

高等学校教学参考书

铁路钢桁梁桥计算

长沙铁道学院 万明坤 王俭槐 编

中国铁道出版社

1988年·北京

第五次会议讨论决定，将本书推荐给中国铁道出版社正式出版。全书由长沙铁道学院王俭槐同志执笔按新规范进行了修改、精删（删去原稿中次应力分析与程序设计两部分），对所有计算数字进行了校核，改绘了部分插图。上海铁道学院曹雪琴同志、兰州铁道学院王华廉同志在定稿过程中担任本书的审阅工作，并提出了宝贵意见。

编 者

1987年1月

内 容 简 介

本书以一座跨度为64m的铁路简支栓焊钢桁梁桥为实例,对铁路钢桁梁桥的内力分析、结构构件的设计计算、杆件拼接与节点连接计算等作了详细介绍,并配有钢桁梁各主要部分的构造细节图,是学习钢桥设计的参考书。

本书可供铁道工程专业与桥梁工程专业教师、学生使用,也可供有关工程技术人员参考。

高等学校教学参考书

铁路钢桁梁桥计算

长沙铁道学院 万明坤 王俭槐 编

中国铁道出版社出版

责任编辑 刘桂华

新华书店总店科技发行所发行

各地新华书店经售

中国铁道出版社印刷厂印

开本: 787×1092毫米 1/32 印张: 4.25 插页: 5 字数: 93 千

1988年5月第1版 第1次印刷

印数: 6001—4,000册 定价: 0.89元

前 言

本书原为长沙铁道学院万明坤同志在担任铁道工程与桥梁工程专业的钢桥设计课程及指导毕业设计时，为学生编写的教学参考资料。由于设计课程只能扼要地讲述基本原理，而钢桥的设计内容又比较庞杂，致使学生在进行钢桥课程设计与毕业设计时，存在一些困难。对于如何正确运用设计原理与设计规范作具体设计，不知从何下手，不知如何把一大堆设计计算结果整理成结构严谨、叙述清楚、便于别人阅读的设计文件。编写本参考书的目的，一是为了解决学生在进行钢桥课程设计与毕业设计时遇到的上述困难，帮助提高学生应用课堂所学知识解决实际问题的能力；二是作为教师的一个辅助工具，减轻教师辅导工作的一些负担。

本参考书是以一座跨度64m的铁路简支钢桁梁桥为实例，应用现行钢桥设计原理与设计规范，系统地、完整地介绍一座钢桥的设计全过程。由于书中介绍的基本方法，对于其他形式的杆件体系钢桥同样适用，因此学生在掌握了本参考书介绍的简支钢桁梁的设计方法以后，经教师适当补充一些知识，便能比较顺利地进行其他形式较复杂体系钢桥的设计。

应石家庄铁道学院之请，本书原稿在1981年5月曾由万明坤同志作了一次系统的补充和修订，由该院承担铅印，并在部分铁路院校内交流使用。经几年的使用，普遍反映，本书适宜作为铁路及桥梁专业的教学参考书。铁路高等院校铁道工程和桥梁、隧道工程专业教材编委会于一九八五年五月

目 录

主要符号	1
第一章 设计依据	7
第二章 主 桁 架	10
第一节 主桁架杆件内力计算	10
一、内力的组成	10
二、恒载所产生的内力	16
三、活载所产生的内力	16
四、横向荷载（风力或摇摆力）所产生的内力	19
五、纵向荷载（制动力）所产生的内力	22
六、立柱内力	24
七、竖向荷载通过横向刚架作用在挂杆与立柱 中引起的弯矩	24
八、主桁杆件的内力组合	26
第二节 主桁杆件设计	27
一、主桁杆件的检算内容及设计步骤	27
二、主桁杆件截面几何特征计算	27
三、主桁杆件截面检算	31
四、杆端高强度螺栓计算	44
第三章 桥 面 系	46
第一节 纵梁与横梁内力计算	46
一、纵梁内力计算	46
二、中间横梁内力计算	49
三、端横梁（起重横梁）内力计算	51

