UDC

中华人民共和国国家标准

P

GB XXXXX – 201X

钢 结 构 工 程 施 工 规 范

Code for Construction of Steel Structures

（征求意见稿）

201X – XX – XX 发布

201X – XX – XX 实施

中 华 人 民 共 和 国 住 房 与 城 乡 建 设 部

联合发布

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局

前　言

本规范根据中华人民共和国住房与城乡建设部建标[2007] 125 号（关于印发《2007 年工程建设标准规范制订、修订计划（第一批）》的通知）的要求，由中国建筑股份有限公司会同有关单位共同编制而成的。

本规范是钢结构工程施工的通用标准，提出了钢结构工程施工和过程控制的基本要求，并作为制修订相关专用标准的依据。在编制过程中，编制组进行了广泛的调查研究，总结了我国几十年来的钢结构工程施工实践经验，借鉴了有关国际和国外先进标准，开展了多项专题研究，并以多种方式广泛征求了有关单位和专家的意见，对主要问题进行了反复讨论、协调和修改，并经审查定稿。

本规范的主要内容有：总则、术语和符号、基本规定、材料、焊接、紧固件连接工程、钢零件及钢部件加工、钢构件组装、钢结构预拼装、钢结构安装、压型金属板、涂装、施工测量、工程监测、施工安全环保、附录。

本规范黑体字标志的条文为强制性文，必须严格执行。

本规范由住房和城乡建设部负责管理和对强制性条文的解释，由中国建筑股份有限公司或中建钢构有限公司负责具体技术内容的解释。为了提高规范质量，请各单位在执行本标准的过程中，注意总结经验，积累资料，随时将有关的意见和建议反馈给中国建筑股份有限公司（地址：北京市三里河路 15 号中建大厦中国建筑股份有公司科技部；邮政编码：XXXX；电子邮箱：XXXX），以供今后修订时参考。

本规范主编单位：

本规范参编单位：

1 总 则

1.0.1 为在钢结构工程施工中贯彻执行国家的技术经济政策，做到安全适用、确保质量、技术先进、经济合理，制定本规范。

【条文说明】1.0.1 本条阐明了钢结构工程施工（包括施工阶段设计、材料检验、构件制作与安装、施工监测等内容）遵循的原则与编制本规范的目的。

1.0.2 本规范适用于工业与民用建筑和一般构筑物钢结构工程。

【条文说明】1.0.2 本规范的适用范围包含工业和民用建筑工程中的单层、多层、高层钢结构及空间钢结构、高耸钢结构、构筑物钢结构、压型金属板等工程施工，也包含组合结构和地下结构中的钢结构施工。高耸钢结构包括广播电视发射塔、通讯塔、导航塔、输电高塔、石油化工塔、大气监测塔等；构筑物钢结构包括烟囱、锅炉悬吊构架、贮仓、运输机通廊、管道支架等。

1.0.3 钢结构工程应按本规范的规定进行施工，并按现行国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300 和《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 进行质量验收。

【条文说明】1.0.3 本规范主要对钢结构工程施工技术和工艺的相关内容进行统一规定，同时也对施工过程提出了相应的质量控制要求，要求钢结构工程施工按照本规范规定的技术和工艺要求执行；钢结构工程施工质量验收按现行国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300 和《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 执行。

1.0.4 钢结构工程施工时，除执行本规范的规定外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

【条文说明】1.0.4 根据标准编写及标准间关系的有关规定，本规范总则中应反映其他相关国家标准和规范的作用；与本规范有关的主要国家标准有《钢结构设计规范》GB50017、《钢结构焊接规范》GB50XXX、《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205、《高耸结构设计规范》GB 50135、《建筑抗震设计规范》GB 50011 等。

2 术语、符号

2.1 术 语

2.1.1 零件 part

组成部件或构件的最小单元，如节点板、翼缘板等。

2.1.2 部件 component

由若干零件组成的单元，如焊接 H 型钢、牛腿等。

2.1.3 构件 element

由零件或由零件和部件组成的钢结构基本单元，如梁、柱、支撑、钢板墙、桁架等。

2.1.4 后安装构件 delay element

设计文件要求延后安装的构件。

2.1.5 管桁架 tubular trusses

由数根管杆件在端部相互连接而成的格子式结构。

2.1.6 临时结构 temporary structure

在施工期间存在的、施工结束后需要拆除的结构。

2.1.7 临时措施 temporary measure

在施工期间为了满足施工需求和保证结构稳定而设置的一些必要的构造或临时零部件、杆件和结构，如吊装孔、连接板、辅助梁柱、承重架等。

2.1.8 空间刚度单元 space rigid unit

由构件组成的基本稳定空间体系。

2.1.9 焊接球节点 welding sphere joint

管直接焊接在球上的节点。

2.1.10 螺栓球节点 bolting sphere joint

管与球采用螺栓相连的节点。

2.1.11 铸钢节点 joint of structural steel casting

将钢结构构件、部件或板件连接成整体的铸钢件。

2.1.12 高强度螺栓连接副 set of high strength bolt

高强度螺栓和与之配套的螺母、垫圈的总称。

2.1.13　抗滑移系数　slip coefficient of faying surface

高强度螺栓连接中，使连接件摩擦面产生滑动时的外力与垂直于摩擦面的高强度螺栓预拉力之和的比值。

2.1.14　相贯线　intersecting line

面与面的相交线。

2.1.15　设计施工图　design drawing

由设计单位编制的作为工程施工依据的技术图纸。

2.1.16　施工详图　shop drawing

依据钢结构设计施工图，绘制的用于直接指导钢结构构件制作和安装的细化技术图纸。

2.1.17　设计文件　design document

由设计单位完成的设计图纸、设计说明和设计变更文件等技术文件的统称。

2.1.18　施工阶段结构分析　construction stage analysis

在钢结构制作、运输和安装过程中，为满足相关功能要求所进行的结构分析和计算。

2.1.19　预变形　preset deformation

为达到设计位形的控制目标，预先对结构或构件定位进行的初始变形设置。

2.1.20　预拼装　test assembling

为检验构件是否满足质量要求而预先进行的试拼装。

2.1.21　栓钉焊　stud welding

将栓钉焊于构件表面的焊接方法。

2.1.22　环境温度　ambient temperature

制作或安装时现场的温度。

2.1.23　成品件

【条文说明】本规范给出了 22 个有关钢结构施工方面的特定术语，都是从钢结构工程施工的角度赋予其涵义的，但涵义不一是术语的定义。本规范给出了相应的推荐性英文术语，该英文术语不一定是国际上的标准术语，仅供参考。

2.2　符　号

2.2.1 几何参数

a ——间距
b ——宽度或板的自由外伸宽度
d ——直径
e ——偏心距
f ——挠度、弯曲矢高
H ——柱高度
H_i ——各楼层高度
h ——截面高度
h_e ——角焊缝计算厚度
l ——长度、跨度
R_a ——轮廓算术平均偏差（表面粗糙度参数）
r ——半径
t ——板、壁的厚度
Δ ——增量

2.2.2 作用及荷载

P ——高强度螺栓设计预拉力
ΔP ——高强度螺栓预拉力的损失值
T ——高强度螺栓检查扭矩
T_c ——高强度螺栓终拧扭矩
T_o ——高强度螺栓初拧扭矩

2.2.3 其它

K ——系数

【条文说明】 本规范给出的符号，并对每一个符号给出了定义，这些符号都是本规范各章节中所引用的。

3　基本规定

3.0.1　钢结构工程施工单位应具备相应的钢结构工程施工资质，并有安全、质量和环境管理体系。

【条文说明】3.0.1　本条规定了从事钢结构工程施工企业的资质和相关管理要求，规范市场准入制度。

3.0.2　钢结构工程实施前，应有经施工单位技术负责人审批的施工组织设计、与其配套专项施工方案等技术文件。施工单位编制的技术文件应报送监理工程师或业主代表批准；对于重要钢结构工程的施工技术方案和安全应急预案，宜组织企业外部专家评审。

