

# 钢结构通用规范

(征求意见稿)

# 目次

<b>1 总则</b> .....	1
<b>2 基本规定</b> .....	2
<b>3 材料</b> .....	4
<b>4 构件及连接设计</b> .....	5
4.1 普通钢构件 .....	5
4.2 冷弯钢构件 .....	7
4.3 不锈钢构件 .....	8
4.4 钢结构连接 .....	9
4.5 疲劳 .....	10
4.6 构造要求 .....	11
<b>5 结构体系设计</b> .....	12
5.1 门式刚架轻型房屋钢结构 .....	12
5.2 多高层钢结构 .....	13
5.3 大跨度钢结构 .....	14
5.4 塔桅钢结构 .....	15
5.5 钢筒仓结构 .....	17
5.6 城市钢桥 .....	18
5.7 抗震、隔震与减震设计 .....	20
5.8 钢结构防护设计 .....	21
<b>6 施工及验收</b> .....	22
6.1 制作与安装 .....	22
6.2 焊接 .....	24
6.3 验收 .....	25
<b>7 维护与拆除</b> .....	27
7.1 维护 .....	27
7.2 拆除 .....	28
<b>附：起草说明</b> .....	30

# 1 总则

**1.0.1** 为在钢结构工程建设中保障人身健康和生命财产安全、生态环境安全，满足经济社会管理基本需要，依据有关法律、法规，制定本规范。

**1.0.2** 建筑工程、市政工程与一般构筑物中钢结构的设计、施工、验收、维护及拆除等，必须遵守本规范。

**1.0.3** 本规范是对钢结构工程技术和管理的的基本要求。当工程中采用的材料、设计方法、技术措施、施工质量控制与检验验收方法等与本规范的规定不一致，但经合规性评估符合本规范第2章的规定时，应允许使用。

**1.0.4** 钢结构工程除应符合本规范外，尚应遵循国家现行有关规范的规定。

## 2 基本规定

**2.0.1** 钢结构设计时，应根据结构破坏可能产生后果的严重性，采用不同的安全等级。钢结构安全等级划分及结构重要性系数取值应符合《工程结构通用规范》的规定。

**2.0.2** 钢结构设计工作年限应根据使用功能、建造成本、使用维护成本和环境影响等因素确定，并应符合《工程结构通用规范》的规定。

**2.0.3** 在设计工作年限内，钢结构应满足下列功能规定：

- 1 能承受在正常施工和使用期间可能出现的、设计荷载范围内的各种作用。
- 2 保持正常的使用性能。
- 3 在正常使用和正常维护条件下具有能达到设计使用年限的耐久性能。
- 4 当发生火灾时，在规定的时间内保持设计要求的承载力。
- 5 当发生爆炸、撞击、人为错误等偶然事件时，结构能保持必需的整体稳固性，不出现与起因不相称的破坏后果。

**2.0.4** 钢结构及构件在设计工作年限内应符合下列规定：

- 1 未经技术鉴定或设计许可，不应改变设计文件规定的功能和使用条件。
- 2 对可能影响主体结构安全性和耐久性可能造成公众安全风险的事项，建立定期检测、维护制度。
- 3 按设计规定必须更换的构件、节点、支座、部件等应及时更换。
- 4 构件表面的防火、防腐防护层，应按设计规定和维护规定等进行维护或更换。
- 5 结构及构件、节点、支座等出现超过设计规定的变形和耐久性缺陷时，应及时处理。
- 6 遇地震、火灾等灾害时，灾后应对结构进行鉴定评估，并按评估意见处理后方可继续使用。

**2.0.5** 钢结构的作用及作用组合，应按工程实际情况确定，并应符合《工程结构通用规范》的规定。

**2.0.6** 钢结构进行抗震设计时，地震作用及作用组合应符合《建筑与市政工程抗震通用规范》的规定。

**2.0.7** 钢结构工程在建造过程中应符合下列规定：

- 1 钢结构制作详图应依据钢结构设计施工图及其它相关技术文件完成，经设计单位审核确认。
- 2 施工组织设计应考虑钢结构施工的详图设计、制作方法、交叉作业、场地布置、吊装方法、安全措施等因素。
- 3 当施工方法对结构的内力和变形有较大影响，或设计文件有特殊要求时，应进行施工方法对主体结构影响的分析，并对施工阶段结构的强度、稳定性和刚度进行验算。
- 4 钢结构工程施工单位和监理单位、检测单位、监督机构等应统一计量标准。

**2.0.8** 全截面受压或部分截面受压的截面板件应根据板件宽厚比对板件分类；当组成截面各板件分类不一致时，截面分类应按板件的最高分类级别确定；截面和构件抗力计算应根据构件板件和截面分类确定。

**2.0.9** 建筑钢结构有抗震设防要求时，应保证结构两个主轴方向的抗侧力构件均具有必要的抗震承载力和良好的变形与耗能能力。

**2.0.10** 建筑钢结构支承动力设备以及精密仪器时，结构设计除应满足承载力、变形及抗震性能要求外，结构水平振动以及楼盖竖向振动应满足设备和仪器对振动位移、速度、加速度控制要求以及结构疲劳验算要求。

## 3 材料

**3.0.1** 钢结构工程所选用钢材的牌号、技术条件、性能指标均应符合现行国家标准的规定。在钢结构设计文件和材料订货文件中，应注明所采用钢材与连接材料的牌号或型号、强度或质量等级以及所依据的标准，并应注明所要求的钢材化学成份与力学性能的保证项目和性能指标。

**3.0.2** 钢结构工程用钢材应遵循技术可靠、经济合理的原则，综合考虑结构的重要性、结构形式与应力状态、连接方法、钢材厚度、荷载特征与工作环境以及价格等因素，优化选用合适的钢材牌号和性能要求。

**3.0.3** 钢结构承重构件所用的钢材应具有屈服强度、断后伸长率、抗拉强度和硫、磷含量的合格保证；对焊接结构尚应具有碳或碳当量的合格保证。铸钢件和要求抗层状撕裂（Z 向）性能的钢材尚应具有断面收缩率的合格保证。焊接承重结构以及重要的非焊接承重结构所用的钢材，应具有弯曲试验的合格保证；对直接承受动力荷载或需验算疲劳的构件，其所用钢材尚应具有冲击韧性的合格保证。

**3.0.4** 按塑性设计的结构与进行弯矩调幅计算的构件，其所用钢材应具有明显的屈服台阶，且伸长率不应小于 20%；钢材实物的屈强比不应大于 0.85。

**3.0.5** 在 T 形、十字形和角形焊接连接节点中，当其板件厚度不小于 40mm 且沿板厚方向有较强撕裂作用时（含较高约束拉应力作用），该部位板件钢材应具有厚度方向抗层状撕裂性能（Z 向性能）的合格保证。

**3.0.6** 按极限状态设计方法进行结构强度与稳定计算时，钢材强度应取钢材的强度设计值，此值应以钢材的屈服强度标准值除以钢材的抗力分项系数求得。

**3.0.7** 钢结构施工单位应对工程用钢材与连接材料规范管理。钢材与连接材料应按设计文件的选材要求订货。

## 4 构件及连接设计

### 4.1 普通钢构件

**4.1.1** 轴心受力构件的截面强度计算应符合下列规定：

1 轴心受拉和轴心受压构件，毛截面的应力设计值应小于钢材强度设计值，净截面的平均应力应小于钢材抗拉强度最小值的 0.7 倍。

2 高强度螺栓摩擦型连接的构件，计算螺栓孔截面的拉力时应考虑孔前传力影响；当构件沿全长均排列较密螺栓时，净截面应力设计值应小于钢材强度设计值。

3 当轴心受力构件的组成板件在节点或拼接处并非全部直接传力时，应考虑节点及其附近区段的剪切滞后效应对截面承载力的影响。

4 受压构件有可能发生局部屈曲时，应考虑局部屈曲对截面承载力的影响。

**4.1.2** 轴心受压构件的稳定性计算应符合下列规定：

1 轴心受压构件应进行稳定性计算；稳定承载力设计值，取毛截面强度设计值乘以稳定系数；稳定性验算应按截面两个主轴方向分别进行。

2 截面形心与剪切中心重合的构件，应验算弯曲屈曲承载力；对抗扭刚度较弱的构件，尚应验算扭转屈曲承载力；对截面形心与剪切中心不重合的构件，应验算弯扭屈曲承载力。

3 稳定系数应考虑残余应力、初始弯曲和轴压力相对于构件形心偏心的影响。

4 独立的压杆，应考虑两端边界条件对稳定承载力的影响；桁架体系中的压杆，可以考虑相邻构件的约束作用。

5 压杆有可能发生局部屈曲时，应考虑局部屈曲对整体屈曲的影响。

6 格构式轴心受压构件的稳定性计算，尚应考虑缀板或缀条体系变形对构件稳定性的影响；缀板或缀条体系应能承受弯曲屈曲产生的剪力，缀条不应在整体屈曲前发生屈曲；被缀板或缀条分段的柱肢的稳定承载力不应小于构件整体稳定承载力。

**4.1.3** 实腹式轴心受压构件的局部稳定和屈曲后强度应符合下列规定：

1 当不允许板件局部屈曲时，实腹式轴心受压构件中的三边和四边支承板件以及圆管管壁的局部屈曲不应先于构件的整体失稳。

2 当允许板件局部屈曲时，如四边支承板件的局部屈曲先于整体失稳，应采用有效截面考虑局部屈曲对截面强度和整体失稳承载力的影响；三边支承板件，允许其屈曲，但不应利用屈曲后强度。

3 局部屈曲的承载力计算，应考虑残余应力和板件初始弯曲的影响，应考虑整体变形产生的截面应力的变化。

**4.1.4** 受弯构件截面的弯曲、剪切设计内力不应大于相应的承载力。

**4.1.5** 对侧向弯扭未受约束的受弯构件，应验算其侧向弯扭失稳承载力；在构件约束端及内支座处应采取措施保证截面不发生扭转。

**4.1.6** 受弯构件不利用板件屈曲后强度时，应保证设计荷载下板件不发生局部屈曲。

**4.1.7** 受弯构件的挠度应满足正常使用极限状态要求。

**4.1.8** 拉弯、压弯构件应校验轴力和弯矩共同作用下的截面强度，验算时截面几何特性应按净截面面积和净截面模量计算。

**4.1.9** 拉弯构件当拉力很小而弯矩相对很大时，应防止发生整体失稳。压弯构件必须保证在压力和弯矩共同作用下的整体稳定性。当压弯构件处于下列情况之一时尚应符合下列规定：

1 单轴对称截面压弯构件，当弯矩作用在对称轴平面内且使较大翼缘受压时，应补充验算较小翼缘拉应力是否超限。

2 弯矩绕虚轴作用的格构式压弯构件，除应计算整个构件强度和稳定性外，应计算单肢的强度和稳定性。用于计算缀材内力的剪力，应考虑构件初始几何缺陷的存在，且不应小于构件的实际剪力。

3 弯矩作用在两个主平面内的压弯构件，稳定性验算应同时考虑两个方向的弯矩作用。

**4.1.10** 实腹式压弯构件要求不出现局部失稳时，其腹板高厚比和翼缘宽厚比应满足板件不能发生屈曲的分级要求。

## 4.2 冷弯钢构件

**4.2.1** 除压型钢板外，冷弯钢构件的壁厚不宜小于 1.5mm，主要承重结构构件的壁厚不宜小于 2mm。对采用预涂镀冷轧板的龙骨体系，主要承重构件的壁厚不宜小于 0.75mm。

**4.2.2** 构件受压部分的壁厚应符合下列规定：

- 1 构件中受压板件的最大宽厚比应符合表 4.2.2 的规定。

**表 4.2.2 受压板件的宽厚比限值**

板件类型	宽厚比限值
非加劲板件	45
部分加劲板件	60
加劲板件	250

2 圆管截面构件的外径与壁厚之比，对于 Q235 钢，不应大于 100；对于 Q345 钢，不应大于 68；对于 Q390 钢，不应大于 60；对于 Q460 钢，不应大于 51。

**4.2.3** 轴心受拉构件和以受拉为主的拉弯构件应进行强度和刚度验算。

**4.2.4** 轴心受压构件、受弯构件、压弯构件和以受弯为主的拉弯构件，应进行强度、稳定性和刚度验算。

**4.2.5** 构件中受压板件的有效宽厚比应进行验算。

**4.2.6** 设计刚架、屋架、檩条和墙梁时，应对构件的强度、稳定性和刚度进行验算，且应考虑由于风吸力作用引起构件内力变化的不利影响。

**4.2.7** 构件的受拉强度应按净截面验算；受压强度应按有效净截面验算；构件的刚度和稳定性应按毛截面验算。

**4.2.8** 计算全截面有效的受拉、受压或受弯的冷弯型钢构件的强度，可采用考虑冷弯效应的强度设计值。经退火、焊接和热镀锌等热处理的冷弯型钢构件不得采用考虑冷弯效应的强度设计值。

### 4.3 不锈钢构件

4.3.1 不锈钢结构材料应根据结构的安全等级、设计工作年限、工作环境、耐腐蚀要求、表面要求等因素选取。

4.3.2 不锈钢结构承重构件壁厚不应小于 1.5mm。

4.3.3 不锈钢构件截面中受压板件宽厚比或径厚比应符合表 4.3.3 的规定。

表 4.3.3 受压板件的宽厚比和径厚比限值

板件类型	不锈钢号	S30403	S30408	S22053
		S31603	S31608	S22253
非加劲板件		50	45	30
部分加劲板件		70	60	40
加劲板件		280	260	180
圆管		100	90	50

4.3.4 不锈钢构件的设计应符合下列规定：

1 不锈钢构件的受拉强度应按净截面计算，受压强度应按有效净截面计算；构件的稳定性应按有效截面计算，稳定系数可按毛截面计算。

2 不锈钢轴心受拉构件和拉弯构件应进行强度和刚度验算。

3 不锈钢轴心受压构件、受弯构件和压弯构件应进行强度、稳定性和刚度验算。

4 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受弯构件，应验算腹板的局部稳定性。

4.3.5 不锈钢构件采用紧固件与碳素钢及低合金钢构件连接时，应采用非金属隔离材料隔离，避免电化学腐蚀。不锈钢构件不应与碳素钢及低合金钢构件进行焊接。

## 4.4 钢结构连接

**4.4.1** 连接和连接件的计算模型应与连接的实际受力性能相符合，按承载力极限状态和正常使用极限状态分别计算和设计单个连接件。

**4.4.2** 对于普通螺栓连接、铆钉连接、高强度螺栓连接，应计算螺栓（铆钉）受剪、受拉、拉剪联合承载力，以及连接板的承压承载力，并考虑螺栓孔削弱和连接板撬力对连接承载力的影响。当连接处螺栓数量较多排列较长时，计算螺栓抗剪承载力时应考虑各螺栓受力不均匀的影响。采用填板的螺栓连接，应对其抗剪承载力进行折减。

**4.4.3** 螺栓孔直径应与螺栓类型和直径相匹配，螺栓孔可采用标准型孔、扩大型孔、槽型孔；普通螺栓连接和承压型高强螺栓连接不应采用扩大型孔；采用槽型孔的螺栓连接，开槽方向不能与连接受力方向平行。节点连接或拼接接头的一侧，螺栓数量不少于 2 个。同一接头中，有预拉力高强度螺栓不应与普通螺栓混用，承压型螺栓连接不应与焊缝并用。

**4.4.4** 螺栓孔加工精度、高强度螺栓施加的预拉力、高强度螺栓摩擦型连接的连接板摩擦面处理工艺应保证螺栓连接的可靠性；已施加过预拉力的高强度螺栓不应作为受力螺栓循环使用。

**4.4.5** 计算角焊缝、全焊透对接焊缝、部分焊透对接焊缝强度时应计算焊缝的抗拉、抗压和抗剪强度；计算角焊缝强度时，应采用焊缝的计算厚度和计算长度，对于长焊缝尚应对计算长度进行折减；塞焊缝和槽焊缝只能用于承受剪力，焊缝尺寸应根据贴合面上的剪力进行计算。

**4.4.6** 焊接材料应与被焊接母材相匹配。焊缝应采用减少垂直于厚度方向的焊接收缩应力的坡口形式与构造措施，应保证受力角焊缝焊脚尺寸不小于 5mm，角焊缝计算长度不小于焊脚尺寸的 8 倍，且不小于 40mm；不同厚度或宽度钢板对接焊缝拼接时，其过渡段变化率不应大于 1:2.5。

**4.4.7** 钢结构设计时，焊缝质量等级应根据钢结构的重要性、荷载特性、焊缝形式、工作环境以及应力状态等确定。

**4.4.8** 钢结构承受动荷载且需疲劳验算时，严禁使用塞焊、槽焊、电渣焊和气电立焊接头。

**4.4.9** 抗震结构框架柱与梁的刚性连接节点焊接时，应符合下列规定：

1 梁翼缘与柱翼缘间应采用全熔透坡口焊缝，抗震等级一、二级时，应检验焊缝的冲击韧性，其夏比冲击功在-20℃时不低于 27J。

2 梁腹板（连接板）与柱的连接焊缝，当板厚小于 16mm 时可采用双面角焊缝，焊缝的有效截面高度应符合受力要求，且不得小于 5mm，当板厚大于或等于 16mm 时应采用 K 形坡口焊缝。

**4.4.10** 框架结构的梁柱节点采用刚接或铰接时，应计算节点的承载力和变形以及板件的局部稳定性；在分析采用半刚性梁柱节点的框架时，应采用连接的弯矩-转角曲线。

## 4.5 疲劳

**4.5.1** 直接承受动力荷载重复作用的钢结构构件及其连接，当应力变化的循环次数  $n$  等于或大于  $5 \times 10^4$  次时，应进行疲劳计算。

**4.5.2** 下列条件下的结构构件及其连接的疲劳计算，应经过专门的试验确定。

- 1 构件表面温度高于  $150^{\circ}\text{C}$ 。
- 2 处于海水腐蚀环境。
- 3 焊后经热处理消除残余应力。
- 4 构件处于低周-高应变疲劳状态。

**4.5.3** 疲劳计算应采用容许应力幅法，应力按弹性状态计算，容许应力幅按构件和连接类别、应力循环次数以及计算部位的板件厚度确定。对非焊接的构件和连接，其应力循环中不出现拉应力的部位可不计算疲劳强度。

**4.5.4** 对于需计算疲劳的构件，其所用钢材应具有冲击韧性的合格保证。

**4.5.5** 在需要进行疲劳计算的构件中，焊缝质量等级应根据结构重要性、荷载特性、焊缝形式、工作环境以及应力状态等确定。

**4.5.6** 高强度螺栓承压型连接不得用于直接承受动力荷载重复作用且需要进行疲劳计算的构件连接。

**4.5.7** 高强度螺栓抗剪摩擦型连接可不进行疲劳验算，但连接处开孔主体金属应进行疲劳验算。

**4.5.8** 高强度螺栓摩擦型连接，当荷载和杠杆力引起螺栓杆轴方向拉力超过螺栓受拉承载力的 30% 时，应对受拉螺栓进行疲劳验算。

**4.5.9** 栓焊并用连接应按全部剪力由焊缝承担的原则，对焊缝进行疲劳验算。

## 4.6 构造要求

**4.6.1** 结构应根据几何形式、建造过程和受力状态，设置可靠的支撑系统。在建筑物每一个温度、防震区段或分期建设的区段中，应分别设置独立的支撑系统。对于大跨度平面结构，应根据结构稳定性以及抗震、抗风等性能要求，通过计算设置支撑系统。

**4.6.2** 钢构件应根据结构形式、抗震等级以及节间荷载等情况，控制其长细比、板件宽厚比，并根据需要设置加劲肋。

**4.6.3** 焊接结构设计中不得任意加大焊缝尺寸，避免焊缝密集交叉。对直接承受动力荷载的普通螺栓受拉连接应采用双螺帽或其他防止螺帽松动的有效措施。

**4.6.4** 由于建筑使用功能或其它因素，致使不能满足本规范的构造要求时，可以根据结构或构件受力性能要求，通过计算分析调整构造措施。对于新型结构、构件、连接节点应通过计算分析保证构造措施满足安全要求。

## 5 结构体系设计

### 5.1 门式刚架轻型房屋钢结构

**5.1.1** 门式刚架轻型房屋钢结构的跨度、高度、间距、屋面坡度等应合理确定，并应合理设置纵向和横向温度区段，合理确定梁、柱的截面形式、尺寸及连接方式；当构件间采用高强螺栓端板连接时，连接节点设计应包括连接螺栓设计、端板厚度确定以及节点域剪应力、连接处腹板强度与节点刚度的验算。