第二节 纵梁设计	52
一、纵梁截面设计与强度检算	52
二、纵梁的总体稳定与局部稳定检算	57
三、纵梁翼缘焊缝计算	60
四、纵梁与横梁的连接计算	61
第三节 横梁设计	62
一、横梁截面设计与强度检算	62
二、横梁的总体稳定与局部稳定检算	67
三、横梁翼缘焊缝计算	69
四、横梁与主桁的连接计算	69
五、端横梁支承加劲肋计算	70
第四章 联结系	72
第一节 纵向联结系	72
一、主桁间纵向联结系	72
二、纵梁间纵向联结系	84
第二节 横向联结系	91
一、内力计算	91
二、截面及连接计算	92
第三节 桥门架	93
一、内力计算	93
二、截面及连接计算	98
第五章 钢桁梁节点	99
第一节 弦杆拼接计算	99
一、计算依据	99
二、拼接板截面	100
三、拼接螺栓	100
四、内拼接板长度	101
第二节 节点板设计	101

第三节 节点板强度检算	103
一、斜杆所引起的节点板撕裂强度检算	104
二、节点板竖直最弱截面强度检算	106
三、节点板水平最弱截面强度检算	108
第六章 钢桁梁刚度	112
第一节 钢桁梁挠度检算	112
第二节 钢桁梁上拱度设计	113
第七章 支 座	116
第一节 荷载与位移	116
一、计算荷载	116
二、位 移	116
第二节 固定支座检算	119
一、梁底承压应力检算	119
二、墩台顶垫石面压应力检算	121
三、弧面径向挤压应力检算	122
四、座身强度检算	122
五、锚螺栓强度检算	126
第三节 活动支座检算	126

主要符号

- A ——截面积
 A_m ——毛截面积
 A_j ——净截面面积
 $A_{\text{斜}}$ ——联结系斜撑截面面积
 $A_{\text{横}}$ ——联结系横撑截面面积
 A_0 ——梁底承压面面积
 A_e ——墩台顶垫石面面积, 支承加劲肋承压面积
 a ——系数, 距离, 板梁加劲肋间距
 B ——主桁中距
 B_0 ——纵联宽度
 b ——纵梁中距
 b_1, b_2, b_3 ——杆件钢板宽度
 b_v ——梁翼缘板的宽度
 C ——尺寸, 系数
 $C_1, C_2, C_{\text{上}}, C_{\text{下}}$ ——距离
 D ——反力、千斤顶集中荷载
 D_p ——恒载反力
 D_k ——静活载反力
 d ——节间长度、铆钉孔径、螺栓孔径
 E ——弹性模量
 e ——偏心距离
 f ——摩擦系数
 f_1 ——挠度

