

中华人民共和国国家标准
钢结构设计规范

GBJ 17—88



1989年 北 京

中华人民共和国国家标准

钢结构设计规范

GBJ 17—88

主编部门：中华人民共和国冶金工业部

批准部门：中华人民共和国建设部

施行日期：1989年7月1日

关于发布国家标准《钢结构 设计规范》的通知

(88) 建标字第 306 号

根据原国家建委 (81) 建发设字第 546 号文的要求, 由冶金工业部会同有关部门共同修订的《钢结构设计规范》已经有关部门会审。现批准修订后的《钢结构设计规范》GBJ 17—88 为国家标准。自一九八九年七月一日起施行。原《钢结构设计规范》TJ 17—74 于一九九一年一月一日废止。

本规范由冶金工业部管理, 其具体解释等工作由冶金工业部北京钢铁设计研究总院负责。出版发行由中国计划出版社负责。

中华人民共和国建设部
一九八八年十月十九日

修 订 说 明

本规范是根据原国家基本建设委员会(81)建发设字第 546 号文的通知, 由我部负责主编, 具体由我部北京钢铁设计研究总院会同全国有关设计、科研、施工单位和高等院校对 1974 年原国家基本建设委员会和冶金工业部批准的《钢结构设计规范》(TJ 17—74) 修订而成。

本规范共分十二章和八个附录。这次修订的主要内容有: 以概率理论为基础的极限状态设计法代替容许应力设计法; 增加 15MnV 钢、15MnVq 钢的应用; 调整受弯构件的整体稳定系数; 增添受弯构件腹板局部稳定计算的相关公式; 轴心受压构件的稳定性计算采用三条曲线; 压弯构件的稳定性改用相关公式计算; 增加多层框架柱的计算长度; 疲劳计算以应力幅代替应力比; 连接中的直角角焊缝采用考虑应力方向的计算方法, 并增加承压型高强度螺栓连接; 调整构造要求的部分内容; 新增塑性设计、钢管结构、钢与混凝土组合梁三章的内容。

本规范必须与按《建筑设计统一标准》(GBJ 68—84) 所制订或修订的《建筑结构荷载规范》(GBJ 9—87) 及国家各种建筑设计标准规范配合使用, 不得与未按《建筑设计统一标准》(GBJ 68—84) 所制订或修订的国家各种建筑设计标准规范混合使用。

为了进一步提高规范的水平, 希各单位在执行本规范过程中, 注意积累资料和总结经验, 如发现需要修改和补充之处, 请将意见和有关资料寄交冶金工业部北京钢铁设计研究总院 (北京市白广路 4 号), 以供今后修订时参考。

冶 金 工 业 部

1988 年 7 月

目 录

| | |
|-----------------------------|------|
| 第一章 总则 | (1) |
| 第二章 材料 | (2) |
| 第三章 基本设计规定 | (4) |
| 第一节 设计原则 | (4) |
| 第二节 设计指标 | (5) |
| 第三节 结构变形的规定 | (9) |
| 第四章 受弯构件的计算 | (12) |
| 第一节 强度 | (12) |
| 第二节 整体稳定 | (14) |
| 第三节 局部稳定 | (16) |
| 第五章 轴心受力构件和拉弯、压弯构件的计算 | (24) |
| 第一节 轴心受力构件 | (24) |
| 第二节 拉弯构件和压弯构件 | (28) |
| 第三节 构件的计算长度和容许长细比 | (33) |
| 第四节 受压构件的局部稳定 | (37) |
| 第六章 疲劳计算 | (40) |
| 第一节 一般规定 | (40) |
| 第二节 疲劳计算 | (40) |
| 第七章 连接计算 | (43) |
| 第一节 焊缝连接 | (43) |
| 第二节 螺栓连接和铆钉连接 | (46) |
| 第三节 组合工字梁翼缘连接 | (49) |
| 第四节 支座 | (50) |
| 第八章 构造要求 | (52) |
| 第一节 一般规定 | (52) |

| | | |
|------|--------------------------|-------|
| 第二节 | 焊缝连接 | (53) |
| 第三节 | 螺栓连接和铆钉连接 | (56) |
| 第四节 | 结构构件 | (57) |
| 第五节 | 对吊车梁和吊车桁架（或类似的梁和桁架）的要求 | (60) |
| 第六节 | 制作、运输和安装 | (62) |
| 第七节 | 防锈和隔热 | (62) |
| 第九章 | 塑性设计 | (64) |
| 第一节 | 一般规定 | (64) |
| 第二节 | 构件的计算 | (65) |
| 第三节 | 容许长细比和构造要求 | (66) |
| 第十章 | 钢管结构 | (68) |
| 第十一章 | 圆钢、小角钢的轻型钢结构 | (72) |
| 第十二章 | 钢与混凝土组合梁 | (74) |
| 第一节 | 一般规定 | (74) |
| 第二节 | 截面和连接件的计算 | (75) |
| 第三节 | 构造要求 | (77) |
| 附录一 | 梁的整体稳定系数 | (79) |
| 附录二 | 梁腹板局部稳定的计算 | (85) |
| 附录三 | 轴心受压构件的稳定系数 | (89) |
| 附录四 | 柱的计算长度系数 | (98) |
| 附录五 | 疲劳计算的构件和连接分类 | (110) |
| 附录六 | 螺栓的有效面积 | (113) |
| 附录七 | 非法定计量单位与法定计量单位的换算 关系 | (114) |
| 附录八 | 本规范用词说明 | (115) |
| 附加说明 | 本规范主编单位、参加单位和主要起 草人名单 | (116) |

主要符号

作用和作用效应

- F ——集中荷载；
- M ——弯矩；
- N ——轴心力；
- P ——高强度螺栓的预拉力；
- V ——剪力；
- R ——支座反力。

计算指标

- E ——钢材的弹性模量；
- E_c ——混凝土的弹性模量；
- G ——钢材的剪变模量；
- N_E ——欧拉临界力；
- N_t^a ——每个锚栓的受拉承载力设计值；
- N_t^b 、 N_v^b 、 N_c^b ——每个螺栓的受拉、受剪和承压承载力设计值；
- N_t^c 、 N_v^c 、 N_c^c ——每个铆钉的受拉、受剪和承压承载力设计值；
- N_v^d ——每个连接件的受剪承载力设计值；
- N_t^{pl} 、 N_c^{pl} ——受拉和受压支管在管节点处的承载力设计值；
- f ——钢材的抗拉、抗压和抗弯强度设计值；
- f_v ——钢材的抗剪强度设计值；
- f_{ce} ——钢材的端面承压强度设计值；
- f_{st} ——钢筋的抗拉强度设计值；
- f_y ——钢材的屈服强度(或屈服点)；
- f_t^a ——锚栓的抗拉强度设计值；

- f_t^b, f_v^b, f_c^b ——螺栓的抗拉、抗剪和承压强度设计值；
 f_t^i, f_v^i, f_c^i ——铆钉的抗拉、抗剪和承压强度设计值；
 f_t^w, f_v^w, f_c^w ——对接焊缝的抗拉、抗剪和抗压强度设计值；
 f_f^w ——角焊缝的抗拉、抗剪和抗压强度设计值；
 f_{cc} ——混凝土的轴心抗压强度设计值；
 f_{cmm} ——混凝土的弯曲抗压强度设计值；
 σ ——正应力；
 σ_c ——局部压应力；
 σ_f ——垂直于角焊缝长度方向，按有效截面计算的应力；
 $\Delta\sigma$ ——疲劳计算的应力幅；
 $\Delta\sigma_e$ ——变幅疲劳的等效应力幅或折算应力幅；
 $[\Delta\sigma]$ ——疲劳容许应力幅；
 $\sigma_{cr}, \sigma_{c,cr}, \tau_{cr}$ ——板件在弯曲应力、局部压应力和剪应力单独作用时的临界应力；
 τ ——剪应力；
 τ_f ——沿角焊缝长度方向的剪应力；
 ρ ——质量密度。

几 何 参 数

- A ——毛截面面积；
 A_n ——净截面面积；
 H ——柱的高度；
 H_1, H_2, H_3 ——阶形柱上段、中段(或下段)、下段的高度；
 I ——毛截面惯性矩；
 I_n ——净截面惯性矩；
 S ——毛截面面积矩；
 W ——毛截面抵抗矩；
 W_n ——净截面抵抗矩；

- W_p ——毛截面塑性抵抗矩；
- W_{pn} ——净截面塑性抵抗矩；
- α ——间距；
- b ——板的宽度或板的自由外伸宽度；
- b_o ——箱形截面翼缘板在腹板之间的宽度；混凝土板托顶部的宽度；
- b_s ——加劲肋的外伸宽度；
- d ——直径；
- d_e ——有效直径；
- d_o ——孔径；
- h ——截面全高；
- h_{c1} ——混凝土板的厚度；
- h_{c2} ——混凝土板托的厚度；
- h_e ——角焊缝的有效厚度；
- h_f ——角焊缝的焊脚尺寸；
- h_w ——腹板的高度；
- h_o ——腹板的计算高度；
- i ——截面回转半径；
- l ——长度或跨度；
- l_o ——计算长度；
- l_w ——焊缝的计算长度；
- l_z ——集中荷载在腹板计算高度边缘上的假定分布长度；
- t ——板的厚度；主管壁厚；
- t_s ——支管壁厚；加劲肋厚度；
- t_w ——腹板的厚度；
- α ——夹角；
- θ ——夹角；
- λ ——长细比；
- λ_o ——换算长细比。

计算系数及其它

- C ——用于疲劳计算的有量纲参数；
- $C_1、C_2$ ——用于计算梁腹板局部稳定的有量纲参数；
- $K_1、K_2$ ——构件线刚度之比；
- $k_1、k_2、k_3、k_4$ ——用于计算梁腹板加劲肋间距的有量纲参数；
- n ——螺栓、铆钉或连接件数目；应力循环次数；
- n_1 ——所计算截面上高强度螺栓的数目；
- n_f ——高强度螺栓的传力摩擦面数目；
- n_v ——螺栓或铆钉的剪切面数目；
- α ——线膨胀系数；
- α_E ——钢材与混凝土弹性模量之比；
- α_f ——疲劳计算的欠载效应等效系数；
- α_o ——柱腹板的应力分布不均匀系数；
- α_1 ——梁腹板刨平顶紧系数；
- β ——支管与主管外径之比；用于计算疲劳强度的参数；
- β_b ——梁整体稳定的等效弯矩系数；
- β_f ——正面角焊缝的强度设计值增大系数；
- $\beta_m、\beta_t$ ——压弯构件稳定的等效弯矩系数；
- β_1 ——折算应力的强度设计值增大系数；
- γ ——截面塑性发展系数；
- ξ ——用于计算梁整体稳定的参数；
- η ——弯曲正应力对梁腹板局部稳定的影响系数；
- η_b ——梁截面不对称影响系数；
- $\eta_1、\eta_2$ ——用于计算阶形柱计算长度的参数；
- μ ——高强度螺栓摩擦面的抗滑移系数；柱的计算长度系数；

- $\mu_1、\mu_2、\mu_3$ ——阶形柱上段、中段(或下段)、下段的计算长度系数；
- ξ_1 ——梁腹板受压板段的宽厚比；
- φ ——轴心受压构件的稳定系数；
- $\varphi、\varphi'$ ——梁的整体稳定系数；
- Ψ ——集中荷载的增大系数；
- $\Psi_n、\Psi_a、\Psi_d$ ——用于计算直接焊接钢管节点承载力的参数。

第一章 总 则

第 1.0.1 条 为在钢结构设计中贯彻执行国家的技术经济政策，做到技术先进、经济合理、安全适用、确保质量，特制定本规范。

第 1.0.2 条 本规范适用于工业与民用房屋和一般构筑物的钢结构设计。

第 1.0.3 条 本规范的设计原则是根据《建筑结构设计统一标准》(GBJ 68—84)制订的。

第 1.0.4 条 设计钢结构时，应从工程实际情况出发，合理选用材料、结构方案和构造措施，满足结构在运输、安装和使用过程中的强度、稳定性和刚度要求，宜优先采用定型的和标准化的结构和构件，减少制作、安装工作量，符合防火要求，注意结构的抗腐蚀性能。

第 1.0.5 条 在钢结构设计图纸和钢材订货文件中，应注明所采用的钢号（对普通碳素钢尚应包括钢类、炉种、脱氧程度等）、连接材料的型号（或钢号）和对钢材所要求的机械性能和化学成分的附加保证项目。此外，在钢结构设计图纸中还应注明所要求的焊缝质量级别（焊缝质量级别的检验标准应符合国家现行《钢结构工程施工及验收规范》）。

第 1.0.6 条 对有特殊设计要求和在特殊情况下的钢结构设计，尚应符合国家现行有关规范的要求。

第二章 材 料

第 2.0.1 条 承重结构的钢材，应根据结构的重要性、荷载特征、连接方法、工作温度等不同情况选择其钢号和材质。

承重结构的钢材宜采用平炉或氧气转炉 3 号钢（沸腾钢或镇静钢）、16Mn 钢、16Mnq 钢、15MnV 钢或 15MnVq 钢，其质量应分别符合现行标准《普通碳素结构钢技术条件》、《低合金结构钢技术条件》和《桥梁用碳素钢及普通低合金钢钢板技术条件》的规定。

第 2.0.2 条 下列情况的承重结构不宜采用 3 号沸腾钢：

一、焊接结构：重级工作制吊车梁、吊车桁架或类似结构，冬季计算温度等于或低于 -20°C 时的轻、中级工作制吊车梁、吊车桁架或类似结构，以及冬季计算温度等于或低于 -30°C 时的其它承重结构。

二、非焊接结构：冬季计算温度等于或低于 -20°C 时的重级工作制吊车梁、吊车桁架或类似结构。

注：冬季计算温度应按国家现行《采暖通风和空气调节设计规范》中规定的冬季空气调节室外计算温度确定，对采暖房屋内的结构可按该规定值提高 10°C 采用。

第 2.0.3 条 承重结构的钢材应具有抗拉强度、伸长率、屈服强度（或屈服点）和硫、磷含量的合格保证，对焊接结构尚应具有碳含量的合格保证。

承重结构的钢材，必要时尚应具有冷弯试验的合格保证。

对于重级工作制和吊车起重量等于或大于 50t 的中级工作制焊接吊车梁、吊车桁架或类似结构的钢材，应具有常温冲击韧性的合格保证。但当冬季计算温度等于或低于 -20°C 时，对于 3 号钢尚应具有 -20°C 冲击韧性的合格保证；对于 16Mn 钢、16Mnq

钢、15MnV 钢或 15MnVq 钢尚应具有 -40°C 冲击韧性的合格保证。

对于重级工作制的非焊接吊车梁、吊车桁架或类似结构的钢材，必要时亦应具有冲击韧性的合格保证。

第 2.0.4 条 钢铸件应采用现行标准《一般工程用铸造碳钢》中规定的 ZG200—400、ZG230—450、ZG270—500 或 ZG310—570 号钢。

第 2.0.5 条 钢结构的连接材料应符合下列要求：

一、手工焊接采用的焊条，应符合现行标准《碳钢焊条》或《低合金钢焊条》的规定。选择的焊条型号应与主体金属强度相适应。对重级工作制吊车梁、吊车桁架或类似结构，宜采用低氢型焊条。

二、自动焊接或半自动焊接采用的焊丝和焊剂，应与主体金属强度相适应。焊丝应符合现行标准《焊接用钢丝》的规定。

三、普通螺栓可采用现行标准《普通碳素结构钢技术条件》中规定的 3 号钢制成。

四、高强度螺栓应符合现行标准《钢结构用高强度大六角头螺栓、大六角螺母、垫圈型式尺寸与技术条件》或《钢结构用扭剪型高强度螺栓连接副型式尺寸与技术条件》的规定。

五、铆钉应采用现行标准《普通碳素钢铆螺用热轧圆钢技术条件》中规定的 ML2 或 ML3 号钢制成。

六、锚栓可采用现行标准《普通碳素结构钢技术条件》中规定的 3 号钢或《低合金结构钢技术条件》中规定的 16Mn 钢制成。

第三章 基本设计规定

第一节 设计原则

第 3.1.1 条 本规范除疲劳计算外，采用以概率理论为基础的极限状态设计方法，用分项系数的设计表达式进行计算。

第 3.1.2 条 结构的极限状态系指结构或构件能满足设计规定的某一功能要求的临界状态，超过这一状态结构或构件便不再能满足设计要求。

承重结构应按下列承载能力极限状态和正常使用极限状态进行设计：

一、承载能力极限状态为结构或构件达到最大承载能力或达到不适于继续承载的变形时的极限状态；

二、正常使用极限状态为结构或构件达到正常使用的某项规定限值时的极限状态。

第 3.1.3 条 设计钢结构时，应根据结构破坏可能产生的后果，采用不同的安全等级。

一般工业与民用建筑钢结构的安全等级可取为二级，特殊建筑钢结构的安全等级可根据具体情况另行确定。

第 3.1.4 条 按承载能力极限状态设计钢结构时，应考虑荷载效应的基本组合，必要时尚应考虑荷载效应的偶然组合。

按正常使用极限状态设计钢结构时，除钢与混凝土组合梁外，应只考虑荷载短期效应组合。

第 3.1.5 条 计算结构或构件的强度、稳定性以及连接的强度时，应采用荷载设计值（荷载标准值乘以荷载分项系数）；计算疲劳和正常使用极限状态的变形时，应采用荷载标准值。

第 3.1.6 条 对于直接承受动力荷载的结构：在计算强度和

稳定性时，动力荷载设计值应乘动力系数；在计算疲劳和变形时，动力荷载标准值不应乘动力系数。

计算吊车梁或吊车桁架及其制动结构的疲劳时，吊车荷载应按作用在跨间内起重量最大的一台吊车确定。

第 3.1.7 条 设计钢结构时，荷载的标准值、荷载分项系数、荷载组合系数、动力荷载的动力系数以及按结构安全等级确定的重要性系数，应按《建筑结构荷载规范》(GBJ 9—87) 的规定采用。

第 3.1.8 条 计算重级工作制吊车梁（或吊车桁架）及其制动结构的强度和稳定性以及连接的强度时，吊车的横向水平荷载应乘以表 3.1.8 的增大系数。

吊车横向水平荷载的增大系数 **表 3.1.8**

| 吊车类别 | | 吊车起重量 (t) | 计算吊车梁(或吊车桁架)、制动结构的强度和稳定性 | 计算吊车梁(或吊车桁架)、制动结构、柱相互间的连接强度 |
|------|-----------|-----------|--------------------------|-----------------------------|
| 软钩吊车 | | 5~20 | 2.0 | 4.0 |
| | | 30~275 | 1.5 | 3.0 |
| | | ≥300 | 1.3 | 2.6 |
| 硬钩吊车 | 夹钳或刚性料耙吊车 | — | 3.0 | 6.0 |
| | 其它硬钩吊车 | — | 1.5 | 3.0 |

第 3.1.9 条 计算平炉、电炉、转炉车间或其它类似车间的工作平台结构时，由检修材料所产生的荷载，可乘以下列折减系数：

| | |
|---------|------|
| 主梁 | 0.85 |
| 柱（包括基础） | 0.75 |

第二节 设计指标

第 3.2.1 条 钢材的强度设计值(材料强度的标准值除以抗力分项系数)，应根据钢材厚度或直径(对 3 号钢按表 3.2.1—1 的分组)按表 3.2.1—2 采用。钢铸件的强度设计值应按表 3.2.1—3

3号钢材分组尺寸 (mm)

表 3.2.1-1

| 组 别 | 圆钢、方钢和扁钢的直径或厚度 | 角钢、工字钢和槽钢的厚度 | 钢板的厚度 |
|-----|----------------|--------------|--------|
| 第1组 | ≤40 | ≤15 | ≤20 |
| 第2组 | >40~100 | >15~20 | >20~40 |
| 第3组 | | >20 | >40~50 |

注：工字钢和槽钢的厚度系指腹板的厚度。

钢材的强度设计值 (N/mm²)

表 3.2.1-2

| 钢 材 | | | 抗拉、抗压和抗弯 | 抗 剪 | 端面承压 (刨平顶紧) |
|--------------------|-----|------------|----------|----------------------|-----------------------|
| 钢 号 | 组 别 | 厚度或直径 (mm) | <i>f</i> | <i>f_v</i> | <i>f_{ce}</i> |
| 3号钢 | 第1组 | — | 215 | 125 | 320 |
| | 第2组 | — | 200 | 115 | 320 |
| | 第3组 | — | 190 | 110 | 320 |
| 16Mn钢、 16Mnq钢 | — | ≤16 | 315 | 185 | 445 |
| | — | 17~25 | 300 | 175 | 425 |
| | — | 26~36 | 290 | 170 | 410 |
| 15MnV钢、 15MnVq钢 | — | ≤16 | 350 | 205 | 450 |
| | — | 17~25 | 335 | 195 | 435 |
| | — | 26~36 | 320 | 185 | 415 |

注：3号镇静钢材的抗拉、抗压、抗弯和抗剪强度设计值，可按表中的数值增加5%。

采用。连接的强度设计值应按表 3.2.1-4 至表 3.2.1-6 采用。

钢铸件的强度设计值 (N/mm²)

表 3.2.1-3

| 钢 号 | 抗拉、抗压和抗弯 <i>f</i> | 抗 剪 <i>f_v</i> | 端面承压 (刨平顶紧) <i>f_{ce}</i> |
|-----------|----------------------|-----------------------------|--------------------------------------|
| ZG200-400 | 155 | 90 | 260 |
| ZG230-450 | 180 | 105 | 290 |
| ZG270-500 | 210 | 120 | 325 |
| ZG310-570 | 240 | 140 | 370 |

焊缝的强度设计值 (N/mm²)

表 3.2.1-4

| 焊接方法和焊条型号 | 构件钢材 | | | 对接焊缝 | | | 角焊缝 | |
|------------------------|----------------|-----|------------|------------|--------------------------|-----|------------|------------------|
| | 钢号 | 组别 | 厚度或直径 (mm) | 抗压 f_c^w | 焊缝质量为下列级别时,抗拉和抗弯 f_t^w | | 抗剪 f_v^w | 抗拉、抗压和抗剪 f_t^w |
| | | | | | 一级、二级 | 三级 | | |
| 自动焊、半自动焊和 43××型焊条的手工焊 | 3号钢 | 第1组 | — | 215 | 215 | 185 | 125 | 160 |
| | | 第2组 | — | 200 | 200 | 170 | 115 | 160 |
| | | 第3组 | — | 190 | 190 | 160 | 110 | 160 |
| 自动焊、半自动焊和 E50××型焊条的手工焊 | 16Mn钢、16Mnq钢 | — | ≤16 | 315 | 315 | 270 | 185 | 200 |
| | | — | 17~25 | 300 | 300 | 255 | 175 | 200 |
| | | — | 26~36 | 290 | 290 | 245 | 170 | 200 |
| 自动焊、半自动焊和 E55××型焊条的手工焊 | 15MnV钢、15MnVq钢 | — | ≤16 | 350 | 350 | 300 | 205 | 220 |
| | | — | 17~25 | 335 | 335 | 285 | 195 | 220 |
| | | — | 26~36 | 320 | 320 | 270 | 185 | 220 |

注:自动焊和半自动焊所采用的焊丝和焊剂,应保证其熔敷金属抗拉强度不低于相应手工焊条的数值。

铆钉连接的强度设计值(N/mm²)

表 3.2.1-5

| 铆钉和构件的钢号 | 构件钢材 | | 抗拉(铆钉头拉脱) f_t^i | 抗剪 f_v^i | | 承压 f_c^i | |
|----------|---------|---------|-------------------|------------|------|------------|------|
| | 组别 | 厚度 (mm) | | I类孔 | II类孔 | I类孔 | II类孔 |
| | | | | | | | |
| 铆钉 | ML2或ML3 | — | 120 | 135 | 155 | — | |
| 构件 | 3号钢 | 第1~3组 | — | — | — | 445 | 360 |
| | 16Mn钢、 | — | ≤16 | — | — | 610 | 500 |
| | 16Mnq钢 | — | 17~25 | — | — | 590 | 480 |
| | — | — | 26~36 | — | — | 565 | 460 |

注:①孔壁质量属于下列情况者为 I 类孔;

- 1)在装配好的构件上按设计孔径钻成的孔;
- 2)在单个零件和构件上按设计孔径分别用钻模钻成的孔;
- 3)在单个零件上先钻成或冲成较小的孔径,然后在装配好的构件上再扩钻至设计孔径的孔。

②在单个零件上一次冲成或不用钻模钻成设计孔径的孔属于 II 类孔。

螺栓连接的强度设计值(N/mm²)

表 3.2.1-6

| 螺栓的钢号 (或性能等级) 和构件的钢号 | 构件钢件 | | 普通螺栓 | | | | | | 承压型高强度螺栓 | | | |
|----------------------------|------------------|------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-----|
| | | | C级螺栓 | | | A级、B级螺栓 | | | 锚栓 | | | |
| | 组别 | 厚度 (mm) | 抗拉 f_t^b | 抗剪 f_v^b | 承压 f_c^b | 抗拉 f_t^b | 抗剪 f_v^b | 承压 f_c^b | 抗拉 f_t^b | 抗剪 f_v^b | 承压 f_c^b | |
| 普通螺栓 | 3号钢 | — | 170 | 130 | — | 170 | 170 | — | — | — | — | |
| 锚栓 | 3号钢 16Mn钢 | — | — | — | — | — | — | — | 140 180 | — | — | |
| 承压型高强度螺栓 | 8.8级 10.9级 | — | — | — | — | — | — | — | — | 250 310 | — | |
| 构件 | 3号钢 | 第1~3组 | — | — | — | 305 | — | — | 400 | — | — | 465 |
| | 16Mn钢、 16Mnq钢 | — | ≤16 | — | — | 420 | — | — | 550 | — | — | 640 |
| | | — | 17~25 | — | — | 400 | — | — | 530 | — | — | 615 |
| | | — | 26~36 | — | — | 385 | — | — | 510 | — | — | 590 |
| 15MnV钢 15MnVq钢 | — | ≤16 | — | — | 435 | — | — | 570 | — | — | 665 | |
| | — | 17~25 | — | — | 420 | — | — | 550 | — | — | 640 | |
| | — | 26~36 | — | — | 400 | — | — | 530 | — | — | 615 | |

注：孔壁质量属于下列情况者为 I 类孔：

- 1) 在装配好的构件上按设计孔径钻成的孔；
- 2) 在单个零件和构件上按设计孔径分别用钻模钻成的孔；
- 3) 在单个零件上先钻成或冲成较小的孔径，然后在装配好的构件上再扩钻至设计孔径的孔。

第 3.2.2 条 计算下列情况的结构构件或连接时，第 3.2.1 条规定的强度设计值应乘以相应的折减系数：

一、单面连接的单角钢

1. 按轴心受力计算强度和连接 0.85；
2. 按轴心受压计算稳定性

等边角钢 $0.6+0.0015\lambda$ ， 但不大于 1.0；

短边相连的不等边角钢 $0.5+0.0025\lambda$ ， 但不大于 1.0；

长边相连的不等边角钢 0.70；

λ 为长细比，对中间无连系的单角钢压杆，应按最小回转半径计算，当 $\lambda < 20$ 时，取 $\lambda = 20$ ；

- 二、施工条件较差的高空安装焊缝和铆钉连接 0.90;
- 三、沉头和半沉头铆钉连接 0.80。

注：当几种情况同时存在时，其折减系数应连乘。

第 3.2.3 条 钢材和钢铸件的物理性能指标应按表 3.2.3 采用。

钢材和钢铸件的物理性能指标 表 3.2.3

| 弹性模量 E (N/mm ²) | 剪变模量 G (N/mm ²) | 线胀系数 α (以每℃计) | 质量密度 ρ (kg/m ³) |
|--------------------------------|--------------------------------|---------------------|--------------------------------|
| 206×10 ³ | 79×10 ³ | 12×10 ⁻⁶ | 7850 |

第三节 结构变形的规定

第 3.3.1 条 计算钢结构变形时，可不考虑螺栓（或铆钉）孔引起的截面削弱。

第 3.3.2 条 受弯构件的挠度不应超过表 3.3.2 中所列的容许值。

第 3.3.3 条 多层框架结构在风荷载作用下的顶点水平位移与总高度之比值不宜大于 1/500，层间相对位移与层高之比值不

受弯构件的容许挠度 表 3.3.2

| 项次 | 构 件 类 别 | 容许挠度 |
|----|--------------------------------|-------|
| 1 | 吊车梁和吊车桁架 | |
| | (1) 手动吊和单梁吊车（包括悬挂吊车） | l/500 |
| | (2) 轻级工作制和起重量 Q<50t 的中级工作制桥式吊车 | l/600 |
| | (3) 重级工作制和起重量 Q≥50t 的中级工作制桥式吊车 | l/750 |
| 2 | 设有悬挂电动梁式吊车的屋面梁或屋架（仅用可变荷载计算） | l/500 |
| 3 | 手动或电动葫芦的轨道梁 | l/400 |
| 4 | 有重轨（重量等于或大于 38kg/m）轨道的工作平台梁 | l/600 |
| | 有轻轨（重量等于或小于 24kg/m）轨道的工作平台梁 | l/400 |

续表 3.3.2

| 项次 | 构 件 类 别 | 容许挠度 |
|----|-----------------------------|----------|
| 5 | 楼盖和工作平台梁（第4项除外）、平台板 | |
| | (1) 主梁（包括设有悬挂起重设备的梁） | $l/400$ |
| | (2) 抹灰顶棚的梁（仅用可变荷载计算） | $l/350$ |
| | (3) 除(1)、(2)款外的其它梁（包括楼梯梁） | $l/250$ |
| | (4) 平台板 | $l/150$ |
| 6 | 屋盖檩条 | |
| | (1) 无积灰的瓦楞铁和石棉瓦屋面 | $l/150$ |
| | (2) 压型钢板、有积灰的瓦楞铁和石棉瓦等屋面 | $l/200$ |
| | (3) 其它屋面 | $l/200$ |
| 7 | 墙架构件 | |
| | (1) 支柱 | $l/400$ |
| | (2) 抗风桁架（作为连续支柱的支承时） | $l/1000$ |
| | (3) 砌体墙的横梁（水平方向） | $l/300$ |
| | (4) 压型钢板、瓦楞铁和石棉瓦墙面的横梁（水平方向） | $l/200$ |
| | (5) 带有玻璃窗的横梁（竖直和水平方向） | $l/200$ |

注： l 为受弯构件的跨度（对悬臂梁和伸臂梁为悬伸长度的2倍）。

宜大于 $1/400$ 。

注：对室内装修要求较高的民用建筑多层框架结构，层间相对位移与层高之比值宜适当减小。无隔墙的多层框架结构，层间相对位移可不受限制。

第 3.3.4 条 在设有重级工作制吊车的厂房中，跨间每侧吊车梁或吊车桁架的制动结构，由一台最大吊车横向水平荷载所产生的挠度不宜超过制动结构跨度的 $1/2200$ 。

第 3.3.5 条 设有重级工作制吊车的厂房柱和设有中、重级工作制吊车的露天栈桥柱，在吊车梁或吊车桁架的顶面标高处，由一台最大吊车水平荷载所产生的计算变形值，不应超过表 3.3.5 中所列的容许值。

柱的容许计算变形 **表 3.3.5**

| 项次 | 变形的种类 | 按平面结构 图形计算 | 按空间结构 图形计算 |
|----|---------------|---------------|---------------|
| 1 | 厂房柱的横向变形 | $H_T/1250$ | $H_T/2000$ |
| 2 | 露天栈桥柱的横向变形 | $H_T/2500$ | — |
| 3 | 厂房和露天栈桥柱的纵向变形 | $H_T/4000$ | — |

注：① H_T 为柱脚底面至吊车梁或吊车桁架顶面的高度。

②计算厂房或露天栈桥柱的纵向变形时，可假定吊车纵向水平荷载分配在温度区段内所有柱间支撑或纵向框架上。

③在设有夹钳吊车或刚性料耙吊车的厂房中，厂房柱的容许计算变形值应减小 10%。

第四章 受弯构件的计算

第一节 强 度

第 4.1.1 条 在主平面内受弯的实腹构件，其抗弯强度应按下列规定计算：

一、承受静力荷载或间接承受动力荷载时，

$$\frac{M_x}{\gamma_x W_{nx}} + \frac{M_y}{\gamma_y W_{ny}} \leq f \quad (4.1.1)$$

式中 M_x 、 M_y ——绕 x 轴和 y 轴的弯矩(对工字形截面： x 轴为强轴， y 轴为弱轴)；

W_{nx} 、 W_{ny} ——对 x 轴和 y 轴的净截面抵抗矩；

γ_x 、 γ_y ——截面塑性发展系数：对工字形截面， $\gamma_x = 1.05$ ， $\gamma_y = 1.20$ ；对箱形截面， $\gamma_x = \gamma_y = 1.05$ ；对其它截面，可按表 5.2.1 采用；

f ——钢材的抗弯强度设计值。

当梁受压翼缘的自由外伸宽度与其厚度之比大于 $13 \sqrt{235/f_y}$ 而不超过第 4.3.9 条的规定时，应取 $\gamma_x = 1.0$ 。 f_y 为钢材屈服强度(或屈服点)：对 3 号钢，取 $f_y = 235\text{N/mm}^2$ ；对 16Mn 钢、16Mnq 钢，取 $f_y = 345\text{N/mm}^2$ ；对 15MnV 钢、15MnVq 钢，取 $f_y = 390\text{N/mm}^2$ 。

二、直接承受动力荷载时，仍按公式 (4.1.1) 计算，但应取 $\gamma_x = \gamma_y = 1.0$ 。

第 4.1.2 条 在主平面内受弯的实腹构件，其抗剪强度应按下列规定计算：

$$\tau = \frac{VS}{It_w} \leq f_v \quad (4.1.2)$$

式中 V ——计算截面沿腹板平面作用的剪力；

- S —— 计算剪应力处以上毛截面对中和轴的面积矩；
- I —— 毛截面惯性矩；
- t_w —— 腹板厚度；
- f_v —— 钢材的抗剪强度设计值。

第 4.1.3 条 当梁上翼缘受有沿腹板平面作用的集中荷载、且该荷载处又未设置支承加劲肋时，腹板计算高度上边缘的局部承压强度应按下式计算：

$$\sigma_c = \frac{\Psi F}{t_w l_z} \leq f \quad (4.1.3-1)$$

- 式中 F —— 集中荷载，对动力荷载应考虑动力系数；
 - Ψ —— 集中荷载增大系数：对重级工作制吊车梁， $\Psi = 1.35$ ；对其它梁， $\Psi = 1.0$ ；
 - l_z —— 集中荷载在腹板计算高度上边缘的假定分布长度，按下式计算：
- $$l_z = \alpha + 2h_y \quad (4.1.3-2)$$
- α —— 集中荷载沿梁跨度方向的支承长度，对吊车梁可取为 $50mm$ ；
 - h_y —— 自吊车梁轨顶或其它梁顶面至腹板计算高度上边缘的距离。

在梁的支座处，当不设置支承加劲肋时，也应按公式(4.1.3-1)计算腹板计算高度下边缘的局部压应力。但 Ψ 取 1.0 。支座集中反力的假定分布长度，应根据支座具体尺寸可按公式(4.1.3-2)计算。

注：腹板的计算高度 h_0 ：对轧制型钢梁，为腹板与上、下翼缘相接处两内弧起点间的距离；对焊接组合梁，为腹板高度；对铆接（或高强度螺栓连接）组合梁，为上、下翼缘与腹板连接的铆钉（或高强度螺栓）线间最近距离（见图 4.3.1）。

第 4.1.4 条 在组合梁的腹板计算高度边缘处，若同时受有较大的正应力、剪应力和局部压应力，或同时受有较大的正应力和剪应力（如连续梁支座处或梁的翼缘截面改变处等），其折算应力应按下式计算：

$$\sqrt{\sigma^2 + \sigma_c^2 - \sigma\sigma_c + 3\tau^2} \leq \beta_1 f \quad (4.1.4-1)$$

式中 σ 、 τ 、 σ_c —— 腹板计算高度边缘同一点上同时产生的正

应力、剪应力和局部压应力， σ 和 σ_c 应按公式 (4.1.2) 和公式 (4.1.3-1) 计算， σ 应按下式计算：

$$\sigma = \frac{M}{I_n} y_1 \quad (4.1.4-2)$$

σ 和 σ_c 以拉应力为正值，压应力为负值；

I_n ——梁净截面惯性矩；

y_1 ——所计算点至梁中和轴的距离；

β_1 ——计算折算应力的强度设计值增大系数：当 σ 与 σ_c 异号时，取 $\beta_1=1.2$ ；当 σ 与 σ_c 同号或 $\sigma_c=0$ 时，取 $\beta_1=1.1$ 。

第二节 整体稳定

第 4.2.1 条 符合下列情况之一时，可不计算梁的整体稳定性：

一、有铺板（各种钢筋混凝土板和钢板）密铺在梁的受压翼缘上并与其牢固相连、能阻止梁受压翼缘的侧向位移时。

二、工字形截面简支梁受压翼缘的自由长度 l_1 与其宽度 b_1 之比不超过表 4.2.1 所规定的数值时。

工字形截面简支梁不需计算整体稳定性的最大 l_1/b_1 值

表 4.2.1

| 钢 号 | 跨中无侧向支承点的梁 | | 跨中有侧向支承点的梁， 荷载作用于何处 |
|---------------------|----------------|----------------|------------------------|
| | 荷载作用在 上 翼 缘 | 荷载作用在 下 翼 缘 | |
| 3 号钢 | 13 | 20 | 16 |
| 16Mn 钢 16Mnq 钢 | 11 | 17 | 13 |
| 15MnV 钢 15MnVq 钢 | 10 | 16 | 12 |