**5.1.2** 门式刚架轻型房屋纵向应设置明确、可靠的传力体系。在每个温度区段或分期建设区段，应设置合理的支撑系统，保证每个区段形成独立的稳定体系。

**5.1.3** 门式刚架可按平面结构分析内力；门式刚架应按弹性分析方法计算，当采用二阶弹性分析时，应施加假想水平荷载。

**5.1.4** 门式刚架应对构件进行强度验算和平面内、平面外的稳定性验算；利用板件屈曲后强度时应按有效宽度计算截面特性；梁在与中柱连接处、较大集中荷载作用处和翼缘转折处应设置腹板横向加劲肋，并应进行加劲肋验算。

**5.1.5** 屋面檩条应进行强度、稳定性计算；檩条与刚架或拉条应合理连接；檩条兼做屋面横向水平支撑压杆和纵向系杆时，应按压弯构件计算。

**5.1.6** 当实腹式门式刚架的梁、柱翼缘受压时，应在受压翼缘侧布置隅撑与檩条或墙梁相连接。隅撑应按轴心受压构件计算。

**5.1.7** 门式刚架轻型房屋钢结构在安装过程中，应根据设计和施工要求，采取保证结构整体稳定性的措施。

## 5.2 多层和高层钢结构

**5.2.1** 多层和高层钢结构应进行合理的结构布置，应具有明确的计算简图和合理的地震作用传递途径；结构构件和体系应具有良好的变形能力和消耗地震能量的能力；对可能出现的薄弱部位，应采取有效的加强措施。

**5.2.2** 结构计算应符合下列规定：

1 在竖向荷载、风荷载以及多遇地震作用下，结构的内力和变形可采用弹性方法计算；罕遇地震作用下，结构的弹塑性变形可采用弹塑性时程分析法或静力弹塑性分析法计算。

2 设计时应采取措施保证楼盖平面内的整体刚度；当楼盖可能产生明显的面内变形时，应考虑其影响。弹性计算时，可计入钢筋混凝土楼板对钢梁刚度的增大作用。

3 当采用弹性分析时应考虑构件的下列变形：梁的弯曲和剪切变形，必要时考虑轴向变形和扭转变形；柱的弯曲、轴向、剪切和扭转变形；支撑的轴向变形，必要时考虑弯曲变形；剪力墙板和延性墙板的剪切变形；剪力墙板有能力抵抗竖向荷载和弯矩时应同时考虑竖向刚度；消能梁段应考虑剪切、弯曲和轴向变形；必要时应考虑节点域剪切变形的影响。

4 当计算模型中有混凝土部分时，应考虑混凝土开裂、收缩或徐变及处于较高应力状态呈现的非线性应力应变关系可能带来的刚度变化和内力重分布的影响。

**5.2.3** 二阶效应系数、整体稳定和框架柱稳定计算应符合下列规定：

1 二阶效应计算中，重力荷载应取设计值。

2 高层钢结构的二阶效应系数不应大于 0.2，多层钢结构不应大于 0.25。

3 一阶分析时，框架结构按照有侧移屈曲的模式确定框架柱的计算长度系数。

4 二阶分析时应考虑假想水平荷载；假想水平荷载取重力荷载设计值的 0.004 倍，随层数增加可采用  $\sqrt{0.5+0.5/n_s}$  折减， $n_s$  是层数；此时设计框架柱时计算长度系数取 1.0。

5 假想水平荷载的方向与风或地震作用的方向一致，假想水平荷载的荷载系数和组合系数都取 1.0。地震作用参与组合的工况，组合系数为 0.5。

**5.2.4** 高层钢结构抗震设计应符合下列规定：

1 抗震等级要求，应符合《建筑与市政工程抗震通用规范》的规定。

2 对结构中各构件和节点部位产生塑性变形的先后次序应进行控制，并采用能力设计法进行补充验算。

3 钢框架柱和支撑构件的长细比，梁、柱和支撑的板件宽厚比限值，应与不同构件的抗震性能目标相适应。

**5.2.5** 高层钢结构加强层及上、下各一层的竖向构件和连接部位的抗震构造措施，应按规定的结构抗震等级提高一级采用。加强层的竖向构件及连接部位，尚应根据计算结果设计其抗震加强措施。

## 5.3 大跨度钢结构

**5.3.1** 大跨度钢结构计算时,应根据下部支承结构形式及支座节点的构造确定合理的边界约束条件;对于体型复杂、跨度较大的结构,应采用包含下部支承结构的整体模型计算。

**5.3.2** 在雪荷载较大的地区,大跨度钢结构设计时应考虑雪荷载不均匀分布产生的不利影响,当体型复杂、跨度较大且无可靠依据时,应通过风雪试验或专门研究确定设计用雪荷载。

**5.3.3** 对拱结构、单层网壳、跨厚比较大的双层网壳以及其它以受压为主的空间网格结构,应进行非线性整体稳定分析。结构稳定承载力应通过弹性或弹塑性全过程分析确定,并应在分析中考虑初始缺陷的影响。**5.3.5** 直接承受工作级别为 A3 及以上悬挂吊车荷载的网架、双层网壳、立体桁架结构,当应力变化的循环次数大于或等于  $5 \times 10^4$  次时,应进行疲劳计算。单层网壳结构不应设置悬挂吊车。

**5.3.6** 对人流密集的、对振动敏感的钢结构楼盖,应进行舒适度验算,满足相应的使用功能要求。

**5.3.7** 索膜结构或预应力钢结构应分别进行初始预张力状态分析和荷载状态分析,计算中应考虑几何非线性影响。在永久荷载控制的荷载组合作用下,结构中的索和膜均不得出现松弛;在可变荷载控制的荷载组合作用下,结构不得因局部索或膜的松弛而导致结构失效或影响结构正常使用功能。

**5.3.8** 对于大型复杂钢结构,应进行施工成形过程验算,并应进行施工过程监测;索膜结构或预应力钢结构施工张拉时应遵循分级、对称、匀速、同步的原则。

## 5.4 塔桅钢结构

5.4.1 塔桅钢结构正常使用极限状态的控制条件应符合下列规定：

1 对于微波塔、电视塔等装有方向性较强设备的塔桅钢结构，或石油化工塔等装有工艺要求较严格设备的塔桅钢结构，在不均匀日照温度或风荷载标准值作用下，设备所在位置塔身的角位移应满足工艺要求。

2 在风荷载的动力作用下，设有游览设施或有人员在塔楼值班的塔桅钢结构，塔楼处振动加速度幅值不应大于  $0.2\text{m/s}^2$ 。

3 塔桅钢结构的基础沉降允许值应符合表 5.4.1-1 规定。

表 5.4.1-1 塔桅钢结构的基础沉降允许值

结构类型		沉降量允许值 (mm)	倾斜 $\tan\theta$ 允许值	
电视塔、 通信塔等	$H \leq 20$	400	0.008	
	$20 < H \leq 50$		0.006	
	$50 < H \leq 100$		0.005	
	$100 < H \leq 150$	300	0.004	
	$150 < H \leq 200$		0.003	
	$200 < H \leq 250$	200	0.002	
	$250 < H \leq 300$		0.0015	
	$300 < H \leq 400$	150	0.0010	
石油化工塔	一般石油化工塔		0.004	
	分馏类 石油 化工塔	$d_0 \leq 3.2$	200	0.004
		$d_0 > 3.2$		0.0025
风力发电塔		100	0.004	

注：  $H$  为塔桅钢结构的总高度 (m)；  $d_0$  为石油化工塔的内径 (m)。

$$\text{基础倾斜 } \tan\theta = \frac{s_1 - s_2}{b(\text{或}d)}$$

式中  $s_1$  和  $s_2$  为基础倾斜方向两端边缘的最终沉降量，  $b$  为矩形基础底板沿倾斜方向的边长，  $d$  为圆板（环）形基础底板的外径。

4 塔桅钢结构在以风为主的荷载标准组合及以地震作用为主的荷载标准组合作用下，水

平位移角应符合表 5.4.1-2 规定。

**表 5.4.1-2 塔桅钢结构水平位移角限值**

结构类型	以风或多遇地震为主的荷载标准组合作用下			以罕遇地震作用为主的荷载标准组合作用下	
	按线性分析		按非线性分析		
自立式塔	$\Delta u/H$	1/75	1/50	$\Delta v/h$	1/50
桅杆	$\Delta u/H$	—	1/75	$\Delta v/h$	1/50
	$\Delta u'/h$	—	1/50		

注：  $\Delta u$  为水平位移, 与分母代表的高度对应；  $\Delta v$  为由剪切变形引起的水平位移, 与分母代表的高度对应；  $\Delta u'$  为纤绳层间水平位移差, 与分母代表的高度对应；  $H$  为总高度；  $h$  对于桅杆为纤绳之间距, 对于自立式塔为层高。

**5.4.2** 塔桅钢结构计算所采用的基本风压不得小于  $0.35\text{kN/m}^2$ 。对于处于地形条件复杂区域或几何形状复杂的塔桅钢结构, 抗风设计参数应通过风洞试验或数值模拟确定。

**5.4.3** 设计覆冰区的电视塔、无线电塔桅和输电塔等类似结构时, 应考虑结构构件、架空线、拉绳表面覆冰后引起的荷载及挡风面积增大的影响和不均匀脱冰时产生的不利影响; 对输电塔还应考虑覆冰引起断线对塔架的作用力。

**5.4.4** 塔桅钢结构应作长效防腐蚀处理。

**5.4.5** 单管塔除应进行强度和稳定验算外, 尚应进行局部稳定验算。

## 5.5 钢筒仓结构

**5.5.1** 钢筒仓仓底结构的选型应符合下列规定：

- 1 荷载传递明确，结构受力合理。
- 2 造型简单，施工方便。
- 3 相关专业要求。

**5.5.2** 独立布置的钢筒仓应设置沉降观测点，钢筒仓与毗邻的建（构）筑物之间或群仓地基土的压缩性有显著差异时，应采取减小不均匀沉降的措施。

**5.5.3** 钢筒仓荷载应包括下列四类：

- 1 永久荷载：结构自重，其他构件及固定设备重。
- 2 可变荷载：贮料荷载、楼面活荷载、屋面活荷载、雪荷载、风荷载、可移动设备荷载、固定设备中的活荷载及设备安装荷载、积灰荷载、钢筒仓外部地面的堆料荷载及管道输送产生的正负压力。
- 3 温度作用。
- 4 地震作用。

**5.5.4** 计算贮料荷载时，应按对结构产生最不利作用的贮料品种参数计算贮料重力流动压力，包括作用于仓壁上的水平压力、作用于仓底或漏斗顶面处的竖向压力和作用于仓壁上的总竖向摩擦力。计算贮料对波纹钢板仓壁的摩擦作用时，应取贮料的内摩擦角。

**5.5.5** 仓壁设计应计算地震作用下贮料对仓壁的局部压力，计算该局部压力时阻尼比应取 0.10。

**5.5.6** 抗震设防烈度为 8 度和 9 度时，仓下漏斗与仓壁的连接应进行竖向地震作用计算，竖向地震作用系数可分别采用 0.1 和 0.2。

**5.5.7** 钢筒仓应进行下列承载能力极限状态计算：

- 1 结构构件及连接强度、稳定性计算。
- 2 钢筒仓整体抗倾覆计算、稳定计算。
- 3 钢筒仓与基础的锚固计算。

**5.5.8** 钢筒仓设计文件应说明对首次装卸料、沉降观测及标志设置等方面的技术要求。

## 5.6 城市钢桥

**5.6.1** 钢结构桥梁设计应选择合理的结构形式；应对构件在制造、运输、安装和使用过程中的强度、刚度、稳定性和耐久性，及使用期内的养护、管理等提出要求；构造与连接应便于制作、安装、检查和维护。

**5.6.2** 钢结构桥梁抗震设防分类应根据其在城市路网中位置重要性、结构形式确定，并进行结构抗震分析和构造设计。对技术特别复杂的特大桥梁的地震动参数，应按地震安全性评价确定。当桥梁采用减震或隔震支座设计时，减震或隔震支座应具有足够的刚度和屈服强度，相邻上部结构之间应设置足够的间隙。

**5.6.3** 上部结构采用整体式截面的梁式桥，在荷载组合下结构支承体系不应发生改变，单向受压支座应始终处于受压状态。当整桥仅采用单向受压支座支承时，应进行整体抗倾覆稳定计算。上部结构和下部结构之间应设置可靠的连接构造措施，确保钢结构桥梁具有足够的整体牢固性。

**5.6.4** 钢结构桥梁竖向挠度，应采用不计冲击力的汽车车道荷载计算的频遇值，频遇值系数为1.0。其挠度值不应超过表 5.6.4-1 规定的限值。轨道梁式桥梁和斜拉桥梁由列车竖向静活载引起的竖向挠度值不应超过表 5.6.4-2 规定的限值。人行天桥由人群静活载引起的竖向挠度值不应超过表 5.6.4-3 规定的限值。

**表 5.6.4-1 竖向挠度限值**

结构形式	简支或连续桁架	简支或连续板梁	悬臂端部	斜拉桥主梁	悬索桥加劲梁
限值	$l/500$	$l/500$	$l_1/300$	$l/400$	$l/250$

**表.5.4-2 轨道桥梁竖向挠度限值**

结构形式	梁式桥				斜拉桥主梁
	$l \leq 30$	$30 < l \leq 60$	$60 < l \leq 80$	$60 < l \leq 80$	
限值	$l/2000$	$l/1500$	$l/1200$	$l/1000$	$l/600$

**表 5.6.4-3 人行天桥竖向挠度限值**

结构形式	梁、板式结构	梁、板式结构悬臂端	桁架、拱	索结构
限值	$l/600$	$l_1/300$	$l/800$	$l/400$

注：1 表中  $l$  为计算跨径， $l_1$  为悬臂长度。

2 当荷载作用于一个跨径内可能引起该跨径正负挠度时，应为正负挠度绝对值之和。

**5.6.5** 承受汽车荷载的钢结构构件与连接，应按疲劳类别进行疲劳验算。

**5.6.6** 梁式钢结构人行天桥，竖向固有频率不得小于 3.0Hz，侧向固有频率不得小于 1.2Hz。当采用其他结构形式或不满足上述条件时，应对人致振动舒适度和竖向峰值加速度、侧向峰值加速度进行验算和评价，当不满足要求时应采取相应措施。

**5.6.7** 钢桥梁结构除应根据结构的设计工作年限及其对应的极限状态、环境类别及其作用等级等因素进行耐久性设计外，尚应符合下列规定：

- 1** 应根据结构不同环境条件，设置钢构件防腐的防护措施，防腐年限不应小于 15 年。
- 2** 对于容易受到腐蚀、机械磨损、疲劳影响和寿命达不到桥梁设计寿命的部件应可更换，且应提供在使用期内对部件检修和维修的通道。
- 3** 对于不能检测的部件，应设定与桥梁设计寿命相对应的容许腐蚀厚度值。

## 5.7 抗震、隔震与减震设计

**5.7.1** 钢结构的抗震设计应符合下列规定：

- 1 应具有明确的计算简图和合理的地震作用传递途径。
- 2 应保证连接节点不先于构件破坏。
- 3 应避免因部分结构或构件破坏而导致整个结构丧失抗震能力或对重力荷载的承载能力。
- 4 应具备必要的抗震承载力，良好的变形能力和塑性耗能能力。
- 5 对可能出现的薄弱部位，应采取措施提高其抗震能力。

**5.7.2** 在罕遇地震作用下发生塑性变形的构件或部位的钢材应符合下列规定：

- 1 钢材的屈服强度实测值与抗拉强度实测值的比值不应大于 0.85。
- 2 钢材伸长率不应小于 20%。
- 3 钢材应有良好的焊接性能和合格的冲击韧性。
- 4 钢材的超强系数不应大于 1.35。

**5.7.3** 钢结构构件的抗震承载力验算时，承载力抗震调整系数的取值应符合《建筑与市政工程抗震通用规范》的规定。

**5.7.4** 多遇地震作用下，多层和高层钢结构房屋的层间位移角不应大于 1/250；罕遇地震作用下，多层和高层钢结构房屋的层间位移角不应大于 1/50。

**5.7.5** 钢结构抗震构件塑性耗能区连接的极限承载力，应大于与其相连构件充分发生塑性变形时的承载力。

**5.7.6** 隔震与消能减震设计时，隔震装置与减震部件应符合下列规定：

- 1 隔震装置和消能减震部件的性能参数应经试验确定。
- 2 隔震装置和消能减震部件的设置部位，应采取便于检查和替换的措施。
- 3 设计文件上应注明对隔震装置和消能减震部件的性能要求，安装前应进行一定比例的抽检。

**5.7.7** 隔震设计应符合下列规定：

- 1 隔震层在罕遇地震下应保持稳定。
- 2 隔震层设置的部位应满足新建或加固结构受力合理、施工与维修方便的要求。
- 3 风荷载和其他非地震作用的水平荷载标准值产生的总水平力应小于隔震层水平屈服力。
- 4 上部结构的周边地面应设置隔震沟。
- 5 上部结构与下部结构之间，应设置完全贯通的水平隔离缝。

**5.7.8** 隔震支座应进行竖向承载力验算和罕遇地震下水平位移的验算。

**5.7.9** 消能减震部件在罕遇地震作用下，不应发生低周疲劳破坏及与之连接节点的破坏，且消能性能稳定。金属位移型消能部件不应在基本风压作用下屈服。

## 5.8 钢结构防护设计

**5.8.1** 钢结构防护设计应遵循安全适用、经济合理的原则；应按建筑全寿命周期的耐久性能目标，使其在正常维护条件下，满足相应的功能要求。

**5.8.2** 钢结构设计文件中应列入防护专项内容，包括钢结构及其构件防护的设计年限及防护等级、环境条件、基层处理、防护的配套体系、材料选用、施工技术要求及节能环保要求、维护要求。

**5.8.3** 大气腐蚀环境对钢结构长期作用下的腐蚀性，应分为强腐蚀、中等腐蚀、弱腐蚀、微腐蚀四个等级。同一形态的多种介质同时作用于同一部位时，腐蚀性等级应取最高者。钢结构应按环境介质腐蚀性等级采用长效防腐措施，强腐蚀环境不应直接采用钢结构。

**5.8.4** 钢结构防腐蚀设计应符合下列规定：

1 钢结构应根据环境腐蚀条件、防腐蚀设计年限、施工和维修条件等要求进行合理的防腐蚀设计。

2 防腐蚀设计应符合环保节能的要求。

3 应在构造上避免采用加速腐蚀的不良措施。

4 防腐蚀设计中应包含钢结构全寿命期内的检查、维护和大修。

**5.8.5** 钢结构构件的设计耐火极限应根据建筑的耐火等级和构件类别确定。柱间支撑的设计耐火极限应与柱相同，楼盖支撑的设计耐火极限应与梁相同，屋盖支撑和系杆的设计耐火极限应与屋顶承重构件相同。节点的耐火极限应与被连接构件中耐火极限要求最高者相同。

**5.8.6** 钢结构应允许按结构耐火承载力极限状态进行耐火验算与防火设计。钢结构构件的耐火极限经验算低于设计耐火极限时，应采取防火保护措施。

## 6 施工及验收

### 6.1 制作与安装

**6.1.1** 钢结构制作与安装单位应建立完善的技术标准体系和质量、安全、环境、职业健康管理体系；构件加工制作应采用机械化与自动化等工业化方式，并应采用信息化管理。

**6.1.2** 钢材在剪切、冲孔、冷热矫正、冷热弯曲、锤打等加工过程中，应严格控制钢材温度，成形后不得有过烧、褶皱、分层、裂纹等缺陷，其力学性能应符合本规范第3章的规定。钢材切割面不得有裂纹、夹渣和分层等缺陷。低合金结构钢加热后应自然冷却。