【条文说明】3.0.2　本条规定在工程施工前应该完成钢结构施工组织设计、专项施工方案等技术文件的编制和审批，以规范项目施工技术管理。钢结构施工组织设计一般包括编制依据、工程概况、资源配置、进度计划、施工平面布置、主要施工方案、施工质量保证措施、安全保证措施及应急预案、文明施工及环境保护措施、季节施工措施、夜间施工措施等内容，也可以根据工程项目的具体情况对施工组织设计的编制内容进行取舍。

组织企业外部的专家进行重要钢结构工程施工技术方案和安全应急预案评审的目的，是为广泛征求行业各方意见，以达到方案优化、结构安全的目的；评审可采取召开专家会、征求专家意见等方式。重要钢结构工程一般指：建筑结构的安全等级为一级的钢结构工程；建筑结构的安全等级为二级，且采用新颖的结构形式或施工工艺的大型钢结构工程。

3.0.3　钢结构工程施工的技术文件和承包合同技术文件，对施工工艺和质量的要求不得低于本规范和现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 的规定。

3.0.4　钢结构工程制作和安装必须满足设计施工图的要求；当需要修改时，应取得原设计单位同意，并签署设计变更文件。

3.0.5　钢结构工程在施工前应进行设计施工图、承包合同技术文件、施工组织设计和施工专项技术方案等技术交底。

3.0.6　钢结构工程施工及质量验收时，应使用经计量检定合格且在有效期内的计量器具，并按有关规定操作和正确使用。制作单位、安装单位、土建单位和监理单位应统一计量精度。

【条文说明】3.0.6　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，因此要求严格按有关规定正确操作和使用；为保证计量的统一性，规定同一项目的制作单位、安装单位、土建单位和监理单位统一计量精度。

3.0.7　钢结构施工用的专用机具和工具，应满足施工要求，并定期合格检验。

3.0.8　钢结构工程应按下列规定进行施工质量过程控制：

1　原材料及成品进行进场验收；凡涉及安全、功能的原材料及半成品，按相关规定进行复验，并见证取样、送样；

2　各工序按施工工艺要求进行质量控制，实行工序检验；

3　相关各专业工种之间交接检验；

4　隐蔽工程在封闭前进行质量验收。

【条文说明】3.0.8　本条第 1 款规定的见证，指在取样和送样全过程中均要求有监理工程师（建设单位技术负责人）在场见证确认。

3.0.9　钢结构工程施工应符合环境保护、劳动保护和安全文明等有关现行国家法律法规和标准的规定。

【条文说明】3.0.9　环境保护、劳动保护和安全文明的国家法律法规和标准有《中华人民共和国建筑法》、《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国安全生产法》。

4　工程施工阶段设计

4.1　一般规定

4.1.1　钢结构工程施工阶段设计一般包括施工阶段分析和验算、结构预变形设计、施工详图设计等内容。施工阶段的结构内力应按结构静力学方法进行弹性分析，验算应力限值原则上应在设计文件中进行规定，且构件验算应力最大值应控制在限值以内。

【条文说明】4.1.1　施工阶段的验算应力限值要求在设计文件中规定，结构验算应力的大小要求在设计文件规定的限值范围内，以保证结构安全；当设计文件未提供验算应力限值时，限值大小要求由设计单位和施工单位协商确定。

4.1.2　进行施工阶段的主体结构验算、施工详图设计和临时措施设计时，选用的设计指标应符合设计文件、现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 和其他现行有关国家标准的规定。

4.1.3　施工阶段的荷载应符合下列规定：

1　恒载包括结构自重、预应力等，其标准值按实际计算；

2　施工活荷载包括施工堆载、操作人员和小型工具重量等，其标准值可按实际计算。当无特殊情况时，高层钢结构楼面施工活荷载宜取 0.6~1.2kN/m^2；

3　风荷载可分为施工工作状态风荷载和非施工工作状态风荷载。施工工作状态风荷载，可按最大运行风速 15.0m/s 计算；非施工工作状态，可按工程所在地和具体情况，最低不小于 5 年一遇风荷载取值。风荷载的取值及计算方法可按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 中的规定执行；

4　雪荷载可按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 中的规定取值及计算；

5　覆冰荷载宜按现行国家标准《高耸结构设计规范》GB 50135 中的规定取值及计算；

6　起重设备和其他设备荷载标准值按设备生产厂家的规定取值；

7　温度作用宜按当地气象资料所提供的温差变化计算；结构由日照引起向阳面和背阳面的温差宜按现行国家标准《高耸结构设计规范》GB 50135 取值；

8　对于本条 1~7 款未规定的荷载和作用，可根据工程的具体情况确定。

【条文说明】4.1.3　施工工作状态风荷载与施工设备运行的最大风速相对应。当对施工期内可能出现的极端风速也考虑应急预案，确保结构安全。

4.2 施工阶段分析

4.2.1 当钢结构工程施工方法或顺序对主体结构的内力和变形产生较大影响时，或设计文件有特殊要求时，应进行施工阶段分析，并对施工阶段结构的强度、稳定性和刚度进行验算，其验算结果应经设计单位认可。

【条文说明】4.2.1 本条规定了需要对主体结构进行施工阶段分析的条件，对结构安装成形过程进行施工阶段分析主要为保证结构安全或满足规定功能要求，或将施工阶段分析结果作为其他分析和研究的初始状态。

4.2.2 施工阶段分析的荷载效应组合和荷载分项系数取值应符合现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 和相关国家标准的规定。

4.2.3 施工阶段分析结构重要性系数不应小于 0.9，对于重要的临时措施其重要性系数不应小于 1.0。

【条文说明】4.2.3 重要的临时措施一般包括失稳后将造成主体结构整体破坏或安全的承重支撑架、安全措施或其他施工措施。

4.2.4 施工阶段的结构分析模型和荷载作用应与实际施工工况相符。

【条文说明】4.2.4 本条规定了施工阶段结构分析模型的构件单元、构件和连接节点与实际情况相符。当施工单位进行施工阶段分析时，结构计算基本模型一般由原设计单位提供，保持与设计模型在结构属性上一致性；因施工阶段结构是一个时变结构系统，计算模型一般要求包括各施工阶段主体结构与临时结构。

4.2.5 施工阶段的临时措施（包括安全措施）应按施工工况的荷载作用，对构件进行强度、稳定性和刚度验算，对连接节点进行强度和稳定验算。当临时措施的要求高于现行相关国家规范要求时，应进行专项设计；若临时措施对结构产生较大影响时，应提交原设计单位批准。

【条文说明】4.2.5 本条专项设计是指当临时结构作为设备承载结构时，其设计指标应按照相关设备标准的设计指标进行，如滑移轨道、提升牛腿等。

4.2.6 对吊装状态的钢构件或结构单元，宜进行强度、稳定性和变形验算，动力系数宜取 1.1~1.2。

【条文说明】4.2.6 吊装状态的钢构件和结构单元未形成空间刚度单元，极易产生平面外失稳和较大变形，为保证结构安全，一般进行强度、稳定性和变形验算。若验算结果不满足要求时，需采取相应的加强措施。

4.2.7 临时支撑结构的拆除顺序和步骤应通过分析和计算确定，并编制专项施工方案实施，必要时可经专家论证优选。

【条文说明】4.2.7　通过分析和计算确定拆撑顺序和步骤，其目的是为了使主体结构变形协调、荷载平稳转移、支撑措施的受力不超出预定要求和结构成形相对平稳。为了有效控制临时支撑的拆除过程，对重要的结构或柔性结构可进行拆撑过程的内力和变形监测。实际工程施工时可采用等比或等距的卸载方案，经对比分析后选择最优方案。

