

中华人民共和国交通部部标准

公路桥涵钢结构及木结构设计规范

JTJ 025—86

主编部门：交通部公路规划设计院

批准部门：交 通 部

实行日期：1 9 8 7 年 1 月 1 日

关于发布《公路桥涵钢结构及木结构设计规范》的通知

(86)交公路字690号

(不另行文)

兹批准《公路桥涵钢结构及木结构设计规范》，编号为JTJ 025—86，作为交通部部颁标准，自一九八七年一月一日起实行。原交通部一九七四年发布的《公路桥涵设计规范(试行)》中第五章钢结构和第六章木结构同时废止。

该规范的解释工作，由我部公路规划设计院负责。希各有关单位在实践中注意积累资料，不断总结经验，将发现的问题和修改意见，函告我部公路规划设计院，以便修订时参考。

交通部

一九八六年九月十日

修 订 说 明

本规范系在1974年颁发的《公路桥涵设计规范》第五章——钢结构和第六章——木结构的基础上修订而成。

修订的主要内容有：钢结构部分，增列了8号碳素钢品种，增加了高强度螺栓的品种，修改了高强度螺栓连接的摩擦系数，补充了构件焊缝形式和连接形式，在吊桥设计中增添了一些基本要求，取消了钢拱桥、曲弦桁架桥和斜缆式悬索桥的条文。木结构部分，根据1981年国家计委、国家经委、国家建委和物资总局物木字15号文“除抢险急修的临时性便道外禁止修建木桥”的指

示精神，删去了原规范中永久性和半永久性木桥的全部条文，只保留与临时性木结构相关的内容；在选材标准和容许应力方面也作了适当放宽，以提高木材的利用率，取消了榫结合，对螺栓连接、钉连接和齿连接作了修改。此外，本规范还采用了中华人民共和国法定计量单位。

本规范钢结构部分第一、二节由曾宪武执笔编写，第三、四节由郑绍桂执笔编写，第五节由苏善根执笔编写。木结构部分由王婉华（林业部牙克石林业设计院）、杨高中执笔编写。

符 号

钢结构部分

内 外 力

M ——构件截面的计算弯矩;
 M_0 ——简支梁跨中最大弯矩;
 N ——构件截面的计算轴向力;
 N_s ——桁架弦杆内力;
 N_d ——联结系斜杆内力;
 N_h ——联结系横杆内力;
 N_{d1} 、 N_{d2} ——联结系横杆左、右侧斜杆内力;
 N_t ——高强度螺栓的容许承载力;
 N_t' ——高强度螺栓的剩余承载力;
 P ——高强度螺栓的预拉力;
 Z ——高强度螺栓沿轴向由外力引起的附加拉力;
 V ——施于吊桥塔顶的竖向压力;
 Q ——构件截面的计算剪力、缀板剪力或作用于联合梁的剪力;
 Q_s ——作用于一组缀板上的剪力;
 T ——联合梁中钢梁与钢筋混凝土板之间单位长度上水平剪力;
 F ——辊轴的摩阻力。

应 力

$[\sigma]$ ——钢材轴向容许应力或对接焊缝抗拉容许应力;
 $[\sigma_w]$ ——钢材弯曲容许应力;
 σ ——构件按净截面计算的轴向应力、对接焊缝计算的轴向应力或钢索的附加弯曲应力;
 $[\sigma_s]$ ——疲劳容许应力;
 σ_{w1} 、 σ_{w2} ——两个相互垂直平面上由弯矩产生的较小及较大应力;
 $\bar{\sigma}$ ——由活载产生的桁架下弦平均应力;
 σ_{st} ——横梁按竖向荷载和毛截面积计算的最大纤维应力;
 $[\tau]$ ——钢材容许剪应力或角焊缝的容许应力;
 τ_{max} ——验算截面最大剪应力;
 τ ——构件截面或对接焊缝的计算剪应力、板梁腹板的平均剪应力;
 τ_s ——斜角焊缝或不焊透的对接焊缝垂直于焊缝长度方向的剪应力;
 τ_t ——斜角焊缝或不焊透的对接焊缝沿焊缝长度方向的剪应力;
 R_c ——混凝土轴心抗压标准强度;
 E ——钢材的弹性模量;
 E_s ——在联合梁中考虑混凝土徐变影响时的有效弹性模量;
 E_s ——吊桥主索的弹性模量;
 G ——钢材的剪切模量。

几 何 特 征

L ——桥梁的计算跨径;
 L_1 ——梁的悬臂长度;
 l ——桥门架桁架斜撑下端节点中心至桁架下弦杆节点中心的距离;
 l_1 ——桁架腹杆相交点至节点的长度或相邻缀板中心到中心的距离;

l_2 ——联结系系统线与节点板连在主桁杆件的固着线交点的距离;

l_0 ——主桁各杆件的几何长度、桥门架支腿的反弯点至桁架下弦杆节点的距离或杆件的自由长度;

A ——构件的计算截面积或组合构件被接合的肢的总截面积;

A_j ——构件的净截面积;

A_m ——构件的毛截面积;

A_s ——桁架弦杆的毛截面积;

A_d ——联结系斜杆的毛截面积;

A_h ——联结系横杆的毛截面积;

A_{oh} ——横梁的毛截面积;

I ——弦杆（或翼缘）对竖轴的毛截面惯性矩或联合梁惯性矩;

I_m ——毛截面惯性矩;

I_o ——板梁加劲肋对垂直于它的轴线的惯性矩;

I_b ——横梁截面对主轴的惯性矩;

W 、 W_x 、 W_y ——构件计算截面对主轴的抵抗矩;

W_m ——毛截面抵抗矩;

W_j ——净截面抵抗矩;

S_m ——中性轴以上的毛截面对中性轴的面积矩;

S ——联合梁中，钢筋混凝土板对联合截面重心轴的面积矩、相邻两梁轴线间的距离、缀板连接铆钉间或焊缝间的距离或不焊透对接焊缝坡口根部至焊缝表面的最短距离;

λ ——构件的长细比;

λ_y ——由两个肢组成的组合构件在缀板截面内的长细比;

λ_1 ——单个肢对其形心轴的长细比;

λ_o ——换算长细比;

r ——回转半径或支座辊轴半径;

r_x 、 r_y ——构件对 $x-x$ 轴及 $y-y$ 轴的回转半径;

h ——腹板全高或加劲肋（或竖杆）的高度;

h_o ——板梁腹板计算高度;

h_f ——角焊缝的焊脚尺寸;

h_e ——焊缝的有效厚度;

B ——两主梁（或主桁）间的中距;

a ——板梁（或桁架）、联结系、竖向加劲肋节间长度;

b ——组合式受压构件单板或板束的宽度、被缀板连接的两肢形心轴间的距离、联合梁中钢筋混凝土桥面板的计算宽度;

c ——桥门架桁架斜撑下端节点中心至桁架下弦杆节点中心的距离;

d ——吊桥主索直径;

d_o ——螺栓或铆钉的孔径;

t ——焊件厚度、栓（或铆）合的钢板厚度或联合梁钢筋混凝土桥面板厚度;

δ ——构件翼板或腹板厚度、半框架上节点由单位水平力作用产生的最大水平位移或吊桥主索中钢丝直径;

R ——吊桥索鞍的弯曲半径;

θ ——角焊缝两焊脚的夹角;

α ——不焊透对接焊缝的坡口角度或联结系斜杆与弦杆的交角;

Δ ——平直下弦的简支桁架由活载引起的移动距离。

计 算 系 数

μ ——摩擦系数;

k ——高强度螺栓连接安全系数、容许应力提高系数或计算混凝土徐变时弹性模量影响系数;

C_1 ——构件斜弯曲时容许应力增大系数或计算后张预应力弯曲应力时的系数;
 C_2 ——剪应力分布不均匀时容许剪应力增大系数;
 φ_1 ——轴心受压构件纵向弯曲系数;
 φ_2 ——构件只在一个主平面受弯时的纵向弯曲系数;
 α ——钢与混凝土的弹性模量比;
 n_1 ——受压构件容许应力安全系数或计算徐变时混凝土有效弹性模量比;
 β ——缀板剪力的计算系数。

木结构部分

内 外 力

M ——计算弯矩;
 N ——计算轴向力;
 Q ——计算剪力;
 $[T]$ ——每一剪切面的承载力。

应 力

$[\sigma_t]$ 、 σ ——顺纹容许拉应力和计算拉应力;
 $[\sigma_c]$ ——顺纹受压或承压容许应力;
 σ_s ——计算应力;
 $[\sigma_w]$ 、 σ_w ——顺纹容许弯应力和计算弯应力;
 $[\sigma_{sh}]$ 、 σ_{sh} ——横纹承压容许应力和计算承压应力;
 $[\sigma_{sa}]$ ——斜纹承压容许应力;
 $[\tau_j]$ 、 τ_j ——顺纹容许剪应力和计算剪应力;
 E ——木材的弹性模量。

几 何 特 征

A_s ——计算承压面积;
 A_j ——计算剪切面积;

A_{n1} ——构件的净截面面积;
 A_m ——构件的毛截面面积;
 A_0 ——验算稳定时的计算面积;
 I_m ——构件毛截面惯性矩;
 S_m ——构件毛截面面积矩;
 r ——截面的回转半径;
 l ——构件的长度;
 l_0 ——构件的计算长度;
 l_1 ——单肢杆件的计算长度;
 l_2 ——剪切面的计算长度;
 λ ——构件的长细比;
 λ_y ——整个构件对 $y-y$ 轴的长细比;
 λ_1 ——单肢杆件对其重心轴的长细比;
 b ——计算截面中性轴处的截面宽度;
 d ——螺栓或钉的直径;
 h ——整个构件的截面高度;
 h_1 ——构件单肢的计算高度;
 α ——作用力方向与木纹方向间的夹角。

计 算 系 数

k_0 ——计算组合受压构件的稳定时,考虑结合影响的松驰系数;
 k_a ——斜纹承压换算系数;
 k_j ——剪力不均匀分布系数;
 k_s ——螺栓或钉连接时承载力的计算系数;
 φ ——构件的纵向弯曲系数;
 μ_1 ——长细比换算系数;
 n_f ——构件结合缝数目;
 n_j ——每 m 长度内,每条结合缝中连接物的计算剪力面数。

目次

第一章 钢结构	18—108	第五节 桥梁的构造与计算	18—117
第一节 总则	18—108	(I) 基本要求	18—117
第二节 一般规定	18—108	(II) 板梁	18—117
(I) 材料	18—108	(III) 联合梁	18—118
(II) 材料的容许应力及其提高系数	18—108	(IV) 桁架	18—118
(III) 横向刚度与抗倾覆稳定系数	18—109	(V) 悬索桥	18—119
(IV) 结构内力计算原则和构件的基本 计算公式	18—109	第二章 木结构	18—119
(V) 杆件的自由长度、长细比与 宽厚比	18—112	第一节 一般规定	18—119
第三节 连接的构造与计算	18—113	(I) 材料	18—119
(I) 焊接	18—113	(II) 计算的基本规定	18—120
(II) 栓接和铆接	18—114	第二节 构件的计算	18—121
(III) 销接	18—115	第三节 构件的连接和计算	18—122
第四节 行车系、联结系、缀板及支座的构造 与计算	18—115	(I) 螺栓连接和钉连接	18—122
(I) 行车系	18—115	(II) 齿连接	18—123
(II) 联结系	18—115	第四节 木桥的构造和计算	18—123
(III) 缀板	18—116	附录一 开口式主桁(或主梁)的自由 长度计算	18—124
(IV) 支座	18—116	附录二 本规范使用的法定计量单位及其与 公制单位的换算关系	18—124

第一章 钢 结 构

第一节 总 则

第1.1.1条 本章适用于一般的公路工程钢结构设计。对本规范未涉及的钢结构,可参照国家批准的专门规范或有关的先进技术资料进行设计。

第1.1.2条 采用本规范进行设计时,荷载按《公路桥涵设计通用规范》的规定执行。有关抗震的计算和规定,按《公路工程抗震设计规范》执行。

第1.1.3条 钢结构设计要与架设方案统筹考虑,应以经济合理,便于加工,方便运输安装和检查养护为准。

结构构件应尽量标准化,使同类构件能够互换。

第1.1.4条 钢结构一般采用工厂焊接(或铆接)构件,工地现场拼装(高强度螺栓连接)而成。

第1.1.5条 由汽车荷载(不计冲击力)所引起的竖向挠度,不应超过表1.1.4所列的容许值。用平板挂车或履带车验算时,容许竖向挠度可增加20%。

如车辆荷载在一个桥跨范围内移动,因而产生正负两个方向的挠度时,计算挠度应为其正负挠度的最大绝对值之和。

对于临时或特殊结构,其竖向挠度容许值,可与有关部门协商确定。

第1.1.6条 桥跨结构应设置预拱度,其值等于结构重力和1/2静活载所产生的竖向挠度和;起拱应做成平顺曲线。如桥面在竖曲线上,预拱度应与竖曲线纵坡一致。

当结构重力和静活载产生的挠度不超过跨径的 $\frac{1}{1600}$ 时,可不设预拱度。

竖向挠度容许值 表1.1.4

桥梁结构型式	容许挠度值
简支或连续桁架	$\frac{1}{800}L$
简支或连续板梁	$\frac{1}{600}L$
梁的悬臂端部	$\frac{1}{300}L_1$
悬索桥	$\frac{1}{400}L$

表中, L ——计算跨径;
 L_1 ——悬臂长度。

第1.1.7条 设计钢梁时,应分析施工吊装和调整支座等受力状态;起顶设施及结构本身都应按起顶重力增加30%验算。

第二节 一般规定

(I) 材 料

第1.2.1条 钢桥所用的主要钢材为:

一、主体结构 符合国标(GB) 1591—79要求的16锰(16Mn)钢或其他适用于桥梁结构的普通低合金钢。

符合国标(GB) 700—79要求的8号(A3)钢或其他适用于桥梁结构的普通碳素结构钢。

二、铸件 符合国标(GB) 979—67要求且不小于铸钢—25II(ZG25II)的碳素钢。

三、铰、销子 符合国标(GB) 699—65要求的45号优质碳素钢(45号钢)或适用于桥梁的铰和销子的其他钢种。

四、辊轴 符合一机部部标要求的35号锻钢或其他锻钢。

五、吊桥的钢索 符合国标(GB) 1102—74要求的7×19钢丝绳或适用于吊桥的平行钢丝绳。

第1.2.2条 用以制造高强度螺栓、粗制螺栓和铆钉的主要

钢材为:

一、高强度螺栓 符合冶标(YB) 6—71要求的40硼(40B)钢和符合国标(GB) 3077—82要求的20锰钛硼(20MnTiB)钢。40硼钢热处理后,材料机械性能应符合国标(GB) 1231—76钢结构用高强度六角头螺栓技术条件。20MnTiB钢应符合冷墩生产工艺要求。螺母、垫圈采用符合国标(GB) 699—65要求的45号优质碳素钢。

二、粗制螺栓 符合国标(GB) 700—79要求的8号(A3)钢。

三、铆钉 符合国标(GB) 715—65要求的铆螺2号(ML2)钢。

第1.2.3条 用以焊接的材料为:

一、自动或半自动焊 应采用符合国标(GB) 1300—77要求的焊接用钢丝,选用的焊丝和焊剂应与主体金属强度相适应。

二、手工焊接用的焊条 应采用符合国标(GB) 981—76要求的低碳钢及低合金高强度钢焊条,且选择的焊条型号应与主体金属相适应。

当不同强度的钢材连接时,宜采用与低强度钢材相适应的焊接材料。

第1.2.4条 钢材的弹性模量规定如下:

弹性模量 $E = 2.1 \times 10^5 \text{MPa}$

剪切模量 $G = 0.81 \times 10^5 \text{MPa}$

悬索桥的钢丝绳弹性模量,当缺乏试验资料时,可取 $1.6 \times 10^5 \text{MPa}$ 。

(II) 材料的容许应力及其提高系数

第1.2.5条 钢材的容许应力规定如表1.2.5。

第1.2.6条 高强度螺栓的容许承载力 N_L 按下式计算:

$$N_L = \frac{P \cdot \mu \cdot n}{k} \quad (1.2.6-1)$$

钢材的容许应力(MPa) 表1.2.5

应力种类	钢 号						
	A3	16Mn	ZG25II	ZG35II	ZG45II	45号钢	35号锻钢
轴向应力(σ)	140	200	130	150	170	210	—
弯曲应力(σ_w)	145	210	135	155	180	220	220
剪应力(τ)	85	120	80	90	100	125	110
端面承压应力(端光顶紧)	210	300	—	—	—	—	—
紧密接触的承压应力(接触圆弧中心角为 $2 \times 45^\circ$)	70	100	65	75	85	105	105
自由接触的承压应力	5.5	8.0	5.0	6.0	7.0	8.5	8.5
节点销子的孔壁承压应力	210	300	195	225	255	—	180
节点销子的剪应力	240	340	—	—	—	360	—

注:①表列16Mn钢的容许应力与屈服点340MPa对应,如按国标(GB) 1591—79的规定,由于厚度影响,屈服点有变动时,各类容许应力可按屈服点的比例予以调整。

②验算紧密接触和自由接触的承压应力时,其面积取抵轴或轴孔的直径及其长度的乘积。其容许承压应力取两接触钢材中强度较低者。

③节点销子的孔壁容许承压应力系指被连接件钢材的孔壁承压应力;节点销子的容许剪应力仅适用于被连接构件之间只有极小缝隙的情况。

式中 P ——高强度螺栓的预拉力,按表1.2.6-1采用;

μ ——摩擦系数,按表1.2.6-2采用;

n ——传力摩擦面数目;

k ——安全系数,采用1.70。

高强度螺栓的预拉力(kN) 表1.2.6-1

直 径	M20	M22	M24
预拉力	155	190	225

高强度螺栓沿轴向有由外力引起的附加拉力 Z 时, Z 不应大

摩擦系数μ值 表1.2.6-2

在连接处杆件接触面的处理方法	杆 件 的 钢 号	
	A3钢	16Mn钢
喷 砂	0.45	0.55
喷砂后涂无机富锌漆	0.35	0.40
轧制表面、钢丝刷清理浮锈 (或未经处理, 但轧制表面干净)	0.30	0.35

于0.6P, 此时, 螺栓的剩余承载力 N_L 按下式计算:

$$N_L = N_1 \frac{P - 1.4Z}{P} \quad (1.2.6-2)$$

第1.2.7条 粗制螺栓、铆钉容许应力规定如表1.2.7。

粗制螺栓、铆钉容许应力(MPa) 表1.2.7

类 别	应 力 种 类		
	剪应力	承压应力	拉应力
粗制螺栓	80	170	110
工厂铆钉	110	260	90
工地铆钉	100	250	80

注: 平头铆钉的容许应力应减低20%。

第1.2.8条 承受拉力的焊缝容许应力与基本钢材的容许应力相同。承受剪力的焊缝容许应力与基本钢材的容许剪应力相同。

第1.2.9条 悬索桥钢索的容许拉力采用钢索破断拉力的90%。钢索破断拉力采用钢丝极限强度的0.85倍。

钢索锚固可用锌铝合金做灌注套筒的材料, 其合金成分和容许应力规定如表1.2.9。

第1.2.10条 容许应力的提高系数

验算结构在各种荷载作用下的强度和稳定性时, 基本钢材和灌注套筒的合金成分和容许应力

合 金 代 号	成 分			准注温度 (°C)	容许应力(MPa)	
	锌	铝	铜		承压应力	粘着应力
Zn93-Al6-Cu1	93	6	1	450	24	18