**6.1.3** 构件组装顺序应根据设计要求、构件形式、连接方式、焊接工艺等确定。构件的隐蔽部位应在验收合格后封闭。闭口截面构件应有防止截面内进水的构造措施，严禁构件截面内积水。构件组装顶紧接触面应有75%以上的面紧贴。

**6.1.4** 吊车梁和吊车桁架组装、焊接完成后不应下挠。吊车梁的下翼缘和重要受力构件的受拉面不得焊接工装夹具、临时定位板、临时连接板等。

**6.1.5** 高强度大六角头螺栓连接副和扭剪型高强度螺栓连接副出厂时应分别随箱带有扭矩系数和紧固轴力（预拉力）的检验报告，并附有出厂质量保证书。高强度螺栓连接副应按批配套进场并在同批内配套使用。

**6.1.6** 高强度螺栓连接处的钢板表面处理方法与除锈等级应符合设计文件要求。对摩擦型高强度螺栓连接摩擦面，经处理后连接摩擦面应分别进行抗滑移系数试验和复验，其结果应达到设计文件中关于抗滑移系数的指标要求。

**6.1.7** 构件出厂前应进行标识与包装，应确保构件在储存堆放及运输过程中不损坏、不变形。在储存堆放时应有防腐蚀和防污染等措施。对超长、超高、超宽、超重和形状特殊的大型构件应有专门的运输方案。

**6.1.8** 不锈钢构件在加工、存储和运输过程中应符合下列规定：

- 1 不锈钢构件的切割加工不应采用火焰切割。
- 2 对不锈钢构件原材料的变形、加工和焊接引起的变形需要矫正时，应采用机械矫正。
- 3 不锈钢构件在储存、运输及安装过程中应避免与腐蚀性化学物质接触。

**6.1.9** 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。

**6.1.10** 钢结构安装方法和顺序应根据结构特点、施工现场情况等确定，并形成稳固的空间刚度单元，必要时应设置临时支撑结构或采取临时措施。测量、校正时应考虑温度、日照和焊接变形等对结构变形的影响。

**6.1.11** 钢结构吊装作业必须在起重设备的额定起重量范围内进行。用于吊装的钢丝绳、吊装带、卸扣、吊钩等吊具应经检查合格，并应在其额定许用荷载范围内使用。

**6.1.12** 钢结构施工方案应包含专门的防护施工内容，或编制防护施工专项方案，明确现场防护施工的操作方法和环境保护措施。对首次采用的复合涂装作业，应进行涂装工艺试验与评定。（罗兴隆--170 采纳）

**6.1.13** 在防腐施工前，应对钢材或构件表面进行除锈处理，经处理的钢材或构件表面不应有焊渣、焊疤、灰尘、油污、水和毛刺等；对镀锌构件应采用酸洗除锈，处理后的表面应露出金属色泽，并应无污渍、锈迹和残留酸液。

**6.1.14** 防火涂料不应含岩棉，不用苯类溶剂，不腐蚀钢材，在施工干燥后应没有刺激性气味；并应与防腐涂层相容，保证防火涂层与防腐涂层有足够的粘结力和耐久性能。不得采用平时或高温烘烤时释放出有毒有害气体防腐或防火涂料。

**6.1.15** 防护施工应符合下列规定：

**1** 涂料、稀释剂等易燃、易爆和有毒材料应采取专门管理措施，并应存放在通风良好的专用库房内。

**2** 工厂内的防护施工应在相对封闭的空间内进行，保持施工所需要的温度、湿度等；产生的废料应分类回收并循环利用，减少排放物。

**3** 现场防护施工时应采取废料回收措施；有害气体、粉尘等不应超过规定的最高允许浓度。

**4** 在高空进行防护施工时，应采取确保安全施工和满足环境保护要求的措施。

**5** 防护施工应分层施工，应在上道涂层干燥或固化后，再进行下道涂层施工。各涂层之间的施工时间间隔应控制在最小及最大时间间隔之间。

**6** 对现场焊接部位或涂层损坏部位，应按涂装修补工艺进行涂装。

## 6.2 焊接

**6.2.1** 钢结构焊接材料应具有焊接材料厂出具的产品质量证明书或检验报告。

**6.2.2** 制作与安装单位首次采用的钢材、焊接材料、焊接方法、接头形式、焊接位置、焊后热处理制度以及焊接工艺参数、预热和后热措施等各种参数的组合条件，应在钢结构构件制作及安装施工之前按照规定程序进行焊接工艺评定，焊接施工过程应遵守评定合格的工艺。

**6.2.3** 当处于下列情况之一时严禁焊接作业：

1 焊件表面潮湿或暴露于雨、冰、雪中，静载结构焊接作业区的相对湿度大于 90%和疲劳荷载结构相对湿度大于 80%，或在焊接过程中有引发火灾、触电及触发易燃易爆物品等风险。

2 承受动荷载且需要进行疲劳验算的结构，当采用低合金钢时焊接环境温度低于 5℃或采用碳素结构钢时焊接环境温度低于 0℃。

3 承受静荷载的结构，当焊接环境温度低于-15℃且无相应温度下的低温焊接工艺评定试验。

**6.2.4** 焊接施工时，应按照隐蔽检验原则，在施工的不同阶段对影响结构安全的关键工序进行检验。

**6.2.5** 焊接质量检验宜分批进行。抽样检验时，除设计指定焊缝外应采用随机取样方式，且取样中应覆盖该批焊缝所有钢材类别、焊接位置和焊接方法。对于屈服强度超过 390MPa 或有特殊性能要求的材料，应单独组批检验。

**6.2.6** 全部焊缝应进行外观检查。要求全焊透的一级、二级焊缝应进行内部缺陷无损检测，一级焊缝探伤比例应为 100%，二级焊缝探伤比例应不低于 20%。

**6.2.7** 焊接质量抽样检验结果判定应符合以下规定：

1 除裂纹缺陷外，抽样检验的焊缝数不合格率小于 2%时，该批验收合格；抽样检验的焊缝数不合格率大于 5%时，该批验收不合格；抽样检验的焊缝数不合格率为 2%~5%时，应加倍抽检，且必须在原不合格部位两侧的焊缝延长线各增加一处，在所有抽检焊缝中不合格率不大于 3%时，该批验收合格，大于 3%时，该批验收不合格。

2 当检验有中 1 处裂纹缺陷时，应加倍抽查，在加倍抽检焊缝中未再检查出裂纹缺陷时，该批验收合格；检验发现多处裂纹缺陷或加倍抽查又发现裂纹缺陷时，该批验收不合格，应对该批余下焊缝的全数进行检查。

3 批量验收不合格时，应对该批余下的全部焊缝进行检验。

**6.2.8** 焊缝金属和母材的缺欠超过质量验收标准时，应进行返修，同一部位两次返修后仍不合格时，应重新制定返修方案。

## 6.3 验收

**6.3.1** 钢结构工程施工质量控制应符合下列规定：

- 1 各工序应按施工技术标准进行质量控制，每道工序完成后，应进行检查。
- 2 相关专业之间，应进行交接检验，并经监理工程师或建设单位技术负责人检查认可。

**6.3.2** 钢结构工程施工质量验收应在施工单位自检合格基础上，按照检验批、分项工程、分部（子分部）工程分别进行验收；钢结构分部（子分部）工程中分项工程和检验批应按规定进行划分，并经监理工程师或建设单位技术负责人确认。

**6.3.3** 分项工程检验批质量检验结果应符合下列规定：

- 1 主控项目必须符合规定质量要求。
- 2 一般项目其检验结果应有 80% 及以上的检查点（值）符合规定要求，且最大值或最小值不应超过其允许偏差值的 1.2 倍。

**6.3.4** 当钢结构为主体结构之一时应按子分部工程验收；当主体结构全部为钢结构时应按分部工程竣工验收。大型钢结构工程应允许划分成若干个子分部工程进行竣工验收。

**6.3.5** 单层、多层和高层钢结构的主体结构，其整体垂直度和整体平面弯曲的允许偏差应满足表 6.3.5 要求。检查数量应符合下列规定：

- 1 对主要立面全数检查。
- 2 对每个检查立面，除两个角柱外，尚应至少选取一列中间柱。

**表 6.3.5 整体垂直度和整体平面弯曲的允许偏差(mm)**

项目	允许偏差	
	单层钢结构	多高层钢结构
主体结构的整体垂直度	H/1000，且不应大于 25.0	(H/2500+10.0)，且不应大于 50.0
主体结构的整体平面弯曲	L/1500，且不应大于 25.0	

注：表中 H 为建筑物结构高度，L 为建筑物总跨度或长度。

**6.3.6** 钢网架总拼完成后及屋面工程完成后应分别测量其挠度值，且所测的挠度值不应超过相应设计值的 1.15 倍。检查数量应满足下列规定：

- 1 跨度 24m 及以下钢网架结构测量下弦中央一点。
- 2 跨度 24m 以上钢网架结构测量下弦中央一点及各下弦跨度的四等分点。

**6.3.7** 钢结构防腐涂料、涂装遍数、涂层厚度均应符合设计和涂料产品说明书要求。当设计对涂层厚度无要求时，涂层干漆膜总厚度：室外应为 150 $\mu$ m，室内应为 125 $\mu$ m，其允许偏差为 -25 $\mu$ m。检查数量与检验方法应符合下列规定：

- 1 按构件数抽查 10%，且同类构件不应少于 3 件。

2 每个构件检测 5 处，每处数值为 3 个相距 50mm 测点涂层干漆膜厚度的平均值。

**6.3.8** 超薄型、薄涂型防火涂料的涂层厚度应符合耐火极限的设计要求。厚涂型防火涂料的涂层厚度，80%及以上面积应符合耐火极限的设计要求，且最薄处厚度不应低于设计要求的 85%。检查数量按同类构件数抽查 10%，且均不应少于 3 件。

## 7 维护与拆除

### 7.1 维护

**7.1.1** 钢结构应根据结构安全性等级、类型及使用环境，建立全寿命周期内的结构使用、维护管理制度。

**7.1.2** 钢结构维护应遵守预防为主、防治结合的原则，应进行日常维护、定期检测与鉴定。

**7.1.3** 钢结构日常维护应检查结构损伤与荷载变化情况，重大设备荷载及位置、消防车通行时的主要受力构件；结构损伤应检查材料锈蚀、焊缝开裂与螺栓松脱、构件过度变形以及结构拆改等；荷载变化应检查结构用途改变、堆积重物、存放危险物品、以及火灾、爆炸、撞击等隐患。

## 7.2 拆除

**7.2.1** 钢结构拆除施工应采用低噪音、低能耗、低污染的绿色拆除技术，拆除材料应实现循环利用。

**7.2.2** 拆除施工准备工作应符合下列规定：

1 拆除施工前应编制施工组织设计和专项施工方案。

2 项目人员应熟悉图纸和资料，对拟拆除物和周边环境应进行详细查勘，调查清楚地上、地下建筑物及设施和毗邻建筑物、构筑物等分布情况。

3 对施工人员应进行安全技术交底，且应有记录并签字确认。

4 对生产、使用、储存危险品的拆除工程，拆除前应先进行残留物的检测和处理，合格后再进行施工。

**7.2.3** 拆除施工应符合下列规定：

1 拆除施工不得立体交叉作业。

2 采用机械或人工方法拆除时，应从上往下逐层分区域拆除。

3 应在切断电源、水源和气源后，再进行拆除工作。

4 对在有限空间内拆除施工，应先采取通风措施，经检测合格后再进行作业。

5 施工过程中发现不明物体应立即停止施工，并应采取保护措施保护好现场，同时立即报告相关部门进行处理。

6 钢结构拆除时应搭设必要的操作架和承重架；对大型、复杂钢结构拆除时，应进行拆除施工仿真分析，必要时应采取临时加强措施。

**7.2.4** 采用机械方法拆除应符合下列规定：

1 应先拆除非承重结构，再拆除承重结构。

2 施工人员与机械不得在同一作业面上同时作业。

**7.2.5** 采用人工方法拆除应符合下列规定：

1 钢结构工程拆除时，应按照先围护体系、后主体结构，先次要构件、后主要构件的程序进行。

2 水平构件上严禁人员聚集或集中堆放物料，施工人员应在稳定的结构或脚手架上操作。

3 拆除墙体时严禁采用底部掏掘或推倒的方法。

**7.2.6** 采用爆破方法拆除应符合下列规定：

1 爆破拆除作业分级和爆破器材的购买、运输、储存及爆破作业应符合规定要求。

2 预拆除施工不得影响建筑结构的安全和稳定。预拆除作业应在装药前全部完成，严禁预拆除与装药交叉作业。装药前应对每个炮孔进行验收，合格后才能装药。

3 爆破拆除应设置安全警戒。爆破后应对盲炮、爆堆、爆破拆除效果以及对周围环境的影响等进行检查，发现问题应及时处理。

**7.2.7** 拆除工程施工中，应保证剩余结构的稳定，同时应对拆除物的状态进行监测；当发现安全隐患时，必须立即停止作业；当局部构件拆除影响结构安全时，应先加固再拆除。

**7.2.8** 拆除后的钢构件可直接回收利用或回炉冶炼回收。

**7.2.9** 当钢构件直接回收利用时，在拆除时应按原设计图纸进行编号，按构件规格分类堆放，并确保构件质量满足工程要求。对局部变形的构件应进行矫正；对局部损坏的构件应进行修复；对损坏的涂层应按涂装工艺重新涂装。

## 附：起草说明

### 一、起草过程

根据国务院《深化标准化工作改革方案》（国发[2015]13号）要求，2016年住房城乡建设部印发了《关于深化工程建设标准化工作改革的意见》（建标[2016]166号），并在此基础上，全面启动了构建强制性标准体系、研编工程规范工作。2019年住房城乡建设部正式下达了《钢结构通用规范》的制定任务。

规范起草组于2018年4月形成规范征求意见稿。2018年5月通过住房城乡建设部官网向社会广泛征求意见，同时发送相关单位和专家（共88份）进行了书面征求意见。规范起草组对反馈意见进行了汇总、协调、处理，对征求意见稿进行了修改和完善。

### 二、起草单位

（略）

### 三、术语和符号

#### （一）术语

##### 1. 支撑系统 bracing system

由支撑及传递其内力的梁（包括基础梁）、柱组成的抗侧力系统。

##### 2. 消能梁段 link

在偏心支撑框架结构中，位于两斜支撑端头之间的梁段或位于一斜支撑端头与柱之间的梁段。

##### 3. 脆断 brittle fracture

结构或构件在拉应力状态下没有出现警示性的塑性变形而突然发生的断裂。

##### 4. 屈曲 buckling

结构、构件或板件达到受力临界状态时在其刚度较弱方向产生另一种较大变形的状态。

##### 5. 整体稳定 overall stability

构件或结构在荷载作用下能整体保持稳定的能力。

##### 6. 计算长度系数 effective length

与构件屈曲模式及两端转动约束条件相关的系数。

##### 7. 长细比 slenderness ratio

构件计算长度与构件截面回转半径的比值

#### （二）符号

1.  $H$  —— 建筑物总高度；

2.  $d_0$  —— 石油化工塔的内径；

3.  $s_1$ 、 $s_2$ ——塔桅钢结构基础倾斜方向两端边缘的最终沉降量；
3.  $b$ ——塔桅钢结构矩形基础底板沿倾斜方向的边长；
4.  $d$ ——塔桅钢结构圆板（环）形基础底板的外径；
5.  $\Delta u$ ——塔桅钢结构水平位移；
6.  $\Delta v$ ——塔桅钢结构剪切变形引起的水平位移；
7.  $\Delta u'$ ——塔桅钢结构纤绳层间水平位移差；
8.  $h$ ——对于桅杆为纤绳之间距，对于自立式塔为层高；
9.  $l$ ——桥梁计算跨径；
10.  $l_1$ ——桥梁悬臂长度；
11.  $L$ ——建筑物总跨度或长度

## 四、条文说明

### 1 总则

**1.0.1** 本条源于《中华人民共和国标准化法》第十条的规定，结合与钢结构相关的技术标准的总则，提出了通用规范的总体性目标和要求。

根据使用材料的不同，结构工程师习惯于把结构体系分为钢结构、钢筋混凝土结构、砌体结构、木结构和组合结构等。通常所说的钢结构，是指通过焊缝、紧固件等将结构钢材（热轧型钢、钢板、冷弯型钢等）连接而成的结构。

**1.0.2** 本条规定了本规范的适用范围。其中建筑工程包括各类工业与民用建筑物，以及塔桅、筒仓等构筑物；市政工程主要是指城市桥梁，包括过街天桥等；其他行业中的钢结构技术要求和管理工作可参考使用。

**1.0.3** 本条规定针对不符合本规范具体规定的钢结构给出了解决方案，可采用合规性评定并应符合本规范的第2章基本规定。

**1.0.4** 本条规定了本规范与其他规范的关系。本规范与工程建设领域的其他规范形成了一个完整的规范体系，本规范是针对钢结构本身的通用技术要求和管理工作，钢结构工程建设过程中涉及的其他方面的通用技术要求和管理工作应符合其他规范的规定。

有关规范包括但不限于下列规范：《工程结构通用规范》、《建筑与市政工程抗震通用规范》、《组合结构通用规范》、《混凝土结构通用规范》、《木结构通用规范》、《建筑设计防火通用规范》、《工程勘察通用规范》、《既有建筑维护与改造通用规范》、《既有建筑鉴定与加固通用规范》、《建筑与市政工程施工质量控制通用规范》、《建筑安全防范通用规范》、《城乡道路交通工程项目规范》等。

本规范是非战争和自然灾害等不可抗条件下，国家对工程建设控制性底线要求，国家、行业、地方、团体和企业技术标准不得低于国家规范。

### 2 基本规定

**2.0.1** 安全等级分三级，分别对应重要结构、一般结构和次要结构。结构的重要性，主要是根据破坏后果和结构的使用频率进行判断。欧洲标准 EN1990 则根据“结构破坏后果”和“结构可靠性水准要求”两个角度规定了结构分类，和中国规范的分类要求基本相同。国际标准 ISO 22111 将结构分为四类，前三类与中国相同，增加的第四类是特例，其安全度水准需要根据项目实际情况设定。

本条与《工程结构通用规范》协调。

**2.0.2** 结构设计工作年限是衡量结构和结构构件可靠性的时间基准，必须明确规定结构的设计工作年限，讨论结构设计的安全性和可靠性才有意义。

在钢结构专业领域，本规范涉及建筑结构、桥梁结构、塔桅结构、筒仓结构等结构体系以及易于替换的构件，本条将以上各类结构形式和构件对设计工作年限的规定汇总在一起，依据来自各专业技术标准。

在桥梁中的小桥、中桥、大桥、特大桥的界定参考下表：

桥梁分类	多孔跨径总长 L (m)	单孔跨径 Lo (m)
特大桥	$L \geq 1000$	$Lo \geq 150$
大桥	$100 \leq L < 1000$	$40 \leq Lo < 150$
中桥	$30 \leq L < 100$	$20 \leq Lo < 40$
小桥	$L < 30$	$Lo < 20$

并非结构的所有构件都满足相同的设计工作年限要求，比如防水层等需要定期更换的组成部分以及由特殊要求的构件，可以根据实际情况确定设计工作年限，但在设计文件中应当明确标明。

次要的塔桅钢结构指的是临时的结构如移动式通信基站，设计工作年限与其需求统一。

本条与《工程结构通用规范》协调。

**2.0.3** 第 1 款、第 2 款、第 3 款规定了结构设计中必须满足的三项要求，对应了结构的安全性（具有足够的强度）、适用性（具有足够的刚度）和耐久性（具有足够的耐久性）。

第 4 款涉及结构的抗火能力，火灾是直接威胁到公众生命财产安全的重要风险因素。发生火灾时，结构特性与一般的使用条件下有很大差异。因此在结构设计时，除了应当满足本条第 1、2、3 款的三项基本要求之外，还必须考虑在突发火灾的情况下，结构能够在规定时间内提供足够承载力和整体稳固性，为现场人员疏散、消防人员施救创造条件，并避免因为结构失效导致火灾在更大范围的蔓延。

第 5 款规定了结构体系应当具有完整性和鲁棒性，避免因为局部构件的失效导致结构整体失效。在某些偶然事件发生时，通常会造成结构局部构件失效，但如果结构设计不当，则可能因为局部的失效导致结构整体破坏，造成重大损失。因此结构体系传力路径的合理性、完整性和整体稳固性是结构设计时必须考虑的重要因素。

