

不锈钢结构技术规程

Technical specification for stainless steel structure

(征求意见稿)

《不锈钢结构技术规程》修订编制组

2025年1月15号

前 言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发〈2018 年第一批协会标准制、修订项目计划〉的通知》（建标协字〔2018〕第 015 号）的要求，编制组进行了系列的试验研究和理论分析，并经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考欧洲、美国、澳大利亚和日本的有关设计规范和设计手册，考虑了我国现有技术水平和经济条件，在力争做到技术先进、经济合理、便于实践和与其他标准协调的基础上，经过反复讨论、修改充实，并在广泛征求意见的基础上，修订了《不锈钢结构技术规程》CECS 410-2015。

本规程共有 10 个章节和 5 个附录，主要技术内容包括：总则、术语和符号、材料、设计基本规定、构件的计算、连接及节点计算和构造、不锈钢压型板、不锈钢结构抗震性能化设计、防护、制作和安装等。

本次修订的主要内容是：

1. 补充了 2 种承重结构用不锈钢和 6 种围护结构用不锈钢的力学性能指标及构件设计方法；
2. 补充了考虑冷加工效应的材料参数计算方法（附录 A）；
3. 补充了不锈钢高强度螺栓及环槽铆钉的设计指标及其连接设计方法；
4. 完善了不锈钢构件的截面分类及截面强度设计方法；
5. 补充了不锈钢卷边 C 形截面承载力计算的直接强度法（附录 D）；
6. 补充了不锈钢管结构相贯节点和典型梁柱节点的设计方法；
7. 补充了不锈钢焊接连接的疲劳设计方法；
8. 补充了不锈钢构件抗火计算方法（附录 E）；
9. 补充了不锈钢压型板设计方法（第 7 章）；
10. 补充了不锈钢结构抗震性能化设计方法（第 8 章）。

本规程由中国工程建设标准化协会轻型钢结构委员会（CECS/TC-28）归口管理，东南大学负责解释。在执行过程中，请各单位结合工程实践总结经验。对本规程的意见和建议，请寄至解释单位东南大学土木工程学院《不锈钢结构技术规程》编制组（地址：南京市江宁区东南大学路 2 号东南大学九龙湖校区；邮编：211102）。

主编单位：东南大学

参编单位：清华大学

中冶建筑研究总院有限公司

中南建筑设计院股份有限公司

南京工业大学

深圳市建筑设计研究总院有限公司

上海东阁实业集团有限公司

广东迈诺工业技术有限公司

苏州市八都建筑有限公司

山西太钢不锈钢股份有限公司

宝山钢铁股份有限公司中央研究院（技术中心）

浙江东南网架股份有限公司

北京市建筑设计研究院有限公司

北京工业大学

武汉大学

哈尔滨工业大学（深圳）

江苏科迪建设工程质量检测有限公司

福建青拓特钢技术研究有限公司

主要起草人：舒赣平 王元清 吴耀华 陈焰周 董 军 范圣刚 廖述江
蒋庆林 廖东帆 乐志华 张 威 武 强 郑宝锋 袁焕鑫
董文卜 施 刚 周观根 朱忠义 杨 璐 冯 然 谢 军
江来珠 彭 洋

主要审查专家：

目 次

1	总则.....	1
2	术语和符号.....	2
2.1	术语.....	2
2.2	符号.....	3
3	材料.....	9
3.1	结构用不锈钢.....	9
3.2	连接材料.....	9
3.3	设计指标.....	9
4	设计基本规定.....	13
4.1	设计原则.....	13
4.2	作用和作用效应.....	13
4.3	构件与截面.....	13
4.4	变形的规定.....	15
5	构件的计算.....	16
5.1	轴心受拉构件.....	16
5.2	轴心受压构件.....	16
5.3	受弯构件.....	20
5.4	拉弯构件.....	28
5.5	压弯构件.....	28
5.6	构件中的受压板件.....	32
5.7	受弯构件的变形.....	35
6	连接及节点计算和构造.....	37
6.1	焊缝连接计算.....	37
6.2	紧固件连接计算.....	38
6.3	梁柱节点及柱脚节点计算.....	43
6.4	钢管连接节点计算.....	46
6.5	焊缝连接疲劳计算.....	51
6.6	连接构造要求.....	53
6.7	节点构造要求.....	54
7	压型板.....	58
7.1	一般规定.....	58
7.2	压型板的计算.....	58
7.3	压型板的有效截面.....	60
7.4	压型板的构造.....	62
8	抗震性能化设计.....	63
8.1	一般规定.....	63
8.2	计算要点.....	64
8.3	构造措施.....	65
9	防护.....	68
9.1	维护.....	68

9.2 防火和隔热.....	68
10 制作和安装.....	70
10.1 一般规定.....	70
10.2 制作.....	70
10.3 焊接和紧固连接.....	70
10.4 压型板.....	71
10.5 包装、存储与运输.....	72
10.6 安装.....	72
附录 A 考虑冷加工效应的奥氏体不锈钢截面中材料参数计算.....	74
附录 B 梁的整体弯扭屈曲临界弯矩.....	77
附录 C 简支梁的双力矩 B 的计算.....	79
附录 D 不锈钢卷边 C 形截面构件承载力计算的直接强度法.....	81
附录 E 构件的抗火承载力计算.....	83
本规程用词说明.....	86
引用标准名录.....	87
附：条文说明	

CONTENTS

1 General provisions	1
2 Terms and symbols	2
2.1 Terms.....	2
2.2 Symbols.....	3
3 Materials	9
3.1 Structural stainless steel.....	9
3.2 Welds and fasteners.....	9
3.3 Design strength.....	9
4 Basic design requirements	13
4.1 Design principle.....	13
4.2 Loads and actions.....	13
4.3 Detailing requirements.....	13
4.4 Deformation requirements for structures.....	15
5 Design of members	16
5.1 Tension members.....	16
5.2 Compression members.....	16
5.3 Flexural members.....	20
5.4 Combined tension and bending.....	28
5.5 Combined compression and bending.....	28
5.6 Compressed elements.....	32
5.7 Deformation of flexural members.....	35
6 Design of connections and joints	37
6.1 Welds connection.....	37
6.2 Fasteners connection.....	38
6.3 Beam-column joint and column footing.....	43
6.4 Tubular joint.....	46
6.5 Fatigue for welds connection.....	51
6.6 Detailing requirements for connections.....	53
6.7 Detailing requirements for joints.....	54
7 Profiled sheet	58
7.1 General provisions.....	58
7.2 Design requirement.....	58
7.3 Effective cross-section.....	60
7.4 Detailing requirements.....	62
8 Seismic design of structural members	63
8.1 General provisions.....	63
8.2 Design requirement.....	64
8.3 Detailing requirements.....	65
9 Protection	68
9.1 Corrosion prevention.....	68
9.2 Fire protection and heat isolation.....	68

10 Fabrication and assembly	70
10.1 General provisions.....	70
10.2 Fabrication.....	70
10.3 Welds and bolts connections.....	70
10.4 Profiled sheet.....	71
10.5 Packaging, storage, and transportation.....	72
10.6 Assembly.....	72
Appendix A Material properties in cold-formed members.....	74
Appendix B Elastic critical moment for lateral torsional buckling.....	77
Appendix C Bimoment for simple supported beam.....	79
Appendix D Direct strength method for load capacity calculation of lipped C-Section.....	81
Appendix E Fire resistance of members.....	83
Explanations of wording in this specification.....	86
List of quoted standards.....	87
Addition: Explanation of provisions	

1 总则

1.0.1 为使不锈钢结构的设计和施工中贯彻执行国家的技术经济政策，做到安全适用、经济合理、技术先进、确保质量，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于工业与民用建筑物和构筑物的不锈钢结构设计及施工。

1.0.3 不锈钢结构的设计和施工，除应符合本规程外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 不锈钢 stainless steel

铬含量至少为 10.5 %，且碳含量不大于 1.2 % 的钢。

2.1.2 奥氏体不锈钢 austenitic stainless steel

基体以面心立方晶体结构的奥氏体组织为主，主要通过冷加工或氮合金化使其强化的不锈钢。

2.1.3 铁素体不锈钢 ferritic stainless steel

基体以体心立方晶体结构的铁素体组织为主，一般不能通过热处理硬化，但冷加工可使其轻微强化的不锈钢。

2.1.4 奥氏体-铁素体（双相）不锈钢 austenitic-ferritic (duplex) stainless steel

基体兼有奥氏体和铁素体两相组织（其中较少相的含量至少为 25%），可通过冷加工使其强化的不锈钢。

2.1.5 沉淀硬化不锈钢 precipitation hardening stainless steels

基体以马氏体或奥氏体组织为主，并能通过沉淀硬化（又称时效硬化）处理使其硬（强）化的不锈钢。

2.1.6 名义屈服强度 proof strength

材料残余应变为 0.2% 时对应的应力。

2.1.7 应变强化系数 strain hardening coefficient

反映不锈钢材料发生塑性应变时强度提高的系数。

2.1.8 切线模量 tangent modulus of elasticity

材料应力-应变曲线上某一应力点处的斜率。

2.1.9 冷成型 cold working

常温下对材料进行冲剪、弯曲和拉伸等的加工方式。

2.1.10 冷加工效应 effect of cold working

常温下对材料加工引起材料性能的改变。

2.1.11 抽芯铆钉 blind rivet

一类单面铆接用的铆钉。铆接时，铆钉钉芯由专用铆枪拉动，使铆体膨胀，起到铆接作用。

2.1.12 环槽铆钉连接副 ring groove rivet assembly

由一个高强度环槽铆钉和一个配套的套环组成的连接副。

2.1.13 高强度大六角头螺栓连接副 heavy-hex high strength bolt assembly

由一个高强度大六角头螺栓，一个高强度大六角头螺母和两个高强度平垫圈组成一副的连接紧固件。

2.1.14 电阻点焊 resistance spot welding

工件装配成搭接接头，并压紧在两电极之间，利用电阻热熔化母材金属，形成焊点的电阻焊方法。

2.1.15 连续缝焊 seam welding

不锈钢压型板肋间或板肋与屋面异形板折边间，通过电阻焊形成连续的焊缝。

2.1.16 不锈钢压型板 profiled stainless steel sheet

将不锈钢钢板或钢带经辊压冷弯或折弯，形成连续波形截面或其它截面的成型金属板。

2.1.17 焊接不锈钢屋面 welding stainless steel roof

在施工现场采用电阻焊的方式，将不锈钢压型板和不锈钢固定支座通过专用焊接设备焊接形成连续焊缝，固定于下部结构，达到具有完全气密性和水密性，实现整体结构性防水的金属屋面构造。

2.2 符号

2.2.1 作用及作用效应

B ——双力矩；

F ——集中荷载；

M ——弯矩；

M_f ——工字形截面两翼缘所能承担的弯矩设计值；

M_b ——节点域两侧梁端弯矩设计值；

M_{fi} ——火灾下不锈钢构件的弯矩设计值；

M_0 ——主管在节点处的承受的弯矩设计值；

N ——轴心力；

N_v ——单个螺栓、螺钉、电阻点焊以及抽芯铆钉承担的剪力设计值；

N_t ——单个螺栓、螺钉、电阻点焊以及抽芯铆钉承担的拉力设计值；

N_{fi} ——火灾下不锈钢构件的轴力设计值；

N_0 ——主管在节点处的承受的轴力设计值；

P ——一个高强度螺栓或环槽铆钉的预拉力设计值；

q ——均布荷载；

q_{re} ——集中荷载折算成沿压型板宽方向的均布线荷载；

V ——剪力；

V_{Gb} ——梁在重力荷载代表值作用下，按简支梁分析的梁端截面剪力。

2.2.2 计算指标

E_0 ——不锈钢材料的初始弹性模量；

$E_{0.2}$ ——应力为 $f_{0.2}$ 时对应的切线弹性模量；

f ——不锈钢材料的抗拉、抗压和抗弯强度设计值；

$f_{0.2}$ ——不锈钢材料的名义屈服强度标准值；

$f_{0.2,chs}$ ——辊弯成型圆管截面中材料的名义屈服强度标准值；

$f_{0.2,rhs}$ ——冷成型方矩管截面中材料的名义屈服强度标准值；

$f_{1.0,chs}$ ——辊弯成型圆管截面中材料塑性应变为 0.01 时对应的应力；

$f_{1.0,rhs}$ ——冷成型方矩管截面中材料塑性应变为 0.01 时对应的应力；

f_0 ——主管的材料的名义屈服强度标准值；

f_{ce} ——不锈钢材料的端面承压强度设计值；

f_f^w ——不锈钢角焊缝的抗拉、抗剪和抗压强度设计值；

f_t^a ——不锈钢锚栓的抗拉强度设计值；

f_t^w 、 f_v^w 、 f_c^w ——不锈钢对接焊缝的抗拉、抗剪、承压强度设计值；

f_t^b 、 f_v^b 、 f_c^b ——不锈钢螺栓、螺钉的抗拉、抗剪、承压强度设计值；

f_u ——不锈钢材料的抗拉极限强度标准值；

$f_{t,u}$ ——不锈钢母材材料极限抗拉真实应力；

$f_{u,chs}$ ——辊弯成型圆管截面中材料的抗拉极限强度标准值；

$f_{u,rhs}$ ——冷成型方矩管截面中材料的抗拉极限强度标准值；

f_u^b ——不锈钢螺栓的抗拉极限强度标准值；

f_v ——不锈钢材料的抗剪强度设计值；

F_u ——不锈钢拉索的极限抗拉承载力标准值；

G_0 ——不锈钢材料的初始剪变模量；

M_u ——受弯构件截面的弯曲承载力设计值；

$M_{u,0}$ ——主管在节点处的截面受弯承载力设计值；
 M_u^j ——连接的极限受弯承载力；
 $M_{ub,sp}^j$ ——梁拼接的极限受弯承载力；
 $M_{u,base}^j$ ——柱脚的极限受弯承载力；
 M_{ul} ——受弯构件的局部屈曲承载力；
 M_{ud} ——受弯构件的畸变屈曲承载力；
 M_{crd} ——受弯构件的畸变屈曲弹性临界弯矩；
 M_{cr} ——受弯构件弯扭屈曲临界弯矩；
 $M_{0.2}$ ——截面上最大应力达到名义屈服强度时，截面所承受的弯矩值；
 M_{uT} ——高温下受弯构件抗弯承载力设计值；
 n ——不锈钢材料的应变强化系数；
 n_{chs} ——辊弯成型圆管截面中材料的应变强化系数；
 n_{rhs} ——冷成型方矩管截面中材料的应变强化系数；
 n_p ——主管在节点处的应力比；
 n_i —— $\Delta\sigma_i$ 对应的应力循环次数；
 N_u ——轴心受力构件承载力的设计值；
 $N_{u,0}$ ——主管在节点处的截面轴心受压承载力设计值；
 N_{ul} ——轴心受压构件的局部屈曲承载力；
 N_{ud} ——轴心受压构件的畸变屈曲承载力；
 N_{crd} ——轴心受压构件的畸变屈曲弹性临界力；
 N_E ——轴心受压构件的弹性稳定临界力；
 N_{uT} ——高温下轴心受力构件承载力的设计值；
 N_t^b 、 N_v^b 、 N_c^b ——单个螺栓、环槽铆钉的抗拉、抗剪、承压承载力设计值；
 N_t^s 、 N_v^s 、 N_c^s 、 N_p^s ——单个螺钉的抗拉、抗剪、承压、抗撕裂承载力设计值；
 N_v^d ——单个电阻点焊的抗剪承载力设计值；
 N_v^t 、 N_c^t ——单个抽芯铆钉的抗剪、承压承载力设计值；
 $[N_v^t]$ ——抽芯铆钉的最小抗剪承载力设计值；
 V_u ——腹板的抗剪承载力设计值；
 V_u^j ——连接的受剪极限承载力；
 $[v_T]$ ——永久和可变荷载标准值产生的挠度容许值；
 $[v_Q]$ ——可变荷载标准值产生的挠度容许值；
 R_w ——与上、下翼缘相连的一块腹板局部受压承载力设计值；
 ε ——应变；
 $\varepsilon_{1.0}$ ——不锈钢母材塑性应变为 0.01 时对应的总应变；
 ε_u ——不锈钢材料的抗拉极限应变；
 $\varepsilon_{u,chs}$ ——对应于抗拉极限强度 $f_{u,chs}$ 的抗拉极限应变；
 $\varepsilon_{u,rhs}$ ——对应于抗拉极限强度 $f_{u,rhs}$ 的抗拉极限应变；
 $\varepsilon_{t,u}$ ——不锈钢母材材料极限抗拉真实应变；
 ε_{cp} ——等效应变；
 ρ ——不锈钢材料的密度；
 σ ——正应力；
 σ_c ——腹板计算高度内的局部压应力；
 σ_{cr} 、 τ_{cr} 、 $\sigma_{c,cr}$ ——正应力、剪应力、局部压应力单独作用下的腹板屈曲临界应力；

$\sigma_{p,Ed}$ ——主管在节点处最大轴力与支管轴力在主管轴向投影的合力产生的应力；
 σ_r ——垂直于角焊缝长度方向的正应力，按焊缝有效截面计算；
 $\Delta\sigma$ ——焊缝部位的正应力幅；
 $[\Delta\sigma]$ ——常幅疲劳的容许正应力幅；
 $\Delta\sigma_{eq}$ ——变幅疲劳的等效名义正应力幅；
 $\Delta\sigma_i$ ——正应力幅谱中的正应力幅；
 τ ——剪应力；
 τ_r ——沿焊缝长度方向的剪应力，按焊缝有效截面计算；
 ν ——泊松比。

2.2.3 几何参数

a ——卷边的高度；格构式檩条上弦节间长度；集中荷载沿梁跨度方向的支承长度；
 a_1 ——短加劲肋的间距；
 A ——毛截面面积；
 A_e ——有效截面面积；
 A_{en} ——有效净截面面积；
 A_n ——净截面面积；
 b ——截面或板件的宽度；
 b_0 ——截面的计算宽度(或高度)；
 b_c ——板件的受压区高度；
 b_e ——板件的有效宽度；
 b_{eff} ——支管的有效宽度；
 $b_{e,ov}$ ——搭接支管相对于被搭接支管的有效宽度；
 b_s ——加劲肋的外伸宽度；
 b'_0 ——主管的净宽度，等于主管宽度减去主管壁厚；
 c ——与计算板件邻接的板件的宽度；
 d ——公称直径；
 d_0 ——孔径；
 d_e ——有效直径；
 d_w ——垫圈的直径（有垫圈时）或螺钉头的直径；
 e ——偏心距；
 e_0 ——截面弯心在对称轴上的坐标(以形心为原点)；
 e_1 ——螺栓端矩；
 e_a ——荷载作用点到弯心的距离；
 e_q ——等效偏心距；
 g ——两个支管间隙；
 h ——截面或板件的高度；
 h_0 ——腹板的计算高度；
 h_c ——受弯构件腹板弯曲受压区高度；
 h_e ——角焊缝的计算厚度；
 h_r ——角焊缝的焊脚尺寸；
 h_R ——轨道的高度；
 h_w ——腹板高度；
 h_{b1} ——梁翼缘中心线之间的高度；
 h_{c1} ——柱翼缘中心线之间的宽度；
 h_y ——自梁顶面至腹板计算高度上边缘的距离；

H ——柱的高度；
 i ——回转半径；
 I ——毛截面惯性矩；
 I_e ——有效截面惯性矩；
 I_n ——净截面惯性矩；
 I_t ——毛截面抗扭惯性矩；
 I_w ——焊缝有效截面的惯性矩；
 I_{x1y1} ——截面对 $x1$ 轴和 $y1$ 轴的惯性积；
 I_ω ——毛截面扇性惯性矩；
 I_{sp} ——加劲板件对中和轴的惯性矩；
 I_{es} ——边加劲肋截面对平行于被加劲板件截面之形心轴的惯性矩；
 l ——长度或跨度；侧向支承点间的距离；
 l_n ——梁的净跨；
 l_0 ——受压构件的计算长度；
 $l_{0\omega}$ ——弯扭屈曲的计算长度；
 l_1 ——受弯构件侧向支承点的间距；
 l_w ——焊缝的计算长度；
 l_z ——集中荷载在腹板计算高度上边缘的假定分布长度；
 l_b ——集中荷载或支座反力的支承长度；
 n_v ——受剪面数目；
 n_1 ——所计算截面（最外列）高强度螺栓或环槽铆钉的数目；
 n_f ——传力摩擦面数目；
 r ——压型板弯角内半径；
 R ——圆管的外半径；
 r_{eq} ——等效曲率半径；
 S ——毛截面面积矩；
 S_w ——焊缝有效截面的面积矩；
 t ——板材的厚度；圆管的壁厚；
 t_1 ——较薄板或钉头接触侧的钢板的厚度；
 t_2 ——远离钉头的连接板的厚度；
 t_s ——加劲肋的厚度；
 t_{sup} ——钉杆的圆柱状螺纹部分钻入基材中的深度；
 t_w ——腹板厚度；
 t_0 ——主管壁厚；
 t_s ——等效板件厚度；
 V_p ——节点域的体积；
 W ——毛截面模量；
 W_e ——有效截面模量；
 W_{en} ——有效净截面模量；
 W_n ——净截面模量；
 W_ω ——毛截面扇性模量；
 λ ——构件的长细比；
 λ_0 ——构件的换算长细比；
 $\lambda_{0\omega}$ ——弯扭屈曲的换算长细比；
 λ_ω ——受压构件的弯扭屈曲换算长细比；

$\bar{\lambda}_b$ 、 $\bar{\lambda}_s$ 、 $\bar{\lambda}_c$ ——腹板受弯、受剪、受局部压力计算时的正则化**宽厚比**；

$\bar{\lambda}$ ——受压构件的正则化长细比；

$\bar{\lambda}_\omega$ ——受压构件的弯扭屈曲正则化长细比；

$\bar{\lambda}_p$ ——受压板的柔度系数；

$\bar{\lambda}_l$ ——**局部屈曲正则化长细比**；

$\bar{\lambda}_d$ ——**畸变屈曲正则化长细比**；

$\bar{\lambda}_T$ ——**高温下正则化长细比**；

$\bar{\lambda}_{\omega,T}$ ——**高温下构件侧向弯扭屈曲的正则化长细比**；

χ ——受弯构件计算点处的曲率；

ω_n ——主扇性坐标；

θ ——轴线间夹角；

β ——支管直径（宽度）与主管直径（宽度）的比值；

β' ——支管有效宽度与主管净宽度的比值；

γ ——主管直径与其壁厚比值的 1/2；

τ ——支管与主管厚度比；

η_{ov} ——**搭接率**。

2.2.4 计算系数及其他

C_1 、 C_2 ——计算受弯构件变形时的待定常数；

C_r ——**压型板弯角半径系数**；

C_l ——**压型板承压长度系数**；

C_w ——**压型板腹板的柔度系数**；

k ——受压板件的稳定系数；弯矩特性系数；孔型系数；

k_1 ——板组约束系数；

k_d ——**直径影响系数**；

k_F ——**荷载影响系数**；

k_g ——**间隙影响系数**；

k_p ——**主管内力影响系数**；

m ——材料本构模型计算系数；

s ——弯矩屈曲换算长细比计算系数；

p 、 q ——冷加工效应计算系数；

α ——材料的线膨胀系数；受压构件的弯扭屈曲约束系数；

$\alpha_1 \sim \alpha_6$ ——计算受压板件有效宽度时采用的系数；

α_a 、 α_b ——折减参数；

α_c ——与受压构件稳定系数相关的计算参数；

β ——受压构件的弯扭屈曲约束系数；

$\beta_1 \sim \beta_3$ 、 β_y 、 U_x 、 ϕ_b 、 ζ ——计算受弯构件整体稳定时采用的系数；

β_L ——长连接强度折减系数；

β_m ——等效弯矩系数；

β_e ——**水平地震所用非塑性耗能区内力调整系数**；

γ_R ——抗力分项系数；

δ ——双力矩计算系数；

ϵ_k ——不锈钢材料修正系数；

μ ——摩擦面的抗滑移系数；

ζ ——材料影响系数；

η ——截面系数；折算系数；

η_y ——**材料超强系数**；

- η_j ——连接系数；
- $\bar{\lambda}_c$ ——受压构件稳定的计算系数；
- μ_b ——受弯构件的侧向计算长度系数；
- φ ——受压构件的整体稳定系数；
- φ_b ——受弯构件的整体稳定系数；
- φ_{fi} ——高温下轴心受压构件的整体稳定系数；
- $\varphi_{\omega,fi}$ ——高温下受弯构件的整体稳定系数；
- ψ ——应力分布不均匀系数；集中荷载增大系数；
- ϕ ——剪切面数目影响系数。
- Ω_i —— i 构件性能系数；
- $\Omega_{i,\min}^a$ —— i 构件塑性耗能区实际性能系数最小值；
- $\chi_{f_{0.2},T}$ ——高温下不锈钢名义屈服强度折减系数；
- $\chi_{E,T}$ ——高温下不锈钢弹性模量折减系数。

3 材料

3.1 结构用不锈钢

3.1.1 承重结构用不锈钢材料可采用表 3.3.1 中的奥氏体和双相不锈钢，其质量应分别符合现行国家标准《不锈钢 牌号及化学成分》GB/T 20878、《不锈钢热轧钢板和钢带》GB/T 4237 和《不锈钢冷轧钢板和钢带》GB/T 3280 的规定。围护结构用不锈钢材料可采用表 3.3.1 中的奥氏体、铁素体和双相不锈钢，其质量应分别符合《建筑屋面和幕墙用冷轧不锈钢钢板和钢带》GB/T 34200 和《建筑用不锈钢压型板》GB/T 36145 的规定。当有可靠依据时，可采用其他牌号的不锈钢。

3.1.2 不锈钢管可采用无缝钢管和直缝焊接钢管，其质量应分别符合现行国家标准《结构用不锈钢无缝钢管》GB/T 14975、《机械结构用不锈钢焊接钢管》GB/T 12770 和《建筑用不锈钢焊接管材》JG/T 539 的规定。不锈钢拉索质量应符合现行国家标准《不锈钢钢绞线》GB/T 25821、《建筑用不锈钢钢绞线》JG/T 200 和《不锈钢拉索》YB/T 4294 的规定。不锈钢钢棒质量应符合现行国家标准《不锈钢棒》GB/T 1220 和《不锈钢冷加工钢棒》GB/T 4226 的规定。

3.1.3 不锈钢材料应根据结构的重要性、荷载特征、结构形式、应力状态、钢材厚度、成型方法、工作环境和表面要求等因素合理选取不锈钢牌号及性能指标，并在设计文件中明确。

3.2 连接材料

3.2.1 不锈钢结构的焊接材料应符合下列规定：

1 手工焊接采用的焊条，应符合现行国家标准《不锈钢焊条》GB/T 983 的规定。选择的焊条型号应与主体金属的力学性能及防腐蚀性能相匹配。

2 自动或半自动焊接采用的焊丝及相应的焊剂应与主体金属力学性能及防腐蚀性能相匹配。焊丝应符合现行国家标准《不锈钢药芯焊丝》GB/T 17853 或《埋弧焊用不锈钢焊丝和焊剂》GB/T 17854 的规定。

3 当两种不同强度级别的同种类不锈钢相焊接时，宜采用与合金元素含量高的主体金属相匹配的焊条或焊丝。

3.2.2 不锈钢结构用的连接紧固件应符合下列规定：

1 普通螺栓的质量应符合现行国家标准《紧固件机械性能 不锈钢螺栓、螺钉和螺柱》GB/T 3098.6 和《紧固件机械性能 不锈钢螺母》GB/T 3098.15 的规定。

2 锚栓宜采用与连接构件同种类的不锈钢制成。

3 自攻螺钉的质量应符合现行国家标准《紧固件机械性能 不锈钢自攻螺钉》GB/T 3098.21 的规定。

4 抽芯铆钉的质量应符合现行国家标准《紧固件机械性能 抽芯铆钉》GB/T 3098.19 的规定。

5 高强度螺栓连接副的质量应符合现行国家标准《钢结构用高强度大六角头螺栓》GB/T 1228、《钢结构用高强度大六角螺母》GB/T 1229、《钢结构用高强度垫圈》GB/T 1230 和《钢结构用高强度大六角头螺栓、大六角螺母、垫圈技术条件》GB/T 1231 的规定。

6 高强度环槽铆钉连接副的质量应符合现行国家标准《环槽铆钉连接副 技术条件》GB/T 36993 的规定。

3.3 设计指标

3.3.1 不锈钢材料的强度设计值应按表 3.3.1 采用。

表 3.3.1 不锈钢材料强度指标 (N/mm²)

种类	统一数字代号	牌号	不锈钢强度标准值 (N/mm ²)		不锈钢强度设计值(N/mm ²)			应变强化系数 n
			名义屈服强度 $f_{0.2}$	抗拉极限强度 f_u	抗拉、抗压和抗弯强度 f	抗剪强度 f_v	端面承压强度 f_{ce}	
奥氏体 ₁	S30408	06Cr19Ni10	205	515	175	100	450	7
	S30403	022Cr19Ni10	180	485	155	90	420	7
	S31608	06Cr17Ni12Mo2	205	515	175	100	450	7
	S31603	022Cr17Ni12Mo2	180	485	155	90	420	7
	S35657	08Cr19Mn6Ni3Cu2N	355	650	310	155	505	11
双相	S22053	022Cr23Ni5Mo3N	450	620	385	220	540	8
	S22253	022Cr22Ni5Mo3N						
	S20013	022Cr20Mn5Ni2N						
铁素体	S11203	022Cr12	195	360	170	95	310	9
	S11710	10Cr17	205	420	180	100	360	16
	S12182	019Cr21CuTi	205	390	180	100	330	14
	S11972	019Cr19Mo2NbTi	275	415	240	135	360	14
	S12362	019Cr23MoTi	245	410	215	120	350	14
	S12361	019Cr23Mo2Ti	245	410	215	120	350	14

注：1 本表指标为经固溶处理的（热轧、冷轧）钢板、钢带和钢管的力学性能，对于冷加工成型的奥氏体不锈钢截面中的材料，可采用本规程附录 A 确定的强度设计值。

3.3.2 焊缝连接的强度设计值应按表 3.3.2 采用。

表 3.3.2 焊缝连接的强度设计值 (N/mm²)

构件钢材及相应的焊接方法和焊条	牌号	对接焊缝				角焊缝 抗拉、抗压和抗剪强度 f_t^w
		抗压强度 f_c^w	焊缝等级为下列等级时抗拉强度 f_t^w		抗剪强度 f_v^w	
			一、二级	三级		
自动焊、半自动焊和 E308 型焊条的手工焊	S30408	175	175	150	100	175
自动焊、半自动焊和 E308L 型焊条的手工焊	S30403	155	155	130	90	155
自动焊、半自动焊和 E316 型焊条的手工焊	S31608	175	175	150	100	175
自动焊、半自动焊和 E316L 型焊条的手工焊	S31603	155	155	130	90	155
自动焊、半自动焊和 E308、E309 型焊材	S35657	270	270	225	155	270
自动焊、半自动焊和 E2209 型焊条的手工焊	S22053 S22253 S20013	385	385	325	220	260

3.3.3 不锈钢螺栓、螺钉、铆钉连接的强度设计值应根据被连接件材料应按表 3.3.3-1 选用，锚栓的抗拉强度设计值应按表 3.3.3-3 选用。

表 3.3.3-1 不锈钢螺栓、螺钉连接的强度指标

类别	材质	螺栓标记		抗拉极限强度 f_u^b (N/mm ²)	强度设计值(N/mm ²)					
		不锈钢组别	性能等级		抗拉强度 f_t^b	抗剪强度 f_v^b	承压强度 f_c^b			
							S30408 S31608	S30403 S31603	S35657	S22053 S22253 S20013

螺栓 螺钉	奥氏体	A2、A3、 A4、A5	50	500	210	175	410	400	520	460	
		A2、A3、 A4、A5、A8	70	700	295	245	410	400	520	460	
		A2、A3、 A4、A5、A8	80	800	335	280	410	400	520	460	
		A5、A8	100	1000	420	350	410	400	520	460	
	双相	D2、D4、 D6、D8	70	700	295	245	410	400	520	460	
			80	800	335	280	410	400	520	460	
			100	1000	420	350	410	400	520	460	
	高强度 螺栓	奥氏体	A2、A4	8.8S	830	400	250	640	600	800	780
10.9S				1040	500	310	640	600	800	780	
双相		D2、D6、D8	8.8S	830	400	250	640	600	800	780	
			10.9S	1040	500	310	640	600	800	780	
沉淀硬化		PH	8.8S	830	400	250	640	600	800	780	
			10.9S	1040	500	310	640	600	800	780	
高强度 环槽 铆钉	沉淀硬化	PH	8.8R	拉断型	830	400	250	640	600	800	780
				短尾型	830	400	250	640	600	800	780
			10.9R	拉断型	1040	500	310	640	600	800	780
				短尾型	1040	500	310	640	600	800	780

表 3.3.3-2 不锈钢锚栓抗拉强度设计值 (N/mm²)

类别	强度设计值 f^a (N/mm ²)			
	S30408、S31608	S30403、S31603	S35657	S22053、S22253、S20013
锚栓	195	185	245	235

3.3.4 计算下列结构构件和连接时，构件和连接的强度设计值应按本规程第 3.3.1 条至第 3.3.3 条相关规定取值并进行折减，折减系数应不大于下列规定；当几种情况同时存在时，折减系数应连乘。

1 平面桁架式檩条的端部主要受压腹杆： 0.85；

2 单面连接的单角钢杆件：

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 0.6+0.0014 λ ；

λ 为长细比，对于中间无联系的单角钢压杆，应取最小回转半径计算，当 $\lambda < 20$ 时，取 $\lambda = 20$ 。

3 无垫板的单面对接焊缝： 0.85；

4 施工条件较差的高空安装焊缝： 0.90；

5 两构件的连接采用搭接或其间填有垫板的连接以及单盖板的不对称连接： 0.90。

3.3.5 进行不锈钢结构整体分析时，材料应力-应变关系可采用线弹性模型；当需要考虑材料非线性进行分析时，其应力-应变关系应采用公式(3.3.5-1)：

$$\varepsilon = \begin{cases} \frac{\sigma}{E_0} + 0.002 \left(\frac{\sigma}{f_{0.2}} \right)^m & \sigma \leq f_{0.2} \\ 0.002 + \frac{f_{0.2}}{E_0} + \frac{\sigma - f_{0.2}}{E_{0.2}} + \varepsilon_u \left(\frac{\sigma - f_{0.2}}{f_u - f_{0.2}} \right)^m & f_{0.2} < \sigma \leq f_u \end{cases} \quad (3.3.5-1)$$

$$m = 1 + 3.5 \frac{f_{0.2}}{f_u} \quad (3.3.5-2)$$

$$E_{0.2} = \frac{E_0}{1 + 0.002 \frac{E_0}{f_{0.2}}} \quad (3.3.5-3)$$

$$\varepsilon_u = \alpha_u \left(1 - \frac{f_{0.2}}{f_u} \right) \quad (3.3.5-4)$$

式中：
 σ ——正应力 (MPa)；
 ε ——应变；
 $f_{0.2}$ ——不锈钢材料的名义屈服强度标准值 (MPa)；
 E_0 ——不锈钢材料的初始弹性模量 (N/mm²)；
 n ——不锈钢材料的应变强化系数；
 f_u ——不锈钢材料的抗拉极限强度标准值 (MPa)；
 m ——计算系数；
 $E_{0.2}$ ——应力为 $f_{0.2}$ 时对应的切线弹性模量 (N/mm²)；
 ε_u ——对应于抗拉极限强度 f_u 的抗拉极限应变；
 α_u ——材料极限应变调整系数，对于铁素体不锈钢材料取 0.60，其他材料取 1.0。

3.3.6 不锈钢材料的物理性能指标应按表 3.3.6 采用。

表 3.3.6 不锈钢材料的物理性能

不锈钢种类	统一数字代号	牌号	初始弹性模量 E_0 (N/mm ²)	初始剪变模量 G_0 (N/mm ²)	线膨胀系数 α (以每°C计)	质量密度 ρ (kg/m ³)	泊松比 ν
奥氏体	S30408	06Cr19Ni10	2.00×10^5	7.69×10^4	1.60×10^{-5}	7930	0.3
	S30403	022Cr19Ni10			1.60×10^{-5}	7980	
	S31608	06Cr17Ni12Mo2					
	S31603	022Cr17Ni12Mo2					
	S35657	08Cr19Mn6Ni3Cu2N					
双相	S22053	022Cr23Ni5Mo3N	2.00×10^5	7.69×10^4	1.37×10^{-5}	7800	0.3
	S22253	022Cr22Ni5Mo3N			1.30×10^{-5}		
	S20013	022Cr20Mn5Ni2N			1.30×10^{-5}		
铁素体	S11203	022Cr12	2.20×10^5	8.46×10^4	1.06×10^{-5}	7750	0.3
	S11710	10Cr17			1.00×10^{-5}	7700	
	S12182	019Cr21CuTi			1.00×10^{-5}	7740	
	S11972	019Cr19Mo2NbTi			1.04×10^{-5}	7750	
	S12362	019Cr23MoTi			1.04×10^{-5}	7690	
	S12361	019Cr23Mo2Ti			1.04×10^{-5}	7730	

4 设计基本规定

4.1 设计原则

4.1.1 除疲劳设计外，本规程采用以概率理论为基础的极限状态设计方法，用分项系数设计表达式进行计算。除疲劳设计应采用容许应力法外，不锈钢承重结构应按承载能力极限状态和正常使用极限状态进行设计。按承载能力极限状态设计不锈钢结构时，应采用荷载的基本组合或偶然组合；按正常使用极限状态设计不锈钢结构时，应采用荷载的标准组合。

4.1.2 设计不锈钢结构时的重要性系数 γ_0 应根据结构的安全等级、设计工作年限确定。一般工业与民用建筑不锈钢结构的安全等级不应低于二级，设计工作年限为 50 年时，其重要性系数不应小于 1.0；设计工作年限为 25 年时，其重要性系数不应小于 0.95。

4.1.3 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；计算变形时，应采用荷载标准值；计算疲劳时，应采用荷载标准值。荷载设计值应取荷载标准值乘以荷载分项系数。

4.1.4 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以动力系数；计算疲劳和变形时，动力荷载标准值不应乘动力系数。

4.1.5 结构构件应按净截面计算受拉强度，应按有效净截面计算受压强度，应按有效截面计算稳定性。构件的变形和各种稳定系数可按毛截面计算。

4.1.6 不锈钢结构宜按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的规定进行设计，也可按本规程第 8 章的规定进行抗震性能化设计。

4.1.7 设计不锈钢结构时，结构整体宜选用相同种类的不锈钢，并结合工程实际，合理选用材料、结构方案和构造措施，保证结构在运输、安装和使用过程中满足强度、稳定性和刚度要求，并符合防火、防腐要求。

4.2 作用和作用效应

4.2.1 计算结构构件和连接时，荷载、荷载分项系数、荷载组合和荷载组合值系数的取值，应符合现行国家标准《工程结构通用规范》GB 55001 的规定。

4.2.2 门式刚架轻型房屋的风荷载和雪荷载尚应符合《门式刚架轻型房屋钢结构技术规范》GB51022 的规定。

4.2.3 地震作用应按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的规定计算。

4.2.4 设计不锈钢屋面板和檩条时，尚应考虑施工及检修集中荷载，其标准值应取 1.0 kN 且作用在结构最不利的位上。当施工荷载有可能超过上述荷载时，应按实际情况取用。

4.2.5 设计屋盖结构时，应考虑雪荷载和积灰荷载在屋面天沟、阴角、天窗挡风板和高低跨相接处的荷载增大系数。

4.2.6 屋盖设计荷载效应组合应符合下列原则：

- 1 屋面均布活荷载与雪荷载不同时考虑，应取两者中的较大值；
- 2 积灰荷载应与雪荷载或屋面均布活荷载中较大值同时考虑；
- 3 施工及检修集中荷载不与屋面材料及檩条等屋盖自重以外的其它荷载同时考虑。

4.3 构件与截面

4.3.1 不锈钢承重构件的壁厚不宜小于 1.5 mm，围护结构中板件的厚度不宜小于 0.40 mm。

4.3.2 构件的长细比应符合下列规定：

- 1 受压构件的长细比，不宜大于表 4.3.2-1 中所列数值。

表 4.3.2-1 受压构件的容许长细比

构件类别	容许长细比
主要构件，如柱、桁架等	150
其他构件及支撑	200

2 除张紧的圆钢外，受拉构件的长细比，不宜大于表 4.3.2-2 中所列数值。

表 4.3.2-2 受拉构件的容许长细比

构件名称	承受静力荷载或间接承受动力荷载的结构
桁架构件	350
支撑	400

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 当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；

3 对直接或间接承受动力荷载的结构，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。

4.3.3 构件截面中受压板件宽厚比或径厚比不应大于表 4.3.3 的规定。

表 4.3.3 受压板件的宽厚比和径厚比限值

类别	统一数字代号	非加劲板件	部分加劲板件	加劲板件	圆管
奥氏体 ¹	S30408	45	60	260	100
	S30403	50	70	280	100
	S31608	45	60	260	100
	S31603	50	70	280	100
	S35657	35	45	200	65
双相	S22053	30	40	180	50
	S22253				
	S20013				
铁素体 ²	S11203	45	60	260	-
	S11710	45	60	260	-
	S12182	45	60	260	-
	S11972	40	55	230	-
	S12362	40	55	230	-
	S12361	40	55	230	-

4.3.4 部分加劲板件中卷边的高厚比不宜大于 12，卷边的最小高厚比应根据部分加劲板件的宽厚比按表 4.3.4 采用。

表 4.3.4 卷边的最小高厚比

b/t	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
a/t	5.4	6.3	7.2	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0

注：a—卷边的高度；b—带卷边板件的宽度；t—板厚。

4.3.5 冷成型和焊接成型构件截面板件宽厚比等级及限值应符合表 4.3.5-1 和表 4.3.5-2 的规定。

表 4.3.5-1 冷成型不锈钢构件截面板件宽厚比等级及限值

构件	截面类型		宽厚比等级限值		
			SS1 级	SS2 级	SS3 级
压弯构件 (框架柱)	工字形截面	翼缘（非加劲板件） b/t	$11\epsilon_k$	$15\epsilon_k$	宽厚比大于 SS2， 并满足表 4.3.3 的要求
		腹板（加劲板件） h_w/t_w	$18\epsilon_k\sqrt{k}$	$24\epsilon_k\sqrt{k}$	
	箱形截面	壁板间翼缘（加劲板件） b_0/t	$33\epsilon_k$	$45\epsilon_k$	

		壁板间腹板（加劲板件） b_0/t	$18\epsilon_k\sqrt{k}$	$24\epsilon_k\sqrt{k}$
	圆管截面	径厚比 D/t	$75\epsilon_k^2$	$100\epsilon_k^2$
受弯构件 （梁）	工字形截面	翼缘（非加劲板件） b/t	$11\epsilon_k$	$15\epsilon_k$
		腹板（加劲板件） h_w/t_w	$80\epsilon_k$	$105\epsilon_k$
	箱形截面	壁板间翼缘（加劲板件） b_0/t	$33\epsilon_k$	$45\epsilon_k$
		壁板间腹板（加劲板件） b_0/t	$80\epsilon_k$	$105\epsilon_k$

注：1 ϵ_k 为不锈钢强度修正系数， $\epsilon_k = \sqrt{\frac{235}{f_{0.2}} \frac{E_0}{210000}}$ ，下表同。

2 k 为板件的受压稳定系数，按本规程 5.6.3 条取值，下表同。

3 规程不推荐使用 SS3 类圆管截面。

表 4.3.5-2 焊接成型不锈钢构件截面板件宽厚比等级及限值

构件	截面类型		宽厚比等级限值		
			SS1 级	SS2 级	SS3 级
压弯构件 （框架柱）	工字形截面	翼缘（非加劲板件） b/t	$9\epsilon_k$	$13\epsilon_k$	宽厚比大于 SS2， 并满足表 4.3.3 的要求
		腹板（加劲板件） h_w/t_w	$13\epsilon_k\sqrt{k}$	$18\epsilon_k\sqrt{k}$	
	箱形截面	壁板间翼缘（加劲板件） b_0/t	$29\epsilon_k$	$40\epsilon_k$	
		壁板间腹板（加劲板件） b_0/t	$13\epsilon_k\sqrt{k}$	$18\epsilon_k\sqrt{k}$	
受弯构件 （梁）	工字形截面	翼缘（非加劲板件） b/t	$9\epsilon_k$	$13\epsilon_k$	
		腹板（加劲板件） h_w/t_w	$70\epsilon_k$	$90\epsilon_k$	
	箱形截面	壁板间翼缘（加劲板件） b_0/t	$29\epsilon_k$	$40\epsilon_k$	
		壁板间腹板（加劲板件） b_0/t	$70\epsilon_k$	$90\epsilon_k$	

4.4 变形的规定

4.4.1 计算不锈钢结构和构件变形时，可不考虑螺栓（螺钉或铆钉）孔引起的截面削弱。计算不锈钢结构的整体变形时，材料模型可采用弹性模型，也可采用本规程第 3.3.5 条给出的非线性模型，多层及大跨不锈钢结构整体变形计算宜采用非线性模型。

4.4.2 不锈钢结构或构件的变形容许值宜符合《钢结构设计标准》GB50017 和《建筑抗震设计规范》GB50011 的规定。当有实践经验或有特殊要求时，可根据不影响正常使用的基本原则对容许值进行调整。

5 构件的计算

5.1 轴心受拉构件

5.1.1 不锈钢拉索的承载力应符合下式规定：

$$N \leq \frac{F_u}{1.8} \quad (5.1.1)$$

式中： N ——不锈钢拉索轴心拉力设计值 (N)；

F_u ——不锈钢拉索的最小破断拉力 (N)。

5.1.2 除不锈钢拉索以外其它轴心受拉构件的强度应符合下列规定：

1 除采用高强度螺栓或环槽铆钉摩擦型连接者外，其截面强度应符合下列公式规定：
毛截面屈服：

$$\sigma = \frac{N}{A} \leq f \quad (5.1.2-1)$$

净截面断裂：

$$\sigma = \frac{N}{A_n} \leq 0.7f_u \quad (5.1.2-2)$$

2 采用高强度螺栓或环槽铆钉摩擦型连接的构件，其毛截面强度计算应采用式(5.1.2-1)，净截面应符合下式规定：

$$\sigma = \left(1 - 0.5 \frac{n_1}{n}\right) \frac{N}{A_n} \leq 0.7f_u \quad (5.1.2-3)$$

3 当构件为全长都有排列较密螺栓的组合构件时，其截面强度应符合下式规定：

$$\sigma = \frac{N}{A_n} \leq f \quad (5.1.2-4)$$

式中： N ——计算截面处的拉力设计值 (N)；

A ——构件的毛截面面积 (mm²)；

A_n ——净截面面积 (mm²)；

σ ——截面应力 (MPa)；

f ——不锈钢材料的抗拉强度设计值 (MPa)；

f_u ——不锈钢材料的抗拉极限强度标准值 (MPa)；

n ——在节点或拼接处，构件一端连接的高强度螺栓或环槽铆钉的数目；

n_1 ——所计算截面（最外列）高强度螺栓或环槽铆钉的数目。

5.2 轴心受压构件

5.2.1 轴心受压构件的强度应符合下式规定：

$$\sigma = \frac{N}{A_{en}} \leq f \quad (5.2.1)$$

式中： A_{en} ——有效净截面面积 (mm²)。

5.2.2 轴心受压构件的稳定性应符合下式规定：

$$\frac{N}{\varphi A_e f} \leq 1.0 \quad (5.2.2-1)$$

$$\varphi = \frac{1}{\phi_c + \sqrt{\phi_c^2 - \bar{\lambda}^2}} \leq 1.0 \quad (5.2.2-2)$$

$$\phi_c = 0.5 \left[1 + \alpha_c (\bar{\lambda} - \bar{\lambda}_c) + \bar{\lambda}^2 \right] \quad (5.2.2-3)$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A f_{0.2}}{N_E}} \quad (5.2.2-4)$$

$$N_E = \frac{\pi^2 E_0 A}{\lambda^2} \quad (5.2.2-5)$$

式中： φ ——轴心受压构件的稳定系数（取截面两主轴稳定系数中的较小者）；

A_e ——有效截面面积（ mm^2 ），对于 SS1 和 SS2 类截面， A_e 取毛截面面积，对于 SS3 类截面， A_e 按本规程第 5.6 节计算；

$\bar{\lambda}$ ——轴心受压构件的正则化长细比；

A ——轴心受压构件的毛截面面积（ mm^2 ）；

N_E ——轴心受压构件的弹性稳定临界力（N）；

λ ——轴心受压构件的长细比或换算长细比，应分别按本规程第 5.2.3 条~第 5.2.6 条计算；

α_c 、 $\bar{\lambda}_c$ ——计算系数，可按表 5.2.2 取值。

表 5.2.2 计算系数 α_c 和 $\bar{\lambda}_c$ 的取值

成型方式	材料	截面类型	α_c	$\bar{\lambda}_c$
冷成型	奥氏体 双相	方矩管	0.60	0.56
		C 形、Z 形截面		
		圆管及椭圆管	0.36	0.00
热轧	奥氏体	圆管	0.36	0.10
	双相	圆管	0.42	0.26
焊接	奥氏体	箱形截面	0.66	0.24
		H 形截面强轴失稳		
		H 形截面弱轴失稳	0.89	0.26
	双相	箱形截面	0.51	0.37
		H 形截面强轴失稳		
H 形截面弱轴失稳	0.69	0.37		
-	奥氏体 双相	其他	0.89	0.26

5.2.3 计算闭口截面、双轴对称的开口截面和截面全部有效的不卷边等边角钢轴心受压构件的稳定系数时，其长细比应取按下式算得的较大值：

$$\lambda_x = \frac{l_{0x}}{i_x} \quad (5.2.3-1)$$

$$\lambda_y = \frac{l_{0y}}{i_y} \quad (5.2.3-2)$$

式中： λ_x 、 λ_y ——构件对截面主轴 x 轴和 y 轴的长细比；

l_{0x} 、 l_{0y} ——构件在垂直于截面主轴 x 轴和 y 轴的平面内的计算长度（mm）；

i_x 、 i_y ——构件毛截面对其主轴 x 轴和 y 轴的回转半径（mm）。

5.2.4 计算单轴对称开口截面（图 5.2.4）轴心受压构件的稳定系数时，其长细比应取本规程公式 (5.2.3-2) 和下列公式计算值的较大值，其中约束系数 α 、 β 应按照表 5.2.4 采用：

$$\lambda_{\omega} = \lambda_x \sqrt{\frac{s^2 + i_0^2}{2s^2} + \sqrt{\left(\frac{s^2 + i_0^2}{2s^2}\right)^2 - \frac{i_0^2 - \alpha e_0^2}{s^2}}} \quad (5.2.4-1)$$

$$s^2 = \frac{\lambda_x^2}{A} \left(\frac{I_{\omega}}{l_{0\omega}^2} + 0.039I_t \right) \quad (5.2.4-2)$$

$$i_0^2 = e_0^2 + i_x^2 + i_y^2 \quad (5.2.4-3)$$

$$l_{0\omega} = \beta l \quad (5.2.4-4)$$

式中： λ_{ω} ——弯扭屈曲的换算长细比；

I_{ω} ——毛截面扇性惯性矩（mm⁶）；

I_t ——毛截面抗扭惯性矩（mm⁴）；

e_0 ——毛截面的弯心在对称轴上的坐标（mm）；

$l_{0\omega}$ ——弯扭屈曲的计算长度（mm）；

l ——构件的几何长度（mm）；

s ——计算系数；

α 、 β ——约束系数。

表 5.2.4 开口截面轴心受压和压弯构件的约束系数

构件两端的支承情况	无缀板		有缀板	
	α	β	α	β
两端铰接，端部截面可以自由翘曲	1.00	1.00	-	-
两端嵌固，端部截面的翘曲完全受到约束	1.00	0.50	0.80	1.00
两端铰接，端部截面的翘曲完全受到约束	0.72	0.50	0.80	1.00