4.2.8　索结构中的索安装和张拉顺序应通过分析和计算确定，并编制专项施工方案实施，计算结果应经设计单位认可。

4.2.9　移动式吊装设备的支承地面或楼面，应进行承载力和变形验算。当支承地面处于边坡时，应进行边坡稳定验算。

【条文说明】4.2.9　移动式吊装设备主要指移动式塔式起重机、履带式起重机、汽车起重机、滑移驱动设备等，设备的支承面主要是指地面和楼面等。当支承面不满足承载力、变形或稳定的要求时，需进行加强或加固处理。

4.3　结构预变形

4.3.1　当设计文件有主体结构预变形要求时，或当在正常使用或施工阶段因自重及其他恒载作用，发生超过设计文件或现行相关标准规定的变形限值时，应在施工期间进行结构预变形。

【条文说明】4.3.1　本条对主体结构需要设置预变形的情况做了规定。预变形可按下列形式进行分类：根据预变形的对象不同，可分为一维预变形、二维预变形和三维预变形，如一般高层建筑或以单向变形为主的结构可采取一维预变形；以平面转动变形为主的结构可采取二维预变形；在三个方向上都有显著变形的结构可采取三维预变形。根据预变形的实现方式不同，可分为制作预变形和安装预变形，前者在工厂加工制作时就进行预变形，后者是在现场安装时进行的结构预变形。根据预变形的预期目标不同，可分为部分预变形和完全预变形，前者根据结构理论分析的变形结果进行部分预变形，后者则是进行全部预变形。

4.3.2　结构预变形计算荷载应取标准值，荷载效应组合符合现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的规定。

4.3.3　结构预变形控制值应结合施工工艺，通过结构分析计算，并由施工单位与设计单位共同确定。结构预变形实施应进行专项工艺或方案设计。

【条文说明】4.3.3　结构预变形控制值通过分析计算确定，采用正装法、倒拆法等方法计算。实际预变形的取值大小一般由施工单位和设计单位共同协商确定。

正装法是对实际结构的施工过程进行正序分析，即跟踪模拟施工过程，分析结构的内力和变形。正装迭代法计算预变形值的基本思路为：设计位形作为安装的初始位形，

按照实际施工顺序对结构进行全过程正序跟踪分析，得到施工成形时的变形，把该变形反号叠加到设计位形上，即为初始位形。类似迭代法，若结构非线性较强，基于该初始位形施工成形的位形将不满足设计要求，需要经过多次正装分析反复设置变形预调值才能得到精确的初始位形和各分步位形。

倒拆法与正装法不同，是对施工过程的逆序分析，主要是分析所拆除的构件对剩余结构变形和内力的影响。倒拆迭代法计算预变形值的基本思路为：根据设计位形，计算最后一施工步所安装的构件对剩余结构变形的影响，根据该变形确定最后一施工步构件的安装位形。如此类推，依次倒退分析各施工步的构件对剩余结构变形的影响，从而确定各构件的安装位形。

体型规则高层钢结构框架柱的预变形值（仅预留弹性压缩量）可根据工程完工后的钢柱轴向应力计算确定。体型规则高层钢结构每楼层柱段弹性压缩变形 ΔH ，按公式（4.3.3）进行计算：

$$\Delta H = H\sigma / E \qquad (4.3.3)$$

式中：ΔH ——每楼层柱段压缩变形；

H ——为该楼层层高；

σ ——为竖向轴力标准值的应力；

E ——为弹性模量。

本条规定的专项工艺设计是指在加工阶段为了达到预变形的目的，编制施工详图和制作工艺时所采取的技术措施，如对节点的调整、构件的长度和角度调整等；专项方案设计通常是指在安装阶段为了达到预变形的目的，在安装现场编制的操作文件。结构预变形控制值可根据施工期间的变形监测结果进行修正。

4.4 施工详图设计

4.4.1 钢结构工程应根据结构设计施工图及其他相关技术文件编制施工详图。钢结构施工详图应经设计单位签认审定，施工详图修改也应经设计单位同意。

【条文说明】4.4.1 钢结构施工详图为制作、安装和质量验收的主要依据，钢结构施工详图设计主要包括节点构造设计和施工详图绘制。节点构造设计是按便于加工制作和安装的原则，对构件的构造给予以完善，根据钢结构设计施工图提供的内力进行焊缝计算或螺栓连接计算确定连接板尺寸，并考虑运输和安装的能力确定构件的分段。

本条规定了钢结构施工详图的设计依据，其他相关的技术文件主要包括钢结构制作、运输和安装等需要在施工详图中考虑的技术要求，如构件分段分节、加工工艺措施、吊装措施、预设尺寸等，以及在施工详图设计前由混凝土工程、幕墙工程、机电工程等分部工程提供的技术要求。

钢结构施工详图审批主要由原设计单位签认审定，其目的是验证施工详图与结构设计施工图的符合性。当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，施工详图一般分批提交设计单位批准。本条规定的施工详图修改主要是指：由设计文件变更造成的施工详图修改，或由于制作、运输和安装原因（如材料代用、工艺要求或其他原因）对设计文件修改而导致的施工详图修改。

4.4.2　施工详图设计应考虑施工构造、施工工艺等相关要求，主要包括：

1　封闭或管截面构件应采取相应的防水或排水构造措施；

2　钢管混凝土结构柱底板和内隔板应设置混凝土浇筑孔和排气孔，必要时可在柱壁上设置浇筑孔和排气孔。排气孔的大小、数量和位置满足设计文件及相关规定的要求；

3　构件加工过程中，根据工艺要求设置的工艺隔板；

4　管桁架支管可根据制作装配要求设置对接接头；

5　铸钢节点应考虑铸造工艺要求；

6　安装用的连接板、吊耳等宜根据安装工艺要求设置，在工厂完成；

7　与索连接的节点，应考虑索张拉工艺的构造要求；

8　桁架等大跨度构件的预起拱。

【条文说明】4.4.2　本条列举了施工详图设计重点考虑的施工构造、施工工艺等相关要求，但不限于所列的构造及工艺要求。

混凝土浇筑或雨季施工时，水容易从工艺孔进入箱型截面内或直接聚积在构件表面低凹处，需要采取排水或防水构造设计措施，以防止构件锈蚀、冬季结冰构件胀裂，构造措施要求在结构设计施工图中绘出。

浇筑孔和排气孔的大小、数量和位置一般在设计施工图中确定，当施工方案有特殊要求时，孔的设置可以由施工单位与设计单位协商确定。中国工程建设标准化协会标准《矩形钢管混凝土结构技术规程》CECS 159 规定，内隔板浇筑孔径不应小于 200mm，排气孔孔径宜为 25mm。

设置工艺隔板目的为保证施工过程装配精度、减少焊接变形等。

安装用的吊装耳板要求进行验算，包括计算平面外受力。

4.4.3　钢结构施工详图深度应符合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 的规定，空间复杂构件或铸钢节点的施工详图宜附加以三维图形表示。

【条文说明】4.4.3　本条规定钢结构施工详图的深度。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 中规定了，钢结构工程施工详图包括图纸目录、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。施工详图总说明是对钢结构加工制作和现场安装要强调的技术条件和对施工安装的相关要求 ;构件布置图主要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；构件详图主要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。

5 材 料

5.1 一般规定

5.1.1 本章适用于钢结构施工阶段材料的订货、进场验收和复检及存储管理。

5.1.2 钢结构工程用材应严格按设计要求与现行材料技术标准进行订货，订货合同应对材料牌号、质量等级、材料性能（指标）、检验要求、尺寸偏差等有明确的约定。对定尺材料，应考虑留有复验取样的余量；对钢材的交货状态，宜按设计文件对钢材的性能要求与供货厂家商定。