注：①其它钢号的梁不需计算整体稳定性的最大 l_1/b_1 值，应取 3 号钢的数值乘以 $\sqrt{235/f_y}$ 。

②梁的支座处，应采取构造措施以防止梁端截面的扭转。

对跨中无侧向支承点的梁， l_1 为其跨度；对跨中有侧向支承点的梁， l_1 为受压翼缘侧向支承点间的距离（梁的支座处视为有侧向支承）。

第 4.2.2 条 除第 4.2.1 条所指情况外，在最大刚度主平面内受弯的构件，其整体稳定性应按下列式计算：

$$\frac{M_x}{\varphi_b W} \leq f \quad (4.2.2)$$

式中 M_x ——绕强轴作用的最大弯矩；

W_x ——按受压纤维确定的梁毛截面抵抗矩；

φ_b ——梁的整体稳定性系数，应按附录一确定。

注：见第 4.2.1 条注②。

第 4.2.3 条 除第 4.2.1 条所指情况外，在两个主平面受弯的工字形截面构件，其整体稳定性应按下列式计算：

$$\frac{M_x}{\varphi_b W_x} + \frac{M_y}{\gamma_y W_y} \leq f \quad (4.2.3)$$

式中 W_x 、 W_y ——按受压纤维确定的对 x 轴和对 y 轴毛截面抵抗矩；

φ_b ——绕强轴弯曲所确定的梁整体稳定系数，见第 4.2.2 条。

注：见第 4.2.1 条注②。

第 4.2.4 条 不符合第 4.2.1 条第一项情况的箱形截面简支梁，其截面尺寸（图 4.2.4）应满足 $h/b_0 \leq 6$ ，且 l_1/b_0 不应超过下列数值：

| | |
|-------------------|----|
| 3 号钢 | 95 |
| 16Mn 钢和 16Mnq 钢 | 65 |
| 15MnV 钢和 15MnVq 钢 | 57 |

符合上述规定的箱形截面简支梁，可不计算整体稳定性。

注：其它钢号的梁，其 l_1/b_0 值不应大于 95 ($235/f_y$)。

第 4.2.5 条 用作减少梁受压翼缘自由长度的侧向支撑，其轴心力应根据侧向力 F 确定，梁的侧向力应按下列式计算：

$$F = \frac{A_f f}{85} \sqrt{\frac{f_y}{235}} \quad (4.2.5)$$

式中 A_f ——梁的受压翼缘截面面积。

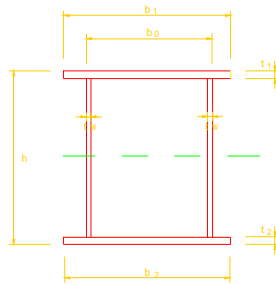


图 4.2.4 箱形截面

第三节 局部稳定

第 4.3.1 条 为保证组合梁腹板的局部稳定性，应按下列规定在腹板上配置加劲肋（图 4.3.1）：

一、当 $h_0/t_w \leq 80 \sqrt{235/f_y}$ 时，对有局部压应力 ($\sigma_c \neq 0$) 的梁，宜按构造配置横向加劲肋；但对无局部压应力 ($\sigma_c = 0$) 的梁，可不配置加劲肋。

二、当 $80 \sqrt{235/f_y} < h_0/t_w \leq 170 \sqrt{235/f_y}$ 时，应配置横向加劲肋，并按第 4.3.2 条的规定进行计算（对无局部压应力的梁，当 $h_0/t_w \leq 100 \sqrt{235/f_y}$ 时，可不计算）。

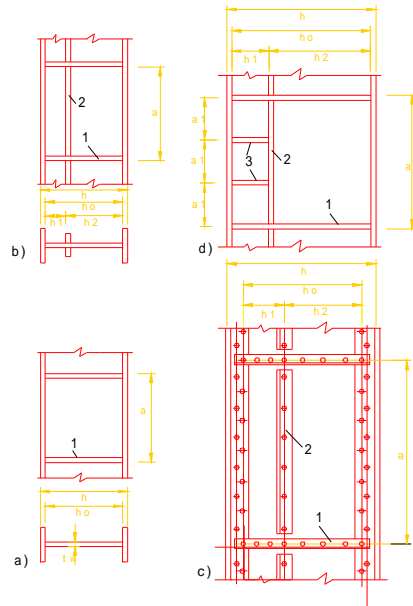
三、当 $h_0/t_w > 170 \sqrt{235/f_y}$ 时，应配置横向加劲肋和在受压区配置纵向加劲肋，必要时尚应在受压区配置短加劲肋，并均应按第 4.3.2 条的规定进行计算。

此处 h_0 为腹板的计算高度， t_w 为腹板的厚度。

四、梁的支座处和上翼缘受有较大固定集中荷载处，宜设置支承加劲肋，并按第 4.3.8 条的规定进行计算。

第 4.3.2 条 无局部压应力 ($\sigma_c = 0$) 的梁和简支吊车梁，当

其腹板用横向加劲肋加强或用横向和纵向加劲肋加强时，应按第 4.3.3 条至第 4.3.6 条计算加劲肋间距。其它情况的梁，应按附



录二计算腹板的局部稳定性。

第 4.3.3 条 无局部压应力 ($\sigma=0$) 的梁, 其腹板仅用横向加劲肋加强时, 横向加劲肋间距 a 应符合下列要求:

一、当 $\frac{h_o}{t_w}\sqrt{\eta\tau}\leq 1200$ 时, 应取间距 a 不超过第 4.3.7 条规定的最大间距。

二、当 $1200 < \frac{h_o}{t_w}\sqrt{\eta\tau} \leq 1500$ 时,

$$a \leq \frac{500h_o}{\frac{h_o}{t_w}\sqrt{\eta\tau} - 1000} \quad (4.3.3 - 1)$$

三、当 $\frac{h_o}{t_w}\sqrt{\eta\tau} > 1500$ 时,

$$a \leq \frac{1000h_o}{\frac{h_o}{t_w}\sqrt{\eta\tau} - 500} \quad (4.3.3 - 2)$$

式中 τ ——所考虑梁段内最大剪力产生的腹板平均剪应力 (N/mm^2), 应按 $\tau=V/(h_w t_w)$ 计算, h_w 为腹板的高度;

η ——考虑 σ 影响的增大系数, 应按表 4.3.3 采用;

系 数 η 表 4.3.3

| | | | | | | | | | |
|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| $\sigma\left(\frac{h_o}{100t_w}\right)^2$ | 0 | 100 | 140 | 180 | 200 | 220 | 240 | 260 | 280 |
| η | 1.00 | 1.01 | 1.02 | 1.03 | 1.04 | 1.05 | 1.06 | 1.07 | 1.09 |
| $\sigma\left(\frac{h_o}{100t_w}\right)^2$ | 300 | 320 | 340 | 360 | 380 | 400 | 420 | 440 | 460 |
| η | 1.10 | 1.12 | 1.14 | 1.16 | 1.18 | 1.21 | 1.24 | 1.27 | 1.31 |
| $\sigma\left(\frac{h_o}{100t_w}\right)^2$ | 480 | 500 | 520 | 540 | 560 | 580 | 600 | 620 | 640 |
| η | 1.35 | 1.40 | 1.46 | 1.53 | 1.61 | 1.71 | 1.84 | 2.01 | 2.24 |

注: 表中的系数 η 系按下式算得:

$$\eta = \frac{1}{\sqrt{1 - \left[\frac{\sigma}{715} \left(\frac{h_o}{100t_w} \right)^2 \right]^2}}$$

σ ——与 τ 同一截面的腹板计算高度边缘的弯曲压应力 (N/mm^2), 应按 $\sigma = My_1/I$ 计算, I 为梁毛截面惯性矩, y_1 为腹板计算高度受压边缘至中和轴的距离。

公式 (4.3.3-1) 右端算得的值若大于第 4.3.7 条规定的最大间距时, 应取 α 不超过最大间距。

第 4.3.4 条 无局部压应力 ($\sigma_c=0$) 的梁, 其腹板同时用横向加劲肋和纵向加劲肋加强时 (图 4.3.1b、c), 纵向加劲肋至腹板计算高度受压边缘的距离 h_1 应在 $h_0/5 \sim h_0/4$ 范围内, 应符合下式的要求:

$$h_1 \leq \frac{1120t_w}{\sqrt{\sigma}} \quad (4.3.4-1)$$

式中 σ ——所考虑区段内最大弯矩处腹板计算高度边缘的弯曲压应力 (N/mm^2), 应按 $\sigma = M_{\max}y_1/I$ 计算。

横向加劲肋间距 a 仍应按第 4.3.3 条和第 4.3.7 条确定, 但应以 h_2 代替 h_0 , 并取 $\eta=1.0$ 。

第 4.3.5 条 简支吊车梁的腹板仅用横向加劲肋加强时, 加劲肋的间距 a 应同时符合下列公式的要求:

$$\alpha \leq \frac{k_1 h_0}{\frac{h_0}{t_w} \sqrt{\tau} - k_2} \quad (4.3.5-1)$$

$$\alpha \leq \frac{k_3 h_0}{\frac{h_0}{t_w} \sqrt{\sigma} - k_4} \quad (4.3.5-2)$$

式中 k_1 、 k_2 ——参数, 应按表 4.3.5-1 采用;

k_3 、 k_4 ——参数, 应按表 4.3.5-2 采用;

τ ——梁最大剪力处腹板的平均剪应力 (N/mm^2), 应按 $\tau = V_{\max} / (h_w t_w)$ 计算;

σ ——梁最大弯矩处腹板计算高度边缘的弯曲压应力 (N/mm^2);

σ_c ——梁腹板计算高度边缘的局部压应力 (N/mm^2),

应按公式 (4.1.3-1) 计算, 但增大系数 Ψ 取 1.0。

参数 k_1 、 k_2 表 4.3.5-1

| σ_c/τ | k_1 | k_2 | σ_c/τ | k_1 | k_2 | σ_c/τ | k_1 | k_2 |
|-----------------|-------|-------|-----------------|-------|-------|-----------------|-------|-------|
| ≤ 0.2 | 712 | 700 | 1.4 | 618 | 580 | 3.2 | 487 | 414 |
| 0.3 | 709 | 697 | 1.5 | 606 | 566 | 3.4 | 480 | 402 |
| 0.4 | 706 | 691 | 1.6 | 596 | 554 | 3.6 | 471 | 390 |
| 0.5 | 700 | 685 | 1.7 | 587 | 542 | 3.8 | 462 | 378 |
| 0.6 | 694 | 676 | 1.8 | 578 | 530 | 4.0 | 453 | 368 |
| 0.7 | 685 | 666 | 1.9 | 569 | 520 | 4.2 | 444 | 359 |
| 0.8 | 676 | 654 | 2.0 | 560 | 511 | 4.4 | 435 | 350 |
| 0.9 | 667 | 642 | 2.2 | 541 | 493 | 4.6 | 426 | 341 |
| 1.0 | 658 | 630 | 2.4 | 529 | 475 | 4.8 | 417 | 332 |
| 1.1 | 649 | 618 | 2.6 | 517 | 457 | 5.0 | 408 | 323 |
| 1.2 | 640 | 606 | 2.8 | 505 | 439 | | | |
| 1.3 | 630 | 593 | 3.0 | 494 | 426 | | | |

公式 (4.3.5-1) 和公式 (4.3.5-2) 右端算得的值若大于 $2h_0$ 或分母为负值时, 应取 $a=2h_0$ 。

对变截面吊车梁, 当端部变截面区段长度不超过梁跨度的 1/6 时, a 值应按下列情况确定:

一、腹板高度变化的吊车梁: 端部变截面区段的 a 值应符合公式 (4.3.5-1) 的要求, 式中的 h_0 取该区段的腹板平均计算高度, τ 取梁端部腹板的最大平均剪应力; 不变截面区段内的 a 值, 应同时符合公式 (4.3.5-1) 和公式 (4.3.5-2) 的要求, 式中 τ 取两区段交界处的腹板平均剪应力。

二、翼缘截面变化的吊车梁: 由端部至变截面处区段的 a 值,

应同时符合公式 (4.3.5-1) 和公式 (4.3.5-2) 的要求, 但 σ 取变截面处腹板计算高度边缘的弯曲压应力, 同时由表 4.3.5-2 查得的 k_3 、 k_4 值应乘以 0.75; 中部不变截面区段的 a 值, 应同时符合公式 (4.3.5-1) 和公式 (4.3.5-2) 的要求, 但 τ 取变截面处的腹板平均剪应力。

参数 k_3 、 k_4 表 4.3.5-2

| α_c/σ | k_3 | k_4 | α_c/σ | k_3 | k_4 | α_c/σ | k_3 | k_4 |
|-------------------|-------|-------|-------------------|-------|-------|-------------------|-------|-------|
| ≤ 0.05 | 21 | 2362 | 0.55 | 310 | 1394 | 1.10 | 450 | 900 |
| 0.10 | 42 | 2292 | 0.60 | 331 | 1324 | 1.20 | 450 | 870 |
| 0.15 | 64 | 2219 | 0.65 | 352 | 1254 | 1.30 | 450 | 840 |
| 0.20 | 107 | 2076 | 0.70 | 371 | 1199 | 1.40 | 450 | 810 |
| 0.25 | 152 | 1933 | 0.75 | 387 | 1147 | 1.50 | 450 | 780 |
| 0.30 | 189 | 1808 | 0.80 | 402 | 1096 | 1.60 | 450 | 750 |
| 0.35 | 219 | 1710 | 0.85 | 417 | 1044 | 1.70 | 450 | 720 |
| 0.40 | 248 | 1613 | 0.90 | 429 | 1001 | 1.80 | 450 | 690 |
| 0.45 | 267 | 1540 | 0.95 | 441 | 965 | 1.90 | 450 | 660 |
| 0.50 | 289 | 1467 | 1.00 | 450 | 931 | 2.00 | 450 | 630 |

第 4.3.6 条 简支吊车梁的腹板同时用横向加劲肋和纵向加劲肋加强时 (图 4.3.1b、c), 纵向加劲肋至腹板计算高度受压边缘的距离 h_1 应在 $h_0/5 \sim h_0/4$ 范围内, 并应符合下列公式的要求:

当 $\alpha_c/\sigma \leq 0.4$ 时,

$$h_1 \leq \frac{1120t_w}{\sqrt{\sigma + \sigma_c}} \quad (4.3.6-1)$$

当 $\alpha_c/\sigma > 0.4$ 时,

$$h_1 \leq \frac{1400t_w}{\sqrt{\sigma + 3\sigma_c}} \quad (4.3.6-2)$$

式中 σ 、 σ_c 应按第 4.3.5 条的规定采用。

当公式(4.3.6-1)或公式(4.3.6-2)右端算得的值小于 $h_0/5$

时,尚应在腹板受压区配置短加劲肋(图 4.3.1d),并按附录二进行计算。

横向加劲肋间距 a 应按公式 (4.3.5-1) 确定,但应以 h_2 代替式中的 h_0 ,以 $0.3\sigma_c$ 代替表 4.3.5-1 中的 σ_c 。若公式 (4.3.5-1) 右端算得的值大于 $2h_2$ 或分母为负值时,应取 $a \leq 2h_2$ 。

对腹板高度变化的吊车梁:在确定梁端部变截面区段内(有纵向加劲肋)的 a 值时, h_2 取该区段腹板下区格的平均高度, τ 取该区段梁端部处的腹板平均剪应力;在确定不变截面区段内的 a 值时, τ 取两区段交界处的腹板平均剪应力。对翼缘截面变化的吊车梁,确定 a 值时, τ 取梁端部腹板平均剪应力。

第 4.3.7 条 加劲肋宜在腹板两侧成对配置,也可单侧配置,但支承加劲肋和重级工作制吊车梁的加劲肋不应单侧配置。

横向加劲肋的最小间距为 $0.5h_0$,最大间距为 $2h_0$ 。(对无局部压应力的梁,当 $h_0/t_w \leq 100$ 时,可采用 $2.5h_0$)。

在腹板两侧成对配置的钢板横向加劲肋,其截面尺寸应符合下列公式要求:

外伸宽度,

$$b_s \geq \frac{h_0}{30} + 40mm \quad (4.3.7-1)$$

厚度,

$$t_s \geq \frac{b_s}{15} \quad (4.3.7-2)$$

在腹板一侧配置的钢板横向加劲肋,其外伸宽度应大于按公式(4.3.7-1)算得的 1.2 倍,厚度不应小于其外伸宽度的 1/15。

在同时用横向加劲肋和纵向加劲肋加强的腹板中,横向加劲肋的截面尺寸除应符合上述规定外,其截面惯性矩 I_z 尚应符合下式要求:

$$I_z \geq 3h_0 t_w^3 \quad (4.3.7-3)$$

纵向加劲肋的截面惯性矩 I_y ,应符合下列公式要求:

当 $\frac{a}{h_0} \leq 0.85$ 时,

$$I_y \geq 1.5h_0 t_w^3 \quad (4.3.7-4)$$

当 $\frac{\alpha}{h_o} > 0.85$ 时,

$$I_y \geq \left[2.5 - 0.45 \frac{\alpha}{h_o} \right] \left(\frac{\alpha}{h_o} \right)^2 h_o t_w^3 \quad (4.3.7-5)$$

短加劲肋的最小间距为 $0.75h_1$ 。短加劲肋外伸宽度应取为横向加劲肋外伸宽度的 $0.7 \sim 1.0$ 倍,厚度不应小于短加劲肋外伸宽度的 $1/15$ 。

注:①用型钢(工字钢、槽钢、肢尖焊于腹板的角钢)作成的加劲肋,其截面惯性矩不得小于相应钢板加劲肋的惯性矩。

②在腹板两侧成对配置的加劲肋,其截面惯性矩应按梁腹板中心线为轴线进行计算。

在腹板一侧配置的加劲肋,其截面惯性矩应按与加劲肋相连的腹板边缘为轴线进行计算。

第 4.3.8 条 梁的支承加劲肋,应按承受梁支座反力或固定集中荷载的轴心受压构件计算其在腹板平面外的稳定性。此受压构件的截面应包括加劲肋和加劲肋每侧 $15t_w \sqrt{235/f_y}$ 范围内的腹板面积,其计算长度取 h_o 。

梁支承加劲肋的端部应按其所承受的支座反力或固定集中荷载进行计算:当端部为刨平顶紧时,计算其端面承压应力(对突缘支座尚应符合第 8.4.13 条的要求);当端部为焊接时,计算其焊缝应力。

第 4.3.9 条 梁受压翼缘自由外伸宽度 b 与其厚度 t 之比,应符合下式要求:

$$\frac{b}{t} \leq 15 \sqrt{\frac{235}{f_y}} \quad (4.3.9-1)$$

箱形截面梁受压翼缘板在两腹板之间的宽度 b_o 与其厚度 t 之比,应符合下式要求:

$$\frac{b_o}{t} \leq 40 \sqrt{\frac{235}{f_y}} \quad (4.3.9-2)$$

当箱形截面梁受压翼缘板设有纵向加劲肋时,则公式(4.3.9-2)中的 b_o 取为腹板与纵向加劲肋之间的翼缘板宽度。

注:翼缘板自由外伸宽度 b 的取值为:对焊接构件,取腹板边至翼缘板(肢)边缘的距离;对轧制构件,取内圆弧起点至翼缘板(肢)边缘的距离。

第五章 轴心受力构件和 拉弯、压弯构件的计算

第一节 轴心受力构件

第 5.1.1 条 轴心受拉构件和轴心受压构件的强度，除摩擦型高强度螺栓连接处外，应按下列公式计算：

$$\sigma = \frac{N}{A_n} \leq f \quad (5.1.1-1)$$

式中 N ——轴心拉力或轴心压力；

A_n ——净截面面积。

摩擦型高强度螺栓连接处的强度应按下列公式计算：

$$\sigma = (1 - 0.5 \frac{n_1}{n}) \frac{N}{A_n} \leq f \quad (5.1.1-2)$$

$$\sigma = \frac{N}{A} \leq f \quad (5.1.1-3)$$

式中 n ——在节点或拼接处，构件一端连接的高强度螺栓数目；

n_1 ——所计算截面（最外列螺栓处）上高强度螺栓数目；

A ——构件的毛截面面积。

第 5.1.2 条 实腹式轴心受压构件的稳定性应按下列公式计算：





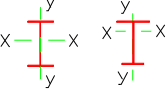
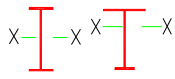
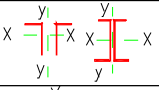
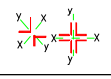
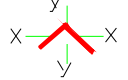

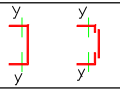

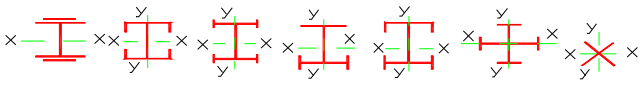
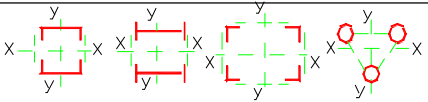
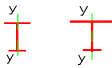

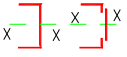
$$\frac{N}{\varphi A} \leq f \quad (5.1.2)$$

式中 φ ——轴心受压构件的稳定系数，应根据表 5.1.2 的截面分类并按附录三采用。

第 5.1.3 条 格构式轴心受压构件的稳定性仍应按公式 (5.1.2) 计算，但对虚轴(图 5.1.3a 的 x 轴和图 5.1.3b、c 的 x

轴心受压构件的截面分类

表 5.1.2

| 截面形式和对应轴 | | 类别 |
|---|--------------------------------------|---|
|  | 轧制, $b/h \leq 0.8$, 对 x 轴 |  轧制, 对任意轴 |
|  | 轧制, $b/h \leq 0.8$, 对 y 轴 |  轧制, $b/h > 0.8$, 对 x、y 轴 |
|  | 焊接, 翼缘为 焰切边, 对 x、y1 轴 |  焊接, 翼缘为 轧制或剪切 边, 对 x 轴 |
|  | 轧制, 对 x、y 轴 |  轧制, 对 x、y 轴 |
|  | 轧制 (等边角钢), 对 x、y 轴 |  焊接, 对任意轴 |
|  | 轧制或焊接, 对 y 轴 |  轧制或焊接, 对 x 轴 |
|  | 焊接, 对 x、y 轴 | |
|  | 格构式, 对 x、y 轴 | |
|  | 焊接, 翼缘为 轧制或剪切边, 对 y 轴 |  轧制或焊接, 对 y 轴 |
|  | 轧制或焊接, 对 x 轴 | 无任何对称轴的截面, 对任意轴 板件厚度大于 40mm 的焊接实 腹截面, 对任意轴 |

注: 当槽形截面用于格构式构件的分肢、计算分肢对垂直于腹板轴的稳定性时, 应按 **b** 类截面考虑。

轴和 y 轴) 的长细比应取换算长细比。

换算长细比应按下列公式计算:

一、双肢组合构件 (图 5.1.3a):

当缀件为缀板时,

$$\lambda_{bx} = \sqrt{\lambda_x^2 + \lambda_1^2} \quad (5.1.3-1)$$

当缀件为缀条时,

$$\lambda_{bx} = \sqrt{\lambda_x^2 + 27 \frac{A}{A_{1x}}} \quad (5.1.3-2)$$

式中 λ_{bx} —— 整个构件对 x 轴的长细比;

λ_1 —— 分肢对最小刚度轴 1—1 的长细比, 其计算长度取为: 焊接时, 为相邻两缀板的净距离; 螺栓连接时, 为相邻两缀板边缘螺栓的距离;

A_{1x} —— 构件截面中垂直于 x 轴的各斜缀条毛截面面积之和。

二、四肢组合构件 (图 5.1.3b):

当缀件为缀板时,

$$\lambda_{bx} = \sqrt{\lambda_x^2 + \lambda_1^2} \quad (5.1.3-3)$$

$$\lambda_{by} = \sqrt{\lambda_y^2 + \lambda_1^2} \quad (5.1.3-4)$$

当缀件为缀条时,

$$\lambda_{bx} = \sqrt{\lambda_x^2 + 40 \frac{A}{A_{1x}}} \quad (5.1.3-5)$$

$$\lambda_{by} = \sqrt{\lambda_y^2 + 40 \frac{A}{A_{1y}}} \quad (5.1.3-6)$$

式中 λ_{by} —— 整个构件对 y 轴的长细比;

A_{1y} —— 构件截面中垂直于 y 轴的各斜缀条毛截面面积之和。

三、缀件为缀条的三肢组合构件 (图 5.1.3c):

$$\lambda_{bx} = \sqrt{\lambda_x^2 + \frac{42A}{A_1(1.5 - \cos^2\theta)}} \quad (5.1.3-7)$$

$$\lambda_{by} = \sqrt{\lambda_y^2 + \frac{42A}{A_1 \cos^2\theta}} \quad (5.1.3-8)$$

式中 A_1 —— 构件截面中各斜缀条毛截面面积之和;

θ ——构件截面内缀条所在平面与 x 轴的夹角。

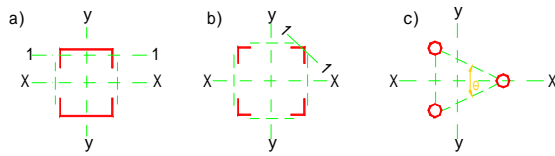


图 5.1.3 格构式组合构件截面

注：①缀板的线刚度应符合第 8.4.1 条的规定。

②斜缀条与构件轴线间的夹角应在 $40^\circ \sim 70^\circ$ 范围内。

第 5.1.4 条 对格构式轴心受压构件：当缀件为缀条时，其分肢的长细比 λ_1 不应大于构件两方向长细比（对虚轴取换算长细比）的较大值 λ_{\max} 的 0.7 倍，当缀件为缀板时， λ_1 不应大于 40，并不应大于 λ_{\max} 的 0.5 倍（当 $\lambda_{\max} < 50$ 时，取 $\lambda_{\max} = 50$ ）。

第 5.1.5 条 用填板连接而成的双角钢或双槽钢构件，可按实腹式构件进行计算，但填板间的距离不应超过下列数值：

| | |
|------|-------|
| 受压构件 | $40i$ |
| 受拉构件 | $80i$ |

i 为截面回转半径，应按下列规定采用：

- 一、当为图 5.1.5a、b 所示的双角钢或双槽钢截面时，取一个角钢或一个槽钢与填板平行的形心轴的回转半径；
- 二、当为图 5.1.5c 所示的十字形截面时，取一个角钢的最小回转半径。

受压构件的两个侧向支承点之间的填板数不得少于两个。

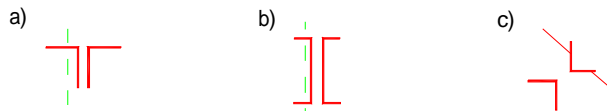


图 5.1.5 计算截面回转半径时的轴线示意图

第 5.1.6 条 轴心受压构件应按下列式计算剪力：

$$V = \frac{Af}{85} \sqrt{\frac{f_y}{235}} \quad (5.1.6)$$

剪力 V 值可认为沿构件全长不变。

对格构式轴心受压构件，剪力 V 应由承受该剪力的缀材面（包括用整体板连接的面）分担。

第 5.1.7 条 用作减小轴心受压构件自由长度的支撑，其轴心力应根据被支承构件的剪力 V （作为侧向力）确定。 V 可按公式 (5.1.6) 计算。

第二节 拉弯构件和压弯构件

第 5.2.1 条 弯矩作用在主平面内的拉弯构件和压弯构件，其强度应按下列规定计算：

一、承受静力荷载或间接承受动力荷载时，

$$\frac{N}{A_n} \pm \frac{M_x}{\gamma_x W_{nx}} \pm \frac{M_y}{\gamma_y W_{ny}} \leq f \quad (5.2.1)$$

式中 γ_x 、 γ_y ——截面塑性发展系数，应按表 5.2.1 采用。

二、直接承受动力荷载时，仍应按公式 (5.2.1) 计算，但取 $\gamma_x = \gamma_y = 1.0$

第 5.2.2 条 弯矩作用在对称轴平面内（绕 x 轴）的实腹式压弯构件，其稳定性应按下列规定计算：

一、弯矩作用平面内的稳定性：

$$\frac{N}{\varphi_x A} + \frac{\beta_{mx} M_x}{W_{lx} \left[1 - 0.8 \frac{N}{N_{Ex}} \right]} \leq f \quad (5.2.2-1)$$

式中 N ——所计算构件段范围内的轴心压力；

φ_x ——弯矩作用平面内的轴心受压构件稳定系数；

M_x ——所计算构件段范围内的最大弯矩；

N_{Ex} ——欧拉临界力， $N_{Ex} = \pi^2 EA / \lambda_x^2$ ；

W_{lx} ——弯矩作用平面内较大受压纤维的毛截面抵抗矩；

β_{mx} ——等效弯矩系数，应按下列规定采用：

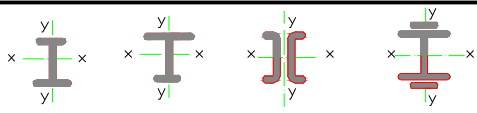
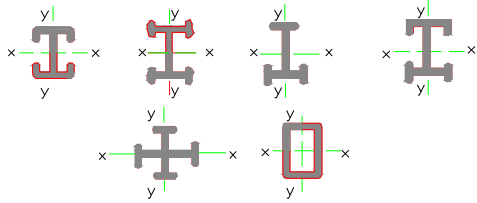

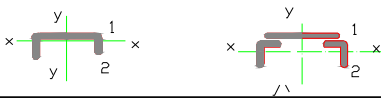
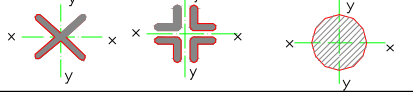
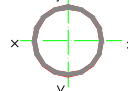
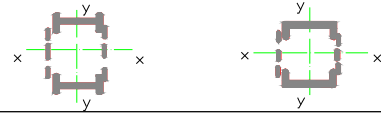
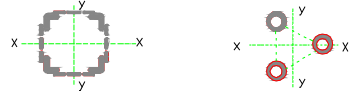
1. 弯矩作用平面内有侧移的框架柱以及悬臂构件，

$\beta_{mx} = 1.0$ ；

2. 无侧移框架柱和两端支承的构件：

截面塑性发展系数 $\alpha_x \quad \alpha_y$

表 5.2.1

| 项次 | 截面形式 | α_x | α_y |
|----|---|-----------------------------------|------------|
| 1 |  | 1.05 | 1.2 |
| 2 |  | | 1.05 |
| 3 |  | $\alpha_1=1.05$ $\alpha_2=1.2$ | 1.2 |
| 4 |  | | 1.05 |
| 5 |  | 1.2 | 1.2 |
| 6 |  | 1.15 | 1.15 |
| 7 |  | 1.0 | 1.05 |
| 6 |  | | 1.0 |

注：当压弯构件受压翼缘的自由外伸宽度与其厚度之比大于 $13\sqrt{235/f_y}$ 而不超过第 5.4.1 条的规定时，应取 $\alpha=1.0$ 。

- (1) 无横向荷载作用时: $\beta_{mx} = 0.65 + 0.35 \frac{M_2}{M_1}$, 但不得小于 0.4, M_1 和 M_2 为端弯矩, 使构件产生同向曲率 (无反弯点) 时取同号, 使构件产生反向曲率 (有反弯点) 时取异号, $|M_1| \geq |M_2|$;
- (2) 有端弯矩和横向荷载同时作用时: 使构件产生同向曲率时, $\beta_{mx} = 1.0$; 使构件产生反向曲率时, $\beta_{mx} = 0.85$;
- (3) 无端弯矩但有横向荷载作用时: 当跨度中点有一个横向集中荷载作用时, $\beta_{mx} = 1 - 0.2N/N_{Ex}$; 其它荷载情况时, $\beta_{mx} = 1.0$ 。

对于表 5.2.1 第 3、4 项中的单轴对称截面压弯构件, 当弯矩作用在对称轴平面内且使较大翼缘受压时, 除应按公式 (5.2.2-1) 计算外, 尚应按下式计算:

$$\left| \frac{N}{A} - \frac{\beta_{mx} M_x}{x W_{2x} \left(1 - 1.25 \frac{N}{N_{Ex}} \right)} \right| \leq f \quad (5.2.2-2)$$

式中 W_{2x} ——对较小翼缘的毛截面抵抗矩。

二、弯矩作用平面外的稳定性:

$$\frac{N}{\varphi_y A} + \frac{\beta_{tx} M_x}{\varphi_b W_{tx}} \leq f \quad (5.2.2-3)$$

式中 φ_y ——弯矩作用平面外的轴心受压构件稳定系数;

φ_b ——均匀弯曲的受弯构件整体稳定系数, 对工字形和 T 形截面可按附录一第 (五) 项确定, 对箱形截面可取 $\varphi_b = 1.4$;

M_x ——所计算构件段范围内的最大弯矩;

β_{tx} ——等效弯矩系数, 应按下列规定采用:

1. 在弯矩作用平面外有支承的构件, 应根据两相邻支承点间构件段内的荷载和内力情况确定:

(1) 所考虑构件段无横向荷载作用时: $\beta_{tx} = 0.65 + 0.35 \frac{M_2}{M_1}$, 但不得小于 0.4, M_1 和 M_2 是在弯矩

作用平面内的端弯矩,使构件段产生同向曲率时取同号,产生反向曲率时取异号, $|M_1| \geq |M_2|$;

(2)所考虑构件段内有端弯矩和横向荷载同时作用时;使构件段产生同向曲率时, $\beta_{tx}=1.0$;使构件段产生反向曲率时, $\beta_{tx}=0.85$;

(3)所考虑构件段内无端弯矩但有横向荷载作用时: $\beta_{tx}=1.0$ 。

2. 悬臂构件, $\beta_{tx}=1.0$ 。

注: ①无侧移框架系指框架中设有支撑架、剪力墙、电梯井等支撑结构,且其抗侧移刚度等于或大于框架本身抗侧移刚度的5倍者。

②有侧移框架系指框架中未设上述支撑结构,或支撑结构的抗侧移刚度小于框架本身抗侧移刚度的5倍者。

第5.2.3条 弯矩绕虚轴(x轴)作用的格构式压弯构件,其弯矩作用平面内的整体稳定性应按下式计算:

$$\frac{N}{\varphi_x A} + \frac{\beta_{mx} M_x}{W_{lx} \left(1 - \varphi_x \frac{N}{N_{Ex}} \right)} \leq f \quad (5.2.3)$$

式中 $W_{lx}=I_x/y_0$, I_x 为 x 轴的毛截面惯性矩, y_0 为由 x 轴到压力较大分肢的轴线距离或者到压力较大分肢腹板边缘的距离,二者取较大者; φ_x 、 N_{Ex} 由换算长细比确定。

弯矩作用平面外的整体稳定性可不计算,但应计算分肢的稳定性,分肢的轴心力应按桁架的弦杆计算。对缀板柱的分肢尚应考虑由剪力引起的局部弯矩。

第5.2.4条 弯矩绕实轴作用的格构式压弯构件,其弯矩作用平面内和平面外的稳定性计算均与实腹式构件相同。但在计算弯矩作用平面外的整体稳定性时,长细比应取换算长细比, φ_b 应取 1.0。

第5.2.5条 弯矩作用在两个主平面内的双轴对称实腹式工字形和箱形截面的压弯构件,其稳定性应按下列公式计算:

$$\frac{N}{\varphi_x A} + \frac{\beta_{mx} M_x}{x W_{lx} \left(1 - 0.8 \frac{N}{N_{Ex}} \right)} + \frac{\beta_{my} M_y}{\varphi_{by} W_{ly}} \leq f \quad (5.2.5-1)$$

$$\frac{N}{\varphi_x A} + \frac{\beta_{tx} M_x}{\varphi_{bx} W_{lx}} + \frac{\beta_{my} M_y}{W_{ly} \left(1 - 0.8 \frac{N}{N_{Ey}} \right)} \leq f \quad (5.2.5-2)$$

式中 φ_x 、 φ_y ——对强轴 $x-x$ 和弱轴 $y-y$ 的轴心受压构件稳定系数；

φ_{bx} 、 φ_{by} ——均匀弯曲的受弯构件整体稳定性系数：对工字形截面， φ_{bx} 可按附录一第（五）项确定， φ_{by} 可取 1.0；对箱形截面，可取 $\varphi_{bx} = \varphi_{by} = 1.4$ ；

M_x 、 M_y ——所计算构件段范围内对强轴和弱轴的最大弯矩；

N_{Ex} 、 N_{Ey} ——欧拉临界力， $N_{Ex} = \pi^2 EA / \lambda_x^2$ ， $N_{Ey} = \pi^2 EA / \lambda_y^2$ ；

W_{lx} 、 W_{ly} ——对强轴和弱轴的毛截面抵抗矩；

β_{mx} 、 β_{my} ——等效弯矩系数，应按第 5.2.2 条弯矩作用平面内稳定计算的有关规定采用；

β_{tx} 、 β_{ty} ——等效弯矩系数，应按第 5.2.2 条弯矩作用平面外稳定计算的有关规定采用。

第 5.2.6 条 弯矩作用在两个主平面内的双肢格构式压弯构件，其稳定性应按下列规定计算：

一、按整体计算：

$$\frac{N}{\varphi_x A} + \frac{\beta_{mx} M_x}{W_{lx} \left(1 - \varphi_x \frac{N}{N_{Ex}} \right)} + \frac{\beta_{ty} M_y}{W_{ly}} \leq f \quad (5.2.6-1)$$