f_p ——恒载引起的挠度

f_k ——静活载引起的挠度

H ——主桁高度

H_r ——制动力

H_h ——横向反力

H_v ——支座反力

h ——高度

h_f ——梁腹板高度

I ——杆件截面惯性矩

I_o ——挂杆惯性矩

I_b ——横梁惯性矩

I_{ix} 、 I_{iy} ——对 x 、 y 轴的净惯性矩

I_{mx} 、 I_{my} ——对 x 、 y 轴的毛惯性矩

ΔI ——扣孔惯性矩

i_o 、 i_b ——线刚度

K ——每线换算均布活载，系数

k_o ——上平纵联所承受的桥上单位长度风荷载

k_e ——下平纵联所承受的桥上单位长度风荷载

k'_o ——上平纵联所承受的车上单位长度风荷载

k'_e ——下平纵联所承受的车上单位长度风荷载

k ——桥上单位长度风荷载或摇摆力、每片桁架的换算
均布活载

k' ——车上单位长度风荷载

k'_{zo} ——上平纵联分配到的摇摆力

k'_{ze} ——下平纵联分配到的摇摆力

L ——计算跨度

L_q ——桥跨全长

l ——加载长度，自由长度，杆长

M ——弯矩

M_a ——挂杆 a 点的弯矩

M_o ——挂杆 O 点的弯矩, 纵梁支点弯矩

M_{max} 、 M_{min} ——最大、最小弯矩

M_{max} 、 M_{min} ——检算疲劳时的最大、最小弯矩

M_{I_0} 、 M_{II_0} ——主力与附加力组合的弯矩

M_p ——恒载引起的弯矩

M_k ——静活载引起的弯矩

M_1 、 M_2 ——由于翼缘纵向变形在翼缘所引起的弯矩,

N ——轴向力

N_{max} 、 N_{min} ——最大、最小轴向力

N_{max} 、 N_{min} ——检算疲劳时的最大、最小计算内力

N_I ——主力产生的轴向力

N_{II} ——主力+附加力产生的轴向力

N_s ——斜撑内力

N_k ——静活载内力

N_p ——竖向恒载所产生的内力

N_{PP} 、 N_{PP1} 、 N_{PP2} ——横撑内力

N_l ——纵向制动力所产生的内力

N_w ——横向风力(或摇摆力)所产生的内力

N'_{w1} 、 N'_{w2} ——桥门架效应所产生的内力

N_{pw} ——无车时横撑因横向风力所产生的内力

N_z ——纵梁翼缘内力

$[N]$ ——杆件承载力

n ——连接螺栓数, 预留活载发展系数

n_1 、 n_2 ——连接螺栓数、压杆容许应力安全系数

P ——集中荷载、轴重、桁梁自重

P_w ——节点荷载

p ——恒载

Q_k ——静活载所产生的剪力

Q_p ——恒载所产生的剪力

Q_1 、 Q_2 、 Q_3 ——剪力

R ——半径

r_x 、 r_y ——对 x 、 y 轴的回转半径

S ——斜杆长度

S_{my} ——毛面积矩 (对 $y-y$ 轴)

S_{m1} ——毛面积矩 (对 1-1 轴)

T ——制动力

T_p ——恒载在节点板水平最弱截面上产生的水平力

T_K ——静活载在节点板水平最弱截面上产生的水平力

$[T_1]$ ——单栓承载力 (单摩擦面)

t_{max} 、 t_{min} ——最高、最低温度

u ——修正系数

V_I 、 V_{II} ——支座竖向反力

V_i ——制动力在支座中引起的竖向反力

V_{w1} 、 V_{w2} ——风力在支座中引起的竖向反力

W ——风荷载所引起的支点反力

W_k ——截面模量

W_{ix} 、 W_{iy} ——对 x 、 y 轴的净截面模量

W_{mx} 、 W_{my} ——对 x 、 y 轴的毛截面模量

W_w 、 W_v 、 W_z ——截面模量

x 、 x_1 、 x_2 、 y_1 、 y_2 、 y'_2 ——距离

Z ——轴重 (不包括冲击力)