材料及成品进场时应按其材质证明文件与订货合同进行验收；当有复验要求时，应按本规范与相关现行规范规定进行复验。

5.1.3 工程用进口材料在施工阶段的订货、复验等管理工作均应符合本规范的规定。海关商检结果应经监理工程师认可后，方可作为有效的材料复验结果。

5.2 钢材

5.2.1 钢材订货时，其材性、材质、技术条件与检验要求等均应以设计文件及现行国家钢材标准或行业标准为依据。常用钢材产品标准可见附件 A。

附件 A 常见钢材产品标准

标准号	标准名称
GB/T 699	《优质碳素结构钢》
GB/T 700	《碳素结构钢》
GB/T 1591	《低合金高强度结构钢》
GB 3077	《合金结构钢》
GB/T 4171	《耐候性结构钢》
GB 5313	《厚度方向性能钢板》
GB/T 19879	《建筑结构用钢板》
GB/T 247	《钢板和钢带检验、包装、标志及质量证明的一般规定》
GB 708	《冷轧钢板和钢带的尺寸、外形、重量及允许偏差》
GB 709	《热轧钢板和钢带的尺寸、外形、重量及允许偏差》
GB 912	《碳素结构钢和低合金钢热轧薄钢板及钢带》
GB 3274	《碳素结构钢和低合金钢热轧厚钢板及钢带》
GB 3277	《花纹钢板》
GB/T 14977	《热轧钢板表面质量的一般要求》
GB/T 17505	《钢及钢产品交货一般技术要求》

GB 2101	《型钢验收、包装、标志及质量证明书的一般要求》
GB/T 11263	《热轧 H 型钢和剖分 T 型钢》
GB 706	《热轧工字钢尺寸、外形、重量及允许偏差》
GB 707	《热轧槽钢尺寸、外形、重量及允许偏差》
GB 9787	《热轧等边角钢尺寸、外形、重量及允许偏差》
GB 9788	《热轧不等边角钢尺寸、外形、重量及允许偏差》
GB/T 8162	《结构用无缝钢管》
GB/T 13793	《直缝电焊钢管》
GB/T 17395	《无缝钢管尺寸、外形、重量及允许偏差》
GB/T 6728	《结构用冷弯空心型钢尺寸、外形、重量及允许偏差》
GB/T 12755	《建筑用压型钢板》
GB/T 8918	《钢丝绳》
YB/T 152	《高强度低松弛预应力热镀锌钢绞线》
YB/T 5004	《镀锌钢绞线》
GB/T 5224	《预应力混凝土用钢铰线》
GB/T 17101	《桥梁缆索用热镀锌钢丝》
CJ/T 3078	《建筑缆索用高密度聚乙烯塑料》
GB/T 20934	《钢拉杆》

5.2.2　钢材表面质量，当设计文件未提出要求时，在钢材订货或进场检验中，应要求钢材表面的锈蚀等级不低于 B 级（主要承重构件）或 C 级（次要构件），等级的判定应符合现行国家标准《涂装前钢材表面锈蚀等级和除锈等级》GB8923 的规定

5.3　焊接材料

5.3.1　焊接材料的材质、材性应符合表 5.3.1 所列现行国家标准的规定。焊条、焊丝、焊剂、电渣焊熔嘴等焊接材料应与母材强度相匹配，符合现行国家标准《钢结构焊接规范》GBXXXX 的规定。

表 5.3.1　焊接材料标准

标准号	标准名称
GB/T 5117	《碳钢焊条》
GB/T 5118	《低合金钢焊条》
GB/T 14957	《熔化焊用钢丝》
GB/T 8110	《气体保护电弧焊用碳钢、低合金钢焊丝》
GB/T 10045	《碳钢药芯焊丝》
GB/T 17493	《低合金钢药芯焊丝》
GB/T 5293	《埋弧焊用碳钢焊丝和焊剂》
GB/T 12470	《埋弧焊用低合金钢焊丝和焊剂》
GB 10432	《无头焊钉》
GB/T 10433	《电弧螺柱焊用圆柱头焊钉》

5.3.2　焊接切割所用的气体可按现行国家标准《钢结构焊接规范》GBXXXX 和表 5.3.3 所列的现行国家标准选用。

表 5.3.2　焊接切割用气体标准

标准号	标准名称
GB/T 4842	《氩气——纯氩》
GB/T 10624	《氩气——高纯氩》
GB/T 6052	《工业液体二氧化碳》
HG/T 2537	《焊接用二氧化碳》
GB16912	《氧气及相关气体安全技术规程》
GB 6819	《溶解乙炔》
GB/T 3661	《焊接切割用气体》
GB/T 13097	《工业环氧氯丙烷》

【条文说明】5.3.1~5.3.2　本节规定的焊接材料主要包括：焊条、焊丝、钢丝、焊剂、氩气、二氧化碳、丙烷、氧气、乙炔、焊钉、瓷环等。

焊接用氩气和二氧化碳气体的纯度有严格的规定，在现行国家标准《钢结构焊接规范》GBXXXX 中也对气体保护焊使用氩气规定其纯度不应低于 99.95%；大型、重型及特殊钢结构工程中主要构件的重要焊接节点采用的二氧化碳气体质量应符合现行化工行业标准《焊接用二氧化碳》HG/T 2537 中优等品的要求，即其二氧化碳体积含量不得低于 99.9%，水蒸气与乙醇总含量（m/m）不得高于 0.005%，并不得检出液态水。

5.4　紧固标准件

5.4.1　普通螺栓、高强度大六角头螺栓连接副、扭剪型高强度螺栓连接副应符合表 5.4.1 所列现行国家标准的规定。

表 5.4.1　钢结构连接用紧固件标准

标准号	标准名称
GB/T 5780	《六角头螺栓尺寸——C 级》
GB/T 5781	《六角头螺栓尺寸——全螺纹——C 级》
GB/T 5782	《六角头螺栓尺寸——A 级和 B 级》
GB/T 5783	《六角头螺栓尺寸——全螺纹——A 级和 B 级》
GB/T 1228	《钢结构用高强度大六角头螺栓》
GB/T 1229	《钢结构用高强度大六角螺母》
GB/T 1230	《钢结构用高强度垫圈》
GB/T 1231	《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 3632	《钢结构用扭剪型高强度螺栓连接副》
GB/T 3633	《钢结构用扭剪型高强度螺栓连接副　技术条件》
GB 3098.1	《紧固件机械性能螺栓、螺钉和螺柱》

5.4.2　高强度大六角头螺栓连接副和扭剪型高强度螺栓连接副应随箱带有扭矩系数和

紧固轴力（预拉力）的出厂检验报告。

5.5 成品件

5.5.1 钢铸件应符合表 5.5.1 中所列的现行国家标准、设计文件和其他现行国家产品标准的规定。

表 5.5.1 钢铸件标准

标准号	标准名称
GB 11352	《一般工程用铸造碳钢件》
GB/T 7659	《焊接结构用碳素钢铸件》

【条文说明】5.5.1 焊接结构用铸钢节点的铸件材料应采用符合现行国家标准《焊接结构用碳素钢铸件》GB/T 7659 规定的 ZG230-450H、ZG275-485H 铸钢（表 5.5.1-1～3）与符合表 5.5.1-4 和表 5.5.1-5 中的规定的 SCW410、SCW450、SCW480、SCW550 等牌号铸钢；

当节点受力较复杂、受直接动力荷载或处于7度及以上抗震设防区域时，宜选用符合表5.5.1-6和表5.5.1-7中规定的G17Mn5QT、G20Mn5N、G20Mn5QT铸钢。