二、按分肢计算：

在 N 和 M_x 作用下，将分肢作为桁架弦杆计算其轴心力， M_y 按公式 (5.2.6-2) 和公式 (5.2.6-3) 分配给两分肢（图 5.2.6），然后按第 5.2.2 条的规定计算分肢稳定性。

分肢 1，

$$M_{y1} = \frac{I_1 / y_1}{I_1 / y_1 + I_2 / y_2} \cdot M_y \quad (5.2.6-2)$$

分肢 2，

$$M_{y2} = \frac{I_2/y_2}{I_1/y_1 + I_2/y_2} \cdot M_y \quad (5.2.6 - 3)$$

式中 I_1 、 I_2 ——分肢 1、分肢 2 对 y 轴的惯性矩；

y_1 、 y_2 —— M_y 作用的主轴平面至分肢 1、分肢 2 轴线的距离。

第 5.2.7 条 计算格构式压弯构件的缀件时，应取构件的实际剪力和按公式 (5.1.6) 计算的剪力两者中的较大值进行计算。

第 5.2.8 条 用作减小压弯构件弯矩作用平面外计算长度的支撑，其轴心力应按公式 (4.2.5) 计算的侧向力确定，但式中 A_f 为被支承构件的受压翼缘（对实腹式构件）或受压分肢（对格构式构件）的截面面积。

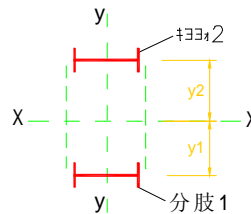


图 5.2.6 格构式构件截面

第三节 构件的计算长度和容许长细比

第 5.3.1 条 确定桁架弦杆和单系腹杆的长细比时，其计算长度 l_0 应按表 5.3.1 采用。

桁架弦杆和单系腹杆的计算长度 l_0 表 5.3.1

| 项次 | 弯曲方向 | 弦杆 | 腹杆 | |
|----|--------|-------|-----------|--------|
| | | | 支座斜杆和支座竖杆 | 其它腹杆 |
| 1 | 在桁架平面内 | l | l | $0.8l$ |
| 2 | 在桁架平面外 | l_1 | l | l |
| 3 | 斜平面 | — | l | $0.9l$ |

注：① l 为构件的几何长度（节点中心间距离）； l_1 为桁架弦杆侧向支承点之间的距离。

② 斜平面系指与桁架平面斜交的平面，适用于构件截面两主轴均不在桁架平面内的单角钢腹杆和双角钢十字形截面腹杆。

③ 无节点板的腹杆计算长度在任意平面内均取其等于几何长度。

当桁架弦杆侧向支承点之间的距离为节间长度的 2 倍（图

5.3—1) 且两节间的弦杆轴心压力有变化时, 则该弦杆在桁架平面外的计算长度, 应按下式确定 (但不应小于 $0.5l_1$):

$$l_0 = l_1 \left[0.75 + 0.25 \frac{N_2}{N_1} \right] \quad (5.3.1)$$

式中 N_1 ——较大的压力, 计算时取正值;

N_2 ——较小的压力或拉力, 计算时压力取正值, 拉力取负值。

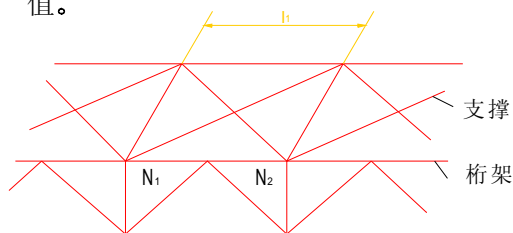


图 5.3.1 弦杆轴心压力在侧向支承点间有变化的桁架简图

桁架再分式腹杆体系的受压主斜杆及 K 形腹杆体系的竖杆等, 在桁架平面外的计算长度也应按公式 (5.3.1) 确定 (受拉主斜杆仍取 l_1); 在桁架平面内的计算长度则取节点中心间距离。

第 5.3.2 条 确定桁架交叉腹杆的长细比时, 在桁架平面内的计算长度应取节点中心到交叉点间的距离; 在桁架平面外的计算长度应按下列规定采用:

一、压杆

当相交的另一杆受拉, 且两杆在交叉点均不中断 $0.5l$

当相交的另一杆受拉, 两杆中有一杆在交叉点中断并以节点板搭接 $0.7l$

其它情况 l

二、拉杆 l

注: ① l 为节点中心间距离 (交叉点不作为节点考虑)。

② 当两交叉杆均受压时, 不宜有一杆中断。

③ 当确定交叉腹杆中单角钢压杆斜平面内的长细比时, 计算长度应取节点中心至交叉点的距离。

第 5.3.3 条 单层或多层框架等截面柱，在框架平面内的计算长度应等于该层柱的高度乘以计算长度系数 μ 。对无侧移框架， μ 值应按附表 4.1 确定；对有侧移框架， μ 值应按附表 4.2 确定。

第 5.3.4 条 单层厂房框架下端刚性固定的阶形柱，在框架平面内的计算长度应按下列规定确定：

一、单阶柱：

1. 下段柱的计算长度系数 μ_2 ：当柱上端与横梁铰接时，等于按附表 4.3（柱上端为自由的单阶柱）的数值乘以表 5.3.4 的折减系数；当柱上端与横梁刚接时，等于按附表 4.4（柱上端可移动但不转动的单阶柱）的数值乘以表 5.3.4 的折减系数。

2. 上段柱的计算长度系数 μ_1 ，应按下式计算：

$$\mu_1 = \frac{\mu_2}{\eta_1} \quad (5.3.4 - 1)$$

式中 η_1 ——参数，按附表 4.3 或附表 4.4 中公式计算。

二、双阶柱：

单层厂房阶形柱计算长度的折减系数 **表 5.3.4**

| 厂 房 类 型 | | | | 折减系数 |
|---------|-----------------|----------------|--------------------|------|
| 单跨或多跨 | 纵向温度区段内一个柱列的柱子数 | 屋 面 情 况 | 厂房两侧是否有通长的屋盖纵向水平支撑 | |
| 单跨 | 等于或少于 6 个 | — | — | 0.9 |
| | 多于 6 个 | 非大型钢筋混凝土屋面板的屋面 | 无纵向水平支撑 | |
| | | 大型钢筋混凝土屋面板的屋面 | 有纵向水平支撑 | 0.8 |
| 多跨 | — | 非大型钢筋混凝土屋面板的屋面 | 无纵向水平支撑 | |
| | | 大型钢筋混凝土屋面板的屋面 | 有纵向水平支撑 | |
| | — | 大型钢筋混凝土屋面板的屋面 | — | |

注：有横梁的露天结构（如落锤车间等），其折减系数可采用 0.9。

1. 下段柱的计算长度系数 μ_3 ：当柱上端与横梁铰接时，等于按附表 4.5（柱上端为自由的双阶柱）的数值乘以表 5.3.4 的折减系数；当柱上端与横梁刚接时，等于按附表 4.6（柱上端可移动但不转动的双阶柱）的数值乘以表 5.3.4 的折减系数。

2. 上段柱和中段柱的计算长度系数 μ_1 和 μ_2 ，应按下列公式计算：

$$\mu_1 = \frac{\mu_3}{\eta_1} \quad (5.3.4 - 2)$$

$$\mu_2 = \frac{\mu_3}{\eta_2} \quad (5.3.4 - 3)$$

式中 η_1 、 η_2 ——参数，按附表 4.5 或附表 4.6 中的公式计算。

第 5.3.5 条 当计算框架的格构式柱和桁架式横梁的线刚度时，应考虑柱或横梁截面高度变化和缀件（或腹杆）变形的影响。

第 5.3.6 条 框架柱沿房屋长度方向（在框架平面外）的计算长度应取阻止框架平面外位移的支承点（柱的支座、吊车梁、托架以及支撑和纵梁的固定节点等）之间的距离。

第 5.3.7 条 受压构件的长细比不宜超过表 5.3.7 的容许值。

受压构件的容许长细比 **表 5.3.7**

| 项次 | 构件名称 | 容许长细比 |
|----|-----------------------|-------|
| 1 | 柱、桁架和天窗架构件 | 150 |
| | 柱的缀条、吊车梁或吊车桁架以下的柱间支撑 | |
| 2 | 支撑（吊车梁或吊车桁架以下的柱间支撑除外） | 200 |
| | 用以减少受压构件长细比的杆件 | |

注：桁架（包括空间桁架）的受压腹杆，当其内力等于或小于承载能力的 50% 时，容许长细比值可取为 200。

第 5.3.8 条 受拉构件的长细比不宜超过表 5.3.8 的容许值。

受拉构件的容许长细比 表 5.3.8

| 项次 | 构件名称 | 承受静力荷载或间接承受动力荷载的结构 | | 直接承受动力荷载的结构 |
|----|-------------------|--------------------|-------------|-------------|
| | | 无吊车和有轻、中级工作制吊车的厂房 | 有重级工作制吊车的厂房 | |
| 1 | 桁架的杆件 | 350 | 250 | 250 |
| 2 | 吊车梁或吊车桁架以下的柱间支撑 | 300 | 200 | — |
| 3 | 支撑（第 2 项和张紧的圆钢除外） | 400 | 350 | — |

注：① 承受静力荷载的结构中，可仅计算受拉构件在竖向平面内的长细比。
 ② 在直接或间接承受动力荷载的结构中，计算单角钢受拉构件的长细比时，应采用角钢的最小回转半径；在计算单角钢交叉受拉杆件平面外的长细比时，应采用与角钢肢边平行轴的回转半径。
 ③ 中、重级工作制吊车桁架下弦杆的长细比不宜超过 200。
 ④ 在设有夹钳吊车或刚性料耙吊车的厂房中，支撑（表中第 2 项除外）的长细比不宜超过 300。
 ⑤ 受拉构件在永久荷载与风荷载组合作用下受压时，其长细比不宜超过 250。

第四节 受压构件的局部稳定

第 5.4.1 条 在受压构件中，翼缘板自由外伸宽度 b 与其厚度 t 之比，应符合下列要求：

一、轴心受压构件：

$$\frac{b}{t} \leq (10 + 0.1\lambda) \sqrt{\frac{235}{f_y}} \quad (5.4.1 - 1)$$

式中 λ ——构件两方向长细比的较大值：当 $\lambda < 30$ 时，取 $\lambda = 30$ ；当 $\lambda > 100$ 时，取 $\lambda = 100$ 。

二、压弯构件：

$$\frac{b}{t} \leq 15 \sqrt{\frac{235}{f_y}} \quad (5.4.1 - 2)$$

注：见第 4.3.9 条的注。

第 5.4.2 条 在工字形截面的受压构件中，腹板计算高度 h_0 与其厚度 t_w 之比，应符合下列要求：

一、轴心受压构件：

$$\frac{h_o}{t_w} \leq (25 + 0.5\lambda) \sqrt{\frac{235}{f_y}} \quad (5.4.2-1)$$

式中 λ ——构件两方向长细比的较大值：当 $\lambda < 30$ 时，取 $\lambda = 30$ ；
当 $\lambda > 100$ 时，取 $\lambda = 100$ 。

二、压弯构件：

当 $0 \leq \alpha_o \leq 1.6$ 时，

$$\frac{h_o}{t_w} \leq (16\alpha_o + 0.5\lambda + 25) \sqrt{\frac{235}{f_y}} \quad (5.4.2-2)$$

当 $1.6 < \alpha_o \leq 2.0$ 时，

$$\frac{h_o}{t_w} \leq (48\alpha_o + 0.5\lambda + 26.2) \sqrt{\frac{235}{f_y}} \quad (5.4.2-3)$$

式中 $\alpha_o = \frac{\sigma_{\max} - \sigma_{\min}}{\sigma_{\max}}$ ；

σ_{\max} ——腹板计算高度边缘的最大压应力，计算时不考虑构件的稳定系数；

σ_{\min} ——腹板计算高度另一边缘相应的应力，压应力取正值，拉应力取负值；

λ ——构件在弯矩作用平面内的长细比：当 $\lambda < 30$ 时，取 $\lambda = 30$ ；当 $\lambda > 100$ 时，取 $\lambda = 100$ 。

第 5.4.3 条 在箱形截面的受压构件中，受压翼缘的宽厚比应符合第 4.3.9 条的要求。

箱形截面受压构件的腹板计算高度 h_o 与其厚度 t_w 之比，应符合下列要求：

一、轴心受压构件，

$$\frac{h_o}{t_w} \leq 40 \sqrt{\frac{235}{f_y}} \quad (5.4.3)$$

二、压弯构件的 h_o/t_w 不应超过公式 (5.4.2-2) 或公式 (5.4.2-3) 右侧乘以 0.8 后的值 (当此值小于 $40 \sqrt{235/f_y}$ 时，应采用 $40 \sqrt{235/f_y}$)。

第 5.4.4 条 在 T 形截面受压构件中，腹板高度与其厚度之比，不应超过下列数值：

| | |
|-------------------------|----------------------------------|
| 一、轴心受压构件 | $(10+0.1\lambda) \sqrt{235/f_y}$ |
| 二、压弯构件 | |
| 当 $\alpha_0 \leq 1.0$ 时 | $15 \sqrt{235/f_y}$ |
| 当 $\alpha_0 > 1.0$ 时 | $18 \sqrt{235/f_y}$ |

λ 和 α_0 分别按第 5.4.1 条和第 5.4.2 条的规定采用。

第 5.4.5 条 工字形和箱形截面受压构件的腹板，其高厚比不符合第 5.4.2 条或第 5.4.3 条的要求时，可用纵向加劲肋加强，或在计算构件的强度和稳定性时将腹板的截面仅考虑计算高度边缘范围内两侧宽度各为 $20t_w \sqrt{235/f_y}$ 的部分（计算构件的稳定系数时，仍用全部截面）。

用纵向加劲肋加强的腹板，其在受压较大翼缘与纵向加劲肋之间的高厚比，应符合第 5.4.2 条或第 5.4.3 条的要求。

纵向加劲肋宜在腹板两侧成对配置，其一侧外伸宽度不应小于 $10t_w$ ，厚度不应小于 $0.75t_w$ 。

第六章 疲劳计算

第一节 一般规定

第 6.1.1 条 承受动力荷载重复作用的钢结构构件（如吊车梁、吊车桁架、工作平台梁等）及其连接，当应力变化的循环次数 n 等于或大于 10^5 次时，应进行疲劳计算。

第 6.1.2 条 本章规定不适用于特殊条件（如构件表面温度大于 150°C ，处于海水腐蚀环境，焊后经热处理消除残余应力以及低周一高应变疲劳条件等）下的结构构件及其连接的疲劳计算。

第 6.1.3 条 疲劳计算应采用容许应力幅法，应力按弹性状态计算，容许应力幅按构件和连接类别以及应力循环次数确定。在应力循环中不出现拉应力的部位可不计算疲劳。

第二节 疲劳计算

第 6.2.1 条 对常幅（所有应力循环内的应力幅保持常量）疲劳，应按下列式进行计算：

$$\Delta\sigma \leq [\Delta\sigma] \quad (6.2.1-1)$$

式中 $\Delta\sigma$ ——对焊接部位为应力幅， $\Delta\sigma = \sigma_{\max} - \sigma_{\min}$ ；对非焊接部位为折算应力幅， $\Delta\sigma = \sigma_{\max} - 0.7\sigma_{\min}$ ；

σ_{\max} ——计算部位每次应力循环中最大拉应力（取正值）；

σ_{\min} ——计算部位每次应力循环中最小拉应力或压应力（拉应力取正值，压应力取负值）；

$[\Delta\sigma]$ ——常幅疲劳的容许应力幅（ N/mm^2 ），应按下列式计算：

$$[\Delta\sigma] = \left(\frac{C}{n} \right)^{1/n} \quad (6.2.1-2)$$

n ——应力循环次数；

C、β——参数，根据附录五中的构件和连接类别按表 6.2.1 采用。

参数 C、β 表 6.2.1

| 构件和连接类别 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| C | 1940 ×10 ¹² | 861 ×10 ¹² | 3.26 ×10 ¹² | 2.18 ×10 ¹² | 1.47 ×10 ¹² | 0.96 ×10 ¹² | 0.65 ×10 ¹² | 0.41 ×10 ¹² |
| β | 4 | 4 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |

第 6.2.2 条 重级工作制吊车梁和重级、中级工作制吊车桁架的疲劳可作为常幅疲劳按下式计算：

$$\alpha_f \cdot \Delta\sigma \leq [\Delta\sigma]_{2 \times 10^6} \quad (6.2.2)$$

式中 α_f——欠载效应的等效系数，按表 6.2.2-1 采用；

[Δσ]_{2×10⁶}——循环次数 n 为 2×10⁶ 次的容许应力幅，按表 6.2.2-2 采用。

吊车梁和吊车桁架欠载效应的等效系数 α_f 表 6.2.2-1

| 吊 车 类 型 | α _f |
|-----------------------|----------------|
| 重级工作制硬钩吊车（如均热炉车间夹钳吊车） | 1.0 |
| 重级工作制软钩吊车 | 0.8 |
| 中级工作制吊车 | 0.5 |

循环次数 n 为 2×10⁶ 次的容许应力幅 (N/mm²) 表 6.2.2-2

| 构件和连接类别 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|----------------------------------|-----|-----|-----|-----|----|----|----|----|
| [Δσ] _{2×10⁶} | 176 | 144 | 118 | 103 | 90 | 78 | 69 | 59 |

注：表中的容许应力幅是按公式 (6.2.1-2) 算得的。

第 6.2.3 条 对变幅(应力循环内的应力幅随机变化)疲劳，若能预测结构在使用寿命期间各种荷载的频率分布、应力幅水平以及频次分布总和所构成的设计应力谱，则可将其折算为等效常

幅疲劳，按下式进行计算：

$$\Delta\sigma_e \leq [\Delta\sigma] \quad (6.2.3-1)$$

式中 $\Delta\sigma_e$ ——变幅疲劳的等效力幅，按下式确定：

$$\Delta\sigma_e = \left[\frac{\sum n_i (\Delta\sigma_i)^\beta}{\sum n_i} \right]^{1/\beta} \quad (6.2.3-2)$$

$\sum n_i$ ——以应力循环次数表示的结构预期使用寿命；

n_i ——预期寿命内应力幅水平达到 $\Delta\sigma_i$ 的应力循环次数。

第七章 连接计算

第一节 焊缝连接

第 7.1.1 条 对接焊缝应按下列规定计算：

一、在对接接头和 T 形接头中，垂直于轴心拉力或轴心压力的对接焊缝，其强度应按下列公式计算：

$$\sigma = \frac{N}{l_w t} \leq f_t^w \quad \text{或} \quad f_c^w \quad (7.1.1 - 1)$$

式中 N ——轴心拉力或轴心压力；

l_w ——焊缝长度；

t ——在对接接头中为连接件的较小厚度；在 T 形接头中为腹板的厚度；

f_t^w 、 f_c^w ——对接焊缝的抗拉、抗压强度设计值。

二、在对接接头和 T 形接头中，承受弯矩和剪力共同作用的对接焊缝，其正应力和剪应力应分别进行计算。但在同时受有较大正应力和剪应力处（例如梁腹板横向对接焊缝的端部），应按下列公式计算折算应力：

$$\sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \leq 1.1f_t^w \quad (7.1.1 - 2)$$

注：①当承受轴心力的板件用斜焊缝对接，焊缝与作用力间的夹角 θ 符合 $\tan\theta \leq 1.5$ 时，其强度可不计算。

②当对接焊缝无法采用引弧板施焊时，每条焊缝的长度计算时应各减去 10mm。

第 7.1.2 条 直角角焊缝（图 7.1.2）的强度应按下列公式计算：

一、在通过焊缝形心的拉力、压力或剪力作用下：

当力垂直于焊缝长度方向时，

$$\sigma_t = \frac{N}{h_e l_w} \leq \beta_t f_t^w \quad (7.1.2 - 1)$$

当力平行于焊缝长度方向时，

$$\tau_f = \frac{N}{h_e l_w} \leq f_f^v \quad (7.1.2-2)$$

二、在其它力或各种力综合作用下， σ_f 和 τ_f 共同作用处：

$$\sqrt{\left(\frac{\sigma_f}{\beta_f}\right)^2 + \tau_f^2} \leq f_f^v \quad (7.1.2-3)$$

在公式 (7.1.2-1) 至公式 (7.1.2-3) 中：

σ_f ——按焊缝有效截面 ($h_e l_w$) 计算，垂直于焊缝长度方向的应力；

τ_f ——按焊缝有效截面计算，沿焊缝长度方向的剪应力；

h_e ——角焊缝的有效厚度，对直角角焊缝等于 $0.7h_f$ ， h_f 为较小焊脚尺寸；

l_w ——角焊缝的计算长度，对每条焊缝取其实际长度减去 10mm ；

f_f^v ——角焊缝的强度设计值；

β_f ——正面角焊缝的强度设计值增大系数：对承受静力荷载和间接承受动力荷载的结构， $\beta_f=1.22$ ；对直接承受动力荷载的结构， $\beta_f=1.0$ 。

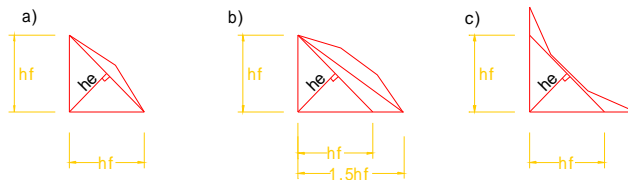


图 7.1.2 直角角焊缝截面

第 7.1.3 条 斜角角焊缝 (图 7.1.3) 的强度应按公式 (7.1.2-1) 至公式 (7.1.2-3) 计算，但取 $\beta_f=1.0$ ，其有效厚度为：当 $\alpha > 90^\circ$ 时， $h_e = h_f \cos \frac{\alpha}{2}$ ；当 $\alpha \leq 90^\circ$ 时， $h_e = 0.7h_f$ 。 α 为两焊脚边的夹角。

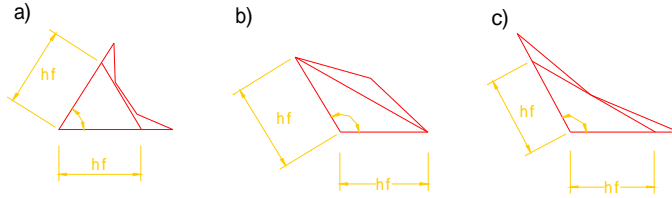


图 7.1.3 斜角角焊缝截面

第 7.1.4 条 不焊透的对接焊缝(图 7.1.4)的强度,应按角焊缝的计算公式(7.1.2—1)至公式(7.1.2—3)计算,但取 $\beta_f = 1.0$, 其有效厚度应采用:

V 形坡口

当 $\alpha \geq 60^\circ$ 时 $h_e = s$

当 $\alpha < 60^\circ$ 时 $h_e = 0.75s$

U 形、J 形坡口

$h_e = s$

s 为坡口根部至焊缝表面(不考虑余高)的最短距离; α 为 V 形坡口角度。

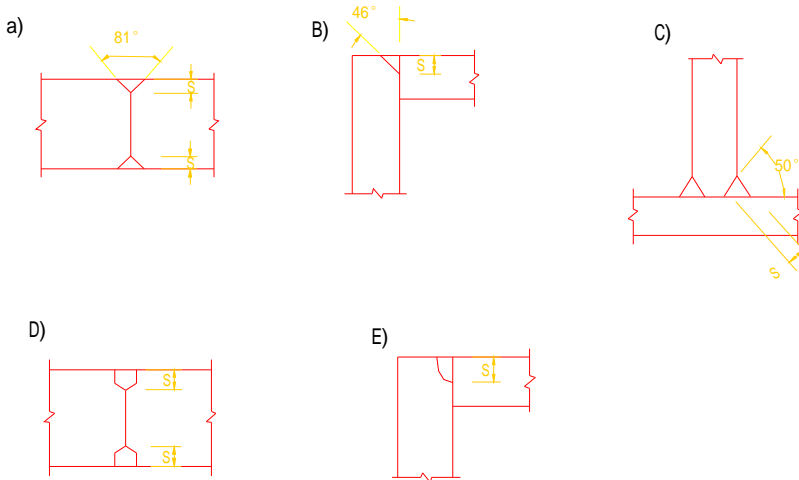


图 7.1.4 不焊透的对接焊缝截面

a、b、c—V 形坡口; d—U 形坡口; e—J 形坡口

当熔合线处焊缝截面边长等于或接近于最短距离 s 时(图 7.1.4b、c、e),抗剪强度设计值应按角焊缝的强度设计值乘以 0.9。

在垂直于焊缝长度方向的压力作用下,强度设计值可采用角焊缝的强度设计值乘以 1.22。

第二节 螺栓连接和铆钉连接

第 7.2.1 条 普通螺栓、锚栓和铆钉应按下列规定计算:

一、在普通螺栓或铆钉受剪的连接中,每个普通螺栓或铆钉的承载力设计值应取受剪和承压承载力设计值中的较小者:

受剪承载力设计值:

普通螺栓,

$$N_v^b = n_v \frac{\pi d^2}{4} f_v^b \quad (7.2.1-1)$$

铆钉,

$$N_v^r = n_v \frac{\pi d_o^2}{4} f_v^r \quad (7.2.1-2)$$

承压承载力设计值:

普通螺栓,

$$N_c^b = d \cdot \sum t \cdot f_c^b \quad (7.2.1-3)$$

铆钉,

$$N_c^r = d_o \cdot \sum t \cdot f_c^r \quad (7.2.1-4)$$

式中 n_v ——受剪面数目;

d ——螺栓杆直径;

d_o ——铆钉孔直径;

$\sum t$ ——在同一受力方向的承压构件的较小总厚度;

f_v^b 、 f_c^b ——螺栓的抗剪和承压强度设计值;

f_v^r 、 f_c^r ——铆钉的抗剪和承压强度设计值。

二、在普通螺栓、锚栓或铆钉杆轴方向受拉的连接中,每个普通螺栓、锚栓或铆钉的承载力设计值应按下列公式计算:

普通螺栓,

$$N_t^b = \frac{\pi d_e^2}{4} f_t^b \quad (7.2.1-5)$$

锚栓，

$$N_t^a = \frac{\pi d_e^2}{4} f_t^a \quad (7.2.1-6)$$

铆钉，

$$N_t^r = \frac{\pi d_o^2}{4} f_t^r \quad (7.2.1-7)$$

式中 d_e ——普通螺栓或锚栓在螺纹处的有效直径；

f_t^b 、 f_t^a 、 f_t^r ——普通螺栓、锚栓和铆钉的抗拉强度设计值。

三、同时承受剪力和杆轴方向拉力的普通螺栓和铆钉，应分别符合下列公式的要求：

普通螺栓，

$$\sqrt{\left(\frac{N_v}{N_v^b}\right)^2 + \left(\frac{N_t}{N_t^b}\right)^2} \leq 1 \quad (7.2.1-8)$$

$$N_v \leq N_v^b \quad (7.2.1-9)$$

铆钉，

$$\sqrt{\left(\frac{N_v}{N_v^r}\right)^2 + \left(\frac{N_t}{N_t^r}\right)^2} \leq 1 \quad (7.2.1-10)$$

$$N_v \leq N_v^r \quad (7.2.1-11)$$

式中 N_v 、 N_t ——每个普通螺栓或铆钉所承受的剪力和拉力；

N_v^b 、 N_t^b 、 N_c^b ——每个普通螺栓的受剪、受拉和承压承载力设计值；

N_v^r 、 N_t^r 、 N_c^r ——每个铆钉的受剪、受拉和承压承载力设计值。

第 7.2.2 条 摩擦型高强度螺栓应按下列规定计算：

一、在抗剪连接中，每个摩擦型高强度螺栓的承载力设计值应按下列公式计算：

$$N_v^b = 0.9 n_f \mu P \quad (7.2.2)$$

式中 n_f ——传力摩擦面数目；

μ ——摩擦面的抗滑移系数，应按表 7.2.2-1 采用；

P ——每个高强度螺栓的预拉力，应按表 7.2.2-2 采用。

二、在杆轴方向受拉的连接中，每个摩擦型高强度螺栓的承载力设计值，取 $N_t^b = 0.8P$ 。

三、当摩擦型高强度螺栓连接同时承受摩擦面间的剪切和螺栓杆轴方向的外拉力时，每个摩擦型高强度螺栓的受剪承载力设计值仍应按公式(7.2.2)计算，但应以 $P=1.25N_t$ 代替 P 。此处 N_t 为每个高强度螺栓在其杆轴方向的外拉力，其值不应大于 $0.8P$ 。

摩擦面的抗滑移系数 μ 表 7.2.2-1

| 在连接处构件接触面的处理方法 | 构件的钢号 | | |
|---------------------|-------|------------------|--------------------|
| | 3号钢 | 16Mn钢或 16Mnq钢 | 15MnV钢 或15MnVq钢 |
| 喷砂 | 0.45 | 0.55 | 0.55 |
| 喷砂后涂无机富锌漆 | 0.35 | 0.40 | 0.40 |
| 喷砂后生赤锈 | 0.45 | 0.55 | 0.55 |
| 钢丝刷清除浮锈或未经处理的干净轧制表面 | 0.30 | 0.35 | 0.35 |

每个高强度螺栓的预拉力 P (KN) 表 7.2.2-2

| 螺栓的性能等级 | 螺栓公称直径 (mm) | | | | | |
|---------|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| | M16 | M20 | M22 | M24 | M27 | M30 |
| 8.8级 | 70 | 110 | 135 | 155 | 205 | 250 |
| 10.9级 | 100 | 155 | 190 | 225 | 290 | 355 |

第 7.2.3 条 承压型高强度螺栓应按下列规定计算：

一、承压型高强度螺栓的预拉力 P 和连接处构件接触面的处理方法应与摩擦型高强度螺栓相同。

承压型高强度螺栓仅用于承受静力荷载和间接承受动力荷载结构中的连接。

二、在抗剪连接中，每个承压型高强度螺栓的承载力设计值的计算方法与普通螺栓相同，但当剪切面在螺纹处时，其受剪承载力设计值应按螺纹处的有效面积进行计算。

三、在杆轴方向受拉的连接中，每个承压型高强度螺栓的承载力设计值， $N_t^b=0.8P$ 。

四、同时承受剪力和杆轴方向拉力的承压型高强度螺栓，应符合下列公式的要求：

$$\sqrt{\left(\frac{N_v}{N_v^b}\right)^2 + \left(\frac{N_t}{N_t^b}\right)^2} \leq 1 \quad (7.2.3-1)$$

$$N_v \leq N_v^b/1.2 \quad (7.2.3-2)$$

式中 N_v 、 N_t ——每个承压型高强度螺栓所承受的剪力和拉力；

N_v^b 、 N_t^b 、 N_c^b ——每个承压型高强度螺栓的受剪、受拉和承压承载力设计值。

五、在抗剪连接中以及同时承受剪力和杆轴方向拉力的连接中，承压型高强度螺栓的受剪承载力设计值不得大于按摩擦型连接计算的1.3倍。

第7.2.4条 在构件的节点处或拼接接头的一端，当螺栓或铆钉沿受力方向的连接长度 l_1 大于 $15d_0$ 时，应将螺栓或铆钉的承载力设计值乘以折减系数 $(1.1 - \frac{l_1}{150d_0})$ 。当 l_1 大于 $60d_0$ 时，折减系数为0.7， d_0 为孔径。

第7.2.5条 在下列情况的连接中，螺栓或铆钉的数目应予增加：

一、一个构件借助填板或其它中间板件与另一构件连接的螺栓（摩擦型高强度螺栓除外）或铆钉数目，应按计算增加10%。

二、搭接或用拼接板的单面连接，螺栓（摩擦型高强度螺栓除外）或铆钉数目，应按计算增加10%。

三、在构件的端部连接中，当利用短角钢连接型钢（角钢或槽钢）的外伸肢以缩短连接长度时，在短角钢两肢中的一肢上，所用的螺栓或铆钉数目应按计算增加50%。

四、当铆钉连接的铆合总厚度超过铆钉直径的5倍时，总厚度每超过2mm，铆钉数目应按计算增加1%（至少应增加一个铆钉），但铆合总厚度不得超过铆钉直径的7倍。

第三节 组合工字梁翼缘连接

第 7.3.1 条 组合工字梁翼缘与腹板的双面角焊缝连接，其强度应按下列式计算：

$$\frac{1}{2h_e} \sqrt{\left(\frac{VS_1}{I}\right)^2 + \left(\frac{\Psi F}{\beta_f l_z}\right)^2} \leq f_f^w \quad (7.3.1)$$

式中 S_1 ——翼缘毛截面对梁中和轴的面积矩；

I ——梁的毛截面惯性矩。

公式 (7.3.1) 中， F 、 Ψ 和 l_z 应按第 4.1.3 条采用； β_f 应按第 7.1.2 条采用。

注：①当梁上翼缘受有固定集中荷载时，宜在该处设置顶紧上翼缘的支承加劲肋。此时取 $F=0$ 。

②当腹板与翼缘的连接焊缝采用焊透的对接焊缝时，其强度可不计算。

第 7.3.2 条 组合工字梁翼缘与腹板的铆钉（或摩擦型高强度螺栓）的承载力，应按下列式计算：

$$a \sqrt{\left(\frac{VS_1}{I}\right)^2 + \left(\frac{\alpha_1 \Psi F}{l^2}\right)^2} \leq N_{min}^r \quad \text{或} \quad N_{\%}^b \quad (7.3.2)$$

式中 a ——翼缘铆钉（或螺栓）间距；

α_1 ——系数：当荷载 F 作用于梁上翼缘而腹板刨平顶紧上翼缘时， $\alpha_1=0.4$ ；其它情况， $\alpha_1=1.0$ ；

N_{min}^r ——一个铆钉的受剪和承压承载力设计值的较小值；

$N_{\%}^b$ ——一个摩擦型高强度螺栓的受剪承载力设计值。

注：见第 7.3.1 条注①。

第四节 支 座

第 7.4.1 条 铰轴式支座的圆柱形枢轴（图 7.4.1），当接触面中心角 $\theta \geq 90^\circ$ 时，其承压应力应按下列式计算：

$$\sigma = \frac{2R}{dl} \leq f \quad (7.4.1)$$

式中 R ——支座反力；

d ——枢轴直径；

l ——枢轴纵向接触面长度。

第 7.4.2 条 弧形支座板与平板自由接触(图 7.4.2)的承压应力应按下式计算:

$$\sigma = \frac{25R}{2rl} \leq f \quad (7.4.2)$$

式中 r ——支座板弧形表面的半径;

l ——弧形表面与平板的接触长度。

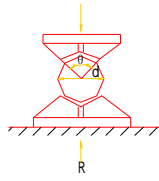


图 7.4.1 铰轴式支座

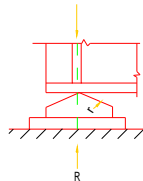


图 7.4.2 弧形支座

第 7.4.3 条 滚轴与平板自由接触(图 7.4.3)的承压应力应按下式计算:

$$\sigma = \frac{25R}{nd_1l} \leq f \quad (7.4.3)$$

式中 n ——滚轴数目;

d_1 ——滚轴直径;

l ——滚轴与平板的接触长度。

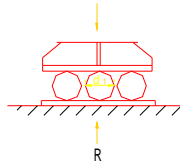


图 7.4.3 滚轴支座

第 7.4.4 条 轴心受压柱或压弯柱的端部为铣平端时,柱身的最大压力直接由铣平端传递,其连接焊缝、铆钉或螺栓应按最大压力的 15% 计算;当压弯柱出现受拉区时,该区的连接尚应按最大拉力计算。

第八章 构造要求

第一节 一般规定

第 8.1.1 条 钢结构的构造应便于制作、安装、维护并使结构受力简单明确，减少应力集中。以受风载为主的空腹结构，应力求减少受风面积。

第 8.1.2 条 在钢结构的受力构件及其连接中，不宜采用：厚度小于 5mm 的钢板；厚度小于 3mm 的钢管；截面小于 L 45×4 或 L 56×36×4 的角钢（对焊接结构）或截面小于 L 50×5 的角钢（对螺栓连接或铆钉连接结构）。但第十一章的轻型钢结构不受此限。

第 8.1.3 条 焊接结构是否需要采用焊前预热或焊后热处理等特殊措施，应根据材质、焊件厚度、焊接工艺、施焊时气温等综合因素来确定。在正常情况下，焊件的厚度为：对低碳钢，不宜大于 50mm；对低合金钢，不宜大于 36mm。

第 8.1.4 条 为了保证结构的空间工作，提高结构的整体刚度，承担和传递水平力，防止杆件产生过大的振动，避免压杆的侧向失稳，以及保证结构安装时的稳定，应根据结构及其荷载的不同情况设置可靠的支撑系统。在建筑物每一个温度区段或分期建设的区段中，应分别设置独立的空间稳定的支撑系统。

第 8.1.5 条 单层房屋和露天结构的温度区段长度（伸缩缝的间距），当不超过表 8.1.5 的数值时，可不计算温度应力。

温度区段长度值 (m) 表 8.1.5

| 结构情况 | 纵向温度区段 (垂直屋架或 构架跨度方向) | 横向温度区段 (沿屋架或构架跨度方向) | |
|----------------|-----------------------------|------------------------|-------|
| | | 柱顶为刚接 | 柱顶为铰接 |
| 采暖房屋和非采暖地区的房屋 | 220 | 120 | 150 |
| 热车间和采暖地区的非采暖房屋 | 180 | 100 | 125 |
| 露天结构 | 120 | — | — |

