四版
(88)	.....	附录五十七	第四版
(88)	.....	附录五十八	第四版
(88)	.....	附录五十九	第四版
(88)	.....	附录六十	第四版
(88)	.....	附录六十一	第四版
(88)	.....	附录六十二	第四版
(88)	.....	附录六十三	第四版
(88)	.....	附录六十四	第四版
(88)	.....	附录六十五	第四版
(88)	.....	附录六十六	第四版
(88)	.....	附录六十七	第四版
(88)	.....	附录六十八	第四版
(88)	.....	附录六十九	第四版
(88)	.....	附录七十	第四版
(88)	.....	附录七十一	第四版
(88)	.....	附录七十二	第四版
(88)	.....	附录七十三	第四版
(88)	.....	附录七十四	第四版
(88)	.....	附录七十五	第四版
(88)	.....	附录七十六	第四版
(88)	.....	附录七十七	第四版
(88)	.....	附录七十八	第四版
(88)	.....	附录七十九	第四版
(88)	.....	附录八十	第四版
(88)	.....	附录八十一	第四版
(88)	.....	附录八十二	第四版
(88)	.....	附录八十三	第四版
(88)	.....	附录八十四	第四版
(88)	.....	附录八十五	第四版
(88)	.....	附录八十六	第四版
(88)	.....	附录八十七	第四版
(88)	.....	附录八十八	第四版
(88)	.....	附录八十九	第四版
(88)	.....	附录九十	第四版
(88)	.....	附录九十一	第四版
(88)	.....	附录九十二	第四版
(88)	.....	附录九十三	第四版
(88)	.....	附录九十四	第四版
(88)	.....	附录九十五	第四版
(88)	.....	附录九十六	第四版
(88)	.....	附录九十七	第四版
(88)	.....	附录九十八	第四版
(88)	.....	附录九十九	第四版
(88)	.....	附录一百	第四版

目 录

第一章 概 述.....	(1)
第一节 桥梁的组成和分类.....	(1)
第二节 桥梁的荷载.....	(2)
第三节 桥梁的规划设计.....	(9)
第二章 钢筋混凝土梁式桥	(12)
第一节 桥面构造	(14)
第二节 板桥和装配式 T 形梁桥构造	(15)
第三节 钢筋混凝土梁式桥内力计算	(18)
第四节 计算示例	(28)
第三章 双曲拱桥	(28)
第一节 概述	(28)
第二节 双曲拱桥构造	(28)
第三节 主拱圈设计与计算	(37)
第四节 计算示例	(60)
第四章 钢筋混凝土桁架拱桥	(79)
第一节 概 述	(79)
第二节 桁架拱桥构造	(79)
第三节 桁架拱桥截面尺寸的拟定	(87)
第四节 桁架拱桥内力计算及应力验算	(92)
第五章 石 拱 桥.....	(111)
第一节 石拱桥构造.....	(111)
第二节 石拱桥的结构计算.....	(112)
第六章 桥梁的墩台.....	(114)
第一节 概 述.....	(114)
第二节 桥墩类型.....	(114)
第三节 桥台类型.....	(117)
第四节 荷载计算.....	(121)
附录.....	(123)
主要参考书目.....	(172)

第一章 概 述

第一节 桥梁的组成和分类

桥梁是交通线路的重要组成部分，它是用于跨越各种障碍建筑物的空中道路，故可称之为跨空的支承结构，桥梁种类很多，但各种桥梁均由上部结构、下部结构两个基本部分组成（图 1-1）。

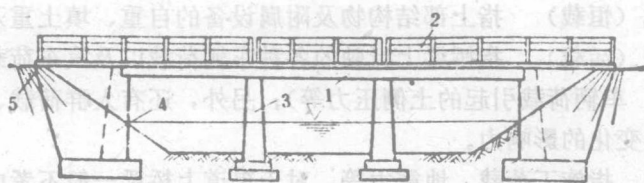


图 1-1 梁式桥

1—行车道梁 2—栏杆 3—桥墩 4—桥台 5—路堤

上部结构常称桥跨结构，它包括承重结构和桥面系两部分，承重结构是跨越障碍物，承受自重、行人和车辆荷载的主要构件，承重结构因桥型而异，例如，梁式桥的承重结构是行车道梁，拱式桥的承重结构则是主拱圈。

下部结构由桥墩、桥台和基础组成。

一、桥梁的类型

桥梁分类方法繁多，这里主要介绍两种分类方法：

(一)、按桥梁用途分类

1、公路桥 桥面净宽由公路等级来确定，一般为 7m、9m、15m，桥面两侧设有人行道和栏杆，设计荷载一般是汽—10、汽—15、汽—20，并还应以履带—50、挂车—80 和挂车—100 作验算荷载。

2、生产桥 供人行及牛马车、手扶拖拉机行驶，桥面宽 2~2.5m。

3、拖拉机桥 机耕道路上供拖拉机行驶的桥梁，桥面净宽一般为 3.5~4.0m。

4、低标准公路桥 一般为县与乡或县与县之间的公路桥，桥面净宽 4.5m。

(二) 按上部结构型式分类

1、装配式钢筋混凝土梁式桥 包括铰接实心板桥、铰接空心板与 T 型梁桥等几种型式，此外还有普通钢筋混凝土和预应力混凝土之分，梁桥构造简单、施工方便，但钢筋用量较多。

