

公路设计手册

拱 桥

(上册)

人民交通出版社

公路设计手册

拱 桥

(上 册)

《公路桥涵设计手册》编写组

人 民 交 通 出 版 社

1978年·北京

主持和参加本书的编写单位:

广东省公路运输管理局 (主持单位)

江苏省交通局 (主持单位)

交通部公路规划设计院

上海市政工程设计院

西安公路学院

重庆交通学院

湖南省交邮局陆运公司测设大队

哈尔滨林业设计院

公路设计手册

拱 桥

(上 册)

《公路桥涵设计手册》编写组

人民交通出版社出版

(北京市安定门外和平里)

北京市书刊出版业营业许可证出字第 006 号

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

人民交通出版社印刷厂印

开本: 850×1168_{1/32} 印张: 26.375 字数: 692千

1978年5月 第1版

1978年5月 第1版 第1次印刷

印数: 0001—12600册 定价(科三): 2.50元

前 言

在毛主席的无产阶级革命路线指引下，在无产阶级文化大革命推动下，全国人民在阶级斗争、生产斗争和科学实验三大革命运动中，取得了伟大胜利。公路战线上广大职工坚持党的基本路线，认真学习无产阶级专政理论，以阶级斗争为纲，贯彻执行毛主席的一系列重要指示和方针政策，促进社会主义农业、工业生产和整个国民经济的发展，也促进了公路事业的蓬勃发展。为了适应形势的发展和满足公路战线上广大职工的需要，一些省、市及部直属公路建设部门和有关院校共同组成了公路桥涵设计手册编写组，在交通部公路局的领导下，在汇编建国以来我国实践经验的基础上，分别编写了公路工程中有有关桥涵方面的《基本资料》、《桥位设计》、《梁桥》、《墩台和基础》、《涵洞》和《拱桥》等册。

在编写过程中，各分册的编写组曾先后深入全国大部分省、市、自治区的有关公路建设单位及施工现场，进行了调查研究，组织了三结合的座谈会，广泛听取了有实践经验的工人、干部和技术人员的意见。在完成提纲或初稿后，又再次征求意见，最后由交通部公路规划设计院（前交通部第一公路工程局设计所）组织力量统一审查。

以上各分册提供了有关公路桥涵设计方面的标准、规范、常用的计算方法、公式、图表、参考数据及一些算例，以便从事公路建设工作的同志们查阅、使用、借以提高工作效率。

由于本手册的编写工作，是与《公路桥涵设计规范》的编制同时进行的，因此，书中有的与该规范规定和数据不一致的应以中华人民共和国交通部部标准《公路桥涵设计规范》（试行）为准。

编写组的工作，得到许多省、市和交通部所属各有关单位的大力支持与帮助，特别是山东省交通局、辽宁省交通局、交通部第二公路工程局和广东省公路运输管理局等主持单位的党政领导在各方面给予了亲切关怀和支援，谨在此表示衷心感谢。

由于我们学习马克思主义、列宁主义、毛泽东思想不够，技术水平有限，初次编写手册，缺乏经验，加之时间仓促，未能把已有的设计革命及技术革新成果汇辑完整，缺点和错误在所难免，希广大革命读者提出批评和意见。

《公路桥涵设计手册》编写组

1975年

目 录 (上册)

常用符号一览表	1
第一章 设计资料	5
第一节 荷载标准	5
一、车辆荷载	5
二、等代荷载	10
第二节 截面的几何性质	40
一、面积矩及重心位置公式	40
二、惯性矩及回转半径	41
三、截面换算系数	43
四、通常采用的几种截面形状和截面几何性质	43
五、箱形截面几何性质计算例题	54
六、双曲拱组合截面几何性质计算例题	55
第三节 砖、石砌体及混凝土构件截面应力计算	59
一、轴心受压构件	59
二、局部承压构件	61
三、受弯构件	62
四、偏心受压构件	62
五、构件的直接抗剪强度计算	75
六、双曲拱组合截面的拱肋顶面剪应力计算	76
七、双曲拱拱肋与拱波间混凝土接触面处的法向 拉应力计算	76
第四节 钢筋混凝土构件截面应力计算	77
一、轴心受压构件	78
二、轴心受拉构件	78
三、局部承压构件	78
四、受弯构件	78
五、偏心受压构件	97