注：① 厂房柱为其它材料时，应按相应规范的规定设置伸缩缝。围护结构可根据具体情况参照有关规范单独设置伸缩缝。

② 无桥式吊车房屋的柱间支撑和有桥式吊车房屋吊车梁或吊车桁架以下的柱间支撑，宜对称布置于温度区段中部。当不对称布置时，上述柱间支撑的中点（两道柱间支撑时为两支撑距离的中点）至温度区段端部的距离不宜大于表 8.1.5 纵向温度区段长度的 60%。

第二节 焊缝连接

第 8.2.1 条 焊缝金属宜与基本金属相适应。当不同强度的钢材连接时，可采用与低强度钢材相适应的焊接材料。

第 8.2.2 条 在设计中不得任意加大焊缝，避免焊缝立体交叉和在一处集中大量焊缝，同时焊缝的布置应尽可能对称于构件重心。

注：钢板的拼接：当采用对接焊缝时，纵横两方向的对接焊缝，可采用十字形交叉或丁形交叉；当为 T 形交叉时，交叉点的间距不得小于 200mm。

第 8.2.3 条 对接焊缝的坡口形式，应根据板厚和施工条件按现行标准《手工电弧焊接接头的基本型式与尺寸》和《埋弧焊接接头的基本型式与尺寸》的要求选用。

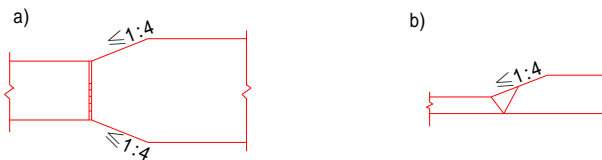


图 8.2.4 不同宽度或厚度钢板的拼接
a—不同宽度；b—不同厚度

第 8.2.4 条 在对接焊缝的拼接处：当焊件的宽度不同或厚度相差 4mm 以上时，应分别在宽度方向或厚度方向从一侧或两侧做成坡度不大于 1/4 的斜角（图 8.2.4）；当厚度不同时，焊缝坡口形式应根据较薄焊件厚度按第 8.2.3 条的要求取用。

第 8.2.5 条 当采用不焊透的对接焊缝时，应在设计图中注明坡口的形式和尺寸，其有效厚度 h_e (mm) 不得小于 $1.5\sqrt{t}$ ， t 为坡口所在焊件的较大厚度 (mm)。

在承受动力荷载的结构中，垂直于受力方向的焊缝不宜采用不焊透的对接焊缝。

第 8.2.6 条 角焊缝两焊脚边的夹角 a 一般为 90° （直角角焊缝）。夹角 $a > 120^\circ$ 或 $a < 60^\circ$ 的斜角角焊缝，不宜用作受力焊缝（钢管结构除外）。

第 8.2.7 条 角焊缝的尺寸应符合下列要求：

一、角焊缝的焊脚尺寸 h_f (mm) 不得小于 $1.5\sqrt{t}$ ， t 为较厚焊件厚度 (mm)。但对自动焊，最小焊脚尺寸可减小 1mm；对 T 形连接的单面角焊缝，应增加 1mm。当焊件厚度等于或小于 4mm 时，则最小焊脚尺寸应与焊件厚度相同。

二、角焊缝的焊脚尺寸不宜大于较薄焊件厚度的 1.2 倍（钢管结构除外），但板件（厚度为 t ）边缘的角焊缝最大焊脚尺寸，尚应符合下列要求：

1. 当 $t \leq 6\text{mm}$ 时， $h_f \leq t$ ；
2. 当 $t > 6\text{mm}$ 时， $h_f \leq t - (1 \sim 2)$ mm。

圆孔或槽孔内的角焊缝焊脚尺寸尚不宜大于圆孔直径或槽孔短径的 1/3。

三、角焊缝的两焊脚尺寸一般为相等。当焊件的厚度相差较大，且等焊脚尺寸不能符合本条第一、二项要求时，可采用不等焊脚尺寸，与较薄焊件接触的焊脚边应符合本条第二项的要求；与较厚焊件接触的焊脚边应符合本条第一项的要求。

四、侧面角焊缝或正面角焊缝的计算长度不得小于 $8h_f$ 和 40mm。

五、侧面角焊缝的计算长度不宜大于 $60h_f$ (承受静力荷载或间接承受动力荷载时) 或 $40h_f$ (承受动力荷载时); 当大于上述数值时, 其超过部分在计算中不予考虑。若内力沿侧面角焊缝全长分布时, 其计算长度不受此限。

第 8.2.8 条 在直接承受动力荷载的结构中, 角焊缝表面应做成直线形或凹形。焊脚尺寸的比例: 对正面角焊缝宜为 $1:1.5$ (长边顺内力方向); 对侧面角焊缝可为 $1:1$ 。

第 8.2.9 条 在次要构件或次要焊缝连接中, 可采用断续角焊缝。断续角焊缝之间的净距, 不应大于 $15t$ (对受压构件) 或 $30t$ (对受拉构件), t 为较薄焊件的厚度。

第 8.2.10 条 当板件的端部仅有两侧面角焊缝连接时, 每条侧面角焊缝长度不宜小于两侧面角焊缝之间的距离; 同时两侧面角焊缝之间的距离不宜大于 $16t$ (当 $t > 12\text{mm}$) 或 200mm (当 $t \leq 12\text{mm}$), t 为较薄焊件的厚度。

第 8.2.11 条 杆件与节点板的连接焊缝 (图 8.2.11), 一般宜采用两面侧焊, 也可用三面围焊, 对角钢杆件可采用 L 形围焊, 所有围焊的转角处必须连续施焊。

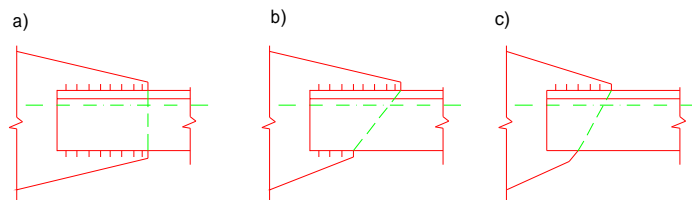


图 8.2.11 杆件与节点板的焊缝连接
a—两面侧焊; b—三面围焊; c—L 形围焊

第 8.2.12 条 当角焊缝的端部在构件转角处作长度为 $2h_f$ 的绕角焊时, 转角处必须连续施焊。

第 8.2.13 条 在搭接连接中, 搭接长度不得小于焊件较小厚度的 5 倍, 并不得小于 25mm 。

第三节 螺栓连接和铆钉连接

第 8.3.1 条 每一杆件在节点上以及拼接接头的一端，永久性的螺栓（或铆钉）数不宜少于两个。对组合构件的缀条，其端部连接可采用一个螺栓（或铆钉）。

第 8.3.2 条 高强度螺栓孔应采用钻成孔。摩擦型高强度螺栓的孔径比螺栓公称直径 d 大 $1.5\sim 2.0\text{mm}$ ；承压型高强度螺栓的孔径比螺栓公称直径 d 大 $1.0\sim 1.5\text{mm}$ 。

第 8.3.3 条 在高强度螺栓连接范围内，构件接触面的处理方法应在施工图中说明。

第 8.3.4 条 螺栓或铆钉的距离应符合表 8.3.4 的要求。

螺栓或铆钉的最大、最小容许距离 表 8.3.4

| 名称 | 位置和方向 | | 最大容许距离（取两者的较小值） | 最小容许距离 | |
|-----------|--------|-----|-----------------|----------|-----------------|
| 中心间距 | 任意方向 | 外排 | $8d_0$ 或 $12t$ | $3d_0$ | |
| | | 中间排 | 构件受压力 | | $12d_0$ 或 $18t$ |
| | | | 构件受拉力 | | $16d_0$ 或 $24t$ |
| 中心至构件边缘距离 | 顺内力方向 | | $4d_0$ 或 $8t$ | $2d_0$ | |
| | 垂直内力方向 | 切割边 | | $1.5d_0$ | |
| | | 轧制边 | | 高强度螺栓 | $1.2d_0$ |
| | | | | 其它螺栓或铆钉 | |

注：① d_0 为螺栓或铆钉的孔径， t 为外层较薄板件的厚度。

② 钢板边缘与刚性构件（如角钢、槽钢等）相连的螺栓或铆钉的最大间距，可按中间排的数值采用。

第 8.3.5 条 C 级螺栓宜用于沿其杆轴方向受拉连接，在下列情况下可用于受剪连接：

- 一、承受静力荷载或间接承受动力荷载结构中的次要连接。
- 二、不承受动力荷载的可拆卸结构的连接。
- 三、临时固定构件用的安装连接。

第 8.3.6 条 对直接承受动力荷载的普通螺栓连接应采用双螺帽或其它能防止螺帽松动的有效措施。

第 8.3.7 条 当型钢构件的拼接采用高强度螺栓连接时，其拼接件宜采用钢板。

第 8.3.8 条 沉头和半沉头铆钉不得用于沿其杆轴方向受拉的连接。

第四节 结构构件

(I) 柱

第 8.4.1 条 在缀材面剪力较大或宽度较大的格构式柱，宜采用缀条柱。

缀条柱中，同一截面处缀板（或型钢横杆）的线刚度之和不得小于柱较大分肢线刚度的 6 倍。

第 8.4.2 条 当实腹式柱的腹板计算高度 h_0 与厚度 t_w 之比大于 80 时，应采用横向加劲肋加强，其间距不得大于 $3h_0$ 。

横向加劲肋的尺寸和构造应按第 4.3.7 条的有关规定采用。

第 8.4.3 条 格构式柱或大型实腹式柱，在受有较大水平力处和运送单元的端部应设置横隔，横隔的间距不得大于柱截面较大宽度的 9 倍或 8m。

(II) 桁 架

第 8.4.4 条 焊接桁架应以杆件重心线为轴线，螺栓（或铆钉）连接的桁架可采用靠近杆件重心线的螺栓（或铆钉）准线为轴线，在节点处各轴线应交于一点。

当桁架弦杆的截面变化时，如轴线变动不超过较大弦杆截面高度的 5%，可不考虑其影响。

第 8.4.5 条 分析桁架杆件内力时，可将节点视为铰接。当桁架杆件为 H 型、箱型等刚度较大的截面，且在桁架平面内的杆件截面高度与其几何长度（节点中心间的距离）之比大于 1/10

(对弦杆)或大于 $1/15$ (对腹杆)时,应考虑节点刚性所引起的次弯矩。

第 8.4.6 条 当桁架杆件用节点板连接时,弦杆与腹杆、腹杆与腹杆之间的间隙,不宜小于 **20mm**。

第 8.4.7 条 节点板厚度一般根据所连接杆件内力的大小确定,但不得小于 **6mm**。节点板的平面尺寸应适当考虑制作和装配的误差。

第 8.4.8 条 跨度大于 **36m** 的两端铰支桁架,应考虑在竖向荷载作用下,下弦弹性伸长所产生水平推力对支承构件的影响。

第 8.4.9 条 两端简支、跨度为 **15m** 或 **15m** 以上的三角形屋架和跨度为 **24m** 或 **24m** 以上的梯形和平行弦桁架,当下弦无曲折时,宜起拱,拱度约为跨度的 $1/500$ 。

(Ⅲ) 梁

第 8.4.10 条 焊接梁的翼缘一般用一层钢板作成,当采用两层钢板时,外层钢板与内层钢板厚度之比宜为 $0.5\sim 1.0$ 。不沿梁通长设置的外层钢板,其理论截断点处的外伸长度 l_1 应符合下列要求:

端部有正面角焊缝

当 $h_f \geq 0.75t$ 时 $l_1 \geq b$

当 $h_f < 0.75t$ 时 $l_1 \geq 1.5b$

端部无正面角焊缝 $l_1 \geq 2b$

b 和 t 分别为外层翼缘板的宽度和厚度; h_f 为侧面角焊缝和正面角焊缝的焊脚尺寸。

第 8.4.11 条 铆接(或摩擦型高强度螺栓连接)梁的翼缘板不宜超过三层,翼缘角钢面积不宜少于整个翼缘面积的 **30%**,当采用最大型号的角钢仍不能符合此要求时,可加设腋板(图 8.4.11)。此时角钢与腋板面积之和不应少于翼缘总面积的 **30%**。

当翼缘板不沿梁通长设置时,理论截断点处外伸长度内的铆

钉（或摩擦型高强度螺栓）数目，应按该板 1/2 净截面面积的承载力进行计算。

第 8.4.12 条 焊接梁的横向加劲肋与翼缘板相接处应切角，当切成斜角时，其宽约 $b_s/3$ （但不大于 40mm），高约 $b_s/2$ （但不大于 60mm），见图 8.4.12， b_s 为加劲肋的宽度。



图 8.4.11 铆接（或摩擦型高强度螺栓连接）梁的翼缘截面

图 8.4.12 加劲肋的切角

第 8.4.13 条 梁的端部支承加劲肋的下端，按端面承压强度设计值进行计算时，应刨平顶紧，其中突缘加劲板（图 8.4.13b）的伸出长度不得大于其厚度的 2 倍。

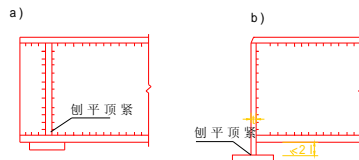


图 8.4.13 梁的支座

(IV) 柱脚锚栓

第 8.4.14 条 柱脚锚栓不得用以承受柱脚底部的水平反力，此水平反力应由底板与混凝土基础间的摩擦力或设置抗剪键承受。

第 8.4.15 条 柱脚锚栓埋置在基础中的深度,应使锚栓的内力通过其和混凝土之间的粘结力传递。当埋置深度受到限制时,则锚栓应牢固地固定在锚板或锚梁上,以传递锚栓的全部内力,此时锚栓与混凝土之间的粘结力可不予考虑。

第五节 对吊车梁转吊车桁架（或类似的梁和桁架）的要求

第 8.5.1 条 焊接吊车梁的翼缘板宜用一层钢板,当采用两层钢板时,外层钢板宜沿梁通长设置,并应在设计和施工中采取措施使上翼缘两层钢板紧密接触。

第 8.5.2 条 支承夹钳或刚性料耙硬钩吊车以及类似吊车的结构,不宜采用吊车桁架和制动桁架。

第 8.5.3 条 焊接吊车桁架应符合下列要求:

一、在桁架节点处,腹杆与弦杆之间的间隙 a 不宜小于 50mm ,节点板的两侧边宜作成半径 r 不小于 60mm 的圆弧;节点板边缘与腹杆轴线的夹角 θ 不应小于 30° (图 8.5.3);节点板与角钢弦杆的连接焊缝,起落弧点应至少缩进 5mm (图 8.5.3a);

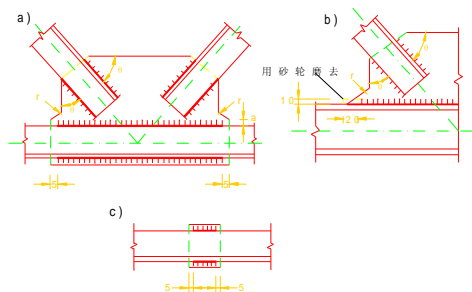


图 8.5.3 吊车桁架节点

节点板与工字钢弦杆的 T 形连接焊缝应予焊透，圆弧处不得有起落弧缺陷，其中重级工作制吊车桁架的圆弧处应予打磨，使之与弦杆平缓过渡（图 8.5.3b）。

二、杆件的填板当用焊缝连接时，焊缝起落弧点应缩进至少 5mm（图 8.5.3c），重级工作制吊车桁架杆件的填板应采用高强度螺栓连接。

第 8.5.4 条 吊车梁翼缘板或腹板的焊接拼接应采用加引弧板的焊透对接焊缝，引弧板割去处应予打磨平整。吊车梁的工地整段拼接宜采用摩擦型高强度螺栓。

第 8.5.5 条 在焊接吊车梁或吊车桁架中，下列部位的 T 形连接应予焊透；焊缝质量不低于二级焊缝标准（形式见图 8.5.5）：

一、重级工作制和起重量 $Q \geq 50t$ 的中级工作制吊车梁腹板与上翼缘的连接；

二、吊车桁架中，节点板与上弦杆的连接。

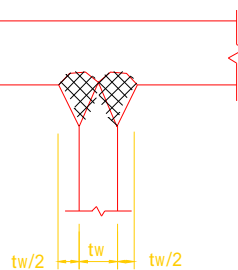


图 8.5.5 焊透的 T 形连接焊缝

第 8.5.6 条 吊车梁横向加劲肋的上端应与上翼缘刨平顶紧（当为焊接吊车梁时，尚宜焊接）。中间横向加劲肋的下端宜在距受拉翼缘 50~100mm 处断开，不应另加零件与受拉翼缘焊接。中间横向加劲肋与腹板的连接焊缝，施焊时不宜在加劲肋下端起落弧。

当吊车梁受拉翼缘与支撑相连时，不宜采用焊接。

第 8.5.7 条 直接铺设轨道的吊车桁架上弦，其构造要求应与吊车梁相同。

第 8.5.8 条 重级工作制吊车梁中，上翼缘与制动结构的连接以及对柱传递水平力的连接，宜采用摩擦型高强度螺栓。

吊车梁端部与柱的连接构造应设法减少由于吊车梁弯曲变形而在连接处产生的附加应力。

第 8.5.9 条 当吊车桁架和重级工件制吊车梁跨度等于或大

于 12m，或轻、中级工作制吊车梁跨度等于或大于 18m 时，宜设置辅助桁架和水平支撑系统。当设置垂直支撑时，其位置不宜在吊车梁或吊车桁架竖向挠度较大处。

对吊车桁架，应采取构造措施，以防止其上弦因轨道偏心而扭转。

第 8.5.10 条 重级工作制吊车梁的受拉翼缘板(或吊车桁架的受拉弦杆)边缘，宜采用自动精密气割，当用手工气割或剪切机切割时，应沿全长刨边。

第 8.5.11 条 吊车梁的受拉翼缘(或吊车桁架的受拉弦杆)上不得焊接悬挂设备的零件，并不宜在该处打火或焊接夹具。

第 8.5.12 条 吊车钢轨的接头构造应保证车轮平稳通过。当采用焊接长轨且用压板与吊车梁连接时，压板与钢轨间的接触不得过于紧密，以使钢轨受温度作用后有纵向伸缩的可能。

第六节 制作、运输和安装

第 8.6.1 条 结构运送单元的划分，除应考虑结构受力条件外，尚应注意经济合理、便于运输和易于拼装。

第 8.6.2 条 结构的安装连接应采用传力可靠、制作方便、连接简单、便于调整的构造形式。

第 8.6.3 条 安装连接采用焊接时，应考虑设置定位螺栓，将构件临时固定。

第七节 防锈和隔热

第 8.7.1 条 钢结构除必须采取防锈措施(彻底除锈后涂以油漆和镀锌等)外，尚应在构造上尽量避免出现难于检查、清刷和油漆之处以及能积留湿气和大量灰尘的死角或凹槽。闭口截面构件应沿全长和端部焊接封闭。

除有特殊需要外，设计中一般不应因考虑锈蚀而加大钢材截面或厚度。

第 8.7.2 条 柱脚在地面以下的部分应采用强度等级较低的

混凝土包裹(保护层厚度不应小于 50mm), 并使包裹的混凝土高出地面约 150mm。当柱脚底面在地面以上时, 则柱脚底面应高出地面不小于 100mm。

第 8.7.3 条 受侵蚀介质作用的结构以及在使用期间不能重新油漆的结构部位应采取特殊的防锈措施。

受侵蚀性介质作用的柱脚不宜埋入地下。

第 8.7.4 条 受高温作用的结构, 应根据不同情况采取下列防护措施:

一、当结构可能受到炽热熔化金属的侵害时, 应采用砖或耐热材料做成的隔热层加以保护;

二、当结构的表面长期受辐射热达 150℃以上或在短时间内可能受到火焰作用时, 应采取有效的防护措施(如加隔热层或水套等)。

第九章 塑性设计

第一节 一般规定

第 9.1.1 条 本章规定适用于不直接承受动力荷载的固端梁、连续梁以及由实腹构件组成的单层和两层框架结构。

第 9.1.2 条 采用塑性设计的结构或构件，按承载力极限状态设计时，应采用荷载的设计值，考虑构件截面内塑性的发展及由此引起的内力重分配，用简单塑性理论进行内力分析。

按正常使用极限状态设计时，应采用荷载的标准值，并按弹性理论进行计算。

第 9.1.3 条 按本章规定进行塑性设计时，钢材和连接的强度设计值应按第 3.2.1 条和第 3.2.2 条的规定值乘以折减系数 0.9。

第 9.1.4 条 塑性设计截面板件的宽厚比应符合表 9.1.4 的规定。

板 件 宽 度 比

表 9.1.4

| 截 面 形 式 | 翼 缘 | 腹 板 |
|---------|---|--|
| | $\frac{b}{t} \leq 9 \sqrt{\frac{235}{f_y}}$ | 当 $\frac{N}{Af} < 0.37$ 时： $\frac{h_0}{t_w} \left(\frac{h_1}{t_w}, \frac{h_2}{t_w} \right) \leq \left(72 - 100 \frac{N}{Af} \right) \sqrt{\frac{235}{f_y}}$ 当 $\frac{N}{Af} \geq 0.37$ 时： $\frac{h_0}{t_w} \left(\frac{h_1}{t_w}, \frac{h_2}{t_w} \right) \leq 35 \sqrt{\frac{235}{f_y}}$ |

| 截面形式 | 翼缘 | 腹板 |
|------|--|---------------|
| | $\frac{b_0}{t} \leq 30 \sqrt{\frac{235}{f_y}}$ | 与前项工字形截面的腹板相同 |

注：N——构件轴心压力；
 A——毛截面面积；
 f——塑性设计时采用的钢材抗拉、抗压和抗弯强度设计值，见第9.1.3条。

第二节 构件的计算

第9.2.1条 弯矩 M_x (对工字形截面 x 轴为强轴) 作用在一个主平面内的受弯构件，其弯曲强度应符合下式要求：

$$M_x \leq W_{px} f \quad (9.2.1)$$

式中 W_{px} ——对 x 轴的净截面塑性抵抗矩。

第9.2.2条 受弯构件的剪力 V 假定由腹板承受，剪切强度应符合下式要求：

$$V \leq h_w t_w f_v \quad (9.2.2)$$

式中 h_w 、 t_w ——腹板高度和厚度；

f_v ——塑性设计时采用的钢材抗剪强度设计值，见第9.1.3条。

第9.2.3条 弯矩作用在一个主平面内的压弯构件，其强度应符合下列公式的要求：

当 $\frac{N}{A_n f} \leq 0.13$ 时，

$$M_x \leq W_{px} f \quad (9.2.3-1)$$

当 $\frac{N}{A_n f} > 0.13$ 时，

$$M_x \leq 1.15 \left[1 - \frac{N}{A_n f} \right] W_{px} f \quad (9.2.3-2)$$

式中 A_n ——净截面面积。

压弯构件的压力 N 不应大于 $0.6A_n f$ ，其剪切强度应符合公式 (9.2.2) 的要求。

第 9.2.4 条 弯矩作用在一个主平面内的压弯构件，其稳定性应符合下列公式的要求：

一、弯矩作用平面内：

$$\frac{N}{\varphi_x A f} + \frac{\beta_{mx} M_x}{W_{px} f \left(1 - 0.8 \frac{N}{N_{Ex}} \right)} \leq 1 \quad (9.2.4-1)$$

式中 W_{px} ——对 x 轴的毛截面塑性抵抗矩。

φ_x 、 N_{Ex} 和 β_{mx} 应按第 5.2.2 条计算弯矩作用平面内稳定的有关规定采用。

二、弯矩作用平面外：

$$\frac{N}{\varphi_y A f} + \frac{\beta_{ty} M_x}{\varphi_y W_{px} f} \leq 1 \quad (9.2.4-2)$$

φ_y 、 φ_b 和 β_{ty} 应按第 5.2.2 条计算弯矩作用平面外稳定的有关规定采用。

第三节 容许长细比和构造要求

第 9.3.1 条 受压构件的长细比不宜大于 $130 \sqrt{235/f_y}$ 。

第 9.3.2 条 在构件出现塑性铰的截面处，必须设置侧向支承。该支承点与其相邻支承点间构件的长细比 λ_y ，应符合下列要求：

当 $-1 \leq \frac{M_1}{W_{px} f} \leq 0.5$ 时，

$$\lambda_y \leq \left(60 - 40 \frac{M_1}{W_{px} f} \right) \sqrt{\frac{235}{f_y}} \quad (9.3.2-1)$$

当 $0.5 < \frac{M_1}{W_{px} f} \leq 1.0$ 时，

$$\lambda_y \leq \left(45 - 10 \frac{M_1}{W_{px} f} \right) \sqrt{\frac{235}{f_y}} \quad (9.3.2-2)$$

式中 $\lambda_y = \frac{l_1}{i_y}$ ——弯矩作用平面外的长细比， l_1 为侧向支承点间距离， i_y 为截面回转半径；

M_1 ——与塑性铰相距为 l_1 的侧向支承点处的弯矩：当长度 l_1 内为同向曲率时， $M_1/(W_{px}f)$ 为正；当为反向曲率时， $M_1/(W_{px}f)$ 为负。

对不出现塑性铰的构件区段，其侧向支承点间距，应由第四章和第五章内有关弯矩作用平面外的整体稳定计算确定。

第 9.3.3 条 用作减少构件弯矩作用平面外计算长度的侧向支撑，其轴心力应分别按第 4.2.5 条或第 5.2.8 条确定。

第 9.3.4 条 所有节点及其连接应有足够的刚度，以保证在出现塑性铰前节点处各构件间的夹角保持不变。

构件拼接应能传递该处最大计算弯矩值的 1.1 倍，且不得低于 $0.25W_{px}f$ 。

第 9.3.5 条 当板件采用手工气割或剪切机切割时，应将出现塑性铰部位的边缘刨平。

当螺栓孔位于构件塑性铰部位的受拉板件上时，应采用钻成孔或先冲后扩钻孔。

第十章 钢管结构

第 10.0.1 条 本章规定适用于不直接承受动力荷载、在节点处直接焊接的圆管结构。

第 10.0.2 条 钢管外径与壁厚之比，不应超过 $100\sqrt{\frac{235}{f_y}}$ 。

第 10.0.3 条 钢管节点的构造应符合下列要求：

一、主管外径应大于支管外径，主管壁厚不应小于支管壁厚。在支管与主管连接处不得将支管穿入主管内。

二、主管和支管或两支管轴线之间的夹角 θ 不宜小于 30° 。

三、支管与主管的连接节点处，应尽可能避免偏心。

四、支管与主管的连接焊缝，应沿全周连续焊接并平滑过渡。

五、支管端部宜使用自动切管机切割，支管壁厚小于 6mm 时可不切坡口。

第 10.0.4 条 钢管构件在承受较大横向荷载的部位应采取适当的加强措施，防止产生过大的局部变形。

钢管构件的主要受力部位应避免开孔，如必须开孔时，应采取适当的补强措施。

第 10.0.5 条 支管与主管的连接可沿全周采用角焊缝，也可部分采用角焊缝、部分采用对接焊缝，支管管壁与主管管壁之间的夹角大于或等于 120° 的区域宜采用对接焊缝或带坡口的角焊缝。角焊缝的焊脚尺寸 h_f 不宜大于支管壁厚的两倍。

第 10.0.6 条 支管与主管的连接焊缝可视为全周角焊缝按公式 (7.1.2—1) 进行计算，但取 $\beta_t=1$ 。角焊缝的有效厚度沿支管周长是变化的，当支管轴心受力时，平均有效厚度可取 $0.7h_f$ 。焊缝的计算长度（支管与主管相交线长度）可按下列公式计算：

当 $\frac{d_s}{d} \leq 0.65$ 时,

$$l_w = (3.25d_s - 0.025d) \left(\frac{0.534}{\sin\theta} + 0.466 \right) \quad (10.0.6 - 1)$$

当 $\frac{d_s}{d} > 0.65$ 时,

$$l_w = (3.81d_s - 0.389d) \left(\frac{0.534}{\sin\theta} + 0.466 \right) \quad (10.0.6 - 2)$$

式中 d 、 d_s ——主管和支管外径;

θ ——支管轴线与主管轴线的夹角。

第 10.0.7 条 为保证节点处主管的强度,支管的轴心力不得大于下列规定中的承载力设计值:

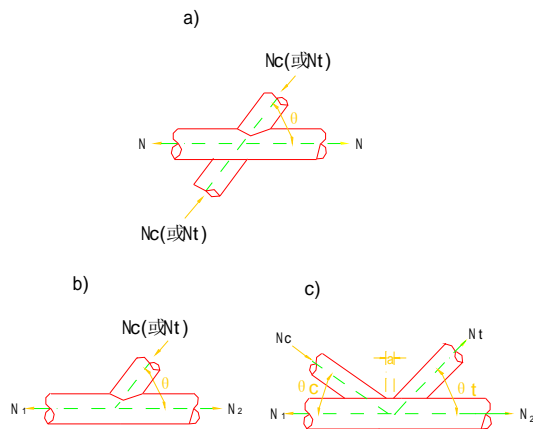


图 10.0.7 节点型式

a—X 型节点; b—T 型和 Y 型节点; c—K 型节点

一、X 型节点 (图 10.0.7a):

1. 受压支管在管节点处的承载力设计值 N_c^{pl} 应按下式计算:

$$N_{\text{e}}^{\text{pj}} = \frac{5.45}{(1 - 0.81\beta)\sin\theta} \cdot \Psi_n t^2 f \quad (10.0.7 - 1)$$

式中 $\beta = d_s/d$ ——支管外径与主管外径之比；

$$\Psi_n \text{——参数：当 } \sigma < 0 \text{ 时， } \Psi_n = 1 + 0.3 \frac{\sigma}{f_y} - 0.3 \left(\frac{\sigma}{f_y} \right)^2；$$

当 $\sigma \geq 0$ 时， $\Psi_n = 1$ ；

t ——主管的壁厚；

f ——钢材的抗拉、抗压和抗弯强度设计值；

σ ——主管最大轴向应力（拉应力为正，压应力为负）。

2. 受拉支管在管节点处的承载力设计值 N_{t}^{pj} 应按下式计算：

$$N_{\text{t}}^{\text{pj}} = 1.5 N_{\text{e}}^{\text{pj}} \quad (10.0.7 - 2)$$

二、T型和Y型节点（图10.0.7b）：

1. 受压支管在管节点处的承载力设计值 N_{e}^{pj} 应按下式计算：

$$N_{\text{e}}^{\text{pj}} = \frac{12.12}{\sin\theta} \left(\frac{d}{t} \right)^{0.2} \Psi_n \Psi_d t^2 f \quad (10.0.7 - 3)$$

式中 Ψ_d ——参数：当 $\beta \leq 0.7$ 时， $\Psi_d = 0.069 + 0.93\beta$

当 $\beta > 0.7$ 时， $\Psi_d = 2\beta - 0.68$ 。

2. 受拉支管在管节点处的承载力设计值 N_{t}^{pj} 应按下列公式计算：

当 $\beta \leq 0.6$ 时，

$$N_{\text{t}}^{\text{pj}} = 1.4 N_{\text{e}}^{\text{pj}} \quad (10.0.7 - 4)$$

当 $\beta > 0.6$ 时，

$$N_{\text{t}}^{\text{pj}} = (2 - \beta) N_{\text{e}}^{\text{pj}} \quad (10.0.7 - 5)$$

三、K型节点（图10.0.7c）：

1. 受压支管在管节点处的承载力设计值 N_{e}^{pj} 应按下式计算：

$$N_{\text{e}}^{\text{pj}} = \frac{12.12}{\sin\theta_c} \left(\frac{d}{t} \right)^{0.2} \Psi_n \Psi_d \Psi_a t^2 f \quad (10.0.7 - 6)$$

式中 θ_c ——受压支管轴线与主管轴线的夹角；

Ψ_a ——参数，按下式计算：

$$\Psi_a = 1 + \left(\frac{2.19}{1 + 7.5 \frac{\alpha}{d}} \right) \left(1 - \frac{20.1}{6.6 + \frac{d}{t}} \right) (1 - 0.77\beta) \quad (10.0.7 - 7)$$

α ——两支管间的间隙，当 $\alpha < 0$ 时，取 $\alpha = 0$ 。

2. 受拉支管在管节点处的承载力设计值 N_t^{pl} 应按下列式计算：

$$N_t^{\text{pl}} = \frac{\sin \theta_c}{\sin \theta_t} \cdot N_c^{\text{pl}} \quad (10.0.7 - 8)$$

式中 θ_t ——受拉支管轴线与主管轴线的夹角。

注：①本条适用范围为： $0.2 \leq \beta \leq 1.0$ ， $d_s/t_s \leq 50$ (t_s —支管壁厚)， $\theta \geq 30^\circ$ 。

当 $d/t > 50$ 时，取 $d/t = 50$ 。

②本条中的 **X** 型和 **K** 型节点系指支管轴线与主管轴线在同一平面内。

第十一章 圆钢、小角钢的轻型钢结构

第 11.0.1 条 本章规定仅适用于在跨度不超过 18m 且起重量不大于 5t 的轻、中级工作制桥式吊车的房屋中,采用有圆钢或小角钢 (小于 L 45×4 或 L 56×36×4) 的轻型钢结构。

注:型钢组成的结构有个别次要杆件采用小角钢时,可不受本章限制。

第 11.0.2 条 本章规定不适用于使用条件复杂的轻型钢结构 (如直接承受动力荷载,处于高温、高湿和强烈侵蚀环境的轻型钢结构等) 所需的特殊要求。

第 11.0.3 条 轻型钢结构的强度设计值,应按第 3.2.1 条、第 3.2.2 条和第 11.0.6 条的规定值并乘以下列折减系数:

- 一、拱的双圆钢拉杆及其连接 0.85;
- 二、平面桁架式檩条和三铰拱斜梁,其端部主要受压腹杆 0.85;
- 三、其它杆件和连接 0.95。

第 11.0.4 条 在桁架中,应尽可能使杆件重心线在节点处交于一点,否则应考虑其偏心的影响。

第 11.0.5 条 三铰拱屋架的三角形组合斜梁,其截面高度与斜梁长度的比值不得小于 1/18,截面宽度与截面高度的比值不得小于 2/5。

第 11.0.6 条 单圆钢压杆连接于节点板一侧时,杆件应按公式 (5.2.2-1) 计算其稳定性,连接可按公式 (11.0.8-1) 计算,但焊缝强度设计值应乘以 0.85。

单圆钢拉杆连接于节点板一侧时,杆件和连接可按轴心受拉构件计算强度,但强度设计值应降低 15%。

第 11.0.7 条 桁架中的主要压杆 (弦杆、端斜杆、端竖杆) 的长细比不宜大于 150,其它压杆的长细比不宜大于 200。

拉杆的长细比不宜大于 400，张紧的圆钢拉杆的长细比不受限制。

圆钢不宜用于桁架的受压弦杆和受压端斜杆。

第 11.0.8 条 圆钢与平板（钢板或型钢的平板部分，图 11.0.8—1）、圆钢与圆钢（图 11.0.8—2）之间的焊缝，其抗剪强度应按下式计算：

$$\tau = \frac{N}{h_e l_w} \leq f_f^w \quad (11.0.8-1)$$

式中 N ——作用在连接处的轴心力；

l_w ——焊缝的计算长度；

h_e ——焊缝的有效厚度：对圆钢与平板的连接， $h_e = 0.7h_f$ ；对圆钢与圆钢的连接， h_e 应按下式计算：

$$h_e = 0.1(d_1 + 2d_2) - \alpha \quad (11.0.8-2)$$

d_1 ——大圆钢直径；

d_2 ——小圆钢直径；

α ——焊缝表面至两个圆钢公切线的距离。

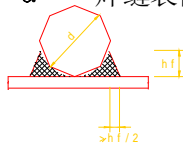


图 11.0.8—1 圆钢与平板间的焊缝

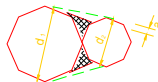


图 11.0.8—2 圆钢与圆钢间的焊缝

第 11.0.9 条 圆钢与圆钢、圆钢与平板（钢板或型钢的平板部分）间的焊缝有效厚度，不应小于 0.2 倍圆钢直径（当焊接两圆钢的直径不同时，取平均直径）或 3mm，并不大于 1.2 倍平板厚度，焊缝计算长度不应小于 20mm。

第 11.0.10 条 钢板厚度不宜小于 4mm。圆钢直径不宜小于下列数值：

| | |
|------------|------|
| 屋架杆件 | 12mm |
| 檩条杆件及檩条间拉条 | 8mm |
| 支撑杆件 | 16mm |

第十二章 钢与混凝土组合梁

第一节 一般规定

第 12.1.1 条 本章规定仅适用于不直接承受动力荷载由混凝土翼板与钢梁通过连接件组成的简支组合梁。

组合梁的混凝土翼板，应按有关规范的规定进行设计。

第 12.1.2 条 混凝土翼板的有效宽度 b_e (图 12.1.2) 应按下式计算：

$$b_e = b_0 + b_1 + b_2 \quad (12.1.2)$$

式中 b_0 ——板托顶部的宽度：当板托倾角 $\alpha < 45^\circ$ 时，应按 $\alpha = 45^\circ$ 计算板托顶部的宽度；当无板托时，则取钢梁上翼缘的宽度；

b_1 、 b_2 ——梁外侧和内侧的翼缘计算宽度，各取梁跨度 l 的 $1/6$ 和翼板厚度 h_{c1} 的 6 倍中的较小值。此外， b_1 尚不应超过翼板实际外伸宽度 s_1 ； b_2 不应超过相邻梁板托间净距的 $1/2$ 。

