

618252

541
83053

铁路工程设计技术手册

TIELU GONGCHENG SHEJI JISHU SHOUC

混凝土桥

中国铁道出版社

135
053

铁路工程设计技术手册

混 凝 土 桥

铁道部专业设计院编

中 国 铁 道 出 版 社

1981年·北京

内 容 简 介

本书是铁路工程设计技术手册之一，由铁道部专业设计院编写。内容包括钢筋混凝土结构和预应力混凝土结构两部分，共分七章及三个附录，都是铁路混凝土桥设计的常用资料。

本手册可供铁路工程技术人员及大专院校师生使用、参考。

铁路工程设计技术手册

混 凝 土 桥

铁道部专业设计院编

中国铁道出版社出版

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

中国铁道出版社印刷厂印

开本：787×1092 $\frac{1}{16}$ 印张：11 字数：259 千

1981年4月第1版 1981年4月第1次印刷

印数：0001—4,500册 定价：1.15元

前 言

建国以来，我国铁路建设有了飞跃发展，积累了较为丰富的经验。为了适应今后发展需要，更好地为四个现代化服务，根据铁道部布置，编写了本手册。本手册是铁路工程设计技术手册之一。

本手册包括钢筋混凝土结构及预应力混凝土结构两部分。在编写过程中，曾广泛收集了铁路桥梁设计、施工、运营及路外有关单位的实践经验及科研成果，听取了铁路设计单位的意见。

本手册也是铁道部1974年颁发的铁路工程技术规范第二篇《桥涵》中第五章和第六章的实际应用、补充与说明。为了便于使用，凡手册中与标准图有关的资料，尽量与当前通用的标准图一致。全书共分七章，都是铁路混凝土桥设计的常用资料；根据各章的特点，在图表、数据、说明等方面各有侧重，适当兼顾。书末附有三个附录，其中，端块应力的计算和预应力混凝土梁斜截面强度检算两部分，由于计算方法尚不完全成熟，故列为附录，供有关同志在工作中参考。

希望广大读者对本手册多提批评意见，以便再版时修订。

铁道部专业设计院

1980年

目 录

第一章 一般资料..... 1	第三节 钢筋混凝土刚架计算公式.....60
第一节 材料及容许应力..... 1	一、单跨单层刚架.....60
一、混凝土..... 1	二、单跨双层刚架.....60
二、钢筋..... 3	第五章 预应力混凝土简支梁.....72
第二节 简支(直线)梁活载弯矩及活载	第一节 概述.....72
剪力..... 4	第二节 预应力混凝土梁的计算原则.....72
一、活载最大弯矩及最大剪力..... 4	一、应力状态.....72
二、相应于活载最大弯矩的活载	二、计算步骤.....73
剪力..... 4	三、容许应力及安全系数.....74
三、相应于活载最大剪力的活载弯矩..... 7	第三节 梁体截面尺寸的选定.....74
第三节 两片式简支曲线上梁活载偏载系	一、截面型式.....74
数..... 8	二、梁高的选择.....74
一、计算公式..... 8	三、上、下翼缘尺寸的拟定.....74
二、内、外梁偏载系数.....11	四、腹板的尺寸.....75
第四节 简支梁恒载弯矩及剪力.....16	五、梁梗中心距.....75
第二章 桥面板和人行道.....20	六、横隔板的尺寸.....75
第一节 桥面板尺寸的拟定.....20	第四节 正截面强度计算.....76
一、桥面板的宽度.....20	第五节 预应力钢筋的布置.....79
二、桥面板的厚度.....20	第六节 截面特性计算.....87
第二节 桥面板荷载计算.....21	第七节 预应力钢筋预应力计算.....89
一、活载.....21	一、锚下控制应力的选定.....89
二、恒载.....22	二、预应力筋的预应力损失计算.....90
三、荷载组合.....22	三、各阶段应力损失与预应力筋预应
第三节 桥面板设计.....24	力值.....93
一、内力计算.....24	第八节 各阶段正截面应力分析.....93
二、应力计算.....24	一、预加应力阶段应力分析.....93
三、配筋要求.....25	二、预加应力阶段强度检算.....94
第四节 人行道构造和设计.....26	三、运营阶段应力分析.....97
一、人行道宽度.....26	四、抗裂性计算.....97
二、人行道板.....26	第九节 剪应力及主应力检算.....98
三、人行道支架.....27	一、运营荷载下的剪应力检算.....99
第三章 钢筋混凝土简支梁.....31	二、裂缝荷载下主应力检算(斜截面
第一节 梁体设计与计算.....31	抗裂性检算).....99
一、截面形式的选择.....31	三、运营荷载下主拉应力计算及箍筋
二、截面各部分尺寸的拟定.....32	计算.....99
三、设计与计算.....33	第十节 挠度及上拱度计算.....100
四、倾覆稳定性计算.....47	第十一节 锚下混凝土抗裂性和局部承压
第二节 钢筋构造细节.....47	强度检算.....101
一、钢筋配置的基本要求.....47	第六章 混凝土桥支座.....102
二、主钢筋细节尺寸计算用表.....50	第一节 基本要求及分类.....102
第四章 钢筋混凝土压杆和刚架.....53	第二节 支座设计的基本资料.....102
第一节 轴心受压杆件.....53	第三节 桥梁支座的计算.....107
一、基本要求.....53	第四节 支座的抗震检算.....110
二、强度计算.....53	第五节 桥梁支座的安装要求.....110
第二节 偏压杆件.....55	第七章 梁的运输和架设.....111
一、正应力检算.....55	第一节 运输厂制梁的有关规定.....111
二、混凝土剪应力及主拉应力计	第二节 有关运梁的检算.....115
算.....57	一、装载限界的计算.....115

二、装车后合成重心高度计算120
三、运梁时应力检算121
第三节 架梁检算125
附录一 端块应力计算136
 (一) 端块应力计算公式136
 (二) 水平截面上的内力计算141
 (三) 配筋计算和构造要求142

(四) 关于 $\int_0^y S_{y\epsilon} d\epsilon$ 的计算问题144
附录二 预应力混凝土梁斜截面强度检算146
 (一) 抗弯强度检算147
 (二) 抗剪强度检算150
附录三 钢筋混凝土梁、预应力混凝土梁标准
 设计主要尺寸及工程数量表160

第一章 一般资料

钢筋混凝土和预应力混凝土梁式桥跨的设计和计算必须从保证强度、刚度和耐久性三方面的要求出发，全面考虑其截面和配筋形式。

所谓强度，即是结构物的承载能力，它包括静力和动力两部分。前者是指结构物在整个使用期间承受可能偶尔出现的最大荷载的能力。后者是指该期间内承受多次重复出现（200万次以上）的正常荷载的能力（通称疲劳强度或耐劳强度）。从广义上说，结构物丧失强度即丧失了其继续使用的可能。它或由于材料遭到破坏（如混凝土被压碎，钢筋被拉断等等），或由于产生过大的不能恢复的残余变形。