六、偏心受拉构件.....	111
七、受扭构件	113
第五节 双曲拱组合截面应力重分布计算例题	113
第二章 拱的构造	126
第一节 拱的形式及选择	126
一、拱的形式.....	126
二、形式的选择.....	126
第二节 各种类型拱的构造.....	127
一、实体板拱.....	127
二、空心板拱(卡砌拱)	140
三、双曲拱.....	144
四、箱形拱.....	154
五、肋拱.....	186
六、桁架拱.....	195
七、双铰平板拱.....	201
八、扁壳拱.....	212
第三节 拱上建筑	224
一、实腹式.....	225
二、空腹式.....	226
三、变形缝、泄水管、防水层.....	230
第四节 拱 铰	234
一、石铰和混凝土铰.....	234
二、铅铰.....	234
三、钢筋混凝土铰.....	235
四、其他形式.....	235
第五节 石砌弯、坡、斜拱桥.....	236
一、弯拱桥(拱桥在弯道上布置)	236
二、坡拱桥.....	238
三、斜拱桥.....	240
第三章 等截面圆弧无铰拱	245
第一节 圆弧拱的几何性质及弹性中心	245
一、圆弧拱的几何性质.....	245

二、弹性中心.....	249
第二节 圆弧拱的内力计算	250
一、基本结构及弹性中心内力.....	250
二、影响线.....	253
三、恒载作用下拱的受力计算.....	256
四、温度作用下拱的受力计算.....	261
第三节 不同荷载作用下拱弹性中心的内力	262
第四节 等截面圆弧无铰拱设计例题	270
第五节 砖、石及混凝土无铰板拱内力简易计算法 (等代三铰拱法)	277
一、基本概念.....	277
二、内力计算.....	278
三、应力验算.....	280
四、计算例题.....	281
第四章 悬链线无铰拱	287
第一节 几何性质	287
一、拱轴公式.....	287
二、拱轴线水平斜角 φ	290
三、变截面悬链线拱的拱厚变换系数.....	290
四、弹性中心.....	294
第二节 拱轴系数 m 的确定和拱轴线偏离的 计算与调整	295
一、拱轴系数 m 的确定	295
二、恒载压力线偏离拱轴线影响的计算.....	301
三、调整拱轴线.....	303
第三节 悬链线拱的内力计算	304
一、恒载作用下的内力计算.....	304
二、活载内力计算.....	309
三、温度作用和混凝土收缩引起的内力计算.....	319
四、拱圈自重作用下的内力计算.....	320
五、应力调整.....	322
第四节 拱脚变位引起的内力	329

一、拱脚相对水平位移引起的内力.....	329
二、拱脚相对垂直位移引起的内力.....	331
三、拱脚相对角变引起的内力.....	331
四、两拱脚同时发生角变、水平位移及垂直位移 引起的内力.....	333
第五节 地震力、风力、离心力、浮力引起 拱的内力的计算.....	334
一、地震力.....	334
二、风力、离心力.....	334
三、浮力.....	335
第六节 悬链线无铰拱设计例题	335
第五章 双铰拱、三铰拱	426
第一节 双铰拱计算	426
一、等截面圆弧双铰拱.....	426
二、等截面悬链线双铰拱.....	433
三、等截面抛物线双铰拱.....	436
第二节 三铰拱计算	443
一、等截面圆弧三铰拱.....	443
二、悬链线三铰拱.....	450
第三节 拱铰计算	457
一、拱铰应力计算.....	457
二、钢筋混凝土铰的配筋验算.....	458
第六章 桥墩、桥台	459
第一节 桥墩的构造和计算	459
一、顺桥向的受力计算.....	461
二、横桥向的受力计算.....	464
三、强度计算.....	464
四、稳定性验算.....	468
第二节 桥墩计算例题	471
第三节 桥台构造	478
一、U形桥台.....	478
二、轻型桥台.....	481