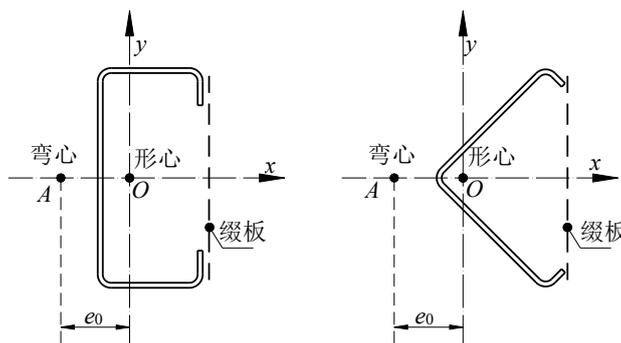


图 5.2.4 单轴对称开口截面示意图

5.2.5 有缀板的单轴对称开口截面轴心受压构件弯扭屈曲的换算长细比 λ_{ω} 可按本规程公式 (5.2.4-1) 计算，约束系数 α 、 β 可按本规程表 5.2.4 采用，但弯扭屈曲的计算长度应按下式计算：

$$l_{0\omega} = \beta \cdot a \quad (5.2.5)$$

a ——缀板中心线的最大间距（mm）。

构件两支承点间至少应设置 2 块缀板，且不应包括构件支承点处的缀板或封头板在内。

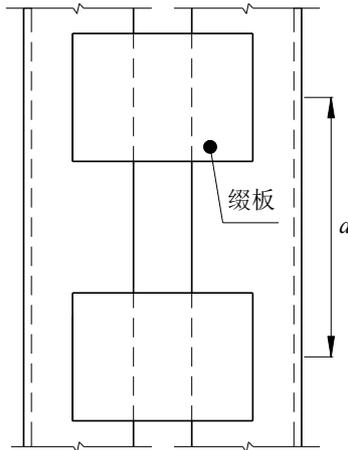


图 5.2.5 有缀板的单轴对称开口截面缀板布置示意图

5.2.6 格构式轴心受压构件的稳定性应符合本规程公式(5.2.2-1)规定，其长细比应按下列规定取 λ_{0x} 和 λ_{0y} 中的较大值：

1 缀板连接的双肢格构式构件[图 5.2.6-1(a)]：

$$\lambda_{0x} = \lambda_x \quad (5.2.6-1)$$

$$\lambda_{0y} = \sqrt{\lambda_y^2 + \lambda_1^2} \quad (5.2.6-2)$$

2 缀条连接的双肢格构式构件[图 5.2.6-1(b)]：

$$\lambda_{0x} = \lambda_x \quad (5.2.6-3)$$

$$\lambda_{0y} = \sqrt{\lambda_y^2 + 27 \frac{A}{A_1}} \quad (5.2.6-4)$$

3 缀条连接的三肢格构式构件[图 5.2.6-1(c)]：

$$\lambda_{0x} = \sqrt{\lambda_x^2 + \frac{42A}{A_1(1.5 - \cos^2 \theta)}} \quad (5.2.6-5)$$

$$\lambda_{0y} = \sqrt{\lambda_y^2 + \frac{42A}{A_1 \cdot \cos^2 \theta}} \quad (5.2.6-6)$$

式中： λ_{0x} 、 λ_{0y} ——格构式构件的换算长细比；

λ_x ——整个构件对 x 轴的长细比；

λ_y ——整个构件对虚轴 (y 轴) 的长细比；

λ_1 ——单肢对其自身主轴 (1 轴) 的长细比，计算长度取缀板间净距；

A ——所有单肢毛截面的面积之和 (mm^2)；

A_1 ——构件横截面所截各斜缀条毛截面面积之和 (mm^2)。

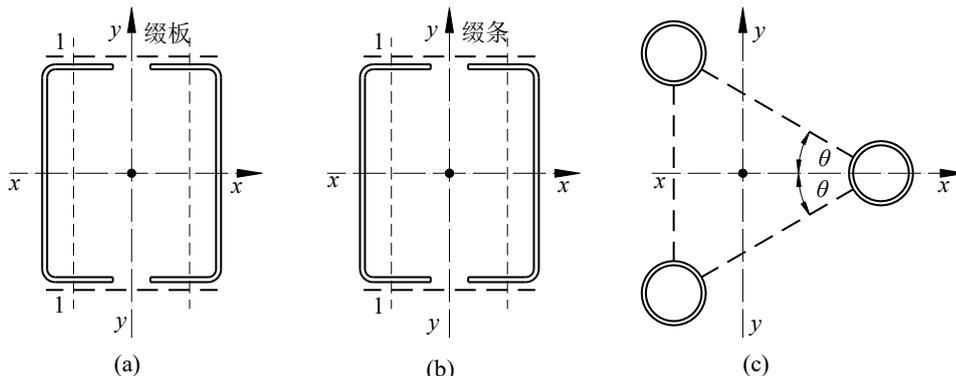


图 5.2.6-1 格构式构件截面示意图

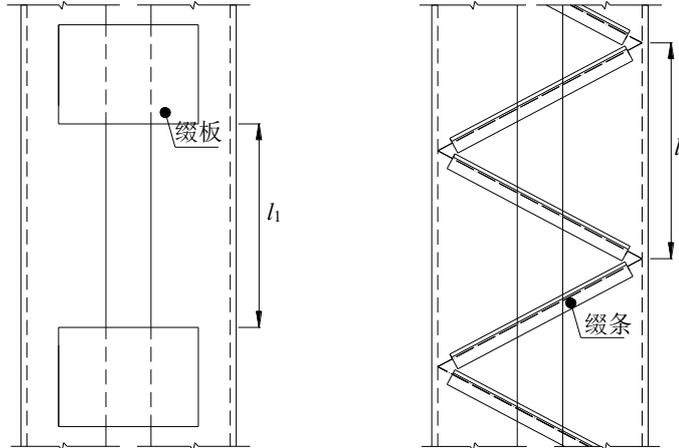


图 5.2.6-2 格构式构件缀板及缀条示意图

对格构式轴心受压构件，当缀材为缀条时，其分肢的长细比 λ_1 不应大于构件最大长细比 λ_{\max} 的 0.7 倍；当缀材为缀板时， λ_1 不大于 40，且不大于 λ_{\max} 的 0.5 倍（当 $\lambda_{\max} < 50$ 时，取 $\lambda_{\max} = 50$ ），此时可不计算单肢的强度和稳定性。斜缀条与构件轴线间的夹角不宜小于 40° ，且不大于 70° 。

缀板柱中，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。

5.2.7 格构式轴心受压构件的剪力应由承受该剪力的有关缀板或缀条分担，剪力值沿构件全长不变，应按下式计算：

$$V = \frac{Af}{85} \sqrt{\frac{f_{0.2}}{235}} \quad (5.2.7)$$

式中： V ——剪力（N）；

A ——构件所有单肢毛截面的面积之和（ mm^2 ）；

$f_{0.2}$ ——不锈钢材料的名义屈服强度标准值（MPa）。

5.2.8 格构式柱和大型实腹式柱，在受有较大水平力处和运送单元的端部应设置横隔，横隔的间距不应大于柱截面长边尺寸的 9 倍和 8m。

5.3 受弯构件

5.3.1 在主平面内受弯的不锈钢构件，其抗弯强度应符合下式规定：

$$\frac{M_x}{W_{\text{enx}}} + \frac{M_y}{W_{\text{eny}}} \leq f \quad (5.3.1)$$

式中： M_x 、 M_y ——同一截面处绕 x 轴和 y 轴的弯矩设计值（ $\text{N} \cdot \text{mm}$ ）；

W_{enx} 、 W_{eny} ——对截面主轴 x 轴和 y 轴的有效净截面模量（ mm^3 ）；对于 SS1 类截面， W_{enx} 和 W_{eny} 取截面的塑性净截面模量；对于 SS2 类截面， W_{enx} 和 W_{eny} 取截面的弹性净截面模量；对于 SS3 类截面， W_{enx} 和 W_{eny} 取截面的有效净截面模量，应按本规程第 5.6 节首先计算有效截面，进而考虑截面开孔等影响后计算有效净截面模量；

f ——不锈钢材料的抗弯强度设计值（MPa）。

5.3.2 在主平面内受弯的不锈钢构件，其抗剪强度应符合下式规定：

$$\tau = \frac{V_{\max} S}{I_t w} \leq f_v \quad (5.3.2-1)$$

式中： V_{\max} ——计算截面沿腹板平面作用的剪力 (N)；
 S ——计算剪应力处以上毛截面对中和轴的面积矩 (mm^3)；
 I ——毛截面惯性矩 (mm^4)；
 t_w ——腹板厚度 (mm)；
 f_v ——不锈钢材料的抗剪强度设计值 (MPa)。

当梁上翼缘受到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符合下列公式规定：

$$\sigma_c = \frac{\psi F}{t_w l_z} \leq f \quad (5.3.2-2)$$

$$l_z = a + 5h_y + 2h_R \quad (5.3.2-3)$$

式中： F ——集中荷载 (N)，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取值 1.35，对其他梁取值 1.0；
 f ——不锈钢材料的抗压强度设计值 (MPa)；
 l_z ——集中荷载在腹板计算高度上边缘的假定分布长度 (mm)；
 a ——集中荷载沿梁跨度方向的支承长度 (mm)，对钢轨上的轮压可取 50 mm；
 h_y ——自梁顶面至腹板计算高度上边缘的距离 (mm)；
 h_R ——轨道的高度 (mm)，对梁顶无轨道的梁 $h_R=0$ 。

在梁的支座处，当不设置支承加劲肋时，也应按公式(5.3.2-2)计算腹板计算高度下边缘的局部压应力，但 ψ 取值 1.0。支座集中反力的假定分布长度，应根据支座具体尺寸按公式(5.3.2-3)计算。

注：腹板的计算高度 h_0 ：对于冷弯型钢，为腹板与上、下翼缘相连接处两内弧起点间的距离；对于焊接组合梁，为腹板高度；对于高强度螺栓连接（或铆接）的组合梁，为上、下翼缘与腹板连接的高强度螺栓（或铆钉）线间最近距离（图 5.3.10）。

5.3.3 当铺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，可不计算梁的整体稳定性。

5.3.4 除本规程第 5.3.3 条所指情况外，荷载通过弯心且在最大刚度主平面内受弯的构件，其整体稳定性应符合下列公式规定：

$$\frac{M_x}{\phi_b W_{ex} f} \leq 1.0 \quad (5.3.4-1)$$

$$\phi_b = \frac{1}{\phi_b + \sqrt{\phi_b^2 - \bar{\lambda}_\omega^2}} \leq 1.0 \quad (5.3.4-2)$$

$$\phi_b = 0.5 \left[1 + 0.65(\bar{\lambda}_\omega - 0.41) + \bar{\lambda}_\omega^2 \right] \quad (5.3.4-3)$$

$$\bar{\lambda}_\omega = \sqrt{\frac{W_x f_{0.2}}{M_{cr}}} \quad (5.3.4-4)$$

式中： M_x ——绕强轴作用的最大弯矩 (N · mm)；
 W_{ex} ——强轴的有效截面模量 (mm^3)，对于 SS1 类截面， W_{ex} 取毛截面的塑性截面模量；对于 SS2 类截面， W_{ex} 取毛截面受压边缘屈服的弹性截面模量；对于 SS3 类截面， W_{ex} 取毛截面受压边缘屈服的有效截面模量，应按本规程第 5.6 节首先计算有效截面，进而计算有效截面模量；
 W_x ——强轴的毛截面模量 (mm^3)；

φ_b ——梁的整体稳定系数；
 $\bar{\lambda}_\omega$ ——梁弯扭失稳的正则化长细比；
 ϕ_b ——计算系数；

M_{cr} ——梁弯扭屈曲临界弯矩 ($N \cdot mm$)，按本规程附录 B 计算。

5.3.5 不符合本规程第 5.3.3 条的箱形截面简支梁，当其截面尺寸满足 $h/b \leq 6$ ， $l_1/b \leq 95 \varepsilon_k^2$ ，可不计算整体稳定性。其中 ε_k 为不锈钢材料修正系数，按本规程公式(5.3.10)计算。

5.3.6 梁的支座处，应采取可靠的构造措施防止梁端截面的扭转。

5.3.7 荷载偏离截面弯心但与主轴平行的 SS3 类截面受弯构件 (图 5.3.7) 的强度和稳定性应符合下列公式规定：

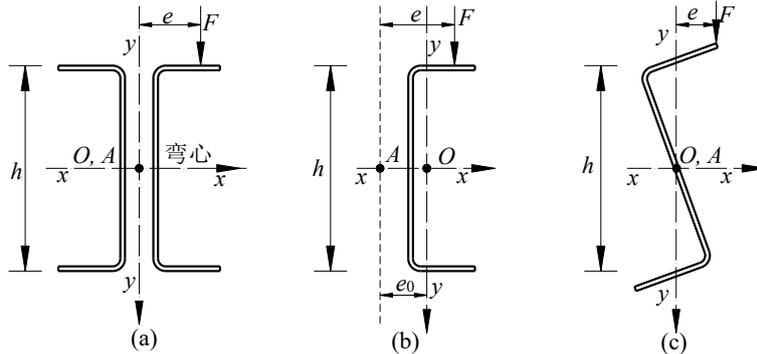


图 5.3.7 荷载偏离弯心但与主轴平行的受弯构件截面示意图

强度：

$$\sigma = \frac{M}{W_{\text{enx}}} + \frac{B}{W_\omega} \leq f \quad (5.3.7-1)$$

稳定性：

$$\frac{M_{\text{max}}}{\varphi_{\text{bx}} W_{\text{ex}} f} + \frac{B}{W_\omega f} \leq 1.0 \quad (5.3.7-2)$$

$$W_\omega = I_\omega / \omega_n \quad (5.3.7-3)$$

式中： M ——计算弯矩 ($N \cdot mm$)；

B ——所取弯矩同一截面处的双力矩 ($N \cdot mm^2$)，可按本规程附录 C 计算；

W_{enx} ——对截面主轴 x 轴较小的有效净截面模量 (mm^3)；

W_{ex} ——强轴受压边缘的有效截面模量 (mm^3)，按本规程第 5.6 节计算有效截面；

W_ω ——与弯矩引起的应力同一验算点处的毛截面扇性模量 (mm^4)；

I_ω ——构件的毛截面的翘曲惯性矩 (mm^5)；

ω_n ——验算点的主扇性坐标 (mm)。

剪应力可按本规程公式(5.3.2-1)验算。

5.3.8 当荷载偏离截面弯心且与主轴倾斜时 (图 5.3.8)，SS3 类截面受弯构件的强度应符合下式规定：

$$\sigma = \frac{M_x}{W_{\text{enx}}} + \frac{M_y}{W_{\text{eny}}} + \frac{B}{W_\omega} \leq f \quad (5.3.8-1)$$

式中： M_x 、 M_y ——对截面主轴 x 、 y 轴的弯矩 (图 5.3.8 所示的截面中， x 轴为强轴， y 轴为弱轴)；

W_{eny} ——对截面主轴 y 轴较小的有效净截面模量；

x 轴和 y 轴方向的剪应力可分别按本规程公式(5.3.2-1)验算。

当不能在构造上保证整体稳定时，其稳定性应符合下式规定：

$$\frac{M_x}{\varphi_{bx} W_{ex} f} + \frac{M_y}{W_{ey} f} + \frac{B}{W_{\omega} f} \leq 1.0 \quad (5.3.8-2)$$

式中： W_{ey} ——对截面主轴 y 轴的受压边缘的有效截面模量 (mm^3)。

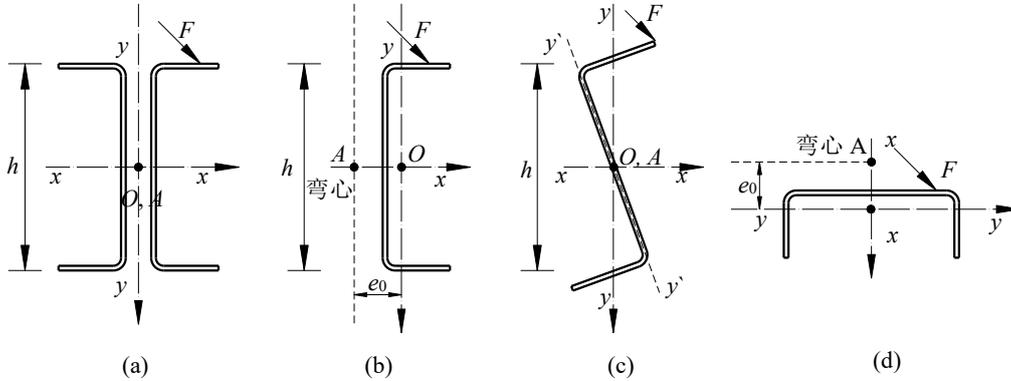


图 5.3.8 荷载偏离弯心且与主轴倾斜的受弯构件截面示意图

5.3.9 承受静力荷载和间接承受动力荷载的不锈钢梁可按本规程第 5.6 节考虑腹板的屈曲后强度。对于直接承受动力荷载或其他不考虑屈曲后强度的不锈钢焊接梁，应按本规程第 5.3.10 条的规定配置加劲肋并按本规程第 5.3.11 条的规定计算腹板的稳定性。

5.3.10 不锈钢焊接梁腹板加劲肋的配置应符合下列规定（图 5.3.10）：

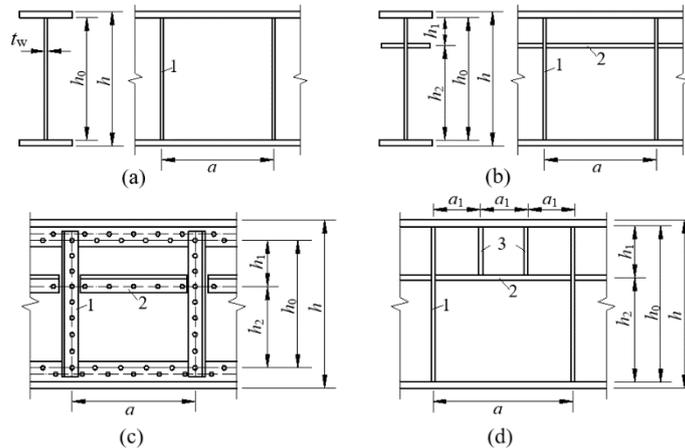


图 5.3.10 加劲肋布置

1-横向加劲肋；2-纵向加劲肋；3-短加劲肋

1 当 $h_0/t_w \leq 80 \varepsilon_k$ 时，对有局部压应力的梁，应按构造配置横向加劲肋；对无局部压应力的梁，可不配置加劲肋。

2 当 $h_0/t_w > 80 \varepsilon_k$ 时，应考虑配置横向加劲肋。其中，当 $h_0/t_w > 170 \varepsilon_k$ （受压翼缘扭转受到约束，如连有刚性铺板、制动板或焊有钢轨时）或 $h_0/t_w > 150 \varepsilon_k$ （受压翼缘扭转未受到约束时），或按照计算需要时，应在弯曲应力较大的受压区格增加配置纵向加劲肋。局部压应力很大的梁，必要时尚宜在受压区配置短加劲肋。

其中 h_0 为腹板的计算高度（对单轴对称梁，当确定是否压配置纵向加劲肋时， h_0 应取腹板受压区高度 h_c 的 2 倍）；不锈钢材料修正系数 ε_k ，应按下式计算：

$$\varepsilon_k = \sqrt{\frac{235}{f_{0.2}} \cdot \frac{E_0}{206000}} \quad (5.3.10)$$

3 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。

5.3.11 仅配置横向加劲肋的腹板[图 5.3.10(a)]，其各区格局部稳定性应按下列公式计算：

$$\left(\frac{\sigma}{\sigma_{cr}}\right)^2 + \left(\frac{\tau}{\tau_{cr}}\right)^2 + \frac{\sigma_c}{\sigma_{c,cr}} \leq 1.0 \quad (5.3.11-1)$$

$$\tau = \frac{V}{h_w t_w} \quad (5.3.11-2)$$

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（MPa）；
 τ ——所计算腹板区格内，由平均剪力产生的腹板平均剪应力（MPa）；
 σ_c ——腹板计算高度内的局部压应力（MPa），应按本规程式(5.3.2-2)计算，但式中 $\psi=1.0$ ；
 h_w ——腹板高度（mm）；

σ_{cr} 、 τ_{cr} 、 $\sigma_{c,cr}$ ——各种应力单独作用下的临界应力（MPa），应按本条第 1、2、3 款计算。

1 σ_{cr} 应按下列公式计算：

当 $\bar{\lambda}_b \leq 0.85$ 时，

$$\sigma_{cr} = f \quad (5.3.11-3)$$

当 $0.85 < \bar{\lambda}_b \leq 1.25$ 时，

$$\sigma_{cr} = [1 - 0.75(\bar{\lambda}_b - 0.85)]f \quad (5.3.11-4)$$

当 $\bar{\lambda}_b > 1.25$ 时，

$$\sigma_{cr} = 1.165f / \bar{\lambda}_b^2 \quad (5.3.11-5)$$

当梁受压翼缘扭转受到约束时，

$$\bar{\lambda}_b = \frac{2h_c/t_w}{177} \cdot \frac{1}{\varepsilon_k} \quad (5.3.11-6)$$

当梁受压翼缘扭转未受到约束时，

$$\bar{\lambda}_b = \frac{2h_c/t_w}{138} \cdot \frac{1}{\varepsilon_k} \quad (5.3.11-7)$$

式中： $\bar{\lambda}_b$ ——用于腹板受弯计算时的正则化宽厚比；

h_c ——梁腹板弯曲受压区高度（mm），对双轴对称截面 $2h_c=h_0$ 。

2 τ_{cr} 应按下列公式计算：

当 $\bar{\lambda}_s \leq 0.8$ 时，

$$\tau_{cr} = f_v \quad (5.3.11-8)$$

当 $0.8 < \bar{\lambda}_s \leq 1.2$ 时，

$$\tau_{cr} = [1 - 0.59(\bar{\lambda}_s - 0.8)]f_v \quad (5.3.11-9)$$

当 $\bar{\lambda}_s > 1.2$ 时，

$$\tau_{cr} = 1.165f_v / \bar{\lambda}_s^2 \quad (5.3.11-10)$$

当 $a/h_0 \leq 1.0$ 时,

$$\bar{\lambda}_s = \frac{h_0/t_w}{37\eta\sqrt{4+5.34(h_0/a)^2}} \cdot \frac{1}{\varepsilon_k} \quad (5.3.11-11)$$

当 $a/h_0 > 1.0$ 时,

$$\bar{\lambda}_s = \frac{h_0/t_w}{37\eta\sqrt{5.34+4(h_0/a)^2}} \cdot \frac{1}{\varepsilon_k} \quad (5.3.11-12)$$

式中: $\bar{\lambda}_s$ ——用于腹板受剪计算时的正则化宽厚比;

η ——简支梁取 1.11, 框架梁取 1。

3 $\sigma_{c,cr}$ 应按下列公式计算:

当 $\bar{\lambda}_c \leq 0.9$ 时,

$$\sigma_{c,cr} = f \quad (5.3.11-13)$$

当 $0.9 < \bar{\lambda}_c \leq 1.2$ 时,

$$\sigma_{c,cr} = [1 - 0.79(\bar{\lambda}_c - 0.9)]f \quad (5.3.11-14)$$

当 $\bar{\lambda}_c > 1.2$ 时,

$$\sigma_{c,cr} = 1.165f/\bar{\lambda}_c^2 \quad (5.3.11-15)$$

当 $0.5 \leq a/h_0 \leq 1.5$ 时,

$$\bar{\lambda}_c = \frac{h_0/t_w}{28\sqrt{10.9+13.4(1.83-a/h_0)^3}} \cdot \frac{1}{\varepsilon_k} \quad (5.3.11-16)$$

当 $1.5 < a/h_0 \leq 2.0$ 时,

$$\bar{\lambda}_c = \frac{h_0/t_w}{28\sqrt{18.9-5a/h_0}} \cdot \frac{1}{\varepsilon_k} \quad (5.3.11-17)$$

式中: $\bar{\lambda}_c$ ——用于腹板受局部压力计算时的正则化宽厚比。

5.3.12 同时用横向加劲肋和纵向加劲肋加强的腹板[图 5.3.10(b)、(c)], 其局部稳定性应符合下列公式规定:

1 受压翼缘与纵向加劲肋之间的区格:

$$\frac{\sigma}{\sigma_{cr1}} + \left(\frac{\tau}{\tau_{cr1}}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_c}{\sigma_{c,cr1}}\right)^2 \leq 1.0 \quad (5.3.12-1)$$

式中 σ_{cr1} 、 τ_{cr1} 、 $\sigma_{c,cr1}$ 分别按本款第 1、2 项计算:

1) σ_{cr1} 按本规程第 5.3.11 条第 1 款计算, 但式中的 $\bar{\lambda}_b$ 改用 $\bar{\lambda}_{b1}$ 代替, $\bar{\lambda}_{b1}$ 应按下列公式计算:

当梁受压翼缘扭转受到约束时,

$$\bar{\lambda}_{b1} = \frac{h_1/t_w}{75} \cdot \frac{1}{\varepsilon_k} \quad (5.3.12-2)$$

当梁受压翼缘扭转未受到约束时，

$$\bar{\lambda}_{b1} = \frac{h_1/t_w}{64} \cdot \frac{1}{\varepsilon_k} \quad (5.3.12-3)$$

式中： h_1 ——纵向加劲肋至腹板计算高度受压边缘的距离 (mm)。

2) τ_{cr1} 按本规程第 5.3.11 条第 2 款计算，将式中的 h_0 改为 h_1 。

3) $\sigma_{c,cr1}$ 按本规程第 5.3.11 条第 1 款计算，但式中的 $\bar{\lambda}_b$ 改用 $\bar{\lambda}_{c1}$ 代替， $\bar{\lambda}_{c1}$ 应按下列公式计算：

当梁受压翼缘扭转受到约束时，

$$\bar{\lambda}_{c1} = \frac{h_1/t_w}{56} \cdot \frac{1}{\varepsilon_k} \quad (5.3.12-4)$$

当梁受压翼缘扭转未受到约束时，

$$\bar{\lambda}_{c1} = \frac{h_1/t_w}{40} \cdot \frac{1}{\varepsilon_k} \quad (5.3.12-5)$$

2 受拉翼缘与纵向加劲肋之间的区格：

$$\left(\frac{\sigma_2}{\sigma_{cr2}} \right)^2 + \left(\frac{\tau}{\tau_{cr2}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c2}}{\sigma_{c,cr2}} \leq 1.0 \quad (5.3.12-6)$$

式中： σ_2 ——所计算区格内由平均弯矩产生的腹板在纵向加劲肋处的弯曲压应力 (MPa)；

σ_{c2} ——腹板在纵向加劲肋处的横向压应力 (MPa)，取 $0.3\sigma_c$ ；

σ_{cr2} 、 τ_{cr2} 、 $\sigma_{c,cr2}$ 应按下列公式计算：

1) σ_{cr2} 按本规程第 5.3.11 条第 1 款计算，但式中的 $\bar{\lambda}_b$ 改用 $\bar{\lambda}_{b2}$ 代替， $\bar{\lambda}_{b2}$ 应按下式计算：

$$\bar{\lambda}_{b2} = \frac{h_2/t_w}{194} \cdot \frac{1}{\varepsilon_k} \quad (5.3.12-7)$$

2) τ_{cr2} 按本规程第 5.3.11 条第 2 款计算，将式中 h_0 改为 h_2 ， $h_2=h_0-h_1$ 。

3) $\sigma_{c,cr2}$ 按本规程第 5.3.11 条第 3 款计算，但式中的 h_0 改为 h_2 ，当 $a/h_2 > 2$ 时，取 $a/h_2 = 2$ 。

5.3.13 在受压翼缘与纵向加劲肋之间设有短加劲肋的区格[图 5.3.10(d)]，其局部稳定性应按本规程公式(5.3.12-1)计算。式中的 σ_{cr1} 仍按本规程第 5.3.12 条第 1 款中的第 1)项计算； τ_{cr1} 应按本规程第 5.3.11 条第 2 款计算，但将 h_0 和 a 改为 h_1 和 a_1 (a_1 为短加劲肋间距)； $\sigma_{c,cr1}$ 应按本规程第 5.3.11 条第 1 款计算，但是式中 $\bar{\lambda}_b$ 改用 $\bar{\lambda}_{c1}$ 代替， $\bar{\lambda}_{c1}$ 应按下式计算：

当梁受压翼缘扭转受到约束时，

$$\bar{\lambda}_{c1} = \frac{a_1/t_w}{87} \cdot \frac{1}{\varepsilon_k} \quad (5.3.13-1)$$

当梁受压翼缘扭转未受到约束时，

$$\bar{\lambda}_{c1} = \frac{a_1/t_w}{73} \cdot \frac{1}{\varepsilon_k} \quad (5.3.13-2)$$

对 $a_1/h_1 > 1.2$ 的区格，公式(5.3.13-1)和(5.3.13-2)右侧应乘以修正系数 μ_g ， μ_g 应按下式计算：

$$\mu_g = \frac{1}{\sqrt{0.4+0.5a_1/h_1}} \quad (5.3.13-3)$$

5.3.14 加劲肋的设置应符合下列规定：

1 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、重级工作制吊车梁的加劲肋不应单侧配置。

2 横向加劲肋的最小间距应为 $0.5h_0$ ，最大间距应为 $2h_0$ （对无局部压应力的梁，当 $h_0/t_w \leq 100$ 时，可采用 $2.5h_0$ ）。纵向加劲肋至腹板计算高度受压边缘的距离应在 $h_c/2.5 \sim h_c/2$ 范围内。

3 在腹板两侧成对配置的钢板横向加劲肋，其截面尺寸应满足下列公式要求：

外伸宽度：

$$b_s \geq \frac{h_0}{30} + 40 \quad (\text{mm}) \quad (5.3.14-1)$$

厚度：

$$\text{对于承压加劲肋：} \quad t_s \geq \frac{b_s}{15} \quad (5.3.14-2)$$

$$\text{对于不受力加劲肋：} \quad t_s \geq \frac{b_s}{19} \quad (5.3.14-3)$$

4 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(5.3.14-1)算得的 1.2 倍，厚度不应小于其外伸宽度的 1/15 和 1/19。

5 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 尚应满足下式要求：

$$I_z \geq 3h_0 t_w^3 \quad (5.3.14-4)$$

纵向加劲肋的截面惯性矩 I_y ，应满足下列公式要求：

当 $a/h_0 \leq 0.85$ 时，

$$I_y \geq 1.5h_0 t_w^3 \quad (5.3.14-5)$$

当 $a/h_0 > 0.85$ 时，

$$I_y \geq \left(2.5 - 0.45 \frac{a}{h_0} \right) \left(\frac{a}{h_0} \right)^2 h_0 t_w^3 \quad (5.3.14-6)$$

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

注：1 用型钢（H 型钢、工字钢、槽钢、肢尖焊于腹板的角钢）做成的加劲肋，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；

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

7 焊接梁的横向加劲肋与翼缘板、腹板相接处应切角，当作为焊接工艺孔时，切角宜采用半径 $R=30\text{mm}$ 的 1/4 圆弧。

5.3.15 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两侧 $15t_w \leq k$ 宽度范围内的腹板面积，计算长度取 h_0 。

当梁支承加劲肋的端部为刨平顶紧时，应按其所承受的支座反力或固定集中荷载计算其端面承压应力；突缘支座的突缘加劲肋的伸出长度不得大于其厚度的 2 倍；当端部为焊接时，应按传力情况计算其焊缝应力。

支承加劲肋与腹板的连接焊缝，应按传力需要进行计算。

5.3.16 对于不直接承受动力荷载的受弯构件，腹板仅配置支承加劲肋且较大荷载处尚有中间横向加劲肋，同时考虑屈曲后强度的工字形焊接截面梁，受弯和受剪承载能力应符合下式规定：

$$\left(\frac{V}{0.5V_u}-1\right)^2 + \frac{M-M_f}{M_u-M_f} \leq 1.0 \quad (5.3.16-1)$$

梁受弯承载力设计值 M_u 按下式计算:

$$M_u = W_{\text{enx}} f \quad (5.3.16-2)$$

梁受剪承载力设计值 V_u 应按下式计算:

当 $\bar{\lambda}_s \leq 0.54$ 时:

$$V_u = 1.2h_w t_w f_v \quad (5.3.16-3)$$

当 $0.54 < \bar{\lambda}_s \leq 0.65$ 时:

$$V_u = 0.65h_w t_w f_v / \bar{\lambda}_s \quad (5.3.16-4)$$

当 $\bar{\lambda}_s > 0.65$ 时:

$$V_u = h_w t_w f_v \left[1.28 / (0.63 + \bar{\lambda}_s) \right] \quad (5.3.16-5)$$

式中 M 、 V ——所计算同一截面上弯矩设计值(N·mm)和剪力设计值(N);当 $V < 0.5V_u$ 取 $V = 0.5V_u$;
 当 $M < M_f$, 取 $M = M_f$;
 M_f ——工字形截面上下两翼缘所能承担的弯矩设计值 (N·mm);
 W_{enx} ——强轴的有效净截面模量 (mm³);
 $\bar{\lambda}_s$ ——用于腹板受剪计算时的正则化宽厚比, 按本规程 5.3.11 节计算。

5.4 拉弯构件

5.4.1 拉弯构件的强度应符合下式规定:

$$\sigma = \frac{N}{A_n} \pm \frac{M_x}{W_{\text{nx}}} \pm \frac{M_y}{W_{\text{ny}}} \leq f \quad (5.4.1)$$

式中: N ——轴心拉力 (N);

M_x 、 M_y ——同一截面处绕主轴 x 轴和 y 轴的弯矩 (N·mm);

A_n ——净截面面积 (mm²);

W_{nx} 、 W_{ny} ——对 x 轴和与 y 轴的净截面模量 (mm³); 对于 SS1 类截面, W_{nx} 和 W_{ny} 取截面的塑性净截面模量; 对于 SS2 和 SS3 类截面, W_{nx} 和 W_{ny} 取截面的弹性净截面模量;

f ——不锈钢材料的抗弯强度设计值 (MPa)。

当拉弯构件截面内出现受压区, 且受压板件的宽厚比大于本规程第 5.6.1 条的规定时, 则在计算其净截面特性时应按本规程第 5.6.6 条规定扣除受压板件的超出阴影部分。

5.5 压弯构件

5.5.1 压弯构件的强度应符合下式规定:

$$\sigma = \frac{N}{A_{\text{en}}} \pm \frac{M_x}{W_{\text{enx}}} \pm \frac{M_y}{W_{\text{eny}}} \leq f \quad (5.5.1)$$

式中: N ——轴心压力 (N);

M_x 、 M_y ——同一截面处绕主轴 x 轴和 y 轴的弯矩 (N·mm);

A_{en} ——有效净截面面积 (mm²);

W_{enx} 、 W_{eny} ——对截面主轴 x 轴和 y 轴的有效净截面模量 (mm³); 对于 SS1 类截面, W_{enx} 和 W_{eny}

取截面的塑性净截面模量；对于 SS2 类截面， W_{enx} 和 W_{eny} 取截面的弹性净截面模量；对于 SS3 类截面， W_{enx} 和 W_{eny} 取截面的有效净截面模量，应按本规程第 5.6 节首先计算有效截面，进而考虑截面开孔等影响后计算有效净截面模量。

5.5.2 双轴对称截面的压弯构件，当弯矩作用于对称平面内时，弯矩作用平面内的稳定性应符合下列公式规定：

$$\frac{N}{\varphi A_e} + \frac{\beta_m M}{\left(1 - \varphi \frac{N}{N'_E}\right) W_e} \leq f \quad (5.5.2-1)$$

$$N'_E = \frac{\pi^2 E_0 A}{\gamma_R \lambda^2} \quad (5.5.2-2)$$

式中： M ——计算弯矩，应取构件全长范围内的最大弯矩（ $N \cdot mm$ ）；

β_m ——等效弯矩系数；

N'_E ——计算系数；

γ_R ——抗力分项系数，取 1.15；

E_0 ——不锈钢材料的初始弹性模量（ N/mm^2 ）；

λ ——构件在弯矩作用平面内的长细比；

W_e ——对最大受压边缘的有效截面模量（ mm^3 ）；对于 SS1 类截面， W_e 取截面的塑性截面模量；对于 SS2 类截面， W_e 取截面的弹性截面模量；对于 SS3 类截面， W_e 取截面的有效截面模量，应按本规程第 5.6 节首先计算有效截面，进而计算有效截面模量。

当弯矩作用在最大刚度平面内时（图 5.5.2），弯矩作用平面外的稳定性尚应符合下式规定：

$$\frac{N}{\varphi_y A_e} + \frac{\eta M_x}{\varphi_{bx} W_{ex}} \leq f \quad (5.5.2-3)$$

式中： η ——截面系数，对于闭口截面 $\eta=0.7$ ，对于其它截面 $\eta=1.0$ ；

φ_y ——对 y 轴的轴心受压构件的稳定系数，其长细比应按本规程公式(5.2.3-2)计算；

φ_{bx} ——当弯矩作用于最大刚度平面内时，受弯构件的整体稳定系数，对于闭口截面可取

$\varphi_{bx}=1.0$ ；

M_x ——构件计算段内的最大弯矩（ $N \cdot mm$ ）；

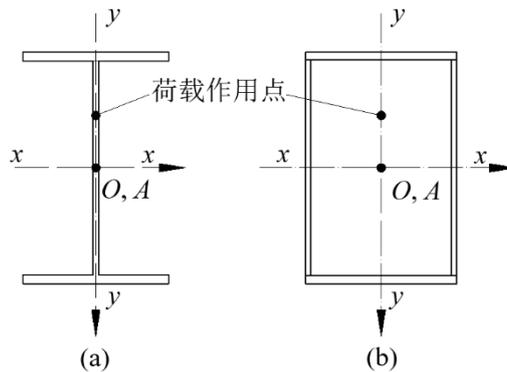


图 5.5.2 双轴对称截面示意图

5.5.3 压弯构件的等效弯矩系数 β_m 应按符合下列规定：

1 构件端部无侧移且无中间横向荷载时：

$$\beta_m = 0.6 + 0.4 \frac{M_2}{M_1} \quad (5.5.3)$$

式中：\$M_1\$、\$M_2\$——分别为绝对值较大和较小的端弯矩（N·mm），当构件以单曲率弯曲时 \$\frac{M_2}{M_1}\$ 取正值，当构件以双曲率弯曲时 \$\frac{M_2}{M_1}\$ 取负值；

2 构件端部无侧移但中间有横向荷载时：\$\beta_m=1.0\$；

3 构件端部有侧移时：\$\beta_m=1.0\$。

5.5.4 单轴对称开口截面（图 5.2.4）的压弯构件，当弯矩作用于对称轴平面内时，弯矩作用平面内的稳定性应符合本规程第 5.5.2 条规定外，其弯矩作用平面外的稳定性尚应符合本规程公式(5.2.2-1)规定，此时，本规程公式(5.2.2-1)中的轴心受压构件的稳定系数 \$\varphi\$ 应按下列公式算得的弯扭屈曲的换算长细比 \$\lambda_{0\omega}\$ 计算得到。

$$\lambda_{0\omega} = \lambda_x \sqrt{\frac{s^2 + a^2}{2s^2} + \sqrt{\left(\frac{s^2 + a^2}{2s^2}\right)^2 - \frac{a^2 - \alpha(e_0 - e_q)^2}{s^2}}} \quad (5.5.4-1)$$

$$a^2 = e_0^2 + i_x^2 + i_y^2 + 2e_q \left(\frac{U_y}{2I_y} - e_0 - \beta_2 e_a \right) \quad (5.5.4-2)$$

$$U_y = \int_A x(x^2 + y^2) dA \quad (5.5.4-3)$$

$$e_q = \pm \frac{\beta_m M}{N} \quad (5.5.4-4)$$

式中：\$e_q\$——等效偏心距（mm），当偏心在截面弯心一侧时 \$e_q\$ 为负，当偏心在于截面弯心相对的另一侧时 \$e_q\$ 为正；

\$M\$——构件计算段内的最大弯矩（N·mm）；

\$\beta_2\$——横向荷载作用位置影响系数，按本规程附录表 B.0.1 取值；

\$s\$——计算系数，按本规程公式(5.2.4-2)计算；

\$e_a\$——横向荷载作用点到弯心的距离（mm）。对于偏心压杆或当横向荷载作用在弯心时 \$e_a=0\$；当荷载不作用在弯心且荷载方向指向弯心时 \$e_a\$ 为负，当离开弯心时 \$e_a\$ 为正。

若 \$l_{0x} \leq l_{0y}\$ 时可不计算其弯矩作用平面外的稳定性。

当弯矩作用在对称平面内（图 5.2.4），且使截面在弯心一侧受压时，尚应符合下式规定：

$$\left| \frac{N}{A_e f} - \frac{\beta_{my} M_y}{\left(1 - \frac{N}{N'_{Ey}}\right) W'_{ey} f} \right| \leq 1.0 \quad (5.5.4-5)$$

式中：\$\beta_{my}\$——为对 \$y\$ 轴的等效弯矩系数，按本规程第 5.5.3 条的规定采用；

\$W'_{ey}\$——截面的较小有效截面模量（mm³）；

\$N'_{Ey}\$——计算系数，按本规程公式(5.5.2-2)计算。

5.5.5 单轴对称开口截面压弯构件，当弯矩作用于非对称主平面内时（图 5.5.5），除其弯矩作用平面内的稳定性应符合公式(5.5.5-1)规定，其弯矩作用平面外的稳定性尚应符合公式(5.5.5-2)规定：

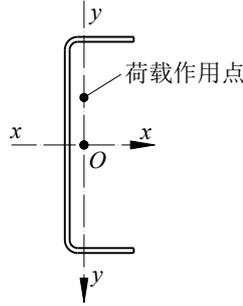


图 5.5.5 单轴对称开口截面绕对称轴弯曲示意图

$$\frac{N}{\varphi_x A_e f} + \frac{\beta_m M_x}{\left(1 - \frac{N}{N'_{Ex}} \varphi_x\right) W_{ex} f} + \frac{B}{W_{\omega} f} \leq 1.0 \quad (5.5.5-1)$$

$$\frac{N}{\varphi_y A_e f} + \frac{M_x}{\varphi_{bx} W_{ex} f} + \frac{B}{W_{\omega} f} \leq 1.0 \quad (5.5.5-2)$$

式中： φ_x ——对 x 轴轴心受压构件稳定系数，其长细比应按本规程公式(5.2.4-1)计算；
 N'_{Ex} ——**计算系数**，按本规程公式(5.5.2-2)计算。

5.5.6 双轴对称截面双向压弯构件的稳定性应符合下列公式规定：

$$\frac{N}{\varphi_x A_e f} + \frac{\beta_{mx} M_x}{\left(1 - \frac{N}{N'_{Ex}} \varphi_x\right) W_{ex} f} + \frac{\eta M_y}{\varphi_{by} W_{ey} f} \leq 1.0 \quad (5.5.6-1)$$

$$\frac{N}{\varphi_y A_e f} + \frac{\eta M_x}{\varphi_{bx} W_{ex} f} + \frac{\beta_{my} M_y}{\left(1 - \frac{N}{N'_{Ey}} \varphi_y\right) W_{ey} f} \leq 1.0 \quad (5.5.6-2)$$

式中： φ_{by} ——当弯矩作用于最小刚度平面内时，受弯构件的整体稳定系数，应按本规程公式(5.3.4-2)计算；

β_{mx} ——对 x 轴的等效弯矩系数，应按本规程第 5.5.3 条的规定采用。

5.5.7 格构式压弯构件，除应计算整个构件的强度和稳定性外，尚应计算单肢的强度和稳定性。

计算缀条或缀板内力用的剪力，应取构件的实际剪力和本规程第 5.2.7 条计算的剪力中的较大值。

5.5.8 格构式压弯构件，当弯矩绕实轴 (x 轴) 作用时，其弯矩作用平面内和平面外的稳定性均应符合本规程公式(5.5.2-1)、公式(5.5.2-3)的规定，但在计算弯矩作用平面外的整体稳定时，本规程公式(5.5.2-3)中的 φ_y 应按本规程第 5.2.6 条中的换算长细比 λ_{0y} 确定， φ_b 应取 1.0；当弯矩绕虚轴 (y 轴) 作用时，其弯矩作用平面内的整体稳定性应符合下式规定：

$$\frac{N}{\varphi_y A_e f} + \frac{\beta_{my} M_y}{\left(1 - \frac{N}{N'_{Ey}} \varphi_y\right) W_{ey} f} \leq 1.0 \quad (5.5.7)$$

φ_y 、 N'_{Ey} 均应按换算长细比 λ_{0y} 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。

5.6 构件中的受压板件

5.6.1 加劲板件、部分加劲板件和非加劲板件的有效宽厚比应符合下列公式规定：

当 $\bar{\lambda}_p \leq 1.0$ 时，

$$\frac{b_e}{t} = \left(\alpha_1 + \alpha_2 \sqrt{\bar{\lambda}_p} \right) \frac{b_c}{t} \leq \frac{b_c}{t} \quad (5.6.1-1)$$

当 $1.0 < \bar{\lambda}_p < 1.5$ 时，

$$\frac{b_e}{t} = \left(\frac{\bar{\lambda}_p}{\alpha_3 \bar{\lambda}_p + \alpha_4} \right) \frac{b_c}{t} \quad (5.6.1-2)$$

当 $\bar{\lambda}_p \geq 1.5$ 时，

$$\frac{b_e}{t} = \left(\frac{\alpha_5 \bar{\lambda}_p + \alpha_6}{\bar{\lambda}_p} \right) \frac{b_c}{t} \quad (5.6.1-3)$$

$$b_c = b \quad (\psi \geq 0) \quad (5.6.1-4)$$

$$b_c = \frac{1}{1-\psi} \quad (\psi < 0) \quad (5.6.1-5)$$

$$\psi = \frac{\sigma_{\min}}{\sigma_{\max}} \quad (5.6.1-6)$$

$$\bar{\lambda}_p = \sqrt{\frac{\sigma_1}{\sigma_{cr}}} \quad (5.6.1-7)$$

$$\sigma_{cr} = \frac{kk_1 \pi^2 E_0}{12(1-\nu^2)} \left(\frac{t}{b} \right)^2 \quad (5.6.1-8)$$

式中： b ——板件宽度 (mm)；

t ——板件厚度 (mm)；

b_c ——板件的受压区宽度 (mm)；

ψ ——压应力分布不均匀系数；

σ_{\max} ——受压板件边缘的最大压应力 (N/mm²)，取正值；

σ_{\min} ——受压板件另一边缘的应力 (N/mm²)，以压应力为正，拉应力为负；

b_e ——板件的有效宽度 (mm)；

$\alpha_1 \sim \alpha_6$ ——系数，应按表 5.6.1 确定；

$\bar{\lambda}_p$ ——计算板件的柔度系数；

σ_1 ——构件截面上的最大压应力 (N/mm²)，按本规程第 5.6.2 条规定确定；

σ_{cr} ——计算板件的屈曲临界应力 (N/mm²)；

E_0 ——不锈钢材料的初始弹性模量 (N/mm²)；

k ——板件的屈曲系数，按本规程第 5.6.3 条规定采用；

k_1 ——板组约束系数，按本规程第 5.6.4 条规定采用；若不计相邻板件的约束作用，可取

$k_1=1.0$ 。

表 5.6.1 计算系数 $\alpha_1 \sim \alpha_6$

成型方式	α_1	α_2	α_3	α_4	α_5	α_6
冷成型构件	2.41	-1.63	3.15	-1.86	0.092	0.65
焊接构件	1.84	-1.14	3.15	-1.72	0.086	0.62

5.6.2 压应力不均匀分布系数 ψ 和构件截面上的最大压应力 σ_1 按符合下列规定:

1 对于轴心受压构件, 截面上各板件的压应力分布不均匀系数 ψ 取 1.0。最大压应力 σ_1 取轴心受压构件的稳定系数与不锈钢材料的强度设计值的乘积 (φf)。

2 对于压弯构件, 截面上各板件的压应力分布不均匀系数 ψ 应由构件毛截面按强度计算, 不考虑双力矩的影响。最大压应力板件的 σ_1 取不锈钢材料的强度设计值 f , 其余板件的最大压应力按 ψ 推算。

3 对于受弯及拉弯构件, 截面上各板件的压应力分布不均匀系数 ψ 及最大压应力应由构件毛截面按强度计算, 不考虑双力矩的影响。

5.6.3 受压板件的稳定系数应按下列公式计算:

1 加劲板件:

当 $1 \geq \psi > 0$ 时,

$$k = 7.8 - 8.15\psi + 4.35\psi^2 \quad (5.6.3-1)$$

当 $0 \geq \psi > -1$ 时,

$$k = 7.8 - 6.29\psi + 9.78\psi^2 \quad (5.6.3-2)$$

2 部分加劲板件:

1) 最大压应力作用于支承边[图 5.6.3(a)]。

当 $\psi \geq -1$ 时,

$$k = 5.89 - 11.59\psi + 6.68\psi^2 \quad (5.6.3-3)$$

2) 最大压应力作用于部分加劲边[图 5.6.3(b)]。

当 $\psi \geq -1$ 时,

$$k = 1.15 - 0.22\psi + 0.045\psi^2 \quad (5.6.3-4)$$

3 非加劲板件:

1) 最大压应力作用于支承边[图 5.6.3(c)]。

当 $1 \geq \psi > 0$ 时,

$$k = 1.70 - 3.025\psi + 1.75\psi^2 \quad (5.6.3-5)$$

当 $0 \geq \psi > -0.4$ 时,

$$k = 1.70 - 1.75\psi + 55\psi^2 \quad (5.6.3-6)$$

当 $-0.4 \geq \psi > -1$ 时,

$$k = 6.07 - 9.51\psi + 8.33\psi^2 \quad (5.6.3-7)$$

2) 最大压应力作用于自由边[图 5.6.3(d)]。

当 $\psi \geq -1$ 时,

$$k = 0.567 - 0.213\psi + 0.071\psi^2 \quad (5.6.3-8)$$

注：当 $\psi < -1$ 时，以上各式的 k 值按 $\psi = -1$ 的值采用。

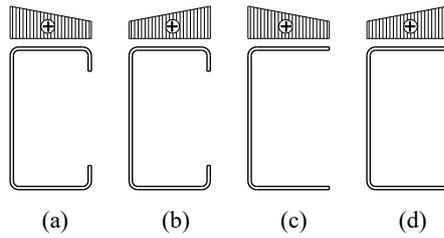


图 5.6.3 部分加劲板件和非加劲板件的应力分布示意图

5.6.4 受压板件的板组约束系数应按下列公式计算：

当 $\xi \leq 1.1$ 时，

$$k_1 = \frac{1}{\sqrt{\xi}} \quad (5.6.4-1)$$

当 $\xi > 1.1$ 时，

$$k_1 = 0.11 + \frac{0.93}{(\xi - 0.05)^2} \quad (5.6.4-2)$$

$$\xi = \frac{c}{t_c} \frac{t_b}{b} \sqrt{\frac{k}{k_c}} \quad (5.6.4-3)$$

- 式中：
- b ——计算板件的宽度 (mm)；
 - t_b ——计算板件的厚度 (mm)；
 - c ——与计算板件邻接的板件的宽度 (mm)，如果计算板件两边均有邻接板件时，即计算板件为加劲板件时，取压应力较大的一边的邻接板件的宽度；
 - t_c ——与计算板件邻接的板件的厚度 (mm)；
 - k ——计算板件的受压稳定系数，由本规程第 5.6.3 条确定；
 - k_c ——邻接板件的受压稳定系数，由本规程第 5.6.3 条确定。

对于加劲板件， k_1 不大于 1.7；对于部分加劲板件， k_1 不大于 2.4；对非加劲板件， k_1 不大于 3.0，当邻接板件受拉时， $k_1 = 3.0$ 。

5.6.5 当受压板件宽厚比大于本规程第 5.6.1 条规定的有效宽厚比时，受压板件的有效截面应从截面的受压部分按图 5.6.5 所示位置扣除其超出部分（即图中不带斜线部分）来确定，截面的受拉部分应全部有效。

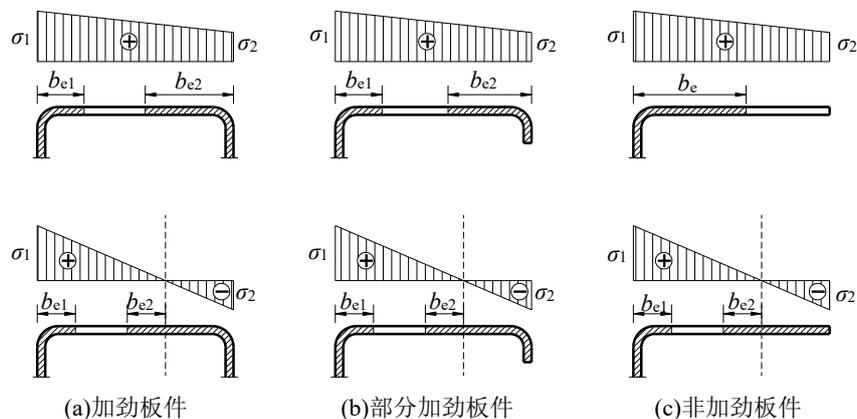


图 5.6.5 受压板件的有效截面图

图 5.6.5 中的 b_{e1} 和 b_{e2} 应按下列规定计算：

对于加劲板件：

当 $\psi \geq 0$ 时，

$$\begin{cases} b_{e1} = \frac{2b_e}{5-\psi} \\ b_{e2} = b_e - b_{e1} \end{cases} \quad (5.6.5-1)$$