当有依据时，也可选用其他牌号的铸钢。

表5.5.1-1 焊接结构用碳素钢铸件的化学成分（上限值）（质量分数:%）

铸钢牌号	C①≤	Si≤	Mn≤	S≤	P≤
ZH200-400H	0.20	0.50	0.80	0.04	0.04
ZH200-450H	0.20	0.50	1.20	0.04	0.04
ZH200-485H	0.25	0.50	1.20	0.04	0.04

铸钢牌号	残余元素					
	Ni	Cr	Cu	Mo	V	总和
ZH200-400H	0.30	0.30	0.30	0.15	0.05	0.80
ZH200-450H	0.30	0.30	0.30	0.15	0.05	0.80
ZH200-485H	0.30	0.30	0.30	0.15	0.05	0.80

注：① C的质量分数每降低0.01%，允许Mn质量分数上限增加0.04%，但总质量分数不得超过0.2%。

表5.5.1-2 碳当量的规定（订货时商定用）（质量分数:%）

铸钢牌号	碳当量①≤
ZH200-400H	0.38
ZH200-450H	0.42

ZH200-485H	0.46
注：① 碳当量CE应根据铸钢的化学成分（质量分数，%）按以下公式计算。 CE = C + Mn/6 + (Cr + Mo + V)/5 + (Ni + Cu)/15。	

表5.5.1-3 焊接结构用碳素钢铸件的力学性能（室温）

铸钢牌号	拉伸性能 ≥				冲击性能（0°C）≥	
	σ_s	$\sigma_{0.2}$	δ_5	ψ	A_{KV}(J)	α_{Ku} (J/cm^2)
	MPa		%			
ZH200-400H	200				400	
ZH200-450H	230	450	25	40	30	59
ZH200-485H	275	485	22	35	25	44

表5.5.1-4 日本焊接结构用铸钢的钢号及化学成分 （质量分数:%）

钢号	C①≤	Si≤	Mn≤	P≤	S≤	Cr	Ni	Mo	其它
SCW410 (SCW42)	0.22	0.80	1.50	0.040	0.040	—	—	—	CE≤0.40
SCW450 (SCW46)	0.22	0.80	1.50	0.040	0.040	—	—	—	CE≤0.43
SCW480 (SCW49)	0.22	0.80	1.50	0.040	0.040	0.50	0.50	—	V≤0.20 CE≤0.45
SCW550 (SCW56)	0.22	0.80	1.50	0.040	0.040	0.50	2.50	0.30	V≤0.20 CE≤0.48
SCW680 (SCW63)	0.22	0.80	1.50	0.040	0.040	0.50	2.50	0.30	V≤0.20 CE≤0.50

注：1） 括号内为旧钢号；

2） 碳当量CE = C + Mn/6 + Si/24 + Ni/40 + Cr/5 + Mo/4 + V/14。

表5.5.1-5 日本焊接结构用铸钢的力学性能

钢号	力学性能 ≥			冲击吸收功①
	σ_s（Mpa）	$\sigma_{0.2}$（Mpa）	δ （%）	0°C；Akv；(J) ≥
SCW410	235	410	21	27
SCW450	255	450	20	27
SCW480	275	480	20	27
SCW550	355	550	18	27
SCW620	430	620	17	27

注：①三个试样的平均值，试验温度为0°C。

表5.5.1-6 德国焊接结构用铸钢化学成分(%)

铸钢钢种		C ≤	Si ≤	Mn ≤	P ≤	S ≤	Ni ≤
牌号	材料号						
G17Mn5	1.1131	0.15～0.20	0.60	1.00～1.60	0.020	0.020	—
G20Mn5	1.6220	0.15～0.20					0.078

表5.5.1-7 德国焊接结构用铸钢力学性能

铸钢钢种		热处理状态	铸件最大壁厚 mm	力学性能			冲击功 Akv	
牌号	材料号			$\sigma_{0.2}$ Mpa	σ_s Mpa	δ %	℃	J ≥
G17Mn5QT①	1.1131	调质	50	240	450～600	≥24	常温 -40℃	70 27
G20Mn5N①	1.1131	正火	30	300	480～620	≥29	常温 -30℃	50 27
G20Mn5QT①	1.1131	调质	100	300	500～650	≥22	常温 -40℃	60 27

注：①N 为正火处理的代号；QT 为调质处理的代号。

5.5.3 预应力钢结构锚具材料应符合设计文件、现行国家标准《预应力筋用锚具、夹具和连接器》GB/T 14370 及《预应力筋用锚具、夹具和连接器应用技术规程》JGJ 85 的规定。锚具应根据预应力构件的品种、锚固要求和张拉工艺等选用。

5.5.2 销轴规格和性能应符合设计文件和现行国家标准《销轴》GB/T 882 的规定。

5.6 涂装材料及其他材料

5.6.1 钢结构防腐涂料、稀释剂和固化剂，应按设计文件和现行国家标准《涂料产品分类、命名和型号》GB 2705 的要求选用，其品种、规格、性能等应符合设计文件及相关现行国家标准的要求。

5.6.2 钢结构防火涂料的品种和技术性能应符合设计文件、现行国家标准《钢结构防火涂料》GB 14907 及其他相关规范的要求。

5.6.3 钢结构防火涂料应与防腐涂料相兼容。

5.7 材料进场检验

5.7.1 钢材的进场检验，除遵守本规范外，尚应符合现行国家标准《钢结构工程质量验收规范》GB 50205 的规定，对属于下列情况之一的钢材，应进行抽样复验。

1 国外进口钢材；

2　钢材混批；

3　板厚等于或大于 40mm，且设计有 Z 向性能要求的厚板；

4　建筑结构安全等级为一级，大跨度钢结构中主要受力构件所采用的钢材；

5　设计有复验要求的钢材；

6　对质量有疑义的钢材。

钢材复验内容应包括力学性能、工艺性能试验和化学成分分析，其取样、制样及试验方法可按表 5.7.1 中所列的常见钢材试验标准或其他现行国家标准执行。

表 5.7.1　常见钢材试验标准

标准号	标准名称
GB/T 2975	《钢及钢产品 力学性能试验取样位置及试样制备》
GB 6397	《金属拉伸试验试样》
GB/T 228	《金属材料 室温拉伸试验方法》
GB/T 229	《金属材料 夏比摆锤冲击试验方法》
GB 232	《金属材料 弯曲实验方法》
GB/T 20066	《钢和铁 化学成分测定用试样的取样和制样方法》
GB/T 222	《钢的成品化学成分允许偏差》
GB/T 223	《钢铁及合金化学分析方法》

【条文说明】5.7.1 钢材混批主要是指炉号或批号混批。对钢材质量有疑义主要是指有质量合格证明文件但对文件有怀疑的情况，可以按下列情况进行界定：对质量证明文件的真伪性有疑义，如复印件、印章签字不清、不全等；对质量证明文件内容有疑义，如化学成分与机械性能有矛盾，某项性能指标过高或过低等情况的钢材；质量证明文件不全的钢材；质量证明文件中检验项目少于设计要求的钢材。

5.7.2　当设计文件无特殊要求时，钢材抽样复验的检验批宜按同一厂家、同一材质、同一板厚、同一出厂状态每 10 个炉（批）号抽验一组试件；厚度方向性能钢板逐张探伤复验。

【条文说明】5.7.2　为了使抽样复验有代表性，又不致过分加大复验的成本，钢材抽样的批量应有合理的规定，《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205 也未对此做出具体可操作性的规定。近年来国内多个大型工程对各类钢材检验制定了专用的抽样复验批量规定，并采取了专家评审的方式具有一定的合理，但每个项目整体复验成本还是很高。钢材各项主要指标控制主要还是在于各钢材生产厂家，本规范参考国家现行行业范围《铁路钢桥制造规范》TB 10212 和《公路桥涵施工技术规范》JTJ 041 对复验的要求，采用按同一厂家、同一材质、同一板厚、同一出厂状态每 10 个炉（批）号抽验一组试件进行抽样复验的批次。