刚度是指结构物对变形的抵抗能力，通常以竖向变形——挠度作为衡量的标志，对某些结构物，尚需考虑其横向变形。梁式桥跨的横向变形，通常以水平自由振动周期来衡量。

耐久性是指结构物在整个使用期间抵抗大气腐蚀的能力。它是以裂缝开展度（钢筋混凝土结构）

或抗裂性（预应力混凝土结构）作为衡量的标志。

此外，对于某些情况，尚需考虑结构物的稳定性。所谓稳定性是指结构物保持静止平衡的能力，它又分状态稳定与形状稳定两类。前者指结构物在整个使用期间不产生刚体运动（如倾倒、滑移等等）。后者指结构物的形状不产生无休止的变化（例如压杆的屈曲，薄板的屈曲，以及梁的横向屈曲等）。

现行桥规对钢筋混凝土和预应力混凝土结构的计算原则的规定有所不同。在强度计算方面，前者采用容许应力设计法；后者则根据荷载状态区别对待，例如对于静力强度采用统一安全系数设计法，而对于疲劳强度和运输、安装阶段的应力检算则用容许应力设计法。在刚度计算方面，两者原则一致。对于耐火性，预应力混凝土结构在检算抗裂性时考虑了受拉区混凝土的塑性，形式上仍然是弹性状态的计算。

第一节 材料及容许应力

钢筋混凝土和预应力混凝土梁式桥跨所采用的基本材料是混凝土和钢筋。

一、混凝土

混凝土的材料性能以标号分级。标号是指按标准方法制作、养护的边长为20厘米的立方体试块，

在28天龄期用标准试验方法所得的抗压极限强度（公斤/平方厘米）。

一般采用的标号为600、500、400、300、250、200和150号。其极限强度、受压弹性模量如表1-1及表1-2所示。

混凝土的极限强度（公斤/平方厘米）

表 1-1

强度种类	符 号	混 凝 土 标 号						
		600	500	400	300	250	200	150
抗压（棱柱体强度）	R_c	420	350	280	210	175	140	105
抗 拉	R_t	34	30	26	21	19	16	13

混凝土的受压弹性模量（公斤/平方厘米）

表 1-2

混凝土标号	600	500	400	300	250	200	150
弹性模量 E_c	3.6×10^5	3.5×10^5	3.3×10^5	3.1×10^5	2.9×10^5	2.7×10^5	2.4×10^5

在设计钢筋混凝土梁式桥跨时，相应于各种标号的混凝土容许应力值见表1-3。

对于预应力混凝土结构，所采用的混凝土标号不得小于400号。在设计计算预应力混凝土梁式桥

跨时，各检算状态下的安全系数和容许应力值参见第五章。

对于后张法预应力混凝土结构，其压浆所用的水泥浆标号（7×7×7厘米立方体试块，28天龄

混凝土的容许应力 (公斤/平方厘米)

表 1-3

序号	应力种类	符号	混凝土标号						
			600	500	400	300	250	200	150
1	中心受压	$[\sigma_c]$	170	140	110	85	70	55	40
2	弯曲受压及偏心受压	$[\sigma_w]$	210	175	140	105	90	70	55
3	有箍筋及斜筋时的主拉应力	$[\sigma_{t-1}]$	30.5	27.0	23.5	19.0	17.0	14.5	12.0
4	无箍筋及斜筋时的主拉应力	$[\sigma_{t-2}]$	11.3	10.0	8.7	7.0	6.3	5.3	4.3
5	梁部分长度中全由混凝土承受的主拉应力	$[\sigma_{t-3}]$	5.7	5.0	4.3	3.5	3.2	2.7	2.2
6	纯剪应力	$[\tau_c]$	17.0	15.0	13.0	10.5	9.5	8.0	6.5
7	光钢筋与混凝土之间的粘结力	$[c]$	14.2	12.5	10.8	8.8	7.9	6.7	5.4
8	局部承压应力 A —计算底面积 A_c —局部承压面积	$[\sigma_{c-1}]$	$170\sqrt{\frac{A}{A_c}}$	$140\sqrt{\frac{A}{A_c}}$	$110\sqrt{\frac{A}{A_c}}$	$85\sqrt{\frac{A}{A_c}}$	$70\sqrt{\frac{A}{A_c}}$	$55\sqrt{\frac{A}{A_c}}$	$40\sqrt{\frac{A}{A_c}}$

- 注: 1. 计算主力及附加力时, 第 1、2、8 项容许应力可提高 30%。
 2. 对厂制及工艺符合厂制条件的构件, 第 1、2、8 项容许应力可提高 10%。
 3. 当检算架桥机架梁时, 第 1、2、8 项容许应力可提高 43%。
 4. 螺纹钢与混凝土之间的粘结力采用表列第 7 项数值的 1.5 倍。
 5. 第 8 项中的计算底面积 A 按图 1-1 计算, 但该部分的混凝土厚度应大于底面积 A 的短边尺寸。

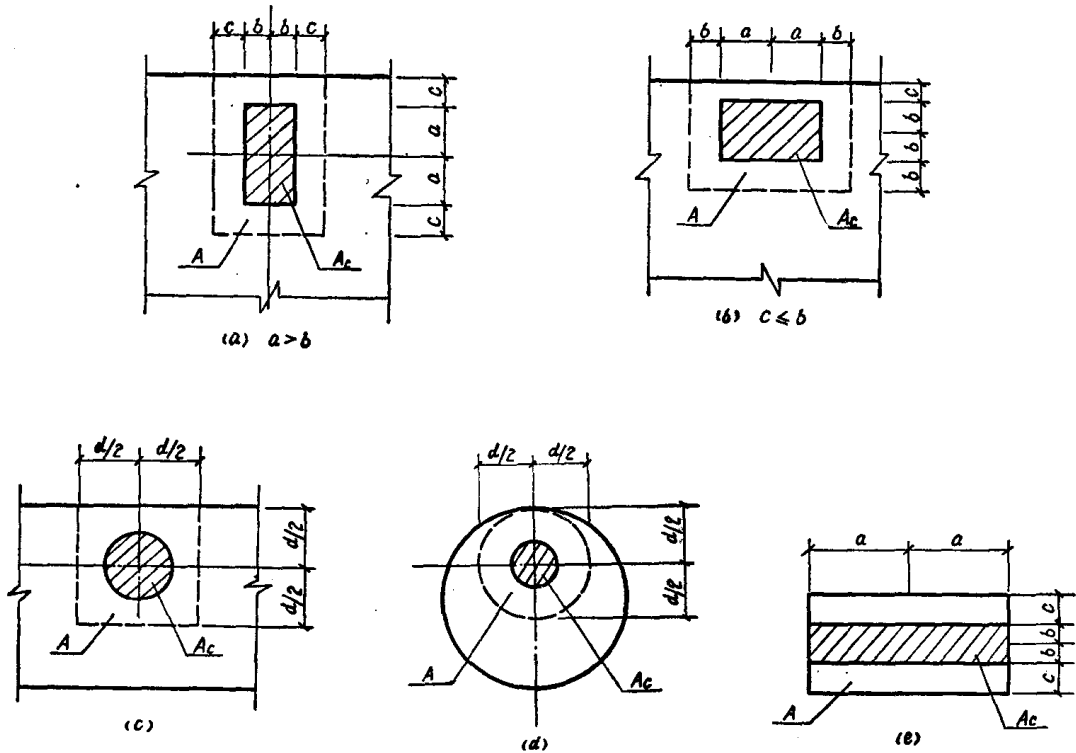


图 1-1 计算底面积 A 示意图

a —矩形局部承压面积 A_c 长边的一半; b — A_c 短边的一半; c — A_c 的外边缘至构件边缘的最小距离;
 $d/2$ —圆形局部承压面积 A_c 的圆心至构件边缘的最小距离。