三、组合式桥台.....	482
四、箱型桥台.....	483
五、拱座式桥台.....	484
六、桥台设计参考资料.....	484
第四节 桥台计算	490
一、侧土压力.....	490
二、桥台的计算方法.....	495
第五节 桥台计算例题.....	502
第七章 连拱计算	519
第一节 基本公式	519
一、符号系统的规定.....	519
二、拱和墩的弹性常数.....	520
三、基本方程式.....	528
第二节 连拱简化计算.....	533
一、三孔连拱的简化计算.....	533
二、多孔连拱的简化计算.....	543
三、三孔连拱按推力传递系数法的计算.....	555
四、连拱按单拱计算的判别条件.....	558
五、连拱计算跨数的判别条件.....	558
六、桩墩弹性常数的计算.....	561
第三节 三孔等跨等墩高连拱的精确计算	581
一、荷载在 L_1 孔时的解答.....	582
二、荷载在 L_2 孔时的解答.....	582
第四节 连拱计算例题.....	583
第八章 桁架拱、双铰平板拱	593
第一节 桁架拱的计算.....	593
一、计算要点.....	593
二、计算方法.....	594
三、双铰桁架拱计算例题.....	606
第二节 双铰平板拱的计算	662
一、计算要点.....	662
二、计算方法.....	663

三、双铰平板拱计算例题·····	668
第九章 无支架施工的计算 ·····	681
第一节 裸拱强度验算·····	681
第二节 稳定性验算·····	681
一、纵向稳定性验算·····	682
二、横向稳定性验算·····	686
三、考虑稳定条件时拱肋截面尺寸的选择·····	691
四、加强稳定性的一些措施·····	693
第三节 预制拱肋验算和施工加载程序设计·····	695
一、预制拱肋验算·····	695
二、施工加载程序设计·····	699
第四节 无支架施工的预拱度·····	701
第五节 缆索吊装·····	702
一、设备和机具·····	702
二、缆索系统的计算·····	711
第六节 吊装设备及锚固计算例题·····	725
第七节 拱肋吊装和施工加载验算例题·····	737
第十章 拱架设计 ·····	800
第一节 拱架型式·····	800
一、满布式拱架的构造特点及主要型式·····	800
二、三铰桁式木拱架的构造特点·····	807
第二节 拱架计算·····	810
一、拱架的计算荷载·····	810
二、拱架受力分析·····	810
三、满布式拱架计算·····	814
四、三铰桁式拱架计算·····	816
五、拱架构件截面验算·····	821
第三节 拱架预拱度计算·····	824
一、拱圈及拱架引起的下沉量的计算及设置方法·····	824
二、墩台变位引起的预拱度值和设置方法·····	828
第四节 卸架设备·····	829

常用符号一览表

序号	使用符号	意 义
1	A	截面面积
2	A_0	换算截面面积
3	A_c	局部受压面积
4	A_h	混凝土截面面积
5	A_s	受拉钢筋截面面积
6	A'_s	受压钢筋截面面积
7	B, b	宽度
8	b_b	T形、工字形和箱形截面的翼缘宽度
9	C	车道数、土的粘聚力
10	D	矢跨比(f/L)
11	d	厚度、圆截面直径
12	d_d	拱顶厚度
13	d_j	拱脚厚度
14	E	土压力
15	E_q	砌体的弹性模量
16	E_b	混凝土的弹性模量
17	E_s	钢筋的弹性模量
18	E_k	土的弹性抗力
19	E_a	主动土压力
20	E_b	被动土压力
21	E_j	静止土压力
22	e	纵向力N对截面应力较小边的偏心距
23	e_0	纵向力N对截面重心的偏心距
24	e_j	静止土压力强度
25	f_0	净矢高
26	f	计算矢高、基底和地基土之间的摩擦系数、挠度
27	g_d	拱顶的恒载强度
28	g_j	拱脚的恒载强度
29	H	拱脚或弹性中心水平推力
30	H_1	不考虑弹性压缩的水平推力
31	H_g	恒载产生的拱水平推力
32	H_F	活载产生的拱水平推力
33	H_t	温度变化产生的拱水平推力
34	H_γ	材料收缩影响产生的拱水平推力
35	H_T	作用在拱脚的制动力