5.7.3　重要钢结构采用的焊接材料或对焊缝材料的质量合格证明有疑义时，应进行抽样复验，复验时焊丝宜按五个批（相当炉批）取一组试验，焊条宜按三个批（相当炉批）取一组试验。

【条文说明】5.7.3　本条规定重要钢结构焊接材料的抽样复验，所指的“重要钢结构”主要是指重要的焊缝，一般指：

1　建筑结构安全等级为一级钢结构中的一、二级焊缝；
2　建筑结构安全等级为二级钢结构中的一级焊缝；
3　大跨度（60m 以上）钢结构中一级焊缝；
4　吊车工作制 A6 级以上的吊车梁结构中一级焊缝；
5　设计要求。

当对焊缝材料的质量合格证明文件有疑义时，也可以进行抽样复验。焊接材料的抽样及复验内容可按照其产品国家标准中规定的方法、数量和内容进行。主要的焊接材料，如焊条、焊丝的复验一般包含熔敷金属化学成分、熔敷金属力学性能、焊条药皮含水量等。本条也对主要焊接材料检验批次的大小进行了规定。

5.7.4　高强度大六角螺栓连接副和扭剪型高强度螺栓连接副应分别进行扭矩系数和紧固轴力（预拉力）复验。复验用的螺栓应在施工现场待安装的螺栓批中随机抽取，每批抽取 8 套连接副进行复验。

5.7.5　当高强度螺栓连接副保管时间超过 6 个月后使用时，必须按现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205 的要求重新进行扭矩系数或紧固轴力试验，检验合格后，方可使用。

【条文说明】5.7.5　若高强度螺栓连接副在工地存储的时间超过六个月或施工时的气温与产品出厂时提供的测试温度有较大变化，则在正式施工前对扭矩系数平均值及标准偏差应重新测试。

5.7.6　建筑结构安全等级为一级，跨度 40m 及以上的螺栓球节点钢网架结构，其连接高强度螺栓应进行表面硬度试验，8.8 级的高强度螺栓其表面硬度应为 HRC21~29；10.9 级的高强度螺栓其表面硬度应为 HRC32~36，且不得有裂纹；

5.7.7　普通螺栓作为永久性连接螺栓时，当设计有要求或对其质量有疑义时，应进行螺栓实物最小拉力载荷复验，试验方法和结果应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205 的规定，复验时每一规格螺栓抽查 8 个。

5.7.8　对采用富锌防腐油漆，宜按设计文件要求的含锌量进行锌含量复验。

5.7.9　钢结构防火涂料，采用薄涂型防火涂料时按每使用 100t 或不足 100t 应进行一次粘结强度抽检；采用厚涂型防火涂料时按每使用 500t 或不足 500t 应进行一次粘结强度

和抗压强度抽检。

5.8 材料存储

5.8.1 材料存储及成品管理应有专人负责，管理人员应经企业培训上岗。

5.8.2 材料入库前应进行检验，核对材料的牌号、规格、批号、质量合格证明文件、中文标志和检验报告等，检查表面质量、包装等。

5.8.3 检验合格的材料应按品种、规格、批号分类堆放。材料堆放应有标识。

5.8.4 材料入库和发放应有记录，发料和领料时应核对材料的品种和规格。

5.8.5 剩余材料应回收管理；回收入库时，应核对其品种、规格和数量，分类保管。

5.8.6 钢材堆放应减少钢材的变形和锈蚀，放置垫木或垫块；

5.8.7 焊接材料存储应符合下列规定：

1 焊条、焊丝、焊剂等焊接材料应按品种、规格和批号分别存放在干燥、具有去湿、保温的存储室内；

2 焊条、焊剂及栓钉瓷环在使用前，应按产品说明书的规定进行焙烘和保温。

5.8.8 连接用紧固件应防止锈蚀和碰伤，且不得混批存储。

5.8.9 涂装材料应按产品说明书要求进行存储。

6 焊接工程

6.1 一般规定

6.1.1 本章适用于钢结构施工过程中手工电弧焊接、气体保护电弧焊接、自保护电弧焊接、埋弧焊接、电渣焊接和栓钉焊接的施工。

6.1.2 钢结构焊接工程施工单位应具备相应的作业条件、焊接从业人员、焊接设备、检验和试验设备等基本条件。

6.1.3 焊接用施工图的焊接符号表示方法应符合现行国家标准《焊接符号表示法》GB 324 和《建筑结构制图标准》GB/T 50105 的相关规定，图中应标明工厂施焊和现场施焊的焊缝部位、类型、长度、焊接坡口形式、焊缝尺寸等内容。

6.1.4 焊缝坡口尺寸应按工艺要求确定。

【条文说明】6.1.4 现行国家标准《气焊、焊条电弧焊、气体保护焊和高能束焊的推荐坡口》GB/T 985.1 和《埋弧焊的推荐坡口》GB 985.2 中规定了坡口的通用形式，其中坡口各部分尺寸均给出了一个范围，并无确切的组合尺寸。总的来说，上述两个国家标准比较适合于使用焊接变位器等工装设备及坡口加工、组装精度较高的条件，如机械行业中的焊接加工，对建筑钢结构制作的焊接施工则不太适合，尤其不适合于建筑钢结构工地安装中各种钢材厚度和焊接位置的需要。

目前大型、大跨度、超高层建筑钢结构大部分已由国内进行施工图设计，现行国家标准《建筑钢结构焊接规范》GBXXXX 对坡口形式和尺寸的规定已经与国际上的部分国家应用较成熟的标准进行了接轨，参考了美国和日本等国家标准的规定。因此，本规范规定焊缝坡口尺寸按照国家标准《建筑钢结构焊接规范》GBXXXX 对坡口形式和尺寸的相关规定由工艺要求确定。

6.2 焊接从业人员

6.2.1 焊接技术人员（焊接工程师）应具有相应的资格证书；对于大型重要的钢结构工程，应取得中级及以上技术职称并有五年以上焊接生产或施工实践经验。

【条文说明】6.2.1 本条对从事钢结构焊接技术和管理的焊接技术人员要求进行了规定，特别是对于负责大型重要钢结构工程的焊接技术人员从技术水平和能力方面提出更多的要求。本条所定义的焊接技术人员（焊接工程师）是指钢结构的制作、安装中焊接工艺的设计、施工计划和管理的技术人员。对于资格证书可参照中国工程建设标准化协会标准《钢结构焊接从业人员资格认证》CECSXXX 的要求，焊接技术管理人员的资格认证等级分特级、Ⅰ级、Ⅱ级三个级别，并对职责要求、具备的专业知识及职务技术能力进

行规定。

6.2.2　焊接质量检验人员应有一定的焊接实践经验和技术水平，并经岗位培训取得相应的质量检验资格证书。

6.2.3　焊缝无损检测人员必须取得国家专业考核机构颁发的等级证书，并按证书合格项目及权限从事焊缝无损检测工作。

6.2.4　焊工必须经考试合格并取得资格证书，在认可的范围内焊接作业，禁止无证上岗。

6.3　焊接工艺

（Ⅰ）　焊接工艺评定及方案

6.3.1　施工单位对其首次采用的钢材、焊接材料、焊接方法、焊后热处理等，应进行焊接工艺评定试验，焊接工艺评定试验应按照《钢结构焊接规范》GBXXXX 的有关规定和设计文件的要求执行。