$$\beta = \sqrt{\frac{A}{A_c}}$$

β 在 (a)(b)(c)(d) 情况下不大于 3, 在 (e) 情况下不大于 1.5。

期的强度)不应低于结构本身混凝土标号的80%，并不得低于300号。

二、钢 筋

钢筋混凝土梁式桥跨所用的钢筋有A3、A5和16Mn三类。其技术条件必须符合冶金工业部现行的《钢筋混凝土结构用热轧钢筋》的规定。预应力混凝土梁式桥跨除使用上述的钢筋外，还采用高强度钢丝或钢绞线作为预应力钢筋。高强度钢丝的技术条件必须符合冶金工业部现行的《预应力混凝土结构用碳素钢丝》的规定。钢绞线的技术条件应符合《预应力混凝土结构用钢绞线》的规定。

钢筋的容许应力 表 1—4

钢筋种类	符号	容许应力(公斤/平方厘米)		
		主力	主力+附加力	检算架桥机架梁
A3钢筋	$[\sigma_s]$	1300	1600	1760
A5钢筋	$[\sigma_s]$	1500	1900	2090
16Mn钢筋	$[\sigma_s]$	1800	2300	2530

计算钢筋混凝土桥跨结构时所采用的A3、A5及16Mn钢筋的容许应力如表1—4所示。表中的16Mn钢筋主力一项内的容许应力，仅适用于下列三类情况：

(一) 钢筋无焊接接头。

(二) 有焊接接头，但接头经过纵向打磨加工。

(三) 有未经纵向打磨加工的焊接接头，但钢筋中的最小应力与最大应力之比 $\rho \geq 0.6$ 。

对于不属于上述三类之一者，表中16Mn钢筋的主力一项内的数值应根据试验资料乘以系数 γ ($\gamma < 1$) 折减之。如缺乏试验资料可按 ρ 值的大小，采用如下的 γ 值：

- 当 $\rho \geq 0.3$, $\gamma = 0.90$;
- $0.2 \leq \rho < 0.3$, $\gamma = 0.85$;
- $0.1 \leq \rho < 0.2$, $\gamma = 0.75$ 。

预应力混凝土梁式桥跨中，作为预应力钢筋的高强度钢丝和钢绞线，其抗拉极限强度见表1—5及表1—6。

预应力混凝土梁式桥跨中的非预应力钢筋可采用A3、A5或16Mn钢筋，其中受力钢筋(如桥面板内的主筋和腹板内的箍筋等)应尽量采用A5或16Mn钢筋。

钢丝的抗拉极限强度 R_t^i

(公斤/平方厘米) 表 1—5

钢丝直径(毫米)	2.5	3.0	4.0	5.0
抗拉极限强度 R_t^i	19,000	18,000	17,000	16,000

预应力混凝土梁式桥跨中的预应力钢筋和非预应力钢筋的计算强度见表1—7。

钢绞线的抗拉极限强度 R_t^j (公斤/平方厘米)

表 1—6

公称直径(毫米)	7.5	9.0	12.0	15.0
钢丝组成	7 ϕ 2.5	7 ϕ 3	7 ϕ 4	7 ϕ 5
公称抗拉强度 R_y^g	18,000	17,000	16,000	15,000
抗拉极限强度 R_t^j	17,280	16,320	15,360	14,400

预应力钢筋和非预应力钢筋的计算强度

表 1—7

类别	钢筋类型	符号	受拉钢筋的计算强度(公斤/平方厘米)	受压钢筋的计算强度(公斤/平方厘米)
预应力钢筋	钢丝、钢丝束	R_y	$0.9 R_t^i$	3,800
	钢绞线、钢绞线束	R_y	$0.9 R_t^j$	3,800
非预应力钢筋	A3钢筋	R_s	2,600	2,600
	A5钢筋	R_s	3,100	3,100
	16Mn钢筋	R_s	3,600	3,600

预应力钢筋和非预应力钢筋的弹性模量值见表1—8。

预应力混凝土梁式桥跨的设计计算中，相应于

各检算阶段的预应力钢筋的容许应力值分别参见第五章有关各节。

预应力钢筋和非预应力钢筋的弹性模量

表 1—8

类 别	钢 筋 类 型	符 号	弹 性 模 量 (公斤/平方厘米)
预应力筋	钢丝、钢丝束	E_s	2,000,000
	钢绞线、钢绞线束		1,900,000
非预应力筋	A3钢筋	E_c	2,100,000
	A5钢筋		2,100,000
	16Mn钢筋		2,100,000

第二节 简支（直线）梁活载弯矩及活载剪力

一、活载最大弯矩及最大剪力

简支（直线）梁各计算截面的活载最大弯矩及最大剪力按下式计算：

$$M_{活} = (1 + \mu) K_M \Omega_M \quad (1-1)$$

$$Q_{活} = (1 + \mu) K_Q \Omega_Q \quad (1-2)$$

式中 $M_{活}$ ——活载最大弯矩；
 $Q_{活}$ ——活载最大剪力；
 K_M 、 K_Q ——按桥规附录八所列公式求得的换算均布活载；

$$\Omega_M = \frac{1}{2} \alpha (1 - \alpha) L^2 \quad \text{——弯矩影响线}$$

面积（见图1—2）；

$$\Omega_Q = \frac{1}{2} (1 - \alpha)^2 L \quad \text{——剪力影响线面积}$$

（见图1—3）；

L ——计算跨度；

$1 + \mu$ ——冲击系数，其值为：

$$\text{对有碴桥面} \quad 1 + \mu = 1 + \frac{12}{30 + L}$$

$$\text{对无碴桥面} \quad 1 + \mu = 1 + \frac{22}{40 + L}$$

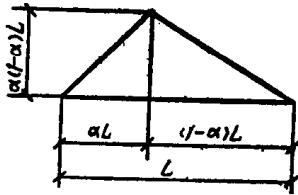


图 1—2

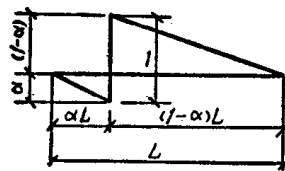


图 1—3

对于计算跨度为4~40米的简支梁的(1+μ)值见表1—9。

对于计算跨度为4~40米的简支梁，其各计算截面的不包括冲击系数在内的活载最大弯矩和最大剪力分别见表1—10及表1—11。

二、相应于活载最大弯矩的活载剪力

相应于活载最大弯矩的活载剪力应根据产生最大弯矩时的活载位置确定。对于跨度4~40米的简支梁，其各计算截面产生活载最大弯矩时的活载位置，视其计算最大弯矩所用的公式而异。表1—12列出了跨度4~40米简支梁计算各截面活载最大弯矩和相应于产生此弯矩时的活载剪力所用的公式。对应于各公式的活载轮位，示于图1—4。表1—10中列出跨度4~40米各计算截面相应于活载最大弯矩时的活载剪力。