各种连接件的容许应力应乘以表1.2.10的提高系数 k 。

容许应力的提高系数 表1.2.10

构造物性质	荷载组合	k
永久性结构	组合 I	1.0
	组合 II、III、IV	1.25
	组合 V	1.30~1.40
临时性结构	组合 I	1.30
	组合 II、III、IV、V	1.40

注: 节点销子的容许弯应力在任何荷载作用下, 均不得提高。

(III) 横向刚度与抗倾覆稳定系数

第1.2.11条 桥梁结构应具有必要的横向刚度, 在一般情况下, 跨长不宜超过主桁(主梁)中距的20倍。

第1.2.12条 桥跨结构在施工架设时期应保证横向和纵向的倾覆稳定性。稳定系数应不小于1.3。

(IV) 结构内力计算原则和构件的基本计算公式

第1.2.13条 结构构件的内力按弹性受力阶段确定。变形按构件的毛截面计算, 不考虑钉(栓)孔削弱的影响。

第1.2.14条 为简化计算, 可将桥跨结构划分为若干个平面系统分别计算, 但应考虑各个平面系统的共同作用和相互影响。

第1.2.15条 结构构件的强度应按表1.2.15的公式计算。

第1.2.16条 结构构件的总稳定性按表1.2.16-1的公式计算。

第1.2.17条 凡承受动应力的结构构件或连接件, 应进行疲

强度计算公式 表1.2.15

计算应力 的种类	构件受力	计 算 公 式	公式编号
法向应力	轴心受拉	$\frac{N}{A} \leq [\sigma]$	(1.2.15-1)
	在一个主平面内受弯曲	$\frac{M}{W} \leq [\sigma_w]$	(1.2.15-2)
	受压(或受拉)并在一个主平面内受弯曲或与此相当的偏心受压及偏心受拉	$\frac{N}{A} \pm \frac{M}{W} \leq [\sigma] \text{ 或 } [\sigma_w]$	(1.2.15-3)
	受弯或轴	$\frac{M_x}{W_x} + \frac{M_y}{W_y} \leq C[\sigma_w]$	(1.2.15-4)
	受压(或受拉)并受斜弯曲或与此相当的偏心受压及偏心受拉	$\frac{N}{A} \pm \left(\frac{M_x}{W_x} + \frac{M_y}{W_y} \right) \frac{1}{C} \leq [\sigma] \text{ 或 } [\sigma_w]$	(1.2.15-5)
剪应力	受弯曲	$\tau_{max} = \frac{QS_m}{I_m \delta} \leq C_1[\tau]$	(1.2.15-6)
换算应力	受弯曲 受压(或受拉)并受弯曲	$\sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \leq 1.1[\sigma] \text{ 或 } 1.1[\sigma_w]$	(1.2.15-7)

表中 N 、 M 、 Q ——验算截面的计算轴向力、弯矩和剪力;

A ——验算截面的计算面积, 受拉构件为净截面积, 受压构件为毛截面积;

W_x 、 W_y ——验算截面对主轴的计算截面抵抗矩, 验算受拉翼缘为净截面抵抗矩, 验算受压翼缘为毛截面抵抗矩; 为简化计, 均可按毛截面的重心轴计算;

S_m ——中性轴以上的毛截面对中性轴的面积矩;

δ ——验算截面处板厚厚度;

I_m ——毛截面惯性矩;

σ ——验算截面处按净截面计算的法向应力;

τ_{max} 、 τ ——验算截面的最大剪应力和实际剪应力;

C ——斜弯曲作用下容许应力增大系数

$$C = 1 + 0.3 \frac{\sigma_w}{\sigma} \quad (1.1)$$

σ_w 、 σ ——为验算截面上由于作用在相互垂直平面的弯矩所产生的较小和较大的应力;

C_1 ——剪应力分布不均匀时, 容许应力增大系数;

$$\text{当 } \frac{\tau_{max}}{\tau} \leq 1.25, C_1 = 1.0;$$

$$\text{当 } \frac{\tau_{max}}{\tau} \geq 1.50, C_1 = 1.25;$$

$$\text{当 } 1.25 < \frac{\tau_{max}}{\tau} < 1.50 \text{ 时, } C_1 \text{ 按直线比例计算,}$$

$$\tau_0 = \frac{Q}{h\delta}$$

h ——腹板全高。

注: 兼受轴向力和弯曲作用时的容许正应力, 如 $\frac{N}{A} > \frac{M}{W}$, 则采用 $[\sigma]$, 如

$$\frac{N}{A} < \frac{M}{W}, \text{ 则采用 } [\sigma_w].$$

总稳定性计算公式 表1.2.16-1

计算应力 种类	构件受力情况	计 算 公 式	公式编号
法向应力	轴心受压	$\frac{N}{A_m} \leq \phi_y [\sigma]$	(1.2.16-1)
	在一个主平面内受弯曲	$\frac{M}{W_m} \leq \phi_y [\sigma]$	(1.2.16-2)
	受压并在一个主平面内受弯曲或与此相当的偏心受压	$\frac{N}{A_m} + \frac{\phi_y}{\mu \phi_x} \cdot \frac{M}{W_m} \leq \phi_y [\sigma]$	(1.2.16-3)

表中

N ——计算轴向力;

M ——构件中部1/3长度范围内最大计算弯矩;

A_m ——毛截面积;

W_m ——毛截面抵抗矩;

ϕ_y ——轴心受压构件的纵向弯曲系数, 根据钢种、截面形状及弯曲方向等按表1.2.16-2采用;

ϕ_x ——构件只在一个主平面受弯时的纵向弯曲系数(若是压弯杆, 可按 $N=0$ 的情况来确定 ϕ_x), 在不作进一步分析时, 可按式1.2.16-4计算构件的换算长细比 λ_x , 并按 λ_x 由表1.2.16-2查得相应的 ϕ_x 以替代 ϕ_x ;

$$\lambda_x = \alpha \cdot \frac{L_y}{h} \cdot \frac{r_x}{r_y} \quad (1.2.16-4)$$

α ——系数, 焊接构件取1.8, 铆接构件取2.0;

L_y ——构件对 $y-y$ 轴的自由长度;

r_x, r_y ——构件截面对 $x-x$ 轴（强轴）和 $y-y$ 轴（弱轴）的回转半径（见图 1.2.16）；
 k ——见图 1.2.16。
 对于下列情况，取 $\phi_1 = 1$ ：
 （1）箱形截面构件；
 （2）任何杆件，当所验算的失稳平面和弯矩作用平面一致时；
 μ ——考虑弯矩因构件受压而增大所引用的值；

$$\text{当 } \frac{N}{A_n} \leq 0.15\phi_1(\sigma_c) \text{ 时，取 } \mu = 1.0;$$

$$\text{当 } \frac{N}{A_n} > 0.15\phi_1(\sigma_c) \text{ 时，取 } \mu = \left(1 - \frac{n_1 N \lambda^2}{\pi^2 E A_n}\right) m;$$

λ ——构件在弯矩作用平面内的长细比；
 E ——弹性模量；
 n_1 ——受压杆件容许应力安全系数，在荷载组合 I 时取 1.7，在荷载组合 II~IV 时取 1.4；
 m ——当荷载由荷载组合 I 产生时取 1.0，在荷载组合 II~IV 时取 1.4。

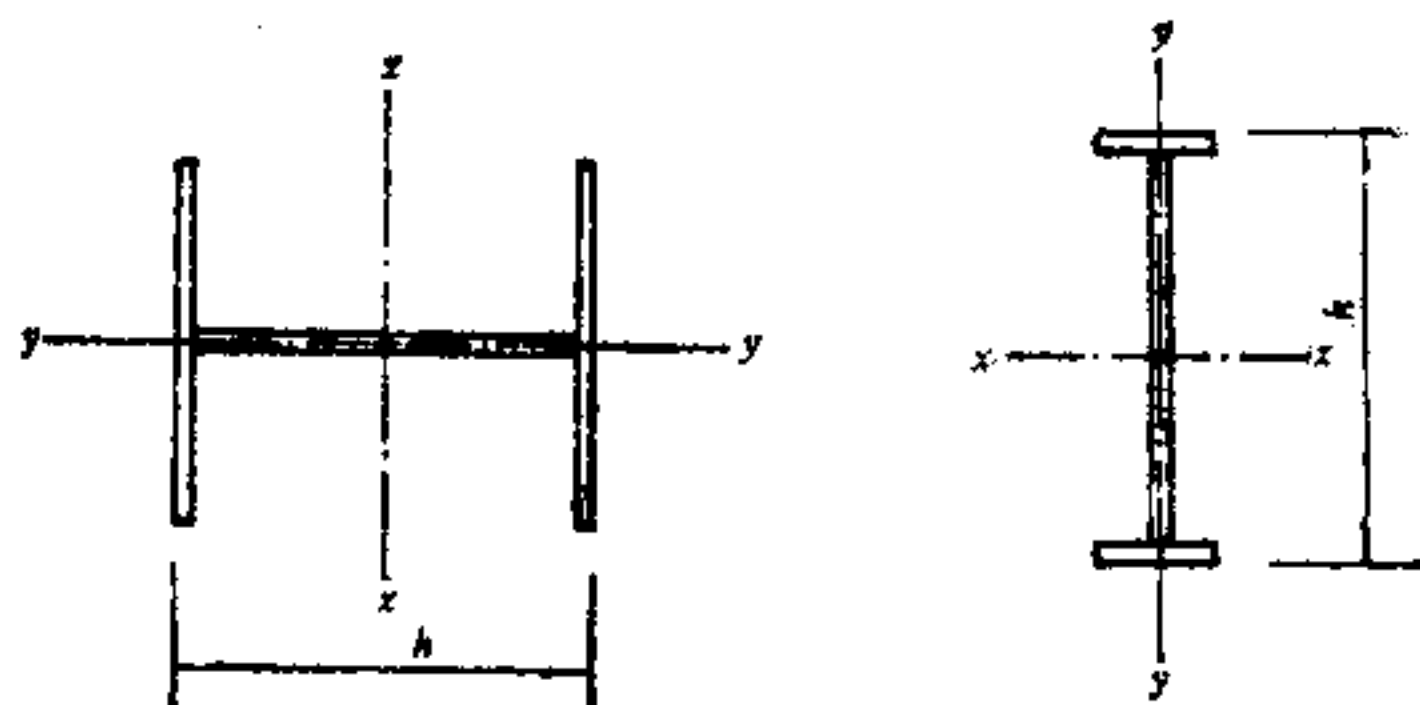


图 1.2.16 H 形和 I 形构件简图

劳验算。构件的疲劳强度按表 1.2.17-1 中的公式进行计算。

轴心受压构件的纵向弯曲系数 表 1.2.16-2

焊接 H 形（验算翼缘板平面内总稳定性）及焊接 T 形构件			焊接 H 形（验算腹板平面内总稳定性）、焊接箱形及铆接构件		
λ	ϕ_1		λ	ϕ_1	
	A3	16Mn		A3	16Mn
0~30	0.900	0.897	0~30	0.900	0.900
40	0.877	0.841	40	0.900	0.877
50	0.828	0.775	50	0.867	0.820
60	0.772	0.705	60	0.824	0.766
70	0.713	0.630	70	0.773	0.707
80	0.651	0.547	80	0.715	0.645
90	0.583	0.481	90	0.651	0.575
100	0.521	0.426	100	0.581	0.500
110	0.466	0.376	110	0.510	0.431
120	0.422	0.340	120	0.446	0.383
130	0.380	0.298	130	0.386	0.321
140	0.341	0.249	140	0.347	0.258
150	0.305	0.222	150	0.308	0.227

注： λ ——构件长细比。

验算疲劳强度时，可根据桥梁实际行车情况，选用实际经常发生的荷载组合中的车辆荷载进行计算。

对只承受压力的构件和临时性结构物的构件，可不验算疲劳强度。

以压为主兼受拉力的构件，在验算疲劳强度的同时，还应验

疲劳强度计算公式 表 1.2.17-1

计算应力种类	构件受力情况	计算公式	公式编号
法向应力	轴向受力构件	$\frac{N}{A_1} \leq [\sigma_a]$	1.2.17-1
	在一个主平面受弯曲	$\frac{M}{W_1} \leq [\sigma_a]$	1.2.17-2
	受轴向力并在一个主平面受弯曲或受与此相当的偏心受拉或受压	$\frac{N}{A_1} + \frac{M}{W_1} \leq [\sigma_a]$	1.2.17-3

表中 N 、 M ——计算轴向力、弯矩；
 A_1 ——计算截面处的净面积；
 W_1 ——计算截面对主轴的净截面抵抗矩；
 $[\sigma_a]$ ——结构构件的疲劳容许应力，按表 1.2.17-2、表 1.2.17-3、表 1.2.17-4 采用。

算构件的总稳定性。

各种构件或连接的疲劳容许应力 $[\sigma_a]$ 表 1.2.17-2

容许应力类别	疲劳容许应力 MPa		连接类别 (序号见表 1.2.17-4)
	最大应力（绝对值） 为拉应力	最大应力（绝对值） 为压应力	
A	$\frac{240}{1-0.6\rho}$ 但 $\leq [\sigma]$	$\frac{240}{0.6-\rho}$ 但 $\leq [\sigma]$	1
B	$\frac{190}{1-0.6\rho}$ 但 $\leq [\sigma]$	$\frac{190}{0.6-\rho}$ 但 $\leq [\sigma]$	3.1, 5.1, 5.2, 5.3, 6.1, 6.2,
C	$\frac{150}{1-0.6\rho}$ 但 $\leq [\sigma]$	$\frac{160}{0.6-\rho}$ 但 $\leq [\sigma]$	3.2
D	$\frac{145}{1-0.6\rho}$ 但 $\leq [\sigma]$	$\frac{145}{0.6\rho}$ 但 $\leq [\sigma]$	2.4, 7.1, 8.2.1, 9.10, 1.11.1
E	$\frac{110}{1-0.6\rho}$ 但 $\leq [\sigma]$	$\frac{110}{0.6-\rho}$ 但 $\leq [\sigma]$	7.2, 8.1, 1.8, 2.2, 10.2, 11.2
F	$\frac{70}{1-0.6\rho}$ 但 $\leq [\sigma]$	$\frac{70}{0.6-\rho}$ 但 $\leq [\sigma]$	8.1, 2.12

注：1. $[\sigma]$ ——钢材的基本容许应力，见表 1.2.5；

$$\rho = \frac{\sigma_{min}}{\sigma_{max}} \quad (\text{同号应力为正，反号应力为负})$$

铆钉受剪及承压时的疲劳容许应力 $[\sigma_a]$ 表 1.2.17-3

疲劳容许应力 MPa		连接类别
受剪	承压	
$\frac{110}{1-0.6\rho}$ 但 $\leq [\tau]$	$\frac{280}{1-0.6\rho}$ 但 $\leq [\sigma]$	工厂或工场铆钉

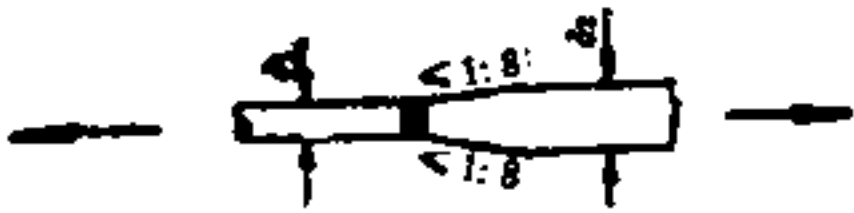
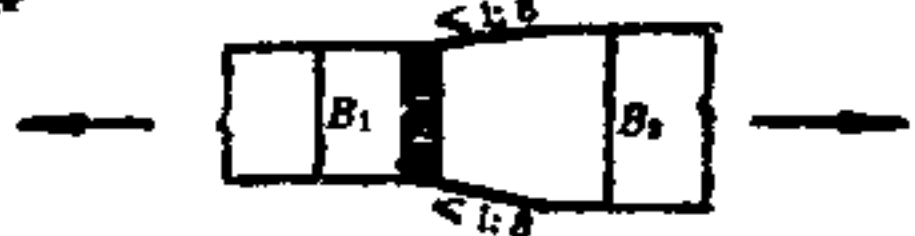
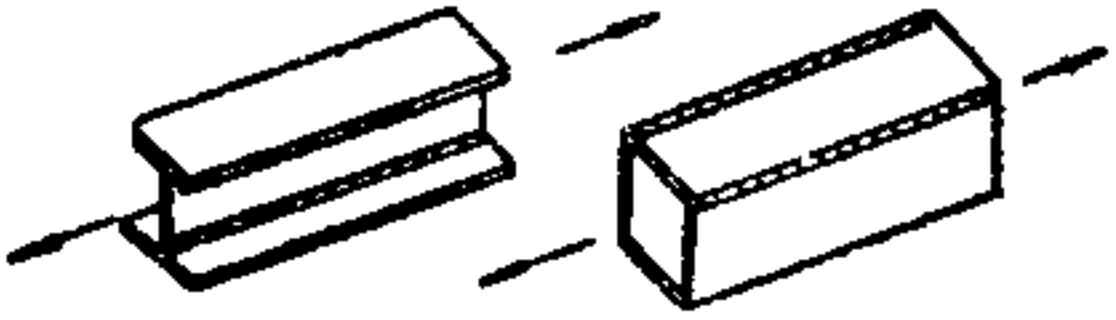
注：表中 $[\tau]$ 及 $[\sigma]$ 为铆钉的剪切及承压容许应力，见表 1.2.7。

构件（或连接形式）容许应力类别表

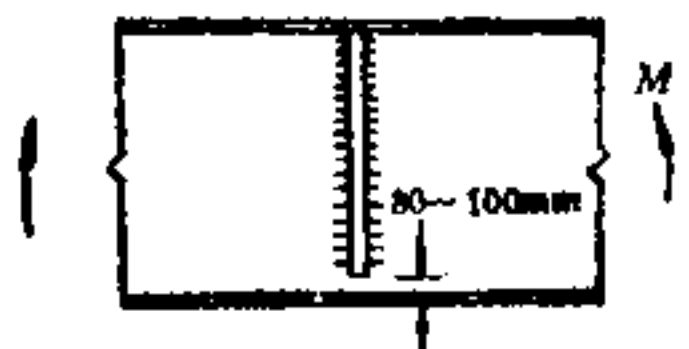
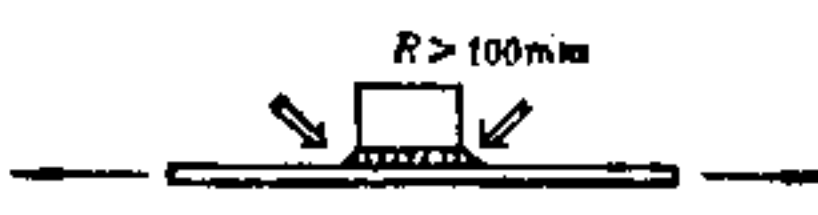
表 1.2.17-4

类别	构件或连接形式及简图	加工、质量及其它要求	容许应力类别	验算部位
1	母材	除轧制表面，侧边刨边，不得在母材上引弧。	A	非连接部位的母材。
2	带孔母材	机械钻孔。	D	弦杆泄水孔。
3	高强度螺栓连接			
3.1			B	①全断面拼接的构件。 ②主桁构件中，不起拼接作用（杆件不断开）的高强度螺栓连接处。
3.2			C	①非全断面拼接的构件（如 H、□ 型杆件），仅在翼板拼接。 ②纵梁鱼形板连接处。 ③板梁（或纵梁）下翼缘和联结系的连接处。