本条与《工程结构通用规范》协调。

**2.0.4** 本条针对钢结构专业特色，提出了在钢结构全寿命周期中使用方应该关注的重要技术措施，包括正常使用维护、构件及其防护涂层的维护与更换、灾后检测鉴定与加固改造等方面。本条是用来监督业主方对钢结构使用管理措施是否到位的要求。

**2.0.5** 结构的作用及作用组合是结构设计的重要参数，需予以明确。

**2.0.6** 地震作用及作用组合是结构抗震设计的重要参数，需予以明确。

**2.0.7** 本条是针对钢结构专业特色，提出了钢结构在建造过程中设计、施工、监理、检测、监督等相关各方应该关注的重要技术措施。

第 1 款强调钢结构制作详图应由设计单位书面确认，保证制作详图不偏离原设计。

第 2 款、第 3 款强调钢结构工程应进行施工设计和相应的验算，对于大跨度钢结构、超高层钢结构、高耸钢结构、预应力结构等施工难度大的工程，尚应进行专项专家论证，具体管理规定参照各地区的相关要求。

第 4 款是针对钢结构质量精度敏感的特点，施工单位和监理单位、检测单位、监督机构等应统一计量标准，且定期统一标定。

**2.0.8** 板件宽厚比直接影响截面和构件的破坏模式和极限承载力，世界主要钢结构设计规范均采用板件的宽厚比作为截面分类的依据：（1）中国钢结构设计标准 GB50017 将截面分为 5 类，其中 1,2 类截面受弯时具有充分塑性转动能力，截面极限承载力可达到塑性弯矩，采用塑性截面特性计算承载力，3 类截面具有有限塑性发展能力，采用部分塑性发展系数计算承载力，4 类截面受弯时可以达到边缘屈服和弹性极限抗弯承载力，采用弹性截面特性计算承载力，5 类截面在应力低于屈服强度时就会发生局部失稳，采用有效宽度计算截面特性和承载力；（2）欧洲钢结构设计标准 EN1993 将截面分为 4 类，其中 1 类截面受弯时具有充分塑性转动能力，采用塑性截面特性计算抗弯承载力，2 类截面受弯时具有有限塑性转动能力，也采用塑性截面特性计算抗弯承载力，3 类截面可实现边缘屈服和弹性极限抗弯承载力，采用弹性截面特性计算抗弯承载力，4 类截面在应力低于屈服强度时就会发生局部失稳，采用有效宽度计算截面特性和承载力；（3）美国钢结构设计标准 AISC360 将轴心受压板件分为 2 类，即非薄柔和薄柔板件，非薄柔板件采用全截面特性计算承载力，薄柔板件采用有效宽度计算截面特性和承载力，AISC360 还将受弯板件分为 3 类，即厚实、非厚实和薄柔板件，厚实板件的破坏模式是全截面屈服、非厚实板件的破坏模式是截面边缘屈服、薄柔截面在边缘屈服前发生局部失稳，应采用有效宽度计算截面特性，AISC360 先根据截面板件的分类确定截面的破坏模式，然后计算对应的截面特性和构件抗力。

“板件的最高分类级别”是指组成截面的不同板件各自分类级别中数字最大者。

本条采纳《钢结构设计标准》GB50017-2017 第 3.5.1 条、3.5.2 条有关内容。

**2.0.9** 本条对工业厂房的抗震设计尤其重要。对于一般民用建筑而言，结构两个方向实现抗震性能均衡较为容易，但是对于工业厂房钢结构，尤其是排架结构、框排架结构而言，两个方向抗震性能差异往往较大，所以特别需要强调两个主轴方向抗震性能。对于非抗震工业厂

房钢结构，一般会进行横向结构详细受力分析，纵向结构简化计算；对于有抗震性能要求的工业厂房钢结构，应特别注意纵向结构的抗震设计，可采用性能化设计，有条件时建议直接进行结构抗震三维整体分析。

本条与《建筑与市政工程抗震通用规范》协调。

**2.0.10** 本条对工业厂房的设计尤其重要。一般而言，工业厂房钢结构相对混凝土结构的整体刚度偏小，容易出现结构振动问题。对于动力设备、精密仪器上楼的钢结构，在轨道交通、公路交通等环境振动作用下，或者周边及上楼动力设备振动荷载作用下，为确保动力设备能够正常运行、机床等加工设备能够保障加工精度、精密仪器能够保证正常使用以及仪器量测精度、人员舒适度满足相关要求，需要根据设备需求或者参照相关国家标准，对振动引起的位移、速度、加速度等不同动力响应的允许指标进行规定。对于振动较大的钢结构，尚应考虑疲劳验算的要求。

本条采纳《钢结构设计标准》GB 50017-2017 第 16.1.1 条，《多层厂房楼盖抗微振设计规范》GB 50190-93 第 3.0.6 条，《建筑工程容许振动标准》GB 50868-2013 第 3.1.1 条，《电子工业防微振工程技术规范》GB 51076-2015 第 3.0.6 条有关内容。

### 3 材料

**3.0.1** 我国政府相关职能部门组织制定的钢与钢材产品的国家标准，是建筑与各类工程用材的技术依据与法定依据，工程设计与建造必需遵循按国家标准选材、用材的基本原则。而设计文件是工程材料订货，构件加工及管理存档查阅时有关工程用材唯一依据。故钢结构施工设计图中必需注明工程用材的详细信息。

本条采纳《钢结构设计标准》GB 50017-2017 第 3.1.12 条、3.1.13 条、4.1.1 条、4.3.1 条、4.2.1 条、4.2.2 条、4.3.8 条、4.3.9 条，《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018-2002 第 3.0.1 条、3.0.6 条，《钢结构工程施工规范》GB 50775-2012 第 5.1.2 条、5.2.1 条，《钢结构焊接规范》GB 50661-2011 第 4.0.1 条，《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99-2015 第 4.1.1 条有关内容。

钢结构工程常用钢材与连接材料应依据的国家标准如表 3.0.1 所列。

**表 3.0.1 钢结构工程所用钢材与连接材料应依据的标准**

类别	名 称
钢种	《碳素结构钢》 GB/T 700 《低合金高强度结构钢》 GB/T 1591 《建筑结构用钢板》 GB/T 19879 《不锈钢和耐热钢牌号及化学成分》 GB/T 20878
铸钢	《焊接结构用铸钢件》 GB 7659 《一般工程用铸造碳钢件》 GB/T 11352
板材	《建筑结构用钢板》 GB/T 19879 《建筑用低屈服强度钢板》 GB/T 28905 《厚度方向性能钢板》 GB 5313 《连续热镀锌钢板和钢带》 GB/T 2518

	《建筑用压型钢板》 GB/T 12755 《不锈钢热轧钢板和钢带》 GB/T 4237 《不锈钢冷轧钢板和钢带》 GB/T 3280
管材	《结构用无缝钢管》 GB/T 8162 《结构用冷弯空心型钢》 GB/T 6728 《建筑结构用冷弯矩形钢管》 JG/T 178 《建筑结构用冷成型焊接圆钢管》 JG/T 381 《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 12270
型材	《热轧 H 型钢和剖分 T 型钢》 GB/T 11263 《热轧型钢》 GB/T 706 《通用冷弯开口型钢》 GB/T 6723 《冷弯型钢通用技术要求》 GB/T 6725 《建筑结构用冷弯薄壁型钢》 JG/T 380
线材与棒材	《预应力混凝土用钢绞线》 GB/T 5224 《重要用途钢丝绳》 GB 8918 《桥梁缆索用热镀锌钢丝》 GB 17101 《钢拉杆》 GB/T 20934 《不锈钢钢绞线》 GB-T 25821 《不锈钢钢丝绳》 GB-T 9944 《建筑结构用高强度钢绞线》 GBT33026 《锌-5%铝混合稀土合金镀层钢丝、钢绞线》 GB-T 20492
焊接材料	《非合金钢及细晶粒钢焊条》 GB/T 5117 《热强钢焊条》 GB/T 5118 《埋弧焊用碳钢焊丝和焊剂》 GB/T 5293 《埋弧焊用低合金钢焊丝和焊剂》 GB/T 12470 《不锈钢焊条》 GB/T 983 《不锈钢药芯焊丝》 GB/T 17853 《埋弧焊用不锈钢焊丝和焊剂》 GB/T 17854
紧固件	《紧固件机械性能螺栓、螺钉和螺柱》 GB/T3098.1 《钢结构用高强度大六角螺栓、大六角螺母、垫圈技术条件》GB/T 1231 《钢结构用扭剪型高强度螺栓连接副》 GB/T 3632 《电弧螺柱焊用圆柱头焊钉》 GB/T 10433 《紧固件机械性能 不锈钢螺栓、螺钉和螺柱》 GB/T 3098.6 《紧固件机械性能 不锈钢螺母》 GB/T 3098.15 《紧固件机械性能 不锈钢自攻螺钉》 GB/T 3098.21

**3.0.2** 本条规定了工程用材、选材必需遵照的基本原则，并提出了选材时应综合考虑的诸要素。其中应力状态指受拉或受压，是否为疲劳应力和附加应力（约束应力、残余应力）情况；连接方法指焊接或栓接连接；荷载特征指承受静荷载、动荷载或地震荷载；工作环境指温度高低、有无维护、有无腐蚀性等环境条件。这些因素都对钢材性能和结构承重功能要求的选定有决定性的影响。为了保证结构构件整体有良好的承载性能，工程结构用材必须严格认真的考虑这些因素来选用钢材牌号、质量等级与性能要求，同时还应充分考虑到工程的经济性，选用性价比较高的钢材。

本条采纳《钢结构设计标准》GB 50017-2017 第 4.1.1 条、4.3.1 条，《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99-2015 第 4.1.1 条有关内容。

**3.0.3** 对钢材化学成分、力学性能等指标保证限值的规定，一直是各设计规范选材规定中被列为强条的重要内容，这些性能指标均为对钢材性能量化判定的重要基本依据。如屈服强度与设计强度、伸长率与塑性、屈强比与延性、冲击功与韧性、碳当量与焊接性能、冷弯与加工性等均是互为依据的关系。设计选材时应严格按结构使用条件和本条规定提出各项性能保证要求，以保证结构良好的承载性能。

本条采纳《钢结构设计标准》GB 50017-2017 第 4.3.2 条，《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018-2002 第 3.0.2 条，《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99-2015 第 4.1.3 条有关内容。

**3.0.4** 塑性设计是利用钢材的塑性性能，以结构在荷载作用下陆续出现塑性铰直至形成机构作为其承载力的极限状态，故要求结构钢材有良好的塑性与延性性能，以达到结构进入塑性工作状态后能充分发展塑性并可靠的实现内力重分配。

本条采纳《钢结构设计标准》GB 50017-2017 第 10.1.4 条有关内容。

**3.0.5** 工程经验与国内外研究均表明，在焊接结构的焊接节点中，当较厚板件沿板厚方向受有较大的撕裂拉应力（含较高的约束拉应力）时，可能引起钢板的层间（Z 向）裂缝，严重影响结构的安全使用。其主要原因是焊接构造或工艺缺陷造成板内过大的 Z 向焊接约束应力，其次钢板钢材含硫量较高，易形成硫化锰的层间夹杂物缺陷，使钢材分层。这种裂缝常会在焊接区冷却过程中即开始产生。近年来在我国一些高层钢结构工程中的梁柱节点区均产生过这种钢板层裂的质量事故，有的工程还因此造成了重大经济损失。为避免此类问题的发生，应注意采用合理的焊接构造与工艺，避免过大的焊接约束应力，同时应提高钢材的抗撕裂性能（Z 向性能）。本条规定了钢板厚度不小于 40mm 时，Z 向性能不应低于 Z15 级的下限保证限值。按现行国家标准《厚度方向性能钢板》GB/T 5313-2010 的规定，Z 向性能指标分为 Z15、Z25、Z35 三个等级，相当于要求钢材厚度方向的断面收缩率分别不小于 15%、25%与 35%，也相当于钢材含硫量应保证分别不大于 0.01%、0.007%、0.005%，即应控制超低的含硫量（一般结构钢材含硫量不大于 0.035%），以保证钢材的 Z 向性能。

本条与《建筑与市政工程抗震通用规范》协调，并采纳《钢结构设计标准》GB 50017-2017 第 4.3.5 条，《钢结构焊接规范》GB 50661-2011 第 4.0.6 条，《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99-2015 第 4.1.5 条有关内容。

**3.0.6** 按照现行国标《工程结构可靠性设计统一标准》GB50153-2008 的规定，结构构件按承载能力极限状态设计时，荷载作用应取作用的设计值；结构构件的的抗力应取其抗力的设计值。

抗力设计值应以抗力标准值除以抗力分项系数求得，而抗力分项系数则应按概率论原理通过大数据统计分析方法确定。1988 年版的我国钢结构设计规范规定了结构设计采用承载能力极限状态设计方法，同时通过大量数据统计分析规定了 Q235 钢与 Q345 钢的抗力分项系数取值分别为 1.08 与 1.11，并经过换算分析规定了铸钢件的抗力分项系数为 1.282，一直

沿用至今。钢材与连接材料的设计用强度指标，是直接判定钢结构构件强度与稳定安全性的依据性指标，多年来这些指标性条文在相关设计规范中均以强条列出，工程设计中必须严格遵循。Q235、Q345、Q390、Q420、Q460 钢的设计用强度指标可见表 3.0.6-1；不锈钢材料的强度指标可见表 3.0.6-2。

本条采纳《钢结构设计标准》GB 50017-2017 第 4.4.1 条、4.4.4-4.4.7 条、7.6.1 条，《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018-2002 第 4.2.1 条、4.3.3 条、4.4.4 条、4.2.5 条、4.2.7 条有关内容。

**表 3.0.6-1 钢材的设计用强度指标 (N/mm<sup>2</sup>)**

钢材牌号		厚度或直径 (mm)	钢材强度		钢材强度设计值		
钢种	牌号		抗拉强度最小值 $f_u$	屈服强度最小值 $f_y$	抗拉、抗压和抗弯 $f$	抗剪 $f_v$	端面承压 (刨平顶紧) $f_{ce}$
碳素结构钢 (GB/T 700)	Q235	≤16	370	235	215	125	320
		>16, ≤40		225	205	120	
		>40, ≤100		215	200	115	
低合金高强度结构钢 (GB/T 1591)	Q345	≤16	470	345	305	175	400
		>16, ≤40		335	295	170	
		>40, ≤63		325	290	165	
		>63, ≤80		315	280	160	
		>80, ≤100		305	270	155	
	Q390	≤16	490	390	345	200	415
		>16, ≤40		370	330	190	
		>40, ≤63		350	310	180	
		>63, ≤100		330	295	170	
	Q420	≤16	520	420	375	215	440
		>16, ≤40		400	355	205	
		>40, ≤63		380	320	185	
		>63, ≤100		360	305	175	
	Q460	≤16	550	460	410	235	470
		>16, ≤40		440	390	225	
		>40, ≤63		420	355	205	
>63, ≤100		400		340	195		
建筑结构用钢板 (GB/T19879)	Q345GJ	>16, ≤50	490	345	325	190	415
		>50, ≤100		335	300	175	

注：1 表中直径指实芯棒材，厚度系指计算点的钢材厚度或钢管厚度，对轴心受拉和受压杆件系指截面中较厚板件的厚度。

**表 3.0.6-2 不锈钢材料的强度指标 (N/mm<sup>2</sup>)**

种类	统一数字代号	牌号	不锈钢强度标准值 (N/mm <sup>2</sup> )		不锈钢强度设计值(N/mm <sup>2</sup> )			纵向/横向 应变强
			名义屈服强度	抗拉极限强度	抗拉、抗压	抗剪	端面	

			$f_{0.2}$	$f_u$	和抗弯强 度 $f$	强 度 $f_v$	承压强 度 $f_{ce}$	化系数 $n$
奥氏 体型	S30408	06Cr19Ni10	205	515	175	100	450	6/8
	S30403	022Cr19Ni10	170	485	145	85	420	6/8
	S31608	06Cr17Ni12Mo2	205	515	175	100	450	7/9
	S31603	022Cr17Ni12Mo2	170	485	145	85	420	7/9
双相 型	S22053	022Cr23Ni5Mo3N	450	620	385	220	540	5/5
	S22253	022Cr22Ni5Mo3N	450	620	385	220	540	5/5

**3.0.7** 工程经验表明，施工阶段对钢材与连接材料的严格管理也是保证用材质量和工程质量的重要环节。工程个案中曾发生过因钢材性能不合格而造成重大损失的事故。施工单位应切实把好订货关口。

本条与《建筑与市政工程质量控制通用规范》协调。

#### 4 构件与连接设计

**4.1.1** 普通钢构件是指由钢板组合成工字形、H形、箱形、槽形、L形、双拼L形等截面形式，且长度方向尺寸远大于截面宽度的杆件，以及由圆钢管、椭圆钢管组成的杆件。这些截面可以热轧成型，也可以焊接成型和螺栓拼接成型。轴心受力构件的强度计算是最基本的计算内容。拉杆净截面屈服时，毛截面还在弹性阶段，拉杆的变形不大，荷载仍可以增加，所以拉杆的净截面采用抗拉极限强度作为计算标准；但是如果螺栓孔沿杆长很多，则仍按照净截面屈服作为承载力的极限状态；在节点处，力线转弯导致截面不是完全有效，应考虑其不利影响；局部屈曲对截面承载力的影响，可以采用有效截面法或者乘以合理的折减系数。

本条采纳《钢结构设计标准》GB50017-2017第7.1.1条、7.1.2条、7.1.3条有关内容。

**4.1.2** 压杆稳定性计算是钢结构设计中最重要内容，本条对稳定计算的方法、需要考虑的屈曲的形式、缺陷因素和有利因素（支座约束和相邻构件提供的约束）进行规定；局部屈曲对整体稳定的影响，可以采用有效截面法考虑；格构式压杆的稳定，要考虑剪切变形对临界荷载的削弱作用，并且还应保证缀条不能够先达到极限状态，柱肢自身不能先于整体失去稳定性。

本条采纳《钢结构设计标准》GB50017-2017第7.2.1~7.2.7条有关内容。

**4.1.3** 钢结构设计的重要内容之一是板件的屈曲。板件的局部屈曲有不同的设计思路，例如工字钢的翼缘，一般不允许局部屈曲先于整体失稳，因为翼缘一旦发生局部屈曲，绕弱轴的刚度会迅速丧失；而工字钢的腹板的局部屈曲，对构件整体稳定仅有有限的影响。本条给出了局部屈曲的设计思路和需要考虑的因素。

本条采纳《钢结构设计标准》GB50017-2017第7.3.1~7.3.5条有关内容。

**4.1.4** 受弯构件的抗弯、抗剪计算是承载能力极限状态验算的基本内容之一。

本条采纳《钢结构设计标准》GB 50017-2017第6.1节有关内容。

**4.1.5** 受弯构件的弯扭失稳验算是承载能力极限状态验算的基本内容之一；构件弯扭失稳计算公式均基于支座截面不发生扭转，实际工程中构件支座的约束条件要与弯扭失稳计算理论保持一致。

本条采纳《钢结构设计标准》GB 50017-2017 第 6.2 节有关内容。

**4.1.6** 不利用板件屈曲后强度的受弯构件，其强度、整体稳定计算依据是板件未发生局部屈曲，截面形状不变化。

本条采纳《钢结构设计标准》GB 50017-2017 第 6.3 节有关内容。

**4.1.7** 挠度控制是受弯构件满足正常使用极限状态的基本要求。

本条采纳《钢结构设计标准》GB 50017-2017 第 3.4 节有关内容。

**4.1.8** 在轴力  $N$  和弯矩  $M$  的共同作用下，当截面出现塑性铰时，拉弯或压弯构件达到强度极限，这时  $N/N_p$  和  $M/M_p$  的相关曲线是凸曲线（这里的  $N_p$  是无弯矩作用时全截面屈服的应力， $M_p$  是无轴力作用时截面的塑性铰弯矩），其承载力极限值大于按直线公式计算所得的结果。

验算时所取轴力和弯矩必须是同一截面在同一荷载组合下出现的量值，当难于判断何者是最不利截面时，需要同时校验几个截面，截面几何特性应按净截面面积和净截面模量计算。

本条采纳《钢结构设计标准》GB 50017-2017 第 3.1.3 条、8.1.1 条有关内容。

**4.1.9** 拉弯构件当拉力很小而弯矩相对很大时，可能发生整体失稳，应引起工程技术人员的注意，应通过计算校核或构造要求防止整体失稳。

压弯构件的整体稳定，对实腹构件来说，要进行弯矩作用平面内和弯矩作用平面外的稳定计算。当弯矩作用在对称轴平面内时（绕  $x$  轴），其弯矩作用平面内的稳定性应按最大强度理论进行分析，弯矩作用平面外的稳定性应依据屈曲理论进行分析。对于单轴对称截面，当弯矩作用在对称轴平面内且使较大翼缘受压时，较小翼缘拉应力区可能首先出现塑性区，如下图的第三种情况，故应补充验算较小翼缘拉应力是否超限。