2、石拱桥 它是最古老的桥型、耐久性好，由于石拱桥的自重大，它要求地基土有较高的承载能力，在石料丰富地区被广泛采用。

3、双曲拱桥 它是一种预制装配,分部组合的拱式结构,钢筋用量较少、承载能力较高,施工方便也较简单,不需要大吊装设备,但施工期较长。

4、桁架拱桥 按腹杆型式的差别,又可分竖杆式桁架拱和斜杆式桁架拱,竖杆式桁架拱造型比较美观,但斜杆式桁架拱的刚度与承载能力比竖杆式的大。因此,荷载等级较低的桥梁可选用竖杆式,对荷载等级高的桥梁一般选用斜杆式。另外,桁架拱桥自重轻,因此对地基要求不高,可适用于承载能力较低的软土地区。

第二节 桥梁的荷载

一、荷载的分类与组合

在我国现行桥梁设计规范中,对于桥梁上部结构的荷载分为永久荷载、可变荷载和偶然荷载等三种。

(1) 永久荷载(恒载) 指上部结构物及附属设备的自重、填土重及土压力等。

(2) 可变荷载(活载) 指桥梁上行驶的各种车辆荷载以及汽车荷载所引起的影响力(冲击力、制动力、车辆荷载引起的土侧压力等);另外,还有人群荷载、风力(风荷载)、混凝土收缩和温度变化的影响力。

(3) 偶然荷载 指施工荷载、地震力等,对于渠道上桥梁一般不考虑地震力。

设计桥梁上部结构时,一般考虑下列两种荷载组合:

(1) 主要荷载组合 由恒载、车辆荷载引起的土侧压力、汽车荷载的冲击力以及人群荷载组成。

(2) 附加荷载组合 由恒载和荷载较大而较少遇到的履带车(或平板挂车)组成。

①由主要荷载中的一种或几种荷载与可能同时作用的一种或几种其他荷载和外力(人群荷载、地震力和施工荷载除外)等组成。

②由恒载和荷载较大而较少遇到的履带车(或平板挂车)组成。

二、荷载标准

(1) 车辆荷载

桥梁上行驶的车辆荷载种类繁多,根据我国现有交通情况,考虑各种车辆在桥梁上出现的机遇不同,我国公路桥梁设计规范中规定了桥梁设计的标准化荷载,对于经常地、大量地出现的汽车排列成车队,作为标准荷载;把偶然地、个别地出现的履带车和平板挂车作为验算荷载,对于不同类型桥梁,其荷载标准和验算荷载是不同的。

①生产桥 采用人群荷载作为计算荷载,人群荷载按 $25 \sim 35 \times 10^{-4} \text{MPa}$ ($250 \sim 350 \text{kg/m}^2$) 计算;并用 3.5t 胶轮马车作为验算荷载,其荷载图形如图 1-2 所示。

②拖拉机桥 一般按旧汽车—6 级或旧汽—8 级的汽车荷载计算,其荷载图形采用东方红 12—54 型及红旗 80 型拖拉机(图 1-2b, c),这是因为它们的重量与旧汽车—6 级、旧汽车—8 级相似。旧汽车—6 级及旧汽车—8 级的平面尺寸及车队的纵向排列如图 1-3 所示,其主要技术指标见表 1-1。

③公路桥 计算荷载采用汽车—10 级、汽车—15 级、汽车—20 级,在每一级的汽车荷载车队中,规定有一辆加重车,其前后是标准车,标准车数量不限,当使用汽车荷载布置最不利位置时,其轴重的顺序应按车队规定排列,不得改变,对于多车道的桥梁汽车荷载