续表1.2.17-4

类别	构件或连接形式及简图		加工、质量及其它要求	容许应力类别	计算部位
4	铆钉连接	简图同3.2		D	同3
5	横向对接焊缝		采用埋弧自动焊焊接。焊缝加强处须受力方向磨平，焊趾处不留横向痕迹。焊缝需经无损探伤检查，焊缝质量应符合要求。 横向对接焊缝应一次连续施焊完毕，同一位置连续补焊不得超过二次。	B	桁架构件及板梁中板材横向对接焊缝。
5.1	等宽等厚钢板对接				
5.2	等宽不等厚钢板对接				
5.3	等厚不等宽钢板对接				
6	纵向焊缝接头		采用埋弧自动焊焊接。焊缝需经无损探伤检查，检查范围从杆端至工地孔外1m，如发现超熔限缺陷，需检查焊缝全长。焊缝质量应符合要求。焊缝应一次连续施焊完毕，如遇特殊情况而中途停焊时，焊前焊后需进行处理，使之过渡平顺。同一位置连续补焊不得超过三次。	H	①H、□、T型构件，板梁翼缘及纵向加劲肋等处的纵向角焊缝。 ②板梁中腹板及盖板的纵向对接焊缝。
6.1	纵向对接焊缝				
6.2	纵向角接焊缝				
7	横向角接焊缝				①箱型杆件隔板处的横向连接角焊缝。 ②桁架腹板与竖向加劲肋的横向连接角焊缝。
7.1	a类		采用成型好的手工焊、CO ₂ 气体保护焊或半自动焊施焊，焊趾处不允许有咬肉。如不满足以上条件，可用砂轮顺受力方向打磨。	D	
7.2	b类		焊趾处有轻微咬肉，深度应小于0.5mm	E	
8	十字形角接焊缝				板梁肋横向连接角焊缝。
8.1	不熔透角接焊				
8.1.1	a类		同7.1	F	
8.1.2	b类		同7.2	F	
8.2	熔透角接焊				
8.2.1	a类		同7.1	D	
8.2.2	b类		同7.2	E	

续表1.2.17-4

类别	构件或连接形式及简图	加工、质量及其它要求	容许应力类别	检算部位
9	板梁竖加肋与腹板连接焊缝端部 		D	板梁竖加肋与腹板连接焊缝端部（为检算顺桥轴方向的主拉应力）。
10	板梁盖板端部焊缝 			板梁盖板焊缝端部或端部焊缝趾处。
10.1	a类	盖板端部焊缝（包括端部焊缝趾）应无咬肉，并用砂轮顺受力方向打磨，焊缝不留横向痕迹。	D	
10.2	b类	端部焊缝不加工。	E	
11				板梁中腹板与水平结点板连接焊缝的端部。
11.1	a类	焊缝两端顺受力方向打磨，使之匀顺过渡。	D	
11.2	b类	焊缝端部不加工。	E	
12			F	板梁中联结系杆件与结点板的搭接焊缝端部。

(V) 杆件的自由长度、长细比与宽厚比

第1.2.18条 受压杆件的自由长度规定如表1.2.18。开口式主桁(或主梁)的受压弦杆(或翼缘)的自由长度的确定见附录一。

杆件的自由长度				表1.2.18	
杆件	离曲平面	平面内/平面外		附注	
		平面内	平面外		
主桁弦杆	端斜杆、端立杆、连接梁中、间支点处立杆或斜杆(不包括与拉杆相交时)	l_1	l_0	l_0 ——主桁各杆件的几何长度(即杆端节点中距),如杆件全长被横向结构分割时,则为其较长的一段长度。 l_1 ——从相交点至杆端节点中较长的一段长度。 l_2 ——纵向(横向)联结系杆件轴线与节点板连在主桁杆件的固着线交点之间的距离。	
		$0.9l_1$	l_0		
	无相交和无交叉	$0.8l_1$	l_0		
	与杆件相交或相交叉(不包括与拉杆相交)	l_1	l_0		
桁架的腹杆	与弦杆相交	l_1	$0.7l_0$		
	无交叉	l_1	l_1		
	与拉杆相交	l_1	$0.7l_1$		
纵立及横立联结系	无交叉	l_1	l_1		
	与拉杆相交	l_1	$0.7l_1$		
纵立及横立联结系	与拉杆相交或相交叉(不包括与拉杆相交)	l_1	l_1		

第1.2.19条 杆件容许最大长细比规定如表1.2.19。

杆件容许最大长细比		表1.2.19
杆件	长细比	
主桁杆件	受压弦杆	100
	受压或受压—拉腹杆	
	仅受拉力的弦杆	180
联结系杆件	仅受拉力的腹杆	180
	纵向联结系、支点处横向联结系和制动联结系的受压或受压—拉杆件	180
	中间横向联结系的受压或受压—拉杆件	150
	各种联结系的受拉杆件	200

第1.2.20条 杆件的计算长细比 λ 规定如下:

一、整体截面的杆件以及由两个肢组成的组合杆件在垂直于缀板平面内弯曲时,等于自由长度 l_0 与相应的回转半径 r 之比,即

$$\lambda = \frac{l_0}{r}$$

二、由两个肢组成的组合杆件在缀板平面内弯曲时,其换算长细比 λ 按表1.2.20公式计算。

换算长细比 λ 的计算公式 表1.2.20

杆件截面形式	换算长细比 λ
	$\sqrt{\lambda_x^2 + \lambda_y^2}$

表中 λ_x ——由两个肢组成的组合杆件在翼缘平面内（即对 y 轴）的长细比；
 λ_y ——单个肢对 $x-x'$ 轴（形心轴）的长细比。肢的自由长度：当用铆接缀板时为最近铆钉间的距离；当用焊接缀板时为相邻缀板间的净距。

第1.2.21条 组合杆件的单肢长细比，在受压时不得大于40，在其他情况下不得大于50，均不宜大于整个组合杆件的换算长细比。

第1.2.22条 组合式受压杆件中的单板或板束的宽度 b 与厚度 δ 之比规定如表1.2.22。

第1.2.23条 主桁杆件的截面面积，钢料应主要地集中在平行于主桁平面的竖向翼板上，对于 H 形受压杆件其腹板厚度不宜小于：

组合压杆单板（或板束）的宽度 b 与厚度 δ 之比 表1.2.22

序号	杆件类型及板束位置		杆件长细比	b/δ	
				A3	16Mn
1	箱形杆	桁架平面内	≤ 60	≤ 35	≤ 30
			> 60	0.6 λ , 但不大于50	0.5 λ , 但不大于45
2	箱形杆 H形杆	垂直于桁架平面	≤ 50	≤ 35	≤ 30
			> 50	0.6 $\lambda + 5$, 但不大于50	0.5 $\lambda + 5$, 但不大于45
3	H形或T形 (伸出肢无铺边)	铆接杆	≤ 60	≤ 12	≤ 10
		焊接杆	> 60	≤ 14 0.15 $\lambda + 5$	≤ 12 0.2 λ
4	铆接杆角钢 伸出肢	受轴向力的主要杆件		≤ 12	
		支撑及次要杆件		≤ 16	

注：① b 、 δ 见图1.2.22。

②当压杆平均应力 σ 小于容许应力 $\phi(\sigma)$ 时，表中 b/δ 值除铆接杆无铺边的伸出肢及角钢的伸出肢外，可按规定放宽。其规定为：根据该杆件计算压应力与基本容许应力之比 ϕ 在表1.2.16-2中查出相应的 λ 值，再根据此 λ 值按本表查出该杆件容许的 b/δ 值。但在序号1、2两项中的构件不大于50，在序号3项中，主要杆件不大于20，次要杆件不大于22。

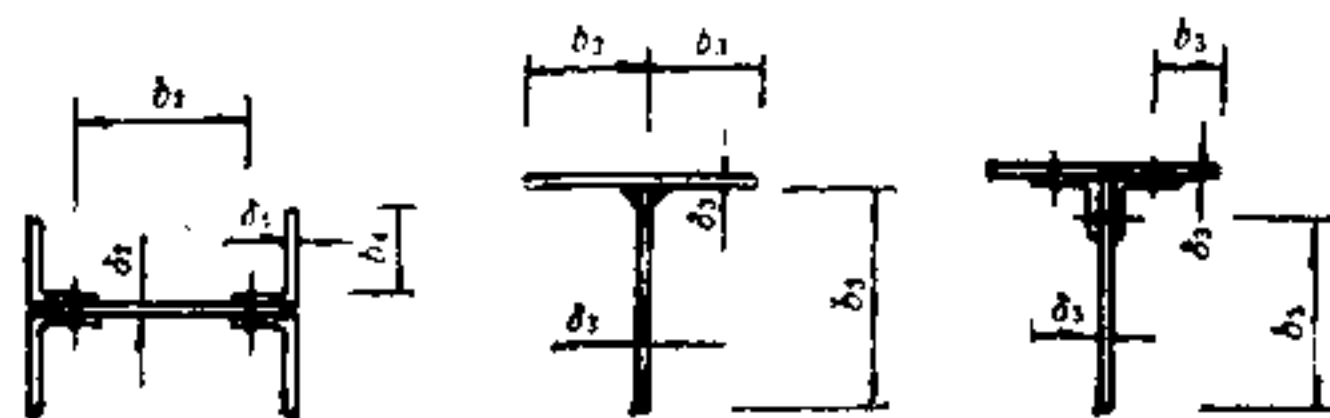
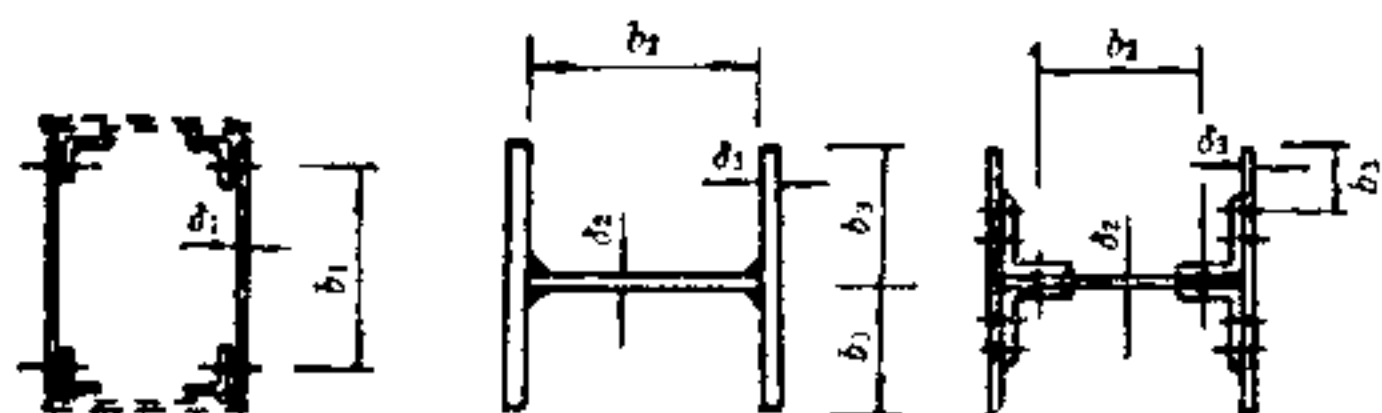
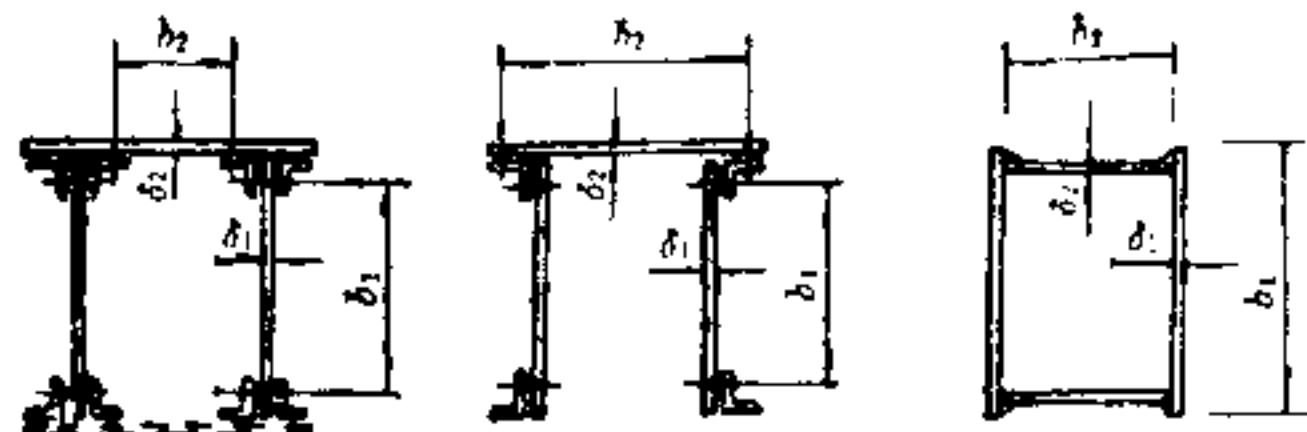


图1.2.22 单板（或板束）位置简图

注：图中 b_1 、 δ_1 、 b_2 、 δ_2 、 b_3 、 δ_3 、 b_4 、 δ_4 分别表示表1.2.22中序号1、2、3、4项中的 b 及 δ 。

铆接杆——0.4 δ ；
 焊接杆——0.5 δ （当 $\delta \geq 24\text{mm}$ 时）；
 0.6 δ （当 $\delta < 24\text{mm}$ 时）；
 δ ——翼板厚。

第三节 连接的构造与计算

(1) 焊 接

第1.3.1条 在设计中不得任意加大焊缝，且应避免焊缝交叉、重叠和过分集中。焊缝的布置应尽量对称于杆件的重心线。

第1.3.2条 在承受动荷载的结构中，垂直于杆件受力方向的对接焊缝必须焊透，其厚度应不小于被焊件的最小厚度。这种焊缝宜双面施焊，且应进行机械加工。

第1.3.3条 在对接焊缝的拼接处，当焊件宽度不等或厚度相差4mm以上时，应分别在宽度方向或厚度方向将一侧或两侧做成坡度不大于1:4的斜角，当厚（或宽）差不超过4mm时，则可采用焊缝表面斜度来过渡。

第1.3.4条 不焊透的对接焊缝（见图1.3.11-2）必须在设计图中注明坡口尺寸和最小焊缝尺寸。不焊透对接焊缝的有效厚度 h_e 不得小于 $1.5\sqrt{t}$ ， t 为坡口所在焊件的较大厚度（单位mm）。

第1.3.5条 角焊缝两焊脚的夹角 θ 一般为90°。夹角 $\theta > 120^\circ$ 或 $\theta < 60^\circ$ 的斜角焊缝不宜用作受力焊缝。

第1.3.6条 角焊缝的焊脚尺寸 h_f （ h_f 见图1.3.6）不得小于 $1.5\sqrt{t}$ ，此处 t 为较厚焊件厚度（单位mm），同时也不得大于较薄焊件厚度的1.2倍。对于焊件边缘的角焊缝，其最大焊脚尺寸，当 $t \leq 6\text{mm}$ 时， $h_f \leq t$ ；当 $t > 6\text{mm}$ 时， $h_f \leq t - (1 \sim 2)\text{mm}$ ，此处 t 为焊件边缘的厚度。

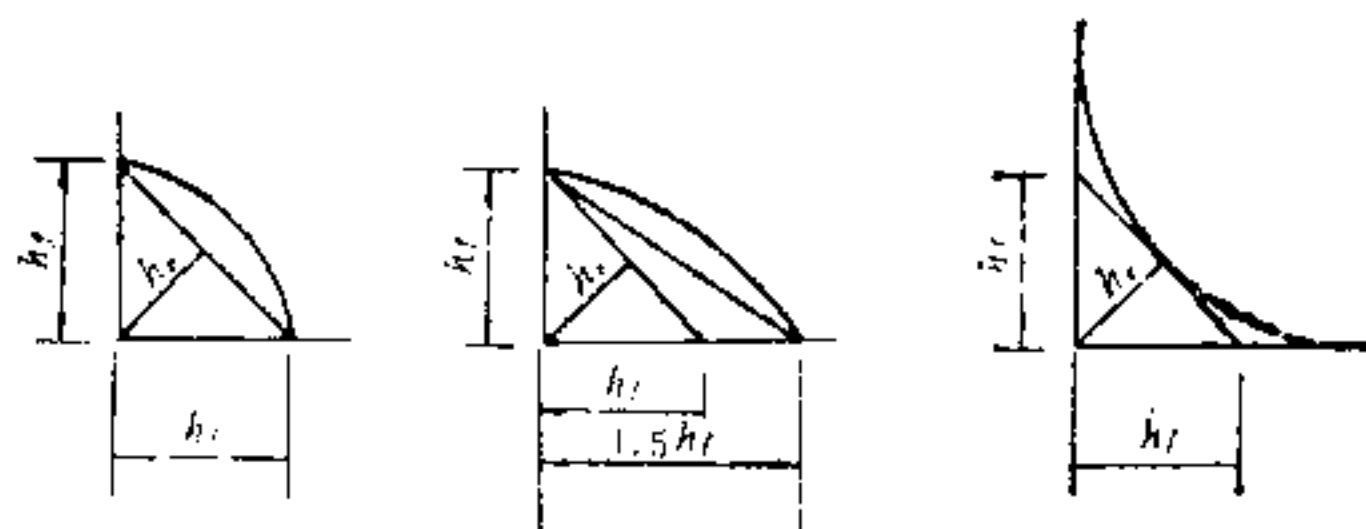


图1.3.6 直角焊缝截面图

第1.3.7条 角焊缝的焊脚边比例一般为1:1。当焊件厚度不等时，允许采用不等的焊脚尺寸，与较厚焊件接触的最小焊脚尺寸和与较薄焊件接触的最大焊脚尺寸，应满足第1.3.6条的要求。

在承受动荷载的结构中，角焊缝焊脚边比例，对于正面角焊缝宜为1:1.5（长边顺内力方向），对于侧面角焊缝可为1:1。角焊缝表面应做成凹形或直线形。

第1.3.8条 当角焊缝的端部在被焊件转角处时，可连续地

绕转角加焊一段 $2h_f$ 的长度〔见图1.3.9a〕。

第1.3.9条 杆件与节点板的连接焊缝(图1.3.9)一般采用两侧侧焊,也可用三面围焊。围焊的转角处必须连续施焊。

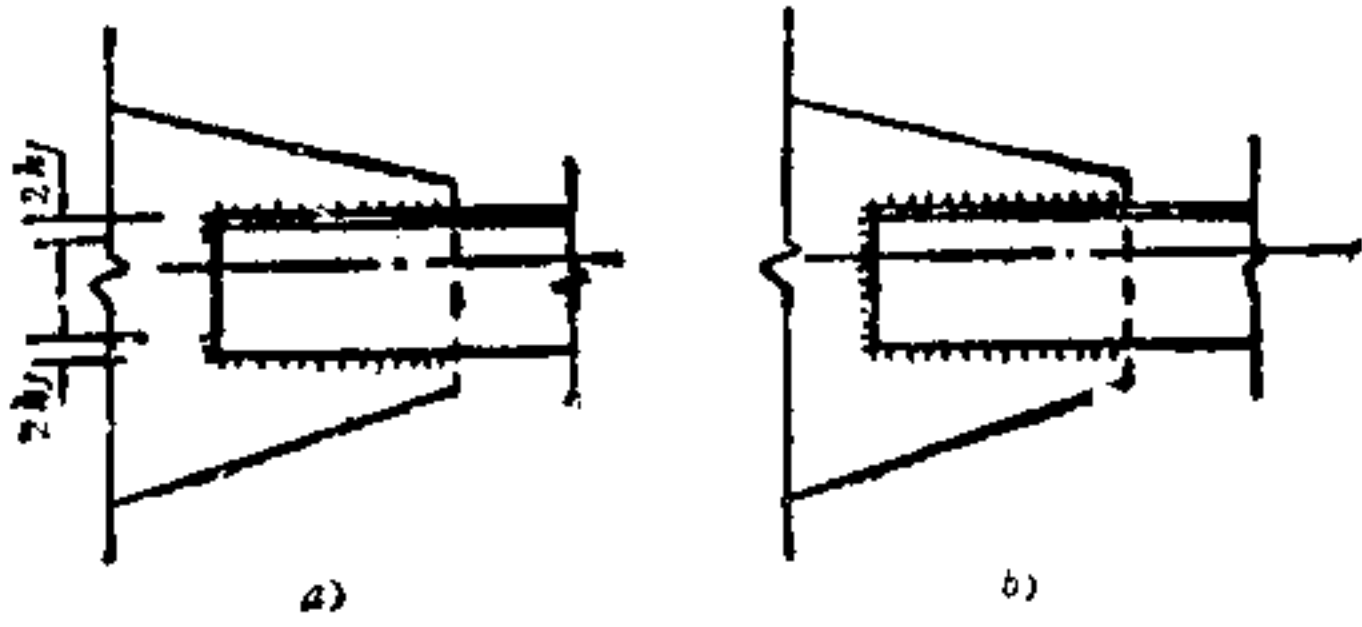


图1.3.9 杆件与节点板的焊接
a) 两面侧焊; b) 三面围焊

第1.3.10条 在主要受力构件中,不得采用断续角焊缝。在次要构件或次要焊缝连接中,如需采用断续角焊缝时,焊缝间的净距在受压构件中不应大于 $15t$ 或 240mm ;在受拉构件中不应大于 $24t$ 或 360mm 。 t 为较薄被焊件的厚度。