冲击系数 (1+μ) 值 表 1—9

计算跨度 L (米)	道碴桥面梁式桥跨	无碴桥面梁式桥跨
4	1.353	1.500
5	1.343	1.489
6	1.333	1.478
8	1.316	1.458
10	1.300	1.440
12	1.286	1.423
16	1.261	1.393
20	1.240	1.367
24	1.222	1.344
32	1.194	1.306
40	1.171	1.275

表 1—10

各计算截面活载（不包括冲击力，整孔单线）最大弯矩M及其相应剪力Q

截面位置 α	算 度 跨 度 (米)																					
	4		5		6		8		10		12		16		20		24		32		40	
	M (吨-米)	Q (吨)	M (吨-米)	Q (吨)	M (吨-米)	Q (吨)	M (吨-米)	Q (吨)	M (吨-米)	Q (吨)	M (吨-米)	Q (吨)	M (吨-米)	Q (吨)	M (吨-米)	Q (吨)	M (吨-米)	Q (吨)	M (吨-米)	Q (吨)	M (吨-米)	Q (吨)
0.05	8.63	43.13	12.19	48.75	15.75	52.50	25.30	63.26	36.67	73.34	49.70	82.83	80.74	100.93	118.42	118.42	162.74	135.62	271.31	169.57	406.45	203.23
	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(7)	(7)	(7)	(7)	(7)	(7)	(7)	(7)	(7)	(7)	(7)	(7)	(7)	(7)	(12)	(12)
0.10	15.75	39.38	22.50	45.00	29.25	48.75	46.20	57.75	67.04	67.04	90.81	75.67	147.30	92.07	215.72	107.86	300.05	116.77	506.43	146.57	760.50	176.38
	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(4)	(4)	(7)	(7)	(7)	(7)	(7)	(7)	(7)	(7)	(8)	(8)	(8)	(8)	(8)	(8)
0.15	21.38	35.63	30.94	41.25	40.50	45.00	62.70	52.25	91.44	60.96	123.83	68.80	206.50	77.79	306.24	91.08	421.93	104.37	705.35	123.57	1062.47	149.58
	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(4)	(4)	(7)	(7)	(7)	(7)	(8)	(8)	(8)	(8)	(8)	(8)	(9)	(9)	(9)	(9)
0.20	25.50	31.88	37.50	37.50	49.50	41.25	74.95	45.47	113.68	51.34	157.12	57.22	258.14	68.98	378.00	80.75	522.20	85.42	873.79	108.0	1312.72	122.84
	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(8)	(8)	(8)	(8)	(8)	(8)	(8)	(8)	(8)	(8)	(8)	(9)	(9)	(9)	(10)	(10)
0.25	28.13	28.13	42.19	33.75	56.25	37.50	90.75	39.88	134.59	45.04	183.60	50.20	297.15	60.54	440.29	63.86	605.59	73.43	1010.40	85.05	1511.59	96.16
	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(8)	(8)	(8)	(8)	(8)	(8)	(8)	(8)	(8)	(9)	(9)	(9)	(9)	(10)	(11)	(11)
0.30	30.75	25.63	45.00	30.00	60.75	33.75	102.30	34.38	149.88	38.96	202.65	43.46	332.55	45.91	487.55	53.76	668.71	54.38	1111.00	62.10	1662.11	78.01
	(1)	(1)	(2)	(2)	(2)	(2)	(5)	(5)	(8)	(8)	(8)	(8)	(9)	(9)	(9)	(9)	(10)	(10)	(10)	(11)	(11)	(11)
0.35	32.38	23.13	47.81	23.75	64.88	23.75	109.45	28.88	159.90	33.11	218.83	31.67	357.44	37.51	521.25	36.75	715.95	42.80	1186.01	47.36	1780.10	51.13
	(1)	(1)	(3)	(3)	(3)	(3)	(5)	(5)	(8)	(8)	(9)	(9)	(9)	(9)	(10)	(10)	(10)	(10)	(10)	(11)	(11)	(11)
0.40	34.50	20.00	52.50	20.00	70.50	20.00	112.37	22.05	169.14	23.04	231.21	24.79	371.26	29.48	545.04	26.88	741.79	23.64	1228.07	24.36	1863.97	32.73
	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)	(9)	(9)	(9)	(9)	(9)	(9)	(9)	(9)	(10)	(10)	(10)	(11)	(11)	(11)	(11)	(11)
0.45	36.75	16.25	55.31	16.25	73.88	16.25	118.80	16.5	175.32	16.96	236.83	18.19	381.48	14.48	553.23	17.47	755.26	12.49	1255.25	9.64	1911.03	14.33
	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)	(6)	(6)	(9)	(9)	(9)	(9)	(10)	(10)	(10)	(10)	(11)	(11)	(11)	(11)	(11)	(11)
0.50	37.50	12.5	56.25	12.5	75.00	12.5	121.00	11.0	176.58	11.12	236.18	11.86	382.00	6.50	551.18	0.12	748.58	1.88	1258.90	5.08	1921.30	-4.07
	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)	(6)	(6)	(9)	(9)	(9)	(9)	(10)	(10)	(10)	(11)	(11)	(11)	(11)	(11)	(11)	(11)