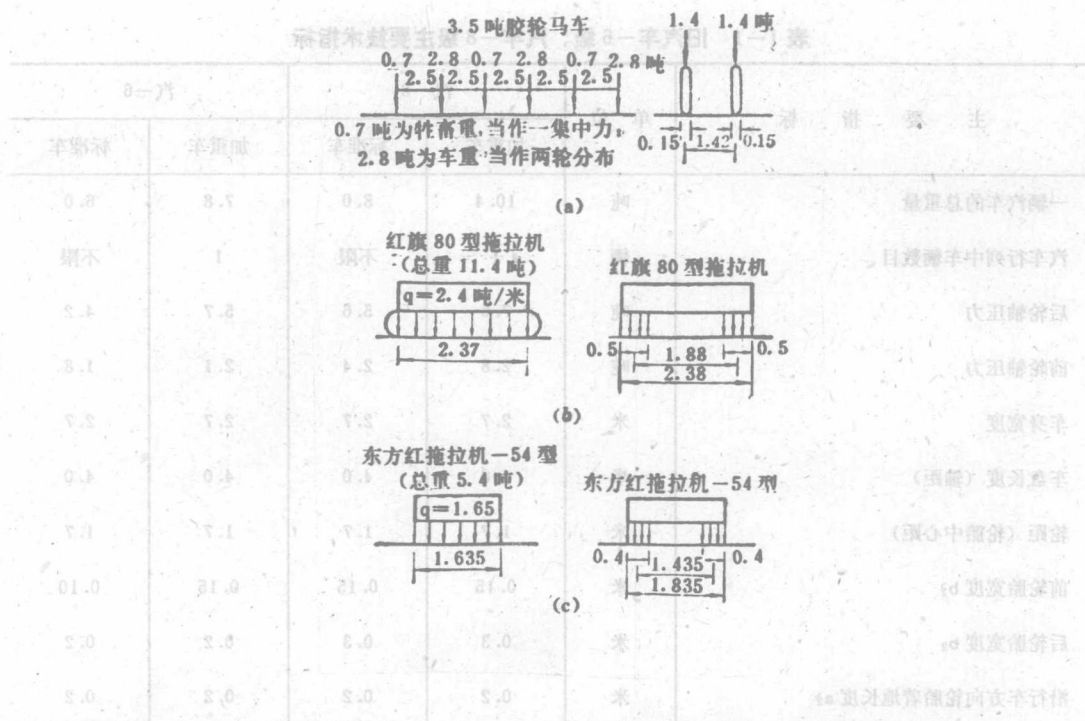


图 1-2 胶轮马车及农业拖拉机荷载图

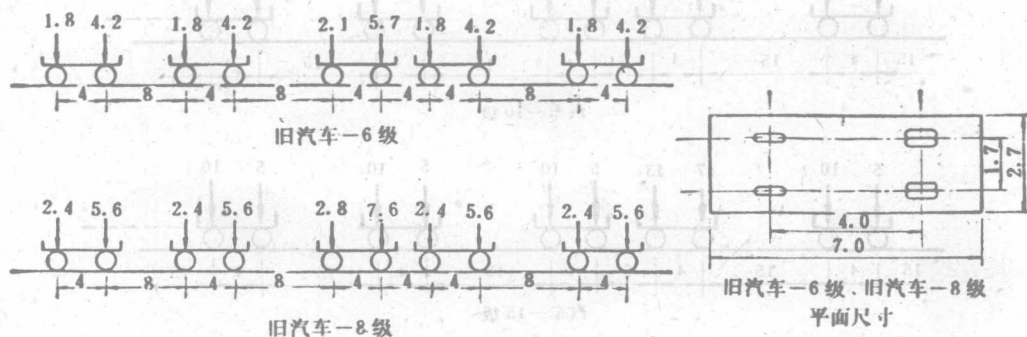


图 1-3 旧汽车-6级、旧汽车-8级车队纵向排列及平面尺寸 (重量单位: 吨, 尺寸单位: 米)

可以折减, 用二行车队计算时, 汽车-20级车队的荷载可以折减 10%, 但折减后的计算内力不得小于一行车队的计算结果; 用三行车队计算时, 各级汽车荷载均可折减 20%; 用四行车队计算时, 各级汽车荷载均可折减 30%, 但折减后均不得小于两行车队计算的结果。汽车-10级、汽车-15级、汽车-20级的平面尺寸、横向布置和车队的纵向排列如图 1-4、1-5 所示, 其主要技术指标见表 1-2。

表 1-1 旧汽车—6 级、汽车—8 级主要技术指标

主 要 指 标	单 位	汽—8		汽—6	
		加重车	标准车	加重车	标准车
一辆汽车的总重量	吨	10.4	8.0	7.8	6.0
汽车行列中车辆数目	辆	1	不限	1	不限
后轮轴压力	吨	7.6	5.6	5.7	4.2
前轮轴压力	吨	2.8	2.4	2.1	1.8
车身宽度	米	2.7	2.7	2.7	2.7
车盘长度 (轴距)	米	4.0	4.0	4.0	4.0
轮距 (轮胎中心距)	米	1.7	1.7	1.7	1.7
前轮胎宽度 b_2	米	0.15	0.15	0.15	0.10
后轮胎宽度 b_2	米	0.3	0.3	0.2	0.2
沿行车方向轮胎着地长度 a_2	米	0.2	0.2	0.2	0.2