当 $\psi < 0$ 时，

$$\begin{cases} b_{e1} = 0.4b_e \\ b_{e2} = 0.6b_e \end{cases} \quad (5.6.5-2)$$

对部分加劲板件和非加劲板件：

$$\begin{cases} b_{e1} = 0.4b_e \\ b_{e2} = 0.6b_e \end{cases} \quad (5.6.5-3)$$

5.6.6 除采用本节有效宽度法计算外，对于不锈钢卷边 C 形截面构件，其轴心受压和受弯构件承载力也可按附录 D 中直接强度法确定。

5.7 受弯构件的变形

5.7.1 计算不锈钢受弯构件的变形时应考虑材料非线性和有效截面的影响。构件的变形可按下列式计算，也可采用本规程第 3.3.5 节规定的材料本构模型进行非线性分析得到。

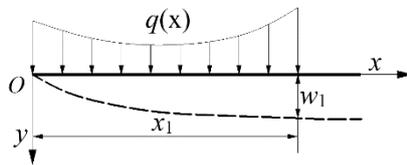


图 5.7.1 受弯构件变形的计算简图

$$w_1 = \int_0^{x_1} \left(\int_0^{x_1} \chi(x) dx \right) dx + C_1 x_1 + C_2 \quad (5.7.1-1)$$

$$\chi = \frac{M}{E_0 I_e} + \frac{0.004}{h} \left(\frac{M}{M_{0.2}} \right)^n \quad (5.7.1-2)$$

式中： w_1 ——计算点 x_1 处的变形 (mm)；

C_1 、 C_2 ——常数，根据受弯构件的边界条件确定；

χ ——构件上的曲率；

M ——构件上的弯矩 (N·mm)；

E_0 ——不锈钢材料的初始弹性模量 (N/mm²)；

n ——不锈钢材料的应变强化系数；

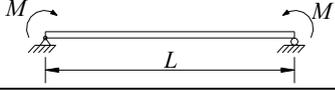
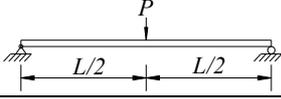
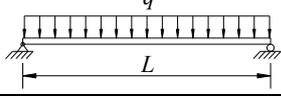
I_e ——构件的有效截面惯性矩，可近似采用构件中最大弯矩处的有效截面计算 (mm⁴)；

h ——构件的截面高度 (mm)；

$M_{0.2}$ ——截面中最大应力点达到屈服强度时，截面所承受的弯矩 (N·mm)。

5.7.2 纯弯矩作用、跨中集中荷载作用和均布荷载作用下，简支梁的跨中最大变形可按表 5.7.2 计算：

表 5.7.2 典型荷载作用下简支梁跨中最大变形

荷载工况	跨中最大变形
	$\frac{ML^2}{8E_0I_e} + \frac{0.004}{h} \left(\frac{M}{M_{0.2}} \right)^n \frac{L^2}{8}$
	$\frac{PL^3}{48E_0I_e} + \frac{0.004}{h} \left(\frac{PL}{4M_{0.2}} \right)^n \frac{L^2}{4(n+2)}$
	$\frac{5qL^4}{384E_0I_e} + \frac{0.004}{h} \left(\frac{qL^2}{2M_{0.2}} \right)^n \frac{L^2}{10} \cdot e^{-1.45n}$

6 连接及节点计算和构造

6.1 焊缝连接计算

6.1.1 同种类不锈钢之间的对接焊缝强度应符合下列规定：

1 轴心受拉对接焊缝，其强度应符合下式规定：

$$\sigma = \frac{N}{\sum l_w t} \leq f_t^w \quad (6.1.1-1)$$

2 轴心受压对接焊缝，其强度应符合下式规定：

$$\sigma = \frac{N}{\sum l_w t} \leq f_c^w \quad (6.1.1-2)$$

3 受剪对接焊缝，其强度应符合下式规定：

$$\tau = \frac{VS_w}{I_w t} \leq f_v^w \quad (6.1.1-3)$$

4 对接焊缝中正应力 σ 和剪应力 τ 均较大处，其强度应符合下式规定：

$$\sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \leq 1.1f_t^w \quad (6.1.1-4)$$

式中： N ——焊缝所受的轴心力设计值（N）；

l_w ——焊缝的计算长度（mm），采用引弧板和引出板施焊的对接焊缝，每条对接焊缝的计算长度可取其实际长度；对其他方法施焊的对接焊缝，每条对接焊缝的计算长度均应取实际长度减去连接构件中较薄板件厚度的 2 倍；

t ——连接中较薄板件的厚度（mm）；

V ——对接焊缝所受的剪力设计值（N）；

S_w ——焊缝有效截面的面积矩（mm³）；

I_w ——焊缝有效截面的惯性矩（mm⁴）；

f_t^w 、 f_c^w 、 f_v^w ——对接焊缝的抗拉、抗压、抗剪强度设计值（MPa），应按本规程表 3.3.2 取值。

6.1.2 同种类不锈钢之间的角焊缝的强度应符合下列规定：

1 在通过焊缝形心的拉力、压力或剪力作用下，其强度应符合下列规定：

正面角焊缝（作用力垂直于焊缝长度方向）：

$$\sigma_f = \frac{N}{\sum h_e l_w} \leq \beta_f f_f^w \quad (6.1.2-1)$$

$$l_w = l - 2h_f \quad (6.1.2-2)$$

侧面角焊缝（作用力平行于焊缝长度方向）：

$$\tau_f = \frac{N}{\sum h_e l_w} \leq f_f^w \quad (6.1.2-3)$$

2 在垂直于角焊缝长度方向的正应力和沿角焊缝长度方向的剪应力共同作用下，其强度应符合下式规定：

$$\sqrt{\left(\frac{\sigma_f}{\beta_f}\right)^2 + \tau_f^2} \leq f_f^w \quad (6.1.2-4)$$

式中： σ_f ——垂直于焊缝长度方向的正应力，按焊缝有效截面计算（MPa）；
 h_e ——角焊缝的有效厚度（mm），在直角角焊缝情况下可近似取 $h_e=0.7h_f$ ；
 l_w ——焊缝的计算长度（mm），每条角焊缝的计算长度均应取实际长度减去焊脚尺寸的 2 倍；当单条侧面角焊缝的计算长度大于焊脚尺寸的 60 倍时，其超过部分在计算中应予扣除；
 β_f ——正面角焊缝强度设计值增大系数，对承受静力荷载或间接承受动力荷载的结构， $\beta_f=1.22$ ；对于直接承受动力荷载的结构， $\beta_f=1.0$ ；
 f_f^w ——角焊缝的强度设计值（MPa），按本规程表 3.3.2 取值；
 l ——角焊缝的实际长度（mm）；
 h_f ——角焊缝的焊脚尺寸（mm）；
 τ_f ——沿焊缝长度方向的剪应力（MPa），按焊缝有效截面计算。

6.1.3 同种类不锈钢之间的电阻点焊的承载力应符合下式规定：

$$N_v \leq N_v^d \quad (6.1.3)$$

式中： N_v ——单个电阻点焊承担的剪力设计值（N）；
 N_v^d ——单个电阻点焊的抗剪承载力设计值（N），应按本规程表 6.1.4 取值。

表 6.1.4 单个电阻点焊的抗剪承载力设计值 N_v^d

t (mm)	0.4	0.6	0.8	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5
N_v^d (kN)	0.6	1.1	1.7	2.3	4.0	5.9	8.0	10.2	12.6

注：1 t 为相焊板件中较薄板件的厚度（mm）；

2 中间板厚可由线性插值确定。

6.1.4 当不同种类的不锈钢之间焊接时，对接焊缝、角焊缝和电阻点焊分别采用第 6.1.1、6.1.2 和 6.1.3 条验算，但其中对接焊缝、角焊缝和电阻点焊的强度设计值取两种被连接母材对应的焊缝强度设计值的较小值。

6.2 紧固件连接计算

6.2.1 不锈钢结构、构件及节点连接中所用紧固件应优先采用与不锈钢母材耐腐蚀性能相适应的不锈钢紧固件。特殊情况下采用钢结构用高强度螺栓时，应按本规程第 9.1.3 条规定采取相应防护措施。对可能被腐蚀性介质浸泡的连接，不应采用钢结构用高强度螺栓。

6.2.2 不锈钢普通螺栓连接承载力应符合下列规定：

1 不锈钢普通螺栓的杆轴方向受拉连接中，应采取相应构造措施（设置加劲肋等）保证刚度，

消除撬力的影响，其承载力应按符合下列规定：

$$N_t \leq N_t^b \quad (6.2.2-1)$$

$$N_t^b = \frac{\pi d_e^2}{4} f_t^b \quad (6.2.2-2)$$

2 不锈钢普通螺栓的受剪连接中，承载力应符合下列规定：

$$N_v \leq \min(N_v^b, N_c^b) \quad (6.2.2-3)$$

$$\text{螺纹处受剪: } N_v^b = 0.86k_d n_v \frac{\pi d_e^2}{4} f_v^b \quad (6.2.2-4)$$

$$\text{非螺纹处受剪: } N_v^b = k_d n_v \frac{\pi d^2}{4} f_v^b \quad (6.2.2-5)$$

$$\text{螺纹处承压: } N_c^b = d_e \sum t f_c^b \quad (6.2.2-6)$$

$$\text{非螺纹处承压: } N_c^b = d \sum t f_c^b \quad (6.2.2-7)$$

当采用非全螺纹螺栓时，螺栓抗剪面不宜位于螺纹处。

在节点处或拼接接头的一端，当螺栓沿受力方向的连接长度 $l > 15d_0$ 时，螺栓的承载力应乘以按下式计算的折减系数：

$$\beta_L = \begin{cases} 1.09 - \frac{l}{166d_0} & 15d_0 < l \leq 60d_0 \\ 0.73 & l > 60d_0 \end{cases} \quad (6.2.2-8)$$

3 同时承受剪力和杆轴方向拉力的不锈钢普通螺栓连接承载力应符合下式规定：

$$\sqrt{\left(\frac{N_v}{N_v^b}\right)^2 + \left(\frac{N_t}{N_t^b}\right)^2} \leq 1 \quad (6.2.2-9)$$

$$\text{且 } N_v \leq N_c^b \quad (6.2.2-10)$$

式中： N_t 、 N_v ——单个不锈钢螺栓所承受的拉力和剪力设计值（N）；

N_t^b 、 N_v^b 、 N_c^b ——单个不锈钢螺栓的抗拉、抗剪、承压承载力设计值（N）；

f_t^b 、 f_v^b 、 f_c^b ——不锈钢螺栓的抗拉、抗剪、承压强度设计值（MPa），按本规程表 3.3.3-1 取值；

d 、 d_e ——螺栓杆公称直径、有效直径（mm）；

d_0 ——螺栓孔直径（mm）；

k_d ——直径影响系数， $d < 12 \text{ mm}$ 时， $k_d = 0.9$ ； $d \geq 12 \text{ mm}$ 时， $k_d = 1.0$ ；

n_v ——螺栓杆受剪面数目；

β_L ——长连接螺栓强度折减系数；

$\sum t$ ——同一受力方向的承压构件总厚度的较小值（mm）。

6.2.3 不锈钢高强度螺栓/环槽铆钉摩擦型连接的承载力应符合下列规定：

1 在受剪连接中，每个高强度螺栓/环槽铆钉的承载力设计值按下式计算：

$$N_v^b = 0.9k_n \mu P \quad (6.2.3-1)$$

式中： N_v^b ——一个高强度螺栓/环槽铆钉的受剪承载力设计值（N）；

k ——孔型系数，标准孔取 1.0；大圆孔取 0.85；内力与槽孔长向垂直时取 0.7；内力与槽孔长向平行时取 0.6；

n_f ——传力摩擦面数目；

μ ——摩擦面的抗滑移系数，按表 6.2.3-1 取值；

P ——一个高强度螺栓/环槽铆钉的预拉力设计值 (N)，按表 6.2.3-2 取值。

- 2 在螺栓杆轴方向受拉的连接中，每个高强度螺栓/环槽铆钉的承载力应按下式计算：

$$N_t^b = 0.8P \quad (6.2.3-2)$$

- 3 当高强度螺栓/环槽铆钉摩擦型连接同时承受摩擦面间的剪力和螺栓杆轴方向的外拉力时，承载力应符合下式规定：

$$\frac{N_v}{N_v^b} + \frac{N_t}{N_t^b} \leq 1.0 \quad (6.2.3-3)$$

式中： N_v 、 N_t ——某个高强度螺栓/环槽铆钉所承受的剪力和拉力 (N)；

N_v^b 、 N_t^b ——一个高强度螺栓/环槽铆钉的受剪、受拉承载力设计值 (N)。

表 6.2.3-1 不锈钢板摩擦面的抗滑移系数 μ

连接处构件接触面的处理方法	抗滑移系数 μ
喷砂、抛丸	0.20
拉丝	0.30
机械刻痕	0.45
喷镀不锈钢粉末	0.45
喷涂抗滑移漆	0.45

注：1 当采用其他接触面处理方法时，其抗滑移系数值均需经试验确定。

表 6.2.3-2 一个不锈钢高强度螺栓/环槽铆钉的预拉力设计值 P (kN)

类别	材质	螺栓标记		螺栓公称直径 (mm)						
		不锈钢组别	性能等级	16	20	22	24	27	30	
高强度螺栓	奥氏体	A2、A4	8.8S	80	125	150	175	230	280	
	双相	D2、D6、D8								
	沉淀硬化	PH								
	双相	D2、D6、D8	10.9S	100	155	190	225	290	355	
	沉淀硬化	PH								
高强度环槽铆钉	环槽铆钉	PH	8.8R	拉断型	85	125	175	205	-	-
				短尾型	85	125	175	205	-	-
			10.9R	拉断型	115	175	215	255	-	-
				短尾型	115	175	215	240	-	-

- 6.2.4 不锈钢高强度螺栓/环槽铆钉承压型连接应符合下列规定：

- 1 承压型连接高强度螺栓/环槽铆钉的预拉力 P 的施拧工艺和设计值取值应与摩擦型连接相同；
- 2 承压型连接中每个高强度螺栓/环槽铆钉的受剪承载力设计值，其计算方法与普通螺栓相同，但当计算剪切面在螺纹处时，其受剪承载力设计值应按螺纹/锁紧槽处的有效截面积进行计算；
- 3 在杆轴受拉的连接中，每个高强度螺栓的受拉承载力设计值的计算方法与普通螺栓相同；
- 4 同时承受剪力和杆轴方向拉力的承压型连接，承载力应符合下公规定：

$$\sqrt{\left(\frac{N_v}{N_v^b}\right)^2 + \left(\frac{N_t}{N_t^b}\right)^2} \leq 1.0 \quad (6.2.4-1)$$

$$N_v \leq N_c^b / 1.2 \quad (6.2.4-2)$$

式中： N_v 、 N_t ——所计算的某个高强度螺栓/环槽铆钉所承受的剪力和拉力 (N)；

N_v^b 、 N_t^b 、 N_c^b ——一个高强度螺栓/环槽铆钉按普通螺栓计算时的受剪、受拉和承压承载力设计值 (N)。

6.2.5 不锈钢螺钉连接承载力应符合下列规定：

- 1 不锈钢螺钉的杆轴方向受拉的连接中，承载力应符合下列规定：

$$N_t \leq \min\{N_t^s, N_p^s, N_o^s\} \quad (6.2.5-1)$$

$$N_t^s = \frac{\pi d_e^2}{4} f_t^b \quad (6.2.5-2)$$

$$N_p^s = 1.5k_F d_w t f \quad (6.2.5-3)$$

$$N_o^s = 0.85 d t_{\text{sup}} f \quad (6.2.5-4)$$

式中： N_t ——单个不锈钢螺钉承受的拉力设计值 (N)；

N_t^s 、 N_p^s 、 N_o^s ——单个不锈钢螺钉的拉断、拉脱、抗拔承载力设计值 (N)；

k_F ——荷载影响系数，静荷载时取 1.0，含有风荷载的组合荷载时取 0.5；

d_w ——螺钉头的直径 (mm)；

d_e ——螺钉在螺纹处的有效直径 (mm)；

t ——较薄板 (钉头接触侧的钢板) 的厚度 (mm)；

d ——螺钉的公称直径 (mm)；

t_{sup} ——螺钉钉杆的圆柱状螺纹部分钻入基材中的深度 (mm)，不应小于 0.9 mm；

f ——被连接不锈钢板的抗拉强度设计值 (MPa)，应按本规程表 3.3.1 取值；

f_t^b ——不锈钢螺钉的抗拉强度设计值 (MPa)，应按本规程表 3.3.3-1 取值。

- 2 不锈钢螺钉的受剪连接中，承载力应按下列公式计算：

$$N_v \leq \min(N_v^s, N_c^s) \quad (6.2.5-5)$$

$$N_v^s = k_d n_v \frac{\pi d_e^2}{4} f_v^b \quad (6.2.5-6)$$

$$N_c^s = \alpha t d f_c^b \quad (6.2.5-7)$$

当 $t_1=t$ 时, $\alpha=3.7\sqrt{t/d}$ 且 $\alpha \leq 2.4$;

当 $t_1 \geq 2.5t$ 时, $\alpha=2.4$;

当 $t < t_1 < 2.5t$ 时, α 通过线性插值确定。

当不锈钢螺钉用于压型板端部与檩条等支承构件的连接时, 其抗剪承载力设计值应乘以折减系数 0.8。

当采用多个螺钉连接且沿受力方向的连接长度 $l \geq 45d$ 时, 承载力设计值应乘以折减系数 β_L , β_L 应按下式计算:

$$\beta_L = 1.5 - \frac{l}{90d} \quad (6.2.5-8)$$

式中: N_v ——单个不锈钢螺钉所承受的剪力 (N);

N_v^s 、 N_c^s ——单个不锈钢螺钉的抗剪、承压承载力设计值 (N);

d_e ——螺钉的有效直径 (mm);

k_d ——直径影响系数, $d < 12\text{mm}$ 时, $k_d=0.9$; $d \geq 12\text{mm}$ 时, $k_d=1.0$;

n_v ——螺钉的受剪面数目;

f_v^b 、 f_c^b ——不锈钢螺钉的抗剪、承压强度设计值 (MPa), 应按本规程表 3.3.3-1 取值;

t_1 ——远离螺钉头的连接板厚度 (mm);

f ——连接板的抗拉强度设计值 (MPa), 应按本规程表 3.3.1 取值。

3 同时承受剪力和杆轴方向拉力作用的不锈钢螺钉连接的承载力, 应符合下式规定:

$$\sqrt{\left(\frac{N_v}{N_v^s}\right)^2 + \left(\frac{N_t}{N_t^s}\right)^2} \leq 1.0 \quad (6.2.5-9)$$

式中: N_v 、 N_t ——单个不锈钢螺钉所承受的剪力和拉力设计值 (N);

N_v^s 、 N_t^s ——单个不锈钢螺钉受剪、受拉承载力设计值 (N)。

6.2.6 不锈钢抽芯铆钉不应用于受拉连接, 抽芯铆钉的受剪连接中, 承载力应符合下列规定:

$$N_v \leq \min(N_v^r, N_c^r) \quad (6.2.6-1)$$

$$N_v^r = \phi n_v [N_v^r] \quad (6.2.6-2)$$

$$N_c^r = \alpha t d f_c^b \quad (6.2.6-3)$$

$$N_c^r \leq 0.83 e_1 t f_c^b \quad (6.2.6-4)$$

当 $t_2=t_1$ 时: $\alpha=3.2\sqrt{t/d}$ 且 $\alpha \leq 2.1$;

当 $t_2 \geq 2.5t_1$ 时: $\alpha=2.1$;

当 $t_1 < t_2 < 2.5t_1$ 时: α 通过线性插值确定。

当不锈钢抽芯铆钉用于钢板端部与支承构件 (如檩条) 的连接时, 其抗剪承载力设计值应乘以折减系数 0.8。当采用多个抽芯铆钉连接且沿受力方向的连接长度 $l \geq 45d$ 时, 承载力设计值应乘以折减系数 β_L , β_L 应按下式计算:

$$\beta_L = 1.45 - \frac{l}{100d_0} \quad (6.2.6-5)$$

- 式中： N_v ——单个不锈钢抽芯铆钉所承受的剪力设计值 (N)；
 N_v^r 、 N_c^r ——单个不锈钢抽芯铆钉的抗剪、承压承载力设计值 (N)；
 n_v ——不锈钢抽芯铆钉的受剪面数目；
 ϕ ——剪切面数目影响系数，单剪时取 1.0，双剪时取 0.8；
 $[N_v^r]$ ——不锈钢抽芯铆钉的最小抗剪承载力设计值 (N)，可按表 6.2.6 取值，采用其他形式的抽芯铆钉时，应按现行国家标准《紧固件机械性能 盲铆钉试验方法》GB/T 3098.18 进行试验确定抗剪承载力；
 f_c^b ——不锈钢抽芯铆钉的承压强度设计值 (MPa)，可按本规程表 3.3.3-1 取值；
 t_1 ——靠近抽芯铆钉头侧的连接板厚度 (mm)；
 t_2 ——远离抽芯铆钉头侧的连接板厚度 (mm)；
 f ——连接板的抗拉强度设计值 (MPa)，可按本规程表 3.3.1 取值；
 e_1 ——端距 (mm) (图 6.2.6)；
 d_0 ——孔径 (mm) (图 6.2.6)。

表 6.2.6 不锈钢抽芯铆钉的最小抗剪承载力设计值 $[N_v^r]$ (kN)

抽芯铆钉类别	公称直径/mm					
	3.0	3.2	4.0	4.8	5.0	6.4
封闭型平圆头抽芯铆钉	-	2.0	3.0	4.0	-	6.0
开口型沉头抽芯铆钉	1.8	1.9	2.7	4.0	4.7	-
开口型平圆头抽芯铆钉	1.8	1.9	2.7	4.0	4.7	-

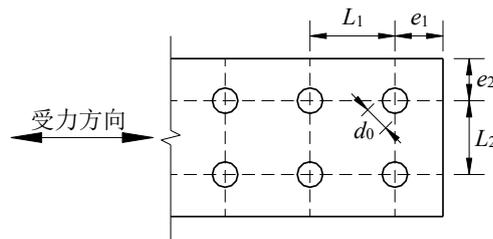


图 6.2.6 不锈钢抽芯铆钉连接的边距、端距和间距示意图

6.3 梁柱节点及柱脚节点计算

6.3.1 当梁柱节点对应于梁翼缘的柱腹板部位设置横向加劲肋时，节点域承载力应符合下列规定：

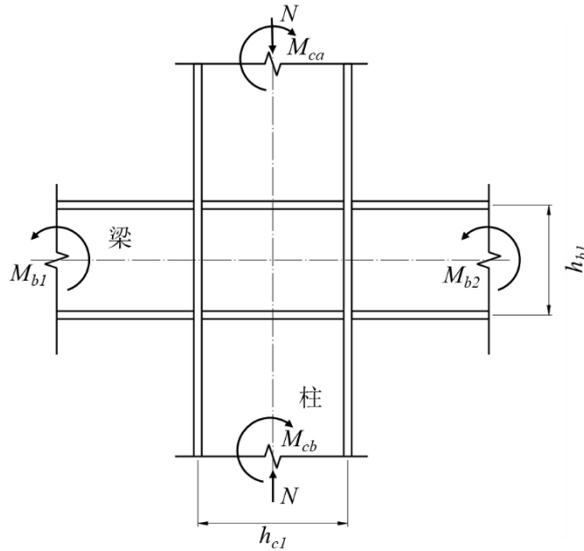


图 6.3.1 梁柱节点剪切域受力示意图

$$\frac{M_{b1} + M_{b2}}{V_p} \leq f_v \quad (6.3.1-1)$$

H 形截面柱:

$$V_p = h_{b1} h_{c1} t_w \quad (6.3.1-2)$$

箱形截面柱:

$$V_p = 1.8 h_{b1} h_{c1} t_w \quad (6.3.1-3)$$

式中: M_{b1} 、 M_{b2} ——分别为节点域两侧梁端弯矩设计值 ($N \cdot mm$);

V_p ——节点域的体积 (mm^3);

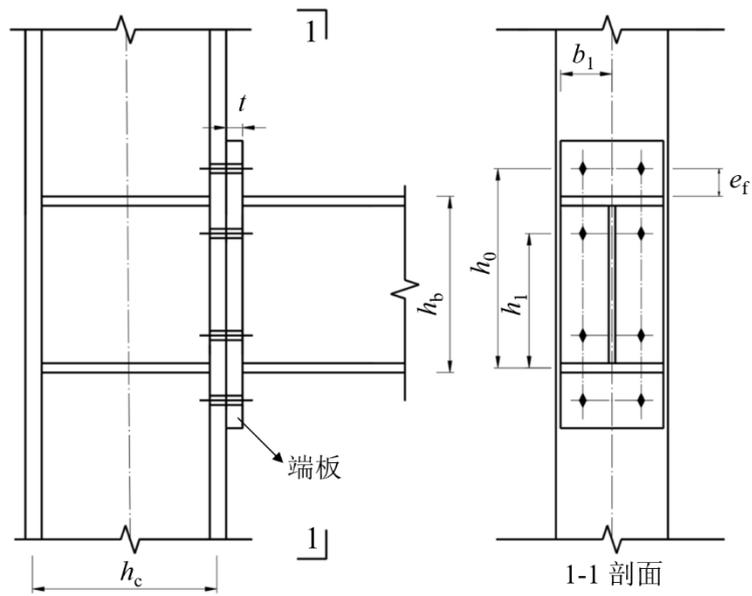
h_{b1} ——梁翼缘中心线之间的高度 (mm);

h_{c1} ——柱翼缘中心线之间的宽度 (mm);

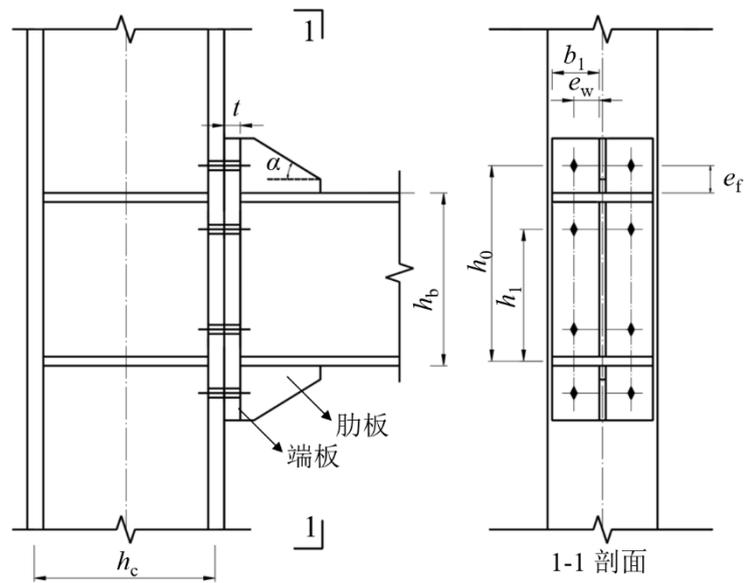
t_w ——柱腹板节点域的厚度 (mm);

f_v ——节点域的抗剪强度 (MPa), 当柱轴压比 $N/Af > 0.4$ 时, 应取 $\sqrt{1 - (N/Af)^2} f_v$ 。

6.3.2 不锈钢梁柱外伸端板刚性连接节点应符合下列规定:



(a)无端板加劲肋



(b)有端板加劲肋

图 6.3.4 外伸端板刚性连接节点受力示意图

1 端板厚度应符合下列规定：

1) 当不设置端板加劲肋时，

$$t \geq \sqrt{\frac{4e_f N_t^b}{b_1 f}} \quad (6.3.2-1)$$

2) 当设置端板加劲肋时，

$$t \geq \sqrt{\frac{4e_f e_w N_t^b}{[e_w b_1 + 2e_f (e_f + e_w)] f}} \quad (6.3.2-2)$$

式中： t ——端板厚度（mm），端板厚度不宜小于螺栓直径；

N_t^b ——一个高强度螺栓/环槽铆钉的受拉承载力设计值（N）；

b_1 ——一排螺栓/环槽铆钉覆盖的端板宽度（mm）；

e_f ——螺栓中心至梁翼缘板的距离（mm）；

e_w ——螺栓中心至梁腹板或与腹板对齐的加劲肋的距离（mm）；

f ——端板的抗拉强度设计值（MPa），应按本规程表 3.3.1 取值。

2 高强螺栓/环槽铆钉的承载力应符合下列规定：

1) 当不设置端板加劲肋时，抗拉螺栓/环槽铆钉应符合下式规定：

$$N_t = \frac{M}{n_1(h_0 + h_1)} + \frac{N}{n} \leq N_t^b \quad (6.3.2-3)$$

2) 当设置端板加劲肋时，抗拉螺栓/环槽铆钉应符合下式规定：

$$N_t = \frac{M}{n_1(h_0 + h_1 + 2e_f)} + \frac{N}{n} \leq N_t^b \quad (6.3.2-4)$$

3) 除抗拉螺栓/环槽铆钉外，节点其余螺栓/环槽铆钉承受全部剪力，每个螺栓/环槽铆钉承受的剪力应符合下式规定：

$$N_v = \frac{V}{n_v} \leq N_v^b \quad (6.3.2-5)$$

式中： M ——节点承受的弯矩（N·mm）；

N ——节点承受轴向拉伸力（N），当节点承受压力时，取 $N=0$ ；

N_t ——一个高强度螺栓/环槽铆钉承受的拉力设计值（N）；

N_v ——一个高强度螺栓/环槽铆钉承受的剪力设计值（N）；

N_t^b ——一个高强度螺栓/环槽铆钉的受剪承载力设计值（N）；

n ——节点处螺栓/环槽铆钉的总数（图 6.3.4 中， $n=8$ ）；

n_1 ——一行螺栓/环槽铆钉的数量（图 6.3.4 中， $n_1=2$ ）；

n_v ——抗剪螺栓/环槽铆钉的数量（图 6.3.4 中， $n_v=4$ ）；

h_0 ——翼缘外侧第一行螺栓中心至梁下翼缘板厚度中心线的距离（mm）；

h_1 ——翼缘内侧第一行螺栓中心至梁下翼缘板厚度中心线的距离（mm）。

3 节点剪切域的承载力应符合本规程 6.3.1 条的规定。

6.3.3 不锈钢梁柱全焊接连接和栓焊混合连接节点可按《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99 的相关规定计算，其中螺栓、加劲肋等材料的耐蚀性均应与不锈钢母材耐腐蚀性能相适应，材料强度的设计值按本规程 3.3 节规定取用。

6.3.4 不锈钢结构柱脚连接节点可采用外露式柱脚、外包式柱脚、埋入式柱脚和插入式柱脚等。不锈钢结构柱脚计算可按《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99 的相关规定计算，其中锚栓、栓钉、加劲肋、垫板等材料的耐蚀性均应与不锈钢母材耐腐蚀性能相适应，材料强度的设计值按本规程 3.3 节规定取用。

6.4 钢管连接节点计算

6.4.1 圆形不锈钢管直接焊接节点应符合下列规定：

1 T 形和 Y 形不锈钢圆管连接节点（图 6.4.1-1）承载力设计值 N_{in} 可按下列公式计算：

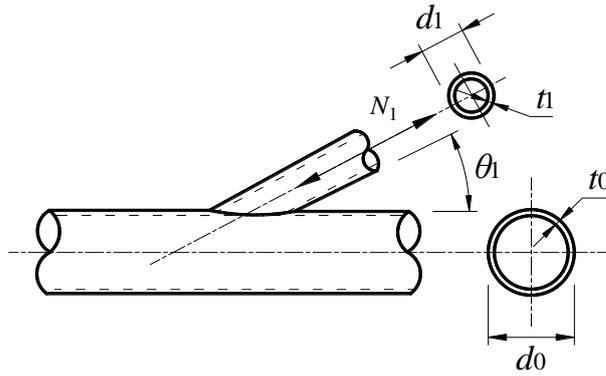


图 6.4.1-1 T 和 Y 形不锈钢圆管连接节点

$$N_{in} = 1.1 \frac{f_0 t_0^2}{\sin \theta_1} (2.8 + 14.2 \beta^2) \gamma^{0.2} k_p \quad (6.4.1-1)$$

$$k_p = \begin{cases} 1 - 0.3 |n_p| (1 + |n_p|) & n_p < 0 (\text{主管受压}) \\ 1.0 & n_p \geq 0 (\text{主管受拉}) \end{cases} \quad (6.4.1-2)$$

$$n_p = \frac{\sigma_{p,Ed}}{f_0} \quad (6.4.1-3)$$

式中：
 f_0 ——主管材料的屈服强度；
 t_0 ——主管壁厚（mm）；
 θ_1 ——主支管轴线间夹角；
 β ——支管直径与主管直径的比值；
 γ ——主管直径与其壁厚比值的 1/2；
 k_p ——主管内力影响系数；
 n_p ——主管在节点处的应力比；
 $\sigma_{p,Ed}$ ——主管在节点处最大轴力与支管轴力在主管轴向投影的合力产生的应力（MPa）。

2 X 形圆管连接节点（图 6.4.1-2），承载力设计值 N_{in} 可按下式计算：

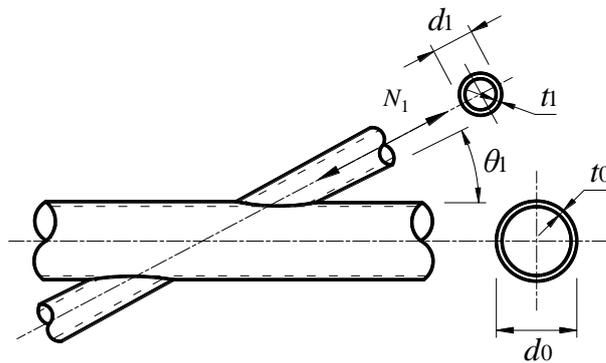


图 6.4.1-2 X 形不锈钢圆管连接节点

$$N_{in} = \left(\frac{5.2}{1 - 0.81 \beta} \right) (1 + 0.15 \beta) f_0 t_0^2 k_p \quad (6.4.1-4)$$

3 K形圆管间隙节点（图 6.4.1-3）承载力设计值 N_{in} 可按下列公式计算：

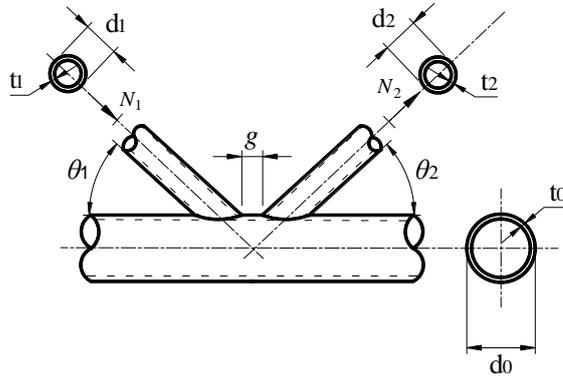


图 6.4.1-3 不锈钢圆管 K 形间隙节点

$$N_{in} = (0.67 + 4.9\beta^{1.32})\gamma^{0.15} \left[1 + \frac{1}{0.14 + (g/t_0)^{0.45}} \right] k_p \frac{f_0 t_0}{\sin \theta_1} \quad (6.4.1-5)$$

$$k_p = \begin{cases} (1 - |n_p|)^{0.15 + 0.33\beta} & n_p < 0 \\ 1.0 & n_p \geq 0 \end{cases} \quad (6.4.1-6)$$

$$n_p = \frac{N_0}{N_{u,0}} + \frac{M_0}{M_{u,0}} \quad (6.4.1-7)$$

式中：
 g ——两个支管间的距离（mm）；
 θ_i ——主管轴线间夹角；
 k_p ——主管内力影响系数；
 n_p ——主管在节点处的应力比；
 N_0 、 M_0 ——主管在节点处的承受的轴力（N）和弯矩（N·mm）；
 $N_{u,0}$ 、 $M_{u,0}$ ——主管在节点处的截面轴心受压（N）和受弯（N·mm）承载力设计值。

4 K形搭接节点（图 6.4.1-4）承载力设计值 N_{in} 可按下列公式计算：

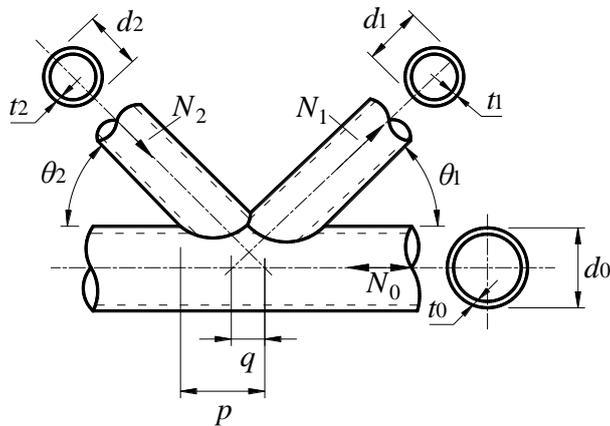


图 6.4.1-4 不锈钢圆管 K 形搭接节点

$$N_{in} = 1.1 \frac{f_0 t_0^2}{\sin \theta_1} \left(1.8 + 10.2 \frac{d_1}{d_0} \right) k_p k_g \quad (6.4.1-8)$$

$$N_{2n} = 1.1 \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} N_{1n} \quad (6.4.1-9)$$

$$k_g = \gamma^{0.2} \left[1 + \frac{0.024 \gamma^{1.2}}{\exp(0.5 g/t_0) - 0.33} \right] \quad (6.4.1-10)$$

$$k_p = \begin{cases} 1 - 0.3 |n_p| (1 + |n_p|) & n_p < 0 \\ 1.0 & n_p \geq 0 \end{cases} \quad (6.4.1-11)$$

式中： k_g ——间隙影响系数；
 k_p ——主管内力影响系数；
 n_p ——主管在节点处的应力比。

5 当 $d_i \leq d_0 - 2t_0$ 时，T、Y、X 和 K 形间隙节点支管在节点处的冲剪承载力 N_{si} 可按下列公式计算：

$$N_{si} = 1.1 \left(\frac{f_0}{\sqrt{3}} \right) t_0 \pi d_i \frac{1 + \sin \theta_i}{2 \sin^2 \theta_i} \quad (6.4.1-12)$$

6.4.2 方（矩）形不锈钢管直接焊接节点应符合下列规定：

1 T、Y 和 X 形方（矩）形管连接节点（图 6.4.2-1）承载力设计值 N_{1n} 可按下列规定计算：

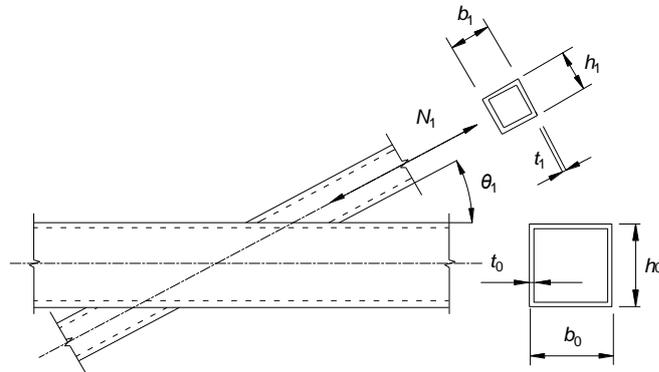


图 6.4.2-1 T、Y 和 X 形不锈钢方（矩）形管连接节点

1) 当 $\beta < 0.80$ 时，节点承载力设计值 N_{1n} 按下列公式计算：

$$N_{1n} = \alpha_A \frac{2f_0 t_0^2}{(1-\beta') \sin \theta_1} \left[\frac{h_1'}{b_0'} + 2(1-\beta')^{0.5} \right] k_p \quad (6.4.2-1)$$

$$k_p = 1 - \frac{n_p}{10\beta} \quad (6.4.2-2)$$

$$n_p = \frac{\sigma_{p.Ed}}{f_0} \quad (6.4.2-3)$$

式中： k_p ——主管内力影响系数；
 n_p ——主管在节点处的应力比；
 b_0 ——主管的宽度（mm）；

h_1' ——支管的净高度 (mm), 等于 h_1-t_1 ;
 b_0' ——主管的净宽度 (mm), 等于 b_0-t_0 ;
 t_0 ——主管的壁厚 (mm);
 f_0 ——主管的材料的屈服强度 (MPa);
 β ——支管宽度与主管宽度的比值;
 β' ——支管有效宽度与主管净宽度的比值, 等于 $(b_1+2h_f)/(b_0-t_0)$;
 h_f ——焊脚尺寸 (mm);
 $\sigma_{p,Ed}$ ——主管在节点处最大轴力与支管轴力在主管轴向投影的合力产生的应力 (MPa);
 α_a ——折减参数, 对于 T 形和 Y 形节点取 0.68, 对于 X 形节点取 0.63。

2) 当 $\beta \geq 0.80$ 时, 节点承载力设计值 N_{in} 按下列公式计算:

$$N_{in} = 2\alpha_B f_0 t_0 h_1 k_1 k_2 \quad (6.4.2-4)$$

$$k_1 = \begin{cases} 1.75 - 0.030 \frac{h_0}{t_0} & \frac{h_0}{t_0} \leq 25 \\ 1.40 - 0.016 \frac{h_0}{t_0} & \frac{h_0}{t_0} > 25 \end{cases} \quad (6.4.2-5)$$

$$k_2 = \begin{cases} \left(0.7 \frac{h_0}{t_0}\right)^{0.7} & \frac{h_1}{h_0} \leq 0.7 \\ \left(0.7 \frac{h_0}{t_0}\right)^{0.2} & \frac{h_1}{h_0} > 0.7 \end{cases} \quad (6.4.2-6)$$

式中: k_1 、 k_2 ——计算系数;
 α_B ——折减系数, 取 0.9;
 h_1 ——支管的高度 (mm)。

3) 当 $\beta \geq 0.85$ 、 $\tau \leq 0.55$ 且 $b_{eff} \geq b_1$ 时, 节点承载力设计值 N_{in} 按下列公式计算:

$$N_{in} = 1.1 f_0 t_1 (2h_1 - 4t_1 + 2b_{eff}) \quad (6.4.2-7)$$

$$b_{eff} = \left(\frac{10}{b_0/t_0}\right) \left(\frac{f_0 t_0}{f_1 t_1}\right) b_1 \leq b_1 \quad (6.4.2-8)$$

式中: b_{eff} ——支管的有效宽度 (mm);
 τ ——支管与主管壁厚比。

2 K 形方 (矩) 形管间隙节点 (图 6.4.2-2) 承载力设计值 N_{in} 可按下列公式计算:

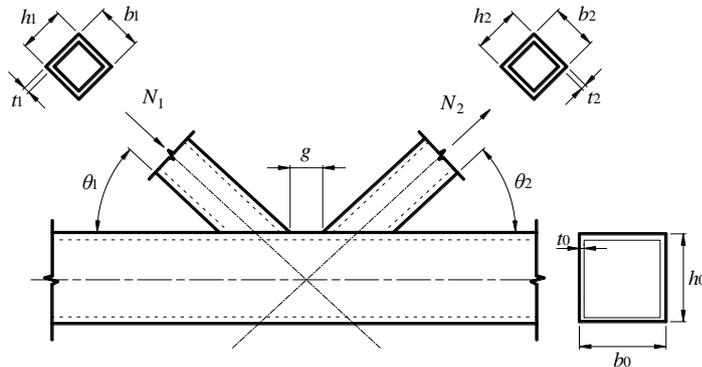


图 6.4.2-2 K 形方（矩）形管间隙节点

$$N_{in} = 15.4\beta\gamma^{0.3}k_p \frac{ft_0^2}{\sin\theta_1} \quad (6.4.2-9)$$

$$k_p = \left(1 - |n_p|\right)^{C_1} \quad (6.4.2-10)$$

$$n_p = \frac{N_0}{N_{u,0}} + \frac{M_0}{M_{u,0}} \quad (6.4.2-11)$$

式中： k_p ——主管内力影响系数；

C_1 ——计算系数，当 n_p 大于等于 0 时取 0.1，当小于 0 时取 $0.5-0.5\beta$ ，但不小于 0.10。

3 K 形方（矩）形管搭接节点（图 6.4.2-3），搭接支管的承载力设计值 N_{in} 可按下列公式计算：

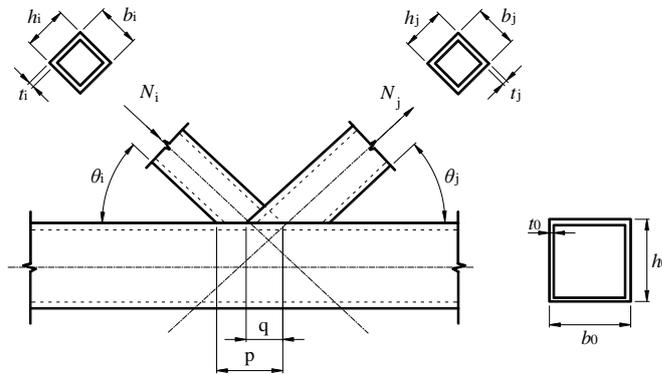


图 6.4.2-3 K 形方（矩）形管搭接节点

$$N_{in} = \begin{cases} 1.1f_i t_i \left[\frac{\eta_{OV}}{50} (2h_i - 4t_i) + b_{eff} + b_{e,ov} \right] & 25\% \leq \eta_{OV} < 50\% \\ 1.1f_i t_i [2h_i - 4t_i + b_{eff} + b_{e,ov}] & 50\% \leq \eta_{OV} < 80\% \\ 1.1f_i t_i [2h_i - 4t_i + b_i + b_{e,ov}] & 80\% \leq \eta_{OV} \end{cases} \quad (6.4.2-12)$$

$$b_{e,ov} = \left(\frac{10}{b_j/t_j} \right) \left(\frac{f_j t_j}{f_i t_i} \right) b_i \leq b_i \quad (6.4.2-13)$$

式中： b_{eff} ——搭接支管相对于主管的有效宽度（mm），按式（6.4.2-8）计算；

$b_{e,ov}$ ——搭接支管相对于被搭接支管的有效宽度（mm）；

η_{ov} ——搭接率，取 $q/p \times 100\%$ ；

b_i ——搭接支管的宽度（mm）；

h_i ——搭接支管的高度（mm）；

t_i ——搭接支管的厚度（mm）；

b_j ——被搭接支管的宽度（mm）；

h_j ——被搭接支管的高度（mm）；

t_j ——被搭接支管的厚度（mm）。

6.5 焊缝连接疲劳计算

6.5.1 直接承受动力作用的奥氏体和双相不锈钢结构焊缝连接，当应力变化的循环次数 N 等于或大于 5×10^4 次时，应进行疲劳计算。

6.5.2 不锈钢结构焊缝连接疲劳计算采用基于名义应力幅的容许应力幅法，应力应按弹性状态计算。

6.5.3 容许应力幅应根据焊缝连接类别、应力循环次数可按下式计算：

$$[\Delta\sigma] = \left(\frac{C}{N} \right)^{1/m} \quad (6.5.3)$$

式中： $[\Delta\sigma]$ ——常幅疲劳的容许正应力幅（MPa）；

N ——疲劳寿命（应力循环次数）；

C 、 m ——参数，按表 6.5.3 采用。

表 6.5.3 焊缝连接构造分类表

项次	构造细节	说明	$[\Delta\sigma]/\text{MPa}$	m	C
1		<ul style="list-style-type: none"> • 横向对接焊缝附近的母材。 • 符合现行国家标准《不锈钢结构焊接技术规程》T/CECS 1295 的一级焊缝质量要求。 	125	9.4	1.028×10^{26}
2		<ul style="list-style-type: none"> • 十字形角焊缝附近的母材。 • 符合现行国家标准《不锈钢结构焊接技术规程》T/CECS 1295 的二级焊缝质量要求。 	125	7.2	2.505×10^{21}
3		<ul style="list-style-type: none"> • 纵向圆管角焊缝。 • 符合现行国家标准《不锈钢结构焊接技术规程》T/CECS 1295 的二级焊缝质量要求。 	115	6.4	3.087×10^{19}
4		<ul style="list-style-type: none"> • 纵向焊接附件附近的母材。 • 符合现行国家标准《不锈钢结构焊接技术规程》T/CECS 1295 的二级焊缝质量要求。 	90	4.6	1.952×10^{15}
5		<ul style="list-style-type: none"> • 矩形节点板直接用对接焊缝焊接于构件翼缘处的母材， • 符合现行国家标准《不锈钢结构焊接技术规程》T/CECS 1295 的二级焊缝质量要求。 	55	3.2	7.416×10^{11}
6		<ul style="list-style-type: none"> • 十字型连接，焊缝根部起裂 • 符合现行国家标准《不锈钢结构焊接技术规程》T/CECS 1295 的二级焊缝质量要求。 	50	4.2	2.733×10^{13}

注：箭头表示计算应力幅的位置和方向。疲劳强度即该构造类别 2×10^6 次疲劳寿命对应的强度。

6.5.4 在结构使用寿命期间，当常幅疲劳的应力幅符合下列公式时，则疲劳强度应符合下式规定：

$$\Delta\sigma \leq [\Delta\sigma] \quad (6.5.4)$$

式中： $\Delta\sigma$ ——焊缝部位的正应力幅（MPa）；

$[\Delta\sigma]$ ——常幅疲劳的容许正应力幅（MPa），由式（6.5.3）求得。

6.5.5 在结构使用寿命期间，当变幅疲劳的等效力幅符合下列公式时，则疲劳强度应符合下列规定：

$$\Delta\sigma_{eq} \leq [\Delta\sigma] \quad (6.5.5-1)$$

$$\Delta\sigma_{eq} = \left(\frac{\sum (n_i \cdot (\Delta\sigma_i)^m)}{\sum n_i} \right)^{1/m} \quad (6.5.5-2)$$

式中： $\Delta\sigma_{eq}$ ——变幅疲劳的等效名义正应力幅（MPa）；

$\Delta\sigma_i$ ——正应力幅谱中的正应力幅（MPa）；

n_i —— $\Delta\sigma_i$ 对应的应力循环次数。

6.6 连接构造要求

6.6.1 不锈钢焊接连接应符合下列构造规定：

1 角焊缝的计算长度不应小于 $8h_f$ ，且当被连接板件厚度不大于 6mm 时不应小于 30mm，其他情况不应小于 40mm，侧面角焊缝的计算长度不应大于 $60h_f$ （连续受力的角焊缝除外）。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 1.5 倍），且不宜小于 $1.5\sqrt{t}$ ，其中 t 为较厚焊件厚度。

2 直接承受动力重复作用并需进行疲劳验算的焊缝连接应满足现行国家标准《钢结构焊接规范》GB50661 的构造要求。

3 电阻点焊的焊点中距不宜小于 $15\sqrt{t}$ ，焊点边距不宜小于 $10\sqrt{t}$ ，其中 t 为较薄焊件厚度。

6.6.2 螺栓、环槽铆钉、抽芯铆钉和螺钉等连接宜采用紧凑布置，其连接中心宜与被连接构件截面的重心相一致。

6.6.3 螺栓和环槽铆钉的间距、边距和端距容许值应符合表 6.6.3 的规定。

表 6.6.3 螺栓和环槽铆钉孔距和边距的容许间距

名称	位置和方向		最大容许间距 (取两者的较小值)	最小容许间距	
中心 间距	外排（垂直内力方向或顺内力方向）		$8d_0$ 或 $12t$	$3d_0$ ($2.5d_0$)	
	中间排	垂直内力方向	$16d_0$ 或 $24t$		
		顺内力方向	构件受压力		$12d_0$ 或 $18t$
			构件受拉力		$16d_0$ 或 $24t$
沿对角线方向		—			
中心至构件 边缘距离	顺力方向		$4d_0$ 或 $8t$	$2.0d_0$	
	垂直内力 方向	剪切边或等离子切割边		$1.5d_0$	
		轧制边、激光切割或锯割边			高强度螺栓
				其他螺栓或铆钉	$1.2d_0$

注：1 d_0 为螺栓或铆钉的孔径，对槽孔为短向尺寸， 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）相连的高强度螺栓的最大间距，可按中间排的数值采用；
- 3 计算螺栓孔引起的截面削弱时可取 $d+4\text{ mm}$ 和 d_0 的较大者；
- 4 最小容许间距一列中括号中的数据适用于环槽铆钉。

6.6.4 不锈钢抽芯铆钉和螺钉应符合下列构造规定：

- 1 抽芯铆钉的适用直径为 3.0mm~5.0mm。
- 2 抽芯铆钉和螺钉的钉头部分宜靠在较薄的板件一侧，螺钉另一侧的露出螺纹不应少于 2 扣。连接件的中距和端距不应小于连接件直径的 3 倍，边距不应小于连接件直径的 1.5 倍。受力连接中的连接件不宜少于 2 个。