【条文说明】6.3.1　焊接工艺评定是保证焊缝质量的前提，通过焊接工艺评定选择最佳的焊接材料、焊接方法、焊接工艺参数、焊后热处理等，以保证焊接接头的力学性能达到设计要求。凡从事钢结构制作或安装的施工单位要求分别对首次采用的钢材、焊接材料、焊接方法、焊后热处理等，进行焊接工艺评定试验，现行国家标准《钢结构焊接规范》GBXXXX 对焊接工艺评定试验方法和内容做了详细的规定和说明。

6.3.2　焊接工艺方案应以合格的焊接工艺评定试验、企业设备和资源状况为依据进行编制。焊接施工前应根据焊接工艺编制作业指导书，并结合工程特点对焊工进行培训。

（Ⅱ）　焊接作业环境

6.3.3　焊接时，作业区环境温度、相对湿度和风速等应符合相应要求，当超出相关规定且必须焊接时，应编制专项方案。

【条文说明】6.3.3　规定焊接作业区的环境要求主要是为了保证焊接质量，当焊接作业环境超过规定时不得进行焊接。作业区环境温度、相对湿度和风速一般有如下规定:

1　周围环境温度不低于-20℃，周期性荷载结构周围环境温度不低于-5℃；

2　焊接作业区的相对湿度不大于 90%；

3　焊接作业区最大风速当手工电弧焊和自保护药芯焊丝电弧焊一般不超过 8m/s、气体保护电弧焊一般不超过 2m/s。

6.3.4　焊接作业应搭设稳固的操作平台；现场高空焊接作业应搭设防护棚。

【条文说明】6.3.4　搭设防护棚防能起防弧光、防风、防雨、安全保障措施等作用。

6.3.5　焊接前，应采用钢丝刷、砂轮等工具彻底清除待焊处表面的氧化皮、铁锈、油污等杂物，焊接坡口应按现行国家标准《钢结构焊接规范》GBXXXX 进行检查。

6.3.6　焊接作业应按正确的焊接工艺参数进行。

【条文说明】6.3.6　在焊接技术人员的指导下进行，且选择正确的焊接电流、电弧电压、焊接速度、气体流量和保证焊接层间温度等参数。

6.3.7　焊接环境温度不应低于-10℃。低于 0℃时，应采取加热或防护措施，确保焊接接头和焊接表面各方向大于或等于 2 倍钢板厚度且不小于 100mm 范围内的母材温度不低于 20℃，且在焊接过程中均不应低于此温度。

（III）　定位焊

6.3.8　定位焊焊缝厚度不应小于 3mm，不宜超过设计焊缝厚度的 2/3 且不超过 8mm；定位焊缝的长度应不低于 40mm 和接头中较薄部件厚度的 4 倍，定位焊缝间距宜为 300～600mm。

6.3.9　定位焊缝与正式焊缝应具有相同的焊接工艺和焊接质量要求。多道定位焊焊缝的端部应为阶梯状。

【条文说明】6.3.9　对于不能被埋弧焊重熔的定位焊或不熔入最终焊缝的定位焊，焊接时预热温度应高于正式施焊预热温度。

（IV）　引、熄弧板和衬垫

6.3.10　当引、熄弧板和衬垫板为钢材时，应选用屈服强度不大于所焊钢材标称强度的钢材，且焊接性相近。

【条文说明】6.3.10　衬垫的材料有很多，如钢材、铜块、焊剂、陶瓷等。本条主要是对钢衬垫的用材规定。

6.3.11　坡口焊缝焊接接头两端宜设置对齐的焊缝引、熄弧板，手工电弧焊和气体保护电弧焊焊缝引出长度应大于 25mm，埋弧焊缝引出长度应大于 50mm。焊接完成并完全冷却后，可采用火焰切割、碳弧气刨或机械等方法除去引、熄弧板，并修磨平整，严禁用锤击落。

【条文说明】6.3.11　焊接开始和焊接熄弧时由于焊接电弧能量不足、电弧不稳定，容易造成夹渣、未熔合、气孔、弧坑和裂纹等缺陷，为确保正式焊缝的焊接质量，在对接、T 接和角接等主要焊缝两端引熄弧区域装配引熄弧板，引出板的坡口形式原则上一般与焊缝坡口相同，将缺陷引至正式焊缝之外。引出板的长度：手工电弧焊及气体保护焊为 25～50mm；半自动焊为 40～60mm；埋弧自动焊为 50～100mm；电渣焊为 100mm 以上。对于少数焊缝位置，由于空间局限不便设置引熄弧板时，焊接时一般采取将改变引熄弧

点位置或其他措施保证焊缝质量。去除引出板时，一般保留在距母材 2~5mm，然后用砂轮打磨平整。

6.3.12　钢衬垫应与母材可靠连接，并与坡口焊缝应充分熔合。手工电弧焊和气体保护电弧焊时钢衬垫板厚度应不低于 6mm；埋弧焊接时钢衬垫板厚度应大于 8mm；电渣焊时衬垫板厚度应不低于 25mm。

【条文说明】6.3.12　焊缝钢衬垫在整个焊缝长度内连续设置，一般与母材采用间断焊焊缝，与母材紧密连接，最大间隙一般控制在 2mm 以内，不需在衬垫全长范围内连续焊接；但在周期性荷载结构中，纵向焊缝的钢衬垫与母材焊接时，沿衬垫长度需要连续施焊。本条对钢衬垫厚度的要求，主要保证衬垫板有足够的厚度以防止熔穿。

（Ⅴ） 预热和道间温度控制

6.3.13　预热及道间温度宜采用电加热、火焰加热和红外线加热等加热方法。预热的加热区域应在焊接坡口两侧，宽度应各为焊件施焊处厚度的 1.5 倍以上，且不小于 100mm。

6.3.14　对需要进行焊前预热或焊后热处理的焊缝，确定预热温度和后热温度应通过工艺试验确定，并考虑焊接的约束条件、作业环境温度等因素。预热温度应采用专用的测温仪器测量，非封闭空间构件宜在背面离坡口两侧 75mm 处测温，封闭空间构件正面 100mm 处测温。

【条文说明】6.3.14　预热的目的主要是防止焊接金属升温过快和邻接母材冷却速度也快，而产生氢裂纹的重要措施，同时也可改善焊接性能。

1　焊前预热

焊前是否预热与钢材的淬硬倾向有关，即决定钢材的碳当量（C_{cg}=C+Mn/b+（Cr+Mo+V）/5+(Ni+Cu)/15），当 Ceq＜0.4%的钢材的淬硬倾向较小，因此除重要结构、大刚度（或拘束度大）、大厚度（≥40mm）和低温下（0℃以下）焊接时需要预热外，一般都不需预热；Ceq≥0.4%的钢材的淬硬倾向较大，一般在无刚性固定具有一定自由度（一被拘束度）、中等厚度以上（25mm 及以上）和环境温度在 0℃及以上，一般都需预热。

2　预热温度确定

预热温度确定需考虑诸多因素，非常复杂。由于实际工作中所处条件不同，预热温度也不一定相同，因此本条规定一般预热温度的最终确定应通过试验。

1）与钢材的碳当量（Ceq）有关，碳当量增加则预热温度就提高；

2）与焊接时冷却速度有关，即与板厚和环境温度有关，预热温度是随板厚的增加和环境温度的下降而提高；电渣焊的冷却速度较慢在 0℃以上，一般不需预热；

3）与拘束度大小有关，拘束度大，则预热温度要提高；

4）与熔敷金属的扩散氢含量有关，扩散氢含量高，产生裂纹的倾向则大，要求预热

温度应适当提高；因此酸性焊条焊前的预热温度要比低氢型焊条焊前的余热温度要高；气体保护焊当气体纯度及含水量符合有关标准规定时。其预热温度可视同低氢型焊条；

5）与焊接线能量有关，焊接时热输入大则预热温度可降低，反之则提高。

根据项目施工经验，现推荐一个经验公式，作为选择预热温度的参考：预热温度 T（℃）=Ceq×360×t/100（t 为钢材厚度，单位 mm）；但最低温度不小于 60℃，当钢材厚度 t≤20mm 时，在 0℃以下施焊时，预热温度 20℃即可。