续上表

序号	使用符号	意 义
36	H_f	基底和地基间的摩阻力
37	ΔH	附加水平推力、弹性压缩或连拱引起的附加水平推力
38	h	高度、截面高度
39	h_c	截面有效高度
40	h_d	拱顶填料厚度
41	I	截面惯性矩
42	I_0	换算截面的惯性矩
43	K	安全系数、塑性影响系数、等代荷载值
44	K_0	抗倾覆稳定系数
45	K_c	抗滑动稳定系数
46	k	台背填上的弹性抗力系数
47	k_0	地基土的弹性抗力系数
48	L_0, l_0	净跨径、构件计算长度
49	L, l	计算跨径
50	M	计算弯矩
51	M_0	弯曲力矩
52	M_p	活载产生的弯矩
53	M_g	恒载产生的弯矩
54	M_t	温度变化产生的弯矩
55	M_γ	材料收缩影响产生的弯矩
56	$M_{1/4}$	拱跨1/4点弯矩
57	M_j	拱脚的弯矩
58	M_l	梁式弯矩
59	m	拱轴曲线系数
60	N	计算纵向力
61	N_g	不考虑弹性压缩时的恒载纵向力
62	$N_j, N_{1/4}$	拱脚、拱跨1/4点的纵向力
63	n	拱厚变化系数、钢筋和混凝土弹性模量之比
64	P	外部荷载、结构自重
65	p_b	被动土压力强度
66	p_k	土的弹性抗力强度
67	Q	剪力、浮力
68	R	半径、外力的合力
69	r	截面的回转半径
70	S	拱轴长度、面积矩
71	T	制动力

续上表

序号	使用符号	意 义
72	Δ^t	温差
73	V	梁式剪力、弹性中心剪力、拱脚垂直反力
74	V_g, V_p	拱脚的恒载、活载垂直反力
75	V_T	制动力作用在拱脚的垂直反力
76	W	截面抵抗矩
77	W_0	换算截面抵抗矩
78	x, y_1	以拱顶为座标原点的横纵座标
79	x, y	以弹性中心为座标原点的横纵座标
80	y	截面重心至偏心方向的截面边缘距离
81	y_s	弹性中心至拱顶的距离
82	$y_1/4$	拱跨中点的纵座标
83	V_1, X_2, X_3	赘余未知力、弹性中心的弯矩、水平力及剪力
84	z	圆弧拱弹性中心弯矩、内力臂
85	φ	圆弧拱拱弧任一点至圆心 O' 的连线与垂线的交角(拱弧任一点水平斜角)、悬链线拱拱轴任一点水平斜角、纵向弯曲系数
86	φ_0	圆弧拱拱脚至圆心 O' 的连线与垂线交角(半圆心角)
87	$\varphi_1/4$	圆弧拱拱弧中点至圆心 O' 的连线与垂线交角($\frac{1}{4}$ 圆心角)
88	φ_1	悬链线拱脚轴线水平角
89	φ_m	悬链线拱半拱的弦与水平线间的夹角
90	α	计算长度系数、线胀系数、截面形状系数、确定截面中性轴的系数、考虑偏心距和配筋率对 η 值的影响系数
91	γ	材料或土的单位体积重, 换算钢筋截面抵抗矩系数
92	$\sigma, [\sigma]$	基底土的计算和容许承载力
93	$\sigma_a, [\sigma_a]$	混凝土、砖石及混凝土预制块砌体计算和容许受压应力
94	$\sigma_g, [\sigma_g]$	受拉钢筋的计算和容许应力
95	$\sigma_{w1}, [\sigma_{w1}]$	混凝土、砖石及混凝土预制块砌体计算和容许弯曲拉应力
96	$\sigma_w, [\sigma_w]$	混凝土、砖石及混凝土预制块砌体计算和容许弯曲压应力
97	$\sigma_c, [\sigma_c]$	计算和容许局部受压应力
98	$\sigma_{z1}, [\sigma_{z1}]$	不需设箍筋及斜筋的计算和容许主拉应力
99	$\sigma_j, [\sigma_j]$	混凝土、砖石及混凝土预制块砌体的计算和容许直接剪应力
100	$\tau, [\tau]$	钢筋混凝土计算和容许剪应力
101	$\sigma_1, [\sigma_1]$	混凝土、砖石及混凝土预制块砌体的计算和容许拉应力(主拉应力)
102	Δ	水平位移、预拱度
103	$\Delta_{1p}, \Delta_{2p}, \Delta_{3p}$	载变位
104	$\delta_{11}, \delta_{12}, \delta_{22}, \delta_{33}$	常变位