第1.3.11条 各种型式的焊缝其有效计算厚度 h_e ,按下列规定采用:

一、T形连接时,如竖板边缘加工有K形坡口(焊透),焊缝的有效厚度采用竖板的厚度。

二、直角焊缝的有效厚度 h_e 采用焊脚尺寸 h_f 的 0.7 倍(见图1.3.6)。

三、斜角焊缝的有效厚度取为(见图1.3.11-1):

$$h_e = h_f \cos \frac{\theta}{2} \quad (\theta \geq 60^\circ \text{时})。$$

四、不焊透的对接焊缝,其有效厚度取为(见图1.3.11-2):坡口角度 $\alpha \geq 60^\circ$ 的V形坡口、U形坡口、J形坡口, $h_e = s$;坡口

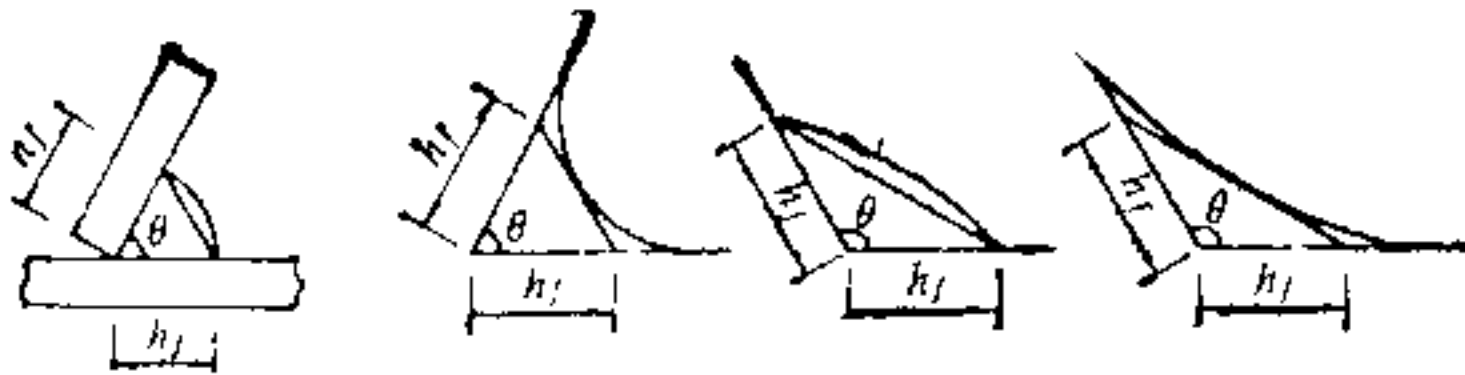


图1.3.11-1 斜角焊缝截面图

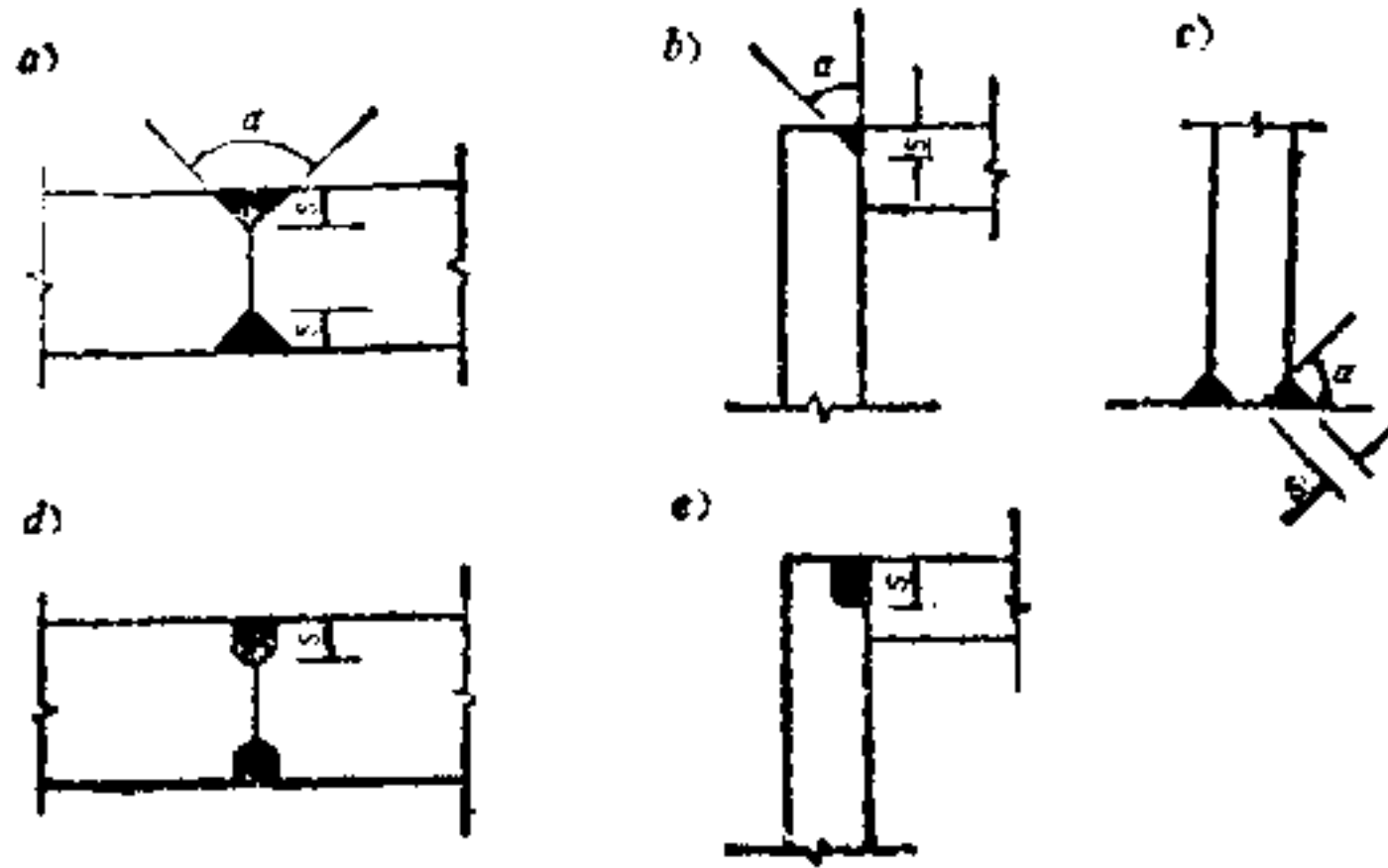


图1.3.11-2 不焊透的对接焊缝截面图
a)、b)、c) V形坡口;
d) U形坡口; e) J形坡口。

角度 $\alpha < 60^\circ$ 的V形坡口, $h_e = s - 3\text{mm}$ 。此处 s 为坡口根部至焊缝表面(不考虑余高)的最短距离。

第1.3.12条 各种型式的焊缝,其计算的有效长度 l_e 按下列规定采用:

一、采用引弧板施焊的焊缝,其计算长度取焊缝的实际长度;未采用引弧板时,取实际长度减去 10mm 。

二、侧面角焊缝的计算长度,当受动荷载时,不宜大于 $50h_f$;当受静荷载时,不宜大于 $60h_f$ 。如采用大于上述的数值时,其超过部分在计算中不予考虑。焊缝在全长范围内均传递内力(例如梁翼缘与腹板连接焊缝),则其计算长度不受此限。

三、侧面角焊缝或正面角焊缝的计算长度不得小于 $8h_f$ 。

四、当钢板端部仅有两侧角焊缝连接时,每条侧面角焊缝长度不宜小于相邻两侧面角焊缝之间的距离;同时两侧角焊缝之间的距离不宜大于 $16t$ ($t > 12\text{mm}$)或 200mm ($t \leq 12\text{mm}$), t 为较薄焊件的厚度。

第1.3.13条 在端焊缝的搭接连接中,搭接长度不得小于焊件较薄厚度的 5 倍,并不得小于 25mm 。

第1.3.14条 在对连接和T形连接中,承受弯矩和剪力共同作用的对接焊缝(焊透),应分别计算其法向应力和剪应力。在同时受有较大法向应力和剪应力处,还应按下式计算换算应力:

$$\sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \leq 1.1[\sigma] \quad (1.3.14)$$

式中 $[\sigma]$ ——对接焊缝的抗拉容许应力。

第1.3.15条 斜角焊缝和不焊透的对接焊缝,采用直角焊缝的计算方法。在垂直于焊缝长度方向应力 τ_x 和沿焊缝长度方向应力 τ_y 共同作用处,应按下式计算应力:

$$\sqrt{\tau_x^2 + \tau_y^2} \leq [\tau] \quad (1.3.15)$$

式中 $[\tau]$ ——角焊缝的容许应力。

注:不焊透的对接焊缝的V形坡口,当 $\alpha < 60^\circ$ 时,或熔合线处(焊缝与焊件表面接触处)焊缝截面边长等于最短距离 s 时,应计算熔合线处的剪应力。

(II) 栓接和铆接

第1.3.16条 螺栓或铆钉连接的布置,应与构件的轴线对称,避免偏心。螺栓或铆钉的距离应符合表1.3.16的规定。

第1.3.17条 位于主要构件上的螺栓或铆钉直径,应不大于

螺栓和铆钉的容许距离 表1.3.16

名 称	位置 和 方 向	杆 件 类 别	容 许 距 离	
			最 大 的	最 小 的
中心间距	沿轴线方向	拉 力	—	$3.5d_0$
	靠边行列	在板上或角钢上	$7d_0$ 或 $16t$ 中的较小者	—
	垂直内力方向	压 力	$24t$	$3d_0$
	沿内力方向	拉 力	$24t$	—
中心至杆件边缘距离	沿内力方向或沿对角线方向	拉 力	$16t$	—
	垂直内力方向	压 力	$8t$ 或 120mm 中的较小者	$2d_0$
边缘距离	沿内力方向	拉 力	—	$1.5d_0$
	垂直内力方向	压 力	—	$1.3d_0$

注:①表中符号 d_0 为螺栓或铆钉的孔径, t 为栓(或铆)合部分外层较薄钢板或型钢厚度。

②表中所谓“靠边行列”系指沿板边一行的螺栓或铆钉线;对于角钢,近角钢有最近一行的螺栓或铆钉线也作为“靠边行列”。

③有角钢填板的搭接上交叉排列的螺栓或铆钉,其靠边行列最大中心间距可取 $14d_0$ 或 $32t$ 中的较小者。

④由两个角钢或两个槽钢中间夹以垫板(或垫圈)并用螺栓或铆钉连接组成的构件,其内力方向的螺栓(或铆钉)之间的最大间距,对于受压或受压—拉构件规定为 $40r$,但不应大于 160mm ;对于受拉构件规定为 $80r$,但不应大于 240mm 。其中 r 为一个角钢或槽钢平行于垫板或垫圈所在平面轴线的回转半径。

角钢肢宽的1/4。不得已时或在次要构件上，对于肢宽75mm的角钢可用直径22mm的螺栓或铆钉；对于肢宽90mm的角钢，可用直径24mm的螺栓或25mm的铆钉。

注：螺栓（或铆钉）孔的公称直径比螺栓（或铆钉）公称直径大1.0~1.5mm。

第1.3.18条 铆钉最大铆合的厚度不宜大于钉孔直径的4.5倍。如用双铆钉枪、冲击式风顶或马蹄形铆钉机铆合时，则铆合的厚度可增至钉孔直径的5.5倍。超过上述厚度时，每加厚2mm，铆钉数量增加1%。

第1.3.19条 受力杆件在节点上连接的螺栓（或铆钉）或接头一边的螺栓（或铆钉），其最少数量规定如下：

- 一、一排螺栓时2个；一排铆钉时3个；
- 二、二排及二排以上螺栓（或铆钉）时，每排2个。

角钢在连接或接头处采用交叉布置的螺栓（或铆钉）时，第一个螺栓（或铆钉）应排在靠近边角钢背处。

第1.3.20条 螺栓（或铆钉）连接接头的栓（或钉）数量，对于主桁架杆件或板梁翼缘宜与被连接杆件等强度的要求进行计算，对于联结系和次要受力杆件可按实际内力计算。并假定纵向力在栓（钉）群上是平均分布的。

受压杆件的螺栓或铆钉接头，可采用端部磨光顶紧的措施来传递内力，此时接头处的螺栓（或铆钉）及连接板的截面积，可按被连接杆件承载力的50%计算。

在同一接头中，允许螺栓或铆钉与焊缝同时采用，但不得按共同受力计算。

第1.3.21条 轴向受力构件的螺栓或铆钉连接接头，在下列情况下连接板上的栓（或钉）数量应按以下规定增大：

- 一、杆件的肢与节点板偏心连接，且这些肢在连接范围内无缀板相连或杆件的肢仅有一面有拼接板时，其栓（或钉）总数应增加10%；
- 二、对于铆接杆件截面的个别部分不用连接板直接连接，其连接铆钉数应予增加，隔一层板增加10%；隔两层或两层板以上时增加20%；
- 三、当隔着填板连接时，连接铆钉数应增加10%；但如填板在顺受力方向伸出连接范围之外有一排铆钉时，则连接板上的铆钉可不予增加。

(III) 销 接

第1.3.22条 在销接接头中，带销孔的受拉杆件其销孔各部尺寸应符合下列规定：

一、垂直受力方向销孔直径处的净截面积应比杆件计算所需的面积大40%；

二、由销孔边至杆端的截面积应不小于杆件的计算截面积。

注：受杆端部如用钢板加强时，在销孔中线每边连接钢板的铆钉数或焊缝长度，应与此处钢板的净截面积作等强度计算。

第1.3.23条 销接的接头作用力按被连接杆件的实际内力计算。节点销子应计算孔壁承压应力、销子剪应力和弯应力。当销的计算跨径大于直径的两倍时，承受弯曲的销子可按简支梁近似计算，并假定各集中力作用在与销相接触的各板条的轴线上。

第四节 行车系、联结系、缀板及支座的构造与计算

(I) 行 车 系

第1.4.1条 为减小行车系受主桁架弦杆变形的影响，简支桁架纵梁宜设断缝和纵向活动支承，断缝的间距一般不大于80m。

第1.4.2条 纵梁的跨中弯矩、剪力和反力，按跨径等于横梁中距的简支梁计算。用螺栓或铆钉连接的支点弯矩，当有鱼形板等能承受支点弯矩的结构或连续通过的翼缘时，可采用简支梁最大弯矩的0.6倍。

纵梁与横梁的连接，当不设承受支点弯矩的结构时，在连接于纵梁的竖角钢肢上的螺栓或铆钉，按支点反力增加10%计算；

在连接于横梁的竖角钢肢上的螺栓或铆钉按支点反力增加40%计算。当设有能承受支点弯矩的结构时，则全部支点弯矩和纵梁纵向力由该结构承受，而连接纵、横梁腹板的竖角钢肢上的螺栓或铆钉按承受1.1倍的反力计算。

第1.4.3条 横梁按跨径等于主梁（或主桁）中距的简支梁计算。

横梁与主梁（或主桁）的连接，当不设承受支点弯矩的结构时，连接于横梁的竖角钢肢上的螺栓或铆钉，按支点反力增加10%计算；连接于主梁（或主桁）的竖角钢肢上的螺栓或铆钉，按支点反力增加20%计算。当设有能承受支点弯矩的结构时，则全部弯矩由该结构承受，而连接横梁、主梁（或主桁）的竖角钢肢上的螺栓或铆钉按承受1.1倍的反力计算。

如横梁作为刚架（在开口式下承桥中为半框架）的一部分，则应按刚架（或半框架）计算支点弯矩。

如横梁兼作支承处横向联结系支杆，还应考虑其作为支杆所受的力。

第1.4.4条 在计算行车系的强度时，一般要考虑由于主桁弦杆或主梁翼缘的变形（包括结构重力在内的全部竖向荷载产生的）所引起的纵梁轴向力和横梁弯矩。同时，还应进行行车系与主桁或主梁不共同受力时的计算。

当为减小行车系的附加应力而设置纵梁断缝时，则在计算附加影响中主桁跨径取纵梁断缝的间距。如纵梁在部分结构重力已传至主桁或主梁后再安装时，仅考虑剩余结构重力和活载的作用。

计算行车系与主桁或主梁共同作用时，可不考虑各构件不在同一高度的偏心影响，并假定纵梁铰接于横梁，横梁间接于主桁或主梁。此时，横梁的最大边缘容许应力可提高至 $1.7C(\sigma)$ 。 C 及 (σ) 见第1.2.15条及第1.2.5条的规定

(II) 联 结 系

第1.4.5条 梁式上部构造应在其弦杆或翼缘的上下平面内设纵向联结系。但跨径较小的上承式梁桥，可不设下弦（或下翼缘）平面内的纵向联结系。钢梁与钢筋混凝土板组成的联合梁，如在安装时没有特殊需要，可不设行车系平面内的纵向联结系。

上承式桥梁应在两端及跨中设横向联结系。下承式桥梁应在两端设桥门架，跨中设门架式的横向联结系，其间距不宜超过两个节间。开口式桥应在每个横梁竖向面内设半框架。

第1.4.6条 横向联结系应尽量与梁的上、下翼缘连接。横向联结系如焊于竖向加劲肋时，则各该加劲肋应与梁的受压翼缘焊连。

第1.4.7条 纵向联结系与主桁或主梁共同作用时，可不考虑各该构件不在同一高度的偏心影响。

纵向联结系杆件应考虑自身重力引起的弯矩，该弯矩按跨径等于杆件长度的简支梁计算。

第1.4.8条 纵向联结系应按横向水平力进行计算。当在上部结构上设置上下平面的纵向联结系时，水平荷载的分配规定于表1.4.8。

上下纵向联结系水平荷载分配

表1.4.8

水 平 荷 载	分 配 的 百 分 数	
	在行车系弦杆平面上	在非行车系弦杆平面上
主桁上的风力	50%	50%
行车系上的风力、离心力引起的荷载	100%	20%