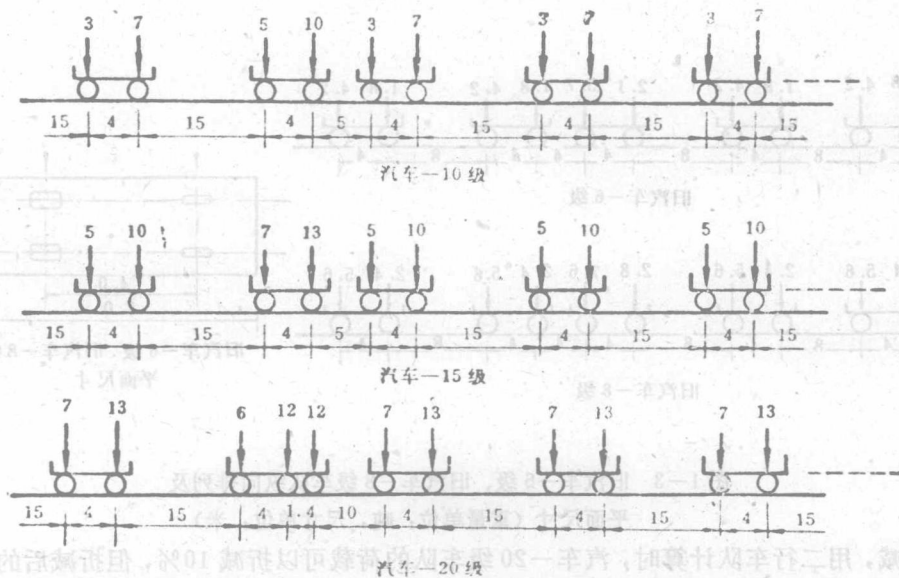
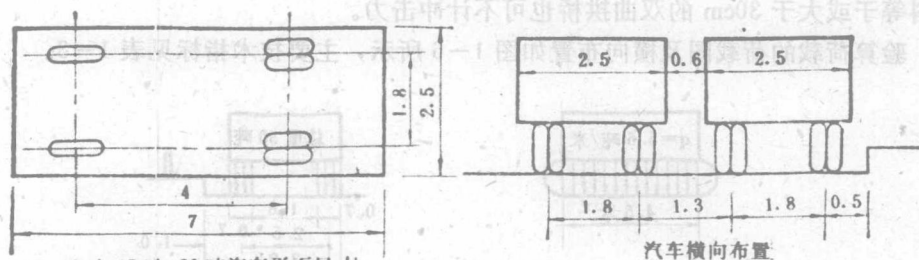


图 1-4 各级汽车车队的纵向排列

(重量单位: 吨, 尺寸单位: 米)



10吨、15吨、20吨汽车平面尺寸

汽车横向布置

图 1-5 各级汽车的平面尺寸和横向布置

(重量单位: 吨, 尺寸单位: 米)

表 1-2 各级汽车荷载的主要技术指标

主 要 指 标	单 位	荷 载 等 级					
		汽车—10级		汽车—15级		汽车—20级	
		重 车	主 车	重 车	主 车	重 车	主 车
一辆汽车总重量	吨	15	10	20	15	30	20
一行汽车车队中车辆数目	辆	1	不限制	1	不限制	1	不限制
后轴压力	吨	10	7	13	10	2×12	13
前轴压力	吨	5	3	7	5	6	7
轴 距	米	4	4	4	4	4+1.4	4
轮 距	米	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
后(中)轮着地宽度及长度 ($b_2 \times a_2$)	米	0.5×0.2	0.5×0.2	0.6×0.2	0.5×0.2	0.6×0.2	0.6×0.2
前轮着地宽度及长度 ($b_2 \times a_2$)	米	0.25×0.2	0.25×0.2	0.3×0.2	0.25×0.2	0.3×0.2	0.3×0.2
车辆外形尺寸(长×宽)	米	7×2.5	7×2.5	7×2.5	7×2.5	7×2.5	7×2.5

公路桥的验算荷载随汽车荷载而不同, 一般情况汽车—10级为履带 50; 汽车—15级为挂车—80; 汽车—20级为挂车—100。用验算荷载进行验算时, 对于履带车顺桥方向可考虑多辆行驶, 但两车间距不得小于 50 米; 对于平板挂车全桥只按单辆车行驶计算。履带车或平板挂车通过桥梁时, 应居中、慢速行驶, 履带车外侧履带中线或平板挂车外侧车轮的中线, 离人行道或安全带边缘的距离不得小于 1 米, 采用验算荷载验算时, 不考虑冲击力, 对于拱式桥梁的拱顶填料(包括路面厚度)大于或等于 50cm 时, 可以不计冲击力, 对于拱顶

填料等于或大于 30cm 的双曲拱桥也可不计冲击力。

验算荷载的荷载图及横向布置如图 1—6 所示，主要技术指标见表 1—3。

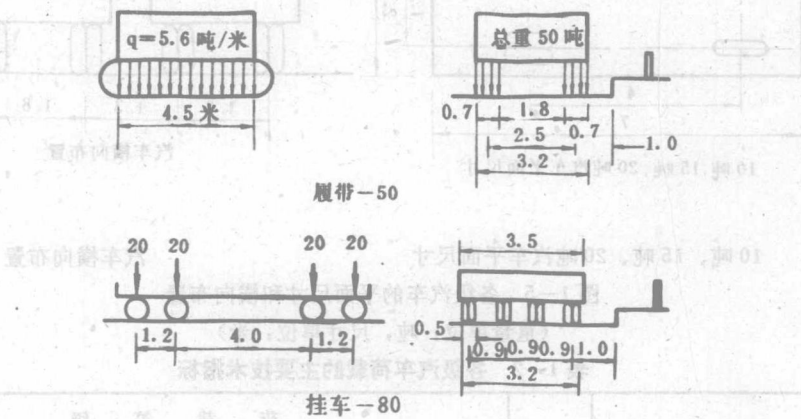


图 1—6 验算车辆荷载图式和横向布置

(重量单位：吨，尺寸单位：米)