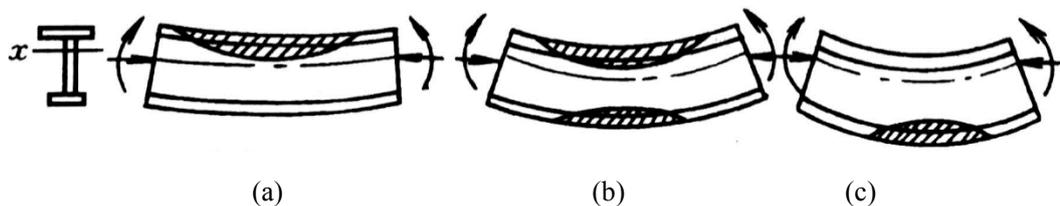


图 4.1.9 单轴对称压弯构件失稳时可能的塑性区分布

对弯矩绕虚轴作用的格构式压弯构件来说，其弯矩作用平面内稳定性的计算宜采用边缘屈服准则。弯矩作用平面外的整体稳定性不必计算，但要求计算分肢的稳定性。这是因为受力最大的分肢平均应力大于整体构件的平均应力，只要分肢在两个方向的稳定得到保证，整个构件在弯矩作用平面外的稳定也可以得到保证。格构式压弯构件缀材计算时取用的剪力

值：按道理，实际剪力与构件有初弯曲时导出的剪力是有可能叠加的，但考虑到这样叠加的机率很小，规范规定取两者中的较大值还是可行的。

对于弯矩作用在两个主平面内的压弯构件，其稳定性验算应同时考虑两个方向的弯矩作用，两个方向弯矩位置的确定要有合理依据。

本条采纳《钢结构设计标准》GB 50017-2017 第 3.1.3 条、8.2.1~8.2.7 条有关内容。

**4.1.10** 绝大多数钢构件由板件构成，而板件宽厚比大小直接决定了压弯构件的承载力和塑性转动变形能力。因此通过对钢构件截面进行分类，从而控制局部屈曲发生的时刻，是钢结构设计技术的基础，尤其是钢结构抗震设计方法的基础。根据截面承载力和塑性转动变形能力的不同，国际上一般将钢构件截面分为 4 类，我国《钢结构设计标准》GB50017-2017 将截面根据其板件宽厚比分为 5 个等级，考虑了截面塑性发展系数。

本条采纳《钢结构设计标准》GB50017-2017第8.4.1条有关内容。

**4.2.1** 随着冷弯型钢生产状况的改善及设备生产能力的日益发展，我国已能生产出壁厚 25mm 的冷弯型钢，并在工程中得到了应用。冷弯型钢构件与普通钢结构的主要区别在于结构材料成型方式的不同以及由此导致截面特性、材性及计算理论等方面的差异。在进行可靠度分析时，壁厚太薄试件的材料强度、实验结果离散性会过大，因此规定了构件最小壁厚要求。

本条采纳《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018-2002 第 4.3.1 条有关内容。

**4.2.2** 在承载力计算中已充分考虑局部屈曲的影响，因此受压板件的宽厚比限值与钢材材料的强度无关。规定受压板件的宽厚比限值是为了限制板件的变形。轴心受压圆管构件保证局部稳定的圆管外径与壁厚之比的限值是按理想弹塑性材料推导得到的。

本条采纳《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018-2002第4.3.2条有关内容。

**4.2.3** 轴心受拉构件和受拉为主的拉弯构件设计时，承载能力极限状态通过强度验算控制，正常使用极限状态通过刚度验算控制。

本条采纳《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018-2002 第 5.1.1 条、5.1.2 条、5.4.1 条有关内容。

**4.2.4** 轴心受压构件、受弯构件、压弯构件和受弯为主的拉弯构件受力时都存在压应力，除了满足强度和刚度要求外，还必须进行局部稳定和整体稳定验算。

本条采纳《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018-2002 第 5.2.1~5.2.7 条、5.3.1~5.3.4 条、5.5.1~5.5.8 条有关内容。

**4.2.5** 构件中受压板件的局部稳定性可采用有效宽厚比法计算，是为了合理利用受压板件的屈曲后强度而采用的一种简化计算方法，利用了有效截面的概念。板件的有效宽厚比除了与板件的宽厚比、所受应力的分布情况和板件纵边的支承类型等因素有关外，还与邻接板件对它的约束程度有关。目前国际上已有不少国家采用统一的公式计算加劲板件、部分加

劲板和非加劲板件的有效宽厚比，而统一公式的表达形式因各国依据的实验数据而有所不同。

本条采纳《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018-2002 第 5.6.1~5.6.8 条有关内容。

**4.2.6** 刚架、屋架、檩条和墙梁设计时应同时满足承载能力极限状态和正常使用极限状态的要求，需要进行强度、稳定性和刚度验算。冷弯型钢门式刚架由于结构自重小，在风吸力作用下，刚架梁下翼缘因受压可能会出现刚架平面外失稳。为此，通常在刚架梁下翼缘处设置隅撑与檩条相连作为其侧向支承点，此时，下翼缘受压刚架梁的计算长度可取两倍的隅撑间距。刚架柱的内翼缘由于风吸力作用一般也需要设置隅撑与墙梁相连，以确保刚架柱内翼缘在风吸力作用下在刚架平面外的稳定性。当受拉构件在风吸力作用下受压时，其长细比的限值应更加严格。

本条采纳《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018-2002 第 4.1.7 条有关内容。

**4.2.7** 轴心受力构件的强度承载力是以截面的平均应力达到钢材的屈服应力为极限。但当构件的截面有局部削弱时，截面上的应力分布不再是均匀的，在孔洞附近有应力集中现象，在弹性阶段，孔壁边缘的最大应力可能达到构件毛截面平均应力的 3 倍。若拉力继续增加，当孔壁边缘的最大应力达到材料的屈服强度以后，应力不再继续增加而只发展塑性变形，截面上的应力产生塑性重分布，最后达到均匀分布。因此，对于有孔洞削弱的轴心受力构件，仍以其净截面的平均应力达到其强度极限值作为设计时的控制值。这就要求在设计时应选用具有良好塑性性能的材料。对于受压构件，应采用考虑板件屈曲后的有效截面来计算其强度承载力。构件的刚度和稳定性，理论上应分别按净截面、有效截面或有效净截面验算，但计算比较繁琐，为了简化计算而作此规定，且采用毛截面计算其精度在允许范围内。

本条采纳《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018-2002 第 4.1.8 条、4.1.9 条有关内容。

**4.2.8** 冷弯型钢构件是由钢板或钢带经冷加工成型的。由于冷作硬化的影响，冷弯型钢棱角处的屈服强度将较母材有较大的提高，提高的幅度与成型方式系数、钢材的抗拉强度与屈服强度的比值、型钢截面所含棱角数目、棱角对应的圆周角、型钢截面中心线的长度等项目因素有关。而经退火、焊接和热镀锌等热处理的冷弯型钢构件其冷弯硬化的影响已不复存在，故不得采用考虑冷弯效应的强度设计值。

本条采纳《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018-2002 第 4.2.2 条、4.2.3 条有关内容。

**4.3.1** 不锈钢结构的材料选择与常规钢结构设计考虑的因素有所不同。除常规的材料受力性能等要求外，材料的耐腐蚀性是其重要的选择指标，因此在设计时，应予以明确。根据国内外不锈钢材料力学性能、加工性能、价格及供给情况，推荐采用的不锈钢牌号为 06Cr19Ni10(S30408) 、 022Cr19Ni10(S30403) 、 06Cr17Ni12Mo2(S31608) 、 022Cr17Ni12Mo2(S31603) 奥氏体不锈钢和 022Cr23Ni5Mo3N(S22053) 、 022Cr22Ni5Mo3N(S22253)双相型不锈钢。选材时宜参照类似环境和类似牌号的使用经验，常规大气环境中推荐采用的不锈钢牌号见表 4.3.1。

表 4.3.1 不同大气环境下推荐采用的不锈钢材料

统一数字代号	乡村、城市郊区			城市市区			工业密集区			沿海地区		
	L	M	H	L	M	H	L	M	H	L	M	H
S30403, S30408	√	√	√	√	√	(√)	(√)	(√)	×	√	(√)	×
S31603, S31608	○	○	○	○	√	√	√	√	(√)	√	√	(√)
S22053, S22253	○	○	○	○	○	○	○	○	√	○	○	√

注：1 L 代表所处地区的环境腐蚀轻微（低温、低湿度）；M 代表所处地区的环境一般；H 代表所处地区的环境腐蚀严重（高温、高湿度）。

2 ○表示材料性能超过环境抗腐蚀要求；√表示材料性能和环境抗腐蚀要求匹配；×表示材料性能低于环境抗腐蚀要求；(√)表示采用相对光滑的表面处理并经常维护时，材料性能能够满足环境抗腐蚀要求。

**4.3.2** 焊接成型不锈钢构件多采用热轧板，其板厚一般大于 5mm，该条文主要针对冷成型不锈钢构件。目前市场中冷成型不锈钢构件的壁厚一般小于 6mm，其中薄壁不锈钢构件多用于楼梯扶手、装潢等，不宜作为不锈钢结构的承重构件。综合考虑到我国不锈钢构件的市场供给和材料的耐蚀性，最终将承重构件的板厚限值确定为 1.5mm。

**4.3.3** 本条参照美国《Specification for the design of cold-formed stainless steel structural members》ASCE8-02 及我国《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB50018-2002 制定。

**4.3.4** 不锈钢构件的强度、稳定性和刚度验算是构件验算的基本内容。受不锈钢材料非线性的影响，同条件下其变形大于低碳钢构件，因此计算不锈钢构件变形时宜考虑材料非线性的不利影响。

**4.3.5** 保持不锈钢结构整体的耐腐蚀性是不锈钢结构设计的关键。由于不锈钢构件和碳素钢及低合金钢构件接触会发生电化学腐蚀，加快钢材的腐蚀速率。因此本条不允许不锈钢和碳钢直接焊接或接触。当接触不可避免时，应采取非金属材料进行隔离。

**4.4.1** 钢结构焊缝和螺栓连接一般处于复杂应力状态，精确计算连接的应力和破坏过程很困难，世界各国规范在制定钢结构连接计算方法时都引入了各种假定，用简化方法计算连接的承载力；因此强调计算方法和设计假定尽量符合连接的实际工作状况，以保证计算结果的合理性。本条规定是保证钢结构连接满足安全性和适用性的前提条件。

本条采纳《钢结构设计标准》GB 50017-2017 第 3.1.3 条有关内容，并参照 EN 1993-1-8 第 2.5 节有关内容。

**4.4.2** 本条规定明确限定了钢结构螺栓连接可采用的三种形式，同时对影响螺栓连接承载力的受力状态和计算范围做出了规定，确保在进行螺栓连接设计时覆盖了影响螺栓连接的可能破坏模式。

(1) 影响螺栓连接承载力的两方面因素是：螺栓承载力和连接板承载力，螺栓的破坏模式包括螺杆受剪破坏、螺杆受拉破坏、螺杆拉剪联合作用破坏，连接板的破坏模式包括有螺栓

孔截面处的净截面受拉破坏、净截面受剪破坏、螺栓孔壁承压破坏，螺栓连接受拉时连接板变形会在连接板和螺栓内产生附加撬力，在计算连接承载力时必须考虑。

(2) 世界各国在计算受剪力作用的螺栓接头时一般假设剪力在各螺栓内均匀分布，试验和数值分析表明，当螺栓数量较多，接头较长时，剪力在各螺栓分布并不均匀，呈现接头两端螺栓剪力大、接头中间螺栓剪力小的特征，当剪力较大时端部的螺栓先发生剪切破坏，螺栓接头的实际承载力低于按均匀受剪假设计算的结果，因此计算螺栓连接长接头时需要对单个螺栓的抗剪承载力进行适当折减，使得按剪力均匀分布假定计算的接头承载力与实际承载力接近。

本条采纳《钢结构设计标准》GB 50017-2017 第 11.4 节有关内容，并参照 EN1993-1-8 第 3.1 节有关内容。

**4.4.3** 螺栓连接计算结果的可靠性直接与螺栓的实际构造形式有关，本条规定提出的构造要求是实现计算结果与实际受力状态相符合的前提条件，只有满足本条构造的螺栓连接才能通过计算确定连接的安全性。

(1) 螺栓孔型和孔径尺寸直接影响螺栓连接的抗剪、抗拉和承压强度，以及连接的变形性能，必须限制螺栓孔型和孔径在一定范围内，当超过规定时，其螺栓不能用于受力。

(2) 保证不同连接形式刚度匹配是实现不同连接共同工作的前提条件，有预拉力高强度螺栓与普通螺栓刚度差别较大，承压型螺栓连接和焊缝连接刚度差别较大，都难以共同工作，不应并用。

(3) 在动力作用下发生松动的螺栓连接会降低安全性，需要采取构造措施避免。螺栓连接受力需要有足够的冗余度，单个螺栓不具备冗余度，连接至少采用两个螺栓。

本条采纳《钢结构设计标准》GB 50017-2017 第 11.5.1~11.5.3 条、11.5.6 条有关内容。

**4.4.4** 螺栓孔的加工精度、实际施加的螺栓预拉力、连接板件表面处理工艺等制作加工过程直接影响螺栓连接计算结果的准确性，本条规定提出的构造要求是实现计算结果与实际受力状态相符合的前提条件，只有满足本条规定构造要求的螺栓连接才能保证计算的连接承载力与实际受力状态相符。

本条与《建筑与市政工程质量控制通用规范》协调。

**4.4.5** 本条规定了钢结构焊缝连接承载力计算的基本内容，并限定了塞焊缝和槽焊缝的适用范围。

世界各国在计算受剪力作用的角焊缝接头时一般假设剪力在沿焊缝长度均匀分布，试验和数值分析表明，当角焊缝较长时，剪力沿焊缝长度方向呈现接头两端剪力大、接头中间剪力小的特征，当剪力较大时端部的焊缝先发生破坏，焊缝连接的实际承载力低于按均匀受剪假设计算的结果，因此计算角焊缝连接长接头时需要对焊缝的计算长度进行适当折减。

本条采纳《钢结构设计标准》GB 50017-2017 第 11.3.5 条有关内容，并参照 EN1993-1-8 第 4.3.5 条有关内容。

**4.4.6** 焊缝连接计算结果的可靠性直接与焊缝的实际构造形式有关，本条规定提出的构造要求是实现计算结果与实际受力状态相符合的前提条件，只有满足本条构造的焊缝连接才能通过计算确定连接的安全性。

(1) 焊缝坡口形式和焊缝尺寸直接影响焊缝连接的抗剪、抗拉和抗压，以及抗主体金属层状撕裂性能。

(2) 角焊缝的焊脚尺寸和长度直接影响焊缝的破坏模式、安装质量和可靠性，需要控制最小角焊缝的焊脚尺寸和计算长度，以避免受力角焊缝的缺陷对焊缝承载力影响过大。

(3) 不同厚度、不同宽度钢板焊缝连接时，需要做过度斜坡，以避免应力集中对焊缝承载力产生过大影响。

本条规定了与计算假定相匹配的焊缝形状构造要求。

本条采纳《钢结构设计标准》GB 50017-2017 第 11.1.5 条、11.3.2 条、11.3.3 条、11.3.5 条有关内容。

**4.4.7** 焊缝质量等级对结构的承载安全和建造成本有着重要影响。本条旨在强调焊缝质量等级要求必须由设计文件予以明确，其目的是在确保结构安全的同时还要兼顾经济合理。结合我国钢结构的应用实践并参照美国、日本等国家的相关标准规定，提出钢结构设计时焊接质量等级要求。

本条采纳《钢结构焊接规范》GB 50661-2011 有关内容。

**4.4.8** 塞焊、槽焊接头构造有明显的应力集中趋势，电渣焊、气电立焊焊接接头的金相组织和塑性、韧性很难满足与母材等强、等韧要求，这四类焊接接头型式和焊接工艺无法满足需经疲劳验算的结构承载能力要求。

本条采纳《钢结构焊接规范》GB 50661-2011 第 5.7.1 条有关内容。

**4.4.9** 本条为抗震结构框架柱与梁的刚性节点焊接要求，借鉴了美国《钢结构焊接规范》AWS D1.1。经历了美国洛杉矶大地震和日本坂神大地震后，国外钢结构专家在对震害后柱-梁节点断裂位置及破坏形式进行了统计并分析其原因，据此对有关规范作了修订。

本条采纳《钢结构焊接规范》GB 50661-2011 第 5.7.4 条有关内容。

**4.4.10** 本条规定明确了框架节点设计的一般原则，主要是规定框架节点的计算内容，在进行节点设计时必须同时考虑承载力和变形性能。梁柱连接一般采用刚接或铰接，当采用半刚性节点时应根据理论或试验的方法确定节点的弯矩-转角曲线，并在结构分析时考虑节点变形的影响，节点的构造必须保证节点的实际受力性能与计算假定的刚接、半刚接或铰接相符。

本条采纳《钢结构设计标准》GB 50017-2017 的第 5.1.4 条、12.3.4 条有关内容。

**4.5.1** 参考国外规定并结合建筑钢结构的实际情况，本条规定了直接承受动力荷载重复作用的钢结构构件和连接，在常温、无强烈腐蚀作用环境下需要进行疲劳计算的循环次数。

本条采纳《钢结构设计标准》GB 50017-2017 第 16.1.1 条有关内容。

**4.5.2** 对于海水腐蚀环境,低周-高应变疲劳等特殊使用条件中疲劳破坏的机理与表达式各有特点,分别另属专门范畴,高温下使用和焊后经回火消除焊接残余应力的结构构件及其连接则有不同的疲劳强度值,因此应另行考虑。

本条采纳《钢结构设计标准》GB 50017-2017 第 16.1.2 条有关内容。

**4.5.3** 因为现阶段对不同类型构件连接的疲劳裂缝形成、扩展、以至断裂这一全过程的极限状态,包括其严格的定义和影响发展过程的有关因素都还研究不足,掌握的疲劳强度数据只是结构抗力表达式中的材料强度部分,根据多年来国内外的试验研究和理论分析成果,本条采用国际上公认的容许应力幅法进行疲劳计算。

本条采纳《钢结构设计标准》GB 50017-2017 第 16.1.3 条有关内容。

**4.5.4** 冲击韧性是衡量钢材断裂时所做功的指标,其值随金属组织和结晶状态的改变而急剧变化。钢中的非金属夹杂物、带状组织、脱氧不良等都将给钢材的冲击韧性带来不良影响。冲击韧性是钢材在冲击荷载或多向拉应力下具有可靠性能的保证,可间接反映钢材抵抗低温、应力集中、多向拉应力、加荷速率(冲击)和重复荷载等因素导致脆断的能力。因此,对需要验算疲劳的结构的钢材,本条规定了应具有在不同试验温度下冲击韧性的合格保证。

本条采纳《钢结构设计标准》GB50017-2017 第 4.3.3 条有关内容。

**4.5.5** 影响焊接结构疲劳强度的因素主要是应力集中、应力循环次数和应力幅等。焊缝的质量等级则根据焊缝的内部缺陷及外观质量情况确定,一级焊缝不允许有任何缺陷,三级焊缝只做外观质量要求。因此本条规定强调了需进行疲劳计算的焊接结构应根据哪几种情况确定焊缝要求,以保证焊接疲劳性能。

本条采纳《钢结构设计标准》GB 50017-2017 第 11.1.6 条有关内容。

**4.5.6** 因承压型连接允许接头滑移,并有较大变形。故对承受动力荷载的结构以及接头变形会引起结构内力和结构刚度有较大变化的敏感构件,不应采用承压型连接。

本条采纳《钢结构高强度螺栓连接技术规程》JGJ 82-2011 第 3.1.3 条有关内容。

**4.5.7** 高强螺栓摩擦型连接,当其疲劳荷载小于滑移荷载时,螺栓本身不会产生交变应力,高强度螺栓没有疲劳破坏的情况。但连接板或拼接板母材有疲劳破坏的情况发生。

本条采纳《钢结构高强度螺栓连接技术规程》JGJ 82-2011 第 3.1.5 条有关内容。

**4.5.8** 国内外研究及国外规范的相关规定表明,螺栓应力低于螺栓抗拉强度的 30%时,或螺栓由荷载和杠杆力引起的轴向拉力低于螺栓受拉承载力的 30%时,螺栓轴向应力几乎没有变化,可忽略疲劳影响。当螺栓应力超过螺栓抗拉强度的 30%时,应进行疲劳验算,由于国内有关高强度螺栓疲劳强度的试验不足,相关规范中没有设计指标可依据,因此目前只能针对个案进行试验,并根据试验结果进行疲劳设计。