当为中间梁时，公式 (12.1.2) 中的 b_1 等于 b_2 。

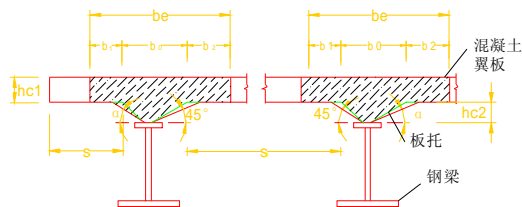


图 12.1.2 混凝土翼板的计算宽度

第 12.1.3 条 按本章规定考虑全截面塑性发展进行组合梁的强度计算时，钢梁钢材的强度设计值应按第 3.2.1 条和第 3.2.2 条的规定乘以折减系数 0.9。

组合梁的变形计算应按弹性理论进行，对荷载的短期效应组合，可将截面中的混凝土翼板计算宽度除以钢材与混凝土弹性模量的比值 α_E 换算为钢截面；对荷载的长期效应组合，则除以 $2\alpha_E$ 换算为钢截面。

在强度计算和变形计算中，可不考虑板托截面。

第 12.1.4 条 组合梁施工时，若钢梁下无临时支撑，则混凝土硬结前的材料重量和施工荷载应由钢梁承受，钢梁应按第三章和第四章规定计算其强度、稳定性和变形。

第二节 截面和连接件的计算

第 12.2.1 条 组合梁的抗弯强度应按下列规定计算：

一、塑性中和轴在混凝土翼板内(图 12.2.1—1)，即 $Af \leq b_e h_{c1} f_{ccm}$ 时：

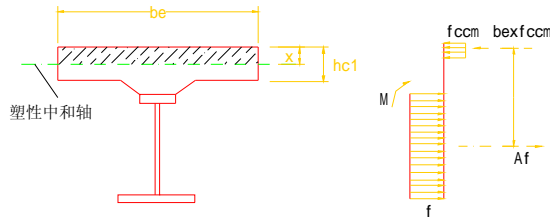


图 12.2.1—1 塑性中和轴在混凝土翼板内时的组合梁截面及应力图形

$$M \leq b_e x f_{ccm} y \quad (12.2.1-1)$$

式中 x ——组合梁截面塑性中和轴至混凝土翼板顶面的距离，应按下式计算：

$$x = \frac{Af}{b_e f_{ccm}} \quad (12.2.1-2)$$

M ——全部荷载产生的弯矩；

- A —— 钢梁的截面面积；
- y —— 钢梁截面应力的合力至混凝土受压区截面应力的合力间之距离；
- f —— 塑性设计时，采用的钢材抗拉、抗压和抗弯强度设计值，见第 12.1.3 条；
- f_{ccm} —— 混凝土弯曲抗压强度设计值。

二、塑性中和轴在钢梁截面内 (图 12.2.1-2)，即 $Af > b_e h_{c1}$ f_{ccm} 时：

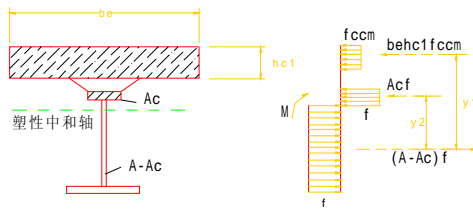


图 12.2.1-2 塑性中和轴在钢梁内时的组合梁截面及应力图形

$$M = b_e h_{c1} f_{\text{ccm}} y_1 + A_c f y_2 \quad (12.2.1-3)$$

式中 A_c —— 钢梁受压区截面面积，应按下式计算：

$$A_c = 0.5 (A - b_e h_{c1} f_{\text{ccm}} / f) \quad (12.2.1-4)$$

- y_1 —— 钢梁受拉区截面应力的合力至混凝土翼板截面应力的合力间之距离；
- y_2 —— 钢梁受拉区截面应力的合力至钢梁受压区截面应力的合力间之距离。

第 12.2.2 条 组合梁截面上的全部剪力，假定仅由钢梁腹板承受，应按公式 (9.2.2) 进行计算。

第 12.2.3 条 简支组合梁上最大弯矩点至梁端区段内的连接件总数 n ，可按下式计算：

$$n = \frac{V}{N_v^c} \quad (12.2.3)$$

式中 V —— 组合梁上最大弯矩点至梁端区段内的混凝土翼板与钢梁间的纵向剪力，应按以下规定计算：当塑性中和

轴在混凝土翼板内时, $V = Af$; 当塑性中和轴在钢梁内时, $V = b_e h_{c1} f_{ccm}$ 。

N_v^c ——一个连接件的受剪承载力设计值, 应按第 12.2.4 条的规定采用。

第 12.2.4 条 连接件的受剪承载力设计值应按下列公式计算:

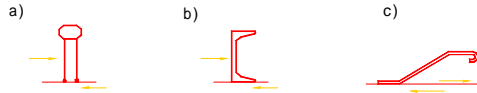


图 12.2.4 连接件简图

一、圆柱头焊钉连接件 (图 12.2.4a):

$$N_v^c = 0.43A_s \sqrt{E_c f_{cc}} \leq 0.7A_s f \quad (12.2.4-1)$$

式中 A_s ——圆柱头焊钉钉杆截面面积;
 f ——圆柱头焊钉的抗拉强度设计值;
 E_c ——混凝土的弹性模量;
 f_{cc} ——混凝土的轴心抗压强度设计值。

二、槽钢连接件 (图 12.2.4b):

$$N_v^c = 0.26(t + 0.5t_w)l_c \sqrt{E_c f_{cc}} \quad (12.2.4-2)$$

式中 t ——槽钢翼缘的平均厚度;
 t_w ——槽钢腹板的厚度;
 l_c ——槽钢的长度。

三、弯起钢筋连接件 (图 12.2.4c):

$$N_v^c = A_1 f_{st} \quad (12.2.4-3)$$

式中 A_1 ——弯起钢筋的截面面积;
 f_{st} ——钢筋的抗拉强度设计值。

注: 当有可靠根据时, 可采用其它形式的连接件。

第三节 构造要求

第 12.3.1 条 钢梁截面高度不应小于组合梁截面总高度的 1/2.5, 当塑性中和轴在钢梁截面内时, 钢梁板件的宽厚比应符合

第 9.1.4 条的规定。

第 12.3.2 条 组合梁板托的高度不宜大于混凝土翼板厚度的 1.5 倍，板托的顶面宽度不宜小于板托高度的 1.5 倍。

第 12.3.3 条 按公式 (12.2.3) 算得的连接件数量，可在最大弯矩点与零弯矩点之间均匀布置。当此两点间有较大的集中荷载作用时，则应将连接件数量按各段剪力图面积之比进行分配，再各自均匀布置。

连接件沿梁跨度方向的间距不宜超过混凝土翼板厚度和板托高度之和的 4 倍。

第 12.3.4 条 圆柱头焊钉连接件的长度不应小于 $4d$ (d 为焊钉直径)。在施焊时应采用专门的焊接机具和工艺方法牢固地焊于钢梁翼缘上，其沿梁跨度方向的间距不宜小于 $6d$ ，垂直于梁跨度方向的间距不宜小于 $4d$ 。

第 12.3.5 条 槽钢连接件的翼缘肢尖方向应与混凝土翼板对钢梁的水平剪应力方向一致，其与钢梁上翼缘的连接焊缝应按第七章的有关规定计算。

第 12.3.6 条 弯起钢筋宜采用直径 d 不小于 12mm 的 I 级钢筋成对对称布置，用两条长度不小于 $4d$ 的侧焊缝焊接于钢梁翼缘上，其弯起角度一般为 45° ，弯折方向应与混凝土翼板对钢梁的水平应力方向一致。在梁跨中可能产生剪应力变号处，必须在两个方向均有弯起钢筋。每个弯起钢筋从弯起点算起的总长度不宜小于 $25d$ (I 级钢筋另加弯钩)，其中水平段长度不宜小于 $10d$ 。

第 12.3.7 条 圆柱头焊钉钉头下表面或槽钢连接件上翼缘下表面应比混凝土翼板底部钢筋高出 30mm 以上。

连接件顶面的混凝土保护层厚度不应小于 15mm。圆柱头焊钉钉杆的外表面或槽钢连接件的端面：至钢梁上翼缘侧边的距离不应小于 20mm；至混凝土板托侧边的距离不应小于 40mm；至混凝土翼板侧边的距离不应小于 100mm。

第 12.3.8 条 钢梁顶面不得涂刷油漆，在浇灌 (或安装) 混凝土翼板以前应清除铁锈、焊渣、冰层、积雪、泥土和其它杂物。

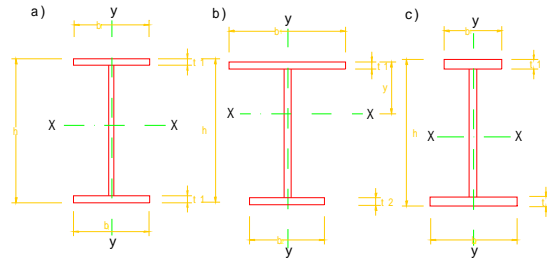
附录一 梁的整体稳定系数

(一) 焊接工字形等截面简支梁

焊接工字形等截面（附图 1.1）简支梁的整体稳定系数 φ_b 应按下列式计算：

$$\varphi_b = \beta_b \frac{4320}{\lambda_y^2} \cdot \frac{Ah}{W_x} \left[\sqrt{1 + \left(\frac{\lambda_y t_1}{4.4h} \right)^2} + \eta_b \right] \frac{235}{f_y} \quad (\text{附 1.1})$$

式中 β_b ——梁整体稳定的等效弯矩系数，按附表 1.1 采用；
 $\lambda_y = l_1 / i_y$ ——梁在侧向支承点间对截面弱轴 $y-y$ 的长细比， l_1 见第 4.2.1 条， i_y 为梁毛截面对 y 轴的截面回转半径；
 A ——梁的毛截面面积；
 h 、 t_1 ——梁截面的全高和受压翼缘厚度；



附图 1.1 焊接工字形截面

a—双轴对称工字形截面；**b**—加强受压翼缘的单轴对称工字形截面；
c—加强受拉翼缘的单轴对称工字形截面

工字形截面简支梁的系数 β_t 附表 1.1

| 项次 | 侧向支承 | 荷 载 | | $\xi = \frac{l_1 t_1}{b_1 h}$ | | 适用范围 |
|----|-----------------|------------------|------|--|-------------|---------------|
| | | | | $\xi \leq 2.0$ | $\xi > 2.0$ | |
| 1 | 跨中无侧向支承 | 均布荷载作用在 | 上翼缘 | $0.69 + 0.13\xi$ | 0.95 | 附图 1.1a、b 的截面 |
| 2 | | | 下翼缘 | $1.73 - 0.20\xi$ | 1.33 | |
| 3 | | 集中荷载作用在 | 上翼缘 | $0.73 + 0.18\xi$ | 1.09 | |
| 4 | | | 下翼缘 | $2.23 - 0.28\xi$ | 1.67 | |
| 5 | 跨中有一个侧向支承点 | 均布荷载作用在 | 上翼缘 | 1.15 | | 附图 1.1 中的所有截面 |
| 6 | | | 下翼缘 | 1.40 | | |
| 7 | | 集中荷载作用在截面高度上任意位置 | 1.75 | | | |
| 8 | 跨中有不少于两个等距侧向支承点 | 任意荷载作用在 | 上翼缘 | 1.20 | | |
| 9 | | | 下翼缘 | 1.40 | | |
| 10 | 梁端有弯矩,但跨中无荷载作用 | | | $1.75 - 1.05 \left(\frac{M_2}{M_1} \right) + 0.3 \left(\frac{M_2}{M_1} \right)^2$, 但 ≤ 2.3 | | |

注:① $\xi = \frac{l_1 t_1}{b_1 h}$ ——参数,其中 b_1 和 l_1 见第 4.2.1 条。

② M_1 、 M_2 为梁的端弯矩,使梁产生同向曲率时 M_1 和 M_2 取同号,产生反向曲率时取异号, $|M_1| \geq |M_2|$ 。

③ 表中项次 3、4 和 7 的集中荷载是指一个或少数几个集中荷载位于跨中央附近的情况,对其它情况的集中荷载,应按表中项次 1、2、5、6 内的数值采用。

④ 表中项次 8、9 的 β_t ,当集中荷载作用在侧向支承点处时,取 $\beta_t = 1.20$ 。

⑤ 荷载作用在上翼缘系指荷载作用点在翼缘表面,方向指向截面形心;荷载作用在下翼缘系指荷载作用点在翼缘表面,方向背向截面形心。

⑥ 对 $\alpha_b > 0.8$ 的加强受压翼缘工字形截面,下列情况的 β_t 值应乘以相应的系数:

| | | |
|------|--------------------------|------|
| 项次 1 | 当 $\xi \leq 1.0$ 时 | 0.95 |
| 项次 3 | 当 $\xi \leq 0.5$ 时 | 0.90 |
| | 当 $0.5 < \xi \leq 1.0$ 时 | 0.95 |

η_b ——截面不对称影响系数：

对双轴对称工字形截面(附图 1.1a) $\eta_b=0$

对单轴对称工字形截面(附图 1.1b、c)

加强受压翼缘 $\eta_b=0.8(2\alpha_b-1)$

加强受拉翼缘 $\eta_b=2\alpha_b-1$

$\alpha_b = \frac{I_1}{I_1+I_2}$ —— I_1 和 I_2 分别为受压翼缘和受拉翼缘对 y 轴的惯性矩。

当按公式(附 1.1)算得的 φ_b 值大于 0.60 时,应按附表 1.2 查出相应的 φ'_b 代替 φ_b 值。

注:公式(附 1.1)适用于宽翼缘工字钢和等截面铆接(或高强度螺栓连接)简支梁,后者的受压翼缘厚度 t_1 包括翼缘角钢厚度在内。

整体稳定系数 φ'_b 附表 1.2

| | | | | | | | |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------------|-------|
| φ_b | 0.60 | 0.65 | 0.70 | 0.75 | 0.80 | 0.85 | 0.90 |
| φ'_b | 0.60 | 0.627 | 0.653 | 0.676 | 0.697 | 0.715 | 0.732 |
| φ_b | 0.95 | 1.00 | 1.05 | 1.10 | 1.15 | 1.20 | 1.25 |
| φ'_b | 0.748 | 0.762 | 0.775 | 0.788 | 0.799 | 0.809 | 0.819 |
| φ_b | 1.30 | 1.35 | 1.40 | 1.45 | 1.50 | 1.60 | 1.80 |
| φ'_b | 0.828 | 0.837 | 0.845 | 0.852 | 0.859 | 0.872 | 0.894 |
| φ_b | 2.00 | 2.25 | 2.50 | 3.00 | 3.50 | ≥ 4.00 | |
| φ'_b | 0.913 | 0.931 | 0.946 | 0.970 | 0.987 | 1.00 | |

注:本表中的 φ'_b 是按下式算出的:

$$\varphi'_b = 1.1 - 0.4646/\varphi_b + 0.1269/(\varphi_b^2)$$

(二) 轧制普通工字钢简支梁

轧制普通工字钢简支梁整体稳定系数 φ_b 应按附表 1.3 采用,当所得的 φ_b 值大于 0.60 时,应按附表 1.2 查出相应的 φ'_b 代替 φ_b 值。

(三) 轧制槽钢简支梁

轧制槽钢简支梁的整体稳定系数,不论荷载的形式和荷载作

用点在截面高度上的位置,均可按下式计算:

$$\varphi_b = \frac{570bt}{l_1 h} \cdot \frac{235}{f_y} \quad (\text{附 1.2})$$

式中 h 、 b 、 t ——分别为槽钢截面的高度、翼缘宽度和平均厚度。

按公式(附 1.2)算得的 φ_b 大于 0.6 时,应按附表 1.2 查出相应的 φ'_b 代替 φ_b 值。

轧制普通工字钢简支梁的 φ 附表 1.3

| 项次 | 荷载情况 | | 工字钢 型号 | 自由长度 l_1 (m) | | | | | | | | | |
|----|---------------------|------------|-----------|----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|
| | | | | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | |
| 1 | 跨中无侧向支承点的梁 | 集中荷载作用于上翼缘 | 10~20 | 2.00 | 1.30 | 0.99 | 0.80 | 0.68 | 0.58 | 0.53 | 0.48 | 0.43 | |
| | | | 22~32 | 2.40 | 1.48 | 1.09 | 0.86 | 0.72 | 0.62 | 0.54 | 0.49 | 0.45 | |
| | | | 36~63 | 2.80 | 1.60 | 1.07 | 0.83 | 0.68 | 0.56 | 0.50 | 0.45 | 0.40 | |
| 2 | | 集中荷载作用于下翼缘 | 10~20 | 3.10 | 1.95 | 1.34 | 1.01 | 0.82 | 0.69 | 0.63 | 0.57 | 0.52 | |
| | | | 22~40 | 5.50 | 2.80 | 1.84 | 1.37 | 1.07 | 0.86 | 0.73 | 0.64 | 0.56 | |
| | | | 45~63 | 7.30 | 3.60 | 2.30 | 1.62 | 1.20 | 0.96 | 0.80 | 0.69 | 0.60 | |
| 3 | 均布荷载作用于梁 | 上翼缘 | 10~20 | 1.70 | 1.12 | 0.84 | 0.68 | 0.57 | 0.50 | 0.45 | 0.41 | 0.37 | |
| | | | 22~40 | 2.10 | 1.30 | 0.93 | 0.73 | 0.60 | 0.51 | 0.45 | 0.40 | 0.36 | |
| | | | 45~63 | 2.60 | 1.45 | 0.97 | 0.73 | 0.59 | 0.50 | 0.44 | 0.38 | 0.35 | |
| 4 | | 下翼缘 | 10~20 | 2.50 | 1.55 | 1.08 | 0.83 | 0.68 | 0.56 | 0.52 | 0.47 | 0.42 | |
| | | | 22~40 | 4.00 | 2.20 | 1.45 | 1.10 | 0.85 | 0.70 | 0.60 | 0.52 | 0.46 | |
| | | | 45~63 | 5.60 | 2.80 | 1.80 | 1.25 | 0.95 | 0.78 | 0.65 | 0.55 | 0.49 | |
| 5 | 跨中侧向支承点不在梁作用点高度上的位置 | 侧向荷载作用点在上 | 10~20 | 2.20 | 1.39 | 1.01 | 0.79 | 0.66 | 0.57 | 0.52 | 0.47 | 0.42 | |
| | | | 22~40 | 3.00 | 1.80 | 1.24 | 0.96 | 0.76 | 0.65 | 0.56 | 0.49 | 0.43 | |
| | | | 45~63 | 4.00 | 2.20 | 1.38 | 1.01 | 0.80 | 0.66 | 0.56 | 0.49 | 0.43 | |

注:① 同附表 1.1 的注③、⑤。

② 表中的 φ_b 适用于 3 号钢。对其它钢号,表中数值应乘以 $235/f_y$ 。

(四)双轴对称工字形等截面悬臂梁

双轴对称工字形等截面悬臂梁的整体稳定系数,可按公式

(附 1.1) 计算, 但式中系数 β_b 应按附表 1.4 查得, $\lambda_y = l_1/i_y$ 中的 l_1 为悬臂梁的悬伸长度。当求得的 φ_b 大于 0.6 时, 应按附表 1.2 查出相应的 φ'_b 代替 φ_b 值。

双轴对称工字形等截面悬臂梁的系数 β_b 附表 1.4

| 项次 | 荷载形式 | | $\xi = \frac{l_1 t}{bh}$ | | |
|----|--------------|-----|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| | | | $0.60 \leq \xi \leq 1.24$ | $1.24 \leq \xi \leq 1.96$ | $1.96 \leq \xi \leq 3.10$ |
| 1 | 自由端一个集中荷载作用在 | 上翼缘 | $0.21 + 0.67\xi$ | $0.72 + 0.26\xi$ | $1.17 + 0.03\xi$ |
| 2 | | 下翼缘 | $2.94 - 0.65\xi$ | $2.64 - 0.40\xi$ | $2.15 - 0.15\xi$ |
| 3 | 均布荷载作用在上翼缘 | | $0.62 + 0.82\xi$ | $1.25 + 0.31\xi$ | $1.66 + 0.10\xi$ |

注: 本表是按支端为固定的情况确定的, 当用于由邻跨延伸出来的伸臂梁时, 应在构造上采取措施加强支承处的抗扭能力。

(五) 受弯构件整体稳定系数的近似计算

均匀弯曲的受弯构件, 当 $\lambda_y \leq 120 \sqrt{235/f_y}$ 时, 其整体稳定系数 φ_b 可按下列近似公式计算:

1. 工字形截面:

双轴对称时,

$$\varphi_b = 1.07 - \frac{\lambda_y^2}{44000} \cdot \frac{f_y}{235} \quad (\text{附 } 1.3)$$

单轴对称时,

$$\varphi_b = 1.07 - \frac{W_{1w}}{(2\alpha_b + 0.1)Ah} \cdot \frac{\lambda_y^2}{14000} \cdot \frac{f_y}{235} \quad (\text{附 } 1.4)$$

2. T 形截面(弯矩作用在对称轴平面, 绕 x 轴):

1) 弯矩使翼缘受压时:

双角钢 T 形截面,

$$\varphi_b = 1 - 0.0017\lambda_y \sqrt{f_y/235} \quad (\text{附 } 1.5)$$

两板组合 T 形截面,

$$\varphi_b = 1 - 0.0022\lambda_y \sqrt{f_y/235} \quad (\text{附 1.6})$$

2) 弯矩使翼缘受拉时,

$$\varphi_b = 1.0 \quad (\text{附 1.7})$$

按公式(附 1.3)至公式(附 1.7)算得的 φ_b 值大于 0.60 时,不需按附表 1.2 换算成 φ'_b 值,当按公式(附 1.3)和公式(附 1.4)算得的 φ_b 值大于 1.0 时,取 $\varphi_b=1.0$ 。

附录二 梁腹板局部稳定的计算

(一) 用横向加劲肋加强的腹板

用横向加劲肋加强的腹板(图 4.3.1a),其各区格的局部稳定性应按下式计算:

$$\sqrt{\left[\frac{\sigma}{\sigma_{cr}} + \frac{\sigma_c}{\sigma_{c,cr}}\right]^2 + \left[\frac{\tau}{\tau_{cr}}\right]^2} \leq 1 \quad (\text{附 2.1})$$

式中 σ ——所计算腹板区格内,由平均弯矩产生的腹板计算高度边缘的弯曲压应力;

τ ——所计算腹板区格内,由平均剪力产生的腹板平均剪应力, $\tau=V/(h_w t_w)$;

σ_c ——腹板边缘的局部压应力,应按第 4.1.3 条的规定计算,但一律取 $\Psi=1.0$ 。

σ_{cr} 、 $\sigma_{c,cr}$ 、和 τ_{cr} (N/mm^2) 应分别按下列方法计算:

1. 当 $\sigma_c=0$, 而 α/h_o 为任意值; 或当 $\sigma_c \neq 0$, 而 $\alpha/h_o \leq 0.8$ 时:

$$\sigma_{cr} = 715 \left[\frac{100t_w}{h_o} \right]^2 \quad (\text{附 2.2})$$

$$\sigma_{c,cr} = C_1 \left[\frac{100t_w}{h_o} \right]^2 \quad (\text{附 2.3})$$

式中 C_1 ——参数,由附表 2.1 查得。

2. 当 $\sigma_c \neq 0$, 而 $\alpha/h_o > 0.8$ 时:

1) 若 σ_c/σ 等于或大于附表 2.2 数值, 则:

$$\sigma_{cr} C_2 \left[\frac{100t_w}{h_o} \right]^2 \quad (\text{附 2.4})$$

式中 C_2 ——参数,由附表 2.1 查得。

$\sigma_{c,\alpha}$ 按公式(附 2.3) 计算。

2) 若 σ_c/σ 小于附表 2.2 数值, 则 $\sigma_{c\alpha}$ 按公式(附 2.2) 计算;

$\sigma_{c,\alpha}$ 按公式(附 2.3) 计算, 但查 C_1 时应以 $\alpha/2$ 代替 α_0 。

参 数 C_1 、 C_2 附表 2.1

| α/h_0 | 0.5 | 0.6 | 0.8 | 1.0 | 1.2 | 1.4 | 1.6 | 1.8 | 2.0 |
|--------------|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|
| C_1 | 792 | 640 | 461 | 354 | 274 | 229 | 199 | 180 | 166 |
| C_2 | 715 | 715 | 715 | 807 | 932 | 1090 | 1277 | 1496 | 1745 |

σ_c/σ 的 界 限 值 附表 2.2

| α/h_0 | ≤ 0.8 | 1.0 | 1.2 | 1.4 | 1.6 | 1.8 | 2.0 |
|-------------------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| σ_c/σ | 0 | 0.101 | 0.155 | 0.187 | 0.215 | 0.234 | 0.257 |

$$3. \quad \tau_{c\alpha} = \left[123 + \frac{93}{\left(\frac{l_1}{l_2}\right)^2} \right] \left(\frac{100t_w}{l_2} \right)^2 \quad (\text{附 } 2.5)$$

式中 l_1 、 l_2 ——分别为所计算区格的长边和短边尺寸。

注: 当产生局部压应力 σ_c 的荷载作用于梁受拉翼缘时, 则应分别假定 $\sigma_c=0$ 和 $\sigma=0$, 按公式(附 2.1) 计算腹板各区格的稳定性。

(二) 用横向加劲肋和纵向加劲肋加强的腹板

同时用横向加劲肋和纵向加劲肋加强的腹板(图 4.31b、c), 其局部稳定性应按下列公式计算:

1. 受压翼缘与纵向加劲肋之间的区格:

$$\frac{\sigma}{\sigma_{c\sigma 1}} + \frac{\sigma_c}{\sigma_{c,\sigma 1}} + \frac{\tau}{\tau_{c\sigma 1}} \leq 1 \quad (\text{附 } 2.6)$$

式中 $\sigma_{c\sigma 1}$ 、 $\sigma_{c,\sigma 1}$ 、 $\tau_{c\sigma 1}$ (N/mm^2) 应分别按下列方法计算:

1) 当 $\sigma_c=0$, 而 ξ_1 ($\xi_1=\alpha/h_1$) 为任意值; 或当 $\sigma_c \neq 0$, 而 $\xi_1 \leq 1$ 时:

$$\sigma_{cr1} = \frac{100}{1 - \frac{h_1}{h_0}} \left(\frac{100t_w}{h_1} \right)^2 \quad (\text{附 2.7})$$

$$\sigma_{c,cr1} = (25 + 10\xi_1) \left(1 + \frac{1}{\xi_1^2} \right)^2 \left(\frac{100t_w}{h_1} \right)^2 \quad (\text{附 2.8})$$

τ_{cr1} 按公式(附 2.5) 计算。

2) 当 $\alpha_0 \neq 0$ 且 $\xi_1 > 1$ 时, 分两次进行计算:

第一次计算时, 则:

$$\sigma_{cr1} = \frac{25}{1 - \frac{h_1}{h_0}} \left(\xi_1 + \frac{1}{\xi_1} \right)^2 \left(\frac{100t_w}{h_1} \right)^2 \quad (\text{附 2.9})$$

$\sigma_{c,cr1}$ 、 τ_{cr1} 、按公式(附 2.8)、公式(附 2.5) 计算。

公式(附 2.8) 和(附 2.9) 中, 当 $\xi_1 > 2$ 时取 $\xi_1 = 2$ 。

第二次计算时, σ_{cr1} 按公式(附 2.7) 计算; $\sigma_{c,cr1}$ 按公式(附 2.8) 计算, 但取 $\xi_1 = 0.5\alpha/h_1$; τ_{cr1} 按公式(附 2.5) 计算。

2. 受拉翼缘与纵向加劲肋之间的区格:

$$\sqrt{\left(\frac{\sigma_2}{\sigma_{cr2}} + \frac{\sigma_{c2}}{\sigma_{c,cr2}} \right)^2 + \left(\frac{\tau}{\tau_{cr2}} \right)^2} \leq 1 \quad (\text{附 2.10})$$

式中 σ_2 ($1-2h_1/h_0$) σ , $\sigma_{c2} = 0.3\sigma_c$ 。

σ_{cr2} 、 $\sigma_{c,cr2}$ 和 τ_{cr2} (N/mm^2) 应分别按下列公式计算:

$$\sigma_{cr2} = \frac{450}{\left(1 - 2\frac{h_1}{h_0} \right)^2} \left(\frac{100t_w}{h_0} \right)^2 \quad (\text{附 2.11})$$

$$\sigma_{c,cr2} = C_1 \left(\frac{100t_w}{h_2} \right)^2 \quad (\text{附 2.12})$$

σ_{cr2} 按公式(附 2.5) 计算。

公式(附 2.12) 中的 C_1 值是以 α/h_2 代替 α/h_0 从附表 2.1 中查得, 当 $\alpha/h_2 > 2$ 时, 取 $\alpha/h_2 = 2$ 。

注: ①纵向加劲肋应布置在距腹板计算高度受压翼缘 $h_0/5 \sim h_0/4$ 处。

②当产生局部压应力 C_1 的荷载作用于梁的受拉翼缘时, 应分别假定 $\alpha_{c2} = 0$ (用 σ_3 和 τ) 和假定 $\sigma_2 = 0$ (用 $\alpha_{c2} = \sigma_c$ 和 τ), 按公式(附 2.10) 计算受拉翼缘与纵向加劲肋之间腹板各区格的局部稳定性。

(三) 用横向加劲肋、纵向加劲肋和短加劲肋加强的腹板

同时用横向加劲肋和在受压区的纵向加劲肋与短加劲肋加强的腹板(图 4.3.1d), 其局部稳定性应按下列方法计算:

1. 受压翼缘与纵向加劲肋之间区格, 按公式(附 2.6) 计算, 但以 α_1 (图 4.3.1d) 代替 α 。
2. 受拉翼缘与纵向加劲肋之间的区格, 按公式(附 2.10) 计算。

附录三 轴心受压构件的稳定系数

3号钢 α 类截面轴心受压构件的稳定系数 φ 附表 3.1

| λ | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 0.999 | 0.999 | 0.998 | 0.998 | 0.997 | 0.996 |
| 10 | 0.995 | 0.994 | 0.993 | 0.992 | 0.991 | 0.989 | 0.988 | 0.986 | 0.985 | 0.983 |
| 20 | 0.981 | 0.979 | 0.977 | 0.976 | 0.974 | 0.972 | 0.970 | 0.968 | 0.966 | 0.964 |
| 30 | 0.963 | 0.961 | 0.959 | 0.957 | 0.955 | 0.952 | 0.950 | 0.948 | 0.946 | 0.944 |
| 40 | 0.941 | 0.939 | 0.937 | 0.934 | 0.932 | 0.929 | 0.927 | 0.924 | 0.921 | 0.919 |
| 50 | 0.916 | 0.913 | 0.910 | 0.907 | 0.904 | 0.900 | 0.897 | 0.894 | 0.890 | 0.886 |
| 60 | 0.883 | 0.879 | 0.875 | 0.871 | 0.867 | 0.863 | 0.858 | 0.854 | 0.849 | 0.844 |
| 70 | 0.839 | 0.834 | 0.829 | 0.824 | 0.818 | 0.813 | 0.807 | 0.801 | 0.795 | 0.789 |
| 80 | 0.783 | 0.776 | 0.770 | 0.763 | 0.757 | 0.750 | 0.743 | 0.736 | 0.728 | 0.721 |
| 90 | 0.714 | 0.706 | 0.699 | 0.691 | 0.684 | 0.676 | 0.668 | 0.661 | 0.653 | 0.645 |
| 100 | 0.638 | 0.630 | 0.622 | 0.615 | 0.607 | 0.600 | 0.592 | 0.585 | 0.577 | 0.570 |
| 110 | 0.563 | 0.555 | 0.548 | 0.541 | 0.534 | 0.527 | 0.520 | 0.514 | 0.507 | 0.500 |
| 120 | 0.494 | 0.488 | 0.481 | 0.475 | 0.469 | 0.463 | 0.457 | 0.451 | 0.445 | 0.440 |
| 130 | 0.434 | 0.429 | 0.423 | 0.418 | 0.412 | 0.407 | 0.402 | 0.397 | 0.392 | 0.387 |
| 140 | 0.383 | 0.378 | 0.373 | 0.369 | 0.364 | 0.360 | 0.356 | 0.351 | 0.347 | 0.343 |
| 150 | 0.339 | 0.335 | 0.331 | 0.327 | 0.323 | 0.320 | 0.316 | 0.312 | 0.309 | 0.305 |
| 160 | 0.302 | 0.298 | 0.295 | 0.292 | 0.289 | 0.285 | 0.282 | 0.276 | 0.276 | 0.273 |
| 170 | 0.270 | 0.267 | 0.264 | 0.262 | 0.259 | 0.256 | 0.253 | 0.251 | 0.248 | 0.246 |
| 180 | 0.243 | 0.241 | 0.238 | 0.236 | 0.233 | 0.231 | 0.229 | 0.226 | 0.224 | 0.222 |
| 190 | 0.220 | 0.218 | 0.215 | 0.213 | 0.211 | 0.209 | 0.207 | 0.205 | 0.203 | 0.201 |
| 200 | 0.199 | 0.198 | 0.196 | 0.194 | 0.192 | 0.190 | 0.189 | 0.187 | 0.185 | 0.183 |
| 210 | 0.182 | 0.180 | 0.179 | 0.177 | 0.175 | 0.174 | 0.172 | 0.171 | 0.169 | 0.168 |
| 220 | 0.166 | 0.165 | 0.164 | 0.162 | 0.161 | 0.159 | 0.158 | 0.157 | 0.155 | 0.154 |
| 230 | 0.153 | 0.152 | 0.150 | 0.149 | 0.148 | 0.147 | 0.146 | 0.144 | 0.143 | 0.142 |
| 240 | 0.141 | 0.140 | 0.139 | 0.138 | 0.136 | 0.135 | 0.134 | 0.133 | 0.132 | 0.131 |
| 250 | 0.130 | | | | | | | | | |

3号钢 b类截面轴心受压构件的稳定系数 φ 附表 3.2

| λ | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0 | 1.00 | 1.000 | 1.000 | 0.999 | 0.999 | 0.998 | 0.997 | 0.996 | 0.995 | 0.994 |
| 10 | 0.992 | 0.991 | 0.989 | 0.987 | 0.985 | 0.983 | 0.981 | 0.978 | 0.976 | 0.973 |
| 20 | 0.970 | 0.967 | 0.963 | 0.960 | 0.957 | 0.953 | 0.950 | 0.946 | 0.943 | 0.939 |
| 30 | 0.936 | 0.932 | 0.929 | 0.925 | 0.922 | 0.918 | 0.914 | 0.910 | 0.906 | 0.903 |
| 40 | 0.899 | 0.895 | 0.891 | 0.887 | 0.882 | 0.878 | 0.874 | 0.870 | 0.865 | 0.861 |
| 50 | 0.856 | 0.852 | 0.847 | 0.842 | 0.838 | 0.833 | 0.828 | 0.823 | 0.818 | 0.813 |
| 60 | 0.807 | 0.802 | 0.797 | 0.791 | 0.786 | 0.780 | 0.774 | 0.769 | 0.763 | 0.757 |
| 70 | 0.751 | 0.745 | 0.739 | 0.732 | 0.726 | 0.720 | 0.714 | 0.707 | 0.701 | 0.694 |
| 80 | 0.688 | 0.681 | 0.675 | 0.668 | 0.661 | 0.655 | 0.648 | 0.641 | 0.635 | 0.628 |
| 90 | 0.621 | 0.614 | 0.608 | 0.601 | 0.594 | 0.588 | 0.581 | 0.575 | 0.568 | 0.561 |
| 100 | 0.555 | 0.549 | 0.542 | 0.536 | 0.529 | 0.523 | 0.517 | 0.511 | 0.505 | 0.499 |
| 110 | 0.433 | 0.427 | 0.421 | 0.415 | 0.409 | 0.403 | 0.397 | 0.391 | 0.385 | 0.379 |
| 120 | 0.437 | 0.432 | 0.426 | 0.421 | 0.416 | 0.411 | 0.406 | 0.402 | 0.397 | 0.392 |
| 130 | 0.387 | 0.383 | 0.378 | 0.374 | 0.370 | 0.365 | 0.361 | 0.357 | 0.353 | 0.349 |
| 140 | 0.345 | 0.341 | 0.337 | 0.333 | 0.329 | 0.326 | 0.322 | 0.318 | 0.315 | 0.311 |
| 150 | 0.308 | 0.304 | 0.301 | 0.298 | 0.295 | 0.291 | 0.288 | 0.285 | 0.282 | 0.279 |
| 160 | 0.276 | 0.273 | 0.270 | 0.267 | 0.265 | 0.262 | 0.259 | 0.256 | 0.254 | 0.251 |
| 170 | 0.249 | 0.246 | 0.244 | 0.241 | 0.239 | 0.236 | 0.234 | 0.232 | 0.229 | 0.227 |
| 180 | 0.225 | 0.223 | 0.220 | 0.218 | 0.216 | 0.214 | 0.212 | 0.210 | 0.208 | 0.206 |
| 190 | 0.204 | 0.202 | 0.200 | 0.198 | 0.197 | 0.195 | 0.193 | 0.191 | 0.190 | 0.188 |
| 200 | 0.186 | 0.184 | 0.183 | 0.181 | 0.180 | 0.178 | 0.176 | 0.175 | 0.173 | 0.172 |
| 210 | 0.170 | 0.169 | 0.167 | 0.166 | 0.165 | 0.163 | 0.162 | 0.160 | 0.159 | 0.158 |
| 220 | 0.156 | 0.155 | 0.154 | 0.153 | 0.151 | 0.150 | 0.149 | 0.148 | 0.146 | 0.145 |
| 230 | 0.144 | 0.143 | 0.142 | 0.141 | 0.140 | 0.138 | 0.137 | 0.136 | 0.135 | 0.134 |
| 240 | 0.133 | 0.132 | 0.131 | 0.130 | 0.129 | 0.128 | 0.127 | 0.126 | 0.125 | 0.124 |
| 250 | 0.123 | | | | | | | | | |