在下承式桥梁中，如仅设置行车系平面内的纵向联结系，则所有水平荷载均由其承担。

第1.4.9条 在交叉形、菱形和三角形纵向联结系中，应计算由于竖向荷载（包括上部结构重力）引起的联结系杆件内力。K形桁架式的纵向联结系，可不考虑此项内力。

对于三角形或菱形纵向联结系，还应计算由于联结系横杆的作用力所引起的在联结系平面内的弯矩。上述弯矩与风力组合计

算时,容许应力可提高20%。在稳定计算中,可不考虑上述弯矩。

第1.4.10条 交叉形、菱形和三角形纵向联结系,由主桁或主梁变形而引起的杆件内力按下列公式计算。

一、纵向联结系斜杆内力:

交叉形

$$N_d = \frac{N_s}{A_s} \cdot \frac{A_d \cos^2 \alpha}{1 + 2 \frac{A_d}{A_b} \sin^2 \alpha + \frac{A_d}{A_s} \cos^2 \alpha} \quad (1.4.10-1)$$

交叉形,当横梁兼作联结系横杆时

$$N_d = \frac{A_d \left(\frac{N_s}{A_s} \cos^2 \alpha + 0.6 \sigma_{bb} \sin^2 \alpha \right)}{1 + 4 \frac{A_d}{A_{bb}} \sin^2 \alpha + \frac{A_d}{A_s} \cos^2 \alpha} \quad (1.4.10-2)$$

菱形

$$N_d = \frac{N_s}{A_s} \cdot \frac{A_d \cos^2 \alpha}{1 + 2 \frac{A_d}{A_b} \sin^2 \alpha + \frac{A_d}{48I} B^2 \cos^2 \alpha + \frac{A_d}{A_s} \cos^2 \alpha} \quad (1.4.10-3)$$

三角形

$$N_d = \frac{N_s}{A_s} \cdot \frac{A_d \cos^2 \alpha}{1 + \frac{A_d}{A_b} \sin^2 \alpha + \frac{A_d}{24I} B^2 \cos^2 \alpha + \frac{A_d}{2A_s} \cos^2 \alpha} \quad (1.4.10-4)$$

式中 N_s 、 A_s ——桁架弦杆的内力和毛截面积;

N_d 、 A_d ——联结系斜杆内力和毛截面积;

A_b ——联结系横杆的毛截面积;

A_{bb} ——横梁毛截面积;

I ——弦杆(或翼缘)毛截面对竖轴的惯性矩;

α ——联结系斜杆与弦杆的交角;

B ——主桁(或主梁)中距;

σ_{bb} ——横梁按竖向荷载和毛截面积计算的最大纤维应力。

在计算板梁纵向联结系的斜杆内力时,上面公式中的 N_s/A_s 用位于联结系平面处梁的应力来代替。

当 σ_{bb} 和 N_s 的符号相反时,可按不利的内力组合,假定公式(1.4.10-2)中的 σ_{bb} 或 N_s 为零。

二、纵向联结系横杆内力:

交叉形、菱形

$$N_b = (N_{d1} + N_{d2}) \sin \alpha \quad (1.4.10-5)$$

三角形

$$N_b = \frac{1}{2} (N_{d1} + N_{d2}) \sin \alpha \quad (1.4.10-6)$$

式中 N_b ——联结系的横杆内力;

N_{d1} 、 N_{d2} ——横杆左右两侧斜杆的内力。

第1.4.11条 位于压力弦杆平面内的联结系斜杆,除按第1.4.8条和第1.4.9条验算外,还应以两弦杆内力之和的3%作为节间剪力予以验算,其容许应力不提高。

第1.4.12条 当采用三角形或菱形纵向联结系时,由横杆的作用力引起的在联结系与弦杆或翼缘的节点处作用于联结系平面的弯矩,可按下列公式计算:

$$M = \pm \frac{N_b a}{4} \quad (1.4.12)$$

式中 a ——联结系节间长度。

第1.4.13条 由单个角钢组成的联结系拉杆,其净截面积按连接肢的截面积与50%非连接肢的截面之和计。

用单个T形杆的翼板连接的或由单个槽形杆的腹板连接的联结系构件,不论其为轧制型钢或组合构件,截面积均按减少10%计。

在以上两种情况下,计算应力均不考虑连接的偏心影响。

(III) 缀板

第1.4.14条 组合构件缀板尺寸,应不小于表1.4.14的规定。

表1.4.14 缀板尺寸

名 称		受压及压—拉构件		受拉构件		仅受结构重力 的辅助性构件
		主要的	次要的	主要的	次要的	
缀板长度	端缀板	1.25s		s		
	中缀板	0.75s	0.75s	0.75s	0.75s	0.75s
缀板厚度		s/50 但应≥8mm	s/50 但应≥8mm	6mm	6mm	8mm
缀板一侧 铆 钉	最少数目	3	3	3	3	3
	最大间距 (mm)	120	120	120	120	120

注:①表中s为连接铆钉间或焊缝间的距离;

②不受力构件其缀板每边最少铆钉数可减至2个;

③端缀板应尽量设置在接近节点中心处。

受压及压—拉构件缀板间的净距不宜大于2.5s。

第1.4.15条 轴心受压组合构件的缀板应按下列公式求得的剪力Q计算,其值可视为沿构件全长不变。

$$Q = \beta A \quad (\text{单位: N}) \quad (1.4.15)$$

式中 β ——系数, 8号钢构件采用210; 16锰钢构件采用340;

A ——组合构件中被接合的肢的总截面积,单位以 cm^2 计。

承受反复应力的组合构件,如截面的选择由疲劳容许应力 $[\sigma_s]$ 决定,则在剪力Q的计算中应乘以 $[\sigma_s]/\varphi_{max}(\sigma)$ 。此处 $[\sigma_s]$ 为材料的容许应力, φ_{max} 为按构件最大长细比求得的轴心受压构件纵向弯曲系数。

压弯组合构件,除计算上述剪力外,还应加上由弯曲引起的剪力。

在平行平面上有数组缀板时,剪力Q由各组缀板平均分担;兼用整板和缀板时,则缀板承担其中一半。

第1.4.16条 缀板按空腹桁架分析,作用其上的剪力T和弯矩M按下列公式计算:

$$T = \frac{Q_b l_1}{b} \quad (1.4.16-1)$$

$$M = \frac{Q_b l_1}{2} \quad (1.4.16-2)$$

式中 Q_b ——作用于一组缀板的剪力;

l_1 ——缀板中心到中心的距离;

b ——被缀板连接的两肢的形心轴间的距离。

(IV) 支 座

第1.4.17条 梁式桥跨径在25m以上的,一般采用辊轴式支座、摇轴式支座或可靠的其他型式支座。

支座应具有一定的刚性,以便将荷载较均匀地分布于支承垫石上。活动支座底板厚度不宜小于:热轧钢板的平板支座为20mm;弧形支座支承中心处为40mm;辊轴及摇轴支座为40mm。铸件各部分加工后尺寸不宜小于30mm。支座顺桥方向的长度,不宜超过墩台支承面至铰中心高度的两倍;在横桥方向,应使墩台支承面处的底板宽度与铰的长度之差不超过支承面至铰中心高度的两倍。

第1.4.18条 活动支座底板的计算有效尺寸,在顺桥方向,弧形支座及摇轴支座不应大于底板厚度的4倍;辊轴支座不应大于两排最边辊轴中距加上板厚的4倍;横桥方向,任何支座均不应大于底板顶面压力接触线长度加板厚的2倍。

第1.4.19条 支座宜选用自由接触式的。辊轴直径应不小于150mm,但吊桥索鞍上的辊轴可不受此限制。侧边式辊轴经两边削割后的厚度应不小于直径的1/3。如支座平面尺寸不超过规定

或不受限制时，宜少用割边式辊轴支座。

有数个辊轴时，应尽量选用最少的偶数，并用侧杆联系。在可能的情况下宜采用单辊式支座。

辊轴支座必须有防止横斜滑移和纵向滚出的设施。不易养护的支座必须四面用遮板防护。

第1.4.20条 钢支座的座板或下摆均应用锚栓固定于墩台上。计算受拔力锚栓的锚固时，应按其内力增加50%。

第1.4.21条 计算辊轴支座时，应考虑由于温度和活载（包括冲击力）所产生的移动，同时考虑上述因素引起纵向位移后的偏心影响。

第1.4.22条 在平直下弦的简支桁架内，由活载引起的移动 Δ 用下式计算：

$$\Delta = \frac{\bar{\sigma} L}{E} \quad (1.4.22)$$

式中 $\bar{\sigma}$ ——由活载产生的下弦平均应力；

L ——桁架跨径；

E ——钢材的弹性模量。

第五节 桥梁的构造与计算

(I) 基本要求

第1.5.1条 结构构件中不应有未栓（铆）合的或未焊合的接触部分，应尽量避免采用易积水的闭口截面并于凹槽、坑槽处设置有效的排水孔。

第1.5.2条 不得将各种辅助构件（如拉杆、人行道托梁及管道托架等）直接焊在主桁弦杆上或主梁翼缘上。不得在板梁的受拉翼缘上布置横向角焊缝。

第1.5.3条 设计构件时，在构件上和工艺上应尽量避免和减少应力集中、残余应力和次应力。

第1.5.4条 结构各部分截面最小尺寸（mm）规定如下：

主梁、行车系、联结系用钢板或型钢厚度	8
节点板、焊接梁腹板用钢板或纵梁与横梁及横梁与主梁连接用角钢肢厚度	10
填板厚度	4
临时结构所用截面尺寸	不限。

(II) 板 梁

第1.5.5条 普通焊接板梁应尽量用三块钢板焊接而成，除非当板厚不能用其他方法解决时才采用外贴翼缘钢板的形式，外贴翼缘板原则上宜用一块钢板。

第1.5.6条 焊接板梁受压翼缘的伸出肢宽不宜大于40cm，也不宜大于其厚度的12倍。

当用外贴翼缘钢板时，其纵向中断点应伸出理论截断点以外，延伸部分的焊缝长度按该板截面强度的50%计算，并将板端沿板宽方向做成不大于1:2的斜角。

焊接板束的侧面角焊缝应尽量采用自动焊或半自动焊，由宽板至窄板的边缘距离，应不小于50mm。

第1.5.7条 铆接板梁翼缘如由盖板与角钢组成时，应尽量加大翼缘角钢面积，使其占翼缘总截面积的40%以上。

板梁上翼缘设有盖板时，应有一层盖板覆盖板梁的全长。板梁上、下翼缘的非全长盖板截断点的位置应伸出理论截断点以外有足够的长度，使其足以布置按该盖板截面强度的50%算得的铆钉数，且不少于三排铆钉。

翼缘盖板伸出翼缘角钢的宽度不宜小于5~10mm。

第1.5.8条 板梁翼缘的拼接焊缝与腹板的拼接焊缝之间的距离不宜小于10 δ （ δ 为腹板厚度），且拼接的位置不应布置在最大应力的部位。

第1.5.9条 板梁在支承处及外力集中处应设置成对的竖向加劲肋。加劲肋应尽量延伸到翼缘板的外边缘，在支承处应磨光并与下翼缘顶紧（铆接梁）或焊连（焊接梁）。在外力集中处，

加劲肋应与上翼缘磨光顶紧（铆接梁）或焊连（焊接梁），但对焊接梁不得与受拉翼缘直接焊连。

支承加劲肋按承压杆设计。对有二块板或角钢组成的加劲肋，承压截面为加劲肋及填板的截面加每侧由加劲肋中轴算起不大于15倍板厚的腹板截面；对有四块板或角钢组成的加劲肋，承压截面为四块加劲肋及填板截面所包围的腹板面积（铆接梁仅为加劲角钢和填板）另加不大于30倍板厚的腹板截面（图1.5.9）。自由长度取腹板的计算高度。同时应验算伸出肢与贴紧翼缘部分的支承压力。

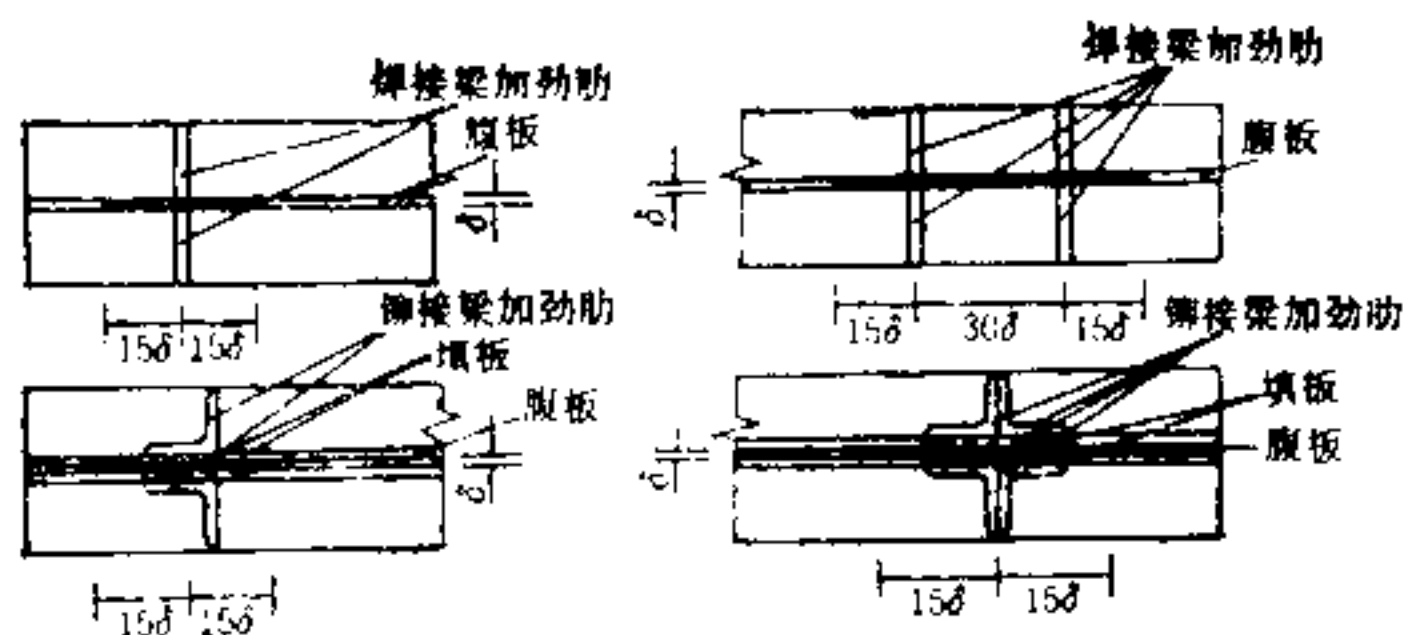


图1.5.9 加劲肋按承压杆设计计算的承压截面

第1.5.10条 为保证板梁腹板的局部稳定，应按下列规定设置加劲肋：

一、当 $h_0/\delta \leq 70$ （A3钢）和 $h_0/\delta \leq 60$ （16Mn钢）时，可不设竖向加劲肋及水平加劲肋。

二、当 $70 < h_0/\delta \leq 160$ （A3钢）和 $60 < h_0/\delta \leq 140$ （16Mn钢）时，仅设置竖向加劲肋，间距 a 应满足下式要求，且不得大于2m。

$$a \leq \frac{950\delta}{\sqrt{\tau}} \quad (1.5.10-1)$$

式中 a ——竖向加劲肋的间距，以cm计；

δ ——腹板的厚度，以cm计；

τ ——验算板梁处的腹板平均剪应力，以MPa计。

三、当 $160 < \frac{h_0}{\delta} \leq 280$ （A3钢）和 $140 < \frac{h_0}{\delta} \leq 240$ （16Mn钢）时，除设置竖向加劲肋外，尚须设置水平加劲肋。水平加劲肋宜布置在距受压翼缘 $\left(\frac{1}{4} \sim \frac{1}{5}\right)h_0$ 处。 h_0 为腹板计算高度，对焊接梁为腹板的全高，对铆接梁为上、下翼缘角钢内排铆钉线的间距。

四、当仅设置竖向加劲肋加强腹板时，其每侧加劲肋的伸出肢宽不宜小于 $40\text{mm} + \frac{1}{30}h_0$ ，肢厚不宜小于肢宽的 $\frac{1}{15}$ 。

五、当既设置竖向加劲肋又设置水平加劲肋时，竖向加劲肋除满足第四项规定外，其截面对板梁中线的惯性矩不应小于

$$I_c = 3h_0\delta^3 \quad (1.5.10-2)$$

水平加劲肋对梁中线的惯性矩不应小于

$$I_o = \frac{a^3}{h_0}\delta^3(2.5 - 0.45a/h_0) \quad (1.5.10-3)$$

也不宜小于 $1.5h_0\delta^3$ 。

六、当必须设置单侧加劲肋时，则以与加劲肋相贴的腹板边缘为轴线的惯性矩不应小于成对的加劲肋对腹板中心截面的惯性矩。

第1.5.11条 设计焊接板梁加劲肋时，在构造上尚须满足下列要求：

一、与腹板对接焊缝平行的加劲肋，应距对接焊缝不小于10 δ 。

二、与腹板对接焊缝相交的加劲肋，加劲肋及其焊缝应连续跨过腹板焊缝。

三、水平加劲肋与竖向加劲肋相交时，宜切断竖向加劲肋而使水平加劲肋连续通过。切断的竖向加劲肋可切出斜角并焊在水平加劲肋上；也可以将竖向加劲肋及其焊缝连续通过，而将水平加劲肋截断并切出斜角使其焊在竖向加劲肋上。

四、竖向加劲肋与梁的翼缘板焊接时，应将加劲肋切出不大于5倍腹板厚度的斜角。

第1.5.12条 连接板梁的翼缘与腹板之间的焊缝或铆钉应能抵抗由于弯曲和直接作用于翼缘的垂直荷载共同作用所产生的剪力。

第1.5.13条 为保证板梁的整体稳定，工字形截面简支梁受压翼缘的自由长度（即侧向固定点的间距）与宽度之比，对A3钢不超过18，对16Mn钢不超过15。在端部支承处应采取措施以阻止梁端截面扭转，但当有钢筋混凝土板或整体金属板固接在板梁的受压翼缘上，则不受本条规定的限制。

(III) 联合梁

第1.5.14条 联合梁为钢梁与钢筋混凝土桥面板以连接件连接起来形成整体而共同受力的结构。

第1.5.15条 安装或浇制联合梁上的钢筋混凝土板时，若利用钢梁作为脚手架，则联合梁应分为二个阶段计算，第一受力阶段的荷载（钢梁、联结系、浇制的混凝土和模板等重力）由钢梁承受；第二受力阶段的荷载（桥面铺装、栏杆重力和活载等）由联合梁承受。对模板重力如无实际资料时，可假定每 m^2 桥面附加1kN计算。