表 1—3 验算车辆的主要指标

主 要 指 标	单位	汽—10 验算荷载履带—50	汽—15 验算荷载挂车—80
车辆重量	吨	50	80
履带数或车轴数	个	2	4
每条履带或每个车轴的压力	吨	5.6 吨/米	20
履带着地长度或纵向轴距	米	4.5	1.2+4.0+1.2
每个车轴的车轮组	个	—	4
履带横向中距或车轮横向中距	米	2.5	3×0.9
履带宽度或每对车轮着地的宽度和长度($b \times a_2$)	米	0.7	0.5×0.2

(2) 车辆荷载的影响力

①冲击力

汽车是以较快速度突然加载于桥上，因而引起桥梁的振动。同时由于桥上路面不平，车轮不圆和发动机的抖动等原因也会引起桥梁发生振动。这种由于荷载的动力作用使桥梁发生振动而造成内力加大的现象称为冲击作用。对于冲击力的计算目前只能用粗糙的近似方法，即以冲击系数 μ 来考虑冲击作用的影响，在设计计算中将汽车荷载乘以冲击系数 μ 便得汽车荷载的冲击力。根据现代桥梁上所做振动实验结果，冲击系数 μ 的近似表达式为：

$$\mu = \frac{a}{b + l}$$

式中： l ——计算跨径或相应内力影响线的荷载长度；

a 和 b ——桥梁类型不同的常数。

此式中的 μ 是随 l 的增加而减小，它的数值在公路桥为 ≤ 0.3 。

计算冲击系数 μ 时，可按表 1—5 采用。

表 1—5 钢筋混凝土、预应力混凝土、混凝土和砖石桥涵的冲击系数

结 构 种 类	跨径或荷载长度 (米)	冲击系数 μ
梁、刚构、拱上构造、柱式墩台、 桥涵盖板	$L \leq 5$	0.30
	$L \geq 45$	0.00
拱桥的主拱圈或拱肋	$L \leq 20$	0.20
	$L \geq 70$	0.00

②制动力

桥上汽车制动力，是车辆在刹车时为克服车辆的惯性力则在路面与车辆之间发生的滑动摩擦力。规范中规定：当桥涵为一或二车道（净—4.5 米、净—7 米、净—9 米）时，制动力按布置在荷载长度内的一行车队总重力的 10% 计算，但不得小于一辆重车的 30%。

制动力的着力点按设计规范要求，在计算墩台时，可移至支座中心（铰或滚轴中心），或滑动支座、橡胶支座、摆动支座的底座面上；计算刚构桥、拱桥时，可移至桥面上，但不计因移动而产生的竖向力和力矩。

对不同型式的支座和墩台所受到动力的计算，可参照规范具体规定执行。

③土侧压力

汽车、平板挂车或履带车引起的土侧压力，即由这些车辆荷载在桥台或挡土墙后填土的破坏棱体上引起的土侧压力。可按《公路桥涵设计规范》中第 2.14 条规定计算。

(3) 其他荷载

桥梁除承受恒载、车辆荷载、车辆荷载影响力以外，还有可能承受其他荷载和外力，但它并不是每座桥梁上部同时出现，只有在一定具体条件下才有可能出现其中一种或几种。

①人群荷载

设计公路桥涵时的人群荷载一般规定为 300 公斤/平方米；城市郊区行人密集地区一般为 350 公斤/平方米，但亦可根据实际情况或参照所在地城市桥梁设计的规定予以确定。在有人行道的桥梁上，人群荷载与汽车荷载同时考虑，而用验算荷载时则不计入人群荷载。

当人行道板为钢筋混凝土板时，还应以 120 公斤集中竖向力作用在一块板上进行验算，计算栏杆时，人群作用于栏杆上的水平推力规定为 25 公斤/米，施力点在栏杆柱顶，人群作用于扶手的竖向力规定为 100 公斤/米，施力点在上部扶手。

②风力（风荷载）

对于大跨径桥梁，特别具有柔性的斜拉桥和吊桥，风荷载是极为重要的设计荷载，有时甚至起决定性的作用，即对结构的强度、刚度和稳定性起控制作用。风荷载的计算详见《公路桥涵设计规范》中第 2.17 条规定。

③温度影响力

对超静定结构,必须考虑温度变化影响而导致结构变形所引起的影响力,它的大小应根据当地具体情况,结构物使用材料和施工条件等因素计算确定。

温度变化范围须由地区气温条件而定,气温变化值,应自结构物合拢时的温度算起。

钢筋混凝土及预应力混凝土、混凝土及砖石桥梁,必要时尚须考虑日照引起的温度影响力。

④ 支座摩阻力、流水压力及冰压力

支座上的摩阻力是上部构造因温度变化而产生的,其数值可按下式计算:

$$F = \mu V$$

式中: V ——作用于活动支座的恒载竖向反力;