6.7 节点构造要求

6.7.1 不锈钢梁柱全焊接连接节点，其构造如图 6.7.1-1 和 6.7.1-2 所示，且应符合下列规定：

- 1 H 形柱对应于梁翼缘的柱腹板部位宜设置横向加劲肋，其厚度不宜小于梁翼缘厚度，宽度应符合传力和板件宽厚比限值的要求。横向加劲肋的上表面宜与梁翼缘的上表面对齐，并以熔透 T 形对接焊缝与柱翼缘连接，当梁与 H 形截面柱弱轴方向连接，横向加劲肋与柱腹板的连接宜采用焊透对接焊缝。
- 2 梁柱连接处在柱翼缘位置宜预先焊接剪切板，现场拼装时梁可通过定位螺栓与剪切板连接。梁与柱连接的过焊孔宜采用图 6.7.1-2 所示的形式。
- 3 梁翼缘与柱翼缘间应采用全熔透坡口焊缝；完成梁翼缘与柱翼缘焊接后，应对梁腹板与柱翼缘进行全熔透焊接，并将剪切板与梁腹板采用角焊缝连接，细节构造应符合图 6.7.1-2 中的要求。

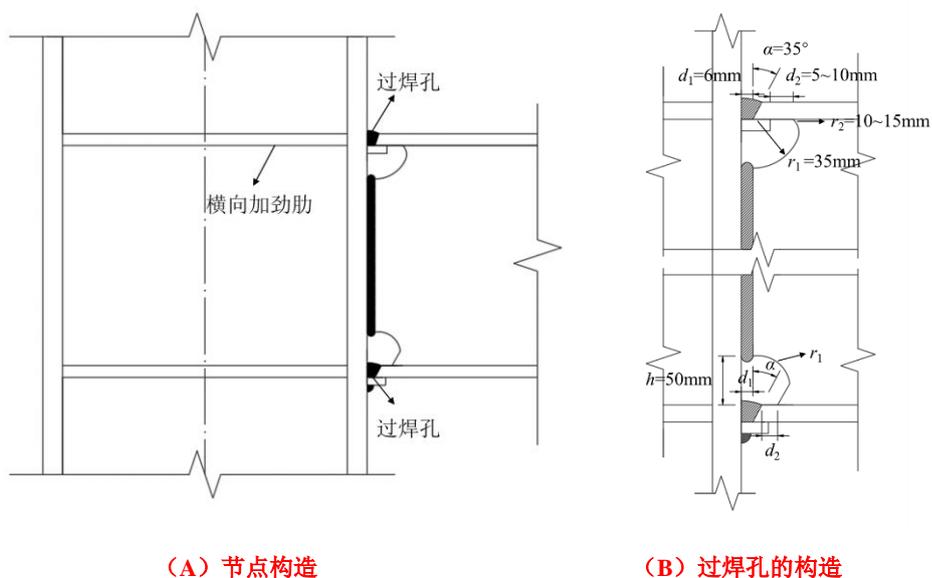
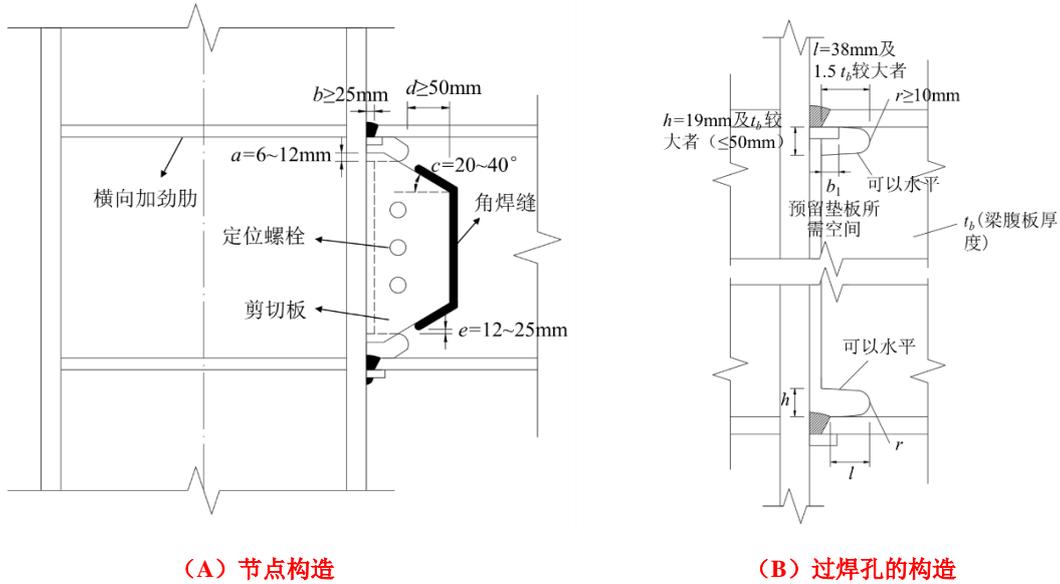


图 6.7.1-1 梁柱全焊接连接节点典型构造



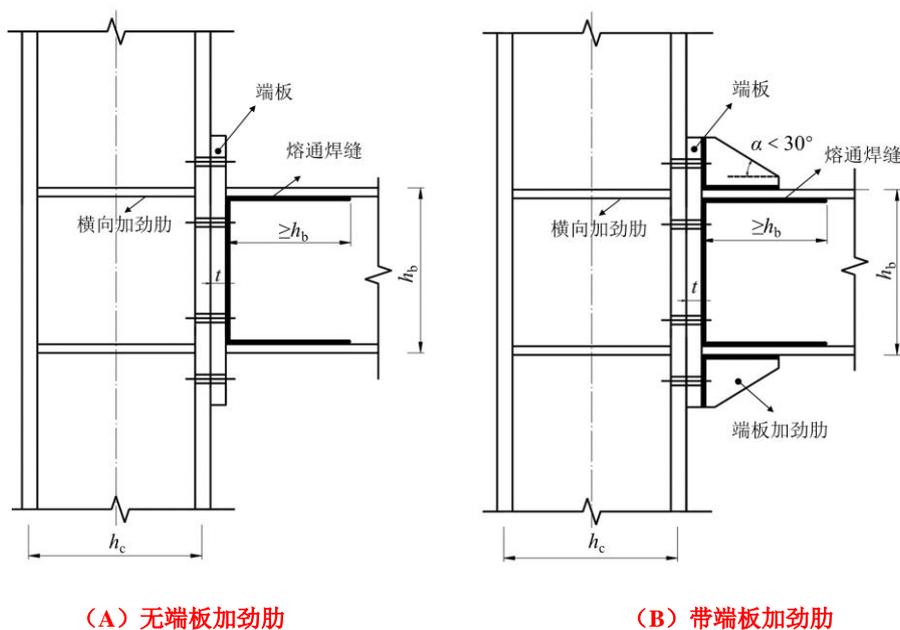
(A) 节点构造

(B) 过焊孔的构造

图 6.7.1-2 带剪切板的梁柱全焊接连接节点典型构造

6.7.2 不锈钢梁柱外伸端板连接节点，其构造如图 6.7.2 所示，且应符合下列规定：

- 1 端板外伸部位宜设置三角形短加劲肋，加劲肋与梁翼缘的夹角不大于 30° ，厚度不应小于梁腹板且应满足宽厚比的要求；短加劲肋与梁翼缘和端板应采用熔透焊缝连接。
- 2 端板直接与柱翼缘连接时，相连部位的柱翼缘厚度应与端板厚度相等。
- 3 节点区柱腹板对应于梁翼缘部位应设置横向加劲肋，厚度不宜小于对应梁翼缘厚度，宽度应符合传力和板件宽厚比限值的要求。
- 4 梁翼缘与端板的焊接应采用熔透焊缝，不宜设置过焊孔，熔透焊完成后宜在翼缘内侧补焊 8mm 角焊缝。梁腹板与端板之间采用熔透焊或双面角焊缝等强连接。距离端板 1 倍梁高范围内，梁翼缘与腹板采用熔透焊缝或双面角焊缝连接，当采用双面角焊缝时，其焊缝有效高度不小于腹板厚度的 0.75 倍。



(A) 无端板加劲肋

(B) 带端板加劲肋

图 6.7.2 不锈钢梁柱外伸端板连接节点构造

6.7.3 不锈钢柱脚节点应符合下列构造规定：

- 1 不锈钢柱脚底板厚度不宜小于 16mm。
- 2 柱脚锚栓宜采用不锈钢锚栓，其直径不宜小于 16mm，锚固长度不宜小于直径的 25 倍，锚栓底部应设置锚板或弯钩，锚板厚度大于 1.3 倍的锚栓直径。当采用其他材质的锚栓或者不锈钢锚栓与碳钢钢筋接触时，应采取防腐或隔离措施。
- 3 不锈钢柱脚底部水平反力宜设置抗剪件承受，水平力不应由锚栓承受。

6.7.4 不锈钢钢管直接焊接节点的构造应符合下列规定：

1 圆管直接焊接节点应符合下列规定：

- 1) 主管与支管或支管轴线间的夹角不宜小于 30°。
- 2) 支管与主管外径及壁厚之比均不应小于 0.2，且不应大于 1.0；
- 3) 主管和支管的径厚比不应小于 10，且不应大于 50，对于 X 形节点，不应大于 40；
- 4) K 形间隙节点的间隙不小于相邻两个支管壁厚之和；
- 5) K 形搭接节点搭接率不应小于 25%，不应大于 100%。

2 方（矩）形管直接焊接节点应符合表 6.7.4 的规定：

表 6.7.4 主管、支管均为方（矩）形管的节点几何参数适用范围

节点形式	节点参数 ($i=1, 2, j$ 表示被搭接支管)					
	b_i/b_0	$b_i/t_i, h_i/t_i$		b_0/t_0 h_0/t_0	$b_1+b_2/2b_1,$ $b_i/b_j, t_i/t_j$	g, η_{ov}
		受压	受拉			
T, Y 或 X 形节点	$0.25 \leq \frac{b_i}{b_0} \leq 0.85$	$\frac{b_i}{t_i} \leq 35$	$\frac{h_i}{t_i} \leq 35$	$10 \leq \frac{b_0}{t_0} \leq 35$ $10 \leq \frac{h_0}{t_0} \leq 35$	-	-
K 形间隙节点	$\frac{b_i}{b_0} \geq 0.1 + 0.01 \frac{b_0}{t_0}$ 且 $\frac{b_i}{b_0} \geq 0.25$	$\frac{b_i}{t_i} \leq 35$ $\frac{h_i}{t_i} \leq 35$ 且符合 SS1 截面要求	$\frac{b_i}{t_i} \leq 35$ $\frac{h_i}{t_i} \leq 35$	$15 \leq \frac{b_0}{t_0} \leq 35$ $15 \leq \frac{h_0}{t_0} \leq 35$	$0.6 \leq \frac{b_1+b_2}{2b_1} \leq 1.3$	$\frac{g}{b_0} \geq 0.5(1-\beta)$ $\frac{g}{b_0} \leq 1.5(1-\beta)$ 且 $g \geq t_1 + t_2$
K 形搭接节点	$\frac{b_i}{b_0} \geq 0.25$	符合 SS1 截面要求		$\frac{b_0}{t_0} \leq 40$ $\frac{h_0}{t_0} \leq 40$	$\frac{t_i}{t_j} \leq 1.0$ $\frac{b_i}{b_j} \geq 0.75$	$25\% \leq \eta_{ov} \leq 100\%$

3 支管与主管的连接节点处宜避免偏心。当偏心不可避免时，其偏心距应满足下式要求：

$$-0.55 \leq \frac{e}{d_0} \left(\text{或} \frac{e}{h_0} \right) \leq 0.25 \quad (6.7.4)$$

式中： e ——偏心距；

d_0 ——主管外径（mm）；

h_0 ——方（矩）形主管截面高度（mm）。

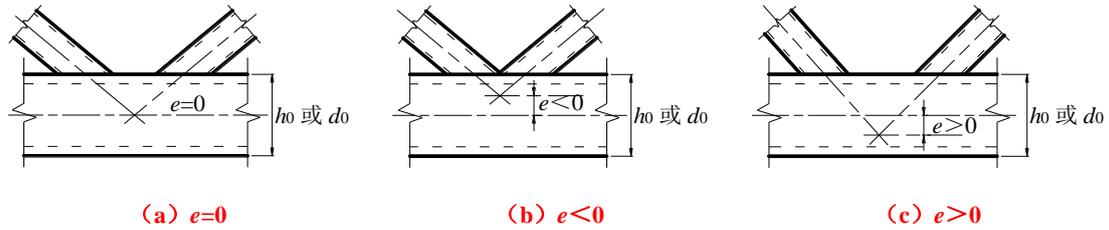


图 6.7.4 支管与主管的连接节点偏心示意图

4 节点的焊缝应符合下列规定：

- 1) 支管与主管的连接焊缝，应沿全周连续焊接并平滑过渡；焊缝形式宜沿全周采用角焊缝，其中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；角焊缝的焊脚尺寸不宜大于支管壁厚的 2 倍；搭接支管周边焊缝宜为 2 倍支管壁厚。
- 2) 当搭接支管外部尺寸不同时，外部尺寸较小者应搭接在尺寸较大者上；当支管壁厚不同时，较小壁厚者应搭接在较大壁厚者上；当支管分别承受拉力和压力时，承受轴心拉力的支管应搭接在承受轴心压力的支管上。

7 压型板

7.1 一般规定

7.1.1 本节关于不锈钢压型板的规定仅适用于搭接型、扣合型、咬合型和焊接型屋面板和墙面板。

7.1.2 搭接型压型板宜采用螺钉直接与檩条或衬檩连接，高波搭接型压型板宜采用搭接固定支架；扣合型压型板宜采用扣合式连接固定支架；咬合型和焊接型压型板宜采用滑动支架或固定支架。

7.1.3 不锈钢压型板应按围护结构进行设计，应具有足够的承载能力、刚度、稳定性、耐久性和变形协调性能。

7.1.4 不锈钢压型板承载力可按本规程 7.2 节计算。不锈钢压型板的支承结构和连接的承载力可按本规程第 5 章和第 6 章的规定计算。当支承结构和连接的构造较为复杂时，宜通过试验确定。对于强风地区的重要建筑，不锈钢压型板围护系统的承载力应进行抗风揭试验验证。

7.2 压型板的计算

7.2.1 不锈钢压型板的承载力可取一个波距或整块压型板的有效截面，按受弯构件计算。

7.2.2 不锈钢压型板的抗弯强度可按下列公式计算：

$$\frac{M}{W_e} \leq f \quad (7.2.2-1)$$

式中： M ——截面所承受的最大弯矩 (N.mm)；

W_e ——有效截面模量 (mm³)，按本规程 7.3 节计算；

f ——材料的抗拉强度设计值 (N/mm²)，按本规程表 3.3.1 取值。

7.2.3 不锈钢压型板腹板的抗剪强度应符合下列规定：

$$\text{当 } \frac{h_w}{t} < 100 \sqrt{\frac{235}{f_{0.2}}} \text{ 时,}$$

$$\tau \leq \tau_{cr} = \frac{1.33 \sqrt{E_0 f_{0.2}}}{h_w / t}, \quad \text{且 } \tau \leq f_v \quad (7.2.3-1)$$

$$\text{当 } \frac{h_w}{t} \geq 100 \sqrt{\frac{235}{f_{0.2}}} \text{ 时,}$$

$$\tau \leq \tau_{cr} = \frac{4.83 E_0}{(h_w / t)^2} \quad (7.2.3-2)$$

式中： τ ——腹板的平均剪应力 (N/mm²)；

τ_{cr} ——腹板的剪切屈曲临界剪应力 (N/mm²)；

h_w 、 t ——腹板的斜高、厚度 (mm)；

f_v ——材料的抗剪强度设计值 (N/mm²)，按本规程表 3.3.1 取值。

7.2.4 不锈钢压型板同时承受弯矩 M 和剪力 V 的截面，应符合下列规定：

$$\left(\frac{M}{M_u} \right)^2 + \left(\frac{V}{V_u} \right)^2 \leq 1 \quad (7.2.4-1)$$

$$M_u = W_e f \quad (7.2.4-2)$$

$$V_u = (h_w t \sin \theta) \tau_{cr} \quad (7.2.4-2)$$

式中： M_u ——腹板的抗弯承载力设计值 (N·mm)；
 V_u ——截面的抗剪承载力设计值 (N)；
 τ_{cr} ——腹板的剪切屈曲临界剪应力，按第 7.2.3 条的规定计算 (N/mm²)；
 θ ——压型板的腹板与翼缘的夹角；
 h_w 、 t ——腹板的斜高、厚度 (mm)。

7.2.5 不锈钢压型板翼缘上作用集中荷载处或支座处的腹板局部承压承载力，应符合下列规定：

1 只承受集中荷载或支座处反力作用时，

$$\frac{R}{R_w} \leq 1.0 \quad (7.2.5-1)$$

$$R_w = C t^2 f \sin \theta \left[1 - C_r \sqrt{\frac{r_i}{t}} \right] \left[1 + C_1 \sqrt{\frac{l_b}{t}} \right] \left[1 - C_w \sqrt{\frac{h_w'}{t}} \right] \quad (7.2.5-2)$$

2 同时承受弯矩和集中荷载或支座处反力作用时，

$$\frac{M}{M_u} \leq 1.0 \quad (7.2.5-3)$$

$$\frac{R}{R_w} \leq 1.0 \quad (7.2.5-4)$$

$$\frac{M}{M_u} + \frac{R}{R_w} \leq 1.25 \quad (7.2.5-5)$$

式中： R ——一块腹板承担的集中荷载或支座反力 (N)；
 R_w ——与上、下翼缘相连的一块腹板局部承压承载力设计值 (N)，按式 (7.2.5-2) 计算；
 M_u ——截面的抗弯承载力设计值 (N·mm)；
 C ——计算系数，根据受力模式按表 7.2.5 和图 7.2.5 选取；
 t ——压型板的厚度 (mm)；
 θ ——腹板与承压面的夹角 (°)，其适用范围为 $45^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$ ；
 C_r ——压型板弯角半径系数，按表 7.2.5 选取；
 r_i ——压型板弯角内半径 (mm)；
 C_1 ——承压长度系数，按表 7.2.5 选取；
 l_b ——集中荷载或支座反力的支承长度 (mm)，当有两个大小相等、方向相反的集中荷载分别作用在上、下翼缘且支承长度不同时，取其中较小值；
 C_w ——腹板的柔度系数，按表 7.2.5 选取；
 h_w' ——扣除弯角段的腹板的高度 (mm)。

表 7.2.5 腹板局部承压承载力的计算系数取值

荷载条件		C	C_r	C_1	C_w	限值
一个翼缘上作用有集中荷载或支座反力	端部	4	0.40	0.25	0.025	$r_i/t_w \leq 20$
	中部	8	0.10	0.17	0.004	$r_i/t_w \leq 10$
两个翼缘上作用有集中荷载或支座反力	端部	9	0.12	0.14	0.04	$r_i/t_w \leq 10$
	中部	10	0.11	0.21	0.02	$r_i/t_w \leq 10$

注：截面尺寸应满足 $h_w'/t \leq 200$ 、 $l_b/t \leq 210$ 、 $l_b/h_w' \leq 2.0$ (直立边槽形截面) 或 $l_b/h_w' \leq 3.0$ (梯形截面)。

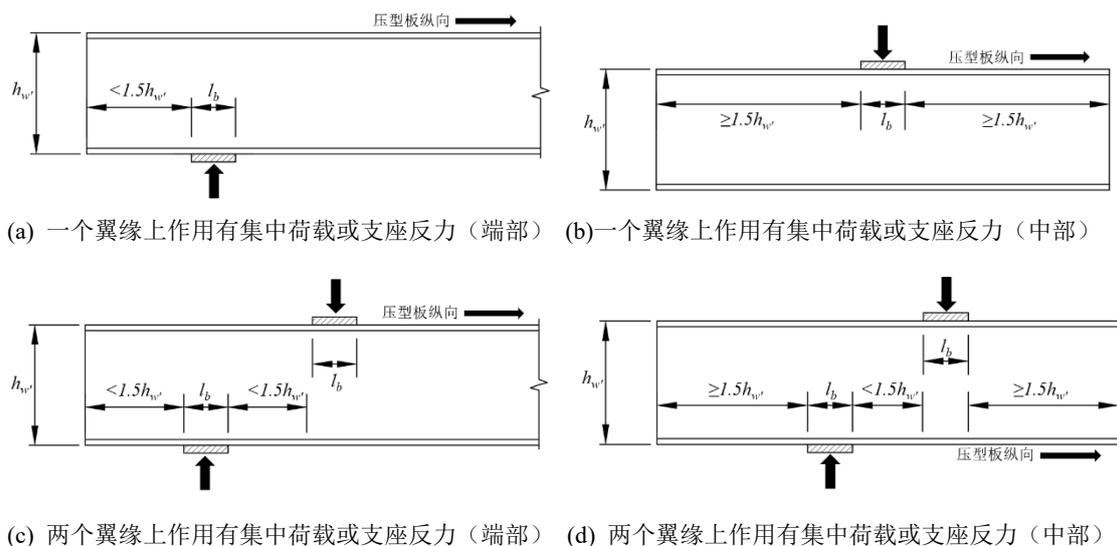


图 7.2.5 腹板局部受压的四种典型模式

7.2.6 不锈钢压型板的挠度与跨度之比不宜超过下列限值：

- 1 屋面板：屋面坡度小于 1/20 时取 1/250，屋面坡度不小于 1/20 时取 1/200；
- 2 墙面板：1/150。

7.3 压型板的有效截面

7.3.1 计算压型板截面的有效截面模量 W_e 时，首先将压型板分解为若干翼缘和腹板，分别计算各板件的有效宽度，进而根据有效宽度计算截面的惯性矩和截面模量。受压翼缘和腹板的有效宽厚比应按本规程第 5.6.1 条规定采用，受拉翼缘全部有效。

7.3.2 受压翼缘的有效宽厚比，应根据受压翼缘两纵边的约束情况，按下列规定采用：

- 1 若受压翼缘两纵边均与腹板相连，且翼缘无中间加劲肋时（图 7.3.2 中板件 1），可按本规程 5.6.1 节中加劲板件确定其有效截面；
- 2 若受压翼缘两纵边均与腹板相连，且翼缘有符合本规程第 7.3.4 要求的中间加劲肋时（图 7.3.2 中板件 2），可按本规程 7.3.3 条确定其有效截面；
- 3 若一纵边与腹板相连且另一纵边边缘与符合本规程第 7.3.5 要求的边加劲肋相连时（图 7.3.2 中板件 3），可按本规程 5.6.1 节中部分加劲板件确定其有效截面。

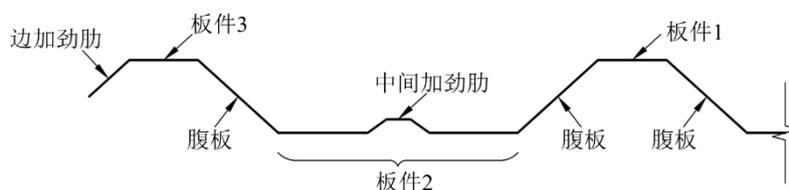


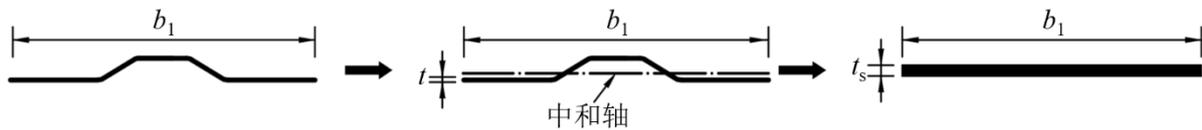
图 7.3.2 压型板中的板件类型

7.3.3 带有中间加劲肋的受压翼缘的有效截面应按照下列规定计算：

- 1 带有中间加劲肋的受压翼缘的等效板件厚度（如图 7.3.3a 所示）可按式（7.3.3）计算；
- 2 根据其等效板件厚度，按照本规程 5.6.1 节确定带有中间加劲肋的受压翼缘的有效宽度，并按图 7.3.3b 计算有效截面。

$$t_s = \sqrt[3]{\frac{12I_{sp}}{b_1}} \quad (7.3.3)$$

式中：
 t_s ——等效板件厚度 (mm)；
 I_{sp} ——加劲板件对中和轴的惯性矩 (mm⁴)；
 b_1 ——加劲板件宽度 (mm)；
 b_{e1} ——加劲板件等效宽度 (mm)。



(a) 等效厚度示意



(b) 有效宽度示意

图 7.3.3 带有中间加劲肋的受压翼缘的有效宽度计算

7.3.4 受压翼缘的中间加劲肋 (图 7.3.4) 应符合下列规定：

$$I_{is} \geq 3.66t^4 \sqrt{\left(\frac{b_s}{t}\right)^2 - \frac{0.119E_0}{f_{0.2}}} \quad (7.3.4)$$

且 $I_{is} \geq 18t^4$

式中：
 I_{is} ——中间加劲肋截面对平行于被加劲板件截面之形心轴的惯性矩 (mm⁴)；
 b_s ——子板件的宽度 (mm)；
 t ——板件的厚度 (mm)。

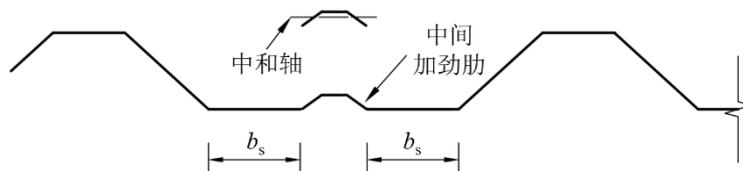


图 7.3.4 带中间加劲肋的压型板截面示意图

7.3.5 受压翼缘的边缘加劲肋 (图 7.3.2)，除应满足本规程第 4.3.4 条规定外，尚应符合下列规定：

$$I_{es} \geq 1.83t^4 \sqrt{\left(\frac{b_1}{t}\right)^2 - \frac{0.119E_0}{f_y}} \quad (7.3.5)$$

且 $I_{es} \geq 9t^4$

式中：
 I_{es} ——边加劲肋截面对平行于被加劲板件截面之形心轴的惯性矩 (mm⁴)；
 a ——边缘加劲板件的宽度 (mm)；

t ——板件的厚度 (mm);
 b_1 ——带卷边板件的宽度 (mm)。

7.4 压型板的构造

7.4.1 压型板腹板与翼缘水平面之间的夹角 θ 不宜小于 45° 。

7.4.2 压型板长度方向可采用搭接式或焊接等连接方式, 应符合下列规定:

- 1 焊接型压型板宜采用对接焊缝连接或搭接后连续焊缝连接, 其搭接长度不宜小于 50 mm。
- 2 其他类型的压型板宜采用搭接式连接, 搭接端应与支承构件 (如檩条、墙梁等) 有可靠的连接, 并在下部设置硬质支撑或刚性衬板, 搭接长度不宜小于下列限值:
 - 1) 高波屋面压型板 (波高 ≥ 70 mm): 350 mm;
 - 2) 低波屋面压型板 (波高 < 70 mm): 屋面坡度 $\leq 1/10$ 时取 250 mm, 屋面坡度 $> 1/10$ 时取 200 mm;
 - 3) 墙面压型板: 120 mm。

7.4.3 屋面压型板侧向可采用搭接式、扣合式、咬合式或焊接等连接方式, 应符合下列规定:

- 1 搭接型屋面压型板宜采用侧向搭接式连接, 应至少搭接一波, 特殊要求时可搭接两波。搭接处用连接件紧固, 连接件应设置在波峰上, 连接件应采用带有防水密封胶垫的自攻螺钉。
- 2 咬合型和扣合型屋面压型板宜采用侧向扣合式或咬合式连接, 应在檩条上设置与压型板波形相配套的专门固定支座或支架, 固定支座或支架与檩条或支撑用自攻螺钉或射钉连接, 压型板搁置在固定支座或支架上。
- 3 焊接型屋面压型板宜采用侧向焊接连接, 应将所有屋面板板肋焊接在一起形成连续完整的焊缝。自动缝焊机无法焊接的区域, 应使用手持点焊机进行焊接。

7.4.4 墙面压型板侧向可采用搭接式、扣合式、咬合式或焊接等连接方式, 应符合下列规定

- 1 搭接型墙面压型板宜采用侧向搭接式连接, 应至少搭接一个波, 板与板的连接件可设在波峰或波谷。连接件宜采用带有防水密封胶垫的自攻螺钉。
- 2 其他类型的墙面压型板, 可参照本规程第 7.4.3 条关于屋面压型板侧向连接的构造方法。

7.4.5 对于搭接型压型板, 高波压型板应在檩条上设置固定支架, 檩条上翼缘宽度宜比固定支架宽度大 10 mm, 固定支架用自攻螺钉或射钉与檩条连接, 每波应设置一个; 低波压型板可不设固定支架, 连接件可每波或隔波设置一个, 但每块压型板不得小于 3 个连接件。

7.4.6 压型板的支座与支承结构连接处的受力螺栓、自攻螺钉或铆钉不应少于 2 个。

7.4.7 屋面和墙面压型板围护系统中, 檩条、衬檩、衬板、支架、紧固件等宜选用与压型板相同材质的材料。

8 抗震性能化设计

8.1 一般规定

8.1.1 本章适用于抗震设防烈度不高于 8 度 (0.20g)、结构高度不高于 100 m 的不锈钢框架结构、框架-支撑结构和跨度不大于 120 m 的空间网格结构的抗震性能化设计。

8.1.2 除本章特别规定外, 不锈钢结构的抗震性能化设计可按照《钢结构设计标准》GB50017 相应条款执行。

8.1.3 构件塑性耗能区的抗震承载性能等级及其在不同地震动水准下的性能目标可按表 8.1.3 取值。

表 8.1.3 构件塑性耗能区的抗震承载性能等级和目标

承载性能等级	地震动水准		
	多遇地震	设防地震	罕遇地震
性能 1	完好	完好	基本完好
性能 2	完好	实际承载力满足性能系数 0.70 的要求	轻微变形~中等变形
性能 3	基本完好	实际承载力满足性能系数 0.35 的要求	中等变形~显著变形

注: 性能 1 至性能 3 性能目标依次降低。

8.1.4 单、多层钢结构和空间网格结构宜采用表 8.1.3 中的承载性能等级 1, 高层钢结构宜采用表 8.1.3 中的承载性能等级 2 或承载性能等级 3。

8.1.5 不锈钢结构的抗震性能化设计基本步骤按照《钢结构设计标准》GB50017 执行。其中, 结构的最低延性等级应根据设防类别及塑性耗能区最低承载性能等级按表 8.1.5 确定, 并按本规程第 8.3 节的规定对不同延性等级的相应要求采取抗震构造措施。

表 8.1.5 结构构件的最低延性等级

设防类别	塑性耗能区最低承载性能等级		
	性能1	性能2	性能3
适度设防类(丁类)	-	-	III级
标准设防类(丙类)	-	III级	II级
重点设防类(乙类)	III级	II级	I级
特殊设防类(甲类)	II级	I级	

注: I级至 V级结构构件延性等级依次降低。

8.1.6 当不锈钢结构的塑性耗能区的最低承载性能等级为性能 1 或性能 2 时, 在多遇地震下结构的变形满足现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的规定, 在设防地震下结构的承载力满足要求; 当不锈钢结构的塑性耗能区的最低承载性能等级为性能 3 时, 除满足上述要求外, 罕遇地震下应具有明确的耗能机构, 并通过罕遇地震下结构的弹塑性分析或按构件工作状态形成新的结构等效弹性分析模型进行变形验算, 应满足现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的规定。

8.2 计算要点

8.2.1 当进行不锈钢结构地震作用下的振型分解反应谱法分析时，材料的本构模型及设计参数应按本规程 3.3 节规定取值；当进行结构弹塑性时程分析时，材料滞回模型宜采用混合强化模型。

8.2.2 不锈钢框架结构和框架-支撑结构的内力计算可参照《钢结构设计标准》50017，根据结构的二阶效应系数，可采用一阶弹性分析、二阶 $P-\Delta$ 弹性分析或直接分析方法。当采用直接分析法时，材料非线性参数应按照本规程 3.3 节规定取值。

8.2.3 不锈钢大跨空间网格结构的内力分析应符合下列规定：

1 计算模型应计入屋盖结构与下部支承结构的协同作用。

2 对于有预应力索参与的预应力索拱体系、预应力管桁架、张弦桁架、索结构等的地震作用计算模型，应计入索的几何刚度影响。

3 刚度较大的网格结构，内力分析可采用一阶弹性分析。在多遇地震作用下的效应可采用振型分解反应谱法计算。采用振型分解反应谱法计算网格结构地震效应时，组合振型数量选取应保证各向质量参与系数累积值不小于 90%。体型复杂或重要的大跨度结构，应采用时程分析法进行补充计算。

4 刚度较小的网格结构，应采用二阶弹性分析方法或直接分析方法进行内力计算。多遇地震作用下的效应采用考虑几何非线性效应的时程分析法进行计算。

8.2.4 不锈钢结构构件的性能系数应符合下列规定：

1 构件的性能系数应按下式计算：

$$\Omega_i \geq \beta_c \Omega_{i,\min}^a \quad (8.2.4)$$

式中： Ω_i —— i 构件性能系数；

$\Omega_{i,\min}^a$ —— i 构件塑性耗能区实际性能系数最小值，按表 8.2.4-1 取值；

β_c ——水平地震作用非塑性耗能区内力调整系数，塑性耗能区构件应取 1.0，其余构件不宜小于 $1.1\eta_y$ ；

η_y ——材料超强系数，按照表 8.2.4-2 采用。

2 塑性耗能区的性能系数应符合下列规定：

1) 对于规则的框架结构和框架-支撑结构，塑性耗能区不同承载性能等级对应的性能系数最小值宜符合表 8.2.4-1 规定：

表 8.2.4-1 规则结构塑性耗能区不同承载性能等级对应的性能系数最小值

承载性能等级	性能 1	性能 2	性能 3
性能系数最小值	1.0	0.70	0.35

表 8.2.4-2 不锈钢材料的超强系数 η_y

弹性区 \ 塑性耗能区	奥氏体	双相
	奥氏体	1.25
双相	1.25	1.20

8.2.5 不锈钢结构的连接计算应符合下列规定：

1 塑性耗能区连接的极限承载力应大于与其连接构件的屈服承载力。

2 梁与柱刚性连接的极限承载力应按下列公式验算：

$$M_u^j \geq \eta_j W_{en} f_{0.2} \quad (8.2.5-1)$$

$$V_u^j \geq 1.2 \left[2(W_{en} f_{0.2}) / l_n \right] + V_{Gb} \quad (8.2.5-2)$$

3 与塑性耗能区的连接及支撑拼接的极限承载力应按下列公式验算：

1) 支撑连接和拼接，

$$N_{ubr}^j \geq \eta_j A_{br} f_{0.2} \quad (8.2.5-3)$$

2) 梁的连接，

$$M_{ub,sp}^j \geq \eta_j W_{en} f_{0.2} \quad (8.2.5-3)$$

4 柱脚与基础的连接极限承载力应按下列公式验算：

$$M_{u,base}^j \geq \eta_j W_{enc} f_{0.2} \quad (8.2.5-4)$$

式中： V_{Gb} ——梁在重力荷载代表值作用下，按简支梁分析的梁端截面剪力；

M_u^j 、 V_u^j ——分别为连接的极限受弯、受剪极限承载力；

$M_{ub,sp}^j$ ——梁连接的极限受弯承载力；

$M_{u,base}^j$ ——柱脚的极限受弯承载力；

N_{ubr}^j ——支撑连接和拼接的极限受拉（压）承载力；

A_{br} ——支撑杆件的截面面积；

l_n ——梁的净跨；

W_{en} 、 W_{enc} ——分别为梁和柱塑性耗能区有效净截面模量，对于 SS1 类截面， W_{en} 和 W_{enc} 取截面的塑性净截面模量；对于 SS2 类截面， W_{en} 和 W_{enc} 取截面的弹性净截面模量；对于 SS3 类截面， W_{en} 和 W_{enc} 取截面的有效净截面模量，按本规程第 5.6 节计算；

η_j ——连接系数，可按表 8.2.5 采用。

表 8.2.5 连接系数 η_j

母材类别	梁柱连接		构件连接		柱脚		
	焊接	螺栓连接	焊接	螺栓连接	埋入式	外包式	外露式
奥氏体	1.50	1.55	1.35	1.40	1.30	1.30	1.30
双相	1.35	1.40	1.25	1.30	1.30	1.30	1.30

8.3 构造措施

8.3.1 框架梁应符合下列规定：

1 框架梁塑性耗能区的延性等级对应的截面宽厚比等级和设防地震性能组合下的最大轴力 N_{E2} 、梁端剪力 V_{pb} 应符合表 8.3.1-1 的要求。

表 8.3.1-1 塑性耗能区延性等级与对应的塑性耗能区的板件宽厚比等级

结构构件的延性等级	I 级	II 级	III 级
截面板件的宽厚比等级	SS1	SS2	SS3
N_{E2}	$\leq 0.15Af_{0.2}$	$\leq 0.15Af$	-
V_{pb} (未设置纵向加劲肋)	$\leq 0.5h_w t_w f_v$	$\leq 0.5h_w t_w f_v$	-

注: N_{E2} 为框架梁在设防地震作用标准值的轴力; V_{pb} 为框架梁承受的剪力; h_w 为框架梁的腹板高度; t_w 为框架梁的腹板厚度。

2 当梁端塑性耗能区为工字形截面时, 尚应符合下列要求之一:

- 1) 工字形梁上翼缘有楼板且布置间距不大于 2 倍梁高的横向加劲肋;
- 2) 工字形梁受弯正则化长细比 $\bar{\lambda}_b$ 限值符合表 8.3.1-2 的要求;
- 3) 上、下翼缘均设置侧向支承。

表 8.3.1-2 工字形梁受弯正则化长细比限值

结构构件的延性等级	I 级	II 级	III 级
上翼缘有楼板	0.25	0.55	0.80

8.3.2 框架柱长细比宜符合表 8.3.2 的规定:

表 8.3.2 框架柱长细比限值

轴压比	结构构件的延性等级		
	I 级	II 级	III 级
$N_p/(Af_{0.2}) \leq 0.15$	$120\epsilon_k$	150	180
$N_p/(Af_{0.2}) > 0.15$	$125(1 - N_p/(Af_{0.2})) \epsilon_k$		

8.3.3 支撑的长细比、截面板件宽厚比等级应根据其延性等级符合表 8.3.3 的要求。

表 8.3.3 支撑长细比、截面板件宽厚比等级

抗侧力构件	结构构件延性等级			支撑长细比	支撑截面板件宽厚比最低等级
	支撑结构	框架-中心支撑结构	框架-偏心支撑结构		
交叉中心支撑或对称设置的单斜杆支撑	III	III	-	$\lambda \leq 200^a$	SS2
	II	I	-	$\lambda \leq 65\epsilon_k$	SS1
人字形或 V 形中心支撑 ^b	III	III	-	$\lambda \leq 200$	SS2
	II	I	-	$\lambda \leq 65\epsilon_k$	SS1
偏心支撑 ³	-	-	I	$\lambda \leq 120\epsilon_k$	SS2

注: a 当内力计算时不计入压杆作用按受拉斜杆计算时, 支撑长细比限值 $\lambda \leq 400$;

b 与支撑相连的梁截面板件宽厚比等级应满足 SS1 级;

3 消能梁段截面板件宽厚比要求应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB50011 的有关规定。

8.3.4 抗震设防的钢结构节点连接应符合现行国家标准《不锈钢结构焊接技术规程》T/CECS 1295 的规定。关键焊缝的填充金属应检查 V 形缺口的冲击韧性,其工作温度时夏比冲击韧性不应低于 27J,并且金相组织与构件母材相一致。

8.3.5 构件塑性耗能区应符合下列规定:

- 1 塑性耗能区板件间的连接应采用完全焊透的对接焊缝;
- 2 塑性耗能区不宜采用冷成型构件;
- 3 位于塑性耗能区的梁或支撑宜采用整根材料,当塑性耗能区长度超过热轧型钢最大长度规格时,可进行等强拼接。

9 防护

9.1 维护

9.1.1 不锈钢结构应根据所在环境的耐腐蚀性要求选择合适的牌号和表面处理方式。

9.1.2 不锈钢结构可按下列分类进行维护：

表 9.1.2 典型环境下的维护措施

分类	典型环境	可能的腐蚀类型	维护措施
一	除二类和三类以外的地区	点蚀	无需维护
二	沿海地区和生产腐蚀性产品的工业厂房	应力腐蚀、晶间腐蚀、点蚀和缝隙腐蚀	定期检查并清理积灰
三	与腐蚀性介质直接接触或者存在潜在腐蚀性介质的地区	均匀腐蚀、应力腐蚀、晶间腐蚀、点蚀和缝隙腐蚀	咨询材料生产商和专业机构的建议

9.1.3 不锈钢结构设计时可采用下列措施提高抗腐蚀能力：

1 不锈钢材与普通钢材及其他金属材料接触、紧固时，应采用非金属的隔离材料（如垫圈、套筒等），避免与其直接接触。

2 有可能被海水或其他腐蚀性介质浸泡的区域进行连接时，宜采用焊接连接。

3 应采用合理的节点构造措施和构件或板件放置方向避免构件表面积灰。

4 应采用合理的焊接顺序或焊接后喷丸（不得使用铁丸）处理降低构件中的残余应力。

5 焊接完成后，应清理焊渣并进行防腐处理，使焊缝的抗腐蚀能力不应低于母材。

9.2 防火和隔热

9.2.1 不锈钢结构防火保护措施及其构造应根据工程实际，考虑结构类型、耐火极限要求、工作环境等，按照安全可靠、经济合理的原则确定，符合《建筑钢结构防火技术规范》GB51249 相关规定。

9.2.2 不锈钢结构的防火应符合现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016 的相关规定。

9.2.3 不锈钢构件应根据建筑物的耐火等级来确定耐火极限，且设计耐火极限不应低于现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016 中的有关规定。当不锈钢构件的耐火时间不能达到规定的设计耐火极限要求时，应进行防火保护设计，或按附录 E 进行抗火承载力验算。

9.2.4 在不锈钢结构设计文件中，应注明结构的设计耐火等级，构件的设计耐火极限、所需要的防火保护措施及其防火保护材料的性能要求。

9.2.5 处于高温工作环境中的不锈钢结构，应考虑高温作用对结构的影响。高温工作环境的设计状况为持久状况，高温作用为可变荷载，设计时应按承载力极限状态和正常使用极限状态设计。

9.2.6 不锈钢结构所处的环境温度长期处于 100℃ 以上时，进行结构的承载力和变形验算时，应该考虑长期高温作用对不锈钢材料和连接性能的影响。

9.2.7 高温环境下的不锈钢结构温度超过 100℃ 时，应根据不同情况采取防护措施：

1 当高温环境下不锈钢构件应采取有效的隔热降温措施。

2 当不锈钢结构短时间内可能受到火焰直接作用时，应采用有效的隔热降温措施。

3 当不锈钢结构可能受到炽热熔化金属的侵害时，应采用砌块或耐热固体材料做成的隔热层加以保护。

9.2.8 不锈钢结构的隔热保护措施在相应的工作环境下应具有耐久性，并与不锈钢材料和不锈钢结构的防火保护措施相容。

10 制作和安装

10.1 一般规定

- 10.1.1 施工单位应根据设计文件编制施工详图，并应经设计确认。
- 10.1.2 不锈钢结构所用材料应符合设计文件和现行国家有关标准的规定，应具有质量合格证明书。
- 10.1.3 制作前，施工单位应根据设计文件和施工详图，编制制作工艺文件，并应由技术人员向制作人员进行技术交底。
- 10.1.4 安装前，施工单位应编制专项施工方案，并应由技术人员向安装人员进行技术交底。
- 10.1.5 对大型复杂的不锈钢结构，应进行制作工艺和安装工艺试验，符合要求后再进行正式制作和安装。对施工单位提出的新加工工艺和安装方法，应经评审后实施。
- 10.1.6 不锈钢结构的制作和安装质量应符合设计文件、合同和现行国家标准《不锈钢结构施工质量验收标准》T/CECS 1537 的规定。
- 10.1.7 不锈钢结构制作和安装所采用的计量器具应经检定合格，并在有效期内。

10.2 制作

- 10.2.1 不锈钢构件应根据批准的施工详图进行放样。放样和号料应按工艺要求预放加工余量。
- 10.2.2 不锈钢构件宜在独立、封闭的生产车间或专用场地上采用专用设备进行制作；起吊索具宜采用麻绳或柔性材料（橡胶、塑料）包覆的钢丝绳，起吊夹具应采用橡胶、塑料等包覆。
- 10.2.3 不锈钢下料宜采用激光切割、等离子切割、剪切和水切割等，不应采用气割切割。切割面应无裂纹、夹渣和分层。切割后应清除毛刺、熔渣和飞溅物。需边缘加工的构件，宜采用精密切割。
- 10.2.4 不锈钢制孔可采用钻孔、铣孔、铰孔和铰孔等方法，也可采用水切割或激光切割，不应采用圆头冲床冲孔。
- 10.2.5 不锈钢零、部件及构件制作过程中，应避免与碳素结构钢及低合金高强度结构钢直接接触，并保持不锈钢表面清洁。

10.3 焊接和紧固连接

- 10.3.1 不锈钢焊接前，应根据焊接工艺评定结果编制焊接工艺文件，并应向焊工进行技术交底。
- 10.3.2 焊接前，焊工应经培训且考试合格后才能从事焊接工作。
- 10.3.3 焊工应严格按照批准的焊接工艺文件规定的焊接方法、工艺参数和施焊顺序等进行焊接。
- 10.3.4 焊接材料的选用应与被焊母材相匹配，并应符合设计及本规程第 3 章的规定。焊接材料应按产品说明书及焊接工艺文件的规定进行保管和烘焙。
- 10.3.5 不锈钢构件确需与碳素钢及低合金钢焊接时，应进行焊接工艺评定，并对焊缝区域进行防腐处理。

10.3.6 不锈钢焊接时应采取措施减小焊接残余应力和残余变形。当焊接完成后需要矫正时，宜采用机械方法进行矫正。

10.3.7 不锈钢紧固连接用螺栓孔的精度、孔壁表面粗糙度、孔径及孔距的允许偏差应符合设计要求和现行国家标准《不锈钢结构施工质量验收标准》T/CECS 1537 的规定。

10.3.8 高强度螺栓和环槽铆钉连接摩擦面的抗滑移系数应根据抗滑移试验确定并应满足设计要求；抗滑移试验方法应符合现行国家标准《不锈钢结构施工质量验收标准》T/CECS 1537 的规定。

10.3.9 高强度环槽铆钉安装时应先使用安装螺栓和冲钉。在每个节点上穿入的安装螺栓和冲钉数量，应根据安装过程所承受的荷载计算确定，并应符合下列规定：

- 1 不应少于节点连接孔总数的 1/3；
- 2 数量不得少于 2 个；
- 3 冲钉穿入数量不宜多于安装螺栓数量的 30%；
- 4 不应用高强度螺栓兼做安装螺栓。

10.3.10 高强度螺栓和环槽铆钉安装时应能自由穿入螺栓孔。紧固件不能自由穿入的螺栓孔可采用铰刀或锉刀修整，严禁气割扩孔，修整后的孔径不应超过螺栓直径的 1.2 倍，且数量不得大于该节点连接孔总数的 25%。

10.3.11 高强度螺栓连接副和环槽铆钉连接副的紧固，除应符合设计文件的要求外，尚应分别符合现行国家标准《钢结构高强度螺栓连接技术规程》JGJ 82 和《钢结构高强度环槽铆钉连接技术规程》T/CECS 1552 的规定。

10.4 压型板

10.4.1 不锈钢压型板、泛水板、包角板、屋脊盖板几何尺寸的允许偏差应符合《不锈钢结构施工质量验收标准》T/CECS 1537 的规定。

10.4.2 不锈钢压型板成型后，板面应平直，无明显翘曲；表面应清洁，无油污、无明显划痕、磕伤等。切口应平直，切面整齐，板边无明显翘角、凹凸与波浪形，且不应有皱褶。

10.4.3 不锈钢压型板、泛水板和包角板等应固定可靠、牢固、密封材料敷设应完好，连接件数量、规格、间距应满足设计要求和现行国家标准的规定。

10.4.4 扣合型和咬合型不锈钢压型板板肋的扣合或咬合应牢固，板肋处无开裂、脱落现象。

10.4.5 连接不锈钢压型板、泛水板、包角板和屋脊盖板采用的自攻螺钉、铆钉、射钉的规格尺寸及间距、边距等应满足设计要求，并符合现行国家标准的规定。

10.4.6 屋面及墙面不锈钢压型板的长度方向连接采用搭接连接时，搭接端应设置在支承构件（如檩条、墙梁等）上，应与支承构件有可靠连接。当采用螺钉或铆钉固定搭接时，搭接部位应设置防水密封胶带。不锈钢压型板长度方向的搭接长度应满足设计及《不锈钢结构施工质量验收标准》T/CECS 1537 的要求。

10.4.7 不锈钢压型板安装应平整、顺直、板面不应有施工残留和污物。

10.4.8 不锈钢压型板、泛水板、包角板和屋脊盖板安装的允许偏差应符合《不锈钢结构施工质量验收标准》T/CECS 1537 的规定。

10.5 包装、存储与运输

10.5.1 不锈钢制成品出厂前应进行包装；当有表面钝化处理时，应在酸洗、钝化验收合格后进行包装。

10.5.2 不锈钢制成品的包装应根据成品的类型和特点以及其形状、外形尺寸、刚度大小、运输方式等实际情况综合确定包装方式和包装材料，并应符合下列规定：

- 1 包装方式应符合公路、铁路或海运的有关规定；
- 2 包装时宜采用木料、橡胶、塑料板条或护套等进行防护，避免与碳钢或有腐蚀性化学物质直接接触，并应保不锈钢制成品的表面清洁。

10.5.3 不锈钢制成品储存场地应符合下列规定：

- 1 满足堆放、移运及发货装车的作业要求；
- 2 平整、坚实、稳定、通风、无积水；
- 3 应独立封闭，避免与含盐分的潮湿空气接触。

10.5.4 不锈钢制成品的运输方式、运输线路和运输工具，应根据构件的种类、形状、重量、运距、工期及发运地和目的地的运输条件等实际情况确定。

10.5.5 超高、超宽、形状特殊的大型制成品的运输，应制订专项运输方案，控制运输过程中制成品产生损伤及变形，并上报交通运输管理部门批准。

10.6 安装

10.6.1 安装前，应按构件明细表核对进场的构件，查验产品合格证；工厂预拼装过的构件在现场组装时，应根据预拼装记录进行。

10.6.2 不锈钢结构安装现场应设置专门的构件堆场，并应采取防止构件变形及表面污染的保护措施。

10.6.3 不锈钢结构安装应按批准的专项施工方案进行，并应形成稳固的空间刚度单元，必要时应增加临时支承结构或措施。

10.6.4 不锈钢结构安装前应对建筑物的定位轴线、基础轴线和标高、地脚螺栓位置等进行检查，并应办理交接验收。地脚螺栓规格、位置及紧固应满足设计要求，地脚螺栓的螺纹应有保护措施。

10.6.5 地脚螺栓规格、位置及紧固应满足设计要求，地脚螺栓的螺纹应有保护措施。

10.6.6 首节不锈钢柱安装后，应及时进行垂直度、标高和轴线位置校正；校正合格后钢柱应可靠固定，并应进行柱底二次灌浆，灌浆前应清除柱底板与基础面间杂物；

10.6.7 首节以上的不锈钢柱定位轴线应从地面控制轴线直接引上，不得从下层柱的轴线引上。

10.6.8 不锈钢梁安装时，应通过计算确定吊点数量及位置。

10.6.9 不锈钢空间网格结构的安装方法应根据结构特点和现场施工条件，采用高空散装法、分条分块吊装法、滑移法、单元或整体提升法、整体吊装法、折叠展开式整体提升法、高空悬拼安装法等。

10.6.10 不锈钢空间网格结构吊装单元的划分应根据结构特点、运输方式、起重设备性能、现场施工条件等因素确定。

10.6.11 不锈钢结构的立面偏移、平面弯曲和总高度的允许偏差以及同一层内各节柱的柱顶高度差，应符合现行国家标准《不锈钢结构施工质量验收标准》T/CECS 1537 的规定。