注：括弧内的数值表示计算M、Q值所引用的表1—12的计算公式序号

各计算截面活载 (不包括冲击力, 整孔单线) 最大剪力Q及其相应弯矩M

截面位置 α	计 算 跨 度 L (米)																					
	4		5		6		8		10		12		16		20		24		32		40	
	Q (吨)	M (吨-米)	Q (吨)	M (吨-米)	Q (吨)	M (吨-米)	Q (吨)	M (吨-米)	Q (吨)	M (吨-米)	Q (吨)	M (吨-米)	Q (吨)	M (吨-米)	Q (吨)	M (吨-米)	Q (吨)	M (吨-米)	Q (吨)	M (吨-米)	Q (吨)	M (吨-米)
0	46.88 (2)	0 (2)	52.50 (2)	0 (2)	56.25 (2)	0 (2)	68.89 (4)	0 (4)	79.88 (4)	0 (4)	90.26 (4)	0 (4)	110.15 (4)	0 (4)	129.44 (4)	0 (4)	148.43 (4)	0 (4)	185.98 (4)	0 (4)	223.13 (5)	0 (5)
0.05	43.13 (2)	8.63 (2)	48.75 (2)	12.19 (2)	52.50 (2)	15.75 (2)	63.26 (4)	25.30 (4)	73.34 (4)	36.67 (4)	82.83 (4)	49.70 (4)	100.93 (4)	80.74 (4)	118.42 (4)	118.42 (4)	135.62 (4)	162.74 (4)	169.57 (4)	271.31 (4)	203.23 (5)	406.45 (5)
0.10	39.38 (2)	15.75 (2)	45.00 (2)	22.50 (2)	48.75 (2)	29.25 (2)	57.75 (3)	46.20 (3)	67.04 (4)	67.04 (4)	75.67 (4)	90.80 (4)	92.07 (4)	147.30 (4)	107.86 (4)	215.72 (4)	123.36 (4)	296.06 (4)	153.91 (4)	492.51 (4)	184.16 (4)	736.64 (4)
0.15	35.63 (2)	21.38 (2)	41.25 (2)	30.94 (2)	45.00 (2)	40.50 (2)	52.25 (3)	62.70 (3)	60.96 (4)	91.44 (4)	68.79 (4)	123.84 (4)	83.58 (4)	200.59 (4)	97.76 (4)	293.28 (4)	111.65 (4)	401.94 (4)	138.98 (4)	667.10 (4)	166.01 (4)	996.06 (4)
0.20	31.88 (2)	25.50 (2)	37.50 (2)	37.50 (2)	41.25 (2)	49.50 (2)	46.75 (3)	74.80 (3)	55.12 (4)	110.23 (4)	62.19 (4)	149.26 (4)	75.46 (4)	241.47 (4)	88.12 (4)	352.48 (4)	100.49 (4)	482.35 (4)	124.78 (4)	798.59 (4)	148.78 (4)	1190.24 (4)
0.25	28.13 (2)	28.13 (2)	33.75 (2)	42.19 (2)	37.50 (2)	56.25 (2)	42.19 (2)	84.38 (2)	49.50 (3)	123.75 (3)	55.86 (4)	167.58 (4)	67.70 (4)	270.80 (4)	78.94 (4)	394.70 (4)	89.88 (4)	539.28 (4)	111.33 (4)	890.64 (4)	132.47 (4)	1324.70 (4)
0.30	25.63 (1)	30.75 (1)	30.00 (2)	45.00 (2)	33.75 (2)	60.75 (2)	38.44 (2)	92.25 (2)	44.00 (3)	132.00 (3)	49.81 (4)	179.32 (4)	60.32 (4)	289.54 (4)	70.22 (4)	421.32 (4)	79.83 (4)	574.78 (4)	98.60 (4)	946.56 (4)	117.08 (4)	1404.96 (4)
0.35	23.13 (1)	32.38 (1)	26.25 (2)	45.94 (2)	30.00 (2)	68.00 (2)	34.69 (2)	97.13 (2)	38.50 (3)	134.75 (3)	44.03 (4)	184.93 (4)	53.30 (4)	298.48 (4)	61.96 (4)	433.72 (4)	70.83 (4)	590.77 (4)	86.62 (4)	970.14 (4)	102.61 (4)	1436.54 (4)
0.40	20.63 (1)	33.00 (1)	22.50 (2)	45.00 (2)	26.25 (2)	63.00 (2)	30.94 (2)	99.00 (2)	33.75 (2)	135.0 (2)	38.5 (3)	184.80 (3)	46.65 (4)	298.56 (4)	54.16 (4)	433.28 (4)	61.88 (4)	589.25 (4)	75.37 (4)	964.74 (4)	89.06 (4)	1424.96 (4)
0.45	18.13 (1)	32.63 (1)	20.00 (1)	45.00 (1)	22.50 (2)	60.75 (2)	27.19 (2)	97.88 (2)	30.00 (2)	135.0 (2)	33.0 (3)	178.20 (3)	40.37 (4)	290.66 (4)	46.82 (4)	421.38 (4)	52.98 (4)	572.18 (4)	64.85 (4)	933.84 (4)	76.43 (4)	1375.74 (4)
0.50	15.63 (1)	31.25 (1)	17.50 (1)	43.75 (1)	18.75 (2)	56.25 (2)	23.44 (2)	93.75 (2)	26.25 (2)	131.25 (2)	28.13 (2)	168.75 (2)	34.45 (4)	275.60 (4)	39.94 (4)	399.40 (4)	45.13 (4)	541.56 (4)	55.08 (4)	881.28 (4)	64.72 (4)	1294.40 (4)

注: 括弧内的数值表示计算Q、M所引用的表1-13的计算公式序号

整孔单线活载最大弯矩及其相应剪力计算公式

表 1-12

计算公式序号	活载最大弯矩 (不包括冲击力)		相应于最大弯矩的活载剪力 (不包括冲击力)
	计算公式	相应于桥规附录八的K值计算式	
1	$50a(1-a)L - 37.5a$	②	$50(1-a) - 37.5/L$
2	$75a(1-a)L - 112.5a$	③	$75(1-a) - 112.5/L$
3	$75a(1-a)L - 37.5$	④	$75(1-a) - 25$
4	$110a(1-a)L - 330a$	⑥	$110(1-a) - 330/L$
5	$110a(1-a)L - 165a - 33$	⑦	$110(1-a) - 165/L - 22$
6	$110a(1-a)L - 99$	⑧	$110(1-a) - 44$
7	$110a(1-a)L - 330a + 4.6[(1-a)L - 7.5]^2 a$	⑨	$110(1-a) - 330/L + 4.6[(1-a)L - 7.5]^2 / L$
8	$110a(1-a)L - 165a + 4.6[(1-a)L - 6.0]^2 a - 33$	⑩	$110(1-a) - 165/L + 4.6[(1-a)L - 6.0]^2 / L - 22$
9	$110a(1-a)L + 4.6[(1-a)L - 4.5]^2 a - 99$	⑪	$110(1-a) + 4.6[(1-a)L - 4.5]^2 / L - 44$
10	$110a(1-a)L + 165a + 4.6[(1-a)L - 3.0]^2 a - 198$	⑫	$110(1-a) + 165/L + 4.6[(1-a)L - 3.0]^2 / L - 66$
11	$110a(1-a)L + 330a + 4.6[(1-a)L - 1.5]^2 a - 330$	⑬	$110(1-a) + 330/L + 4.6[(1-a)L - 1.5]^2 / L - 88$
12	$146a(1-a)L - 1140a + 4.0[(1-a)L - 7.5]^2 a$	⑭	$146(1-a) - 1140/L + 4.0[(1-a)L - 7.5]^2 / L$
13	$146a(1-a)L - 921a + 4.0[(1-a)L - 6.0]^2 a - 33$	⑮	$146(1-a) - 921/L + 4.0[(1-a)L - 6.0]^2 / L - 22$
14	$146a(1-a)L - 702a + 4.0[(1-a)L - 4.5]^2 a - 99$	⑯	$146(1-a) - 702/L + 4.0[(1-a)L - 4.5]^2 / L - 44$
15	$146a(1-a)L - 483a + 4.0[(1-a)L - 3.0]^2 a - 198$	⑰	$146(1-a) - 483/L + 4.0[(1-a)L - 3.0]^2 / L - 66$
16	$146a(1-a)L - 264a + 4.0[(1-a)L - 1.5]^2 a - 330$	⑱	$146(1-a) - 264/L + 4.0[(1-a)L - 1.5]^2 / L - 88$
17	$\frac{374}{2.3}(1-a) + 4.6a(1-a)L^2$	⑲	$-374/2.3L + 4.6(1-2a)L$