μ ——支座的摩擦系数,见《公路桥涵设计规范》第 2.21 条表 2-11。

对于设计墩台时需要考虑的水压力或冰压力,可分别参见《公路桥涵设计规范》第 2.23 条和 2.24 条。

⑤ 地震力

地震力主要是指地震时强烈的地面运动引起的结构惯性力,但它并不完全决定于地震时地面运动的强烈程度,而还决定于结构的动力特性(频率与振型)。公路桥梁设计规范中规定公路桥梁的抗震设防起点,一般为设计地震烈度 8 度,但连续梁、T 型刚构等桥型,宜采用设计烈度 7 度,地震力的计算和结构抗震设计应符合《公路工程抗震设计规范》的规定。

⑥ 船只或漂流物撞击力

在通行较大载重量的船只或有漂流物的河流中,修建桥梁的河中桥墩必须考虑船只或漂流物的撞击力。如有可能应采用实测资料进行计算。

⑦ 施工荷载

在桥梁设计中,还必须注意到结构物在预制、运输、架设安装及各施工阶段可能遇到的各种临时荷载。桥梁设计中因对施工荷载的取值不当或验算上的疏忽,造成毁桥事故还是并不少见。

三、等代荷载

在工程设计中,常用影响线来解决活载作用下梁的内力计算问题。如有一跨度为 15m 简支梁,试求由汽车-10 级荷载在跨中截面产生最大弯矩?需先画跨中截面弯矩影响线(图 1-7b),由影响线概念决定荷载最不利位置,即当汽-10 级荷载的纵向排列,重车后轮位于跨中时跨中截面的弯矩最大(图 1-7a),最后将各车轮荷载乘以相应影响的竖标总和,即为所求跨中截面的最大弯矩值:

$$M_{L/2} = 10 \times y_1 + 5 \times y_2 + 3 \times y_3 = 3.335l$$

上述计算工作比较麻烦且易出错。为减少工作量,在同号影响线范围内假想有一个布满的均布荷载 q (图 1-7c) 使均布荷载 q 在指定截面所产生的最大弯矩或最大剪力与一行汽车荷载按最不利位置布置时,对该截面产生的最大弯矩或最大剪力相等,这一假想荷载称为等代荷载。

按等代荷载概念对上例可求得等代荷载 q 值:见图 1-7,作用在梁上的跨中弯矩 $M_{L/2} = 1/8ql^2$ (或者 $M_{L/2} = q\omega$, ω 为影响线面积),令其弯矩与汽车-10 级荷载在跨中截面产生最大弯矩值相等,即 $1/8ql^2 = 3.335l$,则跨中截面等代荷载 $q = 8 \times 3.335/l = 1.78t/m$

(17.8kN/m)。

工程上常用的等代荷载表,可查阅《公路桥梁标准车辆等代荷载》(人民交通出版社1974年)参见附录I。

第三节 桥梁的规划设计

一、桥梁的初步设计

桥梁的初步设计就是针对初拟的桥型方案,首先通过对桥梁平面、立面(纵断面)和横断面三要素的合理布局来满足桥、路与河(或峡谷)三者的协调关系,然后进行综合比较,并提出1~2个推荐方案,供上级主管部门审批时参考。

(一) 桥位选择

桥位选择是设计过程中首先遇到的重要问题,通常要进行不同桥位方案比较才能确定。桥位选择要在河床稳定、地质良好而无变迁的地方,并希望河面较窄、墩台位置安全和施工方便;桥位与线路的配合要合理,对于大、中桥的桥位,原则上应在服从路线总方向的前提下,在路桥综合考虑的基础上确定合适的桥位,而对于小桥涵则一般应服从路线的走向来布置。

(二) 桥梁的纵断面设计

纵断面设计包括桥梁总跨径的确定,桥梁的分孔、桥面标高与桥下净空,桥上及桥头纵坡布置等。

1、桥梁总跨径 总跨径的选定应以能跨越桥下障碍而不致造成不安全后果为原则。例如跨河桥梁的总跨径一般根据水文计算确定,但要注意结合具体情况分别对待,不可只凭计算而机械地选用。

2、桥梁孔径划分 当总跨径确定后就要考虑孔径的划分工作,以便得到经济合理的孔径布置方案,桥梁分孔跨径的大小,直接影响孔数与桥墩数目的多少,也直接影响上部结构和下部结构的工程造价。对于梁式桥,当上部结构(不包括桥面)与下部结构的造价大致相等时,即得到通常所说的“经济分孔”。但是,当桥台的造价比较昂贵时,这种理论性的结论就不完全适用,加之经济含义不单是指材料的节约,而且还包括施工的难易和工期缩短的经济效益,以及桥梁提前投入运营给国民经济带来的收益等因素。所以,多孔桥梁可以“经济分孔”作为初步估计,再结合具体情况分析调整,以确定最后的分孔方案。对于拱式桥则宜从要求全桥造价为最低进行考虑,通过比较来确定分孔方案。

对多孔桥梁分孔,无特殊要求时以等距分孔为宜,而对于满足通航需设通航孔、或需设较大跨径的跨越河道深槽、或为避开不利的地质地段而需加大跨径等情况,则可采用不等跨分孔。