附录 A 考虑冷加工效应的奥氏体不锈钢截面中材料参数计算

A.0.1 对于辊弯成型的不锈钢圆钢管，其截面中材料的初始弹性模量 E_0 不变，其他参数标准值应按照式(A.0.1-1)至(A.0.1-6)计算。

$$\begin{cases} f_{0.2,\text{chs}} = f_{0.2} (1 + \alpha \times \varepsilon_{\text{cp}}^{0.5}) \\ \alpha = \frac{1.5 \left(\frac{q}{q+1} f_u - f_{0.2} \right)}{f_{0.2} \times \sqrt{\varepsilon_u}} \\ \varepsilon_{\text{cp}} = \frac{1}{2} \frac{t}{2(R-t/2)} + 0.01 \end{cases} \quad (\text{A.0.1-1})$$

$$\begin{cases} \varepsilon_{\text{u,chs}} = e^{\varepsilon_{\text{t,u}} - \varepsilon_{\text{cp}}} - 1 > 0 \\ f_{\text{u,chs}} = \frac{f_{\text{t,u}}}{1 + \varepsilon_{\text{u,chs}}} \\ \varepsilon_{\text{cp}} = \frac{3}{4} \ln \left(1 + \frac{t}{2(R-t/2)} \right) \end{cases} \quad (\text{A.0.1-2})$$

$$\begin{cases} f_{1.0,\text{chs}} = p \times \sqrt[3]{\varepsilon_{\text{cp}} + \varepsilon_{1.0}} (1 + 0.5\varepsilon_{\text{cp}}^2) < f_{\text{u,chs}} \\ \varepsilon_{\text{cp}} = \frac{3}{4} \frac{t}{2(R-t/2)} + 0.01 \end{cases} \quad (\text{A.0.1-3})$$

$$n_{\text{chs}} = 0.45 \times \frac{\ln(5)}{\ln(f_{1.0,\text{chs}}/f_{0.2,\text{chs}})} \quad (\text{A.0.1-4})$$

$$\begin{cases} q = \frac{\ln(\varepsilon_u/\varepsilon_{1.0})}{\ln(f_u/f_{1.0})} \\ p = \frac{f_{1.0}}{\sqrt[3]{\varepsilon_{1.0}}} \end{cases} \quad (\text{A.0.1-5})$$

$$\begin{cases} f_{\text{t,u}} = f_u (1 + \varepsilon_u) \\ \varepsilon_{\text{t,u}} = \ln(1 + \varepsilon_u) \end{cases} \quad (\text{A.0.1-6})$$

式中： $f_{0.2,\text{chs}}$ ——辊弯成型圆管截面中材料的名义屈服强度标准值（MPa）；

$f_{1.0,\text{chs}}$ ——辊弯成型圆管截面中材料塑性应变为 0.01 时对应的应力（MPa）；

$f_{\text{u,chs}}$ ——辊弯成型圆管截面中材料的抗拉极限强度标准值（MPa）；

$\varepsilon_{\text{u,chs}}$ ——对应于抗拉极限强度 $f_{\text{u,chs}}$ 的抗拉极限应变；

n_{chs} ——辊弯成型圆管截面中材料的应变强化系数；

$f_{0.2}$ ——不锈钢母材材料的名义屈服强度标准值（MPa），按表 3.3.1 取值；

$f_{1.0}$ ——不锈钢母材材料塑性应变为 0.01 时对应的应力（MPa），根据 3.3.5 条计算；

f_u ——不锈钢母材材料的抗拉极限强度标准值（MPa），按表 3.3.1 取值；

ε_u ——不锈钢母材对应于抗拉极限强度 $f_{\text{u,cr,cir}}$ 的抗拉极限应变，按第 3.3.5 条计算；

n ——不锈钢母材材料的应变强化系数，按表 3.3.1 取值；

$\varepsilon_{1.0}$ ——不锈钢母材塑性应变为 0.01 时对应的总应变；

ε_{cp} ——等效应变；

$f_{t,u}$ ——不锈钢母材材料极限抗拉真实应力 (MPa)；

$\varepsilon_{t,u}$ ——不锈钢母材材料极限抗拉真实应变 (MPa)；

α 、 p 、 q ——计算系数；

R ——不锈钢圆管的外半径 (mm)；

t ——不锈钢圆管的壁厚 (mm)。

A.0.2 对于采用圆变方工艺生产的冷成型方矩管，其截面中材料的初始弹性模量 E_0 不变，其他参数标准值应按照式(A.0.2-1)至(A.0.2-5)计算。

$$\begin{cases} f_{0.2,rhs} = f_{0.2} (1 + \alpha \times \varepsilon_{cp}^{0.5}) \\ \alpha = \frac{1.5 \left(\frac{q}{q+1} f_u - f_{0.2} \right)}{f_{0.2} \times \sqrt{\varepsilon_u}} \\ \varepsilon_{cp} = \frac{1}{2} \frac{t}{r_{eq}} + 0.03 \end{cases} \quad (A.0.2-1)$$

$$\begin{cases} \varepsilon_{u,rhs} = e^{\varepsilon_{t,u} - \varepsilon_{t,cp}} - 1 \\ \sigma_{u,rhs} = \frac{\sigma_{t,u}}{1 + \varepsilon_{u,rhs}} \\ \varepsilon_{t,cp} = \frac{3}{4} \ln \left(1 + \frac{t}{r_{eq}} \right) \end{cases} \quad (A.0.2-3)$$

$$\begin{cases} f_{1.0,rhs} = p \times \sqrt{\varepsilon_{cp} + \varepsilon_{1.0}} (1 + 0.5 \varepsilon_{cp}^2) \leq f_{u,rhs} \\ \varepsilon_{cp} = \frac{3}{4} \frac{t}{r_{eq}} + 0.03 \end{cases} \quad (A.0.2-3)$$

$$n_{rhs} = 0.45 \times \frac{\ln(5)}{\ln(f_{1.0,rhs} / f_{0.2,rhs})} \quad (A.0.2-4)$$

$$r_{eq} = \frac{B+H}{2\pi} \quad (A.0.2-5)$$

式中： $f_{0.2,rhs}$ ——冷成型方矩管截面中材料的名义屈服强度标准值 (MPa)；

$f_{1.0,rhs}$ ——冷成型方矩管截面中材料塑性应变为 0.01 时对应的应力 (MPa)；

$f_{u,rhs}$ ——冷成型方矩管截面中材料的抗拉极限强度标准值 (MPa)；

$\varepsilon_{u,rhs}$ ——对应于抗拉极限强度 $f_{u,rhs}$ 的抗拉极限应变；

n_{rhs} ——冷成型方矩管截面中材料的应变强化系数；

r_{eq} ——等效曲率半径 (mm)；

B ——不锈钢方矩管的宽度 (mm)；

H ——不锈钢方矩管的高度 (mm)；

t ——不锈钢方矩管的壁厚（mm）。

A.0.3 对于冷成型不锈钢构件，其截面中材料抗拉、抗压和和抗弯强度设计值为第 A.0.2 和 A.0.3 条计算获得的名义屈服强度标准值 $f_{0.2,chs}$ 和 $f_{0.2,rhs}$ 除以 1.15；抗剪强度设计值为抗拉、抗压和和抗弯强度设计值除以 $\sqrt{3}$ ；端面承压强度设计值为第 A.0.2 和 A.0.3 条计算获得的抗拉极限强度标准值 $f_{u,chs}$ 和 $f_{u,rhs}$ 除以 1.15。

A.0.4 考虑冷加工效应后，材料的应力-应变关系可采用本规程第 3.3.5 条的本构模型。

A.0.5 对于冷成型后进行了热处理的构件，不应考虑冷加工效应的影响。

附录 B 梁的整体弯扭屈曲临界弯矩

B.0.1 对单轴或双轴对称截面（包括反对称截面）的简支梁（图 B.0.1），其弯扭屈曲临界弯矩 M_{cr} 应按下列公式计算：

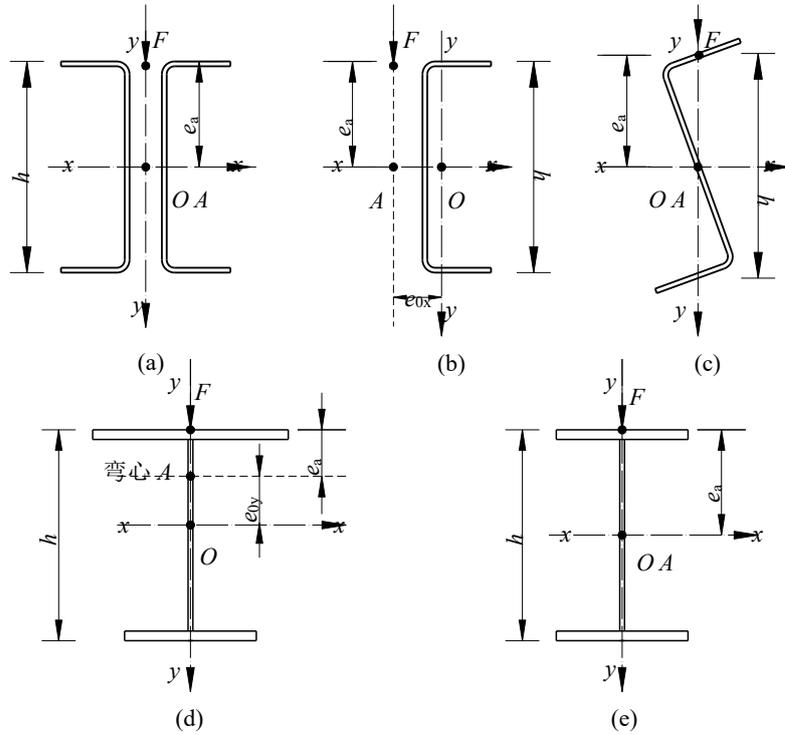


图 B.0.1 典型单轴和双轴对称截面

$$M_{cr} = \beta_1 \frac{\pi^2 E_0 A h}{2 \lambda_y^2} \left[\sqrt{\eta^2 + \xi} + \eta \right] \quad (\text{B.0.1-1})$$

$$\eta = 2(\beta_2 \cdot e_a + \beta_3 \beta_y) / h \quad (\text{B.0.1-2})$$

$$\xi = \frac{4I_\omega}{h^2 I_y} + \frac{0.156 I_t}{I_y} \left(\frac{l_1}{h} \right)^2 \quad (\text{B.0.1-3})$$

$$\beta_y = \frac{U_x}{2I_x} - e_{0y} \quad (\text{B.0.1-4})$$

$$U_x = \int_A y(x^2 + y^2) dA \quad (\text{B.0.1-5})$$

式中： λ_y ——梁在侧向支承点对截面弱轴 $y-y$ 的长细比， $\lambda_y = l_1 / i_y$ ， l_1 可按本规程第 5.3.3 条取值， i_y 为梁毛截面对 y 轴的截面回转半径；

β_1 、 β_2 、 β_3 ——计算系数，应按表 B.0.1 采用；

A ——梁的毛截面面积（ mm^2 ）；

h ——梁截面的高度（ mm ）；

E_0 ——不锈钢材料的初始弹性模量（ N/mm^2 ）；

η 、 ξ ——计算系数，应按公式(B.0.1-2)和(B.0.1-3)计算；

e_a ——横向荷载作用点到弯心的距离 (mm); 对于偏心受压构件或当横向荷载作用在弯心时 $e_a=0$; 当荷载不作用在弯心且荷载方向指向弯心时 e_a 取负值, 当荷载方向离开弯心时 e_a 取正值;

I_ω ——梁截面的扇性惯性矩 (mm⁶);

I_y 、 I_x ——梁截面对 y 轴和 x 轴的毛截面惯性矩 (mm⁴);

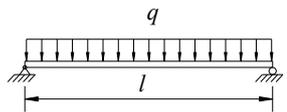
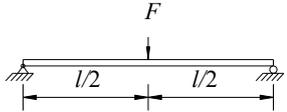
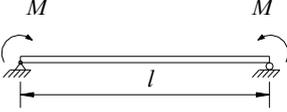
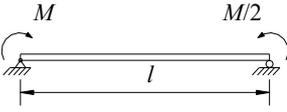
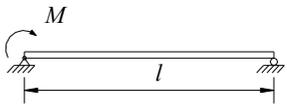
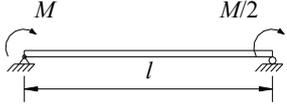
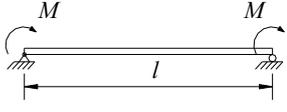
I_t ——梁截面的扭转惯性矩 (mm⁴);

β_y ——计算参数, 可按公式(B.0.1-4)计算, 对于图 B.0.1 中 a, b, c 和 e 类截面, $\beta_y=0$;

e_{0y} ——梁截面弯心和形心之间的距离 (mm);

U_x ——计算系数, 可按公式(B.0.1-5)计算。

表 B.0.1 两端及跨间侧向均为简支的受弯构件的 β_1 、 β_2 和 β_3

弯矩作用平面内的荷载及支承情况	跨间无侧向支承			跨间设一道侧向支承			跨间有不少于两个等距离布置的侧向支承		
	β_1	β_2	β_3	β_1	β_2	β_3	β_1	β_2	β_3
	1.13	0.46	0.53	1.35	0.14	0.83	1.37	0.06	0.88
	1.35	0.55	0.41	1.83	0	0.94	1.68	0.08	0.80
	1.00	0	1.0	1.00	0	1.00	1.00	0	1.00
	1.32	0	0.99	1.31	0	0.98	1.31	0	0.98
	1.83	0	0.94	1.77	0	0.88	1.75	0	0.87
	2.39	0	0.68	2.13	0	0.53	2.03	0	2.56
	2.24	0	0	1.89	0	0	1.77	0	0

附录 C 简支梁的双力矩 B 的计算

C.0.1 简支梁的双力矩可根据荷载情况按表 C.0.1 中所列公式计算。

表 C.0.1 简支梁双力矩 B 的计算公式

序号	I	II	III
荷载简图			
B (任意截面)	$\frac{F \cdot e}{2k} \cdot \frac{\text{sh}kz}{\text{ch} \frac{kl}{2}}$	<p style="text-align: center;">当 $z=z_1$ 时,</p> $\frac{F \cdot e}{k} \cdot \frac{\text{ch} \frac{kl}{6}}{\text{ch} \frac{kl}{2}} \cdot \text{sh}kz_1$ <p style="text-align: center;">当 $z=z_2$ 时,</p> $\frac{F \cdot e}{k} \cdot \frac{\text{sh} \frac{kl}{3}}{\text{ch} \frac{kl}{2}} \cdot \text{ch}k \left(\frac{l}{2} - z_2 \right)$	$\frac{q \cdot e}{k^2} \left[1 - \frac{\text{ch}k \left(\frac{l}{2} - z \right)}{\text{ch} \frac{kl}{2}} \right]$
B_{\max} (跨中)	$0.02\delta \cdot F \cdot e \cdot l$	$0.02\delta \cdot F \cdot e \cdot l$	$0.01\delta \cdot q \cdot e \cdot l^2$

注: k —弯矩特性系数, $k = \sqrt{G_0 I_t / EI_0}$;

G_0 —不锈钢材料的初始剪切模量 (N/mm^2);

δ — B_{\max} 的计算系数, 可由图 C.0.1 查得。

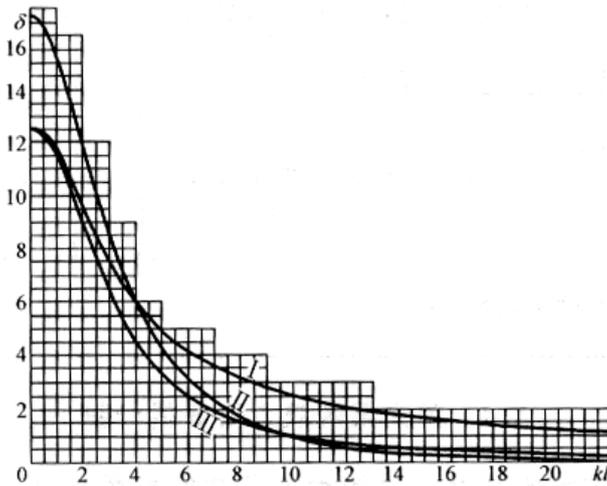


图 C.0.1 δ - kl 关系图

C.0.2 由双力矩 B 所产生的正应力符号按表 C.0.2 采用。

表 C.0.2 由双力矩 B 所引起得正应力符号

荷载与截面 简图				
截面 上的点				
1	-	+	+	-
2	+	-	-	+
3	+	-	+	-
4	-	+	-	+

注：1 表中正应力符号“+”代表压应力，“-”代表拉应力；

2 表中外荷载 F 绕截面弯心 A 顺时针方向旋转，如外荷载 F 绕截面弯心 A 逆时针方向旋转，则表中所有符号均应反号。

附录 D 不锈钢卷边 C 形截面构件承载力计算的直接强度法

D.0.1 轴心受压构件的局部屈曲承载力应按下列式计算：

$$N_{ul} = \begin{cases} Af & \bar{\lambda}_l \leq 0.51 \\ \left(0.94 - \frac{0.2}{\bar{\lambda}_l^{0.72}}\right) \frac{1}{\bar{\lambda}_l^{0.72}} Af & \bar{\lambda}_l > 0.51 \end{cases} \quad (\text{D.0.1})$$

式中： N_{ul} ——轴心受压构件的局部屈曲承载力 (N)；
 A ——截面的毛截面面积 (mm^2)；
 f ——不锈钢材料的抗拉强度设计值 (MPa)；
 λ_l ——受压状态下局部屈曲正则化长细比。

D.0.2 强轴受弯构件的局部屈曲承载力应按下列式计算：

$$M_{ulx} = \begin{cases} W_x f & \bar{\lambda}_{lx} \leq 0.61 \\ \left(0.93 - \frac{0.13}{\bar{\lambda}_{lx}^{0.57}}\right) \frac{1}{\bar{\lambda}_{lx}^{0.57}} W_x f & \bar{\lambda}_{lx} > 0.61 \end{cases} \quad (\text{D.0.2})$$

式中： M_{ulx} ——强轴受弯构件的畸变屈曲承载力 ($\text{N} \cdot \text{mm}$)；
 W_x ——构件绕强轴的毛截面模量 (mm^3)；
 λ_{lx} ——强轴受弯状态下局部屈曲正则化长细比。

D.0.3 弱轴受弯构件的局部屈曲承载力应按下列式计算：

$$M_{uly} = \begin{cases} W_y f & \bar{\lambda}_{ly} \leq 1.96 \\ \left(1.71 - \frac{0.48}{\bar{\lambda}_{ly}^{0.45}}\right) \frac{1}{\bar{\lambda}_{ly}^{0.45}} W_y f & \bar{\lambda}_{ly} > 1.96 \end{cases} \quad (\text{D.0.3})$$

式中： M_{uly} ——弱轴受弯构件的局部屈曲承载力 ($\text{N} \cdot \text{mm}$)；
 W_y ——构件绕弱轴的毛截面模量 (mm^3)；
 λ_{ly} ——弱轴受弯状态下局部屈曲正则化长细比。

D.0.4 轴心受压构件的畸变屈曲承载力应按下列式计算：

$$N_{ud} = \begin{cases} Af & \bar{\lambda}_d \leq 0.49 \\ \left(0.75 - \frac{0.14}{\bar{\lambda}_d^{1.3}}\right) \frac{1}{\bar{\lambda}_d^{1.3}} Af & \bar{\lambda}_d > 0.49 \end{cases} \quad (\text{D.0.4-1})$$

$$\bar{\lambda}_d = \sqrt{\frac{Af_{0.2}}{N_{\text{Crd}}}} \quad (\text{D.0.4-2})$$

式中： N_{ud} ——轴心受压构件的畸变屈曲承载力 (N)；
 $\bar{\lambda}_d$ ——轴心受压构件的畸变屈曲正则化长细比；
 N_{Crd} ——轴心受压构件的畸变屈曲临界力 (N)；
 A ——构件的全截面面积 (mm^2)；
 $f_{0.2}$ ——不锈钢材料的名义屈服强度 (MPa)；
 E_0 ——不锈钢材料的初始弹性模量 (N/mm^2)；

- ν ——不锈钢材料的泊松比；
 h ——卷边 C 形截面高度 (mm)；
 b ——卷边 C 形截面翼缘宽度 (mm)；
 a ——卷边 C 形截面卷边宽度 (mm)；
 t ——卷边 C 形截面厚度 (mm)。

D.0.5 主轴方向受弯构件的畸变屈曲承载力应按下式计算：

$$M_{ud} = \begin{cases} W_x f & \bar{\lambda}_d \leq 0.52 \\ \left(0.75 - \frac{0.14}{\bar{\lambda}_d^{1.4}} \right) \frac{1}{\bar{\lambda}_d^{1.4}} W_x f & \bar{\lambda}_d > 0.52 \end{cases} \quad (\text{D.0.5-1})$$

$$\bar{\lambda}_d = \sqrt{\frac{Wf_{0.2}}{M_{Crd}}} \quad (\text{D.0.5-2})$$

- 式中： M_{ud} ——受弯构件的畸变屈曲承载力 (N·mm)；
 W_x ——构件绕强轴的毛截面模量 (mm³)；
 M_{Crd} ——受弯构件的畸变屈曲临界弯矩 (N·mm)。

D.0.6 截面的弹性临界屈曲轴力和弯矩宜采用有限元或有线条法计算，或采用近似理论公式计算。

附录 E 构件的抗火承载力计算

E.0.1 高温下不锈钢轴心受拉构件的承载力应按下式计算：

$$N_{uT} = \chi_{f_{0.2},T} N_u \quad (\text{E.0.1})$$

式中： N_{uT} ——高温下不锈钢轴心受拉构件承载力的设计值（N）；
 N_u ——常温下不锈钢轴心受拉构件承载力的设计值（N）；
 $\chi_{f_{0.2},T}$ ——高温下不锈钢名义屈服强度折减系数，按表 E.0.1 取值。

表 E.0.1 高温下不锈钢名义屈服强度折减系数

温度(°C)	奥氏体			双相
	S30408、S30403	S31608、S31603	S35657	S22053、S22253、S20013
100	0.98	0.89	0.81	0.91
200	0.91	0.83	0.69	0.80
300	0.84	0.77	0.64	0.75
400	0.77	0.72	0.62	0.72
500	0.74	0.69	0.57	0.65
600	0.59	0.66	0.52	0.56
700	0.48	0.59	0.47	0.37
800	0.44	0.50	0.38	0.26
900	0.16	0.28	0.21	0.10
1000	0.06	0.15	0.09	0.03

E.0.2 高温下不锈钢轴心受压构件的承载力应按下列公式计算：

$$N_{T,t} = \varphi_{\bar{n}} A_e k_{0.2,T} f \quad (\text{E.0.2-1})$$

$$\varphi_{\bar{n}} = \frac{1}{\phi_T + \sqrt{\phi_T^2 - \bar{\lambda}_T^2}} \leq 1.0 \quad (\text{E.0.2-2})$$

$$\phi_T = 0.5 \left[1 + \alpha_c (\bar{\lambda}_T - \bar{\lambda}_c) + \bar{\lambda}_T^2 \right] \quad (\text{E.0.2-3})$$

$$\bar{\lambda}_T = \bar{\lambda} (\chi_{f_{0.2},T} / \chi_{E,T}) \quad (\text{E.0.2-4})$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A f_{0.2}}{N_E}} \quad (\text{E.0.2-5})$$

式中： N_{uT} ——高温下不锈钢轴心受压构件承载力设计值（N）；
 A_e ——不锈钢轴心受压构件有效截面面积（mm²），按本规程 5.6 节计算；
 $\varphi_{\bar{n}}$ ——高温下轴心受压构件的稳定系数，按式（E.0.2-2）计算；
 ϕ_T ——系数，按式（E.0.2-3）计算；
 α_c 、 $\bar{\lambda}_c$ ——常温下的计算系数，按表 5.2.2 取值；
 $\bar{\lambda}_T$ ——高温下正则化长细比，可按式（E.0.2-4）计算；
 $\bar{\lambda}$ ——常温下正则化长细比，可按式（E.0.2-5）计算；
 $\chi_{E,T}$ ——高温下不锈钢弹性模量折减系数，按表 E.0.2 取值。

表 E.0.2 高温下不锈钢弹性模量折减系数

温度(°C)	奥氏体			双相
	S30408、S30403	S31608、S31603	S35657	S22053、S22253、S20013
100	0.91	0.96	0.99	0.96
200	0.89	0.92	0.96	0.92
300	0.87	0.88	0.90	0.88
400	0.84	0.84	0.7	0.84
500	0.80	0.80	0.68	0.80
600	0.74	0.76	0.64	0.76
700	0.66	0.71	0.51	0.71
800	0.53	0.63	0.48	0.63
900	0.36	0.45	0.32	0.45
1000	0.20	0.20	0.19	0.20

E.0.3 高温下不锈钢受弯构件的承载力应按下列公式确定：

$$M_{uT} = \chi_{f_{0.2},T} M_u \quad (E.0.3)$$

式中： M_{uT} ——高温下不锈钢受弯构件抗弯承载力设计值 (N·mm)；

M_u ——常温下不锈钢受弯构件抗弯承载力设计值 (N·mm)。

E.0.4 高温下不锈钢压弯构件绕强轴 x 轴和弱轴 y 轴弯曲时承载力应按下列公式验算：

1 对于 SS1 和 SS2 类截面构件

$$\frac{N_{fi}}{\varphi_{x,fi} A \chi_{f_{0.2},T} f} + \frac{k_x M_{x,fi}}{M_{ux,T}} + \frac{k_y M_{y,fi}}{M_{uy,T}} \leq 1.0 \quad (E.0.4-1)$$

$$\frac{N_{fi}}{\varphi_{y,fi} A \chi_{f_{0.2},T} f} + \frac{k_x M_{x,fi}}{\varphi_{b,fi} M_{ux,T}} + \frac{k_y M_{y,fi}}{M_{uy,T}} \leq 1.0 \quad (E.0.4-2)$$

$$\varphi_{\omega,fi} = \frac{1}{\phi_{\omega,T} + \sqrt{\phi_{\omega,T}^2 - \bar{\lambda}_{\omega,T}^2}} \leq 1.0 \quad (E.0.4-3)$$

$$\phi_{\omega,T} = 0.5 \left[1.0 + 0.65 (\bar{\lambda}_{\omega,T} - 0.41) + \bar{\lambda}_{\omega,T}^2 \right] \quad (E.0.4-4)$$

$$\bar{\lambda}_{\omega,T} = \bar{\lambda}_{\omega} (\chi_{f_{0.2},T} / \chi_{E,T})^{0.5} \quad (E.0.4-5)$$

$$\bar{\lambda}_{\omega} = \sqrt{\frac{W_x f_{0.2}}{M_{cr}}} \quad (E.0.4-6)$$

$$k_{\omega} = 1.0 - \frac{\mu_{\omega} N_{fi}}{\varphi_{y,fi} A \chi_{f_{0.2},T} f} \leq 1.0 \quad (E.0.4-7)$$

$$k_x = 1.0 - \frac{\mu_x N_{fi}}{\varphi_{x,fi} A \chi_{f_{0.2},T} f} \leq 3.0 \quad (E.0.4-8)$$

$$k_y = 1.0 - \frac{\mu_y N_{fi}}{\varphi_{y,fi} A \chi_{f_{0.2},T} f} \leq 3.0 \quad (E.0.4-9)$$

$$\mu_{\omega} = 0.15 \bar{\lambda}_{y,T} \beta_{m,\omega} - 0.15 \leq 0.9 \quad (E.0.4-10)$$

$$\mu_x = (1.2\beta_{m,x} - 3.0)\bar{\lambda}_{x,T} + 0.44\beta_{m,x} - 0.29 \leq 0.8 \quad (\text{E.0.4-11})$$

$$\mu_y = (2.0\beta_{m,y} - 5.0)\bar{\lambda}_{y,T} + 0.44\beta_{m,y} - 0.29 \leq 0.8, \quad \bar{\lambda}_{y,T} \leq 1.1 \quad (\text{E.0.4-12})$$

式中: N_{fi} 、 $M_{x,fi}$ 、 $M_{y,fi}$ ——火灾下不锈钢压弯构件的轴力 (N) 和弯矩设计值 (N·mm);

$M_{ux,T}$ 、 $M_{uy,T}$ ——高温下构件绕 x 轴和 y 轴的抗弯承载力设计值 (N·mm), 按式(E.0.3)计算;

$\varphi_{x,fi}$ 、 $\varphi_{y,fi}$ ——高温下构件绕 x 轴和 y 轴的稳定系数, 按式(E.0.2-2)计算;

$\varphi_{\omega,fi}$ ——高温下构件侧向扭转屈曲的稳定系数, 按式(E.0.4-5)计算;

$\bar{\lambda}_{x,T}$ 、 $\bar{\lambda}_{y,T}$ ——高温下构件绕 x 轴和 y 轴的正则化长细比, 按式(E.0.2-4)计算;

$\bar{\lambda}_{\omega,T}$ ——高温下构件侧向弯扭屈曲的正则化长细比, 按式(E.0.4-6)计算;

$\beta_{m,x}$ 、 $\beta_{m,y}$ ——构件绕 x 轴和 y 轴的等效弯矩系数, 按本规程 5.5 节取值, 当无端弯矩时取 1.0;

W_x ——常温下构件截面绕 x 轴的毛截面模量 (mm^3);

M_{cr} ——常温下构件侧向扭转屈曲的弹性临界弯矩 (N·mm), 按本规程附录 B 计算。

2 对 SS3 类截面构件

$$\frac{N_{fi}}{\varphi_{x,fi} A_e \chi_{f_{0.2},T} f} + \frac{k_x M_{x,fi} + N_{fi} e_x}{M_{x,T}} + \frac{k_y M_{y,fi} + N_{fi} e_y}{M_{y,T}} \leq 1.0 \quad (\text{E.0.4-13})$$

$$\frac{N_{fi}}{\varphi_{y,fi} A_e \chi_{f_{0.2},T} f} + \frac{k_{\omega} M_{x,fi} + N_{fi} e_x}{\varphi_{\omega,fi} M_{x,T}} + \frac{k_y M_{y,fi} + N_{fi} e_y}{M_{y,T}} \leq 1.0 \quad (\text{E.0.4-14})$$

式中: A_e ——构件截面的有效面积, 按本规程第 5.6 节计算 (mm^2);

e_x 、 e_y ——轴心受压状态下, 有效截面计算引起的 x 轴和 y 轴形心轴的偏移 (mm)。

当采用 (E.0.4-6)~(E.0.4-8)计算 k_{ω} 、 k_x 和 k_y 时, 采用 A_e 替换 A 。

本规程用词说明

1 为便于在执行本规程条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的：

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做的：

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做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合.....的规定”或“应按.....执行”。

引用标准名录

- 1 《工程结构通用规范》 GB55001
- 2 《建筑结构荷载规范》 GB 50009
- 3 《建筑抗震设计规范》 GB 50011
- 4 《建筑设计防火规范》 GB 50016
- 5 《钢结构设计标准》 GB 50017
- 6 《建筑结构可靠度设计统一标准》 GB 50068
- 7 《工程结构可靠性设计统一标准》 GB 50153
- 8 《钢结构工程施工质量验收规范》 GB 50205
- 9 《不锈钢焊条》 GB/T 983
- 10 《钢结构用高强度大六角头螺栓》 GB/T 1228
- 11 《钢结构用高强度大六角螺母》 GB/T 1229
- 12 《钢结构用高强度垫圈》 GB/T 1230
- 13 《钢结构用高强度大六角头螺栓、大六角螺母、垫圈技术条件》 GB/T 1231
- 14 《紧固件机械性能 不锈钢螺栓、螺钉和螺柱》 GB/T 3098.6
- 15 《紧固件机械性能 不锈钢螺母》 GB/T 3098.15
- 16 《紧固件机械性能 盲铆钉试验方法》 GB/T 3098.18
- 17 《紧固件机械性能 不锈钢自攻螺钉》 GB/T 3098.21
- 18 《不锈钢冷轧钢板和钢带》 GB/T 3280
- 19 《钢结构用扭剪型高强度螺栓连接副》 GB/T 3632
- 20 《不锈钢热轧钢板和钢带》 GB/T 4237
- 21 《机械结构用不锈钢焊接钢管》 GB/T 12770
- 22 《结构用不锈钢无缝钢管》 GB/T 14975
- 23 《不锈钢药芯焊丝》 GB/T 17853
- 24 《埋弧焊用不锈钢焊丝和焊剂》 GB/T 17854
- 25 《不锈钢 牌号及化学成分》 GB/T 20878
- 26 《不锈钢钢绞线》 GB/T 25821
- 27 《建筑钢结构防火技术规范》 GB 51249
- 28 《建筑用不锈钢绞线》 JG/T 200
- 29 《不锈钢拉索》 YB/T 4294
- 30 《不锈钢棒》 GB/T 1220
- 31 《不锈钢冷加工钢棒》 GB/T 4226
- 32 《建筑用不锈钢焊接管材》 JG/T 539
- 33 《不锈钢结构焊接技术规程》 T/CECS 1295
- 34 《环槽铆钉连接副 技术条件》 GB/T 36993
- 35 《钢结构高强度环槽铆钉连接技术规程》 T/CECS 1552

- 36 《钢结构高强度螺栓连接技术规程》 JGJ 82
- 37 《不锈钢结构施工质量验收标准》 T/CECS 1537
- 38 《建筑屋面和幕墙用冷轧不锈钢钢板和钢带》 GB/T 34200
- 39 《建筑用不锈钢压型板》 GB/T 36145
- 40 《焊接不锈钢屋面工程技术标准》 T/CECS 959

不锈钢结构技术规程

CECS 410-202x

条文说明

修订说明

《不锈钢结构技术规程》(CECS410-202X)经中国工程建设标准化协会 202X 年××月××日以第××号公告批准发布。

本规程是在《不锈钢结构技术规程》(CECS410-2015)的基础上修订而成,上一版的主编单位是东南大学,参编单位是清华大学等,主要起草人员是舒贛平等。本次修订的主要技术内容是:1. 补充了 2 种承重结构用不锈钢和 6 种围护结构用不锈钢的力学性能指标及构件设计方法;2. 补充了考虑冷加工效应的材料参数计算方法(附录 A);3. 补充了不锈钢高强度螺栓及环槽铆钉的设计指标及其连接设计方法;4. 完善了不锈钢构件的截面分类及截面强度设计方法;5. 补充了不锈钢卷边 C 形截面承载力计算的直接强度法(附录 D);6. 补充了不锈钢管结构相贯节点和典型梁柱节点的设计方法;7. 补充了不锈钢焊接连接的疲劳设计方法;8. 补充了不锈钢构件抗火计算方法(附录 E);9. 补充了不锈钢压型板设计方法(第 7 章);10. 补充了不锈钢结构抗震性能化设计方法(第 8 章)。

本规程修订过程中,编制组进行了广泛的调查研究,总结了我国不锈钢结构工程的实践经验,同时参考了国外先进技术法规、技术标准,通过多批试验取得了大量重要技术参数。

为便于广大设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本规程时能正确理解和执行条文规定,《不锈钢结构技术规程》编制组按章、节、条顺序编制了本规程的条文说明,对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明。但是,本条文说明不具备与规程正文同等的法律效力,仅供使用者作为理解和把握规程规定的参考。

目 次

1 总则.....	1
3 材料.....	2
3.1 结构用不锈钢.....	2
3.2 连接材料.....	5
3.3 设计指标.....	6
4 设计基本规定.....	11
4.1 设计原则.....	11
4.3 构造的一般规定.....	11
4.4 结构变形的规定.....	12
5 构件的计算.....	14
5.1 轴心受拉构件.....	14
5.2 轴心受压构件.....	14
5.3 受弯构件.....	18
5.4 拉弯构件.....	20
5.5 压弯构件.....	20
5.6 构件中的受压板件.....	21
5.7 受弯构件的变形.....	23
6 连接及节点计算和构造.....	25
6.1 焊缝连接计算.....	25
6.2 紧固件连接计算.....	26
6.3 梁柱节点及柱脚节点计算.....	30
6.4 钢管连接节点计算.....	36
6.5 焊缝连接疲劳计算.....	36
6.6 连接构造要求.....	38
6.7 节点构造要求.....	38
7 压型板.....	40
7.1 一般规定.....	40
7.2 压型板的计算.....	42
7.3 压型板的有效截面.....	44
7.4 压型板的构造.....	44
8 抗震性能化设计.....	46
8.1 一般规定.....	46
8.2 计算要点.....	47
8.3 构造措施.....	48
9 防护.....	49
9.1 维护.....	49
9.2 防火和隔热.....	49
10 制作和安装.....	52
10.1 一般规定.....	52
10.2 制作.....	52
10.3 焊接和紧固连接.....	52
10.4 压型板.....	53

10.6 安装.....	53
--------------	----

1 总则

1.0.2 本条规定了本规程的适用范围，适用于工业与民用建筑中的热轧、冷弯和焊接不锈钢结构。此次修订中补充了不锈钢焊接连接的疲劳设计方法，因此删除了“本规程不适用于直接动力荷载作用下需要进行疲劳验算的承重结构和构件”，规程使用范围有所放宽。

3 材料

3.1 结构用不锈钢

3.1.1 不锈钢的种类很多，一般可分为五大类，各类不锈钢的特性见表 1。本规程推荐了适用于一般结构用途的奥氏体、铁素体和双相不锈钢，不适用于不锈钢铸件。马氏体不锈钢因其焊接及冷加工性能差，无法应用于结构用途。沉淀硬化不锈钢因具有高强度和良好的韧性，因此推荐其应用于不锈钢高强度紧固件。铁素体不锈钢因厚板焊接难度大，因此仅推荐应用于围护结构。本规程推荐使用的不锈钢与国外不锈钢牌号的对照见表 2。

S30408 是最常用的奥氏体不锈钢，其塑性、韧性和冷加工性能良好，在氧化性酸和大气、水介质中耐蚀性好，但敏态和焊接后有晶间腐蚀倾向。S30403 比 S30408 的碳含量更低，耐晶间腐蚀性更优越，但固溶态的材料强度较低。S35657 是一种铬-锰-镍-氮系奥氏体不锈钢，其耐腐蚀性能与 S30408 相近，但其强度高，同时由于含镍量低，具有良好的经济性。S31608 与 S30408 相比，在海水和其它介质中的耐腐蚀性能更好，主要用在耐点蚀性能要求更高的情况。S31603 比 S31608 的碳含量更低，更适于需要焊接且耐晶间腐蚀性能要求高的情况。

S22053、S22253 和 S20013 是常用的奥氏体-铁素体（双相）不锈钢，对含碳化氢、二氧化碳、氯化物的环境具有阻抗性，与奥氏体不锈钢比较，有更好的耐应力腐蚀性能和更高的强度。

本规程共推荐了 6 种铁素体不锈钢应用于屋面、墙面等围护结构或装饰面板。这 6 种铁素体不锈钢的耐腐蚀性能之间存在差异，以适用于不同地区、不同环境的耐腐蚀需求。铁素体不锈钢不含或含少量镍，具有成本低、热膨胀系数小、对应力腐蚀不敏感等特点。超低碳氮且添加铌钛元素的铁素体不锈钢（S12361 和 S12362）具有比传统铁素体（其他四种）更好的耐蚀性、成形性和焊接性。

从经济方面比较，铁素体和 S35657 不锈钢单价较低，304 系列不锈钢单价略高，316 系列不锈钢单价较高，S22053、S22253 和 S20013 双相不锈钢单价最高。

表 1 各类不锈钢的性能特点汇总表

特 性		不锈钢种类				
		马氏体	铁素体	奥氏体	双相	沉淀硬化
耐蚀性	不锈性	良	优	优	优	优
	耐全面腐蚀性	良中	优中	优良	优	良中
	耐点蚀、缝隙腐蚀性	中差	优中	优良	优良	中差
	耐应力腐蚀性	中差	优	差良	优	中差
耐热性	高温强度	优	中	优	中	良优*
	抗氧化、抗硫化性	中	优中	良差	良	良中
	热疲劳性	良	良	良	良	良
焊接性和冷加工性	焊接性	中差	良中	优	优	中
	冷成型性（深冲）	中差	优	优	中	中差
	冷成型性（深拉）	中差	良	优	中	中差
	易切削性	良	良	中良	良	中
强度和塑、韧性	室温强度	优	良	良	优	优
	室温塑性、韧性	良差	良	优	优	良中
	低温塑性、韧性	良差	良差	优	良	中差良*
其他	磁性	有	有	无	有	有无*
	导热性	良	优	差	良	中差*
	线膨胀系数	小	小	大	中	中差*

注：1 凡是有两种不同评定时，则随钢中化学成分的不同而有所不同；

2*—仅对奥氏体-沉淀硬化不锈钢。

表 2 国内外不锈钢牌号近似对照表

统一数	牌号	旧牌号	美国 ASTM	日本 JIS	欧洲
-----	----	-----	---------	--------	----

字代号			A240/A240M	G4304、JIS G4305 等	EN 10088-2
S30408	06Cr19Ni10	0Cr18Ni9	S30400,304	SUS304	X5CrNi18-10,1.4301
S30403	022Cr19Ni10	00Cr19Ni10	S30403,304L	SUS304L	X2CrNi18-9,1.4307
S31608	06Cr17Ni12Mo2	0Cr17Ni12Mo2	S31600,316	SUS316	X5CrNiMo17-12- 2,1.4401
S31603	022Cr17Ni12Mo2	00Cr17Ni14Mo2	S31603,316L	SUS316L	X2CrNiMo17-12- 2,1.4404
S35657	08Cr19Mn6Ni3Cu2N	-	-	-	X8CrMnNi19-6-3, 1.4367
S22253	022Cr22Ni5Mo3N	-	S31803	SUS329J3L	X2CrNiMoN22-5- 3,1.4462
S22053	022Cr23Ni5Mo3N	-	S32205,2205	-	-
S20013	022Cr20Mn5Ni2N	-	S32001	-	-
S11203	022Cr12	00Cr12	-	SUS410L	-
S11710	10Cr17	1Cr17	S43000	SUS430	X6Cr17, 1.4016
S12182	019Cr21CuTi	-	S44330	SUS443J1	-
S11972	019Cr19Mo2NbTi	00Cr18Mo2	S44400	SUS444	X2CrMoTi18-2, 1.4521
S12362	019Cr23MoTi	-	SUS445J1	-	-
S12361	019Cr23Mo2Ti	-	SUS445J2	-	-

3.1.3 选用不锈钢材料时，应注意下列事项：

- 1 选材必须考虑结构所处的环境，构件的加工、表面处理和维持方式。
- 2 不同大气环境中承重结构推荐采用的不锈钢见表 3。典型大气环境对应的腐蚀性等级类型见表 5，该表来自《金属和合金的腐蚀 大气腐蚀性 第 1 部分：分类测定和评估》GB/T 19292.1 附录 C。
- 3 不同大气环境中围护结构推荐采用的不锈钢见表 4。数据来自《不锈钢彩色涂层钢板和钢带》YB/T 6108 附录 C 和 D。
- 4 如果结构整体或部分构件直接接触海水或腐蚀性化学溶液，选材时应征求材料供应商或专业机构的建议。

表 3 不同大气环境承重结构推荐采用的不锈钢材料

种类	统一数字代号	牌号	大气环境腐蚀性分类 ^b					
			C1	C2	C3	C4	C5	CX
奥氏体	S30408	06Cr19Ni10	√	√	√	×	×	×
	S30403	022Cr19Ni10	√	√	√	×	×	×
	S31608	06Cr17Ni12Mo2	√	√	√	√	-	×
	S31603	022Cr17Ni12Mo2	√	√	√	√	-	×
	S35657	08Cr19Mn6Ni3Cu2N	√	√	√	×	×	×
双相	S22253	022Cr23Ni5Mo3N	√	√	√	√	√	-
	S22053	022Cr22Ni5Mo3N	√	√	√	√	√	√
	S20013	022Cr20Mn5Ni2N	√	√	√	-	×	×

注：√表示“可用”、-表示“谨慎使用”、×表示“不可用”

表 4 不同大气环境围护结构推荐采用的不锈钢材料

是否涂装	种类	统一数字代号	牌号	大气环境腐蚀性分类 ^b					
				C1	C2	C3	C4	C5	CX
无涂层	奥氏体	S30408	06Cr19Ni10	√	√	√	×	×	×
		S30403	022Cr19Ni10	√	√	√	×	×	×
		S31608	06Cr17Ni12Mo2	√	√	√	√	-	×
		S31603	022Cr17Ni12Mo2	√	√	√	√	-	×
		S35657	08Cr19Mn6Ni3Cu2N	√	√	√	×	×	×
	双相	S22253	022Cr23Ni5Mo3N	√	√	√	√	√	-
		S22053	022Cr22Ni5Mo3N	√	√	√	√	√	√
		S20013	022Cr20Mn5Ni2N	√	√	√	-	×	×
	铁素体	S11203	022Cr12	√	-	×	×	×	×
		S11710	10Cr17	√	√	-	×	×	×
		S12182	019Cr21CuTi	√	√	√	×	×	×
		S12362	019Cr23MoTi	√	√	√	-	×	×
		S11972	019Cr19Mo2NbTi	√	√	√	√	-	×
		S12361	019Cr23Mo2Ti	√	√	√	√	√	-
	彩涂板	奥氏体	S30408	06Cr19Ni10	√	√	√	√	√
S30403			022Cr19Ni10	√	√	√	√	√	-
S31608			06Cr17Ni12Mo2	√	√	√	√	√	√
S31603			022Cr17Ni12Mo2	√	√	√	√	√	√
S35657			08Cr19Mn6Ni3Cu2N	√	√	√	√	√	-
双相		S22253	022Cr23Ni5Mo3N	√	√	√	√	√	√
		S22053	022Cr22Ni5Mo3N	√	√	√	√	√	√
		S20013	022Cr20Mn5Ni2N	√	√	√	√	√	-
铁素体		S11203	022Cr12	√	√	√	×	×	×
		S11710	10Cr17	√	√	√	√	×	×
		S12182	019Cr21CuTi	√	√	√	√	√	×
		S12362	019Cr23MoTi	√	√	√	√	√	×
		S11972	019Cr19Mo2NbTi	√	√	√	√	√	×
		S12361	019Cr23Mo2Ti	√	√	√	√	√	√

注：√表示“可用”、-表示“谨慎使用”、×表示“不可用”

表 5 典型大气环境的腐蚀性等级评估

腐蚀性等级 ^a	腐蚀性	典型环境——举例 ^b	
		室内	室外
C1	很低	低湿度和无污染的加热空间，如办公室、学校、博物馆	干冷地区，污染非常低且潮湿时间非常短的大气环境，如沙漠、北极中央/南极
C2	低	温度和相对湿度变化的不加热空间。低频率冷凝和低污染，如储藏室、体育馆	温带地区，低污染（SO ₂ ≤5 μg/m ³ ）大气环境，如乡村、小镇。干冷地区，潮湿时间短的大气环境，如沙漠、亚北极地区

C3	中等	中度频率冷凝和中度污染的生产空间，如食品加工厂、洗衣店、啤酒厂、乳品厂	温带地区，中度污染（ $5 \mu\text{g}/\text{m}^3 < \text{SO}_2 \leq 30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ）或氯化物有些作用的大气环境，如城市地区、低氯化物沉积的沿海地区。 亚热带和热带地区，低污染大气
C4	高	高频率冷凝和高污染的生产空间，如工业加工厂、游泳池	温带地区，重度污染（ $30 \mu\text{g}/\text{m}^3 < \text{SO}_2 \leq 90 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ）或氯化物有重大作用的大气环境，如污染的城市地区、工业地区、没有盐雾或没有暴露于融冰盐强烈作用下的沿海地区
C5	很高	非常高频率冷凝和/或高污染的生产空间，如矿山、工业用洞穴、亚热带和热带地区的不通风工作间	温带和亚热带地区，超重污染（ $90 \mu\text{g}/\text{m}^3 < \text{SO}_2 \leq 250 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ）和/或氯化物有重大作用的大气环境，如工业地区、沿海地区、海岸线遮蔽位置
CX	极值	几乎永久性冷凝或长时间暴露于极端潮湿和/或高污染的生产空间，如湿热地区有室外污染物（包括空气中氯化物和促进腐蚀物质）渗透的不通风工作间	亚热带和热带地区（潮湿时间非常长），极重污染（ $\text{SO}_2 > 250 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ）包括间接和直接因素和/或氯化物有强烈作用的大气环境，如极端工业地区、海岸与近海地区及偶尔与盐雾接触的地区
<p>注 1: 沿海地区氯化物沉积受风向、风速、当地地貌、海岸外避风岛、地点距海洋的距离等影响。</p> <p>注 2: 氯化物的极端影响，如海水飞溅或重盐雾，是超出本表范围的。</p> <p>注 3: 特定服役大气环境的腐蚀性分类，如化学工业，是超出本表范围的。</p> <p>注 4: 有氯化物沉积和积累的海洋大气环境中，由于吸湿性盐的存在，被遮蔽的表面和没有雨水冲刷的表面具有更高的腐蚀性等级。</p> <p>注 5: 腐蚀性等级 C1 和 C2 的室内环境类型的详细描述见 GB/T 24513.1。对室内腐蚀性等级 IC1 到 IC5 进行了定义和分类。</p>			
<p>^a 预期为 CX 等级的大气环境，建议根据一年腐蚀失重来确定大气腐蚀性分类。</p> <p>^b 二氧化硫浓度的测定至少要经过一年，并且表达为年平均值。</p>			

3.2 连接材料

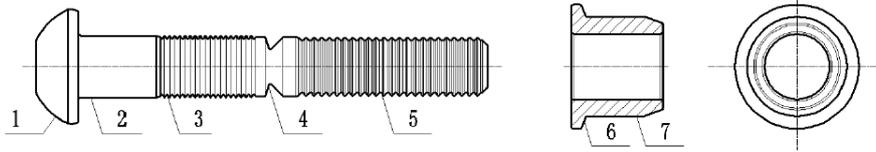
3.2.1 本条给出了不锈钢结构的焊接材料的选择。

本条第 3 款中不锈钢材料“类别”以材料的组织结构进行分类，包括：奥氏体、双相和铁素体类不锈钢。其中，合金元素含量主要指 Ni、Cr 和 Mo 含量。

3.2.2 目前国内尚未颁布建筑结构用不锈钢高强度螺栓或环槽铆钉相关的产品标准。

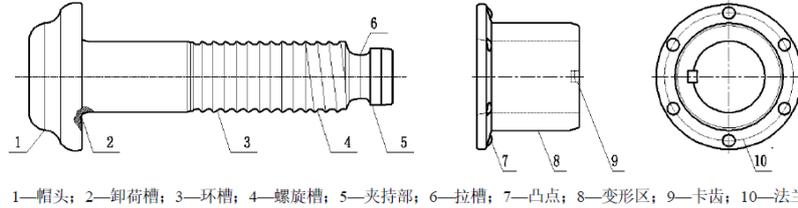
东南大学正在牵头编制《建筑用不锈钢高强度连接副》产品标准。目前已经确定了产品的形制和材料，正在进行定型试验。相关条文将于《建筑用不锈钢高强度连接副》颁布后进一步完善。

另外，不锈钢环槽铆钉的相关产品标准也在编制中。环槽铆钉连接技术是指采用专用铆接设备，在对铆钉轴向拉伸的同时径向挤压套环，使套环金属流动到铆钉的环槽中，形成永久的金属塑性变形连接技术，具有连接强度高、预拉力一致性好、抗振防松性能优异、抗疲劳寿命长、抗腐蚀能力强、安装便捷快速等优点。规程参编单位，使用沉淀硬化不锈钢 S51740 试制了不锈钢高强度环槽铆钉，其机械性能达到了《环槽铆钉连接副 技术条件》GB/T 36993 的要求。不锈钢高强度环槽铆钉已在中科院高能所中微子探测器中应用。本规程推荐采用的高强度环槽铆钉包含拉断型和短尾型高强度环槽铆钉，分别如图 1 和图 2 所示。



1—帽头；2—光杆；3—锁紧环槽段；4—拉断槽；5—拉断结构；6—法兰；7—变形区

图 1 拉断型高强度环槽铆钉连接副示意图



1—帽头；2—卸荷槽；3—环槽；4—螺旋槽；5—夹持部；6—拉槽；7—凸点；8—变形区；9—卡齿；10—法兰

图 2 短尾型高强度环槽铆钉连接副示意图

拉断型高强度环槽铆钉连接副为国家标准《环槽铆钉连接副 技术条件》GB/T 36993 中的 I 型环槽铆钉连接副，铆接时拉断结构作为施力点，轴向拉伸的同时径向挤压套环，当拉断型高强度环槽铆钉连接副从拉断槽处拉断时即完成铆接。短尾型高强度环槽铆钉采用铆钉尾部拉槽作为施力点，铆接时不需要拉断，降低了安装中的噪音且拆卸方便。

3.3 设计指标

3.3.1~3.3.2 材料力学性能试验表明，不锈钢材料存在一定的各向异性，表现在拉压不同性、纵向横向不同性。其中材料纵向拉伸强度略高于纵向压缩强度，横向拉伸强度略高于纵向。从工程应用的角度可以近似采用不锈钢材料纵向拉伸性能。

关于不锈钢材料的抗力分项系数，统计了本规程 S30408、S30403、S31608、S31603、S22053 和 S22253，六个牌号钢种共 450 组试验数据（均由太原钢铁集团提供），数据样本中不锈钢的屈服强度、抗拉强度、延伸率和硬度等力学性能指标。统计情况如下：（1）样本数量少。各牌号不锈钢都不超过 180 组，有些牌号不锈钢的数据不足 50 组；（2）服从正态分布。除 304 的屈服强度、316L 的伸长率 2 组外，其余统计分布都能通过 K-S 正态检验，可认为不锈钢的各项力学性能指标服从正态分布；（3）各项指标均满足标准，高于标准，各项指标统计数据的最小值都满足相应材料标准的要求，且各项指标统计标准值与材料标准规定值之间尚有一定富余量。各牌号不锈钢屈服强度统计标准值 $R_{p0.2,k}$ 高出标准规定值 $R_{p0.2}$ 48.91~158.62MPa，抗拉强度统计标准值 $R_{m,k}$ 高出标准规定值 R_m 59.42~157.17MPa，伸长率统计标准值 δ_k 高出标准规定值 δ 4.27%~15.42%。考虑到数据量的局限性，不锈钢材料的抗力分项系数偏于安全地取与《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018 中的冷弯型钢相同，暂取 1.165。