Z_k ——焊缝的焊脚尺寸

α ——角度, 影响线顶点位置, 线膨胀系数

β ——系数

$\delta_1, \delta_2, \delta_3$ ——板厚

δ_f ——梁腹板厚度

δ_L ——支座上、下摆相对偏移值

δ_v ——梁翼缘厚度

$[\delta_d]$ ——桁架上弦应有伸长量

Δ_k ——静活载引起的位移

Δ_t ——温差引起的位移

Δ_m ——跨中应设上拱度

Δ_x ——实设上拱度

θ ——角度

λ_x, λ_y ——对 x, y 轴的长细比

λ_{max} ——最大长细比

ρ ——应力循环特征系数

ε ——修正系数

Ω ——影响线面积

Ω_1, Ω_2 ——分部影响线面积

Ω_w, Ω_{1w} ——横向风荷载所引起的杆件内力影响线面积

$\Sigma \Omega$ ——影响线面积代数和

σ, σ_1 ——应力

σ_c ——局部承压应力

σ_{max} ——最大法向应力

$\sigma_{q上}, \sigma_{q下}$ ——自重引起的应力

$[\sigma]$ ——基本容许应力

$[\sigma_n]$ ——疲劳容许应力

τ, τ_1 ——剪应力

τ_v ——平均剪应力

τ_{max} ——最大剪应力

$[\tau]$ ——容许剪应力

ϕ ——系数

ϕ_1 ——中心受压杆件容许应力的折减系数

ϕ_2 ——梁总体稳定容许应力的折减系数

ψ ——无量纲系数

η ——活载发展均衡系数

μ ——系数

$1 + \mu$ ——活载冲击系数

第一章 设计依据

一、设计规范

中华人民共和国铁道部1986年《铁路桥涵设计规范》(TBJ2-85), 以下简称《桥规》。

二、钢材

杆 件	16锰桥 (16Mnq) 。
高强螺栓	40硼 (40B) 。
螺母垫圈	甲45(A45)。
焊 缝	力学性能不低于基材。
精制螺栓	铆螺3(ML3)。
铸 件	铸钢25II(ZG25II) 。
辊 轴	35号锻钢 (DG35) 。

三、连接方式

工厂连接采用焊接。工地连接采用高强螺栓连接。人行道托架工地连接采用精制螺栓连接。螺栓孔径一律为 $d = 23\text{mm}$ 。高强螺栓杆径为 $\phi 22$ 。

四、容许应力

16Mnq钢的基本容许应力:

轴向应力 $[\sigma] = 200\text{MPa}$;

弯曲应力 $[\sigma_w] = 210\text{MPa}$;

剪应力 $[\tau] = 120\text{MPa}$;

端部承压(磨光顶紧)应力 $[\sigma_c] = 300\text{MPa}$ 。

疲劳容许应力及其他容许应力见《桥规》。

五、计算恒载

计算主桁时(每线):