3、桥面标高 桥面标高的确定有的是在路线纵断面设计中已经规定,有的则需根据设计洪水位,桥下通航或交通运输需要的净空来确定。

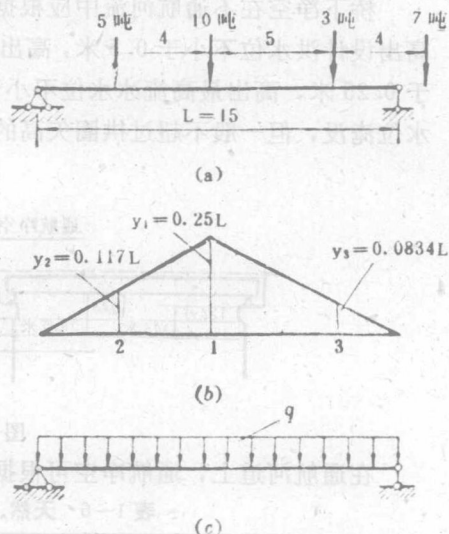


图 1-7 等代荷载概念图

(a) 最不利荷载位置; (b) $M_{L/2}$ 影响线;
(c) 等代荷载

桥下净空在不通航河流中应根据设计洪水位或最高流冰水位确定。桥梁的梁底一般应高出设计洪水位不小于 0.5 米，高出最高流冰水位 0.75 米；支座底面高出设计洪水位不小于 0.25 米，高出最高流冰水位不小于 0.5 米（图 1-8）。对于无铰拱桥，拱脚允许被设计洪水位淹没，但一般不超过拱圈矢高的 2/3；拱顶底面至设计洪水位的净高不小于 1.0 米。

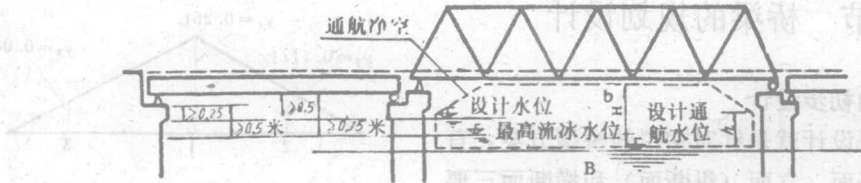


图 1-8 桥下通航净空图

在通航河道上，通航净空可根据航道等级或当地航运部门进行协商决定。表 1-6。

表 1-6 天然、渠化河流及人工运河通航净空要求

航道等级	桥 下 净 空 尺 寸 (m)					
	净 跨 B		顶 部 净 宽 b		净 空 高 度	
	天然及渠化河流	人工运河	天然及渠化河流	人工运河	H (中 部)	h (边 部)
一	70	50	55	35	12.5	5.0
二	70	50	55	35	11	5.0
三	60	40	45	30	10	3.0
四	44	30	35	23	7-8	3.0
五	32-38.5 (40)	25 (28)	30	20	4.5-5.5	2.0
六	20 (30)	13 (25)	15	10	3.5-4.5	1.5

注：(1) 本表是根据中华人民共和国交通部标准《公路桥位勘测设计规程》(试行) JTJ062-82 中有关规定摘录的；

(2) 本表不包括通海轮的航道和长江干流宜宾至海口段。

(3) “()” 系既通航船队又通航木排的水道上采用的标准。

从表列通航净空可知，梁式桥的梁底标高可按净空图的顶线定出；而拱桥则欲使桥下净空图框与拱腹线接触，拱顶标高必须要高出通航净空图顶线几十厘米至几米。所以，同一航道，拱桥的拱顶标高比梁桥要高些。

有漂浮物或有流冰阻塞以及易淤积的河道，桥下净空应分别情况适当加高。跨越线路桥梁的桥下净空根据桥下通行车辆的最大装载高度加安全超高确定。

4、桥上纵坡及桥头连接布置

通常为保证通航和减少桥头接线引桥（或引道）的长度，上自桥梁中段向两端桥头降坡，一般公路桥梁纵坡不宜超过 4%，城镇桥梁纵坡不宜超过 3%。

桥头连接视有无需要而定。当需要提高桥面标高，同时又受路线纵坡的控制，两岸路

面不能太低，这时就需要作引桥或引道连接以降低坡度。一般当引道路堤高度大于6米时，可以考虑引桥的方案。

(三) 桥梁横断面设计

横断面设计主要是确定桥面宽度和与此相适应的桥跨结构横截面的布置。桥面宽度应根据公路等级和交通量来确定。我国《公路桥涵设计规范》(1975年)的桥面布置尺寸如表1-7所示。

表 1-7 各级公路的行车道净宽标准

公路等级	桥面行车道净宽(米)	车道数
高速公路	2×净-7.5或2×净-7.0	4
一	2×净-7.5或2×净-7.0	4
二	净-9.0或净-7.0	2
三	净-7.0	2
四	净-7.0或净-4.5	2或1