3号钢 c类截面轴心受压构件的稳定系数 φ 附表 3.3

| λ | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 0.999 | 0.999 | 0.998 | 0.997 | 0.996 | 0.995 | 0.993 |
| 10 | 0.992 | 0.990 | 0.988 | 0.986 | 0.983 | 0.981 | 0.978 | 0.976 | 0.973 | 0.970 |
| 20 | 0.966 | 0.959 | 0.953 | 0.947 | 0.940 | 0.934 | 0.928 | 0.921 | 0.915 | 0.909 |
| 30 | 0.902 | 0.896 | 0.890 | 0.884 | 0.877 | 0.871 | 0.865 | 0.858 | 0.852 | 0.846 |
| 40 | 0.839 | 0.833 | 0.826 | 0.820 | 0.814 | 0.807 | 0.801 | 0.794 | 0.788 | 0.781 |
| 50 | 0.775 | 0.768 | 0.762 | 0.755 | 0.748 | 0.742 | 0.735 | 0.729 | 0.722 | 0.715 |
| 60 | 0.709 | 0.702 | 0.695 | 0.689 | 0.682 | 0.676 | 0.669 | 0.662 | 0.656 | 0.649 |
| 70 | 0.643 | 0.636 | 0.629 | 0.623 | 0.616 | 0.610 | 0.604 | 0.597 | 0.591 | 0.584 |
| 80 | 0.578 | 0.572 | 0.566 | 0.559 | 0.553 | 0.547 | 0.541 | 0.535 | 0.529 | 0.523 |
| 90 | 0.517 | 0.511 | 0.505 | 0.500 | 0.494 | 0.488 | 0.483 | 0.477 | 0.472 | 0.467 |
| 100 | 0.463 | 0.458 | 0.454 | 0.449 | 0.445 | 0.441 | 0.436 | 0.432 | 0.428 | 0.423 |
| 110 | 0.419 | 0.415 | 0.411 | 0.407 | 0.403 | 0.399 | 0.395 | 0.391 | 0.387 | 0.383 |
| 120 | 0.379 | 0.375 | 0.371 | 0.367 | 0.364 | 0.360 | 0.356 | 0.353 | 0.349 | 0.346 |
| 130 | 0.342 | 0.339 | 0.335 | 0.332 | 0.328 | 0.325 | 0.322 | 0.319 | 0.315 | 0.312 |
| 140 | 0.309 | 0.306 | 0.303 | 0.300 | 0.297 | 0.294 | 0.291 | 0.288 | 0.285 | 0.282 |
| 150 | 0.280 | 0.277 | 0.274 | 0.271 | 0.269 | 0.266 | 0.264 | 0.261 | 0.258 | 0.256 |
| 160 | 0.254 | 0.251 | 0.249 | 0.246 | 0.244 | 0.242 | 0.239 | 0.237 | 0.235 | 0.233 |
| 170 | 0.230 | 0.228 | 0.226 | 0.224 | 0.222 | 0.220 | 0.218 | 0.216 | 0.214 | 0.212 |
| 180 | 0.210 | 0.208 | 0.206 | 0.205 | 0.203 | 0.201 | 0.199 | 0.197 | 0.196 | 0.194 |
| 190 | 0.192 | 0.190 | 0.189 | 0.187 | 0.186 | 0.184 | 0.182 | 0.181 | 0.179 | 0.178 |
| 200 | 0.176 | 0.175 | 0.173 | 0.172 | 0.170 | 0.169 | 0.168 | 0.166 | 0.165 | 0.163 |
| 210 | 0.162 | 0.161 | 0.159 | 0.158 | 0.157 | 0.156 | 0.154 | 0.153 | 0.152 | 0.151 |
| 220 | 0.150 | 0.148 | 0.147 | 0.146 | 0.145 | 0.144 | 0.143 | 0.142 | 0.140 | 0.139 |
| 230 | 0.138 | 0.137 | 0.136 | 0.135 | 0.134 | 0.133 | 0.132 | 0.131 | 0.130 | 0.129 |
| 240 | 0.128 | 0.127 | 0.126 | 0.125 | 0.124 | 0.124 | 0.123 | 0.122 | 0.121 | 0.120 |
| 250 | 0.119 | | | | | | | | | |

16Mn 钢、16Mnq 钢
a 类截面轴心受压构件的稳定系数 φ 附表 3.4

| λ | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0 | 1.00 | 1.000 | 1.000 | 0.999 | 0.999 | 0.998 | 0.997 | 0.997 | 0.996 | 0.994 |
| 10 | 0.993 | 0.992 | 0.990 | 0.988 | 0.986 | 0.984 | 0.982 | 0.980 | 0.978 | 0.975 |
| 20 | 0.973 | 0.971 | 0.969 | 0.967 | 0.964 | 0.962 | 0.960 | 0.957 | 0.955 | 0.952 |
| 30 | 0.950 | 0.947 | 0.944 | 0.941 | 0.939 | 0.936 | 0.933 | 0.930 | 0.927 | 0.923 |
| 40 | 0.920 | 0.917 | 0.913 | 0.909 | 0.906 | 0.902 | 0.898 | 0.894 | 0.889 | 0.885 |
| 50 | 0.881 | 0.876 | 0.871 | 0.866 | 0.861 | 0.855 | 0.850 | 0.844 | 0.838 | 0.832 |
| 60 | 0.825 | 0.819 | 0.812 | 0.805 | 0.798 | 0.791 | 0.783 | 0.775 | 0.767 | 0.759 |
| 70 | 0.751 | 0.742 | 0.734 | 0.725 | 0.716 | 0.707 | 0.698 | 0.689 | 0.680 | 0.671 |
| 80 | 0.661 | 0.652 | 0.643 | 0.633 | 0.624 | 0.615 | 0.606 | 0.596 | 0.587 | 0.578 |
| 90 | 0.570 | 0.561 | 0.552 | 0.543 | 0.535 | 0.527 | 0.518 | 0.510 | 0.502 | 0.494 |
| 100 | 0.487 | 0.479 | 0.471 | 0.464 | 0.457 | 0.450 | 0.443 | 0.436 | 0.429 | 0.423 |
| 110 | 0.416 | 0.410 | 0.404 | 0.398 | 0.392 | 0.386 | 0.380 | 0.374 | 0.369 | 0.363 |
| 120 | 0.358 | 0.353 | 0.348 | 0.343 | 0.338 | 0.333 | 0.328 | 0.324 | 0.319 | 0.315 |
| 130 | 0.310 | 0.306 | 0.302 | 0.298 | 0.294 | 0.290 | 0.286 | 0.282 | 0.278 | 0.275 |
| 140 | 0.271 | 0.268 | 0.264 | 0.261 | 0.257 | 0.254 | 0.251 | 0.248 | 0.245 | 0.242 |
| 150 | 0.239 | 0.236 | 0.233 | 0.230 | 0.227 | 0.224 | 0.222 | 0.219 | 0.217 | 0.214 |
| 160 | 0.212 | 0.209 | 0.207 | 0.204 | 0.202 | 0.200 | 0.197 | 0.195 | 0.193 | 0.191 |
| 170 | 0.189 | 0.187 | 0.184 | 0.182 | 0.180 | 0.179 | 0.177 | 0.175 | 0.173 | 0.171 |
| 180 | 0.169 | 0.167 | 0.166 | 0.164 | 0.162 | 0.161 | 0.159 | 0.157 | 0.156 | 0.154 |
| 190 | 0.153 | 0.151 | 0.150 | 0.148 | 0.147 | 0.145 | 0.144 | 0.142 | 0.141 | 0.140 |
| 200 | 0.138 | 0.137 | 0.136 | 0.134 | 0.133 | 0.132 | 0.131 | 0.129 | 0.128 | 0.127 |
| 210 | 0.126 | 0.125 | 0.124 | 0.123 | 0.121 | 0.120 | 0.119 | 0.118 | 0.117 | 0.116 |
| 220 | 0.115 | 0.114 | 0.113 | 0.112 | 0.111 | 0.110 | 0.109 | 0.108 | 0.107 | 0.106 |
| 230 | 0.106 | 0.105 | 0.104 | 0.103 | 0.102 | 0.101 | 0.100 | 0.0996 | 0.0988 | 0.0980 |
| 240 | 0.0972 | 0.0964 | 0.0957 | 0.0949 | 0.0942 | 0.0934 | 0.0927 | 0.0919 | 0.0912 | 0.0905 |
| 250 | 0.0898 | | | | | | | | | |

16Mn 钢、16Mnq 钢
b 类截面轴心受压构件的稳定系数 φ 附表 3.5

| λ | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 0.999 | 0.998 | 0.997 | 0.996 | 0.995 | 0.993 | 0.991 |
| 10 | 0.989 | 0.987 | 0.984 | 0.981 | 0.978 | 0.975 | 0.972 | 0.968 | 0.964 | 0.960 |
| 20 | 0.956 | 0.952 | 0.948 | 0.943 | 0.939 | 0.935 | 0.931 | 0.926 | 0.922 | 0.917 |
| 30 | 0.913 | 0.908 | 0.903 | 0.899 | 0.894 | 0.889 | 0.884 | 0.879 | 0.874 | 0.869 |
| 40 | 0.863 | 0.858 | 0.852 | 0.847 | 0.841 | 0.835 | 0.829 | 0.823 | 0.817 | 0.811 |
| 50 | 0.804 | 0.798 | 0.791 | 0.784 | 0.778 | 0.771 | 0.764 | 0.756 | 0.749 | 0.742 |
| 60 | 0.734 | 0.727 | 0.719 | 0.711 | 0.704 | 0.696 | 0.688 | 0.680 | 0.672 | 0.664 |
| 70 | 0.656 | 0.648 | 0.640 | 0.632 | 0.623 | 0.615 | 0.607 | 0.599 | 0.591 | 0.583 |
| 80 | 0.575 | 0.567 | 0.559 | 0.551 | 0.544 | 0.536 | 0.528 | 0.521 | 0.513 | 0.506 |
| 90 | 0.499 | 0.491 | 0.484 | 0.477 | 0.470 | 0.463 | 0.457 | 0.450 | 0.443 | 0.437 |
| 100 | 0.431 | 0.424 | 0.418 | 0.412 | 0.406 | 0.400 | 0.395 | 0.389 | 0.384 | 0.378 |
| 110 | 0.373 | 0.367 | 0.362 | 0.357 | 0.352 | 0.347 | 0.343 | 0.338 | 0.333 | 0.329 |
| 120 | 0.324 | 0.320 | 0.315 | 0.311 | 0.307 | 0.303 | 0.299 | 0.295 | 0.291 | 0.287 |
| 130 | 0.283 | 0.280 | 0.276 | 0.273 | 0.269 | 0.266 | 0.262 | 0.259 | 0.256 | 0.253 |
| 140 | 0.249 | 0.246 | 0.243 | 0.240 | 0.237 | 0.235 | 0.232 | 0.229 | 0.226 | 0.224 |
| 150 | 0.221 | 0.218 | 0.216 | 0.213 | 0.211 | 0.208 | 0.206 | 0.204 | 0.201 | 0.199 |
| 160 | 0.197 | 0.195 | 0.193 | 0.190 | 0.188 | 0.186 | 0.184 | 0.182 | 0.180 | 0.178 |
| 170 | 0.176 | 0.175 | 0.173 | 0.171 | 0.169 | 0.167 | 0.166 | 0.164 | 0.162 | 0.161 |
| 180 | 0.159 | 0.157 | 0.156 | 0.154 | 0.153 | 0.151 | 0.150 | 0.148 | 0.147 | 0.145 |
| 190 | 0.144 | 0.142 | 0.141 | 0.140 | 0.138 | 0.137 | 0.136 | 0.135 | 0.133 | 0.132 |
| 200 | 0.131 | 0.130 | 0.128 | 0.127 | 0.126 | 0.125 | 0.124 | 0.123 | 0.122 | 0.120 |
| 210 | 0.119 | 0.118 | 0.117 | 0.116 | 0.115 | 0.114 | 0.113 | 0.112 | 0.111 | 0.110 |
| 220 | 0.109 | 0.108 | 0.108 | 0.107 | 0.106 | 0.105 | 0.104 | 0.103 | 0.102 | 0.101 |
| 230 | 0.101 | 0.0998 | 0.0990 | 0.0982 | 0.0974 | 0.0966 | 0.0959 | 0.0951 | 0.0943 | 0.0936 |
| 240 | 0.0929 | 0.0921 | 0.0914 | 0.0907 | 0.0900 | 0.0893 | 0.0886 | 0.0879 | 0.0873 | 0.0866 |
| 250 | 0.0859 | | | | | | | | | |

16Mn 钢、16Mnq 钢
c 类截面轴心受压构件的稳定系数 φ 附表 3.6

| λ | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 0.999 | 0.998 | 0.997 | 0.996 | 0.994 | 0.992 | 0.990 |
| 10 | 0.988 | 0.985 | 0.982 | 0.979 | 0.976 | 0.972 | 0.968 | 0.962 | 0.954 | 0.946 |
| 20 | 0.939 | 0.931 | 0.924 | 0.916 | 0.908 | 0.901 | 0.893 | 0.885 | 0.878 | 0.870 |
| 30 | 0.862 | 0.855 | 0.847 | 0.839 | 0.832 | 0.824 | 0.816 | 0.808 | 0.800 | 0.792 |
| 40 | 0.785 | 0.777 | 0.769 | 0.761 | 0.753 | 0.745 | 0.737 | 0.729 | 0.721 | 0.713 |
| 50 | 0.705 | 0.697 | 0.689 | 0.681 | 0.673 | 0.665 | 0.657 | 0.649 | 0.641 | 0.633 |
| 60 | 0.625 | 0.617 | 0.609 | 0.601 | 0.594 | 0.586 | 0.578 | 0.571 | 0.563 | 0.556 |
| 70 | 0.548 | 0.541 | 0.533 | 0.526 | 0.519 | 0.512 | 0.505 | 0.498 | 0.491 | 0.484 |
| 80 | 0.478 | 0.471 | 0.465 | 0.460 | 0.455 | 0.449 | 0.444 | 0.439 | 0.434 | 0.428 |
| 90 | 0.423 | 0.418 | 0.413 | 0.408 | 0.403 | 0.398 | 0.393 | 0.389 | 0.384 | 0.379 |
| 100 | 0.374 | 0.370 | 0.365 | 0.361 | 0.356 | 0.352 | 0.348 | 0.343 | 0.339 | 0.335 |
| 110 | 0.331 | 0.327 | 0.323 | 0.319 | 0.315 | 0.311 | 0.307 | 0.304 | 0.300 | 0.296 |
| 120 | 0.293 | 0.289 | 0.286 | 0.282 | 0.279 | 0.276 | 0.272 | 0.269 | 0.266 | 0.263 |
| 130 | 0.260 | 0.257 | 0.254 | 0.251 | 0.248 | 0.245 | 0.242 | 0.239 | 0.237 | 0.234 |
| 140 | 0.231 | 0.229 | 0.226 | 0.224 | 0.221 | 0.219 | 0.216 | 0.214 | 0.211 | 0.209 |
| 150 | 0.207 | 0.205 | 0.202 | 0.200 | 0.198 | 0.196 | 0.194 | 0.192 | 0.190 | 0.188 |
| 160 | 0.186 | 0.184 | 0.182 | 0.180 | 0.178 | 0.176 | 0.175 | 0.173 | 0.171 | 0.169 |
| 170 | 0.168 | 0.166 | 0.164 | 0.163 | 0.161 | 0.159 | 0.158 | 0.156 | 0.155 | 0.153 |
| 180 | 0.152 | 0.150 | 0.149 | 0.147 | 0.146 | 0.145 | 0.143 | 0.142 | 0.141 | 0.139 |
| 190 | 0.138 | 0.137 | 0.136 | 0.134 | 0.133 | 0.132 | 0.131 | 0.129 | 0.128 | 0.127 |
| 200 | 0.126 | 0.125 | 0.124 | 0.123 | 0.122 | 0.121 | 0.120 | 0.118 | 0.117 | 0.116 |
| 210 | 0.115 | 0.114 | 0.113 | 0.113 | 0.112 | 0.111 | 0.110 | 0.109 | 0.108 | 0.107 |
| 220 | 0.106 | 0.105 | 0.104 | 0.104 | 0.103 | 0.102 | 0.101 | 0.100 | 0.0994 | 0.0986 |
| 230 | 0.0979 | 0.0971 | 0.0963 | 0.0956 | 0.0948 | 0.0941 | 0.0933 | 0.0926 | 0.0919 | 0.0912 |
| 240 | 0.0905 | 0.0898 | 0.0891 | 0.0885 | 0.0878 | 0.0871 | 0.0865 | 0.0858 | 0.0852 | 0.0846 |
| 250 | 0.0839 | | | | | | | | | |

15MnV 钢、15MnVq 钢
 α 类截面轴心受压构件的稳定系数 φ 附表 3.7

| λ | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 0.999 | 0.999 | 0.998 | 0.997 | 0.996 | 0.995 | 0.994 |
| 10 | 0.992 | 0.990 | 0.989 | 0.987 | 0.985 | 0.982 | 0.980 | 0.978 | 0.975 | 0.973 |
| 20 | 0.971 | 0.968 | 0.966 | 0.963 | 0.961 | 0.958 | 0.956 | 0.953 | 0.950 | 0.947 |
| 30 | 0.945 | 0.942 | 0.939 | 0.936 | 0.932 | 0.929 | 0.926 | 0.922 | 0.919 | 0.915 |
| 40 | 0.911 | 0.907 | 0.903 | 0.899 | 0.895 | 0.890 | 0.885 | 0.881 | 0.876 | 0.870 |
| 50 | 0.865 | 0.860 | 0.854 | 0.848 | 0.842 | 0.835 | 0.828 | 0.822 | 0.814 | 0.807 |
| 60 | 0.800 | 0.792 | 0.784 | 0.775 | 0.767 | 0.758 | 0.749 | 0.740 | 0.731 | 0.722 |
| 70 | 0.712 | 0.703 | 0.693 | 0.683 | 0.674 | 0.664 | 0.654 | 0.644 | 0.634 | 0.624 |
| 80 | 0.614 | 0.604 | 0.595 | 0.585 | 0.576 | 0.566 | 0.557 | 0.548 | 0.539 | 0.530 |
| 90 | 0.521 | 0.512 | 0.504 | 0.495 | 0.487 | 0.479 | 0.471 | 0.463 | 0.455 | 0.448 |
| 100 | 0.441 | 0.433 | 0.426 | 0.419 | 0.413 | 0.406 | 0.399 | 0.393 | 0.387 | 0.381 |
| 110 | 0.375 | 0.369 | 0.363 | 0.357 | 0.352 | 0.347 | 0.341 | 0.336 | 0.331 | 0.326 |
| 120 | 0.321 | 0.316 | 0.312 | 0.307 | 0.303 | 0.298 | 0.294 | 0.290 | 0.286 | 0.282 |
| 130 | 0.278 | 0.274 | 0.270 | 0.266 | 0.263 | 0.259 | 0.256 | 0.252 | 0.249 | 0.245 |
| 140 | 0.242 | 0.239 | 0.236 | 0.233 | 0.230 | 0.227 | 0.224 | 0.221 | 0.218 | 0.215 |
| 150 | 0.213 | 0.210 | 0.208 | 0.205 | 0.203 | 0.200 | 0.198 | 0.195 | 0.193 | 0.191 |
| 160 | 0.188 | 0.186 | 0.184 | 0.182 | 0.180 | 0.178 | 0.176 | 0.174 | 0.172 | 0.170 |
| 170 | 0.168 | 0.166 | 0.164 | 0.162 | 0.161 | 0.159 | 0.157 | 0.155 | 0.154 | 0.152 |
| 180 | 0.150 | 0.149 | 0.147 | 0.146 | 0.144 | 0.143 | 0.141 | 0.140 | 0.138 | 0.137 |
| 190 | 0.136 | 0.134 | 0.133 | 0.132 | 0.130 | 0.129 | 0.128 | 0.127 | 0.125 | 0.124 |
| 200 | 0.123 | 0.122 | 0.121 | 0.119 | 0.118 | 0.117 | 0.116 | 0.115 | 0.114 | 0.113 |
| 210 | 0.112 | 0.111 | 0.110 | 0.109 | 0.108 | 0.107 | 0.106 | 0.105 | 0.104 | 0.103 |
| 220 | 0.102 | 0.101 | 0.100 | 0.0996 | 0.0987 | 0.0978 | 0.0970 | 0.0962 | 0.0954 | 0.0946 |
| 230 | 0.0938 | 0.0930 | 0.0922 | 0.0914 | 0.0907 | 0.0899 | 0.0892 | 0.0884 | 0.0877 | 0.0870 |
| 240 | 0.0863 | 0.0856 | 0.0849 | 0.0842 | 0.0836 | 0.0829 | 0.0823 | 0.0816 | 0.0810 | 0.0803 |
| 250 | 0.0797 | | | | | | | | | |

15MnV 钢、15MnVq 钢
b 类截面轴心受压构件的稳定系数 φ 附表 3.8

| λ | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 0.999 | 0.998 | 0.997 | 0.996 | 0.994 | 0.992 | 0.990 |
| 10 | 0.988 | 0.985 | 0.982 | 0.979 | 0.976 | 0.972 | 0.968 | 0.964 | 0.959 | 0.955 |
| 20 | 0.951 | 0.946 | 0.942 | 0.937 | 0.933 | 0.928 | 0.923 | 0.919 | 0.914 | 0.909 |
| 30 | 0.904 | 0.899 | 0.894 | 0.889 | 0.883 | 0.878 | 0.872 | 0.867 | 0.861 | 0.855 |
| 40 | 0.849 | 0.843 | 0.837 | 0.831 | 0.824 | 0.818 | 0.811 | 0.804 | 0.797 | 0.790 |
| 50 | 0.783 | 0.776 | 0.769 | 0.761 | 0.753 | 0.746 | 0.738 | 0.730 | 0.722 | 0.714 |
| 60 | 0.705 | 0.697 | 0.689 | 0.680 | 0.672 | 0.663 | 0.654 | 0.646 | 0.637 | 0.629 |
| 70 | 0.620 | 0.611 | 0.603 | 0.594 | 0.586 | 0.577 | 0.569 | 0.560 | 0.552 | 0.544 |
| 80 | 0.535 | 0.527 | 0.519 | 0.511 | 0.504 | 0.496 | 0.488 | 0.481 | 0.473 | 0.466 |
| 90 | 0.459 | 0.452 | 0.445 | 0.438 | 0.431 | 0.424 | 0.418 | 0.411 | 0.405 | 0.399 |
| 100 | 0.393 | 0.387 | 0.381 | 0.375 | 0.370 | 0.364 | 0.359 | 0.353 | 0.348 | 0.343 |
| 110 | 0.338 | 0.333 | 0.328 | 0.323 | 0.319 | 0.314 | 0.310 | 0.305 | 0.301 | 0.297 |
| 120 | 0.293 | 0.289 | 0.285 | 0.281 | 0.277 | 0.273 | 0.269 | 0.266 | 0.262 | 0.259 |
| 130 | 0.255 | 0.252 | 0.248 | 0.245 | 0.242 | 0.239 | 0.236 | 0.233 | 0.230 | 0.227 |
| 140 | 0.224 | 0.221 | 0.218 | 0.216 | 0.213 | 0.210 | 0.208 | 0.205 | 0.203 | 0.200 |
| 150 | 0.198 | 0.196 | 0.193 | 0.191 | 0.189 | 0.187 | 0.184 | 0.182 | 0.180 | 0.178 |
| 160 | 0.176 | 0.174 | 0.172 | 0.170 | 0.168 | 0.167 | 0.165 | 0.163 | 0.161 | 0.159 |
| 170 | 0.158 | 0.156 | 0.154 | 0.153 | 0.151 | 0.150 | 0.148 | 0.146 | 0.145 | 0.143 |
| 180 | 0.142 | 0.140 | 0.139 | 0.138 | 0.136 | 0.135 | 0.134 | 0.132 | 0.131 | 0.130 |
| 190 | 0.128 | 0.127 | 0.126 | 0.125 | 0.123 | 0.122 | 0.121 | 0.120 | 0.119 | 0.118 |
| 200 | 0.117 | 0.116 | 0.114 | 0.113 | 0.112 | 0.111 | 0.110 | 0.109 | 0.108 | 0.107 |
| 210 | 0.106 | 0.105 | 0.105 | 0.104 | 0.103 | 0.102 | 0.101 | 0.100 | 0.099 | 0.0983 |
| 220 | 0.0975 | 0.0967 | 0.0958 | 0.0950 | 0.0942 | 0.0934 | 0.0926 | 0.0919 | 0.0911 | 0.0904 |
| 230 | 0.0896 | 0.0889 | 0.0882 | 0.0874 | 0.0867 | 0.0860 | 0.0853 | 0.0847 | 0.0840 | 0.0833 |
| 240 | 0.0827 | 0.0820 | 0.0814 | 0.0807 | 0.0801 | 0.0795 | 0.0789 | 0.0783 | 0.0777 | 0.0771 |
| 250 | 0.0765 | | | | | | | | | |

15MnV 钢、15MnVq 钢
c 类截面轴心受压构件的稳定系数 φ 附表 3.9

| λ | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|--------|
| 0 | 1.000 | 1.000 | 0.999 | 0.999 | 0.998 | 0.996 | 0.995 | 0.993 | 0.991 | 0.989 |
| 10 | 0.986 | 0.983 | 0.980 | 0.976 | 0.973 | 0.968 | 0.962 | 0.954 | 0.945 | 0.937 |
| 20 | 0.929 | 0.921 | 0.913 | 0.905 | 0.897 | 0.889 | 0.880 | 0.872 | 0.864 | 0.856 |
| 30 | 0.848 | 0.840 | 0.831 | 0.823 | 0.815 | 0.807 | 0.798 | 0.790 | 0.781 | 0.773 |
| 40 | 0.765 | 0.756 | 0.748 | 0.739 | 0.731 | 0.722 | 0.714 | 0.705 | 0.697 | 0.688 |
| 50 | 0.679 | 0.671 | 0.662 | 0.654 | 0.645 | 0.634 | 0.629 | 0.620 | 0.612 | 0.604 |
| 60 | 0.595 | 0.587 | 0.579 | 0.571 | 0.563 | 0.555 | 0.547 | 0.539 | 0.531 | 0.524 |
| 70 | 0.516 | 0.509 | 0.501 | 0.494 | 0.487 | 0.479 | 0.472 | 0.466 | 0.460 | 0.455 |
| 80 | 0.449 | 0.443 | 0.438 | 0.432 | 0.427 | 0.421 | 0.416 | 0.411 | 0.405 | 0.400 |
| 90 | 0.395 | 0.390 | 0.385 | 0.380 | 0.375 | 0.370 | 0.365 | 0.360 | 0.355 | 0.351 |
| 100 | 0.346 | 0.342 | 0.337 | 0.333 | 0.328 | 0.324 | 0.320 | 0.316 | 0.312 | 0.308 |
| 110 | 0.304 | 0.300 | 0.296 | 0.292 | 0.288 | 0.285 | 0.081 | 0.278 | 0.274 | 0.271 |
| 120 | 0.267 | 0.264 | 0.261 | 0.257 | 0.254 | 0.251 | 0.248 | 0.245 | 0.242 | 0.239 |
| 130 | 0.236 | 0.233 | 0.230 | 0.228 | 0.225 | 0.222 | 0.220 | 0.217 | 0.214 | 0.212 |
| 140 | 0.209 | 0.207 | 0.205 | 0.202 | 0.200 | 0.198 | 0.195 | 0.193 | 0.191 | 0.189 |
| 150 | 0.187 | 0.185 | 0.183 | 0.181 | 0.179 | 0.177 | 0.175 | 0.173 | 0.171 | 0.169 |
| 160 | 0.167 | 0.166 | 0.164 | 0.162 | 0.160 | 0.159 | 0.157 | 0.155 | 0.154 | 0.152 |
| 170 | 0.151 | 0.149 | 0.148 | 0.146 | 0.145 | 0.143 | 0.142 | 0.140 | 0.139 | 0.138 |
| 180 | 0.136 | 0.135 | 0.134 | 0.132 | 0.131 | 0.130 | 0.129 | 0.127 | 0.126 | 0.125 |
| 190 | 0.124 | 0.123 | 0.121 | 0.120 | 0.119 | 0.118 | 0.117 | 0.116 | 0.115 | 0.114 |
| 200 | 0.113 | 0.112 | 0.111 | 0.110 | 0.109 | 0.108 | 0.107 | 0.106 | 0.105 | 0.104 |
| 210 | 0.103 | 0.102 | 0.102 | 0.1010 | 0.09980 | 0.09900 | 0.09810 | 0.0973 | 0.0965 | 0.0957 |
| 220 | 0.09490 | 0.09410 | 0.09330 | 0.09250 | 0.09180 | 0.09100 | 0.09030 | 0.0896 | 0.0888 | 0.0881 |
| 230 | 0.08740 | 0.08670 | 0.08600 | 0.08540 | 0.08470 | 0.08400 | 0.08340 | 0.0827 | 0.0821 | 0.0814 |
| 240 | 0.08080 | 0.08020 | 0.07960 | 0.07900 | 0.07840 | 0.07780 | 0.07720 | 0.0766 | 0.0760 | 0.0755 |
| 250 | 0.0749 | | | | | | | | | |

附表 3.1 至附表 3.9 中的 φ 值系按下列公式算得：

$$\text{当 } \bar{\lambda} = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} \leq 0.215 \text{ 时,}$$

$$\varphi = 1 - \alpha_1 \bar{\lambda}^2$$

$$\text{当 } \bar{\lambda} > 0.215 \text{ 时,}$$

$$\varphi = \frac{1}{2\bar{\lambda}^2} [(\alpha_2 + \alpha_3 \bar{\lambda} + \bar{\lambda}^2) - \sqrt{(\alpha_2 + \alpha_3 \bar{\lambda} + \bar{\lambda}^2)^2 - 4\bar{\lambda}^2}]$$

式中 α_1 、 α_2 、 α_3 ——系数，根据表 5.1.2 的截面分类，按附表 3.10 采用。

系数 α_1 、 α_2 、 α_3 附表 3.10

| 截面类别 | α_1 | α_2 | α_3 |
|------|------------|---------------------------|------------|
| a 类 | 0.41 | 0.986 | 0.152 |
| b 类 | 0.65 | 0.965 | 0.300 |
| c 类 | 0.73 | $\bar{\lambda} \leq 1.05$ | 0.906 |
| | | $\bar{\lambda} > 1.05$ | 1.216 |

附录四 柱的计算长度系数

无侧移框架柱的计算长度系数 μ

附表 4.1

| $K_1 \backslash K_2$ | 0 | 0.05 | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 10 | 20 | ∞ |
|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|
| 0 | 1.000 | 0.990 | 0.981 | 0.964 | 0.949 | 0.935 | 0.922 | 0.875 | 0.820 | 0.791 | 0.773 | 0.760 | 0.732 | 0.716 | 0.699 |
| 0.05 | 0.990 | 0.981 | 0.971 | 0.955 | 0.940 | 0.926 | 0.914 | 0.867 | 0.814 | 0.784 | 0.766 | 0.754 | 0.726 | 0.711 | 0.694 |
| 0.1 | 0.981 | 0.971 | 0.962 | 0.946 | 0.931 | 0.918 | 0.906 | 0.860 | 0.807 | 0.778 | 0.760 | 0.748 | 0.721 | 0.705 | 0.689 |
| 0.2 | 0.964 | 0.955 | 0.946 | 0.930 | 0.916 | 0.903 | 0.891 | 0.846 | 0.795 | 0.767 | 0.749 | 0.737 | 0.711 | 0.696 | 0.679 |
| 0.3 | 0.949 | 0.940 | 0.931 | 0.916 | 0.902 | 0.889 | 0.878 | 0.834 | 0.784 | 0.756 | 0.739 | 0.728 | 0.701 | 0.687 | 0.671 |
| 0.4 | 0.935 | 0.926 | 0.918 | 0.903 | 0.889 | 0.877 | 0.866 | 0.823 | 0.774 | 0.747 | 0.730 | 0.719 | 0.693 | 0.678 | 0.663 |
| 0.5 | 0.922 | 0.914 | 0.906 | 0.891 | 0.878 | 0.866 | 0.855 | 0.813 | 0.765 | 0.738 | 0.721 | 0.710 | 0.685 | 0.671 | 0.656 |
| 1 | 0.875 | 0.867 | 0.860 | 0.846 | 0.834 | 0.823 | 0.813 | 0.774 | 0.729 | 0.704 | 0.688 | 0.677 | 0.654 | 0.640 | 0.626 |
| 2 | 0.820 | 0.814 | 0.807 | 0.795 | 0.784 | 0.774 | 0.765 | 0.729 | 0.686 | 0.663 | 0.648 | 0.638 | 0.615 | 0.603 | 0.590 |
| 3 | 0.791 | 0.784 | 0.778 | 0.767 | 0.756 | 0.747 | 0.738 | 0.704 | 0.663 | 0.640 | 0.625 | 0.616 | 0.593 | 0.581 | 0.568 |
| 4 | 0.773 | 0.766 | 0.760 | 0.749 | 0.739 | 0.730 | 0.721 | 0.688 | 0.648 | 0.625 | 0.611 | 0.601 | 0.580 | 0.568 | 0.555 |
| 5 | 0.760 | 0.754 | 0.748 | 0.737 | 0.728 | 0.719 | 0.710 | 0.677 | 0.638 | 0.616 | 0.601 | 0.592 | 0.570 | 0.55 | 0.546 |
| 10 | 0.732 | 0.726 | 0.721 | 0.711 | 0.701 | 0.693 | 0.685 | 0.654 | 0.615 | 0.593 | 0.580 | 0.570 | 0.549 | 0.537 | 0.524 |
| 20 | 0.716 | 0.711 | 0.705 | 0.696 | 0.687 | 0.678 | 0.671 | 0.640 | 0.603 | 0.591 | 0.568 | 0.558 | 0.537 | 0.525 | 0.512 |
| ∞ | 0.699 | 0.694 | 0.689 | 0.679 | 0.671 | 0.663 | 0.656 | 0.626 | 0.590 | 0.568 | 0.555 | 0.546 | 0.524 | 0.512 | 0.500 |

注：①表中的计算长度系数 μ 值系按下式算得：

$$\left[\left(\frac{\pi}{\mu} \right)^2 + 2(K_1 + K_2) - 4K_1K_2 \right] \frac{\pi}{\mu} \cdot \sin \frac{\pi}{\mu} - 2 \left[(K_1 + K_2) \left(\frac{\pi}{\mu} \right)^2 + 4K_1K_2 \right] \cos \frac{\pi}{\mu} + 8K_1K_2 = 0$$