第1.5.16条 钢筋混凝土桥面板的计算宽度 b （图1.5.16）采用下列三种宽度中最小者：

一、梁计算跨径的 $\frac{1}{3}$ ；

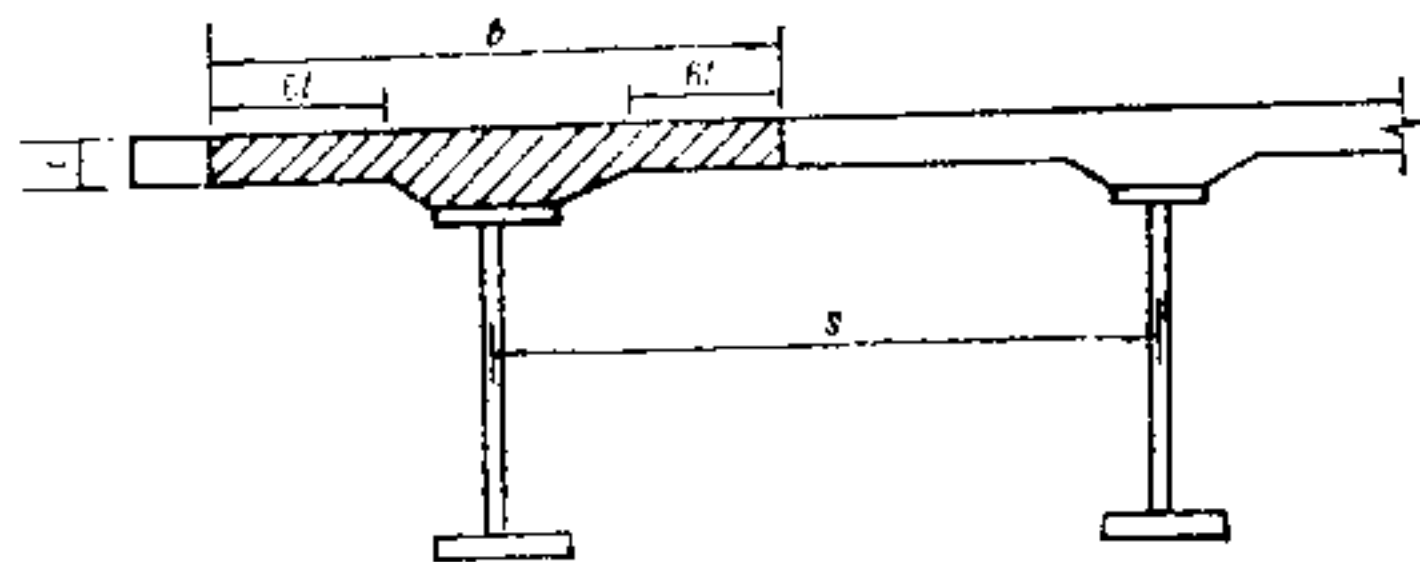


图1.5.16 桥面板翼缘计算宽度

二、相邻两梁轴线间的距离 s ；

三、桥面板承托以外加12倍钢筋混凝土板厚。

当无承托时，则取钢梁上翼缘的宽度。

第1.5.17条 钢梁与钢筋混凝土板之间的纵向水平剪力由连接件承受，单位长度上的纵向水平剪力 T 按下式计算：

$$T = \frac{QS}{I} \quad (1.5.17)$$

式中 Q ——作用于联合梁的剪力；

S ——钢筋混凝土板对联合截面重心轴的面积矩；

I ——联合梁惯性矩。

连接件在钢梁翼缘上的数量按梁长范围内的平均剪力计算，宜按等间距布置。

第1.5.18条 连接件分为刚性的和柔性的二种形式，刚性连接件一般采用角钢或槽钢；柔性连接件采用斜钢筋。当有可靠根据时，也可采用其他的形式。

第1.5.19条 连接件除满足受力要求外，在构造上应符合以下要求：

一、为防止连接件与桥面板脱开，对于刚性连接件可将其与桥面板钢筋焊在一起。连接件之间的净距，不得超过桥面板厚度

的8倍，也不得小于连接件计算高度的3.5倍。

二、柔性连接件宜在联合梁截面上成对设置，钢筋弯折与钢梁纵向的夹角为 30° 或 45° ，并在末端做成锚钩。斜钢筋应采用双面侧焊缝与钢梁翼缘相连，焊缝长度不得小于钢筋直径的4倍（对I级钢筋）或5倍（对II级钢筋）。间距不得小于0.7倍桥面板的厚度，也不得大于2倍桥面板的厚度。

三、连接件保护层厚度不应小于2cm。

第1.5.20条 联合梁的桥面板采用预制时，应符合下列要求：

一、为刚性连接件而设置的预留孔，宜做成由下向上扩大的锥形。

二、刚性连接件与预留孔间的空隙：在承压一边不宜小于5cm，其余边不宜小于8cm。

三、为了防止钢梁上翼缘锈蚀，在钢梁与钢筋混凝土之间应垫以砂浆垫层。

四、预留孔的角隅处，应设置与受力方向成 45° 角的抗剪构造钢筋。

第1.5.21条 联合梁内钢梁与混凝土桥面板间的计算温差，一般采用 $10^\circ \sim 15^\circ C$ ，在有可能发生更显著的温差的情况下则另作考虑。此项温差假定沿钢梁截面的全部高度内不变。

计算混凝土收缩时，应考虑徐变的影响。无可靠技术资料作依据时，对整体浇筑的钢筋混凝土桥面板，可按相应于温度降低 $15^\circ \sim 20^\circ C$ 考虑；对分段浇筑的钢筋混凝土桥面板，可按相应于温度降低 $10^\circ \sim 15^\circ C$ 考虑；预制的钢筋混凝土桥面板不考虑混凝土收缩影响。

第1.5.22条 考虑混凝土徐变时，如无可靠技术资料作依据，也可近似地在计算公式中引用“有效弹性模量” $E_1 = kE$ 。计算结构重力对徐变影响时 $k = 0.4$ ，计算混凝土收缩对徐变影响时 $k = 0.5$ ； E 为混凝土的弹性模量。活载对徐变的影响不予考虑。

计算徐变时，钢与混凝土的弹性模量之比，应考虑相当的混凝土有效弹性模量比 $n_1 = \frac{E}{E_1}$ ，其中 n 为钢与混凝土的弹性模量比。

超静定结构中由混凝土徐变收缩所引起的内力，宜用较精确的方法计算。

第1.5.23条 联合梁的钢筋混凝土桥面板的容许压应力为 $0.63R_c^b$ ， R_c^b 为混凝土轴心抗压标准强度，见“公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范”。

(IV) 桁架

第1.5.24条 在桁架中，主要构件截面的重心轴应尽量和截面的中心轴相一致，应优先考虑采用单交叉腹杆系统。在节点处，相邻杆件的轴线应尽量交会于一点，否则应计算杆件由于偏心弯矩所产生的影响。偏心弯矩可按刚度比例分配于交会在桁架节点上的各个构件。

第1.5.25条 桁架杆件一般按节点为铰接的假定计算轴向力。当杆件高度与节点中距之比超过 $\frac{1}{10}$ 时，应计算由于节点刚性所引起的次应力。但对高强螺栓与铆钉的计算，可不考虑此项影响。

当考虑节点刚性影响时，如荷载为组合I，杆件的容许应力可按第1.2.5条规定的数值提高20%，荷载为组合II~IV，提高40%。

按轴向力和节点刚性弯矩共同作用进行验算时，仍须验算仅受轴向力作用下杆件的受力。

第1.5.26条 直接承受荷载的弦杆，当在节点外作用有竖向荷载时，除作为桁架的杆件承受轴向力外，还应同时作为杆件计算竖向荷载所产生的弯矩，此时不论弦杆截面的高度与节间的比例如何，均应考虑该弦杆的节点刚性作用。由节点间竖向荷载产

生的弯矩可近似地假定为 $0.7M_0$ ， M_0 为跨径等于节间长度的简支梁跨中最大弯矩。在这种情况下，容许应力不予提高。

第1.5.27条 主桁受拉杆件的拼接无论在节点内或节点外进行，其净截面积应较被拼接部分的净截面积大10%，主桁受压杆件应较被拼接部分按稳定计算的承载力大10%。

第1.5.28条 对焊成的H形截面杆件，当用高强螺栓或铆钉固接于节点板上时，一般只栓接或铆接于翼板。拼接用高强螺栓或铆钉的数量，仍然要计入腹板面积。此时杆件腹板伸入节点板中的长度，不应小于腹板宽度的1.5倍。连接杆件的高强螺栓或铆钉应和杆件的轴线相对称。

第1.5.29条 节点板可作为弦杆的拼接板，其计算面积仅取与弦杆同高的正截面。

节点板在任何连接截面上的强度，均应较各被连接杆件的强度至小大10%。

应验算节点板上可能被连接杆件撕裂的危险截面上的强度，其容许应力规定为：

一、垂直于被连接杆件轴线的截面，采用钢材的容许轴向应力 $[\sigma]$ 。

二、与被连接杆件轴线倾斜小于 90° 的截面，采用 $0.75[\sigma]$ ，此处 $[\sigma]$ 为钢材的容许轴向应力。

三、节点板除验算撕裂强度外，尚应验算水平和竖直截面上的剪应力和法向应力，其容许轴向应力分别为 $0.75[\sigma]$ 及 $[\sigma]$ 。计算方法可近似地按偏心受拉或偏心受压杆件进行。

第1.5.30条 节点板的尺寸与外形，应尽量做得小巧、简单，避免出现曲线边，且与杆件的接触面必须全部密贴。在支承处，节点板一般低于桁架下弦10~15mm，并将下缘磨光使与支座垫板顶紧。

第1.5.31条 下承式桁架桥的桥门架，若用端斜杆作为腿杆时，应计算桥门架两腿由水平荷载作用而产生的轴向力和弯矩，此时视桥门架为下端固定的框架。

当桥门架的横梁为桁架时，其两腿的反弯点位置可近似地按下式计算：

$$l_0 = \frac{c(c+2l)}{2(2c+l)} \quad (1.5.31)$$

式中 l_0 ——由反弯点至下弦杆节点的距离；

l ——由横梁上弦节点中心至下弦节点中心的距离；

c ——由横梁斜撑下端节点中心至下弦杆节点中心的距离。

此外，由于风力作用使桥门架斜腿所产生的轴向力的水平分力，应计入下弦杆杆力之内。

第1.5.32条 多腹杆系桁架中的竖杆兼作横向联结系的组成杆件时，它在桁高中部的连接部分应满足横向联结系平面内所需的抗弯刚度的要求。

(V) 悬索桥

第1.5.33条 悬索桥的主索应选用钢心的钢丝绳，钢丝绳中的钢丝应采用镀锌的，且直径不小于2mm。

第1.5.34条 跨径较小的悬索桥主索垂跨比一般取 $\frac{1}{9} \sim \frac{1}{12}$ ，加劲梁高约为跨径的 $\frac{1}{40} \sim \frac{1}{80}$ ，桥宽与跨径之比不宜小于 $\frac{1}{30}$ 。为了保证抗风的稳定性，应将加劲梁做成气动性能良好的结构，以用上承式为宜。加劲梁应设置纵向联结系，以增强抗扭转刚度。

第1.5.35条 跨径较小而加劲梁刚度较大的吊桥，可以采用弹性理论设计，且不考虑主索受力后变形对内力的影响。

第1.5.36条 悬索桥应验算风力作用下的侧向挠度，其在行车系的纵向联结系平面内的容许挠度规定为跨径的 $\frac{1}{1,000}$ 。

第1.5.37条 联系主索与吊索、主索与锚固拉杆用的套筒，宜用铸钢制成。套筒长除满足受力要求外，应不小于主索直径的

6倍，筒壁最小厚度等于主索直径的 $\frac{1}{2}$ ，但不得小于20mm；

筒内壁斜度不小于 $\frac{1}{12}$ 。套筒内壁须精加工，以便灌注易溶的合金。

第1.5.38条 悬索桥的主索、吊索及临时抗风索，均应有调整长度的设施。悬索桥的加劲梁支座，不论是否产生负反力，均应设有防止支座振动的设施。此外，悬索桥的塔架须设避雷针，并应在塔顶上设工作台。

第1.5.39条 在计算悬索桥桥塔时，如桥塔与基础固接，除保证正常安全使用外，尚应考虑在架设时由于塔顶两侧主索受力不平衡而引起的水平力对塔身所产生的弯矩。

第1.5.40条 如塔顶设有辊轴支承，应计算摩阻力对塔身产生的弯矩。

辊轴的摩阻力按下式计算：

$$P = \frac{1}{r} V \quad (1.5.40)$$

式中 V ——施于塔顶的竖向压力，以MPa计；

r ——辊轴半径，以mm计。

第1.5.41条 主索在索鞍上的弯曲半径应尽量加大，一般不小于300 δ （ δ 为主索中钢丝的直径），以减小主索的附加应力。钢索的弯曲应力可按下式计算：

$$\sigma = CE_s \cdot \frac{\delta}{2R} \quad (1.5.41-1)$$

式中 σ ——弯曲应力，以MPa计；

E_s ——主索的弹性模量，以MPa计；

δ ——主索的钢丝直径，以cm计；

R ——索鞍的弯曲半径，以cm计；

C ——系数，用下式决定：

$$C = 0.104 + 0.04 \frac{d}{R} \quad (1.5.41-2)$$

d ——主索直径，以cm计。

第1.5.42条 悬索桥锚碇室内的锚碇板，宜采用钢筋混凝土重力式，并与四周基岩或混凝土连成整体，以保证锚碇板的稳定。室内应设置照明、排水和通风设施。

第二章 木结构

第一节 一般规定

第2.1.1条 本章只适用于抢险急修の木桥和其它临时性木结构设计。

第2.1.2条 木结构的设计采用容许应力法。应根据就地取材和因地制宜的原则，按照国家关于节约木材的总要求，在确保工程质量的前提下，恰当采取处理木材缺陷的措施，提高木材利用率。

第2.1.3条 木桥涵的主要构件一般应采用质量符合要求的针叶材或原木，制做结合零件（垫块等）的木材宜采用硬阔叶材，在无阔叶材时可采用优质松木。

第2.1.4条 木结构主要构件，当有对称削弱时，其净截面积应不小于毛截面面积的50%；当有不对称削弱时，其净截面积应不小于毛截面面积的60%。

(I) 材 料

第2.1.5条 承重结构用的木材，按构件受力性质，其材质应符合表2.1.5-1及表2.1.5-2选材标准的要求。

第2.1.6条 木结构所用木材的含水率，应符合下列要求：

一、接点或接头用的零件（如垫块等）的含水率应不大于15%。

二、组合构件及受拉构件的连接板，其含水率应不大于18%。

其他构件，不受此限。

为了确保工程质量，应尽量提前备料，使木材自然干燥。若由于条件限制而必须采用湿材制作时，要进行适当处理。

承重木结构方木、板材的选材标准 表2.1.5-1

项次	缺陷名称	构件类别		
		受拉构件或受弯构件	受弯构件或受压构件	受压构件
1	腐朽	不容许	不容许	不容许
2	木节 在构件任何一面、任何15cm长度上，所有木节尺寸的总和不超过所在面宽	方木为 $\frac{1}{4}$ (连接部位为 $\frac{1}{2}$) 板材为 $\frac{1}{4}$ (连接部位为 $\frac{1}{2}$)	方木为 $\frac{1}{4}$ 板材为 $\frac{1}{4}$	方木为 $\frac{1}{4}$ 板材为 $\frac{1}{4}$
3	斜纹 每m平均斜度不大于	5cm	8cm	12cm
4	裂缝 方木：(1)在连接的受剪面上 (2)在连接部位的受剪面附近，其裂缝深度(有对面裂缝时取两者之和)不得大于材宽 板材：在连接部位的受剪面及其附近	不容许 $\frac{1}{4}$	不容许 $\frac{1}{4}$	不容许 —
5	髓心 方木 板材	避开受剪面 不容许	— 不容许	— —

注：①对于松节和腐朽节，除按一般木节测量外，尚应按缺孔计算；
②容许使用有表面虫蛀的木材，若虫眼中无活虫，应经杀虫处理后使用；
③受剪面附近是指在受剪面上、下或左右3cm范围内；
④木节尺寸按垂直于构件长度方向测量，木节表现为条状时，在条状的一面不量，直径小于1cm的木节不量；
⑤木材表面有局部的青皮和虫眼，经消除后可以使用，但不宜用于重要的受拉构件；
⑥非承重构件除不容许有腐朽外，其他木材缺陷可根据具体情况酌情处理。

承重木结构原木选材标准 表2.1.5-2

项次	缺陷名称	构件类别		
		受拉构件或受弯构件	受弯构件或受压构件	受压构件
1	腐朽	不容许	不容许	不容许
2	木节 (1)在构件任何15cm长度上，沿周长所有木节尺寸的总和不超过所测部位原木周长的 (2)每个木节的最大尺寸不大于所测部位原木周长的	$\frac{1}{4}$ $\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$ $\frac{1}{4}$	— $\frac{1}{4}$
3	扭纹 每m平均斜度不大于	8cm	12cm	15cm
4	髓心	避开受剪面	—	—

注：①同表2.1.5-1注①、②、③、④；
②木节尺寸按垂直于构件长度方向测量，直径小于1cm的木节不量；
③有裂缝的原木，应通过调整方位（使裂缝尽量垂直于构件的受剪面）予使用。

第2.1.7条 当需要检验木材的强度时，应采用无疵木材制作标准小试件作顺纹受压强度试验，并按其极限强度的最低值对照表2.1.7的规定确定该批木材的应力等级。

确定木材应力等级的检验指标(MPa) 表2.1.7

木 材 种 类	针 叶 材					阔 叶 材		
应 力 等 级	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5	B-1	B-2	B-3
顺纹受压最低极限强度	40	32	30	28	26	45	40	35

注：①表列的极限强度系木材的含水率为15%时的数值；
②检验时，应从同批木材中随机抽取试件，每批木材各取3个试件，根据6个试件中的最低值确定该批木材的应力等级；
③树种不详的木材，应按检验结果降低一级使用；
④表2.1.9及其注内的各种分类的木材，其试验得出的顺纹受压最低极限强度，当高于表2.1.7规定时，按本级使用，当低于表2.1.7规定时，可按实际试验所得的最低极限强度降低使用。

各种常用木材容许应力和弹性模量(MPa) 表2.1.9

木材种类	木材名称	顺纹抗拉应力 (σ_t)	顺纹抗压及承压应力 (σ_c)	顺纹弯曲应力 (σ_m)	顺纹剪应力 (τ_v)	弯曲剪应力 (τ)	顺纹承压应力 (σ_{ca})			弹性模量 E
							全面积	局部表面及齿面	螺栓垫板下	
针叶材	A-1 东北落叶松、陆均松	9.0	14.5	14.5	1.6	2.3	2.3	3.5	4.6	11×10^4
	A-2 鱼鳞云杉、西南云杉、铁杉、红杉、赤杉、新疆落叶松	8.5	13.0	13.0	1.4	2.0	2.0	2.9	4.1	10×10^4
	A-3 红松、樟子松、华山松、马尾松、云南松、广东松、油松、红皮云杉	8.0	12.0	12.0	1.3	1.9	1.8	2.6	3.5	9×10^4
	A-4 杉木、华北落叶松、秦岭落叶松	7.0	11.0	11.0	1.2	1.7	1.8	2.6	3.6	9×10^4
	A-5 冷杉、西北云杉、山西云杉、山西油松	6.5	9.5	9.5	1.2	1.7	1.6	2.3	3.1	8.5×10^4
阔叶材	B-1 栎木(柞木)、青冈、榿木	12	19.0	19.0	2.6	3.8	4.1	6.1	8.2	12×10^4
	B-2 水曲柳	11	16.5	16.5	2.3	3.2	3.7	5.6	7.4	11×10^4
	B-3 榆木(榔木)、樟木	9.5	14.5	14.5	1.9	2.8	3.0	4.4	6.0	10×10^4