(四) 桥梁的平面布置

平面布置要保持桥梁的线型及桥头引道的平顺，使车辆能平稳地通过。

小桥涵与公路的衔接，可按线路的要求布置。大、中桥梁的线型，一般为直线，当桥面受两岸地形限制时，允许修建曲线桥(曲线应符合路线要求)，也允许修建斜桥(斜度一般不大于45°，在通航河流上桥墩沿水流方向的轴线与通航水位主流方向交角不宜大于5度)。

(五) 方案比较

一个较好的设计方案必须经方案比较才能选出，桥型方案比较是初设中必须进行的重要工作，选择桥型方案的先决条件是技术上的可能性和施工上的可行性。鉴于一座桥梁的桥型方案是在特定的前提条件下制定的，所以，正确的选择桥型方案不仅与基本资料的准确性有关，而且还取决于设计人员对这些资料的运用和判断。

各比较方案的计算精确度，应建立在相同的基础上，使方案之间具有可比性，方案的比较与评价可考虑以下方面：工程造价和使用劳动力的数量；主要建筑材料的用量；施工方便与施工期限；使用性能与以后的维修养护工作；全部工程的机械化程度与使用机械设备多少；美观与环境影响(噪音)。

二、编制施工图阶段

本阶段主要内容为根据已批准的初步设计方案进行结构设计计算，绘制施工详图。

有关桥梁结构计算问题，将在有关章节叙述。

施工设计的目的是选定切实可行的施工方法，通过科学的组织管理，将图纸上的设计内容付诸实施。

第二章 钢筋混凝土梁式桥

第一节 桥面构造

桥面系由桥面铺装、桥面排水、防水措施、伸缩缝、人行道和栏杆等组成(图 2-1)。

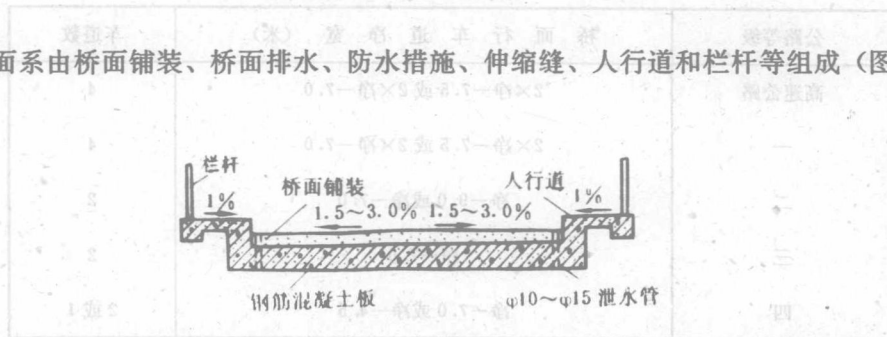


图 2-1 桥面构造

一、桥面铺装

桥面铺装即行车道铺装，亦称桥面保护层。桥面铺装部分在桥梁恒载中占有相当大的比重，特别对于小跨径桥梁尤为显著，故应尽量设法减轻铺装的重量。桥面铺装有水泥混凝土、沥青混凝土、沥青表面处治和泥结碎石等。前两种型式用得较广，能满足各项要求；后两种型式则耐久性差，仅在中级或低级公路桥梁上使用。

装配式钢筋混凝土、预应力混凝土桥梁采用水泥混凝土或沥青混凝土铺装，其厚度为 0.06~0.08 米。水泥混凝土铺装的标号不低于桥面板混凝土的标号，并在施工中能确保铺装层与桥面板紧密结合成整体，则铺装层的混凝土(应除去 0.01~0.02 米的磨损层)就可计入行车道板的厚度内和行车道板共同受力，以充分发挥这部分材料的作用。为使铺装层具有足够的强度和良好的整体性(亦能联系各主梁共同受力的作用)，一般宜在混凝土中铺设直径为 4~6 毫米的钢筋网。水泥混凝土铺装的造价低，耐磨性好，适合于重载交通，但其养生期比沥青混凝土长，日后修补较麻烦。沥青混凝土铺装的重量轻，维修养护也较方便，在铺装后几小时就能通车运行。

二、桥面防水层排水设施

为防止雨水滞积于桥面并渗入梁体而影响桥梁的耐久性，除在桥面铺装内设置防水层外，应设置排水设施，使桥上的雨水迅速排至桥外。国内常用的为贴式防水层，由两层防水卷材(如油毛毡)和三层粘结料(沥青胶砂)相间组合而成，一般厚 0.01~0.02 米。桥面伸缩缝处应连续铺设，不可切断。桥面纵向铺过桥台背；截面横向两侧，则应伸过缘石底面从人行道与缘石砌缝向上叠起 0.10 米。这种防水层的造价高，施工麻烦，它虽有防水作用，但却把行车道与铺装层分开，故应根据建桥地区的气候条件，桥梁重要性等，在技术经济上作充分考虑之后再采用之。一般在平原、气候温暖地区很少采用，有的在铺装层内加一层沥青混凝土，或用防水混凝土做铺装层来增加防水作用。

通常当桥面纵坡大于 2%；而桥长小于 50 米时，雨水可直接流至桥头从引道上排除，桥