整孔单线活载最大剪力及其相应弯矩计算公式

表 1-13

序号	活载最大剪力 (不包括冲击力)	相应于最大剪力的活载弯矩 (不包括冲击力)	适用范围
1	$50(1-a) - 37.5/L$	$50a(1-a)L - 37.5a$	$\frac{1.5}{L} \leq (1-a) \leq \frac{3.0}{L}$
2	$75(1-a) - 112.5/L$	$75a(1-a)L - 112.5a$	$\frac{3.0}{L} \leq (1-a) \leq \frac{6.21}{L}$
3	$110(1-a) - 330/L$	$110a(1-a)L - 330a$	$\frac{6.21}{L} \leq (1-a) \leq \frac{7.5}{L}$
4	$110(1-a) - 330/L + 4.6[(1-a)L - 7.5]^2 / L$	$110a(1-a)L - 330a + 4.6[(1-a)L - 7.5]^2 a$	$\frac{7.5}{L} \leq (1-a) \leq \frac{37.5}{L}$
5	$146(1-a) - 1140/L + 4.0[(1-a)L - 7.5]^2 / L$	$146a(1-a)L - 1140a + 4.0[(1-a)L - 7.5]^2 a$	$\frac{37.5}{L} \leq (1-a)$

三、相应于活载最大剪力的活载弯矩

产生活载最大剪力时的活载位置均为活载的第一轮位于所计算的截面上。此时，该截面上的剪力即为相应于此活载位置时的支座反力。因此，相应于最大剪力时的活载弯矩为

$$M_0 = Q_{活} \cdot aL \quad (1-3)$$

式中 M_0 ——相应于活载最大剪力时的活载弯矩；

$Q_{活}$ ——最大剪力，按式(1-2)计算。

表 1-13列出了计算跨度 4~40米简支梁各截

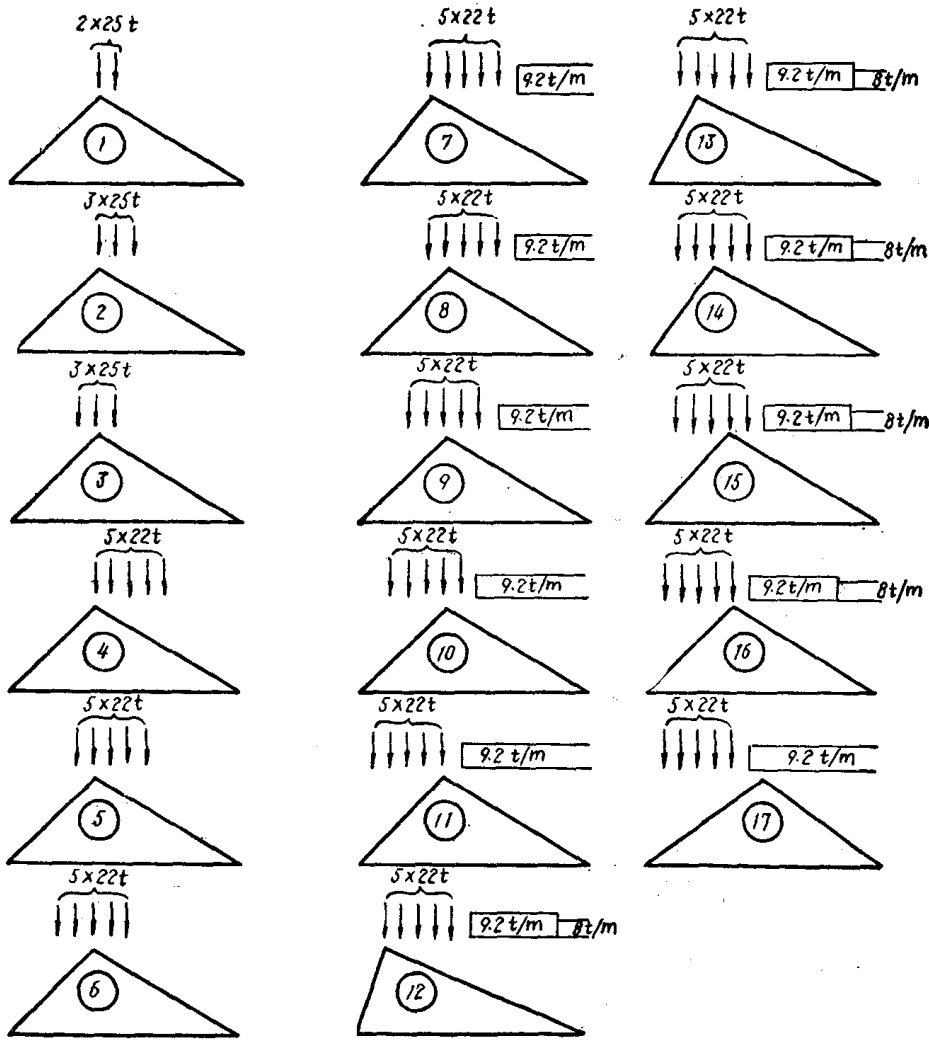


图 1-4

面活载最大剪力及相应于此最大剪力的活载弯矩所用的公式。相应于活载最大剪力的活载弯矩则列于表 1-11。

第三节 两片式简支曲线上梁活载偏载系数

位于曲线上的两片式简支梁，由于线路中线与梁中线的偏移、离心力的作用和超高的设置，将使每片梁发生偏载。梁的各截面的弯矩和剪力亦将较直线上梁增大（或减小）。严格说来，此时每片梁除产生平面弯曲外还伴随着扭转。但由于两片式梁一般均采用横隔板联结使其成为整体。为简化计算，往往略去扭转的影响，仍按平面弯曲考虑，仅将其弯矩和剪力根据上述因素予以增大。这种弯矩和剪力的增大系数称之为偏载系数。至于位于曲线上的整孔式梁（如整孔箱形、整孔口形或整孔板式）则应按空间体系的计算原则，综合考虑弯矩和扭转的共同作用。

本节所涉及的活载偏载系数，系针对道碴桥面的梁式桥跨而言，其他情况不在本节所述范围之

内，应另行研究。

一、计算公式

(一) 基本假定

由于道碴桥面的梁式桥跨，其活载是通过枕木和道碴传递到梁上的，为此，采用了如下的假定。

1. 梁比道碴刚硬得多，假定作用在梁顶部的荷载强度按直线分布。
2. 假定荷载通过枕木，自枕木底按 1:1 坡度分布。
3. 由于梁长远小于线路曲线半径，因而假定线路沿梁全长按抛物线变化，即

$$y = \frac{4f}{L^2} \left(\frac{L}{2} - x \right)^2 \quad (\text{厘米}) \quad (1-4)$$