对于本次修订新增的 S35657 不锈钢，编制组开展了 2.5~40mm 不锈钢板，共 150 根试件试验。材料力学性能指标均符合正态分布。对于 4mm 以下和 4mm 以上的材料，其屈服强度平均值分别为 37.8.33MPa 和 370.50MPa，变异系数分别为 0.0298 和 0.0337。材料抗力分项系数由抗力不定性和荷载不定性共同决定。抗力不定性由材料不定性，计算模式不定性和几何参数的不定性构成。结合屈服强度的统计指标，考虑试验不确定性后，S35657 材料的不定性参数：均值为 $\mu_{KM}=1.054$ （4mm 以下），1.039（4mm 以上），变异系数为 $\delta_{KM}=0.063$ （4mm 以下），0.066（4mm 以上）；根据本规范中 S35657 构件设计方法和构件试验结果，其计算模式不定性参数：均值为 $\mu_{KP}=1.050$ ，变异系数为 $\delta_{KM}=0.070$ ；几何参数的不定性参数（与钢结构相同）：均值为 $\mu_{KP}=1.00$ ，变异系数为 $\delta_{KM}=0.050$ 。基于上述参数，计算得到抗力不定性参数： $\mu_R=1.1067$ （4mm 以下），1.0910（4mm 以上），变异系数为 $\delta_{KM}=0.1066$ （4mm 以下），0.1084（4mm 以上）。荷载不定性的与建筑用途、荷载种类及荷载之

间的比例有关。考虑住宅、办公楼等典型用途下典型荷载的统计结果（与钢结构相同），并考虑 4 种可变荷载与恒载的比值（0.25、0.5、1.0 和 2.0），取可靠度指标 $\beta=3.2$ ，采用等效归一化法计算抗力分项系数。鉴于数据有限，偏于安全考虑取所有荷载组合下抗力分项系数的最大值（风荷载组合），建议 S35657 的材料抗力分项系数 γ_R 取 1.15。

其他设计指标与材料强度的换算关系见表 6。

表 6 强度设计值的换算关系

材料和连接种类		应力种类		《钢结构设计标准》GB 50017 换算关系	欧洲规范取值
钢材		抗拉、抗压和抗弯		$f=f_{0.2}/\gamma_R=f_{0.2}/1.165$	$f=f_y$
		抗剪		$f_v=f/\sqrt{3}$	$f_v=f_y/\sqrt{3}$
		端面承压		$f_{ce}=f_u/1.15$	-
焊缝	对接焊缝	抗压		$f_c^w=f$	取等于较弱连接构件的设计强度
		抗拉	焊缝质量为一、二级	$f_t^w=f$	
			焊缝质量为三级	$f_t^w=0.85f$	
		抗剪		$f_v^w=f_v$	
	角焊缝	抗拉、抗压和抗剪		$f_t^w=0.38f_u^w \leq f_y$	
螺栓连接	普通螺栓	C 级螺栓	抗拉	$f_t^b=0.42f_u^b$	$f_t^b=0.56f_u^b$
			抗剪	$f_v^b=0.35f_u^b$	$f_v^b=0.48f_u^b$
			承压	$f_c^b=0.82f_u$	$f_c^b=0.6f_u+0.5f_y \leq f_u$
	高强度螺栓承压型连接		抗拉	$f_t^b=0.48f_u^b$	-
			抗剪	$f_v^b=0.30f_u^b$	-
			承压	$f_c^b=1.26f_u$	-
	锚栓		抗拉	$f_t^b=0.38f_u^b$	-

注： f_u 为不锈钢抗拉强度（MPa）； f_u^b 为螺栓的抗拉强度（MPa）。

目前我国已有大量材料力学性能试验数据中，大部分不包含应变强化系数 n 。因此，不锈钢材料的应变强化系数主要参考 n 值参照试验数据统计结果、欧洲规范 EN 1993-1-4 和 Design Manual for Structural Stainless 的规定。其中，奥氏体不锈钢 S35657 和铁素体不锈钢 S11203 和 S11710 的 n 值根据东南大学试验结果统计得到。根据不锈钢材料拉伸实验数据，可近似取 $n=\ln(20)/\ln(f_{0.2}/f_{0.01})$ ，其中 $f_{0.2}$ 为材料名义屈服强度， $f_{0.01}$ 为残余应变为 0.01% 时的应力）。

固溶状态下，奥氏体和双相不锈钢具有明显的应变强化性能。构件加工过程中，材料可能因冷弯（折弯或辊弯）引起性能参数的变化，特别是名义屈服强度的提高。根据规程编制组对奥氏体不锈钢冷成型强化规律的研究，附录 A 给出了考虑冷加工效应的材料性能指标计算表达式。当构件冷成型后经过退火等热处理时，不应考虑冷加工效应。当冷成型构件之间采用焊接连接时，焊缝及热影响区均不应考虑冷加工效应。对于焊缝热影响区，焊接过程可能具有退火作用，从而使得材料的强度下降，材料性能参数趋向于固溶状态下的数据。焊缝材料强度与焊条（丝）的力学性能相关，

与构件冷成型无关，在验算其承载力时，应采用 3.3.2 条给出的参数。

3.3.3 本规程中推荐使用的不锈钢结构用紧固件包含 3 类：不锈钢普通螺栓和螺钉、不锈钢高强度螺栓和不锈钢高强度环槽铆钉。在特殊情况，也可采用普通钢结构用高强度螺栓或高强度环槽铆钉，但应采用螺栓镀层、非金属垫圈隔离等有效防护措施。在可能被海水及其他腐蚀性介质淹没的区域，不锈钢板和普通螺栓之间会通过该介质形成电化学腐蚀，故在这种环境下，不允许采用普通钢高强度螺栓。

1 不锈钢普通螺栓和螺钉

不锈钢普通螺栓和螺钉是指《紧固件机械性能不锈钢螺栓、螺钉和螺柱》GB/T 3098.6 中规定的不锈钢螺栓。由于该产品标准中不锈钢螺栓强度较低，且力学性能指标以抗拉强度为主，不控制屈服强度，因此本规程均按照普通螺栓处理，施工时不施加预紧力。目前，规程中推荐采用 GB/T 3098.6 中的奥氏体和双相不锈钢螺栓、螺钉和螺柱。

GB/T 3098.6 中不锈钢螺栓的螺栓标记由短线隔开的两部分组成。第一部分标记钢的组别，第二部分标记性能等级。钢的组别标记由字母和一个数字组成，字母表示钢的类别（例如 A-奥氏体；F-铁素体；C-马氏体；D-双相），数字表示该类钢的化学成分范围及耐腐蚀性能，数字越大，防腐性能越高。性能等级标记由二位数字组成，表示紧固件抗拉强度的 1/10，例如“A2-70”表示奥氏体 A2 组别不锈钢螺栓，最小抗拉强度为 700 N/mm²。

奥氏体不锈钢通常分为：铬-镍奥氏体组别(A1~A3)和铬-镍-钼奥氏体组别(A4、A5 和 A8)。奥氏体不锈钢不能通过淬火硬化，紧固件机械性能通常通过加工硬化获得。为了减少对加工硬化的敏感性，可加入铜(化学成分见 GB/T3098.6 和 GB/T 3098.15)。碳含量低于 0.030% 的 A2 和 A4 不锈钢组别，可以在组别中加字母“L”，如 A2L 和 A4L。碳含量大于 0.030%的 A2 和 A4 暴露在高温环境(制造过程、焊接过程或使用环境)不锈钢组别，其晶间腐蚀敏感性可能会更高。在这些情况下，需方可以选择 A2L 或 A4L 组别，或含 Ti 或 Nb 的稳定型不锈钢组别 A3 或 A5。A8 是高合金奥氏体不锈钢，比 A1~A5 具有更好的耐腐蚀性。

奥氏体钢在退火状态通常无磁性，然而冷锻过程中也许会产生一些残余磁性。当低导磁率是关键因素时，应咨询不锈钢材料专家。

A1 组别不锈钢是专为机械加工设计的。由于硫含量高，比相应标准硫含量不锈钢的耐腐蚀性能低。该组别钢不适用于非氧化酸类介质中或带氯化物成分的环境(如游泳池用氯化物作清洁介质，或海洋环境)。目前本规程不推荐采用。

A2 组别不锈钢是最广泛使用的不锈钢。该组别钢不适用于非氧化酸类介质中或带氯化物成分的环境(如游泳池用氯化物作清洁介质，或海洋环境)。

A3 组别不锈钢的性能与 A2 组别不锈钢类似，但耐热性能高(通常可达 350℃)。通过添加 Ti 或 Nb 与碳结合，生成碳化钛或碳化铌，形成稳定型不锈钢。该组别钢不适用于非氧化酸类介质中或带氯化物成分的环境(如游泳池用氯化物作清洁介质，或海洋环境)。

A4 组别不锈钢是“耐酸钢”，含有 Mo 元素，能提供相当好的耐腐蚀性。该组别钢可用于一些含氯化物的环境，但仍然不适用于用氯化物作清洗介质的游泳池或海洋环境中。

A5 组别不锈钢是性能与 A4 组别钢相同的稳定型“耐酸钢”，可耐多种酸，但耐热性能高(通常可达 350℃)。通过添加 Ti 或 Nb 与碳结合，生成碳化钛或碳化铌，形成稳定型不锈钢。该组别钢可用于一些含氯化物的环境，但仍然不适用于用氯化物作清洗介质的游泳池或海洋环境中。

A8 组别不锈钢被称为“6%Mo”不锈钢，对各种形式的腐蚀具有高的耐腐蚀性，包括点蚀、缝隙腐蚀、应力腐蚀开裂。适用于用氯化物作清洗介质的游泳池，也适用于海洋环境。但用于特殊要求和/或规定的建筑物和构筑物时应进行咨询。

双相不锈钢具有铁素体和奥氏体双相组织，铁素体的体积分数在 40%~60%间。在退火条件下，双相不锈钢的强度明显高于奥氏体不锈钢，并可以通过冷作硬化进一步提高，但延展性降低。双相不锈钢通常分为：低双相(D2、D4)，低合金含量(特别是 Ni 和 Mo)；标准双相(D6)；超级双相(D8)，

高合金含量。与奥氏体不锈钢 A1~A5 组别相比，双相钢对耐应力腐蚀开裂有了很大提高。

D2 和 D4 组别由于 Mo 含量低于 2%甚至低于 1%因此被称为低双相钢。耐点蚀和缝隙腐蚀方面，D2 与 A2、D4 与 A4 相当。

D6 组别的 Mo 含量高于 2.5%被称为标准双相钢。与 A1~A5 和 D4 组别相比，D6 组别具有更好的耐腐蚀性，尤其是耐点蚀和缝隙腐蚀。

D8 组别被称为高双相钢，耐腐蚀性与 A8 相当。

2 不锈钢高强度螺栓

目前国内尚未颁布建筑结构用不锈钢高强度螺栓相关的产品标准。东南大学正在牵头编制《建筑用不锈钢高强度连接副》产品标准。在该标准中，采用的不锈钢类型包含：奥氏体、双相和沉淀硬化不锈钢；性能等级包括：8.8S 和 10.9S。

不锈钢高强度螺栓的标记也由两部分组成，其中第一部分为不锈钢的组别，与不锈钢普通螺栓相同，第二部分为螺栓性能等级的标记，由数字和字母“S”组成，用点分隔。点左边的数字：表示最小抗拉强度 (R_{mf}) 的 1/100，以 MPa 计；点右边的数字：表示规定塑性延伸率为 0.2%的应力 ($R_{p0.2}$) 与最小抗拉强度 (R_{mf}) 比值（即屈强比）的 10 倍。例如：“D6-10.9S”：表示 D6 组双相不锈钢，抗拉强度 R_{mf} 不小于 1040 MPa，屈强比为 0.9 的不锈钢高强度螺栓。

3 不锈钢高强度环槽铆钉

目前国内尚未颁布建筑结构用不锈钢高强度环槽铆钉相关的产品标准。相关产品标准正在编制中，拟采用的不锈钢类型为：沉淀硬化不锈钢，性能等级包括：8.8R 和 10.9R。

不锈钢高强度环槽铆钉的命名方式与不锈钢高强度螺栓相近，只是将最后一个字母“S”替换为“R”。例如：“PH-10.9R”：表示 PH 组别沉淀硬化不锈钢，最小抗拉强度 R_{mf} 不小于 1040 MPa，屈强比为 0.9 的不锈钢高强度环槽铆钉。

环槽铆钉受拉时可能出现铆钉拉断或套环拉脱破坏，给出其拉脱/断力更合适，但考虑到将环槽铆钉设计与高强度螺栓设计方法统一，本规程参考《钢结构高强度环槽铆钉连接技术规程》T/CECS 1552 给出了环槽铆钉的抗拉强度。按照该抗拉强度，并结合本规程环槽铆钉受拉承载力公式，计算结果小于《环槽铆钉连接副 技术条件》GB/T 36993 给出的拉脱力，偏于安全。抗剪强度也是基于此原因。

本规程中不锈钢紧固件组别与该组别产品加工使用的不锈钢材料的近似对应关系见表 7。一般情况下，紧固件的耐蚀性不宜低于结构构件的材料。

表 7 不锈钢紧固件与不锈钢材料的近似匹配关系

种类	紧固件	材料	
	不锈钢组别	统一数字代号	牌号
奥氏体	A2	S30408	06Cr19Ni10
		S35657	08Cr19Mn6Ni3Cu2N
	A2L	S30403	022Cr19Ni10
	A3	-	-
	A4	S31608	06Cr17Ni12Mo2
	A4L	S31603	022Cr17Ni12Mo2
	A5	-	-
	A8	-	-
双相	D2	S20013	022Cr20Mn5Ni2N
	D4	-	-
	D6	S22053	022Cr23Ni5Mo3N
		S22253	022Cr22Ni5Mo3N
	D8	-	-

沉淀硬化	PH	-	-
------	----	---	---

注：详细的不锈钢螺栓及螺钉的选用，参考《紧固件机械性能 不锈钢和镍合金紧固件选用指南》GB/T 3098.25。

3.3.4 本条主要参考了《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB50018。

3.3.5 不锈钢材料应力-应变关系具有明显的非线性。进行简单不锈钢结构设计时可近似采用线弹性模型，其他情况宜采用本条规定的本构模型进行精确的分析。本条中给出的材料本构模型参考试验结果和欧洲规范 EN1993-1-4。

3.3.6 本条数据来自现行国家标准《不锈钢 牌号及化学成分》GB/T 20878。

4 设计基本规定

4.1 设计原则

4.1.6 东南大学、清华大学、北京工业大学等单位对不锈钢材料、构件、节点和结构进行了循环荷载作用下的试验研究。研究表明，不锈钢材料、构件、节点和结构的延性均优于碳钢。在目前关于不锈钢结构的抗震性能研究较少的情况下，不锈钢结构的抗震设计可以偏于安全地参照现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 中的相关规定执行。若需要对不锈钢结构进行性能化抗震设计，进一步提高其经济性，可参照本规程第 8 章执行。

4.3 构造的一般规定

4.3.3 加劲板、部分加劲板、非加劲板和卷边的分类如图 3 所示。现行国家标准《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018 中规定对于材质为 Q235 的受压非加劲板件的宽厚比限值为 45，对部分加劲板件的宽厚比限值为 60，对加劲板件的宽厚比限值为 250，对受压圆管的径厚比限值为 100。当板件为其他材质时，宽厚比限值的换算公式为式(1)，径厚比限值的换算公式为式(2)。条文表 4.3.3 中的数据是按公式(1)和(2)计算并取整得来的。由于对径厚比大于 100 的圆管研究不充分，本条限制圆管的径厚比不大于 100。

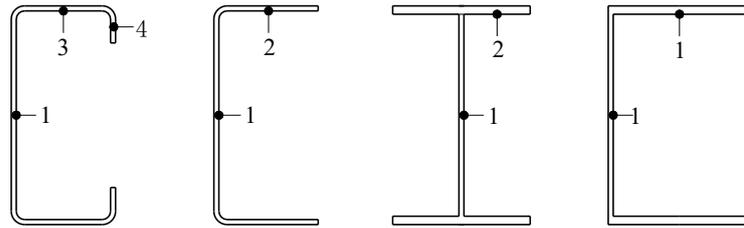


图 3 构件中受压板件的分类

1-加劲板；2-非加劲板；3-部分加劲板；4-卷边

$$\frac{b}{t} = (45, 60, 250) \sqrt{\frac{235}{f_{0.2}} \frac{E_0}{206000}} \quad (1)$$

$$\frac{d}{t} = 100 \cdot \frac{235}{f_{0.2}} \frac{E_0}{206000} \leq 100 \quad (2)$$

4.3.5 截面板件宽厚比指截面板件平直段的宽度和厚度之比。截面宽厚比影响不锈钢构件的承载力，也决定了塑性转动变形能力。本条给出了不锈钢构件截面的分类，这些分类将应用于构件承载力计算以及抗震构造措施。

本条给出的截面分类为三类，即 SS1、SS2 和 SS3，截面厚实程度依次降低。其中，SS1 类截面与欧洲规范 EN1993-1-4 中 Class1 和 Class 2 对应，和《钢结构设计标准》GB50017 中 S1 和 S2 对应，可以达到全截面塑性；SS2 类截面与欧洲规范 EN1993-1-4 中 Class3 对应，和《钢结构设计标准》GB50017 中 S3 和 S4 对应，可以达到边缘屈服，无需进行有效截面计算；SS3 类截面与欧洲规范 EN1993-1-4 中的 Class4 对应，《钢结构设计标准》GB50017 中 S5 对应，截面达到边缘屈曲前会发生局部屈曲，在计算截面承载力时，需要采用有效截面。

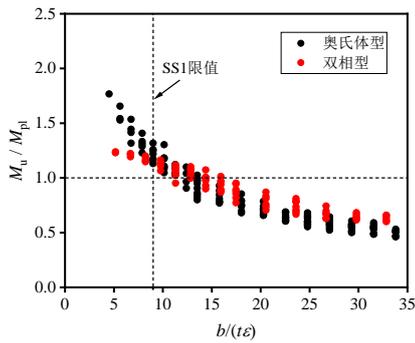
表 4.3.5-1 和表 4.3.5-2 中数据的计算参考了欧洲规范 EN1993-1-4 和《钢结构设计标准》GB50017 及本规程 5.6 节。截面的分类决定于组成截面板件。当截面中不同板件对应的等级不同时，截面分类取板件的等级最低值。比如，H 形截面的翼缘为 SS2 级，腹板为 SS1 级，则截面的等级为 SS2 级。

以焊接奥氏体 S30408 截面为例，对于焊接奥氏体 S30408 工字形截面的翼缘，三边简支一边自由的板件的屈曲系数 k 为 0.43，按本规范 5.6 节计算，全截面有效时板件宽厚比为 14.5。对于焊接奥氏体 S30408 箱形截面的翼缘，四边简支板的屈曲系数 k 为 4，按本规范 5.6 节计算，全截面有效时板件宽厚比为 44.2。

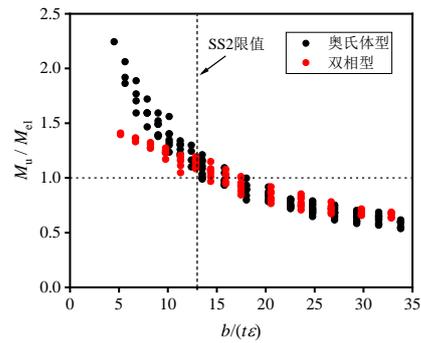
参考欧洲规范 EN1993-1-4 和《钢结构设计标准》GB50017，不锈钢 SS1 和 SS2 截面的界限宽厚比分别取全截面有效值时 b/t 的 0.65、0.90 倍取整数，各种截面屈曲宽厚比和标准取值比较见表 8。同时图 4 给出常用工字形截面的有限元分析结果，对不锈钢截面分类限值的评估，结果偏于安全。

表 8 奥氏体不锈钢 S30408 宽厚比限值和规范取值

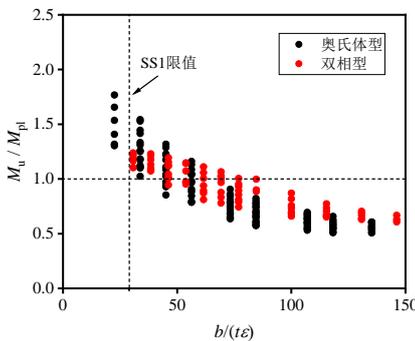
截面板件	成型方式	宽厚比	计算值	SS1	SS2	备注
			1.0	0.65	0.90	
工字形截面翼缘	冷成型	三边简支一边自由	16.4	10.7	14.8	屈曲系数 $k=0.43$
		规程取值	-	11	15	
	焊接	三边简支一边自由	14.5	9.4	13.1	
		规程取值	-	9	13	
箱形截面翼缘/ 工字形截面腹板	冷成型	四边简支，轴压	50.1	32.6	45.1	屈曲系数 $k=4$
		规程取值	-	33	45	
	焊接	四边简支，轴压	44.2	28.7	39.8	
		规程取值	-	29	40	



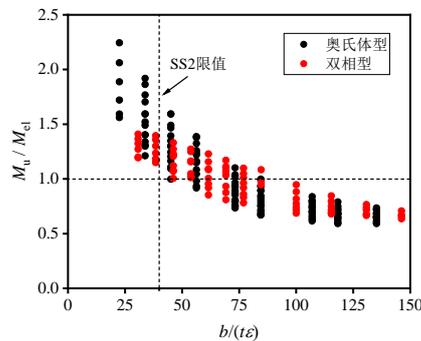
(a) 焊接工字形翼缘截面 SS1 限值



(b) 焊接工字形翼缘截面 SS2 限值



(c) 焊接工字形腹板截面 SS1 限值



(d) 焊接工字形腹板截面 SS2 限值

图 4 焊接工字形截面不锈钢截面分类限值

4.4 结构变形的规定

4.4.1 受不锈钢材料非线性的影响，同种条件下不锈钢结构的变形要大于低碳钢结构。对于变形起控制作用的大跨空间结构以及对变形要求较高的结构，建议采用本规程第 3.3.5 条给出的非线性材料模型计算。

5 构件的计算

5.1 轴心受拉构件

5.1.1 本条采用现行行业标准《玻璃幕墙工程技术规范》JGJ 102 中的相应规定。对包含不锈钢拉索的结构进行分析时，不锈钢拉索的弹性模量可取 $1.2 \times 10^5 \text{N/mm}^2$ ，也可取产品实测值。

5.1.2 本条采用现行国家标准《钢结构设计标准》GB50017 中的相应规定。

5.2 轴心受压构件

5.2.1 当轴心受压构件截面有削弱（如开孔或缺口等）时，应按本条计算其强度。条文公式(5.2.1)中 A_{en} 为有效净截面面积，应按下列规定确定：

- 1 有效截面面积 A_e 应按本规程条文第 5.6 节计算。
- 2 当孔洞或缺口位于截面的无效部位，则 $A_{en}=A_e$ ；当孔洞位于截面的有效部位，则：
 $A_{en}=A_e-A$ （位于有效部位的孔洞或缺口面积）。
- 3 开圆孔的均匀受压板件的有效宽度 b'_e ，可按下列公式计算：

当 $d_0/d \leq 0.1$ 时：

$$b'_e = b_e \quad (3)$$

当 $0.1 < d_0/d \leq 0.5$ 时：

$$b'_e = b_e - \frac{0.91d_0}{\bar{\lambda}_p^2} \quad (4)$$

当 $0.5 < d_0/d \leq 0.7$ 时：

$$b'_e = b_e - \frac{1.11d_0}{\bar{\lambda}_p^2} \quad (5)$$

$$\bar{\lambda}_p = 0.53 \frac{b}{t} \sqrt{\frac{f_{0.2}}{E_0}} \quad (6)$$

式中：
 d_0 ——孔径（mm）；
 b_e ——相应未开孔均匀受压加劲板的有效宽度（mm），按本规程条文第 5.6 节计算；
 b 、 t ——板件的实际宽度和厚度（mm）；
 $f_{0.2}$ ——不锈钢材料的名义屈服强度标准值（MPa）；
 E_0 ——不锈钢材料的初始弹性模量（N/mm²）；

当轴心受压构件截面没有削弱，则仅需按本规程公式 5.2.2 计算其稳定性而毋须计算其强度。

5.2.2 本条为轴心受压构件的稳定性计算要求。

本条基于不锈钢轴心受压构件试验数据和大量的有限元分析得出。

为验证现行国家标准《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018 及《钢结构设计标准》GB 50017 中轴心受压构件稳定系数的计算表对不锈钢轴心受压构件的适用性，东南大学进行了 7 根奥氏体 S30408 冷成型方管，13 根冷成型矩形管，11 根冷成型圆管，7 根焊接 H 形的轴心受压长柱试验，9 根焊接 H 形和 4 根焊接箱形奥氏体不锈钢 S35657 轴心受压长柱；清华大学进行了 10 根焊接 H 形和

8 根焊接箱形双相不锈钢轴心受压相关屈曲试验；北京工业大学进行了 10 根焊接 H 形和 8 根焊接箱形双相不锈钢截面轴心受压长柱试验，9 根奥氏体热轧不锈钢圆管和 10 根双相不锈钢轴心受压长柱试验，并对国内外的轴心受压长柱构件的试验数据进行了搜集和整理，其中以冷成型方管、矩形管、圆管、椭圆管、冷弯 C 形钢、焊接 H 形钢、焊接箱形截面和热轧圆管构件弯曲失稳的数据为主。

现行国家标准《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018 和《钢结构设计标准》GB 50017 以及欧洲规范 EN 1993-1-4 均采用 Perry 公式作为轴心受压构件稳定系数的计算公式，不同点在于其中的计算参数取值。为和我国传统规范相一致，本条也采用 Perry 公式的形式表达轴心受压构件的稳定系数。

根据构件的成型方式、截面形式和不锈钢力学性能对轴心受压构件稳定性能的影响，共给出 8 条柱子曲线。其中 2 条曲线针对冷成型构件，4 条曲线针对焊接成型截面，2 条曲线针对热轧不锈钢圆管。

冷成型工艺对构件的材料强度和残余应力均有影响，由于目前不能准确计算其影响，所以采用试验数据回归得到柱子曲线。试验数据和柱子曲线对比见图 5 和图 6。

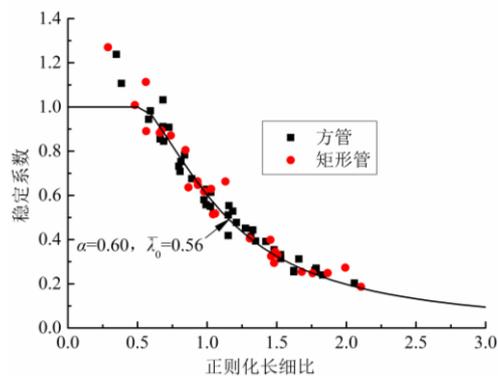


图 5 冷成型方管构件试验数据与柱子曲线对比

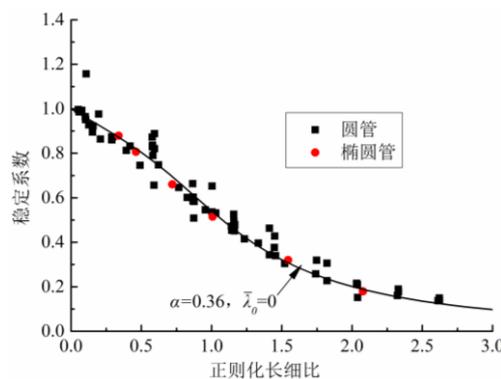
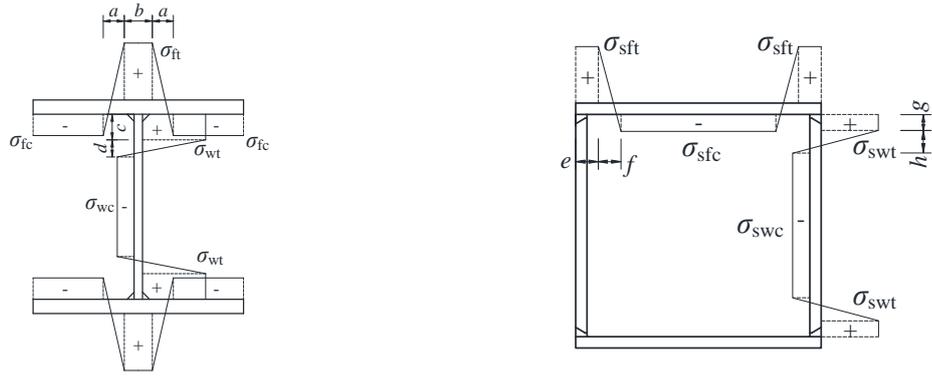


图 6 冷成型圆管构件试验数据与柱子曲线对比

针对焊接成型不锈钢构件，规程编制组开展了轴心受压长柱试验研究，并结合清华大学、东南大学提出的残余应力分布模式（图 7，表 9 和表 10），进行了大量常用截面受压构件的数值分析，最后进行拟合得到 4 条柱子曲线。

奥氏体、双相不锈钢焊接 H 形和箱形截面构件试验数据与柱子曲线的对比见图 8。



(a) 工字形截面

(b) 箱形截面（等边或不等边）

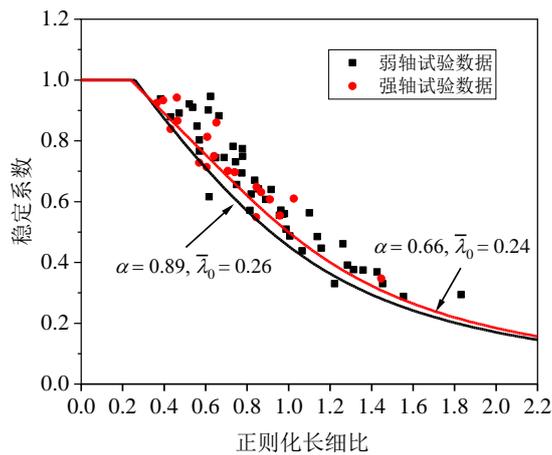
图 7 焊接构件的残余应力分布模式

表 9 工字形截面构件残余应力分布模型参数

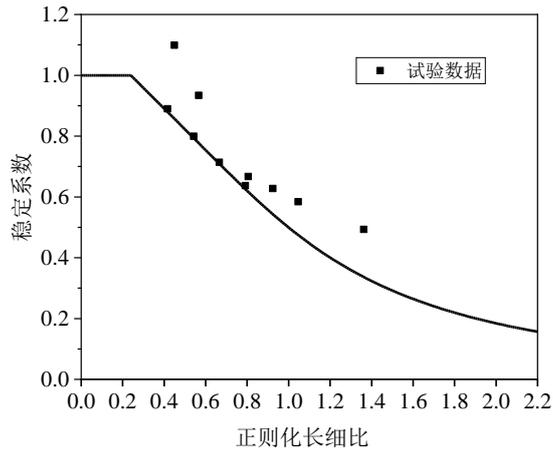
牌号	$\sigma_{ft}=\sigma_{wt}$	a	b	c	d
奥氏体	$0.8\sigma_{0.2}$	$0.225b_f$	$0.05b_f$	$0.025h_w$	$0.225h_w$
S35657	$0.85\sigma_{0.2}$				
双相，铁素体	$0.6\sigma_{0.2}$				

表 10 箱形截面构件残余应力分布模型参数

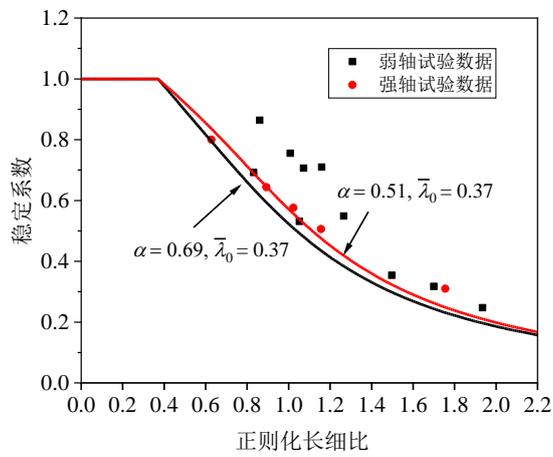
牌号	宽厚比	$\sigma_{sft}=\sigma_{swt}$	e	f	g	h
奥氏体	$h/t(b\bar{v}/t)<20$	$0.8\sigma_{0.2}$	0	$5t_f$	0	$5t_w$
	$h/t(b\bar{v}/t)\geq 20$	$0.8\sigma_{0.2}$	$t_w+0.025c_f$	$5t_f$	$0.025h_w$	$5t_w$
S35657	$h/t(b\bar{v}/t)<20$	$0.9\sigma_{0.2}$	0	$5t_f$	0	$5t_w$
	$h/t(b\bar{v}/t)\geq 20$	$0.9\sigma_{0.2}$	$t_w+0.025c_f$	$5t_f$	$0.025h_w$	$5t_w$
双相，铁素体	$h/t(b\bar{v}/t)<20$	$0.6\sigma_{0.2}$	0	$5t_f$	0	$5t_w$
	$h/t(b\bar{v}/t)\geq 20$	$0.6\sigma_{0.2}$	$t_w+0.025c_f$	$5t_f$	$0.025h_w$	$5t_w$



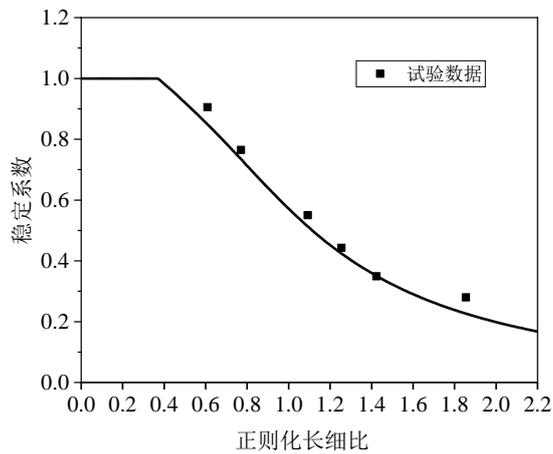
(a) 奥氏体不锈钢 H 形



(b) 奥氏体不锈钢 箱形



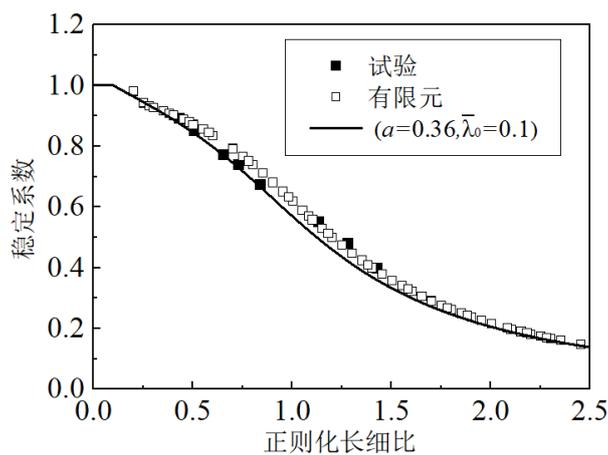
(c) 双相不锈钢 H形



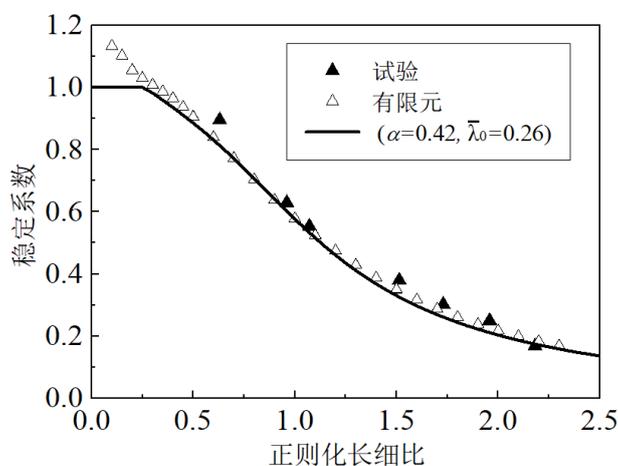
(d) 双相不锈钢 箱形

图 8 不锈钢焊接截面柱子曲线和试验数据对比

热轧不锈钢圆管的柱子曲线是基于北京工业大学完成的热轧不锈钢圆管轴心受压试验数据和大量的有限元分析得出，热轧奥氏体和双相不锈钢圆管试验与有限元数据和柱子曲线的对比见图 9。



(a) 奥氏体不锈钢



(b) 双相不锈钢

图 9 热轧不锈钢圆管柱子曲线和试验与有限元数据对比

当计算其他焊接截面形式、格构式截面构件和可能发生弯扭屈曲和扭转屈曲破坏的构件时，由于缺乏相关研究成果，Perry 公式采用本规程表 5.2.2 中最后一行参数，即承载力最低的柱子曲线。5.2.3~5.2.8 条文参照现行国家标准《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018 中的相应规定。

5.3 受弯构件

5.3.1 本条为受弯构件的抗弯强度计算要求。

本规程中 SS1 类截面可以达到全截面塑性，可以利用其塑性，所以采用塑性截面模量；SS2 类截面在达到边缘屈服前不发生局部屈曲，所以采用弹性截面模量；对于 SS3 类截面在达到边缘屈服之前发生局部屈曲，所以需要采用有效截面模量。由于奥氏体和双相不锈钢具有较强的应变强化效应，所以对于 SS1 类截面采用塑性截面模量，计算结果仍然偏于安全。

5.3.2 本条参考现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017。

5.3.3 本条参考现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017。

5.3.4 本条参考了现行国家标准《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018 中关于梁整体稳定的计算规定。

本规程的应用范围包括了焊接成型和冷成型截面。本条通过给出典型截面的几个复杂几何参数 (I_{ω} , U_x) 的计算表来简化计算。本规程附录 B 中表 B.0.1 中的计算参数取值参考了现行国家标准

《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018 中相应的钢梁稳定计算参数取值。

当梁处在非弹性阶段工作时，需要对梁的弹性整体稳定临界弯矩进行折减。现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 规定当梁的弹性稳定系数大于 0.6 时，应采用相应的弹塑性稳定系数公式进行折减。考虑到不锈钢材料切线弹性模量随着应力增加不断下降的特点，本条借鉴欧洲规范 EN 1993-1-4 中梁整体稳定系数弹塑性折减的计算表达式，即 Perry 公式的形式，对梁的整体稳定进行弹塑性折减。

东南大学对奥氏体 S30408 和 S35657、双相 S22053 进行了整体稳定性能试验研究，国内其他高校及国外学者也开展了少量试验研究。在试验研究的基础上，规程编制组考虑了不锈钢材料的名义屈服强度变化、截面高宽比变化和残余应力的影响，开展了大量的有限元分析，从而确定了 Perry 公式中缺陷系数的取值 ($\alpha=0.65$, $\lambda_b=0.41$)。采用本条公式计算的梁整体稳定系数与试验数据对比见图 10。

从图 10 可以看出，按本条的计算结果与欧洲规范 EN 1993-1-4 中针对焊接构件的曲线接近，总体上位于试验数据的下限。由于目前不锈钢梁整体稳定的试验数量相当少，故本规程不考虑冷弯效应对不锈钢梁整体稳定的提高，保守地采用一条整体稳定曲线。

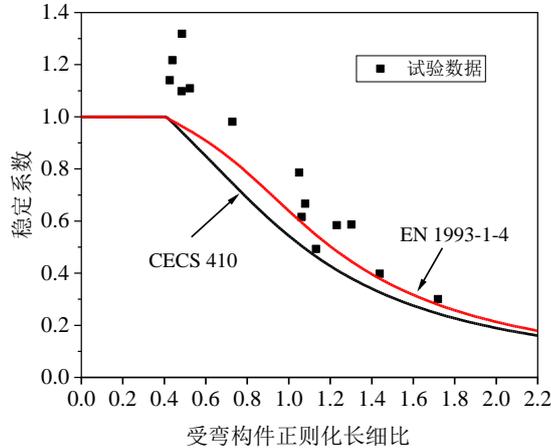


图 10 梁整体稳定系数与试验结果对比

5.3.5 本条采用现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 中的相应规定。

5.3.6 本条采用现行国家标准《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018 中的相应规定

5.3.7~5.3.8 条文采用现行国家标准《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018 中的相应规定。

当梁以自身扭转抵抗外荷载时，应在强度和稳定性的计算中考虑自由扭转和约束扭转产生的应力（双力矩）。当梁的扭矩作为一种次应力出现，扭转不会自由发展时（如在荷载作用点受压翼缘处设有侧向支承的梁），无需考虑扭转作用。受扭转构件宜采用闭口截面形式；当采用开口截面形式时，宜优先考虑采用双轴对称或单轴对称截面形式。

双力矩对薄壁截面影响更大，而对厚实截面影响较小，所以本规程中规定，仅当截面为 SS3 类截面需要考虑双力矩的影响，以简化计算。

5.3.9~5.3.15 条文参照现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 中的相应规定。

5.3.16 本条文仅适用于承受静力荷载和间接承受动力荷载的不锈钢梁。考虑腹板屈曲后强度，包括单纯受弯、单纯受剪和弯剪共同作用三种情况。

梁腹板受弯屈曲后强度的计算是利用有效截面的概念。受压翼缘和腹板受压区有效宽度采用本规程 5.6 节中受压板件有效宽度计算公式。

梁腹板受剪屈曲后强度计算是利用拉力场概念。根据武汉大学试验研究和数值计算结果，采用现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 中考虑腹板受剪屈曲后强度的计算公式，对于正则化宽厚比较小的梁，计算结果均偏于保守，不锈钢的应变强化能力没有得到充分的利用；而对于中等宽厚比的梁，受不锈钢材料非线性的影响，采用普通钢梁设计方法会高估不锈钢梁的受剪承载力，设

计结果不安全。采用本条公式计算的梁受剪承载力与试验和有限元结果对比如图 11 所示。可以看出，绝大部分试验和有限元数据位于建议设计曲线上方，计算结果安全。

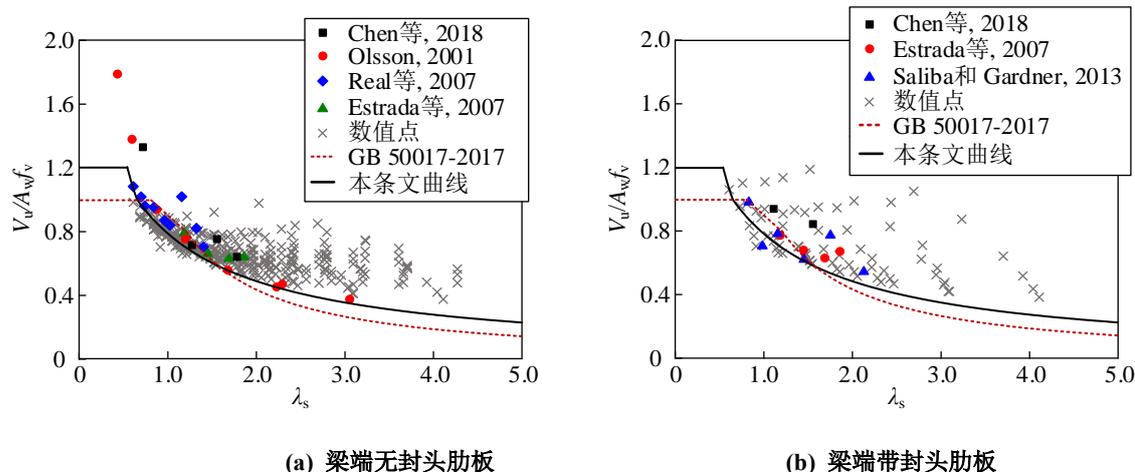


图 11 本条文受剪承载力公式与试验和有限元结果对比

弯剪共同作用下的相关公式沿用《钢结构设计标准》GB 50017 的规定。当剪力 V 超过截面受剪承载力 V_u 的一半、且其弯矩 M 大于翼缘的抗弯承载力 M_f 时，考虑弯矩和剪力的相互影响，其中梁腹板受弯和受剪的屈曲后强度按本条规定计算。采用本条公式计算的梁弯剪相关稳定承载力与试验和有限元结果对比如图 12 所示。可以看出，绝大部分试验和有限元数据位于建议设计曲线上方，计算结果安全。

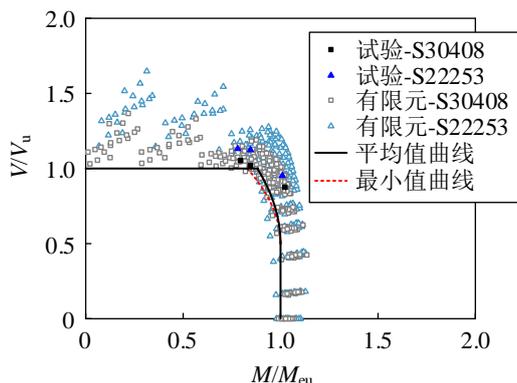


图 12 本条文受剪承载力公式与试验和有限元结果对比

5.4 拉弯构件

5.4.1 本条采用现行国家标准《钢结构设计标准》GB50017 和《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018 中的相应规定。

5.5 压弯构件

本节采用现行国家标准《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018 中的相应规定。为验证本节计算表达式的合理性，东南大学进行了 S30408 材质的 5 根奥氏体冷成型方管、5 根焊接 H 形钢强轴、5 根焊接 H 形钢弱轴、S35657 材质的 5 根焊接 H 形钢强轴、5 根焊接 H 形弱轴和 5 根焊接箱形截面，北京工业大学进行了 30 根焊接箱形和焊接 H 形压弯构件试验。

同时，规程编制组对国外学者进行的压弯构件试验进行了搜集和整理。其中具有代表性的试验为：1995年，国外学者 Talja 进行了方矩管截面的不锈钢压弯构件平面内稳定试验研究；1999年，国外学者 Stangenberg 进行了焊接 H 形钢压弯构件的平面内稳定试验研究。采用本规程中第 5.2 节，第 5.3 节和第 5.6 节相应条文对上述构件稳定性进行了计算，计算结果见图 13。图中可以看出，按本规程公式计算偏于安全。

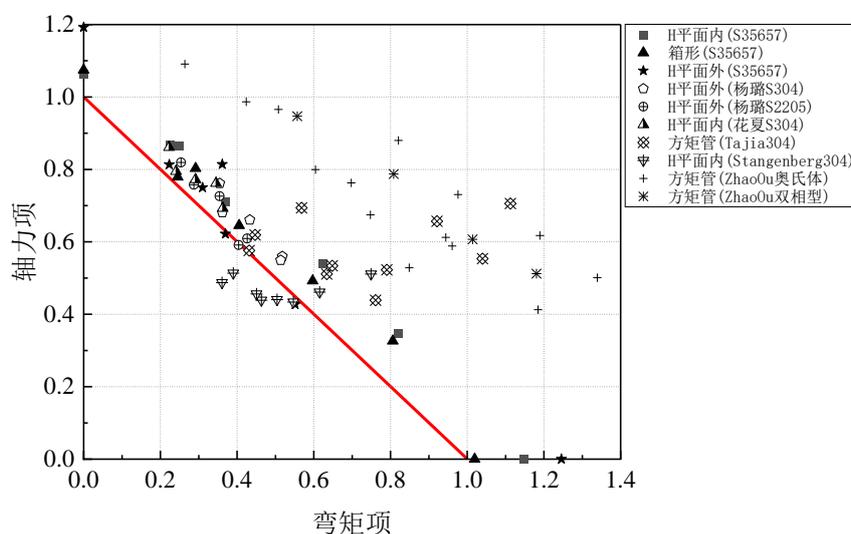


图 13 压弯构件试验数据与按本规程计算结果对比

5.6 构件中的受压板件

5.6.1 本条为受压板件有效宽度计算的基本公式。

为验证现行国家标准《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018 中相关规定对不锈钢构件的适用性，东南大学进行了 19 根奥氏体 S30408 冷成型不锈钢方矩管短柱和 38 根卷边 C 形短柱构件轴心受压和偏心受压试验，10 根奥氏体 S35657 焊接不锈钢箱形和 H 形；清华大学进行了 13 双相 S22053 根焊接箱形截面短柱和 15 根焊接 H 形截面短柱试验研究。以试验数据为基础，规范编制组对四边简支受压板件还进行了大量的数值计算。

数值分析结果表明，不同牌号的不锈钢板有效宽度系数有所不同，随着材料名义屈服强度的提高，板的有效宽度系数增加，但是并不明显。与冷成型构件中的板件相比，由于焊接造成的构件的局部缺陷值和焊接残余应力使得焊接构件中板件的有效宽度系数有明显下降。所以本规程将构件按成型方式分为 2 类：冷成型和焊接，对每类构件中的板件给出相应的板件有效宽度系数曲线。

本规程中采用的 2 条曲线和现行国家标准《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018 中的有效宽度系数计算曲线对比见图 14。

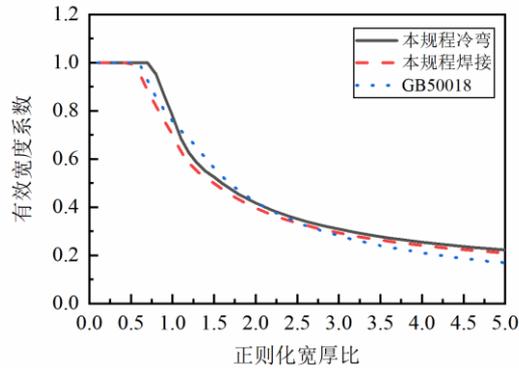
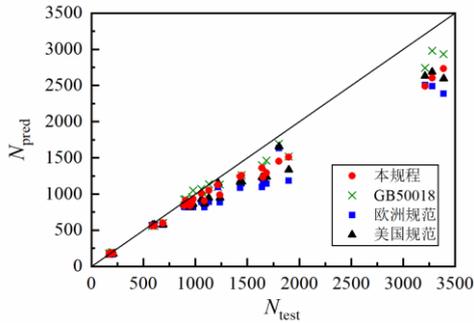


图 14 本规程中有效宽度系数曲线与 GB 50018 中曲线对比

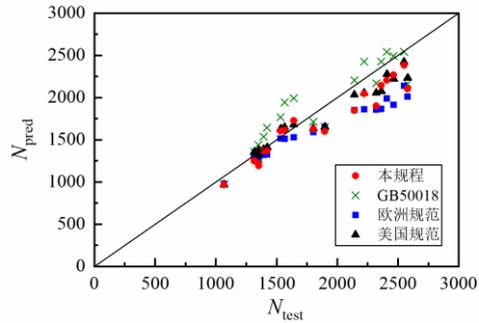
分别采用本规程、现行国家标准《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018 和欧洲规范 EN 1993-1-4:2006 和美国规范 SEI/ASCE-8-02 对搜集到得试验数据进行对比，对比结果见表 11 和图 15。

表 11 试验数据与规范计算结果对比（仅包含薄壁构件部分）

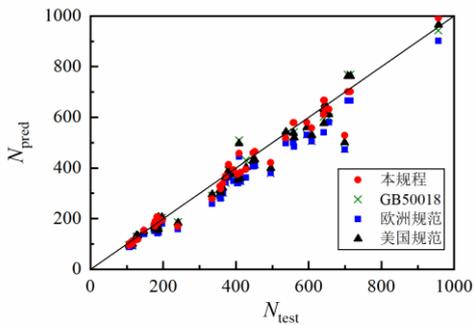
规范	冷成型截面				焊接截面			
	方矩管 (51 根)		卷边 C (19 根)		箱形 (20 根)		H 形 (29 根)	
	均值	标准差	均值	标准差	均值	标准差	均值	标准差
本规程	0.97	0.08	0.91	0.08	0.92	0.07	0.88	0.08
GB 50018	0.93	0.10	0.92	0.07	1.03	0.11	0.93	0.07
美国规范	0.94	0.09	0.87	0.09	0.95	0.06	0.85	0.08
欧洲规范	0.88	0.08	0.84	0.08	0.89	0.07	0.82	0.10



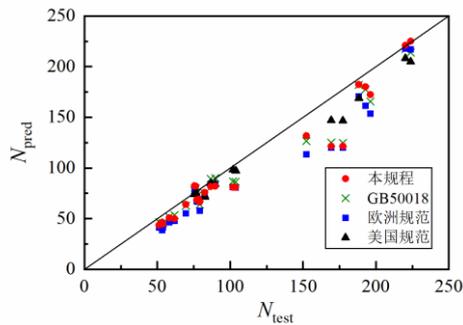
(A) 焊接 H 形



(B) 焊接箱形



(C) 冷成型方矩管



(D) 冷弯卷边 C 形

图 15 规范计算值与试验值的对比

从总体上看,现行国家标准《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018 中给出的板稳定曲线偏高,且具有较大的离散性。欧洲规范 EN 1993-1-4 给出的板稳定曲线偏低,但是离散性也小。本规程推荐的曲线优于欧洲规范 EN 1993-1-4、现行国家标准《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018 和美国规范 SEI/ASCE-8-02。