注：①材性相近的树种，按下列归类：
1)针叶材中，东北落叶松包括长白落叶松和兴安落叶松等二种，西南云杉包括宝兴云杉、岷江云杉、丽江云杉、独山云杉、粗榧云杉及紫果云杉等六种，铁杉包括铁杉和云南铁杉等二种，红杉包括红杉、四川红杉和怒江红杉等三种，西北云杉包括粗榧云杉、新疆云杉、细叶云杉和大山云杉等四种，冷杉包括各地产的冷杉属木材，其中包括苍山冷杉、泡杉、巴山冷杉、沙松冷杉、奥冷杉(奥松等)；
2)阔叶材中，栎木(柞木)包括大叶栎、小叶栎、辽东栎、白栎、柏栎、柞栎、栓皮栎、麻栎及槲栎等九种，青冈包括红、白青冈两类，有竹青冈、青冈、细叶青冈、盘克青冈、黄栌、泡青冈及福建青冈等七种，榿木包括红白榿木两类，有长柄榿、榿木、包榿榿、红榿、果柄榿、桃叶石榿、刺楸、猪榿及野枣榿等九种，榆木包括红白榆木两类，有白榆、红榆、米榆、苦榿、罗浮榿、钩榿、南岭榿、高山榿、海南榿及甜榿等；
②弯曲剪应力(τ)仅适用于整体梁的弯曲受剪计算；
③对于桩(柱)式墩台梁，柱式墩台梁等局部长度上的容许顺纹承压应力为全面积容许承压应力的二倍。

第2.1.8条 木结构中的钢材的材质及弹性模量等，应符合第一章钢结构的有关规定。

用于主要连接部位的钢材应用8号钢；用于次要连接部位的钢材，可采用0号、1号或2号钢。

(II) 计算的基本规定

第2.1.9条 各种常用木材的容许应力和弹性模量按表2.1.9采用。

第2.1.10条 木材容许斜纹承压应力(σ_{ca})，根据作用力与木纹的交角 α 按下列公式确定：

$$[\sigma_{ca}] = \frac{[\sigma_c]}{1 + \left(\frac{[\sigma_c]}{[\sigma_{ca}]} - 1 \right) \sin^2 \alpha} \quad (2.1.10)$$

式中 α ——作用力方向与木纹方向间的夹角，以度计；
 $[\sigma_c]$ ——木材容许顺纹承压应力；

$[\sigma_{\perp h}]$ ——木材容许横纹承压应力。

第2.1.11条 木结构所用的钢材,其容许应力规定如表2.1.11。

第2.1.12条 木材的容许应力和弹性模量,视使用条件或荷载组合可予提高或降低,其提高或降低系数规定如表2.1.12。

钢材容许应力(MPa) 表2.1.11

应力类别	钢 材	3 号 钢	2 号 钢
拉应力、压应力、弯应力		165	140
两根及两根以上拉杆 共同受力时的拉应力		140	120

木材容许应力和弹性模量提高或降低系数 表2.1.12

使用条件或荷载组合	提高或降低系数	
	容许应力	弹性模量
原木顺纹受压和受弯的 容许应力及弹性模量	1.15	1.15
截面短边尺寸不小于15cm 的方木受弯容许应力	1.15	1.00
简支梁上部构造及其他 梁桥的桥面系简单构造	1.20	1.00
当采用湿材时,木材横纹承 压容许应力和弹性模量	0.90	0.90
荷 载 组 合 I	1.00	1.00
荷 载 组 合 II、III、IV	1.20	1.00

注:①上述各项条件同时出现时,容许应力提高或降低系数可连乘叠加,但叠加后的提高系数不得大于1.25;

②荷载组合的规定见《公路桥涵设计通用规范》。

第二节 构件的计算

第2.2.1条 轴心受拉构件的强度按下式计算:

$$\sigma_t = \frac{N}{A_{II}} \leq [\sigma_t] \quad (2.2.1)$$

式中 σ_t ——计算拉应力;

N ——计算轴向力;

A_{II} ——受拉构件的净截面积,计算时应减去邻近15cm长度范围内所有削弱面积(缺孔、齿槽)在计算面上投影之和,当两个以上的削弱面积在计算截面上的投影重合时,重合部分只计一个投影;

$[\sigma_t]$ ——容许顺纹拉应力。

第2.2.2条 轴心受压构件按下式计算:

一、强度验算

$$\sigma_k = \frac{N}{A_{II}} \leq [\sigma_k] \quad (2.2.2-1)$$

二、稳定验算

$$\sigma_k = \frac{N}{\varphi A_0} \leq [\sigma_k] \quad (2.2.2-2)$$

式中 σ_k ——计算压应力;

N ——计算纵向力;

$[\sigma_k]$ ——木材容许顺纹承压应力;

A_{II} ——受压构件计算截面的净截面积;

A_0 ——验算稳定时截面的计算面积,可按下列规定采用;

- 1.无缺口时,取 $A_0 = A_m$, A_m 为构件的毛截面面积;
- 2.缺口不在边缘时,取 $A_0 = 0.9A_m$;
- 3.缺口在边缘且对称时,取 $A_0 = A_{II}$;
- 4.缺口在边缘但不对称时,应按偏心受压构件计算;

φ ——构件的纵向弯曲系数,按下式计算;

$$\text{当 } \lambda \leq 80 \text{ 时, } \varphi = 1.02 - 0.55 \left(\frac{\lambda + 20}{100} \right)^2 \quad (2.2.2-3)$$

$$\text{当 } \lambda = 80 \text{ 时, } \varphi = \frac{3000}{\lambda^2} \quad (2.2.2-4)$$

λ 为构件的长细比, $\lambda = \frac{l_0}{r}$;

r 为构件计算截面回转半径, $r = \sqrt{\frac{I_m}{A_m}}$;

l_0 为受压构件的计算长度,可按实际长度乘以下列系数:

两端铰接	1.0
一端固接,一端自由	2.0
一端固接,一端铰接	0.8
两端固接	0.65

第2.2.3条 受弯构件的强度按下式计算:

一、弯曲强度

$$\sigma_w = \frac{M}{W_{II}} \leq [\sigma_w] \quad (2.2.3-1)$$

二、剪切强度

$$\tau = \frac{QS_m}{bI_m} \quad (2.2.3-2)$$

式中 σ_w ——计算的弯曲应力;

M ——计算弯矩;

W_{II} ——构件计算截面的净截面抵抗矩;

$[\sigma_w]$ ——木材容许顺纹受弯应力;

τ ——计算截面中性轴处的弯曲剪应力;

Q ——计算剪力;

S_m ——计算截面中性轴以上毛截面面积对中性轴的面积矩;

b ——计算截面中性轴处的截面宽度;

I_m ——计算截面的毛截面惯性矩;

$[\tau]$ ——容许弯曲剪应力。

第2.2.4条 偏心受拉构件强度按下式计算:

$$\sigma_t = \frac{N}{A_{II}} + \frac{M[\sigma_t]}{W_{II}[\sigma_w]} \leq [\sigma_t] \quad (2.2.4)$$

第2.2.5条 偏心受压构件按下式计算:

$$\sigma_k = \frac{N}{\varphi A_0} + \frac{M[\sigma_k]}{W_{II}[\sigma_w]} \leq [\sigma_k] \quad (2.2.5)$$

式中 A_0 ——计算稳定时的计算面积,按第2.2.2条采用,当 $\varphi = 1$ 时,可取 $A_0 = A_{II}$ 。

当验算垂直于弯矩作用平面的稳定时,可按公式(2.2.2-2)验算,不考虑弯矩的影响。

第2.2.6条 原木构件沿其长度的直径变化率可按0.9cm/m(或当地经验数字)采用。验算原木构件的稳定时,计算截面可采用构件计算长度的中央截面;验算受弯强度和挠度时,可取构件最大弯矩处的截面。

注:标注原木的直径时,应以小头为准。

第2.2.7条 验算组合受压构件的稳定时,构件长细比应按下列方法确定,见图2.2.7。

一、对 $x-x$ 轴,(经过组合构件所有单肢杆件的截面重心)长细比的计算与整体构件同。

二、对 $y-y$ 轴,长细比按下式计算:

$$\lambda = \sqrt{(\mu_y \lambda_y)^2 + \lambda_1^2} \quad (2.2.7-1)$$

式中 λ_y ——整个构件对 $y-y$ 轴的长细比,不考虑结合的松驰性,按构件计算长度 l_0 计算;

λ_1 ——单肢杆件对其自身重心轴 $I-I$ 的长细比;

$$\lambda_1 = \frac{l_1}{\sqrt{\frac{\sum I_1}{A_m}}} \quad (2.2.7-2)$$

当 $l_1 \leq 0.7h_1$ 时, $\lambda_1 = 0$

$\sum I_1$ ——各单肢杆件对其自身重心轴(平行于 $y-y$ 轴)的惯性矩总和;

h_1 (m) 值

表 2.2.7

结合型式	轴心受压	偏心受压
螺 栓	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{1.6}$
钉	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{5}$

b)

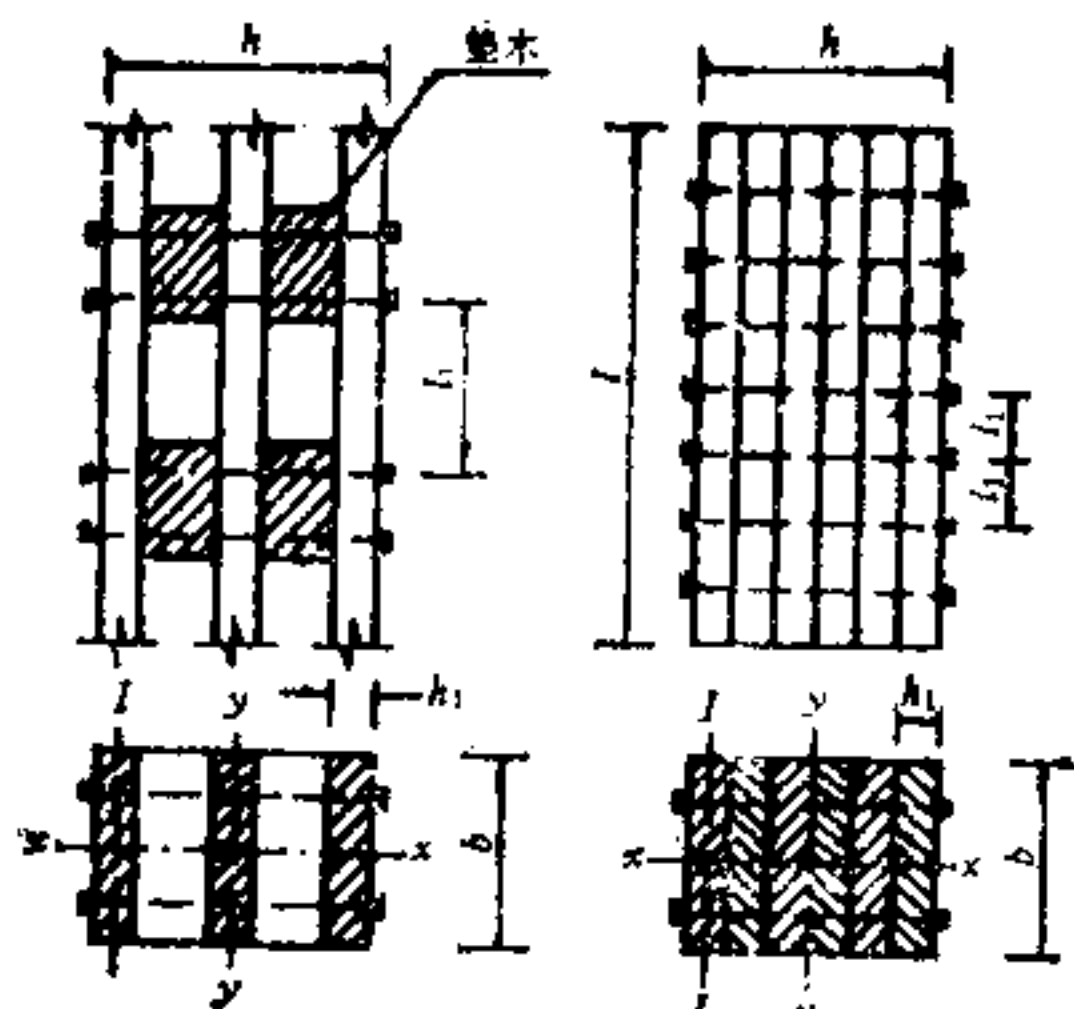


图 2.2.7 组合构件

A_m ——整个构件的毛截面面积;

l_1 ——各单肢杆件的计算长度, 采用连接件(螺栓、钉)间的长度;

h_1 ——单肢杆件的计算高度;

μ_y ——长细比的换算系数;

443

$$\mu_y = \sqrt{1 + k_1 \frac{b h n_f}{l_0^2 n d^2}} \quad (2.2.7-3)$$

b ——整个构件的截面宽度 (cm);

h ——整个构件的截面高度 (cm);

n_f ——构件结合缝的数目, 如图 2.2.7a, $n_f = 4$; 如图 2.2.7b, $n_f = 5$;

l_0 ——构件计算长度 (m), 见第 2.2.2 条;

n_j ——每 m 长度内, 每条结合缝中连接物(螺栓或钉)的计算剪力面数, 如图 2.2.7b, $n_j = \frac{2 \times 7}{l}$, 其中

l 为构件长度, 以 m 计;

k_1 ——松弛系数, 见表 2.2.7, 单位为 m ;

d ——螺栓或钉的直径 (cm)。

第 2.2.8 条 受压构件的长细比应不大于:

主要构件 100; 连接系构件 150。

第三节 构件的连接和计算

(I) 螺栓连接和钉连接

第 2.3.1 条 螺栓连接和钉连接可采用双剪结合或单剪结合, 见图 2.3.1。

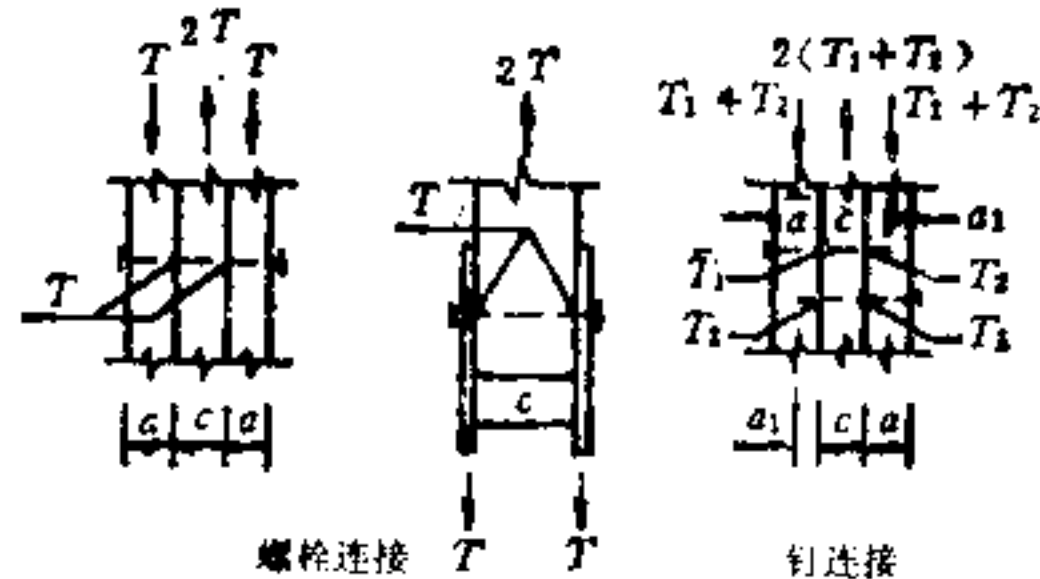
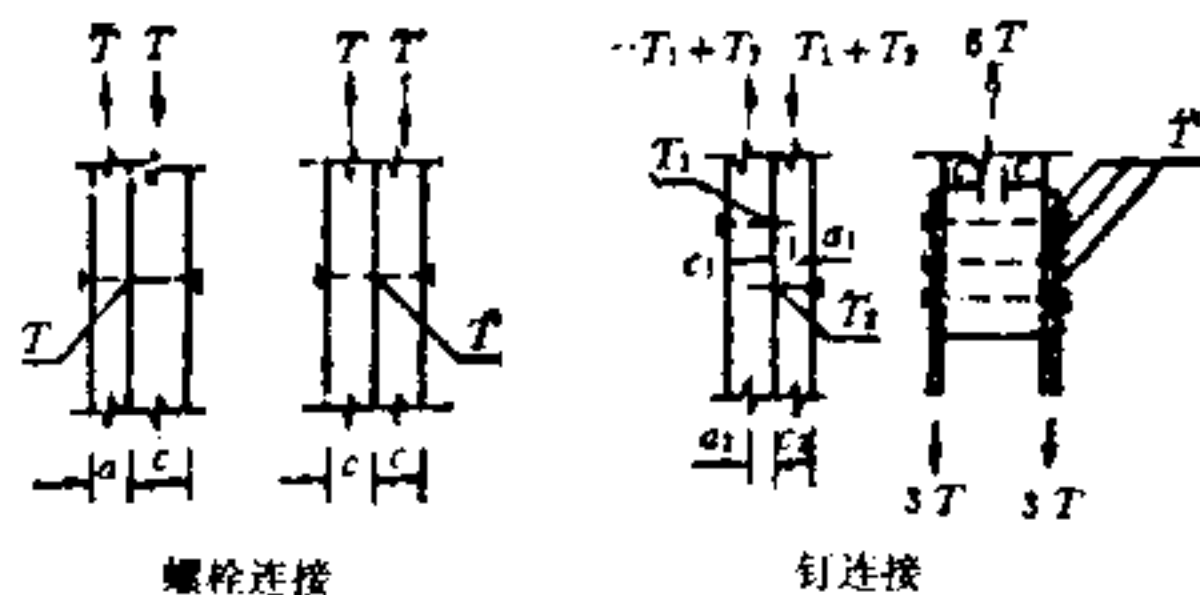


图 2.3.1 螺栓及钉连接

a) 双剪结合



b) 单剪结合

图 2.3.1 螺栓及钉连接

螺栓连接和钉连接中, 木构件的最小厚度应符合表 2.3.1 的要求。

螺栓连接和钉连接中木构件的最大厚度 表 2.3.1

结合形式	螺 栓 连 接	钉 连 接
双剪结合	$c > 6d, a > 2.5d$	$c > 8d, a > 4d$
单剪结合	$c > 7d, a > 2.5d$	$c > 10d, a > 4d$

注: c ——双剪结合为中部构件厚度, 单剪结合为较厚构件的厚度或等厚构件的厚度;

a ——双剪结合为边部构件的厚度, 单剪结合为较薄构件的厚度或钉子在未钉穿构件中的有效长度(应扣除钉尖长度 $1.5d$);

d ——钉或螺栓的直径。

第 2.3.2 条 当构件最小厚度符合表 2.3.1 的要求时, 螺栓连接或钉连接每一剪面的承载力 $[T]$ (N) 按下式确定:

$$[T] \leq m d^2 [\sigma_a] \quad (2.3.2)$$

式中 $[\sigma_a]$ ——木材容许顺纹承压应力 (MPa);

d ——螺栓或钉的直径 (mm);

m ——螺栓或钉连接承载力的计算系数, 按表 2.3.2 采用;

$[T]$ ——每一剪面的承载力 (N)。

系数 m 值 表 2.3.2

连接形式	螺 栓 连 接				钉 连 接				
a/d	≤ 3	4	5	> 6	≤ 4	6	8	10	> 11
m	1.6	1.7	1.9	2.0	2.3	2.5	2.7	3.0	3.1

采用钢夹板时, m 取表中螺栓连接或钉连接中的最大值, 当构件采用湿材制作时, 螺栓连接的 m 取值不大于 1.9。

在单剪连接中, 若受条件限制, 构件的厚度 c 不满足表 2.3.1 的规定时, 则每一剪面的承载力 $[T]$ 除应按公式 2.3.2 计算外, 尚不得大于 $0.3cdk_2[\sigma_a]$, k_2 值见第 2.3.3 条规定。