续上表

序号	使用符号	意 义
105	θ	墩的转角
106	ρ	核心半径
107	ξ	压实土的侧压力系数
108	μ_1, μ	弹性压缩系数
109	η	偏心距影响系数
110	β	局部受压强度系数、换算混凝土截面抵抗矩系数
111	μ	圬工间计算摩擦系数、配筋率
112	ϕ	纵向力偏心系数

第一章 设计资料

第一节 荷载标准

一、车辆荷载

车辆荷载分为计算荷载和验算荷载两种。计算荷载以汽车车队表示，验算荷载以履带车、平板挂车表示。

(一) 计算荷载

计算荷载的汽车车队分为汽车-10级、汽车-15级和汽车-20级三个等级。车队的纵向排列和横向布置规定如图1-1、图1-2和图1-3，其主要技术指标规定如表1-1。

(二) 验算荷载

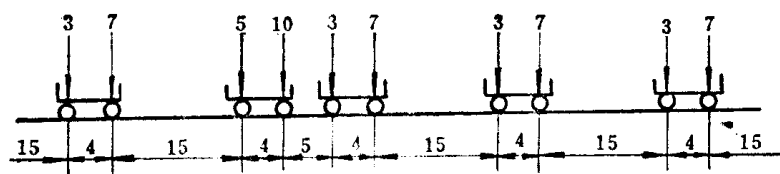
验算荷载分为50吨履带车（简称履带-50），80吨平板挂车和100吨平板挂车（简称挂车-80和挂车-100）等三种，其荷载图式规定如图1-4，主要技术指标规定如表1-2。

(三) 对于车辆荷载的一些规定

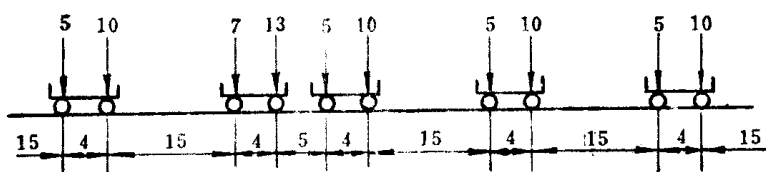
设计各级公路的永久性桥涵所用的车辆荷载等级，应根据公路的使用任务、性质和将来的发展等具体情况，参照表1-3确定。

设计桥涵时，多车道桥涵的车辆荷载可予折减。用两行车队计算时，汽车-20级车队的荷载可以折减10%，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用两行车队计算的结果。计算受局部荷载的构件时，不考虑折减。

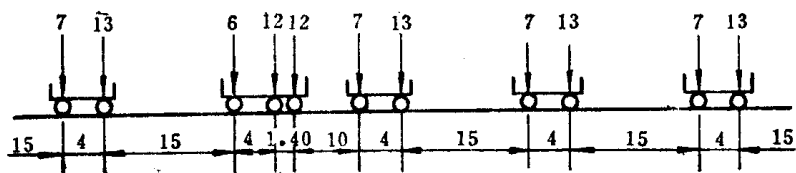
用验算荷载进行验算时，对于履带车，顺桥纵向可考虑多辆行驶，但两车间净距不得小于50米；对于平板挂车，全桥均以通过一辆计算。履带车的履带中线或平板挂车的车轮中线离人行道



汽车 - 10级



汽车 - 15级



汽车 - 20级

图1-1 各级汽车车队的纵向排列
重量单位一吨，尺寸单位一米