不锈钢卷边槽钢在特定的条件下(翼缘与腹板宽度相近,且卷边较小时),存在畸变屈曲的可能。采用美国规范 AISI-S100-12、修订中的国家标准《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018 对常用的卷边 C 形截面进行了计算。对于 S30408 不锈钢轴心受压构件,畸变屈曲与局部屈曲承载力比值均值依次为: 1.03 和 0.99,对 S2205 轴心受压构件,该比值依次为: 0.98 和 0.92。对于受弯构件,采用美国规范 AISI-S100-12 和国家标准《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018 对 S30408 不锈钢受弯构件进行计算,畸变屈曲与局部屈曲承载力比值依次为: 0.98 和 1.04,对 S2205 受弯构件,该比值依次为: 0.92 和 1.06。总体上常用截面的畸变屈曲和局部屈曲的承载力非常接近。

5.6.2~5.6.5 条文参照现行国家标准《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018 中的规定。

5.6.6 采用本规程中有效宽度计算卷边 C 形及其它复杂截面的承载力较为复杂。为了简化有效截面的计算,东南大学从 2012 年起完成了百余组冷成型奥氏体不锈钢开口构件承载力试验系列研究,揭示了构件局部、畸变、整体多种屈曲及其耦合破坏机理,提出了冷成型奥氏体不锈钢卷边 C 形构件承载力直接强度法。同时,对铁素体不锈钢及双相不锈钢材料的卷边 C 形截面构件进行了大量有限元分析,附录 D 中提出的直接强度法计算公式同样适用于铁素体和双相不锈钢。

5.7 受弯构件的变形

5.7.1 本条用于受弯构件的变形计算。

受不锈钢材料非线性的影响,同种条件下不锈钢受弯构件的变形要大于低碳钢构件。本条给出了受弯构件的近似曲率表达式,根据材料力学中变形与曲率的关系求得受弯构件的变形。

本条中近似曲率表达式的前半部分为构件曲率中的弹性部分,后半部分为构件曲率中的塑性部分。表达式中 $M_{0.2}$ 为构件截面的屈服弯矩,即截面上最大应力达到屈服应力时截面承受的弯矩,宜依据平截面假定和本规程第 3.3.5 条的应力-应变关系求得,也可采用以下简化计算公式进行计算。

对于箱形截面:

$$M_{0.2} = f_{0.2}t(B-2t)(H-t) + 2\left(1.56 - 4.5\sqrt{e} - \frac{0.6}{n}\right)\frac{f_{0.2}tH^2}{6} \quad (7)$$

对于工字形截面:

$$M_{0.2} = f_{0.2}t_f(B-t_w)(H-t_f) + \left(1.56 - 4.5\sqrt{e} - \frac{0.6}{n}\right)\frac{f_{0.2}t_wH^2}{6} \quad (8)$$

对于圆管截面:

$$M_{0.2} = W_e(1.1f_{0.2} + 3.6n) \quad (9)$$

式中: $f_{0.2}$ ——不锈钢材料名义屈服强度 (MPa);
 n ——不锈钢材料的应变强化系数;
 E_0 ——不锈钢材料的初始弹性模量 (N/mm²);
 e ——不锈钢材料系数,等于 $f_{0.2}/E_0$;
 H ——工字形或箱形截面的高度 (mm);
 B ——工字形或箱形截面的翼缘宽度 (mm);

t ——箱形截面的板件的厚度 (mm);

t_f ——工字形截面的翼缘厚度 (mm);

t_w ——工字形截面的腹板厚度 (mm);

W_e ——圆管的弹性截面模量 (mm³)。

对于工字形和箱形截面，简化计算公式将腹板和腹板伸入上下翼缘的部分当成一个整体，考虑应力非线性分布；翼缘部分的计算扣除了腹板伸入翼缘的部分，忽略翼缘内的应力变化。对于圆管截面，通过对大量常用圆管截面计算，拟合得到。

清华大学对 4 根两端简支工字形截面不锈钢梁进行了试验，并进行了大量的有限元分析。采用本条对试验数据和国外其他学者的试验数据进行了计算。分析表明，本条计算的结果与试验值吻合较好。

6 连接及节点计算和构造

6.1 焊缝连接计算

6.1.2 根据南京工业大学试验研究成果，不锈钢角焊缝连接破坏发生在接近 45°有效截面处，与钢结构角焊缝破坏特征相似，可参考现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 中的强度计算公式。根据北京工业大学的研究，正面角焊缝强度与侧面角焊缝强度的比值均不小于 1.5，采用与《钢结构设计标准》GB50017 一致的正面角焊缝强度增大系数 β_f 。角焊缝焊接工艺宜优先选用氩弧焊。

6.1.3 本条参考现行国家标准《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018 制定。南京工业大学对奥氏体不锈钢电阻点焊承载力进行了试验研究，单个电阻点焊承载力见表 12。

表 12 单个电阻点焊的抗剪承载力设计值 N_v^d

$t(\text{mm})$	0.4	0.6	0.8	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
$N_v^d(\text{kN})$	1.14	1.88	2.89	4.04	7.54	11.31	15.44	19.21

注： t 为相焊板件中较薄板件的厚度。

受不锈钢材料极限强度远高于不锈钢材料名义屈服强度的影响，现有电阻点焊试验值明显大于现行国家标准《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018 中单个电阻点焊抗剪承载力设计值。考虑到本规程中材料设计强度以名义屈服强度 $f_{0.2}$ 为基准，为使承载力设计值相协调，且使正常使用状态下变形可控，本规程偏于安全地采用与现行国家标准《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018 中一致的承载力设计值。

此外，规程编制组对铁素体不锈钢电阻点焊承载力试验数据进行了搜集，现有试验结果均高于本规程给出的电阻点焊承载力设计值。

6.1.4 工程中不宜将不同种类不锈钢、不锈钢与碳钢或低合金钢焊接。当确有需要时，需合理的选择焊条和焊接工艺，同时考虑异种钢焊接对其焊缝承载力的影响。

1 焊接工艺

当工程中确有需要将不同种类不锈钢、不锈钢与碳钢或低合金钢焊接时，焊接应符合下列规定：

(1) 焊条选择

根据《现场设备、工业管道焊接工程施工规范》GB50236 和《火力发电厂异种钢焊接技术规程》DL T752，建议的焊条选择原则如下：

①当两侧母材均为非奥氏体或均为奥氏体不锈钢时，即金相组织基本相同而钢种不同的异种钢焊接，可根据强度级别较低或合金含量（Ni、Cr 和 Mo 含量）较低一侧母材或介于两者之间选用焊接材料。

②当两侧母材之一为奥氏体不锈钢时，应选用 E309、E310 或含镍量更高的焊接材料。当设计温度高于 425°C 时，宜选用镍基焊接材料。

《现场设备、工业管道焊接工程施工规范》GB50236 和《火力发电厂异种钢焊接技术规程》DL T752 均未给出双相不锈钢与碳钢焊接所采用的焊条，当两者进行焊接时，宜咨询相关专家，并通过焊接工艺评定确定。

(2) 焊接工艺

①尽量选用小直径的焊条或焊丝，在焊接参数上要选用较小的热输入，较小的焊接电流和较快的焊接速度。

②当对双相不锈钢进行多层多道焊时，与腐蚀介质接触的焊层应先焊，且需要控制焊接道次之间的温度。

③采用 98%Ar+2% N 混合保护气。

(3) 焊缝防腐措施

焊接完成后，应对焊缝区域进行防腐处理，具体方法见本规程 10.3.5 条文说明。

2 焊缝的力学性能

东南大学对不同种类的不锈钢焊接，以及不锈钢与碳钢或低合金钢焊接进行了大量的试验研究。研究表明：不同种类的不锈钢对接焊缝连接，破坏均发生在抗拉强度较低的母材热影响区；不锈钢与碳钢或低合金钢焊缝连接，破坏均发生在碳钢母材。角焊缝也表现出类似的规律。由于本规程及《钢结构设计标准》GB50017 中焊缝设计强度与母材的设计强度相关，而与抗拉极限强度无关。所以本规程建议，按照被连接的两种母材对应的焊缝强度设计值的较小值，即按照材料设计强度较低的母材选取（不锈钢材料对应的焊缝强度设计值按本规程表 3.3.2 取值，碳钢及低合金钢材料对应的焊缝强度设计值按《钢结构设计标准》GB50017 取值）。虽然从破坏模式分析，不锈钢与碳钢或低合金钢焊缝连接真实破坏与此存在差异，但承载力预测结果偏于安全，计算公式也较为简便。

6.2 紧固件连接计算

6.2.1 本条明确应尽可能优先采用不锈钢紧固件，特殊情况下可采用普通钢结构用高强度螺栓，但应采用螺栓镀层、非金属垫圈隔离等有效防护措施。在可能被海水及其他腐蚀性介质淹没的区域，不锈钢板和普通螺栓之间会通过该介质形成电化学腐蚀，故在这种环境下，不允许采用普通钢高强度螺栓。

6.2.2 本条规定了不锈钢普通螺栓连接的承载力计算方法。

1 本条要求采用加劲肋等构造措施有效保证连接刚度以消除撬力影响。对需要计算撬力的情况，参照欧洲规范 EN 1993-1-4 和南京工业大学试验研究结果，建议采用如下承载力计算方法：

图 16 中双 T 形受拉螺栓连接在轴心拉力的作用下，随着翼缘抗弯刚度和螺栓的抗拉刚度比的不同，可能会发生图 17 的 3 种破坏模式。

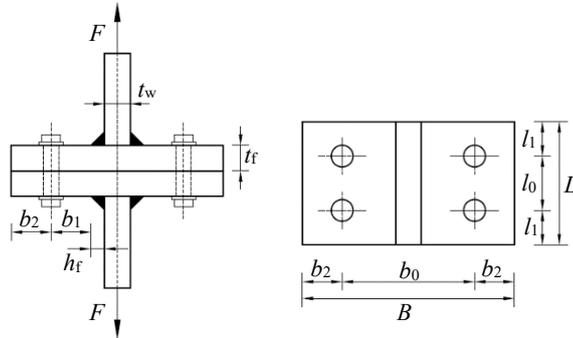
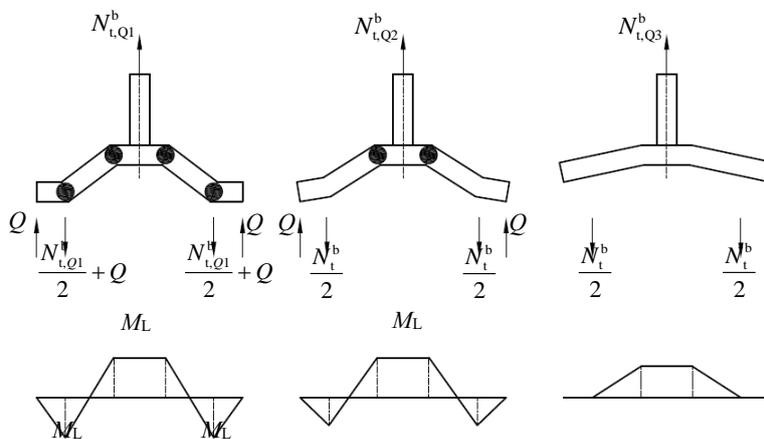


图 16 T 形构件受拉螺栓连接



破坏模式I

破坏模式II

破坏模式III

图 17 T 形连接的破坏模型

破坏模式I: T 形构件的塑性铰形成在腹板和翼缘连接处和螺栓附近, 使翼缘完全屈服, 此时螺栓未达到极限抗拉承载力。该模式下的极限承载力为:

$$N_{t,Q1}^b = \frac{4M_L}{b_1} \quad (10)$$

破坏模式II: T 形构件的塑性铰形成在翼缘和腹板的连接处, 螺栓达到极限抗拉承载力。该模式下的极限承载力为:

$$N_{t,Q2}^b = \frac{2M_L + b_2 \sum N_t^b}{b_1 + b_2} \quad (11)$$

破坏模式III: 螺栓受拉破坏。该模式下的极限承载力为:

$$N_{t,Q3}^b = \sum N_t^b \quad (12)$$

式中: M_L —— $M_L = \frac{L t_f^2 f}{4.4}$, 且 $b_2 \leq 1.25b_1$;

f ——不锈钢板的抗拉强度设计值;

t_f ——连接翼缘的较薄厚度;

B 、 b_0 、 b_1 、 b_2 、 L 、 l_0 、 l_1 、 t_f 详见图 16。

T 形连接的极限承载力应取三个公式计算所得的最小值。当翼缘板较薄而螺栓直径较大时, 出现破坏模式I的可能性较大, 此时撬力也较大; 当翼缘板较厚而螺栓直径较小时, 出现破坏模式III的可能性较大, 此时撬力为零; 更加普遍的情况是破坏模式II, 此时撬力的影响介于上两种情况之间。其中破坏模式I在弯矩作用下翼缘可出现很大的塑性变形, 具有较高的延性。

三种破坏模式下 T 形件的初始刚度为:

$$K_t = \psi \frac{0.5E_0 b_{\text{eff}} t_f^3}{m^3} \quad (13)$$

$$\psi = 0.57 \left(\frac{t_f}{d_b \sqrt{m/d_b}} \right)^{-1.28} \quad (14)$$

$$b_{\text{eff}} = d_h + 2m \leq b \quad (15)$$

式中: E_0 ——不锈钢板的初始弹性模量;

d_h ——螺栓头直径。

该公式为 Faella 等学者基于普通钢 T 形件提出初始刚度计算公式, 武汉大学根据不锈钢 T 形件的试验结果, 验证了该公式的适用性。

2 本条要求普通螺栓受剪连接应分别计算螺栓受剪承载力和承压承载力, 并取较小值作为受剪连接的承载力设计值。

(1) 试验结果表明按欧洲规范 EN 1993-1-4 计算的螺栓抗剪承载力与试验结果吻合较好, 因此本规程主要参考欧洲规范的计算公式, 螺栓直径小于等于 12 mm 时抗剪强度应乘以折减系数 0.9。

(2) 试验结果表明按欧洲规范 EN 1993-1-4 计算的承压承载力计算公式与试验结果吻合较好, 且预测的破坏模式准确, 试验中端距大于 $1.5d_0$ 的试件, 按照欧洲规范计算的承压荷载均是偏于安全的, 因此参考欧洲规范的计算公式给出承压承载力计算公式。

螺栓长连接试验结果表明: 承载力折减系数与按现行国家标准《钢结构设计标准》GB50017 和《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018 计算的折减系数接近。基于试验结果和《钢结构设计标准》

GB50017 公式形式，对参数重新进行了拟合。考虑结构的安全性和经济性，设计时应尽可能采用较紧凑的螺栓布置形式以减小连接长度。

3 经过试验验证采用现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017、欧洲规范 EN 1993-1-4:2006 或者澳大利亚/新西兰规范 AS/NZS 4673-2001 的公式计算受拉剪联合作用的不锈钢螺栓均是安全的。考虑工程师对现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 公式形式更为熟悉，本条采用与现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 形式一致的相关公式。

6.2.3 东南大学等单位对建筑用不锈钢高强度螺栓/环槽铆钉进行了试验，其性能指标达到 8.8 级和 10.9 级钢结构用高强度螺栓的要求，同时编制组也研发了多种摩擦面处理方式，解决了不锈钢板之间摩擦系数较低的问题。

1 不锈钢高强度螺栓/环槽铆钉

不锈钢高强度螺栓在预紧力施加的过程中由于表面氧化层的脱落，易发生“咬死”现象，致使预紧力达不到设计值影响使用。建议在螺杆的螺纹处、螺母与垫圈接触面、垫圈与不锈钢板接触面涂抹 MoS₂ 基润滑剂，减小拧紧时的摩擦力防止“咬死”现象发生，降低扭矩系数使其满足《钢结构高强度螺栓连接技术规程》JGJ 82 中规定的钢结构用高强度螺栓扭矩系数的要求。环槽铆钉施工中不存在施拧过程，不会发生“咬死”现象。

2 摩擦面处理工艺

东南大学和清华大学等单位开展了 8 种工艺、59 组不锈钢高强度螺栓摩擦面抗滑移系数试验，获得了常规钢结构用表面处理工艺下不锈钢板摩擦面的抗滑移系数以及适用于不锈钢的高抗滑移系数表面处理工艺的抗滑移系数。研究表明，常规碳钢表面处理工艺（喷砂、抛丸）下不锈钢板摩擦面的抗滑移系数 0.20 左右，不建议采用；采用拉丝、机械刻痕、喷镀不锈钢粉末和喷涂抗滑移漆等新型表面处理工艺可达到较高的抗滑移系数，抗滑移系数由高到低为：喷涂抗滑移漆（0.55）> 喷镀不锈钢粉末（0.50）> 机械刻痕（0.50）> 拉丝（0.35）。新型表面处理工艺的技术要求如下：

（1）拉丝工艺：在压力作用下，电动拉丝抛光机牵引拉丝带通过不锈钢板表面形成丝纹，使其表面粗糙度 Ra 大于 15000 nm；拉丝后钢材表面形态见图 18。

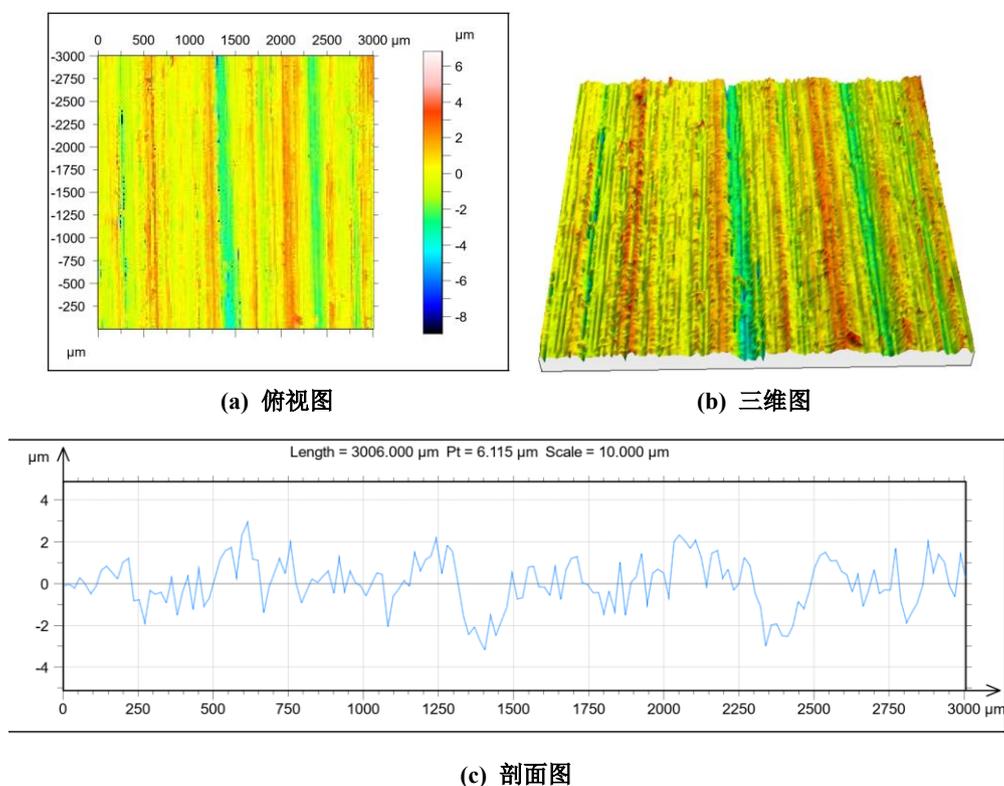


图 18 拉丝工艺表面效果

(2) 机械刻痕工艺：通过车床加工在不锈钢板表面形成有凹凸相间的纹路，使其表面粗糙度 R_a 大于 15000 nm ；机械刻痕后钢材表面形态见图 19；

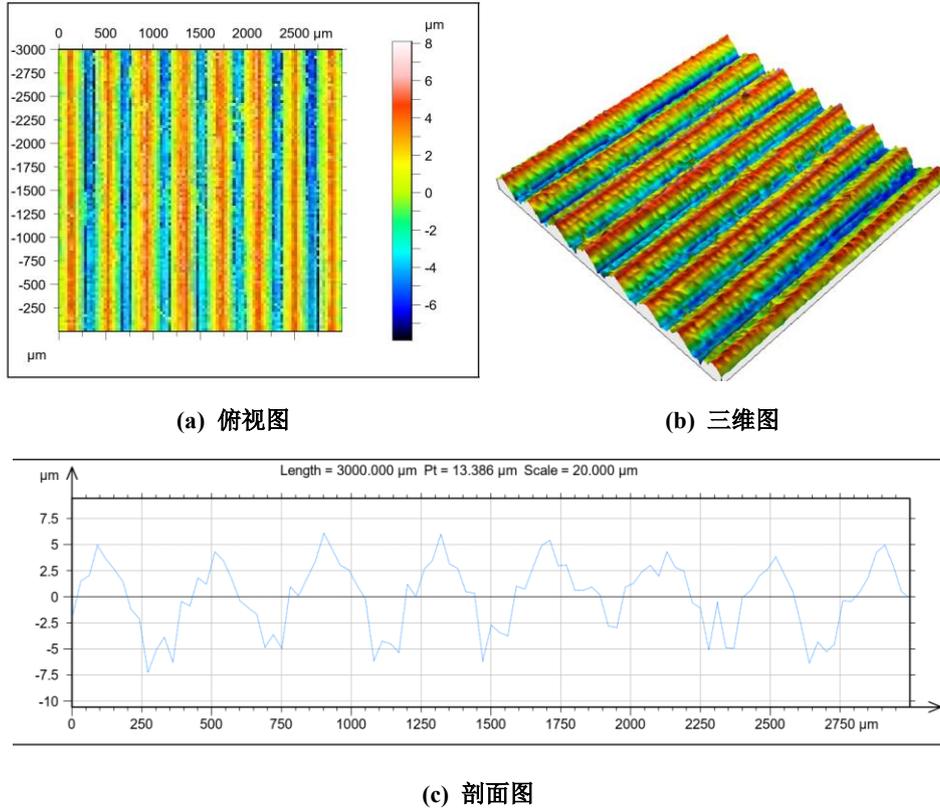


图 19 机械刻痕工艺表面效果

(3) 喷镀不锈钢粉末：通过激光或等离子技术，将不锈钢粉末熔覆在不锈钢板表面，熔覆镀层厚度应达到 $150\mu\text{m} \pm 50\mu\text{m}$ ，熔覆前不锈钢板表面经过喷砂处理(Sa3)，表面粗糙度 R_z 在 $50\mu\text{m} \sim 100\mu\text{m}$ 之间。详细工艺可参考《铁路钢桥保护涂装及涂料供货技术条件》TB/T 1527；

(4) 喷涂抗滑移漆：将无机富锌防锈防滑涂料喷涂在不锈钢板表面，涂层厚度为 $120\mu\text{m} \pm 40\mu\text{m}$ ，喷涂前不锈钢板表面经过喷砂处理(Sa3)，表面粗糙度 R_z 在 $25\mu\text{m} \sim 50\mu\text{m}$ 之间。详细工艺可参考《铁路钢桥保护涂装及涂料供货技术条件》TB/T 1527。

6.2.4 高强度螺栓/环槽铆钉承压型连接可以采用本规程建议的不锈钢高强度螺栓、经过耐腐蚀处理的普通钢结构用高强度螺栓和环槽铆钉。

本条计算规定参照现行国家标准《钢结构设计标准》GB50017 的相关规定。高强度环槽铆钉的设计方法与高强度螺栓的设计方法相近，但对其“螺纹”（锁紧槽）处有效截面面积值略有不同。每个高强度螺栓螺纹处的有效截面面积按表 13 取值，每个环槽铆钉锁紧槽处的有效截面面积按表 14 取值。

表 13 高强度螺栓螺纹处有效截面积 A_{eff} (mm^2)

性能等级	公称直径(mm)					
	16	20	22	24	27	30
8.8S	157.0	245.0	303.0	353.0	459.0	561.0
10.9S	157.0	245.0	303.0	353.0	459.0	561.0

表 14 高强度环槽铆钉连接副锁紧槽处有效截面积 A_{eff} (mm^2)

性能等级	拉断型	公称直径(mm)					
		16	20	22	24	27	30
8.8R	拉断型	153.9	221.7	309.6	364.4	-	-

	短尾型	163.2	255.5	321.1	369.0	-	-
10.9R	拉断型	163.2	255.5	309.6	369.0	465.8	563.8
	短尾型	163.2	255.5	309.6	369.0	465.8	563.8

6.2.5 东南大学和南京工业大学对不锈钢自攻螺钉的抗拉、抗剪及拉剪联合作用下的承载力进行了试验研究。

1 单颗螺钉抗拉连接

试验结果与中国规范 GB50018、欧洲规范 EN1993-1-3 和美国规范 AISI S100 对比表明，现有规范的承载力均偏于安全。本规程中的参数是根据试验结果对承载力计算表达式拟合得到，且具备较高的余量。

2 单颗螺钉抗剪连接

试验结果与中国规范 GB50018、欧洲规范 EN1993-1-3 和美国规范 AISI S100 对比表明，现有规范的承载力均偏于安全。本条参考 GB50018，并根据试验结果考虑当螺钉直径小于等于 12 mm 时的抗剪强度考虑折减系数 0.9。

3 螺钉群连接

试验结果表明，当螺钉超过一定数值（此处具体数值与连接板的截面面积有关）时，不锈钢螺钉连接的折减系数下降速率较大，考虑结构的安全性和经济性，设计时应尽可能采用较紧凑的螺钉布置形式以减小连接长度。经过试验验证采用现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017、欧洲规范 EN 1993-1-8 以及椭圆公式计算的受拉剪联合作用的不锈钢螺钉均是安全的，经比较试验结果与《钢结构设计标准》GB 50017 公式吻合较好。考虑工程师对现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 公式形式更为熟悉，本条采用与现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 形式一致的相关公式。

6.2.6 美国、澳大利亚/新西兰、日本不锈钢规范中没有不锈钢抽芯铆钉的计算公式，南京工业大学已完成的不锈钢螺栓连接试验结果与欧洲规范 EN 1993-1-3 的计算公式吻合较好，本条主要参考欧洲规范 EN 1993-1-3 和中国规范 GB 50018 制订，其中抽芯铆钉的最小抗剪承载力设计值 $[N_v^*]$ （在下列规范中用符号 $[V]$ 表示）取自现行国家标准《封闭型平圆头抽芯铆钉 51 级》GB/T 12615.4、《开口型沉头抽芯铆钉 51 级》GB/T 12617.4 和《开口型平圆头抽芯铆钉 51 级》GB/T 12618.4。

6.3 梁柱节点及柱脚节点计算

6.3.1 不锈钢材料具有明显的弹性非线性，因此其节点域在弹性阶段的变形大于普通钢节点域，若仍按照《钢结构设计标准》GB50017 中公式设计，在计算框架变形时需要考虑节点域变形的影响。为简化设计，基于有限元分析结果，删除了《钢结构设计标准》GB50017 中节点域受剪承载力的提高系数。当节点域承载力不足时宜设置斜加劲肋。

6.3.2 东南大学、武汉大学和清华大学对 30 余不锈钢高强度螺栓外伸端板连接节点进行了试验研究并开展了大量的有限元分析，参考了现行国家标准《钢结构高强度螺栓连接技术规程》JGJ 82 和《门式刚架轻型房屋钢结构技术规范》GB 51022 中的相关规定制定了本条。

根据端板连接节点中端板厚度和螺栓直径的不同，其可以划分为刚性节点和半刚性节点。目前《门式刚架轻型房屋钢结构技术规范》GB 51022 中给出了“厚端板+大螺栓”构造条件下的刚性节点中螺栓和端板厚度的确定方法及构造要求；《钢结构高强度螺栓连接技术规程》JGJ 82 给出了无端板加劲肋情况下的刚性节点（不考虑撬力）和半刚性节点（考虑撬力）的设计方法；《钢结构设计标准》GB50017 中规定了端板连接梁柱刚性节点的构造措施。本规程参考上述规范，建议使用外伸端板连接刚性节点。

当工程实践中确有需要采用半刚性节点，对于受拉区和受压区分别布置 4 颗高强度螺栓的节点

(见图 20)，可按照下列方法确定节点的抗弯承载力和初始转动刚度。

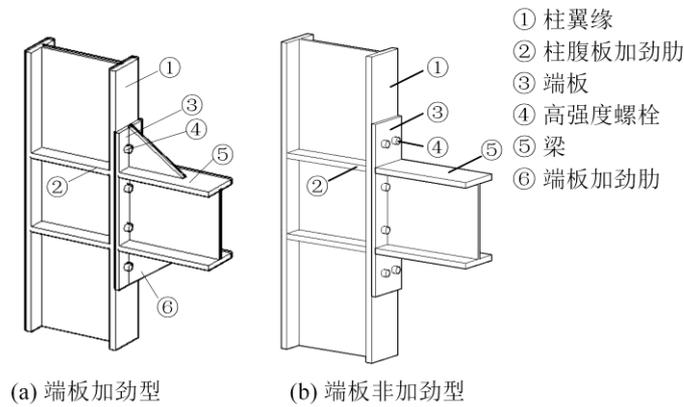


图 20 外伸端板连接节点

1 抗弯承载力

采用“组合法”对节点抗弯承载力进行计算需要分别计算柱腹板剪切域、柱翼缘、端板和螺栓的屈服弯矩，最后取为各个组件屈服弯矩的最小值，即：

$$M_y = \min \{ M_{y,s}, M_{y,cf}, M_{y,p}, M_{y,b} \} \quad (16)$$

式中： $M_{y,s}$ ——剪切域屈服弯矩；
 $M_{y,cf}$ ——柱翼缘屈服弯矩；
 $M_{y,p}$ ——端板屈服弯矩；
 $M_{y,b}$ ——螺栓屈服弯矩。

(1) 柱剪切域屈服弯矩

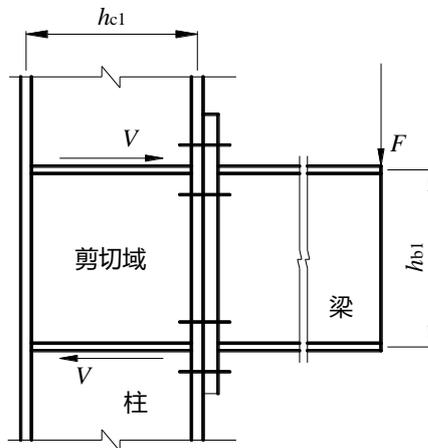


图 21 柱剪切域屈服弯矩计算示意图

$$M_{y,s} = \frac{4}{3} h_s b_s t_s f_v \quad (17)$$

式中： h_{b1} ——梁翼缘中心线之间的高度；
 h_{c1} ——柱翼缘中心线之间的宽度；
 t_s ——剪切域的厚度；
 f_v ——不锈钢材料的抗剪强度。

(2) 端板的屈服弯矩

基于塑性铰线法可按式(18)确定端板屈服弯矩。端板的塑性铰线参数 Y_p 参考美国规范 ANSI/AISC 358-16 中的规定，不带加劲肋端板（图 22）按式(19)计算，带加劲肋端板（图 23）按式

(20)和式(21)计算。

$$M_{y,p} = fY_p t^2 \quad (18)$$

$$\begin{cases} Y_p = \frac{b_p}{2} \left[h_1 \left(\frac{1}{p_{fi}} + \frac{1}{s} \right) + h_0 \left(\frac{1}{p_{fo}} \right) - \frac{1}{2} \right] + \frac{2}{g} [h_1 (p_{fi} + s)] \\ s = \frac{1}{2} \sqrt{b_p g} \end{cases} \quad (19)$$

式中符号的含义见图 22, 且 p_{fi} 不大于 s 。

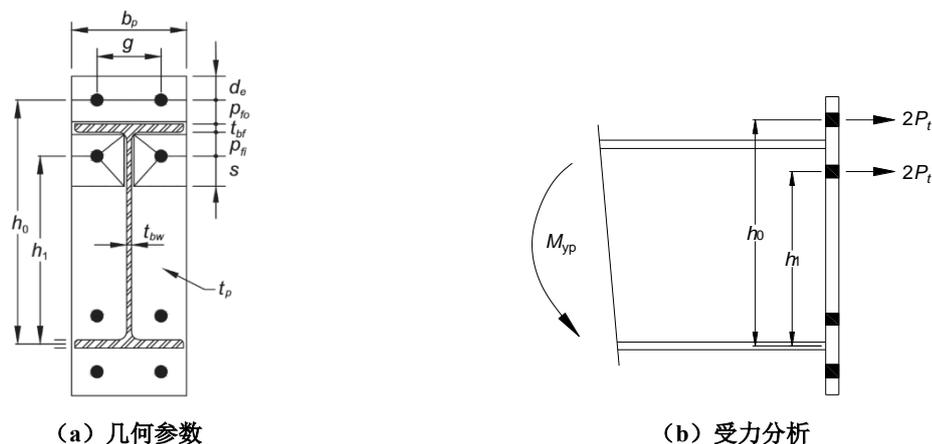


图 22 无加劲肋板件塑性铰线示意图

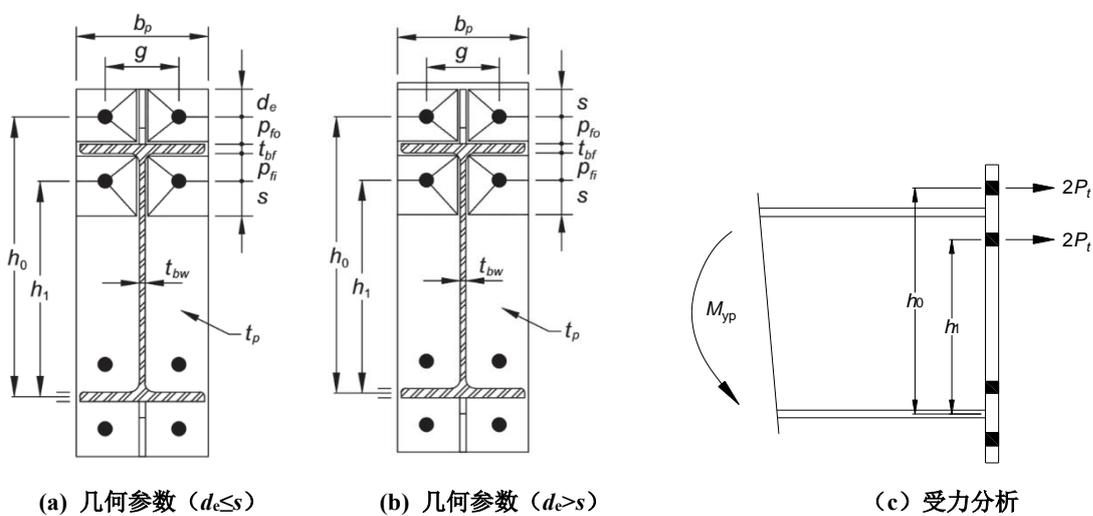


图 23 带加劲肋板件塑性铰线示意图

当 $d_e \leq s$ 时,

$$Y_p = \frac{b_p}{2} \left[h_1 \left(\frac{1}{p_{fi}} + \frac{1}{s} \right) + h_0 \left(\frac{1}{p_{fo}} + \frac{1}{2s} \right) \right] + \frac{2}{g} [h_1 (p_{fi} + s) + h_0 (d_e + p_{fo})] \quad (20)$$

当 $d_e > s$ 时,

$$Y_p = \frac{b_p}{2} \left[h_1 \left(\frac{1}{p_{fi}} + \frac{1}{s} \right) + h_0 \left(\frac{1}{p_{fo}} + \frac{1}{s} \right) \right] + \frac{2}{g} [h_1 (p_{fi} + s) + h_0 (s + p_{fo})] \quad (21)$$

式中符号的含义见图 23。

(3) 柱翼缘的屈服弯矩

柱翼缘的屈服弯曲计算方法与端板计算方法相同。

(4) 螺栓屈服弯矩

螺栓屈服弯矩采用子模型法进行计算，该方法近似考虑了螺栓撬力的影响。

端板和柱翼缘中的板件的支承方式可分为单边支承板（模型一）和两边支承板（模型二）两种类型，如图 24 所示。

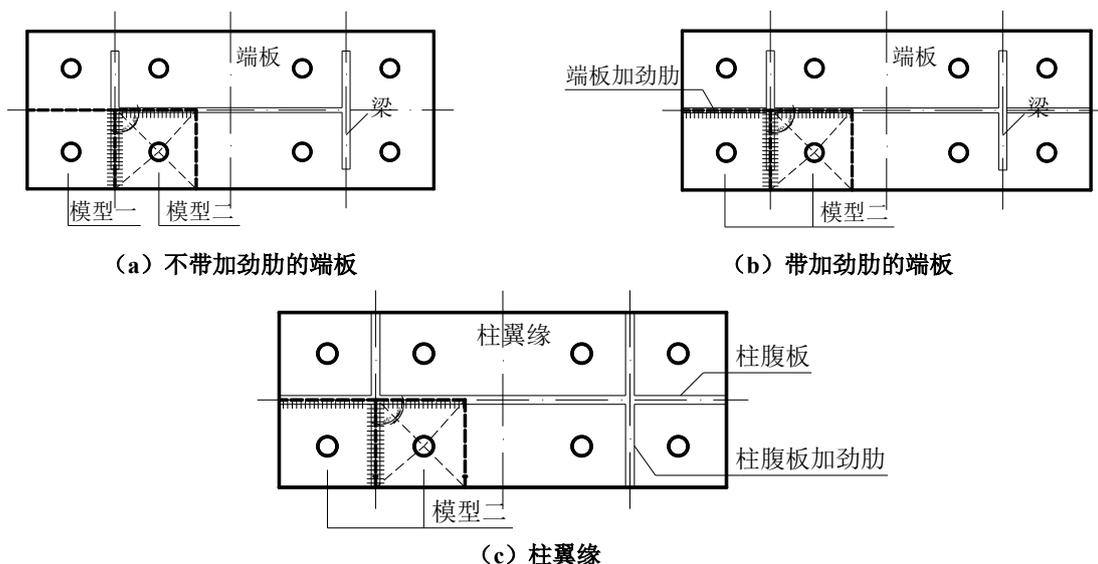


图 24 端板与柱翼缘子模型划分

通过大量的有限元参数化分析，以螺栓屈服作为条件，单边支承和两边支承螺栓连接板件的承载力及变形可按下列公式计算：

$$N_y = P(1 - e^{-c\eta^d}) \quad (22)$$

$$\Delta_y = \frac{P}{K_b} \left(1 - \frac{a}{1 - b\eta} \right) \quad (23)$$

$$\eta = \frac{K_p}{K_b} \quad (24)$$

$$K_b = E_b \frac{1.6A_b}{L_b} \quad (25)$$

- 式中：
- P ——螺栓预紧力设计值
 - N_y ——板件的屈服承载力；
 - Δ_y ——板件的屈服位移；
 - η ——板件与螺栓的刚度比；
 - K_p ——板件的刚度，按照式(26)~(29)计算；
 - K_b ——螺栓的刚度；
 - A_b ——螺栓的截面面积；
 - L_b ——螺栓的长度，取夹持板厚加螺母和螺帽高度的一半；
 - E_b ——螺栓材料的弹性模量；
 - a 、 b 、 c 、 d ——系数，与支承情况和材料性能有关，对于奥氏体不锈钢，按表 15 取值。

表 15 螺栓连接板承载力公式中常数取值

支承情况	a	b	c	d
一边支承	75.73	38.54	3.14	0.49
两边支承	13.44	17.82	5.52	0.50

根据板件支承条件，板件的刚度 K_p 近似按照下列公式计算：

两边支承板的抗弯刚度按刚度分解法计算，如图 25 所示，合刚度和分解刚度按下式(26)~(29)计算。单边支承板抗弯刚度按式(26)计算，式中 β_1 取为 1.0，

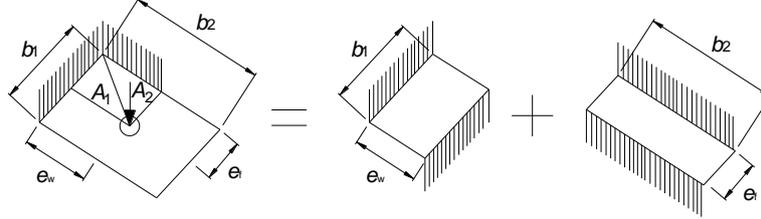


图 25 刚度分解示意图

$$K_p = k_1 + k_2 \quad (26)$$

$$k_1 = \beta_1 \frac{1}{\frac{e_w^3}{Eb_1 t_{ep}^3} + \frac{\alpha e_w}{2Gb_1 t_{ep}}} \quad (27)$$

$$k_2 = \beta_2 \frac{1}{\frac{e_f^3}{Eb_2 t_{ep}^3} + \frac{\alpha e_f}{2Gb_2 t_{ep}}} \quad (28)$$

$$\begin{cases} \beta_1 = 1 - \frac{A_2}{b_1 e_w} \\ \beta_2 = 1 - \frac{A_1}{b_2 e_f} \end{cases} \quad (29)$$

式中： K_p ——两边支承板的抗弯刚度；

k_1 、 k_2 ——单边支承板两个方向的抗弯刚度；

t_{ep} ——端板或柱翼缘的厚度；

b_1 、 b_2 、 e_f 、 e_w ——几何参数，按图 25 计算；

A_1 、 A_2 ——从螺栓孔中心和翼缘、腹板围成的面积，按图 25 计算；

β_1 、 β_2 ——折减系数。

计算螺栓屈服对应的节点抗弯承载力流程如下：①首先按照图 24 划分柱翼缘和端板为单边支承、两边支承螺栓连接板；②按式(22)分别计算翼缘外侧、翼缘内侧板件的屈服荷载 $N_{y,p1}$ 和 $N_{y,p2}$ ，受力作用点位于节点梁受拉翼缘中心；③按式(23)分别计算翼缘外侧和翼缘内侧板件的屈服变形 $\Delta_{y,p1}$ 和 $\Delta_{y,p2}$ ，也即梁受拉翼缘中心对应的位移；④按下列公式确定螺栓屈服对应的屈服弯矩。

$$M_{y,b} = (N_{y,1} + N_{y,2}) h_y \quad (30)$$

$$\begin{cases} N_{y,1} = 2N_{y,p1} \frac{\Delta_{y,p1}}{\Delta_{y,p2}} \\ N_{y,2} = 2N_{y,p2} \end{cases} \quad (31)$$

式中： h_y ——梁受拉翼缘到受压区转动中心的距离；

$N_{y,1}$ 、 $N_{y,2}$ ——考虑一排为两颗螺栓及变形协调后的屈服荷载；

$N_{y,p1}$ 、 $N_{y,p2}$ ——翼缘外侧和翼缘内侧板件的螺栓屈服对应的荷载；
 $\Delta_{y,p1}$ 、 $\Delta_{y,p2}$ ——翼缘外侧和翼缘内侧板件的螺栓屈服对应的位移。

最后，通过上述方法分别计算剪切域屈服弯矩 $M_{y,s}$ 、柱翼缘屈服弯矩 $M_{y,cf}$ 、端板屈服弯矩 $M_{y,p}$ 和螺栓屈服弯矩 $M_{y,b}$ ，取其最小值作为节点屈服弯矩。

2 初始转动刚度

节点的初始转动刚度由剪切域刚度和受拉区等效刚度并联组成，按下式计算

$$S_{ini} = \frac{1}{\frac{1}{K_s} + \frac{1}{K_{eq}}} \quad (32)$$

式中： K_s ——剪切域刚度；

K_{eq} ——受拉区等效刚度；

(1) 剪切域的刚度

节点域可近似视为由刚接框架（柱腹板加劲肋、柱翼缘和端板）约束的剪切板变形，其刚度由以下两部分组成：①柱腹板抗剪刚度、②柱翼缘和端板抗侧刚度，按下式计算：

$$K_s = \frac{4}{3} G h_{c1} h_{b1} t_s + \frac{E b_p (t_p + t_{cf})^3}{h_{b1}} \quad (33)$$

式中： G ——剪切模量；

h_{b1} ——剪切域的高度；

h_{c1} ——剪切域的宽度；

t_s ——剪切域的厚度；

b_p ——端板的宽度；

t_{cf} ——柱翼缘的厚度；

t_p ——端板的厚度。

(2) 受拉区等效刚度

受拉区的等效刚度由两排螺栓所在位置的螺栓拉力与受压区形成的力偶构成，计算公式如下：

$$K_{eq} = K_{eff,1} \cdot h_1^2 + K_{eff,2} \cdot h_2^2 \quad (34)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} K_{eff,1} = \frac{1}{\frac{1}{K_{cf,1}} + \frac{1}{K_{p,1}} + \frac{1}{K_b}} \\ K_{eff,2} = \frac{1}{\frac{1}{K_{cf,2}} + \frac{1}{K_{p,2}} + \frac{1}{K_b}} \end{array} \right. \quad (35)$$

式中： $K_{eff,1}$ ——受拉区最外排螺栓对抗弯刚度的贡献；

$K_{eff,2}$ ——受拉区内排（翼缘内第一排）螺栓对抗弯刚度的贡献；

h_1 ——受拉区最外排螺栓到受压区转动中心的距离；

h_2 ——受拉区内排（翼缘内第一排）螺栓到受压区转动中心的距离；

K_b ——螺栓的抗拉刚度；

$K_{p,i}$ 、 $K_{cf,i}$ ——端板和柱翼缘的抗弯刚度，根据边界条件按式(26)计算。

端板加劲肋对端板连接梁柱节点受压中心影响较大。欧洲 ECCS 《Equal joints PLUS Volume with pre-normative design recommendations for seismically qualified steel joints》中规定：当设置端板加劲肋

时，取受压梁翼缘与加劲肋组成的 T 形截面形心位置为受压中心。为简化计算，本条文近取受压区最外排螺栓中心线为节点受压转动中心。

6.3.4~6.3.5 当不锈钢梁柱节点或柱脚节点中，不锈钢构件与碳钢（钢筋等）接触时，应采用非金属的隔离材料（如垫圈、套筒等），避免两者直接接触。

6.4 钢管连接节点计算

6.4.1 1 本条参考澳大利亚/新西兰不锈钢设计规范（AS/NZS 4673-2001）中 T 形和 Y 形不锈钢圆管连接节点承载力设计值计算公式。

2 本条基于哈尔滨工业大学（深圳）对 X 形不锈钢圆管连接节点开展的试验、数值和理论研究。当截面尺寸满足相应要求时，在欧洲规范（EN 1993-1-4:2006）节点设计公式基础上引入了承载力设计值修正系数，并通过大量有限元模拟结果的对比，验证了该公式的准确性。

3 本条基于东南大学对 K 形不锈钢圆管相贯节点开展的试验、数值和理论研究。考虑间隙宽度和弦杆内力的影响，对国际管结构协会设计手册（CIDECT）中 K 形圆管相贯节点的公式进行了改进。

4 本条引自澳大利亚/新西兰不锈钢设计规范（AS/NZS 4673-2001）中 K 形不锈钢圆管搭接节点承载力设计值计算公式。

5 本条公式引自澳大利亚/新西兰不锈钢设计规范（AS/NZS 4673-2001）。澳大利亚/新西兰不锈钢设计规范（AS/NZS 4673-2001）要求当支管直径不大于主管直径减去两倍的主管壁厚时，需要对 T、Y、X 形节点和有间隙的 K 形节点进行冲剪承载力计算。

6.4.2 1 本条引自澳大利亚/新西兰不锈钢设计规范（AS/NZS 4673-2001）、欧洲规范（EN1993-1-8:2005）和国际管结构协会设计手册（CIDECT）的相关规定。规定了主管、支管均为方（矩）形管的直接焊接不锈钢管节点承载力计算公式适用的节点几何参数范围。

2 本条基于哈尔滨工业大学（深圳）对 T、Y 和 X 形不锈钢方（矩）形管连接节点开展的试验、数值和理论研究：

1) 当 $\beta < 0.8$ 时，节点承载力主要取决于主管表面形成的塑性铰线状况，即发生主管连接面破坏（Chord face failure）。基于修正后的 Kato 模型（Zhao et al. 1991）和 Davies-Packer（Davies et al. 1982）塑性铰线模型，提出了节点设计公式，并引入了主管应力影响系数 k_p 与承载力折减系数 α_A 。

2) 当 $\beta \geq 0.8$ 时，主管发生侧壁破坏（Chord side wall failure）。基于 Zhang（Zhang et al. 1989）提出的模型，引入承载力折减系数 α_B 。在该破坏模式下，主管应力的影响可忽略不计。

3) 当 $\beta \geq 0.85$ 、 $\tau \leq 0.55$ 且 $b_c \geq b_1$ 时，支管发生局部屈曲破坏（Local buckling failure of brace）。 N_{1n} 引自国际管结构协会设计手册（CIDECT）中支管发生局部屈曲破坏时节点承载力设计值计算公式。

3 本条参考 Rasmussen 和 Young 等学者以及国际管结构协会设计手册（CIDECT）中 K 形方（矩）形管间隙节点承载力设计值计算公式。

4 本条引自澳大利亚/新西兰不锈钢设计规范（AS/NZS 4673-2001）中 K 形不锈钢方（矩）形管搭接节点承载力设计值计算公式。

6.5 焊缝连接疲劳计算

6.5.1 直接承受动力作用的工业与民用建筑、市政公路桥梁、高耸结构等不锈钢结构焊缝连接应考虑焊缝的疲劳。由于氩弧焊焊缝成型优良、应力集中低、疲劳性能优异，焊接工艺宜优先采用氩弧焊。

需要验算疲劳的焊缝连接所用不锈钢结构焊缝应具有冲击功的合格保证，冲击功应达到母材标准规定或设计要求的最低值。南京工业大学测试了奥氏体 304 不锈钢及其焊缝连接的冲击功，试验结果如表 16 所示。从测试结果可见，不锈钢及其焊缝韧性优异。青拓集团有限公司研究了奥氏体

304 不锈钢冲击功随温度变化, 相关成果发表于《金属学报》的《高强度含 N 节 Ni 奥氏体不锈钢 08Cr19Mn6Ni3Cu2N (QN1803) 的显微组织及性能》一文中, 如图 24 所示, 由图可知不锈钢韧性优于碳素钢。欧洲规范《不锈钢结构设计规范》(EN1993-1-4) 指出奥氏体和双相不锈钢具有优异的韧性, -40℃ 以上不会发生脆性断裂。综合来看, 奥氏体和双相不锈钢具有优异的韧性, 冲击功值远超碳素钢。但考虑到焊缝由于焊接引起韧性下降, 因此要求焊缝具有与母材相同的冲击功。

表 16 冲击试验结果

测量位置	试件编号	试件尺寸/mm	-20℃ 冲击吸收功/J
母材	M-1	10.0×7.4	80
	M-2	10.0×7.4	90
	M-3	10.0×7.4	80
焊缝	W-1	10.0×7.5	82
	W-2	10.0×7.3	78
	W-3	9.9×7.5	82
热影响区	H-1	9.9×7.4	58
	H-2	10.0×7.5	58
	H-3	10.0×7.5	50

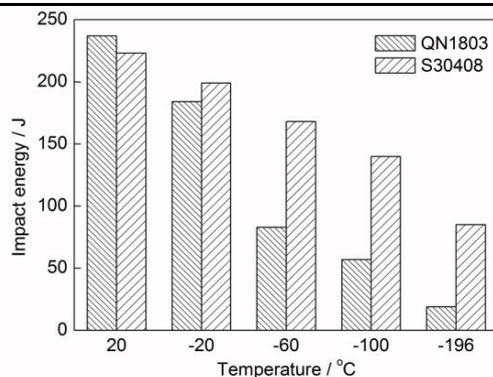


图 24 冲击功随温度变化

6.5.2 欧洲规范《钢结构疲劳设计规范》(EN1993-1-9) 和国际焊接协会 IIW《焊接节点和构件的疲劳设计指南》(2016) 采用弹性应力计算方法求解不锈钢结构焊缝连接处的应力。南京工业大学的疲劳试验结果验证了弹性应力计算方法适用于不锈钢结构焊缝连接的疲劳计算。

6.5.3 考虑到不锈钢结构板件厚度一般不超过 25 mm, 未考虑厚度修正。

常幅疲劳容许应力幅是基于两方面的工作, 一是收集和汇总各种焊缝连接式的疲劳试验数据; 二是以几种主要的形式为出发点, 把众多的构件和连接形式归纳分类, 每种具体连接以其所属类别给出疲劳曲线和相关参数。根据不同钢号、不同尺寸的同一种连接形式的所有试验资料, 汇总后按应力幅计算式进行统计分析, 以 95%置信度取 2×10^6 次疲劳应力幅下限值。汇集了国内外不锈钢结构焊缝连接疲劳试验数据, 包括南京工业大学开展的对接焊缝和十字形角焊缝验证性试验数据, 一共包括六种焊缝连接, 采用国际焊接协会 IIW《焊接节点和构件的疲劳设计指南》(2016) 推荐的统计回归方法, 验证了不同来源的数据来自同一统计总体, 统计分析得到了 S-N 曲线, 确定了 S-N 曲线的下限特征值及疲劳强度, 如图 26 所示。国际焊接协会 IIW《焊接节点和构件的疲劳设计指南》(2016) 针对由小试件统计分析确定疲劳强度, 需考虑残余应力修正, 应将 2×10^6 次疲劳寿命对应的疲劳强度乘以折减系数 0.8, 得到最终的疲劳强度。