桥面 $p_1 = 10 \text{ kN/m}_0$ 。

桥面系 $p_2 = 6.29 \text{ kN/m}_0$ 。

主桁架 $p_3 = 14.51 \text{ kN/m}_0$ 。

联结系 $p_4 = 2.74 \text{ kN/m}_0$ 。

检查设备 $p_5 = 1.02 \text{ kN/m}_0$ 。

高强螺栓 p_6 包括螺头、螺母、垫圈，按 $p_2 + p_3 + p_4$ 的 2 % 计算。

焊缝 p_7 按 $p_2 + p_3 + p_4$ 的 1.5 % 计算。

计算纵梁、横梁时：

每线纵梁 $p_8 = 4.73 \text{ kN/m}$ (包括纵梁间联结系，未包括桥面)。

每片横梁 $p_9 = 2.10 \text{ kN/m}_0$ 。

六、活载等级

按“中华人民共和国铁路标准活载(中——活载)”。

标准活载的计算图式见《桥规》。

七、结构尺寸

计算跨度 $L = 64.00 \text{ m}_0$ 。

桥跨全长 $L_0 = 65.10 \text{ m}_0$ 。

主桁高度 $H = 11.00 \text{ m}_0$ 。

节间长度 $d = 8.00 \text{ m}_0$ 。

斜杆长度 $S = 13.601 \text{ m}_0$ 。

主桁中距 $B = 5.75 \text{ m}_0$ 。

纵联宽度 $B_0 = 5.30 \text{ m}_0$ 。

纵梁中距 $b = 2.00 \text{ m}_0$ 。

斜杆倾角 θ $\sin \theta = 0.8087$, $\cos \theta = 0.5882$ 。

斜撑倾角 α $\sin \alpha = 0.5523$, $\cos \alpha = 0.8337$ 。

其他尺寸 见图 1。

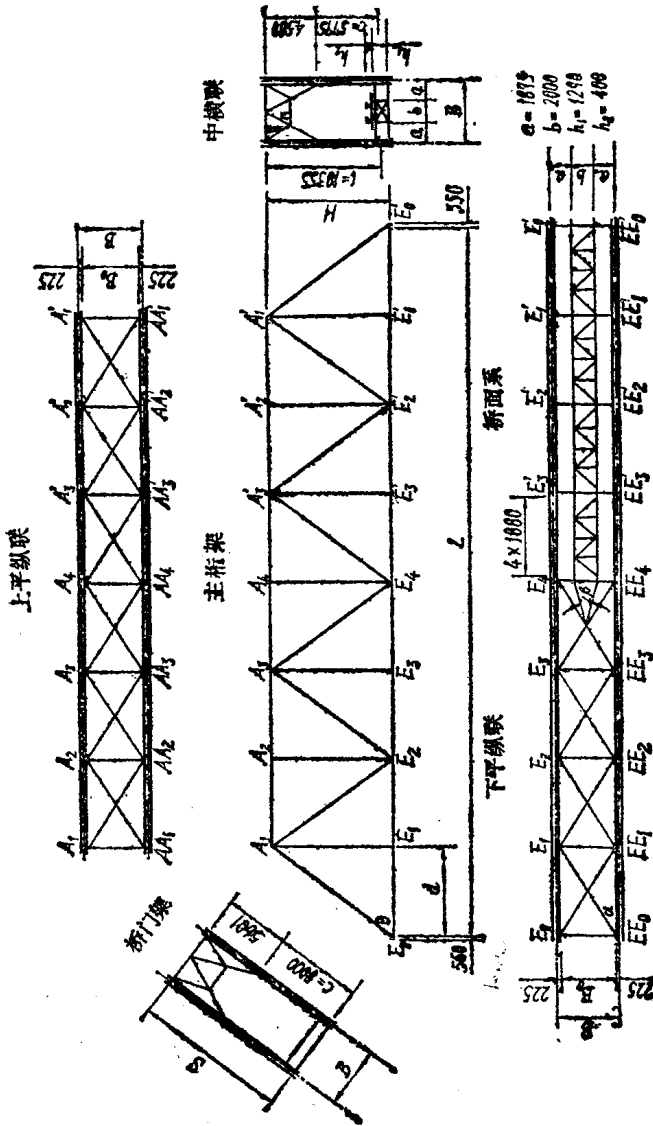


图 1 $L=64\text{m}$ 筒支桁梁结构的基本尺寸

第二章 主 桁 架

第一节 主桁架杆件内力计算

一、内力的组成

主桁杆件的内力由以下几部分组成:

竖向恒载所产生的内力 N_p , $N_p = p \Sigma \Omega$;

静活载内力 N_k , $N_k = k \Omega$;

竖向活载产生的内力, $\eta(1 + \mu)N_k$;

横向风力(或列车摇摆力)所产生的内力 N_w , 仅作用在上、下弦杆;

横向风力通过桥门架效应在端斜杆和下弦杆所产生的内力 N'_w ;

纵向制动力所产生的内力 N_l 。

根据《桥规》规定, 设计时杆件轴力应按下列三种情况考虑:

$$\text{主力 } N_I \quad N_I = N_p + \eta(1 + \mu)N_k \quad (1)$$

主力 + 风力(或摇摆力) N_{II}

$$N_{II} = \frac{1}{1.2}(N_I + N_w + N'_w) \quad (2)$$

主力 + 制动力 N_{III}

$$N_{III} = \frac{1}{1.25}(N_I + N_l) \quad (3)$$

主桁杆件除上述轴力外, 还受到弯矩作用, 如节点刚性引起的次弯矩、风力和制动力在某些杆件中引起的弯矩等。这些弯矩在检算杆件截面时应与轴力一并考虑。由于本设计所有杆件的高度均不超过其长度的 $\frac{1}{10}$, 故根据《桥规》规