第 2.3.3 条 若螺栓的传力方向与构件木纹成 α 角时, 则按公式 2.3.2 计算的每一剪面承载力 $[T]$ 值应乘以表 2.3.3 中考虑木材斜纹承压的换算系数 k_a 。

系数 k_a 值 表 2.3.3

螺栓直径 (mm)	12	14	16	18	20	22
角度 α						
$\leq 10^\circ$	1					
$10^\circ < \alpha < 80^\circ$	按内插值采用					
$> 80^\circ$	0.84	0.81	0.78	0.75	0.73	0.71

第 2.3.4 条 螺栓排列应按两行齐列(图 2.3.4a)或错列(图 2.3.4b)布置, 其最小间距应符合表 2.3.4 的要求。

第 2.3.5 条 钉连接可采用齐列、错列或斜列(图 2.3.5c)布置, 其最小间距应符合表 2.3.5 的要求。对于软质阔叶材, 其顺纹中距和端距应按表中规定增加 25%。对于硬质阔叶材和落叶松, 若无法预先钻孔, 不应采用钉连接。

(II) 齿 连 接

第2.3.6条 齿连接一般宜采用单齿连接(图2.3.6a)。若采用双齿连接时(图2.3.6b),应保证两齿在支承面均能紧密结合。

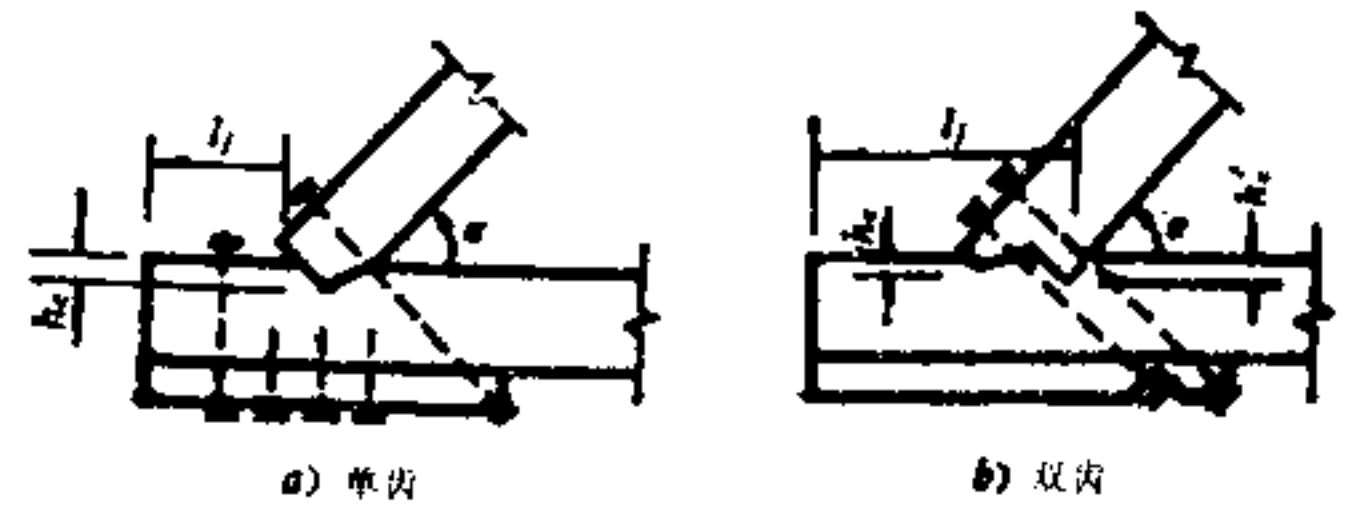


图2.3.6 齿连接

齿连接的承压面应与所连接的压杆轴线垂直。

单齿连接应使压杆轴线通过承压面中心。

齿连接的齿深 h_c ,对于方木及剖面原木应不小于2cm;对于原木应不小于2.5cm。同时,端节点的 h_c 应不大于构件高度的 $\frac{1}{3}$,中间节点的 h_c 应不大于构件高度的 $\frac{1}{4}$ 。

齿的剪面长度应不小于 $4.5h_c$,并不小于20cm。

双齿连接中,第二齿的齿深 h_c' 应比第一齿深 h_c 至小大2cm。

第2.3.7条 单齿连接应按下列公式计算:

一、按木材承压

$$\sigma_{ca} = \frac{N}{A_c} \leq [\sigma_{ca}] \quad (2.3.7-1)$$

式中 σ_{ca} ——计算斜纹承压应力;

N ——计算纵向力;

A_c ——计算承压面积;

$[\sigma_{ca}]$ ——容许斜纹承压应力。

二、按木材剪切

$$\sigma_j = \frac{T}{A_j} \leq k_j [\sigma_j] \quad (2.3.7-2)$$

式中 σ_j ——计算剪应力;

T ——计算剪力;

A_j ——剪切面的计算面积;

$[\sigma_j]$ ——容许剪应力;

k_j ——考虑剪切面上的剪应力不均匀分布系数,见表2.3.7。

剪应力不均匀分布系数 k_j 表2.3.7

l_1/h_c	4.5	5	6	7	8	>10
单 齿	1.00	0.90	0.75	0.65	0.55	0.45
双 齿	—	—	1.00	0.90	0.85	0.70

注: l_1 ——剪切面计算长度;

h_c ——槽深。

第2.3.8条 双齿连接的承压仍按公式(2.3.7-1)计算,但其承压面积应取两个齿的承压面积之和。

双齿连接的受剪,可按公式(2.3.7-2)计算第二齿面的剪应力,但剪面上的计算剪力 T 值应取作用于两个齿的全部剪力。

齿连接应设置与斜杆垂直的保险螺栓,但不考虑保险螺栓与齿共同受力。

第四节 木桥的构造和计算

第2.4.1条 桥面铺装设于桥面横木之上。桥面横木一般采用直径为12cm或14cm的圆木密排组成。

第2.4.2条 梁式桥及撑架桥在纵梁间宜设置横撑或剪刀

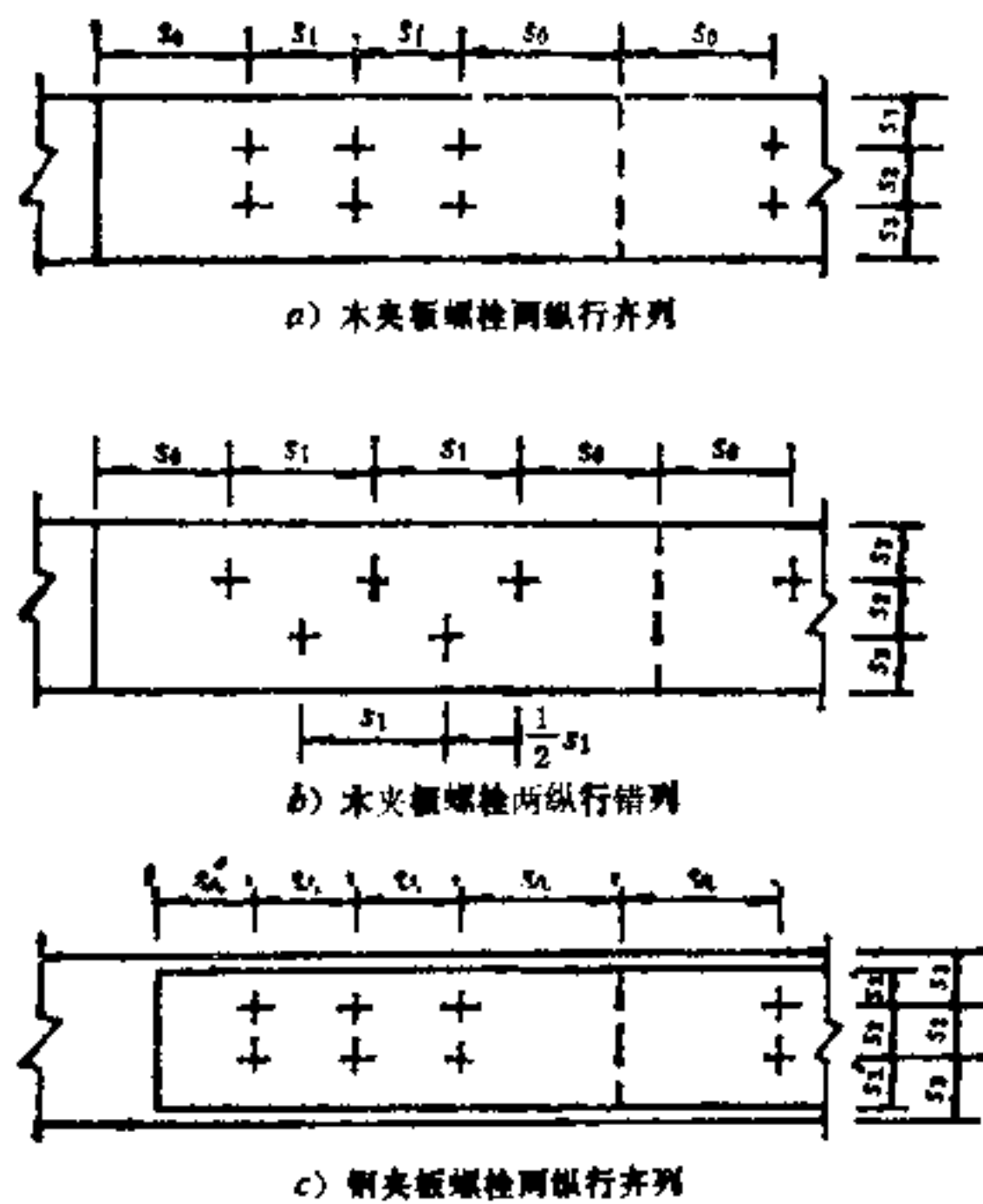


图2.3.4 螺栓的排列

螺栓排列的最小间距 表2.3.4

构造特点	顺 纹			横 纹		
	端 距		中 距	边 距		中 距
	s_1	s_2	s_3	s_4	s_5	s_6
木夹板	两纵行齐列	7d	7d	7d	3d	8.5d
	两纵行错列	7d	7d	10d	8d	2.8d
钢夹板螺栓连接		7d	2d	7d	3d	1.6d

注: ① d 为螺栓直径;

②当采用湿材制作时,木构件顺纹端距 s_1 应加大7cm。

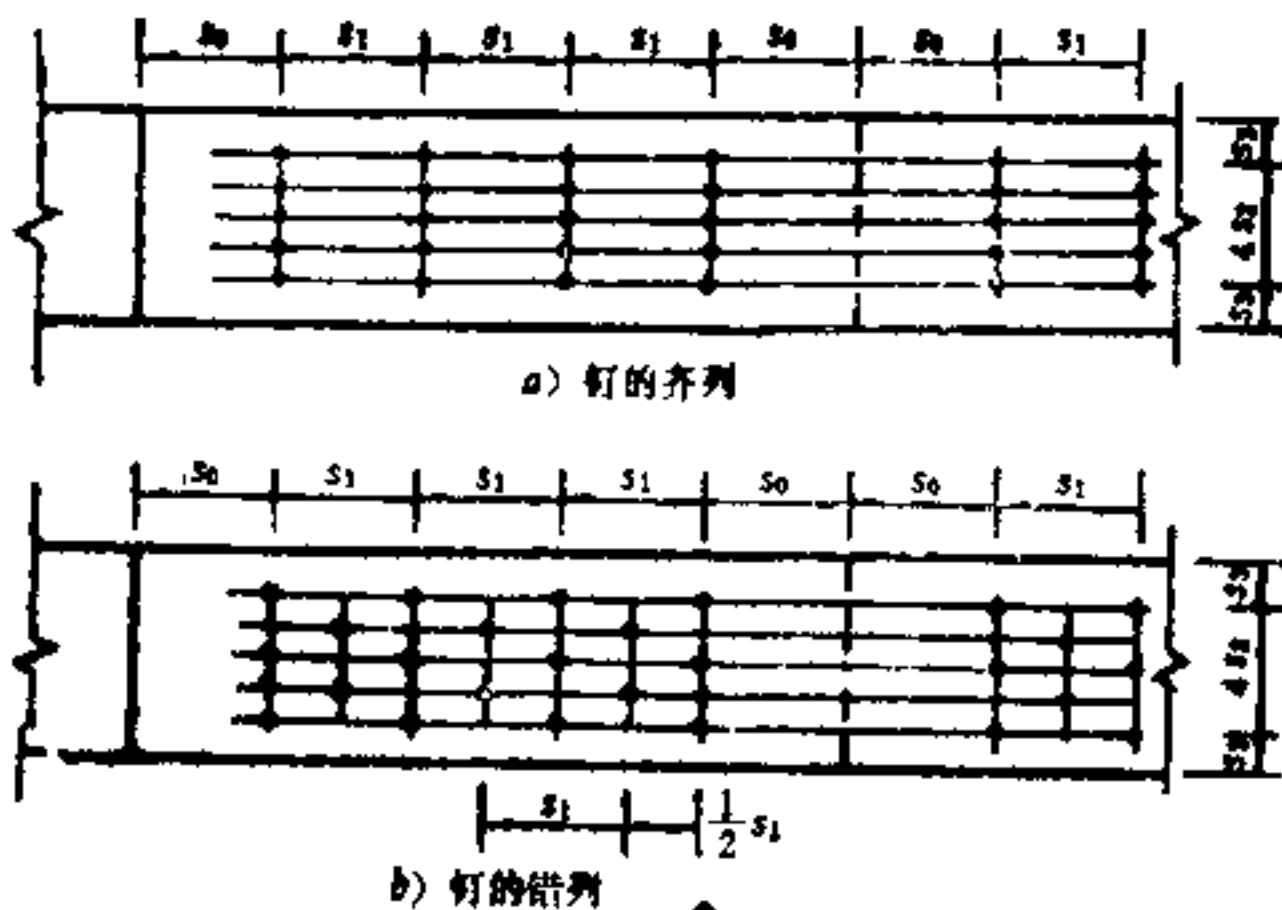


图2.3.5 钉的排列

钉排列的最小间距 表2.3.5

钉的有效长度	顺 纹		横 纹		
	中 距		中 距		边 距
	s_1	s_2	齐 列	错列或斜列	s_6
(a)					
$a > 10d$	15d				
$10d > a > 4d$	按内插值	15d	4d	3d	4d
$a = 4d$	25d				

注: d ——钉的直径;

a ——钉的有效长度,见图2.3.1。

撑，梁式桥设在梁端支点处，撑架桥设在支撑顶点处。

第2.4.3条 八字撑架桥的斜支撑应用斜夹木与纵梁连接。当斜支撑杆件长度在4m以上时，横桥向各支撑间应设置横撑连系。

第2.4.4条 桥面横木、横梁、纵梁均作为简支梁计算。车轮压力按车轮着地面积通过桥面铺装向下作45°分布。

在纵梁上的桥面横木的接头应交错布置。每一纵梁上的横木接头应不多于桥面横木总数的30%；纵梁上的荷载可按弹性分布计算。

第2.4.5条 梁式桥的纵梁支承处设有托梁时，纵梁计算跨径可减小10%。

第2.4.6条 木墩台一般采用桩式或座架式。桩式墩台的木桩入土深度应根据桩的承载力确定，但不小于最低设计洪水冲刷线以下2.5m；如桩同时承受水平力时，不宜小于4m。座架式墩台的底梁基坑，应设于地面以下至小100cm。使用期内如有冻害影响，除满足上述要求外，尚应将底梁基坑设于冰冻线以下25cm。

第2.4.7条 河流中有流冰或漂浮物时，排架墩的迎水面前应设置护桩。

第2.4.8条 桥高大于4m或桥长大于30m的排架桥，宜每隔20~25m设置双排架墩或框架式制动墩。

墩台制动力按以下规定计算：不设制动墩的排架桥，制动力由两桥台平均承受；设有制动墩的排架桥，在全桥长度内的制动力由制动墩和桥台承受，并按荷载长度比例分配。

第2.4.9条 木排架墩应验算受压强度及稳定。

计算桩的稳定时，桩的计算长度按以下计算：

一、不接桩：梁式桥为帽木至河底（或冲刷线，下同）长度的0.8倍；无拉杆的撑架桥为斜支撑脚至河底长度的0.9倍；有拉杆的撑架桥为拉杆至河底长度的0.8倍。

二、接桩：梁式桥为帽木至接桩处的长度；无拉杆的撑架桥为斜撑脚至接头处长度的1.2倍；有拉杆的撑架桥为拉杆至接桩处的长度。

第2.4.10条 接桩的桩式排架墩及座架式排架墩，应验算其横桥向抗倾覆稳定。横桥向两外侧无斜撑的排架墩，应验算其最外边的基桩接桩处立柱下端的抗倾覆稳定；横桥向两外侧设有斜撑排架墩，应验算斜撑下端的抗倾覆稳定。抗倾覆稳定系数采用1.3。

附录一 开口式主桁（或主梁）的自由长度计算

开口式主桁（或主梁）的受压弦杆（或翼缘）的自由长度 l_0 按下式计算：

$$l_0 = 2.23 \sqrt{EI_a \delta} \tag{附1.1}$$

式中 E ——钢的弹性模量；

I ——受压弦杆（或翼缘）毛截面对竖向轴的惯性矩（取整跨的平均值）；

a ——节间长度；

δ ——横向半框架（支点处半框架除外）上节点由于单位水平力（ $p=1$ ）作用所产生的一个弦杆（或翼缘）的最大水平位移，按下式计算：

$$\delta = \frac{h^3}{3EI_0} + \frac{Bh^3}{2EI_b} \tag{附1.2}$$

式中 h ——竖杆（或加劲肋）的高度，等于受压弦杆（或翼缘）的截面重心至横梁顶面的距离；

B ——两主桁（或主梁）间的中距；

I_0 ——竖杆（或加劲肋）毛截面向主桁（或主梁）平面外弯曲的惯性矩；

I_b ——横梁截面的惯性矩。

附录二 本规范使用的法定计量单位及其与公制单位的换算关系

法定计量单位及其与公制单位的换算表

量的名称	单位名称	单位符号	与公制单位近似换算关系	附注
力	牛(顿)	N	1N=0.1kgf	k=10 ³
	千牛(顿)	kN	1kN=0.1tf=100kgf	
应力	帕(斯卡)	Pa	1Pa=0.1kgf/m ²	
压力	千帕(斯卡)	MPa	1kPa=0.1tf/m ²	
强度	兆帕(斯卡)	MPa	1MPa=1N/mm ² =10kgf/cm ²	M=10 ⁶
力矩	牛(顿)米	N·m	1N·m=10kgf·cm	
力偶矩	千牛(顿)米	kN·m	1kN·m=0.1tf·m	
弹性模量 剪切模量	兆帕(斯卡)	MPa	1MPa=10kgf/cm ²	
速度	米每秒	m/s	与公制单位相同	
加速度	米每二次方秒	m/s ²	与公制单位相同	
长度	米	m	与公制单位相同	
	厘米	cm	与公制单位相同	
	毫米	mm	与公制单位相同	
面积	平方米	m ²	与公制单位相同	
	万平方米	cm ²	与公制单位相同	
	毫米方米	mm ²	与公制单位相同	
时间	秒	s	与公制单位相同	
	分	min	1min=60s	
	时	h	1h=60min=3600s	
量的名称	单位名称	单位符号	与公制单位近似换算关系	
角度	弧度	rad	与公制单位相同	
体积	立方米	m ³	与公制单位相同	
温度	摄氏温度	℃	与公制单位相同	

注：①本规范法定计量单位与公制单位采用近似整数换算，如1kgf=9.80665N，采用1kgf=10N。
②法定计量单位Pa以SI单位表示为N/m²。