不锈钢结构焊缝连接的疲劳强度与不锈钢材料的静力强度无关。欧盟报告 EUR19972《Fatigue design of welded stainless steels》研究表明不锈钢的静力强度不同时, 焊缝连接疲劳强度相同, 南京工业大学的研究得到了同样的结论。

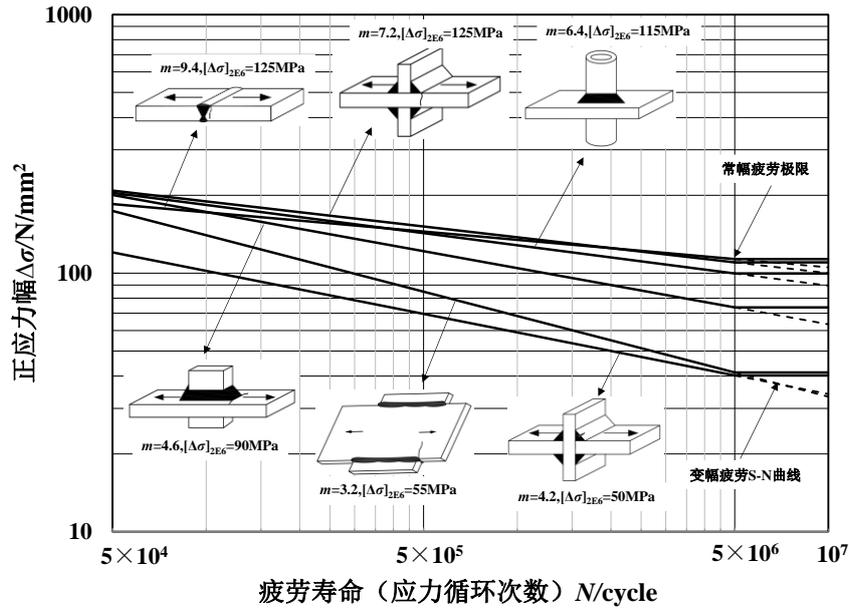


图 26 正应力幅构造分类 S-N 曲线图

6.5.4 多年来国内外大量的试验和理论研究表明，由于焊缝连接处存在较高水平的焊接残余拉应力，疲劳强度受应力幅控制，应力比的影响可以忽略不计。

6.5.5 采用等效应力幅法，即从结构在使用寿命期间的设计变幅应力谱，按各应力幅出现的频率，根据线性累积损伤原理，求出应力幅为常量的等效应力幅，然后按常幅疲劳计算。由于不锈钢结构焊缝连接试验数据缺乏，无法求得超过 5×10^6 次荷载循环次数后的 S-N 曲线。从偏于保守的角度，S-N 曲线在超过 5×10^6 次荷载循环次数后斜率保持不变，取截止应力为零，即将高、低应力幅同等对待，已有研究表明此方法的计算精度令人满意。以上做法被 GBJ17-88《钢结构设计规范》采纳，长期工程实践表明该方法所设计结构安全可靠。

6.6 连接构造要求

6.6.1 考虑到《不锈钢结构焊接技术规程》T/CECS 1295 中缺乏直接承受动力重复作用焊缝连接构造规定，加之目前研究较少，焊缝连接构造要求参照现行国家标准《钢结构焊接规范》GB 50661 执行。

6.6.3 参考《钢结构设计标准》GB 50017 和《钢结构高强度环槽铆钉连接技术规程》T/CECS 1552 确定了螺栓和铆钉的布置构造要求。

6.6.4 参考《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018，并与欧洲规范（EN 1993-1-8）比较验证，制定抽芯铆钉、自攻螺钉的各项构造要求。

6.7 节点构造要求

6.7.1~6.7.2 两种典型梁柱连接节点的构造规定来自于《钢结构设计标准》GB50017 和美国规范 AISI358-16。

6.7.3 当不锈钢柱脚节点中，不锈钢构件与碳钢（钢筋等）接触时，应采用非金属的隔离材料（如垫圈、套筒等），避免两者直接接触。

6.7.4 本节各项构造规定是用于保证节点连接实现计算规定的各种性能。

1 “连接处主管与支管轴线间夹角以及各支管轴线间夹角不宜小于 30° ”的规定参考《钢结构设计标准》GB 50017 与《澳大利亚/新西兰不锈钢设计规范（AS/NZS 4673-2001）》附录 J3，是为了保证施焊条件，便于焊根熔透，也有利于减少尖端处焊缝的撕裂应力。

2 据国内外经验（参见《钢结构设计标准》GB 50017 5.1.5 条第 3 款和《澳大利亚/新西兰不锈钢设计规范》(AS/NZS 4673-2001) 附录 J4），除无斜腹杆的空腹桁架外，直接相贯连接的钢管结构节点，当符合本条几何参数适用范围且主管节间长度与截面高度或直径之比不小于 12、支管杆间长度与截面高度或直径之比不小于 24 时，可忽略节点刚性和偏心的影响，按铰接体系分析桁架杆件的内力。

节点连接处应尽可能避免偏心，当节点偏心不超过式 (6.7.4) 限值时，在计算节点和受拉主管承载力时，可忽略因偏心引起的弯矩的影响，但受压主管应考虑偏心弯矩影响 $M=\Delta N \cdot e$ (ΔN 为节点两侧主管轴力之差值)。搭接连接时，由于受到搭接率的影响，可能突破式 (6.7.4) 的要求，此时格构式构件（桁架、拱架、塔架等）可按有偏心刚桁架进行内力分析，如图 27 和图 28 所示。节点应按支管轴力和弯矩共同作用下的相关公式验算，对分配有弯矩的主管和支管按偏心受力构件进行验算。

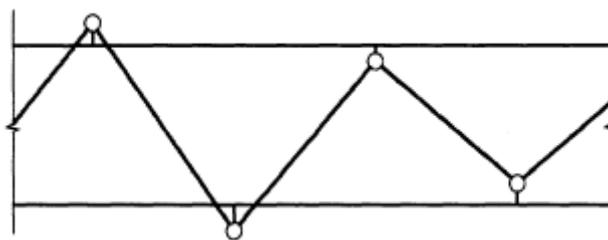


图 27 节点偏心的腹杆端铰接桁架内力计算模型

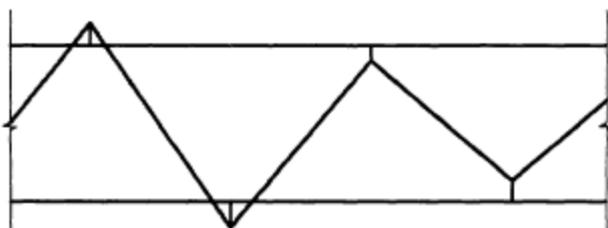


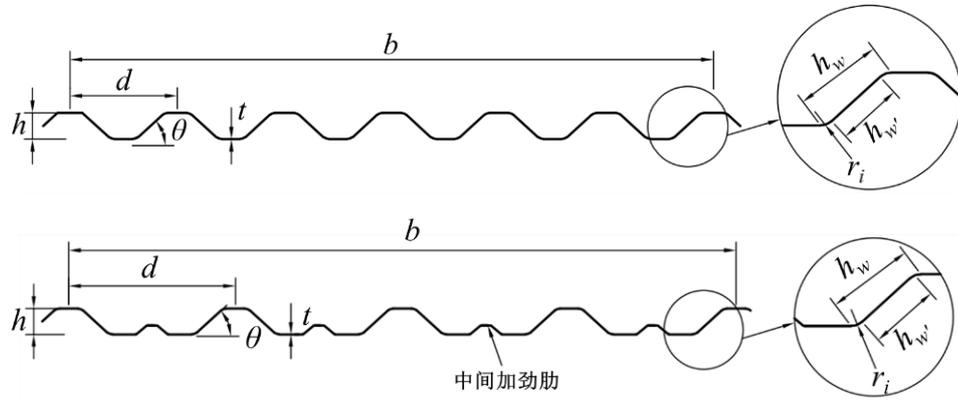
图 28 节点偏心的腹杆端刚接桁架内力计算模型

3 角焊缝尺寸应由计算确定。根据《钢结构设计标准》GB 50017，在保证节点设计承载力大于支管设计内力的条件下，多数情况下角焊缝焊脚尺寸达到 1.5 倍支管厚度是可以满足承载要求的；但当支管设计内力接近支管设计承载力时，角焊缝尺寸只有达到 2 倍支管厚度才能满足承载要求。满足受力条件时不必过分加大，防止过度焊接的不利影响。

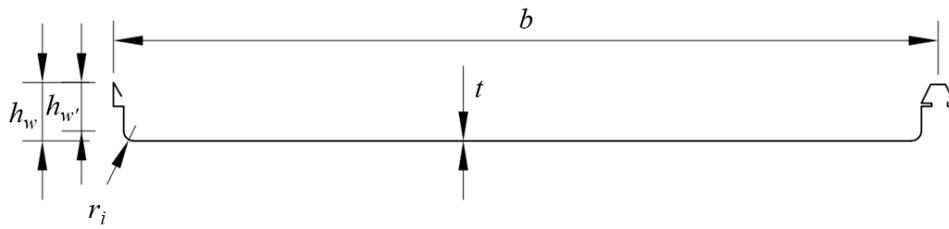
7 压型板

7.1 一般规定

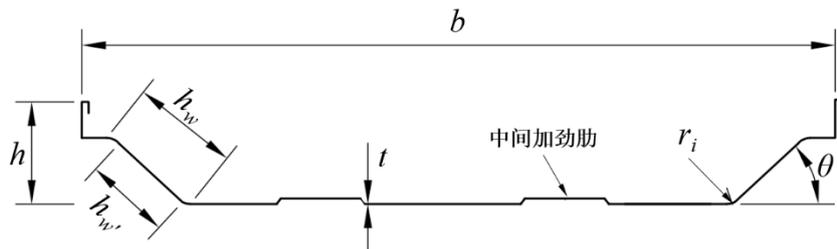
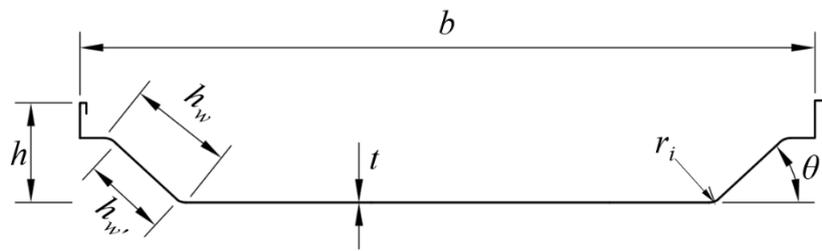
7.1.1 本条文主要参考《建筑用不锈钢压型板》GB/T 36145 制定，典型的压型板如图 29 所示。



(a) 搭接型



(b) 扣合型



(c) 360°咬合型

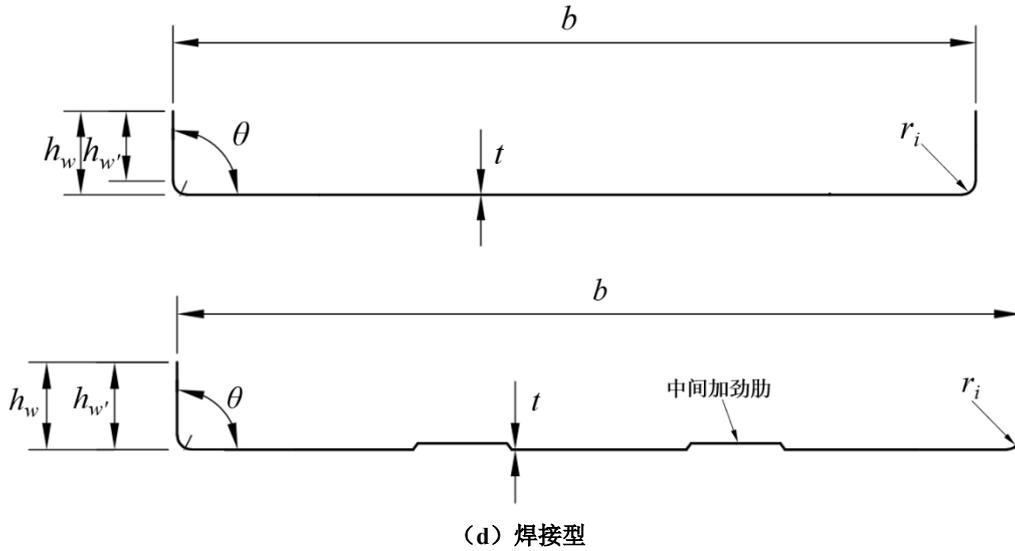


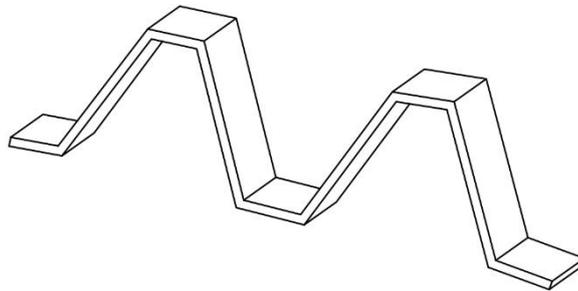
图 29 典型不锈钢压型板

h 为压型板的波高； b 为压型板的板宽； d 为压型板的波距； h_w 为压型板腹板斜长； h_w' 为压型板扣除弯角段的腹板的斜长； t 为压型板的厚度； θ 为压型板的腹板与承压面的夹角； r_i 为压型板的弯角内半径

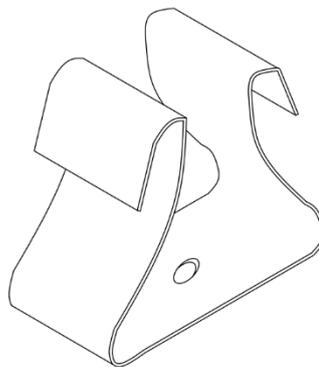
与碳钢压型板板相比，不锈钢压型板咬合或扣合后回弹较大，因此在基本风压较大（基本风压 $\omega_0 \geq 0.5 \text{ KN/m}^2$ ）的青藏高原、内蒙古中北部、新疆西北部、东南沿海及其岛屿等风荷载较大的区域，不宜使用扣合型压型板。

7.1.2 本条主要参考了国家建筑标准设计图集《压型金属板建筑构造》17J925-1 和《建筑用不锈钢压型板》GB/T 36145，典型不锈钢压型板的连接件如图 30 所示。

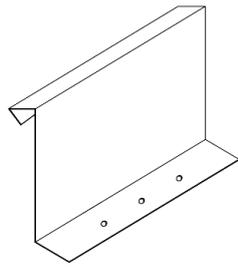
对于搭接型压型板，高波压型板通常是指波高大于或等于 70 mm 的压型板。



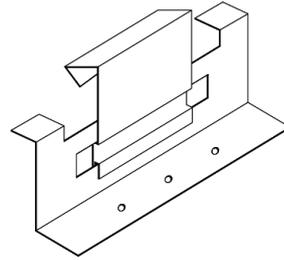
(a) 搭接型（高波）



(b) 扣合型

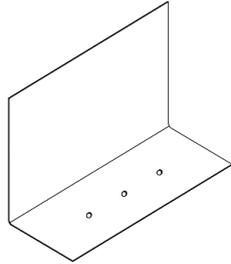


固定型咬合支架

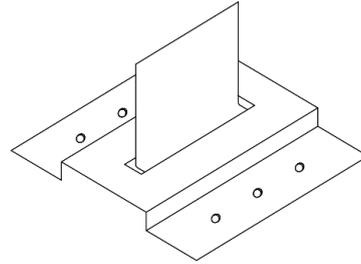


滑动型咬合支架

(c) 360° 咬合型



固定型 L 型支架



滑动型 L 型支架

(d) 焊接型

图 30 不锈钢压型板典型支架

7.1.3 压型板设计时应考虑永久荷载、屋面活荷载、风荷载、雪荷载和温度作用效应。

风荷载取值宜参考《门式刚架轻型房屋钢结构技术规范》GB 51022，计算时应考虑风吸和风压两种工况。

温度作用可通过合理布置滑动支座和固定支座予以降低；当温度作用不可忽略时，设计时尚应计入温度效应的影响。

7.1.4 压型板设计时应考虑永久荷载、屋面活荷载、风荷载、雪荷载和温度作用效应。

对于强风地区的重要建筑，不锈钢压型板围护系统的承载力应进行抗风揭试验验证。抗风揭试验是对建筑围护系统在风荷载作用下的抗揭性能进行测试的实验方法。这种试验用于评估屋面系统的耐久性和安全性，确保其能在强风条件下保持稳定，不发生破坏或脱落。

抗风揭试验的方法分为静态压力法和动态压力法。

静态压力法利用检测装置，向金属屋面(试件)施加稳定的压力并维持预先设定的压力等级(压力差)一段时间后再泄压，逐级加压直至金属屋面发生不符合现象时，以前一压力等级作为金属屋面的最高抗风掀压力等级。详细规定可参见《金属屋面抗风掀性能检测方法 第 1 部分：静态压力法》GB / T 39794.1。

动态压力法利用供风设备，向金属屋面下部压力箱充气形成稳定的正压，同时对金属屋面上部压力箱抽气，并通过控制装置产生周期性的波动负压，形成对金属屋面产生模拟风荷载向上作用的合力，以此检测金属屋面抗风掀的能力。详细规定可参见《金属屋面抗风掀性能检测方法 第 2 部分：动态压力法》GB / T 39794.2。

本规程推荐采用动态压力法，该方法可综合评估系统在循环风荷载下的变形、松动、疲劳或局部失效情况。

7.2 压型板的计算

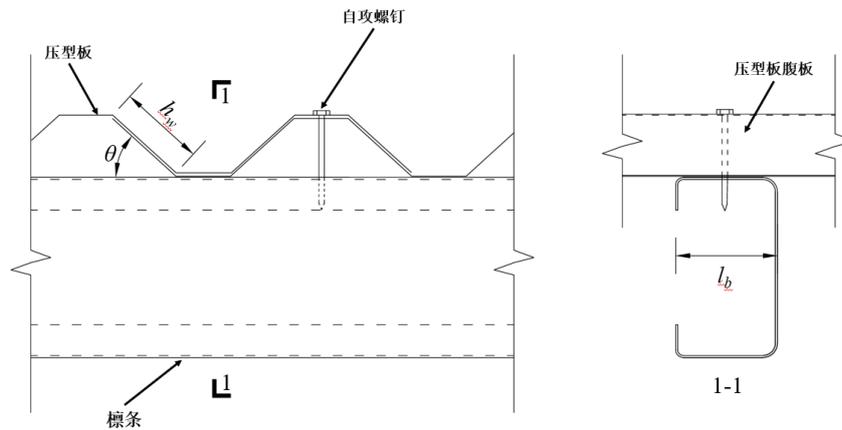
7.2.1 波距是指压型板波峰之间的水平距离，即相邻波峰的中心点到中心点的水平间距。图 29 中采用符号 b 表示典型压型板板的波距。

7.2.2 条文主要参考了《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB50018。东南大学对铁素体不锈钢压型板的抗弯承载力进行了试验研究，将试验结果与规程预测值对比表明，本条规定预测值偏于安全。

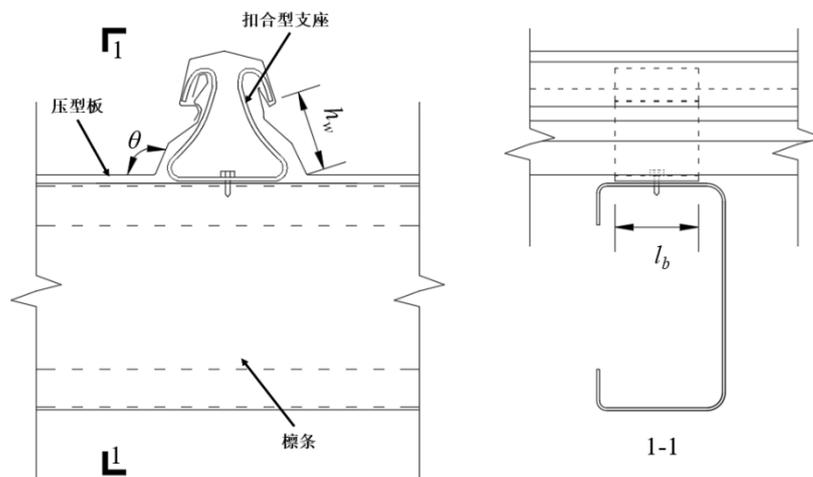
7.2.5 本条主要参考了美国 ASCE/SEI 8-22 《Specification for the design of cold-formed stainless steel structural members》。结合压型板的形态特征，采用了“Multi-Web Deck Sections”截面对应的参数。

本条图 7.2.5 中(a)图对应的典型场景为：压型板的支座处；(b)图对应的典型场景为：压型板跨中承受一个集中荷载；(c)图对应的典型场景为：压型板支座附近 $1.5h_w$ 范围内上表面还存在另一个方向向下的集中荷载；(d)图对应的典型场景为：压型板跨中有两个方向相反的集中力，且两者距离小于 $1.5h_w$ 。

在应用该条计算中，集中荷载或支座反力的支承长度的确定是关键点之一。对于集中荷载作用处，支承长度为集中荷载的沿着压型板长度方向的分布范围；对于支座反力的支承长度，可根据压型板类型按照图 31 近似确定。



(a) 搭接型



(b) 扣合型

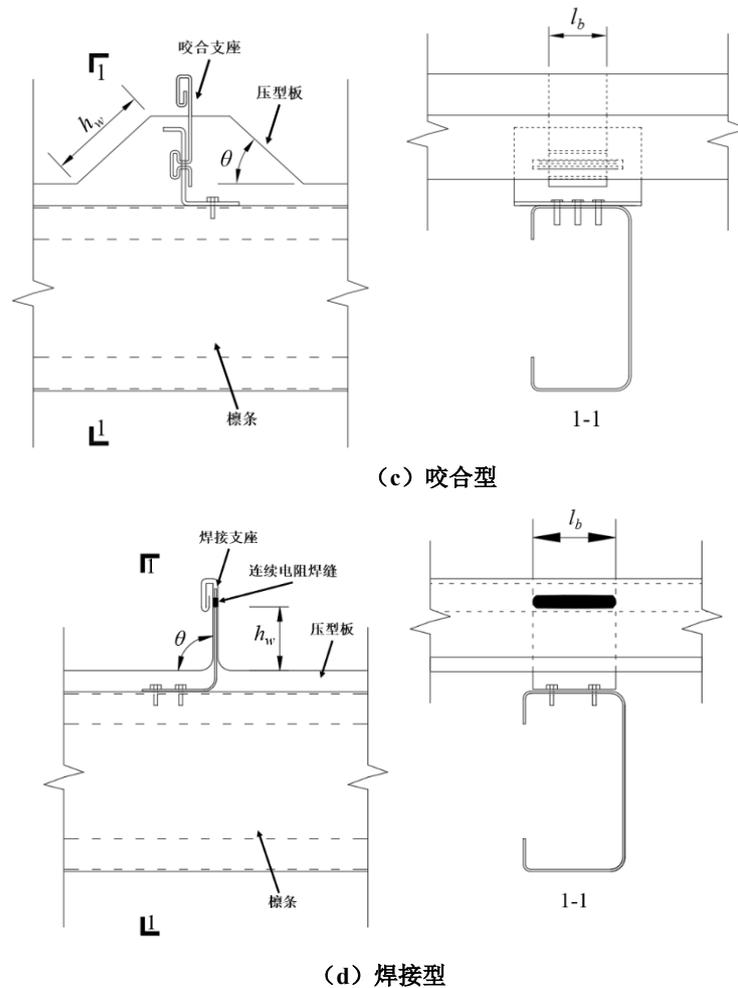


图 31 典型压型板支座处的腹板局部承压示意图

该条计算确定了一块腹板局部受压承载力，而压型板一般具有两块及以上的腹板，计算时需要根据具体压型板的形态予以确定。

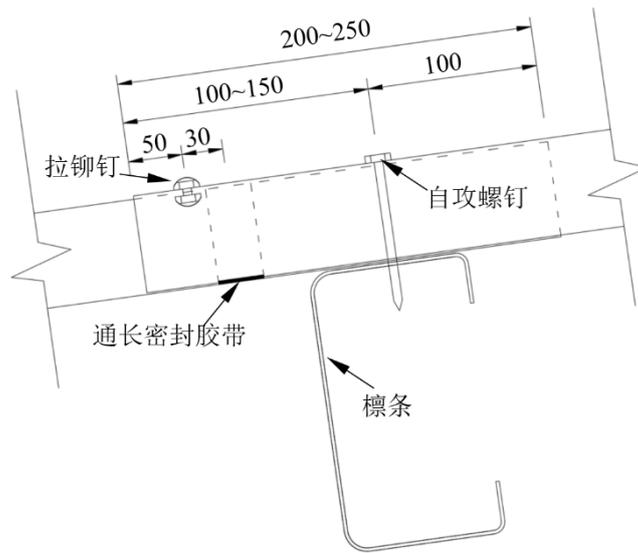
7.2.6 不锈钢压型板的挠度可按本规程第 5.7.1 条的规定进行计算。为简化计算，不锈钢压型板的挠度也可根据压型板翼缘处的最大应力，获得该应力下材料的割线弹性模量，将其应用于整个压型板，近似压型板的挠度，计算结果偏于安全。

7.3 压型板的有效截面

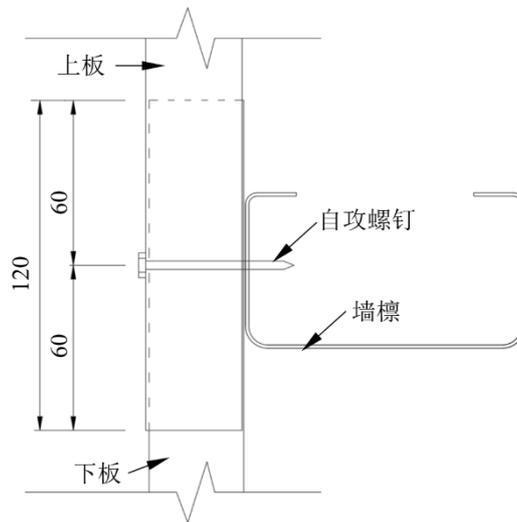
7.3.1 本条给出了压型板有效截面模量计算的有效宽度法。经过规程编制组对典型压型板的计算，大部分压型板的腹板可以达到全截面有效，因此可仅计算受压翼缘的有效宽度。同时，可假定有效截面的形心轴和毛截面形心轴重合，近似计算有效截面模量。

7.4 压型板的构造

7.4.1~7.4.6 本节条文主要参考了国家建筑标准设计图集《压型金属板建筑构造》17J925-1 和《建筑用不锈钢压型板》GB/T 36145 以及《焊接不锈钢屋面工程技术标准》T/CECS 959。图 32 给出了典型压型板长度方向的搭接构造示意图。



(a) 屋面板



(b) 墙面板

图 32 典型压型板长度方向搭接示意图

7.4.7 当不锈钢围护系统中不锈钢与碳钢连接时，应采取绝缘隔离措施（例如绝缘涂层或垫圈）。

8 抗震性能化设计

8.1 一般规定

8.1.1 对结构进行抗震性能化设计是降低不锈钢材料用量、提升结构安全性和经济性的重要途径。不锈钢材料的抗震性能优异，钢结构的抗震设计方法也基本适用于不锈钢结构。但受到不锈钢材料显著应变强化的影响，部分抗震性能化设计条款需要调整，以保证地震作用下，结构形成合理塑性耗能机制。

8.1.2 与碳钢和低合金钢相比，不锈钢材料没有明确的屈服点，且具有明显的应变强化性能，因此与《钢结构设计标准》GB50017相比，本规程重点调整了材料的超强系数 η_y 和连接系数 η_j 。鉴于目前关于不锈钢结构抗震性能的研究比较少，对结构性能目标等进行了简化。本规程中结构性能目标包含3个：性能目标1对应设防地震烈度下结构完全弹性，适用于“低延性-高承载力”的设计思路；性能目标3对应《建筑抗震设计规范》GB50011的设防水准，适用于“高延性-低承载力”的设计思路；性能目标2介于性能目标1和性能目标3之间。

由于本规程中采用的符号和分类等与《钢结构设计标准》GB50017中略有不同，对照执行过程中应注意以下几点：

1 《钢结构设计标准》GB50017中的构件承载性能等级分为7级，而考虑到不锈钢结构抗震性能研究较少，本规程仅分为3级。其中，本规程中承载性能等级1对应《钢结构设计标准》GB50017中的性能1；本规程中承载性能等级2对应《钢结构设计标准》GB50017中的性能3和4；本规程中承载性能等级3对应《钢结构设计标准》GB50017中的性能6。

2 《钢结构设计标准》GB50017第17章中构件及节点承载力的计算中的参数应按本规程取值。其中，《钢结构设计标准》GB50017的材料强度标准值 f_y 均按本规程第3章名义屈服强度 $f_{0.2}$ 取值；截面模量 W_E 按本规程第5章 W_n 取值。

3 《钢结构设计标准》GB50017的压弯和受弯构件截面分为5类，分别为S1~S5，支撑构件截面分为3类，分别为BS1、BS2和BS3，而本规程截面分为3类，分别为SS1、SS2和SS3。其中，SS1类截面对应《钢结构设计标准》GB50017中的S1、S2、BS1和BS2类，可以达到全截面塑性；SS2类截面对应《钢结构设计标准》GB50017中S3、S4和BS3类，可以达到边缘屈服，无需进行有效截面计算；SS3类截面对应《钢结构设计标准》GB50017中S5类，截面达到边缘屈曲前会发生局部屈曲，在计算截面承载力时，需要采用有效截面。

4 《钢结构设计标准》GB50017的结构构件的延性等级分为5级，标记为I级至V级，结构构件的延性等级依次降低。本规程中构件的延性等级分为3级，标记为I级、II级和III级。其中，本规程中构件延性等级的I级对应《钢结构设计标准》GB50017中的I级和II级；本规程中构件延性等级的II级对应《钢结构设计标准》GB50017中的III级和IV级；本规程中构件延性等级的III级对应《钢结构设计标准》GB50017中的V级。

8.1.3 目前对不锈钢结构的抗震性能研究尚不充分，因此本规程仅给出3个性能目标。其中性能1对应中震弹性设计；性能3对应目前《建筑抗震设计规范》GB50011设计目标，相当于《钢结构设计标准》GB50017中的“性能6”；性能等级2介于两者之间。本条中“完好”是指承载力设计值满足弹性计算内力设计值的要求；“基本完好”指承载力设计值满足刚度适当折减后的内力设计值要求或承载力标准值满足要求；“轻微变形”指层间侧移为1/200时塑性耗能区的变形；“中等变形”指层间侧移为1/100时塑性耗能区的变形；“显著变形”指层间侧移为1/50~1/40时塑性耗能区的变形。

本章不锈钢结构的抗震设计思路是进行塑性机构控制，由于非塑性耗能区构件和节点的承载力设计要求取决于结构体系及构件塑性耗能区的性能，因此本条仅规定了构件塑性耗能区的抗震性能目标。对于框架结构，除单层或顶层框架外，塑性耗能区宜为框架梁端；对于支撑结构，塑性耗能区宜为成对设置的支撑；对于框架-中心支撑结构，塑性耗能区宜为成对布置的支撑、框架梁端；对

于框架-偏心支撑结构，塑性耗能区宜为耗能梁段、框架梁端。

8.1.4 对于低烈度区的单层工业厂房、多层钢框架结构和空间网格结构，当其地震不起控制作用时，更适合采用“低延性-高承载力”的抗震设计思路，即选择性能目标 1，降低抗震构造要求；对于高层钢结构（框架或框架-支撑结构），其地震起控制作用，更适合采用“高延性-低承载力”的抗震设计思路，即选择性能目标 2 或性能目标 3。

8.1.5 该条对应《钢结构设计标准》GB50017 中 17.1.4 条。抗震性能化设计基本步骤如下图所示。

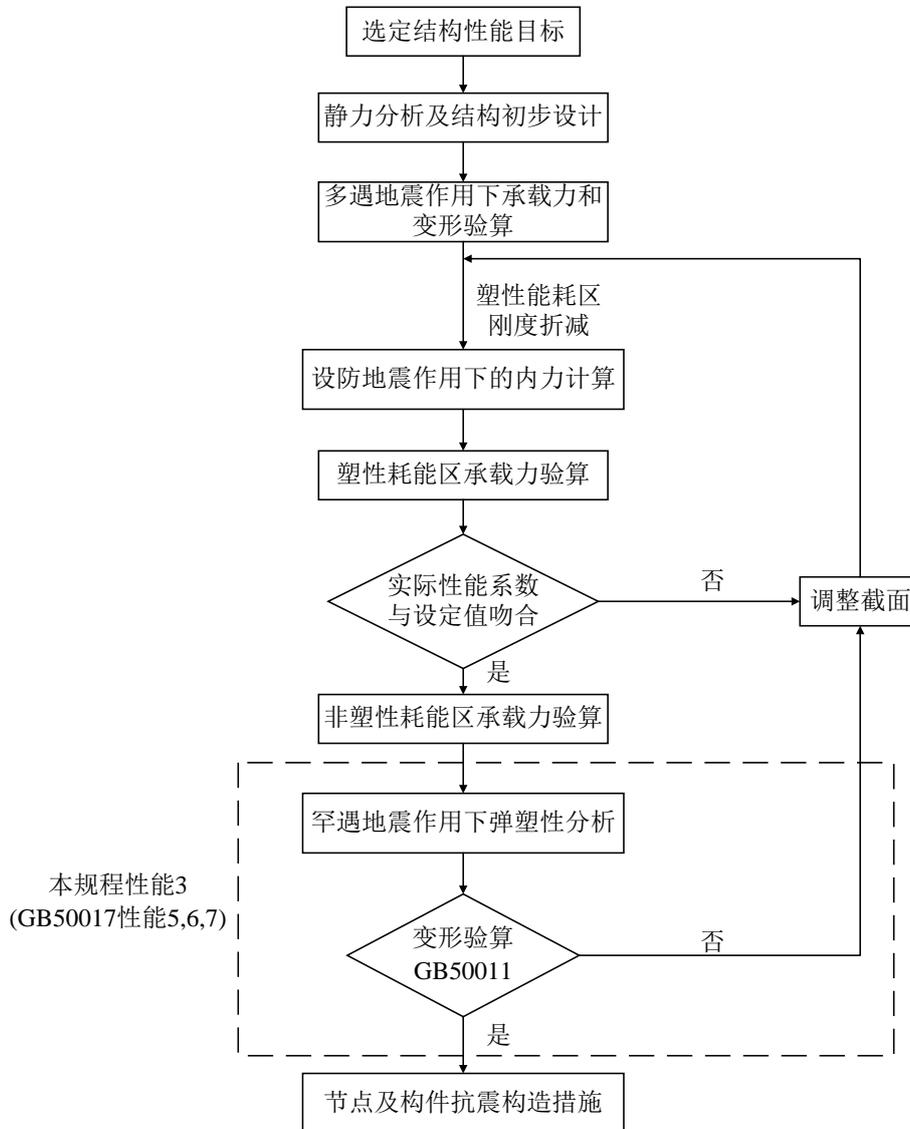


图 33 抗震性能化设计基本步骤

8.2 计算要点

8.2.1 不锈钢结构抗震性能化设计与普通碳钢结构的不同点在于不锈钢材料的显著应变强化性能。本条给出了结构抗震分析中建议采用的材料模型和参数。

地震作用下，材料弹塑性应力-应变关系的确定需要考虑：屈服准则、流动法则和强化规律。现有研究表明，不锈钢材料可以采用 Mises 屈服准则和联合流动法则。与普通钢材相比，不锈钢材料具有更明显的各向同性强化分量，因此推荐采用混合强化模型表征不锈钢材料的强化规律。

各向同性强化的幅值与应变幅值密切相关。地震作用下，材料大部分区域应变幅值小于 3%，在

该应变幅值下，各向同性强化与随动强化相比较弱。因此，当获取全面混合强化模型参数存在困难时，也可采用随动强化模型。可近似以本规程第 3.5 节给出的单轴应力-应变关系曲线作为随动强化的分量，标定随动强化模型的参数。

8.2.4 依据规范编制组开展的大量材料力学性能试验结果，奥氏体不锈钢 S30408 材料的实测名义屈服强度标准值约为 260 MPa，高于规范 3.3 节给出的 205 MPa，双相不锈钢 S22053 的实测名义屈服强度标准值约为 550 MPa，高于规范 3.3 节给出的 450 MPa，因此不锈钢材料的超强系数对奥氏体和双相分别取 1.25 和 1.20。

8.2.5 根据不锈钢材料显著应变强化的性能和“强节点弱构件”的抗震理念，本规程将普通碳钢结构塑性耗能区的连接系数提高 0.05 近似作为不锈钢结构的连接系数。

8.3 构造措施

8.3.4 结构中的关键性焊缝包括：框架梁翼缘与柱的连接、框架梁腹板与柱的连接、梁翼缘与端板、抗剪连接件与柱的连接、节点域及其上下各 600mm 范围内柱翼缘与柱腹板或箱型柱壁板之间连接等。不锈钢结构的焊接难度大于碳钢和低合金钢结构，双相不锈钢的焊接难度大于奥氏体不锈钢。对于塑性耗能区的关键焊缝，除了进行常规的焊接工艺评定的试验外，还需要特别关注金相组织。双相不锈钢金属填充材料中铁素体项和奥氏体项比例的改变，显著影响焊缝的抗震性能。不恰当的焊接工艺可能导致焊缝填充金属中铁素体比例远远大于 50%，进而可能导致焊缝的韧性和抗断裂性能显著下降。

8.3.5 保持不锈钢结构整体的耐腐蚀性能至关重要，在不锈钢结构中使用的抗震构造措施材料的耐腐蚀性能应不低于主体结构，且具有良好的连接性能。

9 防护

9.1 维护

9.1.1 正确的材料选择是不锈钢结构应用成功的关键因素之一。当材料选择不合理时，不锈钢结构也会发生腐蚀。选材时可以借鉴该地区以往的材料使用经验，或者按本规程条文说明中表 3 和表 4 初选不锈钢材料。另外，合适的表面处理方式（如精光、镀钛或涂层）也是提高不锈钢防腐能力的一种有效措施。

9.1.2 根据环境条件合理设计的不锈钢结构，抗腐蚀能力很强，采用清理积灰等简单的维护措施即可。当检测过程中发现严重腐蚀情况，应分析原因，优先改进表面处理工艺和构造措施提高构件的防腐能力；特殊条件下，可考虑更换防腐能力更好的构件。

9.1.3 当不锈钢板和低碳钢板进行螺栓连接时，宜采用图 34 构造措施，避免发生电化学腐蚀。

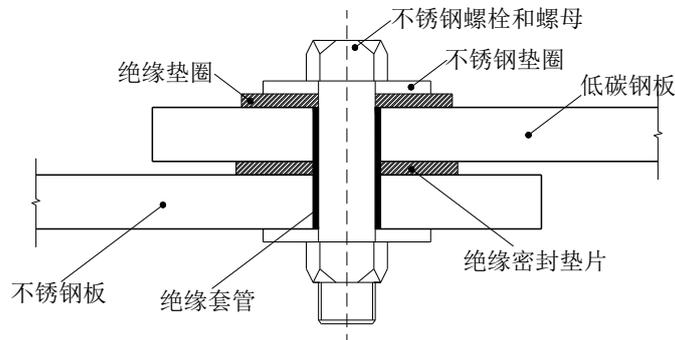


图 34 低碳钢板和不锈钢板螺栓连接示意图

当螺栓等紧固件连接被海水或者其他腐蚀性液体浸泡时，板件之间、紧固件与板件之间的缝隙缺氧，容易引发缝隙腐蚀，影响连接的耐久性和安全性，故本规程在这种情况下不推荐采用螺栓等紧固件连接，宜采用焊接连接。

不锈钢结构焊接完成后，可以通过机械打磨、酸洗钝化和专用焊缝清洗剂清洗等措施，提高焊缝的耐腐蚀性能。

9.2 防火和隔热

9.2.5 当不锈钢结构高温工作环境温度低于 100°C 时，高温对结构的影响主要为温度作用。在进行结构设计与分析中，应考虑热膨胀效应的影响，不锈钢材料热膨胀系数、设计强度和弹性模量与常温下相同，按本规程第 3 章取值。

9.2.6 对于长时间处在 100°C 以上的高温环境的不锈钢结构，在分析高温对其影响时，应同时考虑结构的热膨胀效应和高温对不锈钢材料力学性能的影响。当高温环境下的钢结构温度超过 100°C 时，对于依靠预应力工作的构件或连接，应专门评估蠕变或松弛对其承载力能力或正常使用性能的影响。

东南大学对不锈钢材料高温下的力学性能进行了大量试验研究，获得了不锈钢材料关键力学参数随着温度的变化规律，并结合欧洲规范 EN 1993-1-2 给出了典型不锈钢材料高温下力学性能参数的取值。

参考欧洲规范 EN 1993-1-2 的相关规定，高温下不锈钢（奥氏体、双相和铁素体）的热膨胀系数、导热系数和比热容应按表 17 确定。密度和泊松比应按照现行国家标准《建筑钢结构防火技术规范》GB 51249 确定。

表 17 高温下不锈钢的物理参数

参数	热膨胀系数	导热系数	比热容
----	-------	------	-----

符号		α_{ss}	λ_{ss}	C_{ss}
单位		$\times 10^{-3}m/(m \cdot ^\circ C)$	$W/(m \cdot ^\circ C)$	$J/(kg \cdot ^\circ C)$
温度 $^\circ C$	100	1.317	15.870	475.224
	200	3.043	17.140	495.432
	300	4.851	18.410	511.428
	400	6.733	19.680	524.016
	500	8.680	20.950	534.000
	600	10.687	22.220	542.184
	700	12.746	23.490	549.372
	800	14.848	24.760	556.368
	900	16.988	26.030	563.976
1000	19.156	27.300	573.000	

根据东南大学的研究成果及欧洲规范 EN 1993-1-2 中双相和铁素体不锈钢的相关规定，高温下不锈钢屈服强度折减系数 $\chi_{f_{0.2},T}$ 可按表 18 确定。

表 18 高温下不锈钢名义屈服强度折减系数

温度($^\circ C$)	奥氏体			双相	铁素体
	S30408/S30403	S31608/S31603	S35657	S22053/S22253/ S20013	S11348
100	0.98	0.89	0.81	0.91	1.00
200	0.91	0.83	0.69	0.80	1.00
300	0.84	0.77	0.64	0.75	0.98
400	0.77	0.72	0.62	0.72	0.91
500	0.74	0.69	0.57	0.65	0.80
600	0.59	0.66	0.52	0.56	0.45
700	0.48	0.59	0.47	0.37	0.19
800	0.44	0.50	0.38	0.26	0.13
900	0.16	0.28	0.21	0.10	0.10
1000	0.06	0.15	0.09	0.03	0.07

根据东南大学的研究成果及欧洲规范 EN 1993-1-2 的相关规定，高温下不锈钢极限应变 ϵ_{uT} 可按表 19 确定。

表 19 高温下不锈钢的极限应变

温度($^\circ C$)	奥氏体			双相	铁素体
	S30408/S30403	S31608/S31603	S35657	S22053/S22253/ S20013	S11348
100	0.40	0.40	0.33	0.20	0.20
200	0.40	0.40	0.33	0.20	0.20
300	0.40	0.40	0.33	0.20	0.20
400	0.40	0.40	0.33	0.20	0.15
500	0.40	0.40	0.29	0.20	0.15
600	0.35	0.40	0.28	0.20	0.15
700	0.30	0.30	0.26	0.15	0.15
800	0.20	0.20	0.10	0.15	0.15
900	0.20	0.20	0.10	0.15	0.15
1000	0.20	0.20	0.06	0.15	0.15

根据东南大学的研究成果及欧洲规范 EN 1993-1-2 中双相和铁素体不锈钢的相关规定，弹性模量折减系数 $\chi_{E,T}$ 可按表 20 确定。

表 20 高温下不锈钢弹性模量折减系数

温度($^\circ C$)	奥氏体			双相	铁素体
	S30408/S30403	S31608/S31603	S35657	S22053/S22253/ S20013	S11348
100	0.91	0.96	0.99	0.96	0.96
200	0.89	0.92	0.96	0.92	0.92
300	0.87	0.88	0.90	0.88	0.88
400	0.84	0.84	0.7	0.84	0.84
500	0.80	0.80	0.68	0.80	0.80
600	0.74	0.76	0.64	0.76	0.76
700	0.66	0.71	0.51	0.71	0.71

800	0.53	0.63	0.48	0.63	0.63
900	0.36	0.45	0.32	0.45	0.45
1000	0.20	0.20	0.19	0.20	0.20

根据东南大学的研究成果及欧洲规范 EN 1993-1-2 的相关规定，高温下不锈钢抗拉强度折减系数 $\chi_{u,T}$ 可按表 21 确定。

表 21 高温下不锈钢抗拉折减系数

温度(°C)	奥氏体			双相	铁素体
	S30408/S30403	S31608/S31603	S35657	S22053/S22253/ S20013	S11348
100	0.87	0.93	0.83	0.93	0.94
200	0.7	0.87	0.78	0.85	0.88
300	0.73	0.84	0.77	0.83	0.86
400	0.72	0.83	0.75	0.82	0.83
500	0.67	0.79	0.67	0.71	0.81
600	0.58	0.72	0.58	0.57	0.42
700	0.43	0.55	0.42	0.38	0.21
800	0.27	0.34	0.23	0.29	0.12
900	0.15	0.18	0.11	0.12	0.11
1000	0.07	0.11	0.05	0.04	0.09

9.2.7 本条参考国家现行标准《钢结构设计标准》GB 50017 和《建筑钢结构防火技术规范》GB51249 的规定。有效的隔热降温措施包括：加隔热层、热辐射屏蔽或水套等。

10 制作和安装

10.1 一般规定

10.1.1 不锈钢结构施工详图作为制作、安装和质量验收的主要技术文件，其设计工作主要包括节点构造设计和施工详图绘制两项内容。节点构造设计是以便于不锈钢结构加工制作和安装为原则，对节点构造进行完善，根据结构设计提供的内力进行焊接或螺栓连接节点设计，以确定连接板规格、焊缝尺寸和螺栓数量等内容；施工详图绘制主要包括图纸目录、施工详图设计总说明、构件布置图、构件详图和安装节点详图等内容。不锈钢结构施工详图的深度可参考国家建筑标准设计图集《钢结构设计制图深度和表示方法》03G102 的相关规定，施工详图总说明是不锈钢结构加工制作和现场安装需强调的技术条件和对施工安装的相关要求；构件布置图为构件在结构布置图的编号，包括构件编号原则、构件编号和构件表；构件详图为构件及零部件的大样图以及材料表；安装节点主要表明构件与外部构件的连接形式、连接方法、控制尺寸和有关标高等。

不锈钢结构施工详图设计除符合结构设计施工图外，还要满足其他相关技术文件的要求，主要包括不锈钢结构制作和安装工艺技术要求以及钢筋混凝土工程、幕墙工程、机电工程等与钢结构施工交叉施工的技术要求。

不锈钢结构施工详图需经原设计单位确认，其目的是验证施工详图与结构设计施工图的符合性。当不锈钢结构工程项目较大时，施工详图数量相对较多，为保证施工工期，施工详图可分批提交设计单位确认。若项目中不锈钢结构工程量小且原设计图可以直接进行施工时，可以不进行施工详图设计。

10.1.7 不锈钢结构制作和安装质量验收所使用的计量器具必须是根据计量法规定定期计量检验合格，且保证在检定有效期内使用。

不同计量器具有不同的使用要求，同一计量器具在不同使用状况下，测量精度不同，因此，本规程要求严格按有关规定正确操作计量器具。

10.2 制作

10.2.2 不锈钢在加工制作、处理、储藏、运输和安装的所有阶段，应避免构件表面受到碳钢的污染。碳钢的吸附会引起表面锈蚀和染色。一般可采取的措施包括：使用有保证的加工场地、使用不锈钢专用工具和使用不锈钢钢丝刷或毛刷。应避免使用碳钢起重滑车，例如链条、钩子和条板。使用隔离材料或使用虹吸碗可防止铁的吸附。起重叉车的叉子也应进行保护。

10.2.3 不锈钢可以进行切断、成型和焊接。很多加工和连接工艺与碳钢的工艺相类似，最主要区别在于如何保持钢的耐腐蚀性能。在所有阶段包括储藏、处理、成型和焊接，对表面（即氧化膜）的机械损伤和其他的损伤降至最小，保持良好的表面外观。

不锈钢可用标准的机械切割方法进行切割，包括剪切和锯切。由于不锈钢加工硬化的缘故，切割机的动力要求要比切割同样厚度碳钢大。热切割机（如等离子电弧）也可使用，特别是切割厚板和型材。在材料厚度允许时，激光切割是一种很有用的技术。水切割也可用于不锈钢。这些低热量输入或零热量输入切割方法，可有效降低或消除切割复杂形状过程中产生弯曲。不应使用火焰切割法切割不锈钢。

10.2.4 制孔时，必须保持强力切削，以避免加工硬化。加工时应选择锋利的钻头和正确的倾角和切削速度。圆头冲床加工会导致孔边不锈钢硬化，因此不推荐使用。

10.3 焊接和紧固连接

10.3.3 不锈钢具有较高的热膨胀系数和较低的导热系数，所以焊接变形控制比较困难，特别是奥氏体不锈钢。

下列措施有助于控制焊接变形：尽量减小焊接范围；尽量减少焊缝的溶敷金属量（例如，开双 V 字形坡口优于单 V 字形坡口）；采用对称连接；设计调节尺寸公差；使用有效率的紧固夹具；采用均匀排列的密集定位焊接；确保有良好的设备和校准；采用最低的热量输入与所选择的焊接工艺相匹配；使用匀称的焊接方法和适当的焊接顺序。

10.3.5 为提高不锈钢与碳钢或低合金钢焊接焊缝的耐久性，焊缝周围应进行防腐涂装。《Design Guide 27 - Structural Stainless Steel》规定对于碳钢和不锈钢的焊接接头，将碳钢的漆料延伸到不锈钢侧 50 mm。EN1993-1-4 中为确保不锈钢与碳钢焊接焊缝的耐久性，延伸长度规定至少 75 mm。本规程推荐焊接完成后，除对碳钢侧进行防腐涂装外，对焊缝周边 75 mm 范围内的不锈钢构件进行防腐涂装。

10.3.8 不锈钢高强度螺栓和环槽铆钉连接的摩擦面抗滑移系数的处理方法，除本规程第 6 章推荐的方法外，还可以采用其他表面粗化处理办法包括：电弧喷涂法 (AS)、粉末火焰喷涂法 (FS-powder)、超音速喷涂法 (HVOF)、丝材火焰喷涂法 (FS-wire)、等离子喷涂(PS)和冷喷涂 (CS)等。企业可根据自身的条件选择表面处理方式。不论选用哪种处理方法，其抗滑移系数最小值应达到设计文件的规定。

10.3.9~10.3.10 条文参考《环槽铆钉连接副 技术条件》GB/T 36993 和《钢结构高强度环槽铆钉连接技术规程》T/CECS 1552。

10.3.11 不锈钢高强度螺栓在预紧力施加的过程中由于表面氧化层的脱落，易发生“咬死”现象，致使预紧力达不到设计值影响使用。建议在螺杆的螺纹处、螺母与垫圈接触面、垫圈与不锈钢板接触面涂抹 MoS₂ 基润滑剂，减小拧紧时的摩擦力，防止“咬死”现象发生，降低扭矩系数使其满足《钢结构高强度螺栓连接技术规程》JGJ 82 中规定的扭矩系数的要求。

10.4 压型板

本节内容来自于《不锈钢结构施工质量验收标准》T/CECS 1537。

10.6 安装

10.6.2 本条是为了避免与碳钢接触的污染。不锈钢板材宜竖立叠放，水平叠放时易被踩踏，也会有铁污染和表面划伤的危险。

10.6.3 本条规定的安装顺序需考虑到平面运输、结构体系转换、测量校正、精度调整及系统构成等因素。安装阶段的结构稳定性对保证施工安全和安装精度非常重要，构件在安装就位后，应利用其他相邻结构或采用临时措施进行固定。临时支承结构或临时措施应能承受结构自重、施工荷载、风荷载、雪荷载、吊装产生的冲击荷载等荷载的作用，并不至于使结构产生永久变形。