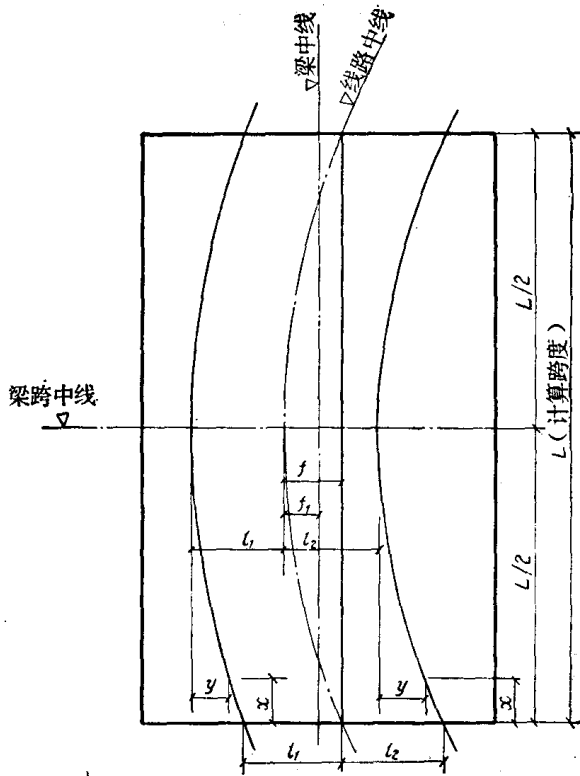


图 1-5

式中 $f = \frac{L^2}{8R} \times 100$ (厘米) ;

$$N_2 = \frac{1}{2} \left[\frac{(1+m)(l_1+l_2) + (m-1)(l_2-f_1+y)}{l_1+l_2} \right] (l_1+f_1-y) \sigma_2$$

为简化最后所得之公式，且由于方括号内的y值对计算结果影响甚微，故将方括号内的y值略去，并以式(1-5)中的 σ_2 代入，得

$$N_2 = \frac{N[(1+m)(l_1+l_2) + (m-1)(l_2-f_1)](l_1+f_1-y)}{(1+m)(l_1+l_2)^2}$$

同理，任一截面处内梁承受的单位长度荷载为

$$N_1 = \frac{N[2(l_1+l_2) + (m-1)(l_2-f_1)](l_2-f_1+y)}{(1+m)(l_1+l_2)^2}$$

1. 弯矩偏载系数

由图1-7，梁内任一截面内的弯矩

$$M_x = A \cdot x - \int_0^x N_i(x-\xi) d\xi$$

其中 $A = \int_0^{\frac{L}{2}} N_x dx$ —— 支座反力

分别将内、外梁的 N_1 和 N_2 的表达式代入，得外梁任一截面的弯矩为

$$M_2 = \frac{Nx(L-x)[(1+m)(l_1+l_2) + (m-1)(l_2-f_1)]}{2(1+m)(l_1+l_2)^2} \cdot (l_1+f_1 - \frac{f}{8} + \frac{2f}{3L^2} x(L-x))$$

又直线梁任一截面的弯矩 (每片梁)

$$M_1 = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} Nx(L-x)$$

于是，外梁弯矩偏载系数

L ——计算跨度(米)；

R ——线路曲线半径(米)。

因为沿梁全长超高一致，活载分布线亦按上述抛物线变化。

桥上线路布置及计算所引用的参数意义均见图1-5。

(二) 公式导引

运用第一个假定，根据力的平衡原理，从图1-6可得

$$\sigma_2 = \frac{2N}{(1+m)(l_1+l_2)} \quad (1-5)$$

式中 $m = \frac{\sigma_1}{\sigma_2} = \frac{l_1+l_2+be}{l_1+l_2-be}$

σ_1, σ_2 ——活载分布线脚处的强度；

l_1, l_2 ——线路中线分别至外侧和内侧分布线脚的距离；

e ——梁顶处的活载合力作用点距 l_1+l_2 的中点的距离。

由于两片梁系独立作用(略去横隔板的联结影响)，则任一截面处外梁承受的单位长度荷载为

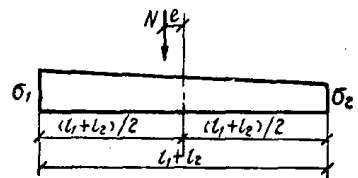


图 1-6

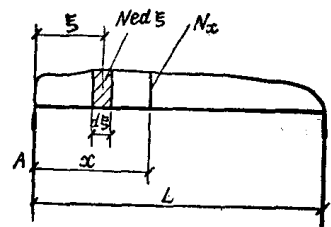


图 1-7

$$\eta_{M_s} = \frac{M_s}{M_s} = \frac{2\{(1+m)(l_1+l_2) + (m-1)(l_2-f_1)\}}{(1+m)(l_1+l_2)^2} \left[l_1+f_1 - \frac{f}{3} + \frac{2f}{3L^2} x(L-x) \right] \quad (1-6)$$

同理，内梁弯矩偏载系数

$$\eta_{M_s} = \frac{M_s}{M_s} = \frac{2\{(1+m)(l_1+l_2) + (m-1)(l_2-f_1)\}}{(1+m)(l_1+l_2)^2} \left[l_2-f_1 + \frac{f}{3} - \frac{2}{3} \frac{f}{L^2} x(L-x) \right] \quad (1-7)$$

2. 剪力偏载系数

由图 1-8，梁内任一截面的剪力为

$$A = Q_s = \int_0^L \frac{N_s(L-\xi)d\xi}{L}$$

分别将内、外梁的 N_s 和 N_e 的表达式代入得外梁任一截面的剪力为

$$Q_s = \frac{N(L-x)^2}{L} \cdot \frac{\{(1+m)(l_1+l_2) + (m-1)(l_2-f_1)\}}{2(1+m)(l_1+l_2)^2} \times \left[l_1+f_1 - \frac{f}{3} + \frac{2f}{3L^2} x(2L-3x) \right]$$

又直线梁任一截面的剪力（每片梁）

$$Q_s = \frac{1}{2} \cdot \frac{N(L-x)^2}{2L}$$

于是，外梁剪力偏载系数

$$\eta_{Q_s} = \frac{Q_s}{Q_s} = \frac{2\{(1+m)(l_1+l_2) + (m-1)(l_2-f_1)\}}{(1+m)(l_1+l_2)^2} \left[l_1+f_1 - \frac{f}{3} + \frac{2f}{3L^2} x(2L-3x) \right] \quad (1-8)$$

同理，内梁剪力偏载系数

$$\eta_{Q_s} = \frac{Q_s}{Q_s} = \frac{2\{(1+m)(l_1+l_2) + (m-1)(l_2-f_1)\}}{(1+m)(l_1+l_2)^2} \left[l_2-f_1 + \frac{f}{3} - \frac{2f}{3L^2} x(2L-3x) \right] \quad (1-9)$$

(三) 关于公式的几点说明

1. 关于 f_1 与 f 值

以上各式中的 f_1 与 f 值的含义是不同的。 f_1 是与梁在曲线上的布置有关；而 f 是与梁在曲线上的布置无关，只同线路曲线半径和梁跨有关（见公式 1-4）。 f_1 可以是定值，也可以随梁长及线路曲线半径而变。目前一般采用 $f_1 = 0$ （即通称切线布置法）或 $f_1 = \frac{L^2}{16R}$ （即平分以桥墩中心距为弦长的中矢，通称平分中矢法， L_1 是桥墩中心距），或者采用位于这两者之间的其他数值。