本条采纳《钢结构高强度螺栓连接技术规程》JGJ 82-2011 第 3.1.5 条有关内容。

**4.5.9** 综合国内外相关标准和研究文献以及试验研究表明，高强度螺栓摩擦型连接与焊缝能较好地共同工作，栓焊并用连接的承载力要高于单独螺栓或焊接连接的承载力，为了偏于安全，故做出本条规定。

本条采纳《钢结构高强度螺栓连接技术规程》JGJ 82-2011 第 3.1.5 条有关内容。

**4.6.1** 为了保证结构的整体刚度，提高结构的整体刚度，承担和传递水平力，防止杆件产生过大的振动，避免压杆的侧向失稳以及保证结构安装时的稳定，本条对钢结构设置支撑提出了原则规定。鉴于钢结构稳定、抗震性能化设计方法已成熟，对新型结构体系提出了通过计算分析设计支撑系统的规定。

**4.6.2** 框架柱的长细比关系到钢结构的整体稳定。

框架梁、柱板件宽厚比的规定，是以“强柱弱梁”的抗震设计原则为前提确定的。在地震作用下框架柱仅在柱端可能有一定塑性发展，且转动变形较小。因此，对柱端可能出现塑性的范围，对其板件宽厚比提出要求，对于非塑性范围内的板件宽厚比可有所放宽。另一方面，限制板件宽厚比及设置加劲肋是保证构件局部稳定的重要构造措施。

本条与《建筑与市政工程抗震通用规范》协调。

**4.6.3** 实际工程中存在大量任意加大焊缝、增大焊接残余应力，产生层状撕裂的现象，存在安全隐患。由于塞焊、槽焊、电渣焊和气电立焊的热输入大，会在接头区域产生过热的粗大组织，导致焊接接头塑韧性下降，对于承受动载需进行疲劳验算的钢结构达不到焊接质量要求，所以必须严格执行。防止螺栓松动的措施中除用双螺帽外，尚有用弹簧垫圈，或将螺帽和螺杆焊死等方法。

本条采纳《钢结构焊接规范》GB50661-2011 第 5.7.1 条，《钢结构设计标准》GB 50017-2017 第 16.3.1 条、11.1.5 条、11.5.3 条有关内容。

**4.6.4** 在建筑结构设计中，构造要求是为了解决难以用分析计算来保证某些部分的安全或正常使用时，所采用的按实践经验总结出来的构造措施。当设计能满足本规范的构造要求时，不需要进行验算。当不能满足或对于新型结构缺乏实际经验时，应通过计算分析保证构造措施满足安全要求。

## 5 结构体系设计

**5.1.1** 门式刚架跨度、高度、间距、屋面坡度、梁柱尺寸的合理选择对刚架结构的受力性能、安全、经济均产生直接的影响，故本条给出了原则性规定。端板连接节点，都必须按照刚接节点进行设计，即在保证必要的强度的同时，提供足够的转动刚度，为了满足刚度需要，宜采用高强螺栓，并应对螺栓施加预拉力以增强节点转动刚度。本条关于节点端板连接刚度的规定参考欧洲钢结构设计规范 EC3。试验表明：节点域设置斜加劲肋可使梁柱连接刚度明显提高，斜加劲肋可作为提高节点刚度的重要措施。

本条采纳《门式刚架轻型房屋钢结构技术规范》GB 51022-2015 第 5.1.3 条、5.1.5 条、5.2.1~5.2.4 条、10.2.2 条、10.2.7 条有关内容。

**5.1.2** 门式刚架基本上作为平面刚架工作的，其平面外刚度较差，设置适当的支撑体系是极为重要的。支撑体系增强门式刚架的平面外刚度，主要作用有：平面刚架与支撑一起组成几何不变的空间稳定体系；提高其整体刚度，保证刚架的平面外稳定性；承担并传递纵向水平力；以及保证安装时的整体性和稳定性。

本条采纳《门式刚架轻型房屋钢结构技术规范》GB 51022-2015 第 5.2.9 条、8.1.1 条、8.1.2 条、8.2.5 条有关内容。

**5.1.3** 门式刚架基本上作为平面刚架工作的，故可按平面结构分析内力，应力蒙皮效应的实现需要满足一定的构造措施，只是把它当做安全储备。对于变截面的门式刚架，应采用弹性分析方法确定各种内力，只有当刚架的梁柱全部为等截面时才允许采用塑性分析方法，但后一种情况在实际工程中已经很少采用。当采用二阶弹性分析时，应考虑初始几何缺陷，否则将导致计算结果偏于不安全；目前工程中通常采用施加一假想水平力的方法来近似考虑。

本条采纳《门式刚架轻型房屋钢结构技术规范》GB 51022-2015 第 6.1.1~6.1.4 条有关内容。

**5.1.4** 门式刚架梁、柱等构件满足强度和稳定性要求是整体结构承载的前提，故本条做出了原则性规定。进行构件截面设计，当允许腹板发生局部屈曲时，对利用屈曲后的强度的计算进行了原则性规定；在其他部位是否设置加劲肋需要根据计算确定。

本条采纳《门式刚架轻型房屋钢结构技术规范》GB 51022-2015 第 7.1.1~7.1.5 条有关内容。

**5.1.5** 檩条保证了屋面板的荷载有效地传至刚架，确保屋面板安全牢固。屋面檩条满足强度和稳定性的要求是刚架屋面结构满足承载力的前提，同时檩条和刚架的合理连接直接影响屋面的承载能力，当需要设置拉条时同样应选择合理的连接，故本条对门式刚架屋面檩条部分做出原则性规定。

本条采纳《门式刚架轻型房屋钢结构技术规范》GB 51022-2015 第 5.2.7 条、9.1.5 条、9.1.7 条、9.1.8 条、9.1.10 条、9.2.2 条有关内容。

**5.1.6** 门式刚架轻型房屋的檩条和墙梁可以对刚架构件提供支撑，减少刚架构件平面外无支撑长度；檩条、墙梁与刚架梁、柱外翼缘相连点是钢构件的外侧支点，隅撑与刚架梁、柱内翼缘相连点是钢构件的内侧支点。隅撑宜连接在内翼缘，也可以连接内翼缘附近的腹板或连接板上，距内翼缘的距离不大于 100mm。端部刚架的屋面斜梁与檩条之间，因为只能单面设置隅撑，隅撑对屋面斜梁施加了侧向推力，有潜在的危险，因此除规定的抗风柱位置外，不宜设置隅撑。

本条采纳《门式刚架轻型房屋钢结构技术规范》GB 51022-2015 第 5.1.1 条、7.1.5 条、7.2.2 条、8.4.1 条、8.4.2 条有关内容。

**5.1.7** 门式刚架轻型房屋钢结构在安装过程中，应及时安装屋面水平支撑和柱间支撑。采取措施对于保证施工阶段结构稳定非常重要，临时稳定缆风绳就是临时措施之一。要求每一施

工步完成时,结构均具有临时稳定的特性。安装过程中形成的临时空间结构稳定体系应能承受结构自重、风荷载、雪荷载、施工荷载以及吊装过程冲击荷载的作用。

本条采纳《门式刚架轻型房屋钢结构技术规范》GB 51022-2015 第 14.2.5 条有关内容。

**5.2.1** 合理的结构布置是保证多高层钢结构安全与经济的前提。多高层钢结构两个主轴方向动力特性宜相近;建筑平面宜简单、规则,结构平面布置宜对称,水平荷载合力作用线宜接近抗侧力结构的刚度中心;建筑竖向体形宜规则、均匀,结构竖向布置宜使侧向刚度和受剪承载力沿竖向均匀变化;支撑布置平面上宜均匀、分散,沿竖向宜连续布置;设置地下室时,支撑宜延伸至基础或在地下室相应位置设置剪力墙。对结构平面和竖向布置的规则性是结构设计的基本要求,当使用功能或建筑方案难以满足结构的规则性要求时,应考虑其影响。

多高层钢结构的变形能力可通过承载力不退化或退化小于 15-20%时的变形与屈服变形的比值来表征,比值越大变形能力越好。当结构中存在薄弱层时,地震作用下塑性变形会集中在薄弱部位,对该部位的变形能力的需求就会很高而难以满足要求,因此应加以避免。

多高层钢结构宜采用双重抗侧力结构体系,是实现多道抗震设防的有效途径。

本条与《建筑与市政工程抗震通用规范》协调。

**5.2.2** 《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ99-2015 规定是:梁的弯曲和扭转变形,必要时考虑轴向变形;柱的弯曲、轴向、剪切和扭转变形;支撑的弯曲、轴向和扭转变形;延性墙板的剪切变形;消能梁段的剪切变形和弯曲变形。本条第 3 款基本一致。

钢-混凝土组合结构、钢框架-混凝土核心筒混合结构等主结构由混凝土和钢材组成,混凝土因为开裂、收缩、徐变及较早进入非线性而带来的刚度变化,影响弹性阶段内力在钢构件和混凝土构件之间的分配,也会影响使用阶段的变形。应注意变形限值与计算模型之间的匹配关系;民用建筑钢梁与上部混凝土楼板采用栓钉连接,楼板与钢梁实际上组成组合梁,相对于纯钢梁的刚度放大了许多。

本条采纳《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ99-2015 第 6.2.1 条、6.2.2 条、6.2.3 条有关内容。

**5.2.3** 二阶效应系数是侧力工况下二阶分析侧移与线弹性分析侧移的比值减去 1。二阶效应大于 0.2,表示结构相对自身承受的重力荷载,抗侧刚度偏小,所以对二阶效应系数进行限值。二阶效应系数的限值,与高规中 6.1.7 条对刚重比的限值是等价的。

二阶分析具有简单性的特点,但是必须配合引入假想水平荷载才能加以应用。

本条采纳《钢结构设计标准》GB50017-2017 第 5.1.2 条、5.1.6 条、5.4.1 条有关内容。

**5.2.4** 抗震设计内容非常丰富,本条仅对最重要的几点做出规定。

1 房屋抗震等级的要求,引用抗震规范 GB50011-2010 的表 8.1.3;

2 为保证结构体系具有良好的变形能力,抗震设计的结构引入能力设计法,使得容易导致结构出现脆性破坏的部位具有较高的强度而不会破坏,让塑性变形出现在变形能力好的构

件和部位。但是，能力设计法的内容非常丰富，并且含有免除条款，所以本条第2款仅做宏观要求。

3 框架柱和支撑的长细比是保证结构整体抗震性能的一个构造要求，所以应做出规定。

4 抗震结构需要通过塑性变形来削减输入结构的地震作用，通常钢梁的梁端需要形成塑性铰，宽厚比限值要求较严；而满足强柱弱梁要求的框架柱可以适当放宽要求。抗震设计时取用的地震作用越大，则设防地震作用时需要的塑性变形能力越小，宽厚比可以适当放松。

5 支撑是地震作用下首先屈曲的构件，塑性变形大，所以给予更加严格的宽厚比限值。本款是强制性的要求。

本条与《建筑与市政工程抗震通用规范》协调。

**5.2.5** 由于设置伸臂桁架，在同层及上下层的核心筒与柱的剪力、弯矩都增大，构件截面设计及构造上需加强。在高烈度设防区，当在较高的或者特别不规则的高层民用建筑中设置加强层，应采取进一步的性能设计要求和措施。在设防地震或预估的罕遇地震作用下，对伸臂桁架及相邻上下各一层的竖向构件提出抗震性能的更高要求，另外，超高层建筑加强层，及其上下层。楼层地震剪力发生反向突变。《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99-2015 第7.1.6条不能全涵盖。因此应通过建立合理的加强层几何模型，按计算实际结果进行抗震加强设计。

本条采纳《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ99-2015 第7.7.2条有关内容。

**5.3.1** 大跨度钢结构一般是指跨度等于或大于60m的钢结构，可采用桁架、刚架或拱等平面结构或网架、网壳、悬索结构和索膜结构等空间结构。大量的研究及工程实践表明，空间结构的受力性能受支座约束条件影响较大，对于结构的静力响应和地震响应计算模型，均应考虑支座节点构造及支承结构刚度等约束条件，建立合理的简化支承模型。对于体型复杂、跨度较大的结构，由于在地震等动力荷载作用下下部支承结构可能发生损伤，刚度发生变化，且与上部结构会产生耦合动力影响，因此应建立整体模型进行计算。

本条采纳《空间网格结构技术规程》JGJ7-2010第4.1.6条、4.1.7条，《索结构技术规程》JGJ 257-2012第5.1.4条、5.5.5条有关内容。

**5.3.2** 大跨度钢结构的屋盖面积较大，且往往呈现高低错落的复杂造型，易导致雪荷载不均匀堆积。近年来，因积雪造成的屋盖结构局部破坏甚至是整体倒塌事故屡有发生。灾害调查分析表明，在设计阶段对雪荷载作用估计不足是重要原因之一。因此在设计时应予以足够重视，从构造和计算分析两方面予以保证。

本条采纳《空间网格结构技术规程》JGJ7-2010 第4.3.3条，《索结构技术规程》JGJ 257-2012 第5.3.2条有关内容。

**5.3.3** 单层网壳和厚度较小的双层网壳均存在整体失稳（包括壳面局部失稳）的可能性；设计某些单层网壳时，稳定性还可能起控制作用，因而对这些网壳应进行稳定性计算。

本条采纳《空间网格结构技术规程》JGJ7-2010第4.3.1条、4.3.4条有关内容。

**5.3.4** 大跨度钢结构的抗震性能比较好，在震后经常作为灾后避难场所使用，因此应保证在较强地震作用下的安全。大跨度钢结构的地震作用有两个明显特点，竖向地震作用影响显著，多个振型（包括高阶振型）参振，在抗震验算时应充分考虑。

本条采纳《空间网格结构技术规程》JGJ7-2010第4.4.1条、4.4.2条、4.4.3条、4.4.8条有关内容。

**5.3.5** 工业建筑中吊车应用非常普遍，网架、双层网壳、立体桁架结构是工业建筑中常采用的屋盖结构形式，悬挂吊车所引起的疲劳破坏具有隐蔽性和突然性，其破坏会造成重大生命和财产损失，因此，应对结构的疲劳性能进行验算。单层网壳由于承受集中力对于其内力与稳定性不利，故不应设置悬挂吊车。

本条采纳《空间网格结构技术规程》JGJ7-2010 第 1.0.4 条有关内容。

**5.3.6** 大跨度钢结构用于楼盖时，除应满足承载力、刚度和稳定性要求外，还应根据使用功能的不同，满足相应舒适度的要求。可以采用提高结构刚度或采取耗能减振技术满足结构舒适度要求。

**5.3.7** 索膜结构中的索和膜是柔性的，需要通过引入预张力来维持结构形状的稳定并抵御外荷载，故预张力对索膜结构的成形及受力性能具有至关重要的作用。因此，索膜结构的分析包括初始形态分析和荷载态分析两部分。由于索膜结构的刚度偏柔，在外荷载作用下结构变形显著，因此分析中必须要考虑几何非线性效应。当外荷载作用抵消构件内的预张力时，构件会出现松弛，刚度退化为零，导致结构整体刚度下降，甚至会变为机构，为避免这种现象的出现，应合理设置预张力值。预张力的大小应保证结构在永久荷载控制的荷载组合作用下，索膜构件均不得出现松弛；但在可变荷载（如风荷载）控制的荷载组合作用下，索膜构件可出现局部少量松弛，但不得影响结构的安全性和正常使用功能。预应力钢结构中的预张力确定也应符合上述原则。

本条采纳《空间网格结构技术规程》JGJ7-2010 第 4.2.5 条，《索结构技术规程》JGJ 257-2012,第 5.1.2 条、5.1.5 条有关内容。

**5.3.8** 大型复杂钢结构在施工安装阶段的支承条件往往与使用阶段不一致，故应特别注意对施工安装阶段全过程位移和内力的分析计算，并应对结构内力和位移进行同步监测，与施工验算结果比较，确保施工安全和成形精度。索膜结构的施工张拉方法及次序对于施工安全性及最终成形精度均有影响，故此本条要求张拉过程应遵循分级、对称、匀速、同步的原则。

本条采纳《空间网格结构技术规程》JGJ7-2010 第 4.1.8 条，《索结构技术规程》JGJ 257-2012 第 5.2.4 条、7.4.1 条、7.4.3 条、7.4.4 条有关内容。

**5.4.1** 塔桅钢结构与高层钢结构显著不同，其控制指标也不相同，这些指标经过工程实践证明是合理的。对于这类高耸结构，限定变形的目的仅仅是为了限定非线性变形对结构的不利作用。当在计算中考虑非线性变形对结构的不利作用时，可将变形限制条件适当放宽。

本条采纳《高耸结构设计标准》GB50135-201X 报批稿第 3.0.11 条、7.2.5 条有关内容。

**5.4.2** 塔桅钢结构对风敏感，应在荷载规范要求的最小基本风压基础上适当增加，计算用最小基本风压不得小于  $0.35\text{kN/m}^2$ ；塔桅钢结构多为镂空钢结构，受力复杂，且多数为质量刚度不均匀变化，荷载规范适用性不强，宜通过风洞试验确定。

本条采纳《高耸结构设计标准》GB50135-201X 报批稿第 4.2.1 条、4.2.16 条有关内容。

**5.4.3** 因覆冰引起的塔桅钢结构特别是输电线路事故每年多达数十次，2008 年我国中部出现了 50 年一遇的特大覆冰灾害，造成 10 多个省部分电力供应中断，灾后重建投资了 100 多亿。设计时充分考虑覆冰荷载的影响，可以最大限度地减少类似事故的发生。

本条采纳《高耸结构设计标准》GB50135-2006 第 4.3.1 条有关内容。

**5.4.4** 绝大部分塔桅钢结构都是外露在大气中，需要有长效防腐机制，镀锌是目前通用的选择。全寿命维护费用降低。在电力、广电、通信领域的塔桅钢结构一直采用热浸锌防腐，事实证明，有着较理想的效果。

本条采纳《高耸结构设计标准》GB50135-201X 报批稿第 5.1.5 条有关内容。

**5.4.5** 单圆钢管或单多边形钢管塔在通信领域和电力领域应用较广，应给出径厚比限值。单管塔中钢管径厚比限值为 400，但需局部稳定验算。

本条采纳《高耸结构设计标准》GB50135-201X 报批稿第 5.6.2 条有关内容，并参照《烟囱设计规范》GB50051-2013 的有关内容。

**5.5.1** 钢筒仓常用于建材、煤炭、冶金、化工、石化及粮食等行业中，其水平平面形状为圆形或矩形，采用中心装、卸料方式，储存固体散料。如何选择适当的仓底形式，是钢筒仓设计的重要环节之一。根据多年来建成钢筒仓的统计，圆形钢筒仓仓底结构的钢材消耗约占整个钢筒仓的 25%~50%，而且在直径、贮量相同条件下，由于仓底结构选型的差异，材料消耗指标变化的幅度很大。此外，仓底是否合理，对于卸料的畅通与否，影响也很大。

本条采纳《钢筒仓技术规范》GB 50884-2013 第 3.4.3 条有关内容。

**5.5.2** 钢筒仓的自重相对较轻，贮料荷载占主导地位。由于贮料的空、满仓荷载变化将引起地基变形，地基变形可能导致各单体构筑物的相对位移，各单体构筑物之间的连接枝桥、连廊、输送地道因地基变形引起各单体构筑物之间的相对位移，影响使用或造成破坏。