K_1, K_2 ——分别为相交于柱上端、柱下端的横梁线刚度之和与柱线刚度之和的比值。

②当横梁与柱铰接时，取横梁线刚度为零。

③对底层框架柱：当柱与基础铰接时，取 $K_2=0$ ；当柱与基础刚接时，取 $K_2=\infty$ 。

有侧移框架柱的计算长度系数 μ

附表 4.2

| $K_1 \backslash K_2$ | 0 | 0.05 | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 10 | 20 | ∞ |
|----------------------|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|----------|
| 0 | ∞ | 6.02 | 4.46 | 3.42 | 3.01 | 2.78 | 2.64 | 2.33 | 2.17 | 2.11 | 2.08 | 2.07 | 2.03 | 2.02 | 2.00 |
| 0.05 | 6.02 | 4.16 | 3.47 | 2.86 | 2.58 | 2.42 | 2.31 | 2.07 | 1.94 | 1.90 | 1.87 | 1.86 | 1.83 | 1.82 | 1.80 |
| 0.1 | 4.46 | 3.47 | 3.01 | 2.56 | 2.33 | 2.20 | 2.11 | 1.90 | 1.79 | 1.75 | 1.73 | 1.72 | 1.70 | 1.63 | 1.67 |
| 0.2 | 3.42 | 2.86 | 2.56 | 2.23 | 2.05 | 1.94 | 1.87 | 1.70 | 1.60 | 1.57 | 1.55 | 1.54 | 1.52 | 1.51 | 1.50 |
| 0.3 | 3.01 | 2.58 | 2.33 | 2.05 | 1.90 | 1.80 | 1.74 | 1.58 | 1.49 | 1.46 | 1.45 | 1.44 | 1.42 | 1.41 | 1.40 |
| 0.4 | 2.78 | 2.42 | 2.20 | 1.94 | 1.80 | 1.71 | 1.65 | 1.50 | 1.42 | 1.39 | 1.37 | 1.37 | 1.35 | 1.34 | 1.33 |
| 0.5 | 2.64 | 2.31 | 2.11 | 1.87 | 1.74 | 1.65 | 1.59 | 1.45 | 1.37 | 1.31 | 1.32 | 1.32 | 1.30 | 1.29 | 1.28 |
| 1 | 2.33 | 2.07 | 1.90 | 1.70 | 1.58 | 1.50 | 1.45 | 1.32 | 1.24 | 1.51 | 1.20 | 1.19 | 1.17 | 1.17 | 1.16 |
| 2 | 2.17 | 1.94 | 1.79 | 1.60 | 1.49 | 1.42 | 1.37 | 1.24 | 1.16 | 1.14 | 1.12 | 1.12 | 1.10 | 1.09 | 1.08 |
| 3 | 2.11 | 1.90 | 1.75 | 1.57 | 1.46 | 1.39 | 1.34 | 1.21 | 1.14 | 1.11 | 1.10 | 1.09 | 1.07 | 1.06 | 1.06 |
| 4 | 2.08 | 1.87 | 1.73 | 1.55 | 1.45 | 1.37 | 1.32 | 1.20 | 1.12 | 1.10 | 1.08 | 1.08 | 1.06 | 1.05 | 1.04 |
| 5 | 2.07 | 1.86 | 1.72 | 1.54 | 1.44 | 1.37 | 1.32 | 1.19 | 1.12 | 1.09 | 1.08 | 1.07 | 1.05 | 1.04 | 1.03 |
| 10 | 2.03 | 1.83 | 1.70 | 1.52 | 1.42 | 1.35 | 1.30 | 1.17 | 1.10 | 1.07 | 1.06 | 1.05 | 1.03 | 1.03 | 1.02 |
| 20 | 2.02 | 1.82 | 1.68 | 1.51 | 1.41 | 1.34 | 1.29 | 1.17 | 1.09 | 1.06 | 1.05 | 1.04 | 1.03 | 1.02 | 1.01 |
| ∞ | 2.00 | 1.80 | 1.67 | 1.50 | 1.40 | 1.33 | 1.28 | 1.16 | 1.08 | 1.06 | 1.04 | 1.03 | 1.02 | 1.01 | 1.00 |

注：① 表中的计算长度系数 μ 值系按下式算得：

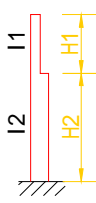
$$\left[36K_1K_2 - \left(\frac{\pi}{\mu} \right)^2 \right] \sin \frac{\pi}{\mu} + 6(K_1 + K_2) \frac{\pi}{\mu} \cdot \cos \frac{\pi}{\mu} = 0$$

K_1 、 K_2 ——分别为相交于柱上端、柱下端的横梁线刚度之和与柱线刚度之和的比值。

- ② 当横梁与柱铰接时，取横梁线刚度为零。
- ③ 对底层框架柱：当柱与基础铰接时，取 $K_2=0$ ；当柱与基础刚接时，取 $K_2=\infty$ 。

柱上端为自由的单阶柱下段的计算长度系数 μ

附表 4.3

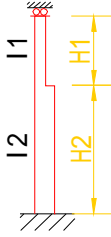
| 简图 | K_1 | η_2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-------|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|------|
| | | 0.06 | 0.08 | 0.10 | 0.12 | 0.14 | 0.16 | 0.18 | 0.20 | 0.22 | 0.24 | 0.26 | 0.28 | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | |
|  <p> $K_1 = \frac{H_1}{H_2} \cdot \frac{H_1}{H_2}$; $\eta_1 = \frac{H_2}{H_1} \sqrt{\frac{N_1}{N_2} \cdot \frac{I_1}{I_2}}$ N_1——上段柱的轴心力; N_2——下段柱的轴心力。 </p> | 0.2 | 2.00 | 2.01 | 2.01 | 2.01 | 2.01 | 2.01 | 2.01 | 2.02 | 2.02 | 2.02 | 2.02 | 2.02 | 2.02 | 2.03 | 2.04 | 2.05 | 2.06 | 2.07 | |
| | 0.3 | 2.01 | 2.02 | 2.02 | 2.02 | 2.03 | 2.03 | 2.03 | 2.04 | 2.04 | 2.05 | 2.05 | 2.05 | 2.06 | 2.08 | 2.10 | 2.12 | 2.13 | 2.15 | 2.15 |
| | 0.4 | 2.02 | 2.03 | 2.04 | 2.04 | 2.05 | 2.06 | 2.07 | 2.07 | 2.08 | 2.09 | 2.09 | 2.10 | 2.11 | 2.14 | 2.18 | 2.21 | 2.25 | 2.28 | 2.28 |
| | 0.5 | 2.04 | 2.05 | 2.06 | 2.07 | 2.09 | 2.10 | 2.11 | 2.12 | 2.13 | 2.15 | 2.16 | 2.17 | 2.18 | 3.24 | 2.29 | 2.35 | 2.40 | 2.45 | 2.45 |
| | 0.6 | 2.06 | 2.08 | 2.10 | 2.12 | 2.14 | 2.16 | 2.18 | 2.19 | 2.21 | 2.23 | 2.25 | 2.26 | 2.28 | 2.36 | 2.44 | 2.52 | 2.59 | 2.66 | 2.66 |
| | 0.7 | 2.10 | 2.13 | 2.16 | 2.18 | 2.21 | 2.24 | 2.26 | 2.29 | 2.31 | 2.34 | 2.36 | 2.38 | 2.41 | 2.52 | 2.62 | 2.72 | 2.81 | 2.90 | 2.90 |
| | 0.8 | 2.15 | 2.20 | 2.24 | 2.27 | 2.31 | 2.34 | 2.38 | 2.41 | 2.44 | 2.47 | 2.50 | 2.53 | 2.56 | 2.70 | 2.82 | 2.94 | 3.06 | 3.16 | 3.16 |
| | 0.9 | 2.24 | 2.29 | 2.35 | 2.39 | 2.44 | 2.48 | 2.52 | 2.56 | 2.60 | 2.63 | 2.67 | 2.71 | 2.74 | 2.90 | 3.05 | 3.19 | 3.32 | 3.44 | 3.44 |
| | 1.0 | 2.36 | 2.43 | 2.48 | 2.54 | 2.59 | 2.64 | 2.69 | 2.73 | 2.77 | 2.82 | 2.86 | 2.90 | 2.94 | 3.12 | 3.29 | 3.45 | 3.59 | 3.74 | 3.74 |
| | 1.2 | 2.69 | 2.76 | 2.83 | 2.89 | 2.95 | 3.01 | 3.07 | 3.12 | 3.17 | 3.22 | 3.27 | 3.32 | 3.37 | 3.59 | 3.80 | 3.99 | 4.17 | 4.34 | 4.34 |
| | 1.4 | 3.07 | 3.14 | 3.22 | 3.26 | 3.36 | 3.42 | 3.48 | 3.55 | 3.61 | 3.66 | 3.72 | 3.78 | 3.83 | 4.09 | 4.33 | 4.56 | 4.77 | 4.97 | 4.97 |
| | 1.6 | 3.47 | 3.55 | 3.63 | 3.71 | 3.78 | 3.85 | 3.92 | 3.99 | 4.07 | 4.12 | 4.18 | 4.25 | 4.31 | 4.61 | 4.88 | 5.14 | 5.38 | 5.62 | 5.62 |
| | 1.8 | 3.88 | 3.97 | 4.05 | 4.13 | 4.21 | 4.29 | 4.37 | 4.44 | 4.52 | 4.59 | 4.66 | 4.73 | 4.80 | 5.13 | 5.44 | 5.73 | 6.00 | 6.26 | 6.26 |
| | 2.0 | 4.29 | 4.39 | 4.48 | 4.57 | 4.65 | 4.74 | 4.82 | 4.90 | 4.99 | 5.07 | 5.14 | 5.22 | 5.30 | 5.66 | 6.00 | 6.32 | 6.63 | 6.92 | 6.92 |
| | 2.2 | 4.71 | 4.81 | 4.91 | 5.00 | 5.10 | 5.19 | 5.28 | 5.37 | 5.46 | 5.54 | 5.63 | 5.71 | 5.80 | 6.19 | 6.57 | 6.92 | 7.26 | 7.58 | 7.58 |
| | 2.4 | 5.13 | 5.24 | 5.34 | 5.44 | 5.54 | 5.64 | 5.74 | 5.84 | 5.93 | 6.03 | 6.12 | 6.21 | 6.30 | 6.73 | 7.14 | 7.52 | 7.89 | 8.24 | 8.24 |
| | 2.6 | 5.55 | 5.66 | 5.77 | 5.88 | 5.99 | 6.10 | 6.20 | 6.31 | 6.41 | 6.51 | 6.61 | 6.71 | 6.80 | 7.27 | 7.71 | 8.13 | 8.52 | 8.90 | 8.90 |
| 2.8 | 5.97 | 6.09 | 6.21 | 6.33 | 6.44 | 6.55 | 6.67 | 6.78 | 6.89 | 6.99 | 7.10 | 7.21 | 7.31 | 7.81 | 8.28 | 8.73 | 9.16 | 9.57 | 9.57 | |
| 3.0 | 6.39 | 6.52 | 6.64 | 6.77 | 6.89 | 7.01 | 7.13 | 7.25 | 7.37 | 7.48 | 7.59 | 7.71 | 7.82 | 8.35 | 8.86 | 9.34 | 9.80 | 10.24 | 10.24 | |

注：表中的计算长度系数 μ 值系按下式算得：

$$\eta_1 K_1 \cdot \text{tg} \frac{\pi}{\mu} \text{tg} \frac{\pi \eta_1}{\mu} - 1 = 0$$

柱上端可移动但不转动的单阶柱下段的计算长度系数 μ

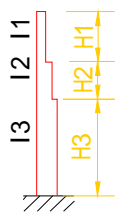
附表 4.4

| 简图 | K_1 η_2 | 0.06 | 0.08 | 0.10 | 0.12 | 0.14 | 0.16 | 0.18 | 0.20 | 0.22 | 0.24 | 0.26 | 0.28 | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.8 |
|----|-------------------|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | |  $K_1 = \frac{H_2}{H_1} \cdot \frac{H_1}{H_2}$ $\eta_2 = \frac{H_2}{H_1} \sqrt{\frac{N_1}{N_2} \cdot \frac{I_1}{I_2}}$ N_1 ——上段柱的轴心力； N_2 ——下段柱的轴心力。 | 0.2 | 1.96 | 1.94 | 1.93 | 1.91 | 1.90 | 1.89 | 1.88 | 1.86 | 1.85 | 1.84 | 1.83 | 1.82 | 1.81 | 1.76 | 1.72 | 1.68 |
| | 0.3 | 1.96 | 1.94 | 1.93 | 1.92 | 1.91 | 1.89 | 1.88 | 1.87 | 1.86 | 1.85 | 1.84 | 1.83 | 1.82 | 1.77 | 1.73 | 1.70 | 1.66 | 1.63 |
| | 0.4 | 1.96 | 1.95 | 1.94 | 1.92 | 1.91 | 1.90 | 1.89 | 1.88 | 1.87 | 1.86 | 1.85 | 1.84 | 1.83 | 1.79 | 1.75 | 1.72 | 1.68 | 1.66 |
| | 0.5 | 1.96 | 1.95 | 1.94 | 1.93 | 1.92 | 1.91 | 1.90 | 1.89 | 1.88 | 1.87 | 1.86 | 1.85 | 1.85 | 1.81 | 1.77 | 1.74 | 1.71 | 1.69 |
| | 0.6 | 1.97 | 1.96 | 1.95 | 1.94 | 1.93 | 1.92 | 1.91 | 1.90 | 1.90 | 1.89 | 1.88 | 1.87 | 1.87 | 1.83 | 1.80 | 1.78 | 1.75 | 1.73 |
| | 0.7 | 1.97 | 1.97 | 1.96 | 1.95 | 1.94 | 1.94 | 1.93 | 1.92 | 1.92 | 1.91 | 1.90 | 1.90 | 1.89 | 1.86 | 1.84 | 1.82 | 1.80 | 1.76 |
| | 0.8 | 1.98 | 1.98 | 1.97 | 1.96 | 1.96 | 1.95 | 1.95 | 1.94 | 1.94 | 1.93 | 1.93 | 1.93 | 1.92 | 1.90 | 1.88 | 1.87 | 1.86 | 1.84 |
| | 0.9 | 1.99 | 1.99 | 1.98 | 1.98 | 1.98 | 1.97 | 1.97 | 1.97 | 1.97 | 1.96 | 1.96 | 1.93 | 1.96 | 1.95 | 1.94 | 1.93 | 1.92 | 1.92 |
| | 1.0 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 |
| | 1.2 | 2.03 | 2.04 | 2.04 | 2.05 | 2.06 | 2.07 | 2.07 | 2.08 | 2.08 | 2.09 | 2.10 | 2.10 | 2.11 | 2.13 | 2.15 | 2.17 | 2.18 | 2.20 |
| | 1.4 | 2.07 | 2.09 | 2.11 | 2.12 | 2.14 | 2.16 | 2.17 | 2.18 | 2.20 | 2.21 | 2.22 | 2.23 | 2.24 | 2.29 | 2.33 | 2.37 | 2.40 | 2.42 |
| | 1.6 | 2.13 | 2.16 | 2.19 | 2.22 | 2.25 | 2.27 | 2.30 | 2.32 | 2.34 | 2.36 | 2.37 | 2.39 | 2.41 | 2.48 | 2.54 | 2.59 | 2.63 | 2.67 |
| | 1.8 | 2.22 | 2.27 | 2.31 | 2.35 | 2.39 | 2.42 | 2.45 | 2.48 | 2.50 | 2.53 | 2.55 | 2.57 | 2.59 | 2.69 | 2.76 | 2.83 | 2.88 | 2.93 |
| | 2.0 | 2.35 | 2.41 | 2.46 | 2.50 | 2.55 | 2.59 | 2.62 | 2.66 | 2.69 | 2.72 | 2.75 | 2.77 | 2.80 | 2.91 | 3.00 | 3.08 | 3.14 | 3.20 |
| | 2.2 | 2.51 | 2.57 | 2.63 | 2.68 | 2.73 | 2.77 | 2.81 | 2.85 | 2.89 | 2.92 | 2.95 | 2.98 | 3.01 | 3.14 | 3.25 | 3.33 | 3.41 | 3.47 |
| | 2.4 | 2.68 | 2.75 | 2.81 | 2.87 | 2.92 | 2.97 | 3.01 | 3.05 | 3.09 | 3.13 | 3.17 | 3.20 | 3.24 | 3.38 | 3.50 | 3.59 | 3.68 | 3.75 |
| | 2.6 | 2.87 | 2.94 | 3.00 | 3.06 | 3.12 | 3.17 | 3.22 | 3.27 | 3.31 | 3.35 | 3.39 | 3.43 | 3.46 | 3.62 | 3.75 | 3.86 | 3.95 | 4.03 |
| | 2.8 | 3.06 | 3.14 | 3.20 | 3.27 | 3.33 | 3.38 | 3.43 | 3.48 | 3.53 | 3.58 | 3.62 | 3.66 | 3.70 | 3.87 | 4.01 | 4.13 | 4.23 | 4.32 |
| | 3.0 | 3.26 | 3.34 | 3.41 | 3.47 | 3.54 | 3.60 | 3.65 | 3.70 | 3.75 | 3.80 | 3.85 | 3.89 | 3.93 | 4.12 | 4.27 | 4.40 | 4.51 | 4.61 |

注：表中的计算长度系数 μ 值系按下式算得：

$$\operatorname{tg} \frac{\pi \eta_1}{\mu} + \eta_1 K_1 \cdot \operatorname{tg} \frac{\pi}{\mu} = 0$$

柱上端为自由的双阶柱下段的计算长度系数 μ

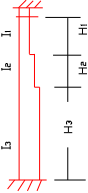
| 简图 | K_1 | | 0.05 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|----------|----------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|----|
| | η_1 | η_2 | K_2 | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 0.9 | 1.0 | 1.1 | 1.2 | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 0.6 | 0 |
|  $K_1 = \frac{I_1}{I_3} \cdot \frac{H_3}{H_1};$ $K_2 = \frac{I_2}{I_3} \cdot \frac{H_3}{H_2};$ $\eta_1 = \frac{H_1}{H_3} \sqrt{\frac{N_1}{N_3} \cdot \frac{I_3}{I_1}}$ $\eta_2 = \frac{H_2}{H_3} \sqrt{\frac{N_2}{N_3} \cdot \frac{I_3}{I_2}}$ <p>N_1——上段柱的轴心力; N_2——中段柱的轴心力。 N_3——下段柱的轴心力。</p> | 0.2 | 0.2 | 2.02 | 2.03 | 2.04 | 2.05 | 2.05 | 2.06 | 2.07 | 2.08 | 2.09 | 2.10 | 2.10 | 2.03 | 2.03 | 2.04 | 2.05 | 2.06 | 2.06 | 2. |
| | | 0.4 | 2.08 | 2.11 | 2.15 | 2.19 | 2.22 | 2.25 | 2.29 | 2.32 | 2.35 | 2.39 | 2.42 | 2.09 | 2.12 | 2.16 | 2.19 | 2.23 | 2. | |
| | | 0.6 | 2.20 | 2.29 | 2.37 | 2.45 | 2.52 | 2.60 | 2.67 | 2.73 | 2.80 | 2.87 | 2.93 | 2.21 | 2.30 | 2.38 | 2.46 | 2.53 | 2. | |
| | | 0.8 | 2.42 | 2.57 | 2.71 | 2.83 | 2.95 | 3.06 | 3.17 | 3.27 | 3.37 | 3.47 | 3.56 | 2.44 | 2.58 | 2.71 | 2.84 | 2.96 | 3. | |
| | | 1.0 | 2.75 | 2.95 | 3.13 | 3.30 | 3.45 | 3.60 | 3.74 | 3.87 | 4.00 | 4.13 | 4.25 | 2.76 | 2.96 | 3.14 | 3.30 | 3.46 | 3. | |
| | | 1.2 | 3.13 | 3.38 | 3.60 | 3.80 | 4.00 | 4.18 | 4.35 | 4.51 | 4.67 | 4.82 | 4.97 | 3.15 | 3.39 | 3.61 | 3.84 | 4.00 | 4. | |
| | 0.4 | 0.2 | 2.04 | 2.05 | 2.05 | 2.06 | 2.07 | 2.08 | 2.09 | 2.09 | 2.10 | 2.11 | 2.12 | 2.07 | 2.07 | 2.08 | 2.08 | 2.09 | 2. | |
| | | 0.4 | 2.10 | 2.14 | 2.17 | 2.20 | 2.24 | 2.27 | 2.31 | 2.34 | 2.37 | 2.40 | 2.43 | 2.14 | 2.17 | 2.20 | 2.23 | 2.26 | 2. | |
| | | 0.6 | 2.24 | 2.32 | 2.40 | 2.47 | 2.54 | 2.62 | 2.68 | 2.75 | 2.82 | 2.88 | 2.94 | 2.28 | 2.36 | 2.43 | 2.50 | 2.57 | 2. | |
| | | 0.8 | 2.47 | 2.60 | 2.73 | 2.85 | 2.97 | 3.08 | 3.19 | 3.29 | 3.38 | 3.48 | 3.57 | 2.53 | 2.65 | 2.77 | 2.88 | 3.00 | 3. | |
| | | 1.0 | 2.49 | 2.98 | 3.15 | 3.32 | 3.47 | 3.62 | 3.75 | 3.89 | 4.02 | 4.14 | 4.26 | 2.85 | 3.02 | 3.19 | 3.34 | 3.49 | 3. | |
| | | 1.2 | 3.18 | 3.41 | 3.62 | 3.82 | 4.01 | 4.19 | 4.36 | 4.52 | 4.68 | 4.83 | 4.98 | 3.24 | 3.45 | 3.65 | 3.85 | 4.03 | 4. | |
| | 0.6 | 0.2 | 2.09 | 2.09 | 2.10 | 2.10 | 2.11 | 2.12 | 2.12 | 2.13 | 2.14 | 2.15 | 2.15 | 2.22 | 2.19 | 2.18 | 2.17 | 2.18 | 2. | |
| | | 0.4 | 2.17 | 2.19 | 2.22 | 2.25 | 2.28 | 2.31 | 2.34 | 2.38 | 2.41 | 2.44 | 2.47 | 2.31 | 2.30 | 2.31 | 2.33 | 2.35 | 2. | |
| | | 0.6 | 2.32 | 2.38 | 2.45 | 2.52 | 2.59 | 2.66 | 2.72 | 2.79 | 2.85 | 2.91 | 2.97 | 2.48 | 2.49 | 2.52 | 2.60 | 2.66 | 2. | |
| | | 0.8 | 2.56 | 2.67 | 2.79 | 2.90 | 3.01 | 3.11 | 3.22 | 3.32 | 3.41 | 3.50 | 3.60 | 2.72 | 2.78 | 2.87 | 2.97 | 3.07 | 3. | |
| | | 1.0 | 2.88 | 3.04 | 3.20 | 3.36 | 3.50 | 3.65 | 3.78 | 3.91 | 4.04 | 4.16 | 4.26 | 3.04 | 3.15 | 3.28 | 3.42 | 3.56 | 3. | |
| | | 1.2 | 3.26 | 3.46 | 3.66 | 3.86 | 4.04 | 4.22 | 4.38 | 4.55 | 4.70 | 4.85 | 5.00 | 3.40 | 3.56 | 3.74 | 3.91 | 4.09 | 4. | |
| | 0.8 | 0.2 | 2.29 | 2.24 | 2.22 | 2.21 | 2.21 | 2.22 | 2.22 | 2.22 | 2.23 | 2.23 | 2.24 | 2.63 | 2.49 | 2.43 | 2.40 | 2.38 | 2. | |
| | | 0.4 | 2.37 | 2.34 | 2.34 | 2.36 | 2.38 | 2.40 | 2.43 | 2.45 | 2.48 | 2.51 | 2.54 | 2.71 | 2.59 | 2.55 | 2.54 | 2.54 | 2. | |
| | | 0.6 | 2.52 | 2.52 | 2.56 | 2.61 | 2.67 | 2.73 | 2.79 | 2.85 | 2.91 | 2.96 | 3.02 | 2.86 | 2.76 | 2.76 | 2.78 | 2.82 | 2. | |
| | | 0.8 | 2.74 | 2.79 | 2.88 | 2.98 | 3.08 | 3.17 | 3.27 | 3.36 | 3.46 | 3.55 | 3.63 | 3.06 | 3.02 | 3.06 | 3.13 | 3.20 | 3. | |
| | | 1.0 | 3.04 | 3.15 | 3.28 | 3.42 | 3.56 | 3.69 | 3.82 | 3.95 | 4.07 | 4.19 | 4.31 | 3.33 | 3.35 | 3.44 | 3.55 | 3.67 | 3. | |
| | | 1.2 | 3.39 | 3.55 | 3.73 | 3.91 | 4.08 | 4.25 | 4.42 | 4.58 | 4.73 | 4.88 | 5.02 | 3.65 | 3.73 | 3.86 | 4.02 | 4.18 | 4. | |
| 1.0 | 0.2 | 2.69 | 2.57 | 2.51 | 2.48 | 2.46 | 2.45 | 2.45 | 2.44 | 2.44 | 2.44 | 2.44 | 3.18 | 2.95 | 2.84 | 2.77 | 2.73 | 2. | | |
| | 0.4 | 2.75 | 2.64 | 2.60 | 2.59 | 2.59 | 2.59 | 2.60 | 2.62 | 2.63 | 2.65 | 2.67 | 3.24 | 3.03 | 2.93 | 2.88 | 2.85 | 2. | | |
| | 0.6 | 2.86 | 2.78 | 2.77 | 2.79 | 2.83 | 2.87 | 2.91 | 2.96 | 3.01 | 3.06 | 3.10 | 3.36 | 3.16 | 3.09 | 3.07 | 3.08 | 3. | | |
| | 0.8 | 3.04 | 3.01 | 3.05 | 3.11 | 3.19 | 3.27 | 3.35 | 3.44 | 3.52 | 3.61 | 3.69 | 3.52 | 3.37 | 3.34 | 3.36 | 3.41 | 3. | | |
| | 1.0 | 3.29 | 3.32 | 3.41 | 3.52 | 3.64 | 3.76 | 3.89 | 4.01 | 4.13 | 4.24 | 4.35 | 3.74 | 3.64 | 3.67 | 3.74 | 3.83 | 3. | | |
| | 1.2 | 3.60 | 3.69 | 3.83 | 3.99 | 4.15 | 4.31 | 4.47 | 4.62 | 4.77 | 4.92 | 5.06 | 4.00 | 3.97 | 4.05 | 4.17 | 4.31 | 4. | | |
| 1.2 | 0.2 | 3.16 | 3.00 | 2.92 | 2.87 | 2.84 | 2.81 | 2.80 | 2.79 | 2.78 | 2.77 | 2.77 | 3.77 | 3.47 | 3.32 | 3.23 | 3.17 | 3. | | |
| | 0.4 | 3.21 | 3.05 | 2.98 | 2.94 | 2.92 | 2.90 | 2.90 | 2.90 | 2.90 | 2.91 | 2.92 | 3.82 | 3.53 | 3.39 | 3.31 | 3.26 | 3. | | |
| | 0.6 | 3.30 | 3.15 | 3.10 | 3.08 | 3.08 | 3.10 | 3.12 | 3.15 | 3.18 | 3.22 | 3.26 | 3.91 | 3.64 | 3.51 | 3.45 | 3.42 | 3. | | |
| | 0.8 | 3.43 | 3.32 | 3.30 | 3.33 | 3.37 | 3.43 | 3.49 | 3.56 | 3.63 | 3.71 | 3.78 | 4.04 | 3.80 | 3.71 | 3.68 | 3.69 | 3. | | |
| | 1.0 | 3.62 | 3.57 | 3.60 | 3.68 | 3.77 | 3.87 | 3.98 | 4.09 | 4.20 | 4.31 | 4.42 | 4.21 | 4.02 | 3.97 | 3.99 | 4.05 | 4. | | |
| | 1.2 | 3.88 | 3.88 | 3.98 | 4.11 | 4.25 | 4.39 | 4.54 | 4.68 | 4.83 | 4.97 | 5.10 | 4.43 | 4.30 | 4.31 | 4.38 | 4.48 | 4. | | |
| 1.4 | 0.2 | 3.66 | 3.46 | 3.36 | 3.29 | 3.25 | 3.23 | 3.20 | 3.19 | 3.18 | 3.17 | 3.16 | 4.37 | 4.01 | 3.82 | 3.71 | 3.63 | 3. | | |
| | 0.4 | 3.70 | 3.50 | 3.40 | 3.35 | 3.31 | 3.29 | 3.27 | 3.26 | 3.26 | 3.26 | 3.26 | 4.41 | 4.06 | 3.88 | 3.77 | 3.70 | 3. | | |
| | 0.6 | 3.77 | 3.58 | 3.49 | 3.45 | 3.43 | 3.42 | 3.42 | 3.43 | 3.45 | 3.47 | 3.49 | 4.48 | 4.15 | 3.98 | 3.89 | 3.83 | 3. | | |
| | 0.8 | 3.87 | 3.70 | 3.64 | 3.63 | 3.64 | 3.67 | 3.70 | 3.75 | 3.81 | 3.86 | 3.92 | 4.59 | 4.28 | 4.13 | 4.07 | 4.04 | 4. | | |
| | 1.0 | 4.02 | 3.89 | 3.87 | 3.90 | 3.96 | 4.04 | 4.12 | 4.22 | 4.31 | 4.41 | 4.51 | 4.74 | 4.45 | 4.35 | 4.32 | 4.34 | 4. | | |
| | 1.2 | 4.23 | 4.15 | 4.19 | 4.27 | 4.39 | 4.51 | 4.64 | 4.77 | 4.91 | 5.04 | 5.17 | 4.92 | 4.69 | 4.63 | 4.65 | 4.72 | 4. | | |

| η_1 | K_1 η_2 | 0.20 | | | | | | | | | | | 0.30 | | | | | |
|----------|-------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 0.9 | 1.0 | 1.1 | 1.2 | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 0.6 | 0.7 |
| 0.2 | 0.2 | 2.04 | 2.04 | 2.05 | 2.06 | 2.07 | 2.08 | 2.08 | 2.09 | 2.10 | 2.11 | 2.12 | 2.05 | 2.05 | 2.06 | 2.07 | 2.08 | 2.09 |
| | 0.4 | 2.10 | 2.13 | 2.17 | 2.20 | 2.24 | 2.27 | 2.30 | 2.34 | 2.37 | 2.40 | 2.43 | 2.12 | 2.15 | 2.18 | 2.21 | 2.25 | 2.28 |
| | 0.6 | 2.23 | 2.31 | 2.39 | 2.47 | 2.54 | 2.61 | 2.68 | 2.75 | 2.82 | 2.88 | 2.94 | 2.25 | 2.33 | 2.41 | 2.48 | 2.56 | 2.63 |
| | 0.8 | 2.46 | 2.60 | 2.73 | 2.85 | 2.97 | 3.08 | 3.18 | 3.29 | 3.38 | 3.48 | 3.57 | 2.49 | 2.62 | 2.75 | 2.87 | 2.98 | 3.09 |
| | 1.0 | 2.79 | 2.98 | 3.15 | 3.32 | 3.47 | 3.61 | 3.75 | 3.89 | 4.02 | 4.14 | 4.26 | 3.82 | 3.00 | 3.17 | 3.33 | 3.48 | 3.63 |
| | 1.2 | 3.18 | 3.41 | 3.62 | 3.82 | 4.01 | 4.19 | 4.36 | 4.52 | 4.68 | 4.83 | 4.98 | 3.20 | 3.43 | 3.64 | 3.83 | 4.02 | 4.20 |
| 0.4 | 0.2 | 2.15 | 2.13 | 2.13 | 2.14 | 2.14 | 2.15 | 2.15 | 2.16 | 2.17 | 2.17 | 2.18 | 2.26 | 2.21 | 2.20 | 2.19 | 2.19 | 2.20 |
| | 0.4 | 2.24 | 2.24 | 2.26 | 2.29 | 2.32 | 2.35 | 2.38 | 2.41 | 2.44 | 2.47 | 2.50 | 2.36 | 2.33 | 2.33 | 2.35 | 2.38 | 2.40 |
| | 0.6 | 2.40 | 2.44 | 2.50 | 2.56 | 2.63 | 2.69 | 2.76 | 2.82 | 2.88 | 2.94 | 3.00 | 2.54 | 2.54 | 2.58 | 2.63 | 2.69 | 2.75 |
| | 0.8 | 2.66 | 2.74 | 2.84 | 2.95 | 3.05 | 3.15 | 3.25 | 3.35 | 3.44 | 3.53 | 3.62 | 2.79 | 2.83 | 2.91 | 3.01 | 3.10 | 3.20 |
| | 1.0 | 2.98 | 3.12 | 3.25 | 3.40 | 3.54 | 3.68 | 3.81 | 3.94 | 4.07 | 4.19 | 4.30 | 3.11 | 3.20 | 3.32 | 3.46 | 3.59 | 3.72 |
| | 1.2 | 3.35 | 3.53 | 3.71 | 3.90 | 4.08 | 4.25 | 4.41 | 4.57 | 4.73 | 4.87 | 5.02 | 3.47 | 3.60 | 3.77 | 3.95 | 4.12 | 4.28 |
| 0.6 | 0.2 | 2.57 | 2.42 | 2.37 | 2.34 | 2.33 | 2.32 | 2.32 | 2.32 | 2.32 | 2.32 | 2.33 | 2.93 | 2.68 | 2.57 | 2.52 | 2.49 | 2.47 |
| | 0.4 | 2.67 | 2.54 | 2.50 | 2.50 | 2.51 | 2.52 | 2.54 | 2.56 | 2.58 | 2.61 | 2.63 | 3.02 | 2.79 | 2.71 | 2.67 | 2.66 | 2.66 |
| | 0.6 | 2.83 | 2.74 | 2.73 | 2.73 | 2.80 | 2.85 | 2.90 | 3.03 | 3.01 | 3.06 | 3.12 | 3.17 | 2.98 | 2.93 | 2.93 | 2.95 | 2.98 |
| | 0.8 | 3.06 | 3.01 | 3.05 | 3.12 | 3.20 | 3.29 | 3.38 | 3.46 | 3.55 | 3.63 | 3.72 | 4.37 | 3.24 | 3.23 | 3.27 | 3.33 | 3.41 |
| | 1.2 | 3.34 | 3.35 | 3.44 | 3.56 | 3.68 | 3.80 | 3.92 | 4.04 | 4.15 | 4.27 | 4.38 | 3.63 | 3.56 | 3.60 | 3.69 | 3.79 | 3.90 |
| | 1.4 | 3.67 | 3.74 | 3.88 | 4.03 | 4.19 | 4.35 | 4.50 | 4.65 | 4.80 | 4.94 | 5.08 | 3.94 | 3.92 | 4.02 | 4.15 | 4.29 | 4.43 |
| 0.8 | 0.2 | 3.25 | 2.96 | 2.82 | 2.74 | 2.69 | 2.66 | 2.64 | 2.62 | 2.61 | 2.61 | 2.60 | 3.78 | 3.38 | 3.18 | 3.06 | 2.98 | 2.93 |
| | 0.4 | 3.33 | 3.05 | 2.93 | 2.87 | 2.84 | 2.83 | 2.83 | 2.83 | 2.84 | 2.85 | 2.87 | 3.85 | 3.47 | 3.28 | 3.18 | 3.12 | 3.09 |
| | 0.6 | 3.45 | 3.24 | 3.12 | 3.10 | 3.10 | 3.12 | 3.14 | 3.18 | 3.22 | 3.26 | 3.30 | 3.96 | 3.61 | 3.46 | 3.39 | 3.36 | 3.35 |
| | 0.8 | 3.63 | 3.44 | 3.39 | 3.41 | 3.45 | 3.51 | 3.57 | 3.64 | 3.71 | 3.79 | 3.86 | 4.12 | 3.82 | 3.70 | 3.67 | 3.68 | 3.72 |
| | 1.0 | 3.86 | 3.73 | 3.73 | 3.80 | 3.88 | 3.98 | 4.08 | 4.18 | 4.29 | 4.39 | 4.50 | 4.32 | 4.07 | 4.01 | 4.03 | 4.08 | 4.16 |
| | 1.2 | 4.13 | 4.07 | 4.13 | 4.24 | 4.36 | 4.50 | 4.64 | 4.78 | 4.91 | 5.05 | 5.18 | 4.57 | 4.38 | 4.38 | 4.44 | 4.54 | 4.66 |
| 1.0 | 0.2 | 4.00 | 3.60 | 3.39 | 3.26 | 3.18 | 3.13 | 3.08 | 3.05 | 3.03 | 3.01 | 3.00 | 4.68 | 4.15 | 3.86 | 3.69 | 3.57 | 3.49 |
| | 0.4 | 4.06 | 3.67 | 3.48 | 3.37 | 3.30 | 3.26 | 3.23 | 3.21 | 3.21 | 3.20 | 3.20 | 4.73 | 4.21 | 3.94 | 3.78 | 3.68 | 3.61 |
| | 0.6 | 4.15 | 3.79 | 3.63 | 3.54 | 3.50 | 3.48 | 3.49 | 3.50 | 3.51 | 3.54 | 3.57 | 4.82 | 4.33 | 4.08 | 3.95 | 3.87 | 3.83 |
| | 0.8 | 4.29 | 3.97 | 3.84 | 3.80 | 3.79 | 3.81 | 3.85 | 3.90 | 3.95 | 4.01 | 4.07 | 4.94 | 4.49 | 4.28 | 4.18 | 4.14 | 4.13 |
| | 1.0 | 4.48 | 4.21 | 4.13 | 4.13 | 4.17 | 4.23 | 4.31 | 4.39 | 4.48 | 4.57 | 4.66 | 5.10 | 4.70 | 4.53 | 4.48 | 4.48 | 4.51 |
| | 1.2 | 4.70 | 4.49 | 4.47 | 4.52 | 4.60 | 4.71 | 4.82 | 4.94 | 5.07 | 5.19 | 5.31 | 5.30 | 4.95 | 4.84 | 4.83 | 4.88 | 4.96 |
| 1.2 | 0.2 | 4.76 | 4.26 | 4.00 | 3.83 | 3.72 | 3.65 | 3.59 | 3.54 | 3.51 | 3.48 | 3.46 | 5.58 | 4.93 | 4.57 | 4.35 | 4.20 | 4.10 |
| | 0.4 | 4.81 | 4.32 | 4.07 | 3.91 | 3.82 | 3.75 | 3.70 | 3.67 | 3.65 | 3.63 | 3.62 | 5.62 | 4.98 | 4.64 | 4.43 | 4.29 | 4.19 |
| | 0.6 | 4.89 | 4.43 | 4.19 | 4.05 | 3.98 | 3.93 | 3.91 | 3.89 | 3.89 | 3.90 | 3.91 | 5.70 | 5.08 | 4.75 | 4.56 | 4.44 | 4.37 |
| | 0.8 | 5.00 | 4.57 | 4.36 | 4.26 | 4.21 | 4.20 | 4.21 | 4.23 | 4.26 | 4.30 | 4.34 | 5.80 | 5.21 | 4.91 | 4.75 | 4.66 | 4.61 |
| | 1.0 | 5.15 | 4.73 | 4.59 | 4.53 | 4.53 | 4.55 | 4.60 | 4.66 | 4.73 | 4.80 | 4.88 | 5.93 | 5.38 | 5.12 | 5.00 | 4.95 | 4.94 |
| | 1.2 | 5.34 | 5.00 | 4.88 | 4.87 | 4.91 | 4.98 | 5.07 | 5.17 | 5.27 | 5.38 | 5.49 | 6.10 | 5.59 | 5.38 | 5.31 | 5.30 | 5.33 |
| 1.4 | 0.2 | 5.53 | 4.94 | 4.62 | 4.42 | 4.29 | 4.19 | 4.12 | 4.06 | 4.02 | 3.98 | 3.95 | 6.49 | 5.72 | 5.30 | 5.03 | 4.85 | 4.72 |
| | 0.4 | 5.57 | 4.99 | 4.68 | 4.49 | 4.36 | 4.27 | 4.21 | 4.16 | 4.13 | 4.10 | 4.08 | 6.53 | 5.77 | 5.35 | 5.10 | 4.93 | 4.80 |
| | 0.6 | 5.64 | 5.07 | 4.78 | 4.60 | 4.49 | 4.42 | 4.38 | 4.35 | 4.33 | 4.32 | 4.32 | 6.59 | 5.85 | 5.45 | 5.21 | 5.05 | 4.95 |
| | 0.8 | 5.74 | 5.19 | 4.92 | 4.77 | 4.69 | 4.64 | 4.62 | 4.62 | 4.63 | 4.65 | 4.67 | 6.68 | 5.96 | 5.59 | 5.37 | 5.24 | 5.15 |
| | 1.0 | 5.86 | 5.35 | 5.12 | 5.00 | 4.95 | 4.94 | 4.96 | 4.99 | 5.03 | 5.09 | 5.15 | 6.79 | 6.10 | 5.76 | 5.58 | 5.48 | 5.43 |
| | 1.2 | 6.02 | 5.55 | 5.36 | 5.29 | 5.28 | 5.31 | 5.37 | 5.44 | 5.52 | 5.61 | 5.71 | 6.93 | 6.28 | 5.98 | 5.84 | 5.78 | 5.76 |