2. 关于 m 值的计算

m 值根据式 (1-5) 所算出。这里牵涉到 e 值的取用问题。我们在推导公式时是假定 $m > 1$ 。因此， e 值以合力作用点位于 $\frac{1}{2}(l_1+l_2)$ 之点的左方为正，反之则为负。合力作用点的位置与离心力的大小及曲线上线路超高值有关。图 1-9 所示的 k 及 i 值即是随离心力及超高值而变化的数值。根据以往的设计经验，外梁的控制情况为最大行车速度行驶的状态。此时离心力达最大值。内

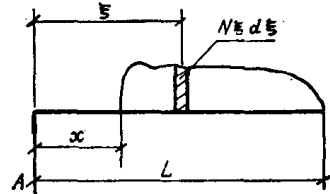


图 1-8

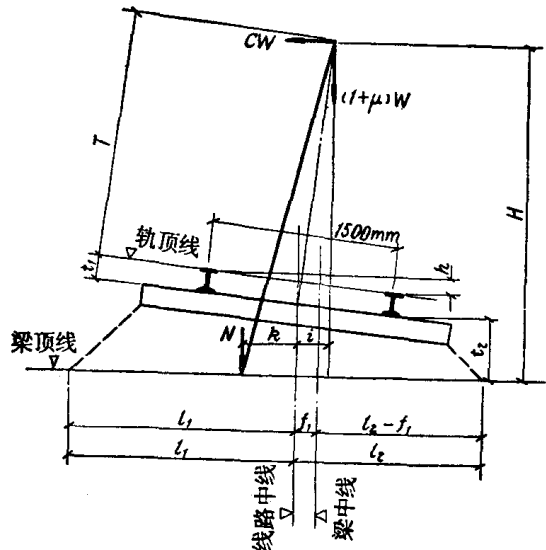


图 1-9

梁的控制情况为平均速度行驶状态。此时合力作用

点假定位于 $\frac{1}{2}(k+i)$ 点上。该两种情况下的 e 值按下式计算。

最大行车速度状态

$$e = k - \frac{1}{2}(l_1 - l_2) \quad (1-10)$$

平均速度状态

$$e = \frac{k-i}{2} - \frac{1}{2}(l_1 - l_2) \quad (1-11)$$

如求得 e 为正值, 则 $m > 1$; 如为负值, 则 $m < 1$ 。

3. k 及 i 值的计算公式

k 值为在一定的线路超高, 列车以最大行车速度行驶时, 活载合力作用点距线路中线 (以轨底平面为准) 的距离。

$$k = H \tan \beta - i = H \cdot \frac{C}{1+\mu} - i \quad (1-12)$$

i 值为在一定的线路超高, 列车静止时, 活载合力作用点距线路中线的距离 (以轨底平面为准)。

$$i = (T+t_1) \sin \alpha \quad (1-13)$$

式中 $H = (T+t_1) \cos \alpha + 75 \sin \alpha + t_2$ —— 列车

重心距梁顶的距离 (以厘米计);

$T = 200$ —— 列车重心距轨顶平面的距离 (以厘米计);

$C = \frac{V^2}{127R}$ —— 离心力率, 但不得大于 0.15;

$t_1 = 15$ —— 钢轨高 (以厘米计);

t_2 —— 轨底至梁顶的距离 (以厘米计);

$\alpha = \sin^{-1} \frac{h}{1500}$ —— 由超高而产生的线路倾角;

$h = 7.6 \frac{V^2}{R}$ —— 线路超高 (以毫米计), 但不得大于 150;

V —— 最大行车速度 (以公里/小时计), 但不大于 120;

R —— 线路曲线半径 (以米计);

二、内、外梁偏载系数

(一) k 及 i 值

k 及 i 值按式 (1-12) 和式 (1-13) 计算。其中 t_2 值采用 50 厘米, 超高 h 按前述规定取用。计算结果列于表 1-14。

k 值 (以厘米计)

表 1-14(a)

曲线半径 R (米)	计 算 跨 度 (米)										
	4.0	5.0	6.0	8.0	10.0	12.0	16.0	20.0	24.0	32.0	40.0
250~600	9.29	9.52	9.73	10.14	10.51	10.86	11.49	12.03	12.51	13.31	13.95
	8.59	8.82	9.04	9.44	9.82	10.17	10.79	11.33	11.81	12.61	13.26
800	8.78	8.99	9.19	9.58	9.93	10.26	10.85	11.36	11.81	12.57	13.17
1000	6.93	7.10	7.27	7.57	7.85	8.12	8.58	8.99	9.35	9.95	10.44
1200	5.73	5.87	6.00	6.26	6.49	6.71	7.10	7.44	7.74	8.24	8.64
1500	4.54	4.65	4.76	4.96	5.15	5.32	5.63	5.90	6.14	6.54	6.86
1800	3.76	3.85	3.94	4.11	4.26	4.41	4.67	4.89	5.09	5.42	5.69
2000	3.37	3.45	3.53	3.69	3.83	3.96	4.19	4.39	4.57	4.87	5.11
3000	2.22	2.28	2.33	2.43	2.53	2.61	2.77	2.90	3.02	3.22	3.38
4000	1.66	1.70	1.74	1.82	1.89	1.95	2.07	2.17	2.26	2.40	2.52

注: 1. $R < 800$ 米的 k 值, 分母为计算内梁偏载系数所用者 (取超高值 $h = 150$ 毫米), 分子为计算外梁偏载系数所用者 (取超高值 $h = 145$ 毫米)。

2. $R \geq 800$ 米的 k 值, 计算内梁和外梁偏载系数所用者相同, 超高值均按 $h = 7.6V^2/R$ ($V = 120$ 公里/小时) 计算。

i, l_1 及 l_2 值

表 1-14(b)

曲线半径 R (米)	i (厘米)	l_1 (厘米)	l_2 (厘米)	曲线半径 R (米)	i (厘米)	l_1 (厘米)	l_2 (厘米)
250~600	20.78/21.50	174.88/175.58	146.65/146.38	1800	8.71	162.87	151.04
	19.61	173.72	147.09				
800	15.69	169.85	148.54	2000	7.84	161.99	151.34
1000	13.07	167.24	149.49	3000	5.23	159.34	152.24
1200	10.46	164.63	150.42	4000	3.92	158.01	152.69

注: 1. $R < 800$ 米的 i, l_1 及 l_2 值, 分母为计算内梁偏载系数所用者 (取超高值 $h = 150$ 毫米), 分子为计算外梁偏载系数所用者 (取超高值 $h = 145$ 毫米)。

2. $R \geq 800$ 米的 i, l_1 及 l_2 值, 计算内梁和外梁偏载系数所用者相同, 超高值均按 $h = 7.6V^2/R$ ($V = 120$ 公里/小时) 计算。