本条采纳《钢筒仓技术规范》GB 50884-2013 第 3.1.5 条、3.1.6 条有关内容。

**5.5.3** 钢筒仓为工业生产用特种结构，设计中除需考虑常规荷载外，还需考虑贮料荷载、设备荷载、仓外堆料荷载及管道输送产生的正负压力等特殊作用。

本条采纳《钢筒仓技术规范》GB 50884-2013 第 4.1.1 条有关内容。

**5.5.4** 不同品种的贮料，对筒仓壁的侧压力计算参数和摩擦力计算参数不同，对筒仓壁的荷载作用效应差别较大。因此，应采用对结构产生最不利作用的贮料品种的参数计算。波纹钢板钢筒仓卸料时，贮料与仓壁间的相对滑移面并不完全是波纹钢板表面，位于钢板外凸波内的贮料与仓内流动区内的贮料之间也发生相对滑移，由于采用贮料的内摩擦角计算得到的贮料对仓壁的摩擦力比采用贮料对平钢板的外摩擦角时大，故在考虑贮料对仓壁的摩擦作用

时，基于安全的考虑，取贮料对平钢板的内摩擦角进行计算，以求得在最不利工况下的设计值。

本条采纳《钢筒仓技术规范》GB 50884-2013 第 4.2.2 条有关内容。

**5.5.5** 地震作用下贮料对仓壁的局部压力对仓壁设计是一项重要荷载，因此要求计算。

本条采纳《钢筒仓技术规范》GB 50884-2013 第 4.3.6 条、4.3.7 条有关内容。

**5.5.6** 竖向地震作用对仓下漏斗与仓壁的连接影响较大，高烈度区应考虑。

本条采纳《钢筒仓技术规范》GB 50884-2013 第 4.3.8 条有关内容。

**5.5.7** 总结历年来筒仓工程事故，其中不乏构件连接破坏、单个构件失稳、整体倾覆、整体失稳、空仓时风荷载作用下或满仓时地震荷载作用下筒仓与基础连接处锚固螺栓破坏，进而引起筒仓整体倒塌，造成财产和人员的重大损失。其原因均为筒仓结构构件及连接的设计强度、稳定性、整体抗倾覆能力、基础锚固的承载能力小于实际外部荷载效应，因此必须对本条所列的各项进行计算，以确保在极限状态下筒仓结构的承载能力大于外部荷载作用效应，保证筒仓结构安全。

本条采纳《钢筒仓技术规范》GB 50884-2013 第 5.1.2 条、6.1.2 条有关内容。

**5.5.8** 本条旨在避免首次装料时地基产生过大的压缩变形，控制分批装料每批地基沉降量，确保使用安全。由于贮料荷载自重很大，除建在基岩上的钢筒仓外，地基都会因装、卸贮料产生变形，为避免首次装料时地基产生过大的压缩变形，在设计文件中应根据钢筒仓容量和地基条件提出首次装卸料的要求，如分批装料，每批装料后的允许沉降量、下批装料条件等。控制每批地基沉降量，确保使用安全。应根据不同行业的贮料特点制定相应的装料要求。如水泥行业：根据地基土的情况，1个月内装1/3；1~3个月装2/3；3个月以后逐步装满。或者3个月内装1/3；3~6个月装2/3；6个月以后逐步装满。群仓要均匀装料。

本条采纳《钢筒仓技术规范》GB 50884-2013 第 3.1.7 条有关内容。

**5.6.1** 本规范中钢结构桥梁是指城市道路桥梁、轨道桥梁、人行天桥等钢结构桥梁。结构应做到经济合理，结合我国的制造工艺和技术装备，考虑结构形式及构造细节便于制造。应结合拟定的架设方案、起吊设备、城市道路运输条件和使用条件，确定构件长度及重量，在运输、架设、使用的过程中防止构件产生过大的变形。构造细节，尤其是重要、复杂的连接部位，应便于养护人员日常检查、维护和检测设备的进入。

本条采纳《城市桥梁设计规范》CJJ11-2011 第 3.0.16 条有关内容，并参照《公路钢结构桥梁设计规范》JTG D64-2015 第 1.0.6 条和《AASHTO LRFD BRIDGE DESIGN SPECIFICATIONS》-2012 第 6.5.1 条有关内容。

**5.6.2** 城市桥梁是城市生命线系统中的重要组成部分，在抗震救灾中更是抢救人民生命财产和减轻次生灾害的重要节点。本着确定重点的原则，对抗震分类、措施、地震动参数、以及减隔震基本要求，考虑城市桥梁的重要性和在抗震救灾中的作用，根据地震对城市桥梁影响，

确定抗震目标、设防等级、抗震措施等技术要求，将《城市桥梁抗震设计规范》CJJ 166-2011 中的设计原则纳入本规范。

本条采纳《城市桥梁设计规范》CJJ 11-2011 第 3.0.16 条，《城市桥梁抗震设计规范》CJJ 166-2011 第 3.1.3 条、3.1.4 条、9.1.3 条有关内容，并参照《AASHTO LRFD BRIDGE DESIGN SPECIFICATIONS》-2012 第 6.16 节和《城市桥梁抗震设计规范》CJJ 166-2011 有关内容。

**5.6.3** 近年来相继发生了简支梁、连续梁桥整体横向倾覆直至垮塌的事故案例，其破坏过程表现为，作为桥梁上部结构约束边界条件的单向受压支座脱离，其上部结构支承体系边界条件发生变化，不再提供有效约束，造成上部结构变形及受力失稳，以至垮塌。此类破坏按照《工程结构可靠性设计统一标准》GB50153-2008 的相关规定，这类破坏属于承载能力极限状态范畴。

桥梁上部结构的约束边界条件是桥梁持久状况的基本条件，国内外相关规范基本采用严格控制边界条件的改变作为抗倾覆验算工况，近年多座桥梁因此发生破坏或倾覆，直接导致重大事故。

桥梁在全生命周期内遇到的荷载是非常复杂的，计算难以完全覆盖（譬如超载、超大地震等），而一些简单有效的构造措施往往可以起到重要的二道防线作用，避免灾难的发生。

本条与《工程结构通用规范》协调，并参照《公路桥涵通用设计规范》JTG D60-2015 第 4.1.9 条，《公路钢结构桥梁设计规范》JTG D64-2015 第 4.2.2 条，《钢-混凝土组合桥梁设计规范》GB50917-2013 第 4.5 节，《AASHTO LRFD BRIDGE DESIGN SPECIFICATIONS》-2012 第 5.5.4、5.6.2 条有关内容。

**5.6.4** 桥梁结构的竖向挠度直接反应其整体刚度，规定了钢结构桥梁的竖向挠度限值和作用组合要求。

本条采纳《公路钢结构桥梁设计规范》JTG D64-2015 第 4.2.3 条有关内容。

**5.6.5** 对于桥梁结构，汽车荷载是导致疲劳破坏的主要因素，特别是正交异性桥面板结构。近年来钢结构桥梁的出现的病害大多与此相关。为减少钢结构桥梁在汽车荷载作用下导致的疲劳破坏，故在本规范中对车辆荷载作用下的疲劳验算进行规定。

本条采纳《公路钢结构桥梁设计规范》JTG D64-2015 第 5.5 节有关内容，并参照《AASHTO LRFD BRIDGE DESIGN SPECIFICATIONS》-2012 第 6.5.3 条、6.6 节、6.10.5 条有关内容。

**5.6.6** 根据大量统计结果，天桥结构舒适度受人群荷载频率的影响较大，国内外大多数舒适度评价标准都与频率有关，人致振动竖向荷载的谐波频率基本处于 1.25~4.6Hz，侧向荷载的一阶谐波频率基本处于 0.5~1.2Hz，处于上述频率范围内的天桥结构易产生共振。为保证人行走在天桥上的舒适程度，在控制主梁的竖向自振频率的基础上，对人致振动加速度的指标也提出了要求。

本条采纳《城市人行天桥与人行地道技术规范》CJJ 69-1995 第 4.4.9 条、4.5 节有关内容，并参照《德国人行桥设计指南》EN03-2007 有关内容。

**5.6.7** 在考虑环境影响和使用期内一定的维护条件后，结构在使用寿命内的性能退化不应影响结构的正常使用，对钢桥耐久性设计提出的规定包括：

(1) 应依据防腐设计采取钢材的防护措施；

(2) 对于容易受到腐蚀、机械磨损和疲劳影响的部件，应设计成便于检测、维修和替换的形式，同时应提供在使用期内对部件检修和维修的通道；对于不能够检测的部件，应该进行疲劳验算，同时应设定合理的容许腐蚀厚度值；

(3) 对于寿命达不到桥梁设计寿命的部件应是可更换的。

本条采纳《公路钢结构桥梁设计规范》JTG D64-2015 第 15 章，《公路钢混组合桥梁设计与施工规范》JTG/T D64-01-2015 第 10.1.1 条有关内容。

**5.7.1** 钢结构一般具有良好的抗震性能，但结构体系不合理时，在地震下也会产生严重破坏甚至倒塌。本条是确保钢结构体系具有良好抗震性能的重要要求。对于特别重要的建筑和高烈度地震区的建筑，采用隔震和减震技术，可以大大减小地震对结构的影响，提高结构抗震的安全性。甲类建筑和 8 度及以上设防烈度地区的乙类建筑，宜采用隔震与减震技术。

本条与《建筑与市政工程抗震通用规范》协调。

**5.7.2** 钢结构的塑性变形能力与钢材的伸长率直接相关；而钢材的强化水平（抗拉强度与屈服强度的比值）对钢结构塑性发展有重要影响，钢材的强化水平越高，钢结构塑性发展区域越大，塑性变形的能力则越强；而地震是会有冲击效应，因此钢材应具有合格的冲击韧性。钢材的超强系数是指钢材屈服强度的实测值与名义值之比，钢材的超强系数越大，则钢材实际屈服强度越高。由于钢结构是按照钢材的名义屈服强度设计的，钢材的超强系数过大时，会影响钢结构在地震下塑性分布与发展，造成结构不能按照设计预定的形式发展塑性变形，从而达不到设计的抗震能力。

本条与《建筑与市政工程抗震通用规范》协调。

**5.7.3** 结构抗震验算更加重要的是进行设防烈度和罕遇烈度的抗震验算，但此时结构一般进入塑性，结构抗震验算较为复杂。为简化设计，减少抗震验算工作量，我国《建筑抗震设计规范》GB50011-2010 在 1989 年修订版中，将结构设防烈度的抗震验算，转换为众值烈度地震作用下构件承载力验算的形式。而构件的抗震承载力与非抗震的承载力不同，为在抗震设计时也采用与非抗震设计相同的承载力设计值，引入了不同构件的承载力抗震调整系数。

本条与《建筑与市政工程抗震通用规范》协调。

**5.7.4** 多遇地震作用下，多层和高层钢结构房屋的楼层位移的限值，主要防止外围护墙体、门窗等非结构构件破坏跌落；而罕遇地震作用下，多层和高层钢结构房屋的楼层位移的限值，主要为防止结构倒塌。

本条与《建筑与市政工程抗震通用规范》协调。

**5.7.5** 本条主要为了保证在地震作用下构件充分发展塑性变形时，构件的连接不应破坏。

本条与《建筑与市政工程抗震通用规范》协调。

**5.7.6** 为了确保隔震和消能减震的效果，隔震装置和消能减震部件的性能参数应该严格检验。隔震装置和消能减震部件的检验分产品认证形式检验和工程项目抽检，工程设计采用和项目采购的隔震装置和消能减震部件，应该为通过第三方形式检验的产品，每个工程项目还应该对实际采用的隔震装置和消能减震部件的产品进行抽检，确认产品实际性能参数与设计时取用的性能参数一致。

本条与《建筑与市政工程抗震通用规范》协调。

**5.7.7** 以上隔震基本构造是保证隔震建筑在地震作用下能够有效、可靠的发挥作用的必要条件，因此制定本规定。

本条与《建筑与市政工程抗震通用规范》协调。

**5.7.8** 为保证隔震功能有效发挥和建筑安全性，对支座的安全性验算是必须的。对于常用的橡胶隔震支座，主要验算项目为支座的承载能力和大震变形。

本条与《建筑与市政工程抗震通用规范》协调。

**5.7.9** 金属位移型消能部件在反复作用下如果发生塑性变形，容易发生低周疲劳破坏，一般塑性变形越大，发生低周疲劳破坏的反复循环次数越少，为保证金属位移型消能部件不发生低周疲劳破坏，应该限制金属位移型消能部件在罕遇地震作用下的最大塑性变形。

无论位移型或速度型消能部件，连接节点的承载力应该大于罕遇地震作用下消能部件的最大内力，以确保消能减震部件在罕遇地震作用下正常工作，发挥减震作用。

风载的反复作用频次较大，为防止金属位移型消能部件在风载下的低周疲劳破坏，应限制金属位移型消能部件在基本风压作用下屈服。

**5.8.1** 钢结构防护主要包括钢结构防腐蚀、防火和隔热，也涉及钢结构成品保护的内容。我国在钢结构防腐蚀和防火的技术方面有了长足的进步，但是跟国外相比，仍然存在较大的差距，特别是在外观、局部处理及维修方面。本节编写的目的是要改变这种局面，淘汰落后工艺，加强防护施工对环境的保护。

钢结构的布置、构件选型和连接构造应有利于增强自身的防护能力，对危及人身安全和维修困难的部位以及重要的承重构件应加强防护措施。

本条采纳《钢结构设计标准》GB50017-2017 第 18.1.1 条、18.2.1 条有关内容。

**5.8.2** 本条规定了钢结构设计文件需要明确的钢结构防护具体内容，包括防护设计的依据及设计结果。只有明确了这些内容，才能够真正起到指导施工的作用。

防护设计是做好防护工程的关键环节，针对当前钢结构工程设计中此部分内容常有缺失或过于简单的情况，本条对其内容和技术要求的大纲作出了具体的规定。

**5.8.3** 钢结构的防腐蚀设计既要做到安全适用,同时要考虑经济发展水平,要做到经济合理,需要根据不同的腐蚀等级来具体设计。对于强腐蚀环境,钢材年锈蚀率可达 80 $\mu\text{m}$  甚至更高,即使采用长效防腐措施的钢结构也不尽合理,故不宜直接采用钢结构。

**5.8.4** 钢结构防腐蚀设计是防腐蚀工程中的重要环节,本条规定了设计时需要具体考虑的因素。

本条采纳《钢结构设计标准》GB50017-2017 第 19.2.1 条有关内容。

**5.8.5** 钢结构构件的设计耐火极限确定是防火设计的重要内容,不同结构构件或节点的耐火极限应根据其在结构中发挥的不同作用按其重要性分别进行确定。

本条采纳《建筑钢结构防火技术规范》GB51249-2017 第 3.1.1 条有关内容。

**5.8.6** 火灾下钢结构的破坏,实质上是由于随钢结构温度升高,钢材强度降低,其承载力随之下降,致使结构不足以承受火灾时的荷载效应而失效破坏。因此,钢结构的防火设计实际上是火灾高温条件下的承载力设计,其设计原理与常温条件下钢结构的承载力设计是一致的。

本条采纳《建筑钢结构防火技术规范》GB51249-2017 第 3.1.2、3.1.3 条、3.2.1 条有关内容。

## 6 施工及验收

**6.1.1** 钢结构加工质量是钢结构产品质量的重要保证,因此要求钢结构制作与安装单位应有完善的技术、质量、安全、环境等的保证体系。随着建筑工业化的不断推进,钢结构建筑作为工业化建筑的主要代表,在加工制作中应大力推广机械化与自动化生产线,减少或消除手工作业,并且在生产过程中采用信息化管理手段,不断提高生产效率、降低生产成本、改善生产环境和提高产品质量,提升钢结构行业的整体制造水平,这也符合目前国家正在大力提倡建筑工业化和中国制造 2025 的要求。

本条与《建筑与市政工程质量控制通用规范》协调。

**6.1.2** 钢材在冷热加工时,应按下列规定控制加工温度:

1 碳素结构钢在环境温度低于-16 $^{\circ}\text{C}$ 、低合金结构钢在环境温度低于-12 $^{\circ}\text{C}$ 时,不得进行剪切和冲孔。

2 碳素结构钢在环境温度低于-16 $^{\circ}\text{C}$ 、低合金结构钢在环境温度低于-12 $^{\circ}\text{C}$ 时,不得进行冷矫正和冷弯曲。碳素结构钢和低合金结构钢在加热矫正时,最高温度不得超过 900 $^{\circ}\text{C}$ ,最低温度不得低于 600 $^{\circ}\text{C}$ 。

3 热加工成型加热温度为 900 $^{\circ}\text{C}$ ~1000 $^{\circ}\text{C}$ ,碳素结构钢和低合金结构钢分别在温度下降到 700 $^{\circ}\text{C}$ 和 800 $^{\circ}\text{C}$ 之前,应结束加工。同一构件不得反复进行热加工,温度冷却到 200~400 $^{\circ}\text{C}$ ,严禁锤打、弯曲和成型。

本条与《建筑与市政工程质量控制通用规范》协调。

**6.1.3** 确定组装顺序时,应按组装工艺进行。编制组装工艺时,应考虑设计要求、构件形式、

连接方式、焊接方法和焊接顺序等因素。对桁架结构应考虑腹杆与弦杆、腹杆与腹杆之间多次相贯的焊接要求，特别对隐蔽焊缝的焊接要求。

构件的隐蔽部位应在焊接、涂装等工序完成并经验收合格后进行封闭，对完全封闭的构件内表面可不涂装（钢桥、钢筒仓等应按设计要求处理）。

对隐蔽部位的验收应由施工单位、监理单位和建设单位共同参与。

对闭口截面构件（如钢管、箱型截面等）的端头应进行封闭，防止截面内进水，对构件内表面产生腐蚀，从而降低结构的安全性和使用寿命。

本条与《建筑与市政工程质量控制通用规范》协调。

**6.1.4** 吊车梁和吊车桁架要求在组装、焊接完成后不下挠，因此在下料、组装时应考虑预起拱或在组装、焊接时采取反变形措施。吊车梁承受疲劳载荷，其下翼缘受拉，在其下翼缘焊接临时工艺板，会使其产生额外的焊接应力和母材损伤等问题。

本条与《建筑与市政工程质量控制通用规范》协调。

**6.1.5** 高强度大六角头螺栓连接副的扭矩系数和扭剪型高强度螺栓连接副的紧固轴力（预拉力）是影响高强度螺栓连接质量最主要的因素，也是施工的重要依据，因此要求生产厂家在出厂前必须进行试验，并出具检验报告。

高强度螺栓连接副的质量是影响高强度螺栓连接安全性的重要因素，必须达到螺栓标准中技术条件的要求，不符合技术条件的产品，不得使用。因此，每一制造批必须由制造厂出具质量保证书。由于高强度螺栓连接副制造厂是按批保证扭矩系数或紧固轴力，所以在使用时应在同批内配套使用。

本条采纳《钢结构高强度螺栓连接技术规程》JGJ82-2011 第 6.1.2 条、6.3.1 条和 6.3.2 条有关内容。

**6.1.6** 钢板表面不平整，有焊接飞溅、毛刺等将会使板面不密贴，影响高强度螺栓连接的受力性能，另外，板面上的油污将大幅度降低摩擦面的抗滑移系数，因此表面不得有油污。表面处理方法的差异，直接影响摩擦面的抗滑移系数的取值，设计中要求的处理方法决定了抗滑移系数值的大小，故加工必须按设计要求进行处理。

抗滑移系数是高强度螺栓连接的主要设计参数之一，直接影响构件的承载力，抗滑移系数的试验和复验方法应符合现行国家标准的规定。

本条与《建筑与市政工程质量控制通用规范》协调，并采纳《钢结构高强度螺栓连接技术规程》JGJ82-2011 第 6.2.6 条、6.3.3 条有关内容。

**6.1.7** 构件加工完后应进行标识，以满足信息化管理要求。同时为保护加工好的构件在储存堆放和运输过程中不损坏、不变形，对所有构件均应进行合理包装。

构件在储存堆放时为防止锈蚀或腐蚀，应有防雨雪、防腐蚀和防污染等措施。

为确保运输过程中人员、车辆、道路设施及构件的安全，对四超（超长、超宽、超高、超重）构件和形状特殊的大型构件必须编制专门的运输方案，并与运管部门联系，采取有效

措施，确保运输过程的安全顺利。

构件的标识、包装和运输的有效控制，是构件加工质量好坏的重要环节，是质量追溯和保证的重要手段，应给予高度重视。因此必须加以规定。

本条与《建筑与市政工程质量控制通用规范》协调，并采纳《装配式钢结构建筑技术标准》GB/T51232-2016 第 6.5.1 条、6.5.2 条有关内容。

**6.1.8** 不锈钢构件加工、存储和运输过程需要特别注意保持材料的耐腐蚀性能。火焰切割的热量输入会降低不锈钢材料的耐腐蚀性；此外，不锈钢熔点高、导热性差，在用火焰切割不锈钢时，不锈钢表面会形成一层三氧化二铬氧化膜，妨碍下一层金属燃烧，不能正常切割。因此不推荐采用火焰切割，建议采用水切割、激光切割、剪板机和等离子弧切割等方式。同理，矫正变形时不宜采用热矫正。