注：表中的计算长度系数 μ 值系按下式算得：

$$\frac{\eta_1 K_1}{\eta_2 K_2} \cdot \text{tg} \frac{\pi \eta_1}{\mu} \cdot \text{tg} \frac{\pi \eta_2}{\mu} + \eta_1 K_1 \cdot \text{tg} \frac{\pi \eta_1}{\mu} \cdot \text{tg} \frac{\pi}{\mu} + \eta_2 K_2 \cdot \text{tg} \frac{\pi \eta_2}{\mu} \cdot \text{tg} \frac{\pi}{\mu}$$

柱顶可移动但不转动的双阶柱下段的计算长度系数 μ

| 简 图 | K_1 | | 0.05 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|----------|----------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|----|
| | η_1 | η_2 | K_2 | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 0.9 | 1.0 | 1.1 | 1.2 | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 0.6 | 0 | |
|  $K_1 = \frac{I_1}{I_3} \cdot \frac{H_3}{H_1};$ $K_2 = \frac{I_2}{I_3} \cdot \frac{H_3}{H_2};$ $\eta_1 = \frac{H_1}{H_3} \sqrt{\frac{N_1}{N_3} \cdot \frac{I_3}{I_1}}$ $\eta_2 = \frac{H_2}{H_3} \sqrt{\frac{N_2}{N_3} \cdot \frac{I_3}{I_2}}$ <p>N_1——上段柱的轴心力; N_2——中段柱的轴心力。 N_3——下段柱的轴心力。</p> | 0.2 | 0.2 | 1.99 | 1.99 | 2.00 | 2.00 | 2.01 | 2.02 | 2.02 | 2.03 | 2.04 | 2.04 | 2.05 | 2.06 | 1.93 | 1.96 | 1.97 | 1.97 | 1.98 | 1.98 | 1. |
| | | 0.4 | 2.03 | 2.06 | 2.09 | 2.12 | 2.16 | 2.19 | 2.22 | 2.25 | 2.29 | 2.32 | 2.35 | 2.35 | 2.36 | 2.00 | 2.02 | 2.05 | 2.08 | 2.11 | 2. |
| | | 0.6 | 2.12 | 2.20 | 2.28 | 2.36 | 2.43 | 2.50 | 2.57 | 2.64 | 2.71 | 2.77 | 2.83 | 2.83 | 2.87 | 2.07 | 2.14 | 2.22 | 2.29 | 2.36 | 2. |
| | | 0.8 | 2.28 | 2.43 | 2.57 | 2.70 | 2.82 | 2.94 | 3.04 | 3.15 | 3.25 | 3.34 | 3.43 | 3.43 | 3.47 | 2.20 | 2.35 | 2.48 | 2.61 | 2.73 | 2. |
| | | 1.0 | 2.53 | 2.76 | 2.96 | 3.13 | 3.29 | 3.44 | 3.59 | 3.72 | 3.85 | 3.98 | 4.10 | 4.10 | 4.14 | 2.41 | 2.64 | 2.83 | 3.01 | 3.17 | 3. |
| | | 1.2 | 2.86 | 3.15 | 3.39 | 3.61 | 3.80 | 3.99 | 4.16 | 4.33 | 4.49 | 4.64 | 4.79 | 4.79 | 4.83 | 2.70 | 2.99 | 3.23 | 3.45 | 3.65 | 3. |
| | 0.4 | 0.2 | 1.99 | 1.99 | 2.00 | 2.01 | 2.01 | 2.02 | 2.03 | 2.04 | 2.04 | 2.05 | 2.06 | 2.06 | 1.93 | 1.97 | 1.97 | 1.98 | 1.98 | 1. | |
| | | 0.4 | 2.03 | 2.06 | 2.09 | 2.13 | 2.16 | 2.19 | 2.23 | 2.26 | 2.29 | 2.32 | 2.35 | 2.35 | 2.36 | 2.00 | 2.03 | 2.06 | 2.09 | 2.12 | 2. |
| | | 0.6 | 2.12 | 2.20 | 2.28 | 2.36 | 2.44 | 2.51 | 2.58 | 2.64 | 2.71 | 2.77 | 2.84 | 2.84 | 2.87 | 2.08 | 2.15 | 2.23 | 2.30 | 2.37 | 2. |
| | | 0.8 | 2.29 | 2.44 | 2.58 | 2.71 | 2.83 | 2.94 | 3.05 | 3.15 | 3.25 | 3.35 | 3.44 | 3.44 | 3.47 | 2.21 | 2.36 | 2.49 | 2.62 | 2.73 | 2. |
| | | 1.0 | 2.54 | 2.77 | 2.96 | 3.14 | 3.30 | 3.45 | 3.59 | 3.73 | 3.85 | 3.98 | 4.10 | 4.10 | 4.14 | 2.43 | 2.65 | 2.84 | 3.02 | 3.18 | 3. |
| | | 1.2 | 2.87 | 3.15 | 3.40 | 3.61 | 3.81 | 3.99 | 4.17 | 4.33 | 4.49 | 4.65 | 4.79 | 4.79 | 4.83 | 2.71 | 3.00 | 3.24 | 3.46 | 3.66 | 3. |
| | 0.6 | 0.2 | 1.99 | 1.98 | 2.00 | 2.01 | 2.02 | 2.03 | 2.04 | 2.04 | 2.05 | 2.06 | 2.07 | 2.07 | 1.97 | 1.98 | 1.98 | 1.99 | 2.00 | 2. | |
| | | 0.4 | 2.04 | 2.07 | 2.10 | 2.14 | 2.17 | 2.20 | 2.23 | 2.27 | 2.30 | 2.33 | 2.36 | 2.36 | 2.41 | 2.04 | 2.07 | 2.10 | 2.13 | 2. | |
| | | 0.6 | 2.13 | 2.21 | 2.29 | 2.37 | 2.45 | 2.52 | 2.59 | 2.65 | 2.72 | 2.78 | 2.84 | 2.84 | 2.89 | 2.09 | 2.17 | 2.24 | 2.32 | 2.39 | 2. |
| | | 0.8 | 2.30 | 2.45 | 2.59 | 2.72 | 2.84 | 2.95 | 3.06 | 3.16 | 3.26 | 3.35 | 3.44 | 3.44 | 3.47 | 2.23 | 2.38 | 2.51 | 2.64 | 2.75 | 2. |
| | | 1.0 | 2.56 | 2.78 | 2.97 | 3.15 | 3.31 | 3.46 | 3.60 | 3.73 | 3.86 | 3.99 | 4.11 | 4.11 | 4.14 | 2.45 | 2.68 | 2.86 | 3.03 | 3.19 | 3. |
| | | 1.2 | 2.89 | 3.17 | 3.41 | 3.62 | 3.82 | 4.00 | 4.17 | 4.34 | 4.50 | 4.65 | 4.80 | 4.80 | 4.83 | 2.74 | 3.02 | 3.26 | 3.48 | 3.67 | 3. |
| | 0.8 | 0.2 | 2.00 | 2.01 | 2.02 | 2.02 | 2.03 | 2.04 | 2.05 | 2.05 | 2.06 | 2.07 | 2.08 | 2.08 | 1.99 | 1.99 | 2.00 | 2.01 | 2.01 | 2. | |
| | | 0.4 | 2.05 | 2.08 | 2.12 | 2.15 | 2.18 | 2.21 | 2.25 | 2.28 | 2.31 | 2.34 | 2.37 | 2.37 | 2.42 | 2.03 | 2.06 | 2.09 | 2.12 | 2.15 | 2. |
| | | 0.6 | 2.15 | 2.23 | 2.31 | 2.39 | 2.46 | 2.53 | 2.60 | 2.67 | 2.73 | 2.79 | 2.85 | 2.85 | 2.90 | 2.12 | 2.19 | 2.27 | 2.34 | 2.41 | 2. |
| | | 0.8 | 2.32 | 2.47 | 2.61 | 2.73 | 2.85 | 2.96 | 3.07 | 3.17 | 3.27 | 3.36 | 3.45 | 3.45 | 3.49 | 2.27 | 2.41 | 2.54 | 2.66 | 2.78 | 2. |
| | | 1.0 | 2.59 | 2.80 | 2.99 | 3.16 | 3.32 | 3.47 | 3.61 | 3.74 | 3.87 | 3.99 | 4.11 | 4.11 | 4.14 | 2.49 | 2.70 | 2.89 | 3.06 | 3.21 | 3. |
| | | 1.2 | 2.92 | 3.19 | 3.42 | 3.63 | 3.83 | 4.01 | 4.18 | 4.35 | 4.51 | 4.66 | 4.81 | 4.81 | 4.83 | 2.78 | 3.05 | 3.29 | 3.50 | 3.69 | 3. |
| 1.0 | 0.2 | 2.02 | 2.02 | 2.03 | 2.04 | 2.05 | 2.05 | 2.06 | 2.07 | 2.08 | 2.09 | 2.09 | 2.09 | 2.01 | 2.02 | 2.03 | 2.04 | 2.04 | 2. | | |
| | 0.4 | 2.07 | 2.10 | 2.14 | 2.17 | 2.20 | 2.23 | 2.26 | 2.30 | 2.33 | 2.36 | 2.39 | 2.39 | 2.44 | 2.06 | 2.10 | 2.13 | 2.16 | 2.19 | 2. | |
| | 0.6 | 2.17 | 2.26 | 2.33 | 2.41 | 2.48 | 2.55 | 2.62 | 2.68 | 2.75 | 2.81 | 2.87 | 2.87 | 2.92 | 2.16 | 2.24 | 2.31 | 2.38 | 2.45 | 2. | |
| | 0.8 | 2.36 | 2.50 | 2.63 | 2.76 | 2.87 | 2.98 | 3.08 | 3.19 | 3.28 | 3.38 | 3.47 | 3.47 | 3.51 | 2.32 | 2.46 | 2.58 | 2.70 | 2.81 | 2. | |
| | 1.0 | 2.62 | 2.83 | 3.01 | 3.18 | 3.34 | 3.48 | 3.62 | 3.75 | 3.88 | 4.01 | 4.12 | 4.12 | 4.15 | 2.55 | 2.75 | 2.93 | 3.09 | 3.25 | 3. | |
| | 1.2 | 2.95 | 3.21 | 3.44 | 3.65 | 3.82 | 4.02 | 4.20 | 4.36 | 4.52 | 4.67 | 4.81 | 4.81 | 4.83 | 2.84 | 3.10 | 3.32 | 3.53 | 3.72 | 3. | |
| 1.2 | 0.2 | 2.04 | 2.05 | 2.06 | 2.06 | 2.07 | 2.08 | 2.09 | 2.09 | 2.10 | 2.11 | 2.12 | 2.12 | 2.07 | 2.08 | 2.08 | 2.09 | 2.09 | 2. | | |
| | 0.4 | 2.10 | 2.13 | 2.17 | 2.20 | 2.23 | 2.26 | 2.29 | 2.32 | 2.35 | 2.38 | 2.41 | 2.41 | 2.46 | 2.13 | 2.16 | 2.18 | 2.21 | 2.24 | 2. | |
| | 0.6 | 2.22 | 2.29 | 2.37 | 2.44 | 2.51 | 2.58 | 2.64 | 2.71 | 2.77 | 2.83 | 2.89 | 2.89 | 2.94 | 2.24 | 2.30 | 2.37 | 2.43 | 2.50 | 2. | |
| | 0.8 | 2.41 | 2.54 | 2.67 | 2.78 | 2.90 | 3.00 | 3.11 | 3.20 | 3.30 | 3.39 | 3.48 | 3.48 | 3.52 | 2.41 | 2.53 | 2.64 | 2.75 | 2.86 | 2. | |
| | 1.0 | 2.68 | 2.87 | 3.04 | 3.21 | 3.36 | 3.50 | 3.64 | 3.77 | 3.90 | 4.02 | 4.14 | 4.14 | 4.17 | 2.64 | 2.82 | 2.98 | 3.14 | 3.29 | 3. | |
| | 1.2 | 3.00 | 3.25 | 3.47 | 3.67 | 3.86 | 4.04 | 4.21 | 4.37 | 4.53 | 4.68 | 4.83 | 4.83 | 4.85 | 2.92 | 3.16 | 3.37 | 3.57 | 3.76 | 3. | |
| 1.4 | 0.2 | 2.10 | 2.10 | 2.10 | 2.11 | 2.11 | 2.12 | 2.13 | 2.13 | 2.14 | 2.15 | 2.15 | 2.15 | 2.20 | 2.18 | 2.17 | 2.17 | 2.17 | 2. | | |
| | 0.4 | 2.17 | 2.19 | 2.21 | 2.24 | 2.27 | 2.30 | 2.33 | 2.36 | 2.39 | 2.41 | 2.44 | 2.44 | 2.49 | 2.26 | 2.26 | 2.27 | 2.29 | 2.32 | 2. | |
| | 0.6 | 2.29 | 2.35 | 2.41 | 2.48 | 2.55 | 2.61 | 2.67 | 2.74 | 2.80 | 2.86 | 2.91 | 2.91 | 2.96 | 2.37 | 2.41 | 2.46 | 2.51 | 2.57 | 2. | |
| | 0.8 | 2.48 | 2.60 | 2.71 | 2.82 | 2.93 | 3.03 | 3.13 | 3.23 | 3.32 | 3.41 | 3.50 | 3.50 | 3.53 | 2.62 | 2.72 | 2.82 | 2.92 | 3. | | |
| | 1.0 | 2.74 | 2.92 | 3.08 | 3.24 | 3.39 | 3.53 | 3.66 | 3.79 | 3.92 | 4.04 | 4.15 | 4.15 | 4.18 | 2.75 | 2.90 | 3.05 | 3.20 | 3.34 | 3. | |
| | 1.2 | 3.06 | 3.29 | 3.50 | 3.70 | 3.89 | 4.06 | 4.23 | 4.39 | 4.55 | 4.70 | 4.84 | 4.84 | 4.86 | 3.02 | 3.23 | 3.43 | 3.62 | 3.80 | 3. | |

| η_1 | K_1 η_2 | 0.20 | | | | | | | | | | | 0.30 | | | | | |
|----------|-------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 0.9 | 1.0 | 1.1 | 1.2 | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 0.6 | 0.7 |
| 0.2 | 0.2 | 1.94 | 1.93 | 1.93 | 1.93 | 1.93 | 1.93 | 1.94 | 1.94 | 1.95 | 1.95 | 1.96 | 1.92 | 1.91 | 1.90 | 1.89 | 1.89 | 1.89 |
| | 0.4 | 1.96 | 1.98 | 1.99 | 2.02 | 2.04 | 2.07 | 2.09 | 2.12 | 2.15 | 2.17 | 2.20 | 1.95 | 1.95 | 1.93 | 1.97 | 1.99 | 2.01 |
| | 0.6 | 2.02 | 2.07 | 2.13 | 2.19 | 2.26 | 2.32 | 2.38 | 2.44 | 2.50 | 2.56 | 2.62 | 1.99 | 2.03 | 2.08 | 2.13 | 2.18 | 2.24 |
| | 0.8 | 2.12 | 2.23 | 2.35 | 2.47 | 2.58 | 2.68 | 2.78 | 2.88 | 2.98 | 3.07 | 3.15 | 2.07 | 2.16 | 2.27 | 2.37 | 2.47 | 2.57 |
| | 1.0 | 2.28 | 2.47 | 2.65 | 2.82 | 2.97 | 3.12 | 3.26 | 3.39 | 3.51 | 3.63 | 3.75 | 2.20 | 2.37 | 2.53 | 2.69 | 2.83 | 2.97 |
| | 1.2 | 2.50 | 2.77 | 3.01 | 3.22 | 3.42 | 3.60 | 3.77 | 3.93 | 4.09 | 4.23 | 4.38 | 2.39 | 2.63 | 2.85 | 3.05 | 3.24 | 3.42 |
| 0.4 | 0.2 | 1.93 | 1.93 | 1.93 | 1.93 | 1.94 | 1.94 | 1.95 | 1.95 | 1.96 | 1.96 | 1.97 | 1.92 | 1.91 | 1.91 | 1.90 | 1.90 | 1.91 |
| | 0.4 | 1.97 | 1.98 | 2.00 | 2.03 | 2.05 | 2.08 | 2.11 | 2.13 | 2.16 | 2.19 | 2.22 | 1.95 | 1.96 | 1.97 | 1.99 | 2.01 | 2.03 |
| | 0.6 | 2.03 | 2.08 | 2.14 | 2.21 | 2.27 | 2.33 | 2.40 | 2.46 | 2.52 | 2.58 | 2.63 | 2.00 | 2.04 | 2.09 | 2.14 | 2.20 | 2.26 |
| | 0.8 | 2.13 | 2.25 | 2.37 | 2.48 | 2.59 | 2.70 | 2.80 | 2.90 | 2.99 | 3.08 | 3.17 | 2.08 | 2.18 | 2.28 | 2.39 | 2.49 | 2.59 |
| | 1.0 | 2.29 | 2.49 | 2.67 | 2.83 | 2.99 | 3.13 | 3.27 | 3.40 | 3.53 | 3.64 | 3.76 | 2.22 | 2.39 | 2.55 | 2.71 | 2.85 | 2.99 |
| | 1.2 | 2.52 | 2.79 | 3.02 | 3.23 | 3.43 | 3.61 | 3.78 | 3.94 | 4.10 | 4.24 | 4.39 | 2.41 | 2.65 | 2.87 | 3.07 | 3.26 | 3.43 |
| 0.6 | 0.2 | 1.95 | 1.95 | 1.95 | 1.95 | 1.96 | 1.96 | 1.97 | 1.97 | 1.98 | 1.98 | 1.99 | 1.93 | 1.93 | 1.92 | 1.92 | 1.93 | 1.93 |
| | 0.4 | 1.98 | 2.00 | 2.02 | 2.05 | 2.08 | 2.10 | 2.13 | 2.16 | 2.19 | 2.21 | 2.24 | 1.96 | 1.97 | 1.99 | 2.01 | 2.03 | 2.06 |
| | 0.6 | 2.04 | 2.10 | 2.17 | 2.23 | 2.30 | 2.36 | 2.42 | 2.48 | 2.54 | 2.60 | 2.66 | 2.02 | 2.06 | 2.12 | 2.17 | 5.23 | 2.29 |
| | 0.8 | 2.15 | 2.27 | 2.39 | 2.51 | 2.62 | 2.72 | 2.82 | 2.92 | 3.01 | 3.10 | 3.19 | 2.11 | 2.21 | 2.32 | 2.42 | 2.52 | 2.62 |
| | 1.0 | 2.32 | 2.52 | 2.70 | 2.86 | 3.01 | 3.16 | 3.29 | 3.42 | 3.55 | 3.66 | 3.78 | 2.25 | 2.42 | 2.59 | 2.74 | 2.88 | 3.02 |
| | 1.2 | 2.55 | 2.82 | 3.05 | 3.26 | 3.45 | 3.63 | 3.80 | 3.96 | 4.11 | 4.26 | 4.40 | 2.44 | 2.69 | 2.91 | 3.11 | 3.29 | 3.46 |
| 0.8 | 0.2 | 1.97 | 1.97 | 1.98 | 1.98 | 1.99 | 1.99 | 2.00 | 2.01 | 2.01 | 2.02 | 2.03 | 1.96 | 1.95 | 1.96 | 1.93 | 1.97 | 1.97 |
| | 0.4 | 2.00 | 2.03 | 2.06 | 2.08 | 2.11 | 2.14 | 2.17 | 2.20 | 2.22 | 2.25 | 2.28 | 1.99 | 2.01 | 2.03 | 2.05 | 2.08 | 5.10 |
| | 0.6 | 2.08 | 2.14 | 2.21 | 2.27 | 2.34 | 2.40 | 2.46 | 2.52 | 2.58 | 2.64 | 2.69 | 2.05 | 2.10 | 2.16 | 2.22 | 2.28 | 2.34 |
| | 0.8 | 2.19 | 2.32 | 2.44 | 2.55 | 2.66 | 2.76 | 2.86 | 2.96 | 3.05 | 3.13 | 3.22 | 2.15 | 2.26 | 2.37 | 2.47 | 2.57 | 2.67 |
| | 1.0 | 2.37 | 2.57 | 2.74 | 2.90 | 3.05 | 3.19 | 3.33 | 3.45 | 3.58 | 3.69 | 3.81 | 2.30 | 2.48 | 2.64 | 2.79 | 2.93 | 3.07 |
| | 1.2 | 0.61 | 2.87 | 3.09 | 3.30 | 3.49 | 3.66 | 3.83 | 3.99 | 4.14 | 4.29 | 4.42 | 2.50 | 2.74 | 2.96 | 3.15 | 3.33 | 3.50 |
| 1.0 | 0.2 | 2.01 | 2.02 | 2.03 | 2.03 | 2.04 | 2.05 | 2.05 | 2.06 | 2.07 | 2.07 | 2.08 | 2.01 | 2.02 | 2.02 | 2.03 | 2.04 | 2.04 |
| | 0.4 | 2.06 | 2.09 | 2.11 | 2.14 | 2.17 | 2.20 | 2.23 | 2.25 | 2.28 | 2.31 | 2.33 | 2.05 | 2.08 | 2.10 | 2.13 | 2.16 | 2.18 |
| | 0.6 | 2.14 | 2.21 | 2.27 | 2.34 | 2.40 | 2.46 | 2.52 | 2.58 | 2.63 | 2.69 | 2.74 | 2.13 | 2.19 | 2.25 | 2.30 | 2.36 | 2.42 |
| | 0.8 | 2.27 | 2.39 | 2.51 | 2.62 | 2.72 | 2.82 | 2.91 | 3.00 | 3.09 | 3.18 | 3.26 | 2.24 | 2.35 | 2.45 | 2.55 | 2.65 | 2.74 |
| | 1.0 | 2.46 | 2.64 | 2.81 | 2.96 | 3.10 | 3.24 | 3.37 | 3.50 | 3.61 | 3.73 | 3.84 | 2.40 | 2.57 | 2.72 | 2.86 | 3.00 | 3.13 |
| | 1.2 | 2.69 | 2.94 | 3.15 | 3.35 | 3.53 | 3.71 | 3.87 | 4.02 | 4.17 | 4.32 | 4.46 | 2.60 | 2.83 | 3.03 | 3.22 | 3.39 | 3.56 |
| 1.2 | 0.2 | 2.13 | 2.12 | 2.12 | 2.13 | 2.13 | 2.14 | 2.14 | 2.15 | 2.15 | 2.16 | 2.16 | 2.17 | 2.16 | 2.16 | 2.16 | 2.16 | 2.16 |
| | 0.4 | 2.18 | 2.19 | 2.21 | 2.24 | 2.26 | 2.29 | 2.31 | 2.34 | 2.36 | 2.38 | 2.41 | 2.22 | 2.22 | 2.24 | 2.26 | 2.28 | 2.30 |
| | 0.6 | 2.27 | 2.32 | 2.37 | 2.43 | 2.49 | 2.54 | 2.60 | 2.65 | 2.70 | 2.76 | 2.81 | 2.29 | 2.33 | 2.38 | 2.43 | 2.48 | 2.53 |
| | 0.8 | 2.41 | 2.50 | 2.60 | 2.70 | 2.80 | 2.89 | 2.98 | 3.07 | 3.15 | 3.23 | 3.32 | 2.41 | 2.49 | 2.58 | 2.67 | 2.75 | 2.84 |
| | 1.0 | 2.59 | 2.74 | 2.89 | 3.04 | 3.17 | 3.30 | 3.43 | 3.55 | 3.66 | 3.78 | 3.89 | 2.56 | 2.69 | 2.83 | 2.96 | 3.09 | 3.21 |
| | 1.2 | 2.81 | 3.03 | 3.23 | 3.42 | 3.59 | 3.76 | 3.92 | 4.07 | 4.22 | 4.36 | 4.49 | 2.74 | 2.94 | 3.13 | 3.30 | 3.47 | 3.63 |
| 1.4 | 0.2 | 2.35 | 2.31 | 2.29 | 2.28 | 2.27 | 2.27 | 2.27 | 2.27 | 2.27 | 2.28 | 2.28 | 2.45 | 2.40 | 2.37 | 2.35 | 2.35 | 2.34 |
| | 0.4 | 2.40 | 2.37 | 2.37 | 2.38 | 2.39 | 2.41 | 2.43 | 2.45 | 2.47 | 2.49 | 2.51 | 2.48 | 2.45 | 2.44 | 2.44 | 2.45 | 2.46 |
| | 0.6 | 2.48 | 2.49 | 2.52 | 2.56 | 2.61 | 2.65 | 2.70 | 2.75 | 2.80 | 2.85 | 2.89 | 2.55 | 2.54 | 2.56 | 2.60 | 2.63 | 2.67 |
| | 0.8 | 2.60 | 2.66 | 2.73 | 2.82 | 2.90 | 2.98 | 3.07 | 3.15 | 3.23 | 3.31 | 3.38 | 2.64 | 2.68 | 2.74 | 2.81 | 2.89 | 2.96 |
| | 1.0 | 2.77 | 2.88 | 3.01 | 3.14 | 3.26 | 3.38 | 3.50 | 3.62 | 3.73 | 3.84 | 3.94 | 2.77 | 2.87 | 2.98 | 3.09 | 3.20 | 3.32 |
| | 1.2 | 2.97 | 3.15 | 3.33 | 3.50 | 3.67 | 3.83 | 3.98 | 4.13 | 4.27 | 4.41 | 4.54 | 2.94 | 3.09 | 3.26 | 3.41 | 3.57 | 3.72 |

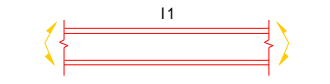
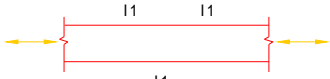
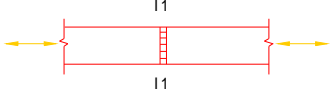
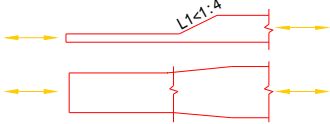
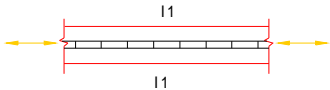
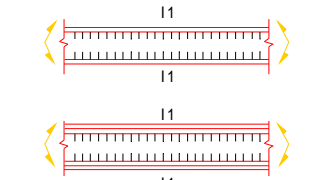
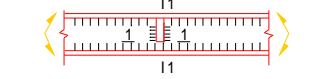
注：表中的计算长度系数 μ 值系按下式算得：

$$\frac{\eta_1 K_1}{\eta_2 K_2} \cdot ctg \frac{\pi \eta_1}{\mu} \cdot ctg \frac{\pi \eta_2}{\mu} + \frac{\eta_1 K_1}{(\eta_2 K_2)^2} \cdot ctg \frac{\pi \eta_1}{\mu} \cdot ctg \frac{\pi}{\mu} + \frac{1}{\eta_2 K_2} \cdot Ctg \frac{\pi \eta^2}{\mu}$$

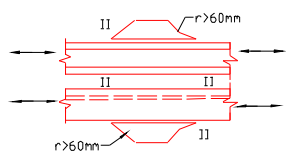
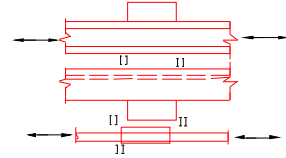
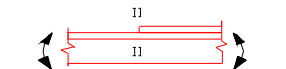

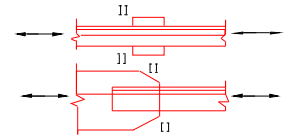
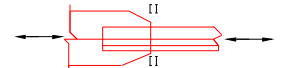
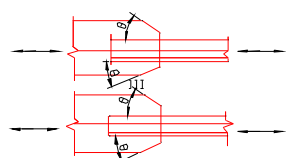
附录五 疲劳计算的构件和连接分类

构件和连接分类

附表 5.1

| 项次 | 简图 | 说明 | 类别 |
|----|---|--|----|
| 1 |  | 无连接处的主体金属 1. 轧制工字钢 2. 钢板 (a) 两边为轧制边或刨边 (b) 两侧为自动、半自动切割边 (切割质量标准应符合《钢结构工程施工及验收规范》一级标准) | 1 |
| |  | | 2 |
| 2 |  | 横向对接焊缝附近的主体金属 1. 焊缝经加工、磨平及无损检验(符合《钢结构工程施工及验收规范》一级标准) 2. 焊缝经检验、外观尺寸符合一级标准 | 2 |
| | | | 3 |
| 3 |  | 不同厚度(或宽度)横向对接焊缝附近的主体金属,焊缝加工成平滑过渡并验无损检验符合一级标准 | 2 |
| 4 |  | 纵向对接焊缝附近的主体金属,焊缝经无损检验及外观尺寸检验均符合二级标准 | 2 |
| 5 |  | 翼缘连接焊缝附近的主体金属,焊缝质量经无损检验符合二级标准 1. 单层翼缘板 (a) 自动焊 (b) 手工焊 2. 双层翼缘板 | 2 |
| | | | 3 |
| 6 |  | 横向加劲肋端部附近的主体金属 1. 肋端不断弧(采用回焊) 2. 肋端断弧 | 4 |
| | | | 5 |

续附表 5.1

| 项次 | 简图 | 说明 | 类别 |
|----|---|--|----|
| 7 |  | 梯形节点板对接于梁翼缘、腹板以及桁架构件处的主体金属,过渡处在焊后铲平、磨光、圆滑过渡,不得有焊接起弧、灭弧缺陷 | 5 |
| 8 |  | 矩形节点板焊接于构件翼缘或腹板处的主体金属, $t > 150\text{mm}$ | 7 |
| 9 |  | 翼缘板中断处的主体金属(板端有正面焊缝) | 7 |
| 10 |  | 向正面角焊缝过渡处的主体金属 | 6 |
| 11 |  | 两侧面角焊缝连接端部的主体金属 | 8 |
| 12 |  | 三面围焊的角焊缝端部主体金属 | 7 |
| 13 |  | 三面围焊或两侧面角焊缝连接的节点板主体金属(节点板计算宽度按扩散角 θ 等于 30° 考虑) | 7 |

续附表 5.1

| 项次 | 简图 | 说明 | 类别 |
|----|-----|---|----|
| 14 | | K形对接焊缝处的主体金属, 两板轴线偏离小于 $0.15t$, 焊缝经无损检验且焊趾角 $\alpha \leq 45^\circ$ | 5 |
| 15 | | 十字形接头角焊缝处的主体金属, 两板轴线偏离小于 $0.15t$ | 7 |
| 16 | 角焊缝 | 按有效截面确定的剪应力幅计算 | 8 |
| 17 | | 铆钉连接处的主体金属 | 3 |
| 18 | | 连系螺栓和虚孔处的主体金属 | 3 |
| 19 | | 高强度螺栓连接处的主体金属 | 2 |

注：①所有对接焊缝均需焊透。

②角焊缝应符合第 8.2.7 条的要求。

③项次 16 中的剪应力幅 $\Delta\tau = \tau_{\max} - \tau_{\min}$, 其中 τ_{\min} 的正负值为：与 τ_{\max} 同方向时，取正值；与 τ_{\max} 反方向时，取负值。

附录六 螺栓的有效面积

螺栓的有效面积

附表 6.1

| 螺栓直径 d (mm) | 螺 距 p (mm) | 螺栓有效直径 d_e (mm) | 螺栓有效面积 A_e (mm ²) |
|---------------------|--------------------|-------------------------|---------------------------------------|
| 16 | 2 | 14.1236 | 156.7 |
| 18 | 2.5 | 15.6545 | 192.5 |
| 20 | 2.5 | 17.6545 | 244.8 |
| 22 | 2.5 | 19.6546 | 303.4 |
| 24 | 3 | 21.1854 | 352.5 |
| 27 | 3 | 24.1854 | 459.4 |
| 30 | 3.5 | 26.7163 | 560.6 |
| 33 | 3.5 | 29.7163 | 693.6 |
| 36 | 4 | 32.2472 | 816.7 |
| 39 | 4 | 35.2472 | 975.8 |
| 42 | 4.5 | 37.7781 | 1121 |
| 45 | 4.5 | 40.7781 | 1306 |
| 48 | 5 | 43.3090 | 1473 |
| 52 | 5 | 47.3090 | 1758 |
| 56 | 5.5 | 50.8399 | 2030 |
| 60 | 5.5 | 54.8399 | 2362 |
| 64 | 6 | 58.3708 | 2676 |
| 68 | 6 | 62.3708 | 3055 |
| 72 | 6 | 66.3708 | 3460 |
| 76 | 6 | 70.3708 | 3889 |
| 80 | 6 | 74.3708 | 4344 |
| 85 | 6 | 79.3708 | 4948 |
| 90 | 6 | 84.3708 | 5591 |
| 95 | 6 | 89.3708 | 6273 |
| 100 | 6 | 94.3708 | 6995 |

注：表中的螺栓有效面积 A_e 值系按下式算得：

$$A_e = \frac{\pi}{4} \left(d - \frac{13}{24} \sqrt{3p} \right)^2$$

附录七 非法定计量单位与 法定计量单位的换算关系

非法定计量单位与法定计量单位的换算表 附表 7.1

| 量的名称 | 非法定计量单位 | 法定计量单位 |
|-----------|---|---|
| 力 | 0.101972 kgf 1kgf | 1N 9.80665 N |
| 力矩 | 0.101972 kgf·m 1kgf·m | 1N·m 9.80665 N·m |
| 强度、应力 | 10.1972 kgf/cm ² 1kgf/cm ² | 1N/mm ² 0.0980665 N/mm ² |
| 单位面积的能(功) | 0.101972kgf·m/cm ² 1kgf·m/cm ² | 1J/cm ² 9.80665J/cm ² |

注：1N/mm²=1MPa。

附录八 本规范用词说明

一、执行本规范条文时，要求严格程度的用词说明如下，以便在执行中区别对待。

1. 表示很严格，非这样作不可的用词：

正面词采用“必须”；

反面词采用“严禁”。

2. 表示严格，在正常情况下均应这样作的用词：

正面词采用“应”；

反面词采用“不应”或“不得”。

3. 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样作的用词：

正面词采用“宜”或“可”；

反面词采用“不宜”。

二、条文中必须按指定的标准、规范或其它有关规定执行的，其写法为“应按……执行”或“应符合……要求（或规定）”。非必须按照所指定的标准、规范（或其它规定）执行的，其写法“可参照……”。

附加说明 本规范主编单位、参加 单位和主要起草人名单

主编单位：

北京钢铁设计研究总院。

参加单位：

浙江大学、重庆建筑工程学院、西安冶金建筑学院、清华大学、哈尔滨建筑工程学院、天津大学、冶金部建筑研究总院、重庆钢铁设计研究院、同济大学、太原工业大学、包头钢铁设计研究院、机械电子工业部设计研究院、华南理工大学、大连理工大学、郑州工学院、东南大学、南京建筑工程学院、中国建筑标准设计研究所、东北水电设计院。

主要起草人：

张志泉、夏志斌、魏明钟、罗邦富、武人岱、王国周、李继华、陈绍蕃、李德滋、吴惠弼、陈建和、李瑞骅、林醒山、刘锡良、陈明辉、黄友明、李 云、夏正中、任兴华、潘有昌、沈祖炎、冯秀娟、陈 骥、郭在田、赵文蔚、俞国音、马庆如、朱 起、梁志宏、赵熙元、柴 昶、梁启智、陈继祖、朱聘儒、孙国良、严正庭。