**6.1.9** 建筑物的定位轴线、基础轴线、基础标高和地脚螺栓位置等直接影响到钢结构的安装质量，故应给予高度重视，并应在钢结构安装前进行交接验收。

本条与《建筑与市政工程质量控制通用规范》协调。

**6.1.10** 选择合理的安装方法和安装顺序应充分考虑结构特点和施工现场实际情况。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，应利用相邻构件或采用临时措施进行固定。临时支撑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，并应保证不使结构产生永久变形。

温度、日照、焊接等均会使钢结构产生变形，因此在测量、校正时应考虑这些因素对结构变形的影响。

本条与《建筑与市政工程质量控制通用规范》协调。

**6.1.11** 由于钢结构自重一般都较大，且吊装高度较高，一旦出现吊装事故造成的后果极其严重，因此，规定起重重量必须在吊机的额定起重量范围以内。吊装用钢丝绳、吊装带、卸扣、吊钩等吊具，在使用过程中可能存在局部的磨损、破坏等缺陷，使用时间越长存在缺陷的可能性越大，因此本条规定要求对吊具进行检查，以保证质量合格，防止安全事故发生。并在额定允许荷载的范围内进行作业，以保证吊装安全。

本条与《建筑与市政工程质量控制通用规范》协调。

**6.1.12** 钢结构防护质量的好坏，除了设计时要考虑各种因素外，施工方法、施工工艺等对防护质量的最终效果影响较大，故应对施工过程及施工工艺等进行过程管控。

**6.1.13** 钢材防腐涂层质量好坏很大程度上取决于钢材表面处理的好坏。据英国帝国化学公司介绍，涂层寿命受三方面因素制约：表面处理占 60%，涂装施工占 25%，涂料本身质量占 15%。故本条对钢材表面除锈进行了规定。

本条与《建筑与市政工程质量控制通用规范》协调。

**6.1.14** 本条对用于保护钢结构的防火涂料的成分加以限制，摒弃了有害健康的涂料。有的涂料含有石棉和苯类溶剂，会危害健康和污染环境，有的涂料在施工干燥后，仍散发出刺激性

气味，有的涂料显酸性或涂层易吸潮，对钢材有腐蚀，这些涂料均禁止使用。

**6.1.15** 环境保护是保证经济长期稳定增长和实现可持续发展的基本国家利益，环保概念日益深入人心，钢结构防护涂料的施工涉及到大量的易燃易爆和对人体有害的各类挥发性气体和粉尘，是钢结构建筑重要的污染源，如不严格管理，可能造成恶性安全事故。钢结构的防护施工应满足环境保护的要求。

**6.2.1** 焊接材料经焊接施工成为结构主体的重要组成部分，其质量对钢结构的承载安全有至关重要的影响。由于焊接材料种类繁多，且不同企业、不同批量的相同型号产品质量差异较大，为确保焊接材料满足设计要求，我国现行的包括特种设备、船舶及钢结构相关规范均有此项规定。

本条采纳《钢结构焊接规范》GB50661-2011 第 4.0.1 条有关内容。

**6.2.2** 焊接作为特殊作业过程，不同的焊接工艺参数对焊接接头性能影响显著，特别是随着钢材强度等级和塑性、韧性要求的不断提高，焊接的热过程既影响焊缝金属的各项性能，也直接影响到焊接接头热影响区的力学性能。由于焊接过程一旦完成，很难通过无损检测对其性能做出全面检验，故焊接施工前需要按照规定程序，对施工中拟采用的焊接工艺参数通过焊接模拟试件进行预先鉴定，模拟试件将经过无损检测和破坏性检验来验证其性能是否符合设计要求。这个评定过程是制定焊接操作规程的前置条件，必须在焊接施工前完成。只有采用评定合格的工艺进行焊接，方可认定焊接结构性能符合设计要求。

本条采纳《钢结构焊接规范》GB 50661-2011 第 6.1.1 条有关内容。

**6.2.3** 焊接施工作业环境的温度、湿度等因素直接影响焊接接头质量。在雨、雪天气或高湿环境下，不仅会导致焊缝出现气孔等几何缺陷，还会增加熔敷金属中的扩散氢含量，影响焊接接头性能；此外，在焊接过程有引发火灾、触电及触发易燃易爆物品等风险时，应严禁进行焊接作业。而低温条件下焊接，会加快焊接冷却速度，增强焊接接头组织脆化倾向，影响结构承载安全，甚至导致焊接裂纹。

本条采纳《钢结构焊接规范》GB50661-2011 第 1.0.3 条、第 7.5 节和《焊接与切割安全》GB 9448-1999 有关内容，同时借鉴美国《Structural Welding Code-Steel》AWS D1.1-2010 第 5.12 节和日本钢结构规范 JASS6 5.7 条有关内容。

**6.2.4** 本条强调了焊接作为特殊作业过程，在焊前、焊中、焊后进行全过程、实现焊接质量可追溯管理的具体要求：（1）焊接施工前，应检验工程中所用的钢材、焊接材料产品及质量证明文件应符合设计文件要求，需要复验的应有复验报告；焊工合格证书应在有效期内，其认可的操作范围应满足工程焊接需要；焊接工艺应经过焊接工艺评定或按照免于评定原则制定，其评定范围和试验过程要求应满足国家相关规定和工程焊接要求。（2）焊接工程中，应检验重要节点的装配质量、表面质量、道间清理的质量是否符合焊接工艺技术文件要求；焊接材料是否按照产品要求进行烘干、保存及使用；焊接电流、电压、焊接速度、预热温度、层间温度及后热温度和时间等是否符合焊接工艺规程要求；采用双面焊清根的焊缝，清根后

是否进行外观检查及规定的无损检测。(3) 焊接完成后, 应按照设计文件要求对焊缝的外观质量与外形尺寸、内部缺陷无损检测。

焊接过程中, 对影响焊接计算厚度和焊接冶金的一些关键因素, 如复杂节点的根部组装间隙、表面清理、预热温度和预热宽度等, 一旦焊接完成后无法完全检验, 必须要遵循层层把关的要求, 才能够做到焊接质量受控。

本条采纳《钢结构焊接规范》GB50661-2011 第 8.1.1 条、8.1.2 条有关内容, 同时借鉴美国《Structural Welding Code-Steel》AWS D1.1-2010 第 6 章和日本钢结构规范 JASS6 第 5 节有关有关内容。

**6.2.5** 焊接质量受施工条件影响较大, 确定合理的检验分批原则(如将工厂制造与现场安装单独组批等), 既可以为钢结构焊接后续施工工序创造条件, 又能够减小焊接施工条件的变动范围, 使抽样检验结果更具有代表性。

本条采纳《钢结构焊接规范》GB50661-2011 第 8.1.3 条、8.1.4 条有关内容。

**6.2.6** 焊缝质量等级是根据钢结构的重要性、荷载特性、焊缝形式、工作环境以及应力状态等因素确定的。一级焊缝一般都是承受动荷载且需要进行疲劳验算、焊缝横截面方向受拉力作用的对接焊缝或对接与角接组合焊缝, 这类焊缝工作条件苛刻, 对结构安全影响巨大, 必须确保每条焊缝质量符合要求, 故需进行 100% 的外观检测和无损检测。二级焊缝可以适当降低质量要求, 故参照美国、日本等国家标准, 提出了不低于 20% 的无损检测要求。钢结构受构造因素和现场条件等因素影响, 一般采用超声波探伤进行检测。但当超声波检测不能对质量做出准确判断, 或设计认为有必要时, 也可以采用射线检测或其他无损检测方法进行内部或表面探伤。由于焊缝外观质量, 特别是焊缝尺寸、咬边深度、表面气孔夹渣等质量问题, 影响焊缝的承载力、涂装质量、缺陷的发展、无损检测结构准确性等方面, 因此不管哪个级别的焊缝, 其外观都需要进行全数检查。

本条与《建筑与市政工程质量控制通用规范》协调, 并参照《钢结构焊接规范》GB50661-2011 第 8.2.3 条有关内容。

**6.2.7** 本条规定借鉴日本、美国等国家的相关标准, 结合我国钢结构行业的实际情况, 明确了当采用抽样检验时, 允许存在一定比例的一般缺陷, 禁止存在危险性缺陷的具体标准, 从而兼顾钢结构工程的质量安全性和经济性。

本条采纳《钢结构焊接规范》GB50661-2011 第 8.1.8 条有关内容。

**6.2.8** 多次焊接返修对钢材的金相组织和力学性能会带来不利影响, 且会增大接头区残余应力水平, 从而影响焊接接头的性能, 目前各类焊接产品对焊接返修次数都有明确规定。

本条采纳《钢结构焊接规范》GB50661-2011 第 7.12 节有关内容。

**6.3.1** 钢结构工程加工与安装质量应按下列要求进行控制:

1 钢结构加工和安装质量控制主要是对每道工序的控制, 即应在每道工序完成后进行质量检查, 合格后才能转入下一道工序。

2 为保证钢结构工程整体质量,各工种之间应密切配合,相互协调,并进行交接检验,为其他工种提供合格质量,确保整体质量合格。

本条与《建筑与市政工程质量控制通用规范》协调。

**6.3.2** 本条与《建筑与市政工程质量控制通用规范》协调,并采纳《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205-2001 第 3.0.4 条有关内容。

**6.3.3** 本条与《建筑与市政工程质量控制通用规范》协调,并采纳《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205-2001 第 3.0.5 条有关内容。

**6.3.4** 本条与《建筑与市政工程质量控制通用规范》协调,并采纳《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205-2001 第 15.0.1 条有关内容。

**6.3.5** 对整体垂直度和整体平面弯曲的控制是保证钢结构施工安装精度的重要措施。施工几何偏差不仅会造成后续构件安装的困难,还会在结构内部产生附加内力,使结构实际受力与计算简图不一致,给结构安全带来隐患。

本条与《建筑与市政工程质量控制通用规范》协调,并采纳《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205-2001 第 10.3.4 条、第 11.3.5 条有关内容。

**6.3.6** 网架结构理论计算挠度与网架结构安装后的实际挠度有一定的出入,这除了网架结构计算模型与其实情况存在差异之外,还与网架结构的连接节点实际零件的加工精度、安装精度等有着极为密切的联系。对实际工程进行的试验表明,网架安装完毕后实测的数据都比理论计算值大约 5%-11%。所以,本条允许比设计值大 15%是适宜的。

本条与《建筑与市政工程质量控制通用规范》协调,并采纳《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205-2001 第 12.3.4 条有关内容。

**6.3.7** 钢材的耐锈蚀性能较差,因此必须对钢结构采取防护措施。钢结构防止锈蚀通常采用表面刷漆、喷涂涂料等方法。防锈涂层的厚度往往对防锈体系有着关键的作用。从具体实际使用来看,涂层寿命随着涂层厚度的增加而延长。因此,保证漆膜厚度是保证钢结构耐久性的重要措施之一。本条强调了涂层厚度检测在钢结构验收中的重要性。

本条与《建筑与市政工程质量控制通用规范》协调,并采纳《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205-2001 第 14.2.2 条有关内容。

**6.3.8** 钢结构的抗火性能较差,为了防止和减小建筑钢结构的火灾危害,必须对钢结构采取安全可靠、经济合理的防火保护措施。涂覆防火涂料是目前在钢结构工程中常用的防火保护措施。钢结构耐火极限的性能指标与喷涂厚度密切相关。如果钢结构的防火涂料的厚度不按设计要求喷涂,钢材的耐火极限就不可能达到设计的要求。因此,防火涂料的施工质量直接关系到实际钢结构的抗火安全,应在验收过程中予以高度重视。

本条与《建筑与市政工程质量控制通用规范》协调,并采纳《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205-2001 第 14.3.3 条有关内容。

## 7 维护与拆除

**7.1.1** 维护的主要目的为保证结构及附属设施的安全，保障结构在服役期的正常使用。维护管理制度应明确检查、维护的内容、范围和执行计划。

结构在设计、施工完成交付使用后，除了自然灾害、恐怖袭击等偶然情况发生，结构安全性主要与日常维护是否及时得当、使用是否规范、是否存在超载、私自拆改、维修是否及时妥当等因素有关，因此结构全寿命周期内的安全必须加强结构维护与监管。不同安全等级、类型及环境条件不同的结构，其维护检查及管理的制度也不应相同，应具有针对性。

本条与《既有建筑维护与改造通用规范》协调。

**7.1.2** 维护应以预防为主，尽早发现问题，主要技术手段包括日常维护、检测、鉴定与监测技术；发现安全隐患应及时采取有效措施进行处理，以保障结构安全使用。

日常维护检查可以发现未按使用说明书的违规行为，并及时整改；评估为存在安全隐患的结构应进行检测与鉴定；

结构所有权人或使用人应当根据结构的类型、设计工作年限和已使用时间等情况，按照本规范规定，定期委托鉴定机构进行安全评估。

本条与《既有建筑维护与改造通用规范》协调。

**7.1.3** 巡视检查内容应包含主体结构外观、损伤、超载使用情况、危险品堆放及异常等情况；评估应根据巡视检查结果判断是否需要进一步检测或修缮。

梁、板、柱等结构构件和阳台、雨罩、空调外机支撑构件等外墙构件及地下室工程，使用中应注意维护；悬挑阳台、外窗、玻璃幕墙、外墙贴面砖石或抹灰、屋檐等，应注意维护，发现锈蚀或其他损伤应及时进行评估与检测。

本条与《既有建筑维护与改造通用规范》协调。

**7.2.1** 贯彻国家节约能源和环境保护的战略方针，倡导低噪音、低能耗、低污染的安全绿色拆除技术。拆除施工过程中，在保证安全生产等基本要求的前提下，通过科学的部署和合理的施工方法，最大限度地节约资源、并减少对环境负面影响的施工活动，实现节能、节地、节水、节材和环境保护。

本条采纳《建筑拆除工程安全技术规范》JGJ147 第 7.0.1 条、第 7.0.4 条和第 7.0.7 条有关内容。

**7.2.2** 有关图纸和资料是拆除工程设计、施工的必要依据，包括拟拆除物、施工现场及毗邻区域内供水、排水、供电、供气、供热、通信、广播电视等管线图纸及资料，气象和水文观测资料，毗邻建筑物、构筑物 and 地下工程的有关资料。拆除工程施工前，建设单位和施工单位应依据图纸和资料进行全面复核，掌握实际状况。

技术交底的主要内容应包括拆除技术要求、作业危险点与安全措施；每次技术交底应有书面记录，并由交底人和被交底人双方签字确认。

对生产、使用、储存危险品的拟拆除物，拆除施工前应先进行残留物的检测和处理，合格后方可进行施工。

本条采纳《建筑拆除工程安全技术规范》JGJ147 第 3.0.14 条、第 4.0.1 条、第 4.0.2 条和第 6.0.3 条有关内容。

**7.2.3** 为了确保人工拆除与机械拆除的安全作业，规定了拆除工程施工应遵循的基本原则：不得进行立体交叉作业。

规定机械或人工拆除的顺序，应按建造施工工序的逆顺序自上而下、逐层、逐个构件、杆件分区域进行拆除。

进入有限空间拆除施工，必须制定应急处置措施，配备有毒有害气体检测仪器，遵循"先通风、再检测、后作业"的原则。

"不明物体"是指无法确定其危险性、文物价值的物体，必须经过有关部门鉴定后，按照国家和政府有关法规妥善处理。

钢结构在拆除过程中施工人员和施工机具需要操作平台；同时由于被拆除的分段构件重量重，需要承重架以满足构件的临时堆放要求，并且又能对剩余结构进行支撑，确保剩余结构稳定安全。

对大型、复杂钢结构，由于部分构件拆除后的剩余结构可能存在稳定问题，因此在拆除前应进行施工仿真分析，并根据需要设置临时支撑架、增加临时构件等临时加固措施确保剩余结构的安全。对预应力钢结构拆除时，应先释放预应力再进行拆除。

本条采纳《建筑拆除工程安全技术规范》JGJ147 第 3.0.6 条、第 3.0.7 条、第 3.0.11 条、第 3.0.12 条、第 3.0.13 条、第 4.0.3 条、第 5.1.1 条、第 5.2.2 条有关内容。

**7.2.4** 拆除过程根据受力原理，规定了机械拆除的基本原则，即先拆除非承重结构，再拆除承重结构。部分拆除工程由于条件限制，在机械拆除的前提下，局部需要人工配合，为保证人员安全，防止机械伤害的发生，应严格控制人、机作业的距离和位置，应遵循人员安全为原则，不得与机械在同一作业面上作业。

本条采纳《建筑拆除工程安全技术规范》JGJ147 第 5.2.2 条和第 5.2.9 条有关内容。

**7.2.5** 坍塌、物体打击、高空坠落是人工拆除过程中最主要的危险源和高发事故，人工拆除必须遵循符合建筑物、构筑物特性的基本原则，按顺序、按步骤进行拆除，以避免此类安全生产事故的发生。

由于拆除作业过程中破坏了建筑结构，容易造成结构失稳。当作业人员站立在失稳的构件上时，可能会因建筑物的意外坍塌造成安全生产事故。人工拆除建筑墙体时，采用底部掏掘、人工推、拉倒的方式拆除墙体的做法，易引起墙体无规律的坍塌，发生生产安全事故，必须加强安全监管。

本条采纳《建筑拆除工程安全技术规范》JGJ147 第 5.1.1 条、第 5.1.2 条、第 5.1.3 条有关内容。

**7.2.6** 《爆破安全规程》GB6722-2014 详细规定了爆破拆除作业的分级和爆破器材的购买、运输、储存及爆破作业。

预拆除非承重墙体或不影响结构稳定构件，可以减少钻孔量和爆破装药量，有利于建筑塌落破碎解体，也有利于绿色施工技术的实施与管理。

装药前应做好验收工作，包括对炮孔、爆炸处理的构件逐个进行测量验收，并作好记录。凡须经公安机关审批的爆破作业项目施工验收，应有爆破设计人员参加，对验收不合格的炮孔、构件，应按设计要求进行施工纠正，或报告爆破技术负责人进行设计修改。

爆破拆除应设置安全警戒，安全警戒的范围应符合设计要求。盲炮又称拒爆，是最常见的爆破事故之一，处理盲炮比装药危险更大，同时还需对爆堆、爆破拆除效果以及对周围环境的影响等进行检查，发现问题后必须划定警戒区域并及时处理。

本条采纳《建筑拆除工程安全技术规范》JGJ147 第 5.3.1 条、5.3.3 条、第 5.3.6 条、第 5.3.9 条有关内容。

**7.2.7** 稳定问题是钢结构拆除的主要问题，钢结构拆除是一个动态的稳定过程，盲目拆除易造成剩余结构失稳，所以对结构的任何改变都应保证剩余结构的稳定性，尤其大跨度钢结构、预应力钢结构的稳定性对边界和荷载变化较为敏感，施工时更应重视。施工之前应对剩余的结构进行分析，在施工过程中，需由专人随时监测拆除物状态，及时发现拆除过程中的危险因素，以采取相应措施，消除隐患，保证施工安全。

局部拆除工程中无论是保留部分还是被拆除部分，影响安全的，均应先加固。

本条采纳《建筑拆除工程安全技术规范》JGJ147 第 3.0.8 条和第 3.0.9 条有关内容。

**7.2.8** 钢材是可循环利用的绿色建材，在拆除时应考虑最大限度地直接重复利用和局部修改后重复利用。当部分构件不能直接重复利用时，可回炉重新冶炼后再利用。

本条采纳《建筑拆除工程安全技术规范》JGJ147 第 3.0.15 条和第 7.0.7 条有关内容。

**7.2.9** 对直接重复利用的钢构件，应保证构件的材质、尺寸、焊缝质量、螺栓孔质量、涂装质量等均符合设计和国家标准的规定。对有疑义的构件应重新进行检测，合格后才能使用；拆除后的高强度螺栓严禁重复使用（螺栓球节点网架杆件中的高强度螺栓经外观检查后符合要求的可重复使用）；摩擦面应按设计要求重新进行处理。