3　焊后热处理

由于电渣焊特性，焊缝温度集中，其焊缝金属晶粒粗大，需进行正火，处理温度不应超过钢材的正火温度。其他焊接方法焊接的焊缝，当碳当量 Ceq＜0.4%，钢材厚度 t≥40mm 或碳当量 Ceq≥0.4%，钢材厚度 t≥25mm 时，焊后需作后热处理（消氢处理），其要求如下：

1）焊后后热处理应在焊缝完成后立即进行；

2）后热温度应由试验确定，一般应达到 200℃~250℃，保温时间依据工件厚度而定，以每 25mm 厚度 1h 计，然後缓慢冷却至常温；

3）预热区及后热区应在焊缝两侧，每侧宽度均应大于焊件厚度的 1.5 倍，且不应小于 100mm；

4　预热温度测量

对于封闭构件温度测量，国内目前还无规范进行规定，本条规定了正面 100mm 的常规方法。

（Ⅵ） 焊接变形控制

6.3.15　在进行构件或组合构件的装配和部件间连接时，以及将部件焊接到构件上时，采用的工艺和顺序应使最终构件的变形和收缩最小。

6.3.16　根据构件上焊缝的布置，可按下列要求采用合理的焊接顺序控制变形：

1　对接接头、T 形接头和十字接头，在工件放置条件允许或易于翻身的情况下，宜双面对称焊接；有对称截面的构件，宜对称于构件中和轴焊接；有对称连接杆件的节点，宜对称于节点轴线同时对称焊接；

2　非对称双面坡口焊缝，宜先焊深坡口侧、然后焊满浅坡口侧、最后完成深坡口侧焊缝，特厚板宜增加轮流对称焊接的循环次数；

3　对长焊缝宜采用分段退焊法或与多人对称焊接法同时运用；

4　宜采用跳焊法，避免工件局部热量集中。

6.3.17　构件装配焊接时，应先焊预计有较大收缩量的接头，后焊预计收缩量较小的接头，接头应在尽可能小的拘束状态下焊接。

6.3.18　对于预计有较大收缩或角变形的接头，可通过计算预估焊接收缩和角变形量的数值，在正式焊接前采用预留焊接收缩裕量或预置反变形方法控制收缩和变形。

6.3.19　对组合构件宜采取分部组装焊接、分别矫正变形后再进行总装焊接或连接的方法。

【说明】6.3.15～6.3.19　焊接变形控制主要目的是保证构件或结构要求的尺寸，但有时焊接变形控制的同时会使焊接应力和焊接裂纹倾向随之增大，应采取合理的工艺措施、装焊顺序、热量平衡等方法来降低或平衡焊接变形，避免刚性固定或强制措施控制变形。本规范给出的一些方法，是实践经验的总结，根据实际结构情况合理的采用，对控制焊接构件的变形是有效的。

（Ⅶ）　焊后消除应力处理

6.3.20　设计或合同文件对焊后消除应力有要求时，需经疲劳验算的结构中承受拉应力的对接接头或焊缝密集的接点或构件，宜采用电加热器局部退火和加热炉整体退火等方法进行消除应力处理；如仅为稳定结构尺寸，可选用振动法消除应力。

6.3.21　焊后热处理应符合国家现行相关标准的规定。当采用电加热器对焊接构件进行局部消除应力热处理时，尚应符合下列要求：

1　使用配有温度自动控制仪的加热设备，其加热、测温、控温性能应符合使用要求；

2　构件焊缝每侧面加热板（带）的宽度至少为钢板厚度的 3 倍，且应不小于 200mm；

3　加热板（带）以外构件两侧宜用保温材料适当覆盖；

6.3.22　用锤击法消除中间焊层应力时，应使用圆头手锤或小型振动工具进行，不应对根部焊缝、盖面焊缝或焊缝坡口边缘的母材进行锤击。

6.3.23　用振动法消除应力时，应符合国家现行相关标准的规定。

【说明】6.3.20～6.3.23　目前国内消除焊缝应力主要采用的方法为消除应力热处理和振动消除应力处理两种。消除应力热处理主要用于承受较大拉应力的厚板对接焊缝或承受疲劳应力的厚板或节点复杂、焊缝密集的重要受力构件，主要目的是为了降低焊接残余应力或保持结构尺寸的稳定。局部消除应力热处理通常用于重要焊接接头的应力消除或减少；振动消除应力虽能达到一定的应力消除目的，但消除应力的效果目前学术界还难以准确界定。如果是为了结构尺寸的稳定，采用振动消除应力方法对构件进行整体处理既可操作也经济。

有些钢材，如某些调质钢、含钒钢和耐大气腐蚀钢，进行消除应力热处理后，其显

微组织可能发生不良变化，焊缝金属或热影响区的力学性能会产生恶化，或产生裂纹。应慎重选择消除应力热处理。

同时，应充分考虑消除应力热处理后可能引起的构件变形。

6.4 焊接接头

（Ⅰ） 熔透焊接接头

6.4.1 T 形接头、十字接头、角接接头等要求熔透的对接和角接组合焊缝，其焊脚尺寸不应小于 t/4（图 6.4.1 a,b,c），设计有疲劳验算要求的吊车梁或类似构件的腹板与上翼缘连接焊缝的焊脚尺寸为 t/2，但不应大于 10mm（图 6.4.1d）。焊脚尺寸的允许偏差为 0~4mm。

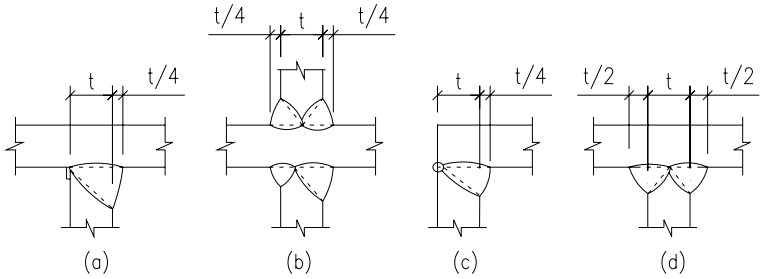


图 6.4.1 焊脚尺寸

【条文说明】6.4.1 对 T 型、十字型、角接接头等要要求溶透的对接和角对接组合焊缝，为减少应力集中，同时避免过大的焊脚尺寸，参照国内外相关规范的规定，确定了对静载结构和动载结构的不同焊尺寸的要求。

6.4.2 全熔透坡口焊缝对接接头的焊缝余高 R 应符合下列规定：

设计要求焊缝等级	焊缝宽度	余高 R
一、二级焊缝	＜20mm	0~3mm
	≥20	0~4mm
三级焊缝	＜20mm	0~3.5mm
	≥20mm	0~4mm

注：设计要求焊缝表面打磨时，打磨方向应沿纹路和拉应力方向；如果设计没有要求时，可不打磨。

6.4.3 双面坡口全焊透焊缝可采用不等厚的坡口深度，较浅坡口深度不应小于较薄件厚度的 1/4。深度按厚度不同而不同。

（Ⅱ） 部分熔透焊接

6.4.4 部分熔透焊接，应保证设计施工图要求的有效焊缝厚度。部分熔透对接与角接的组合焊缝，其有效焊缝厚度为接头根部至焊缝表面的最短距离减去 3mm。组合焊缝焊脚尺寸为 t/4，但不超过 10mm。

6.4.5　部分熔透焊缝的有效焊缝厚度应符合下列规定：

1　当采用 V 型或 X 型坡口且坡口角度小于 60 ° 时，焊缝的有效焊缝厚度等于坡口深度尺寸减去 3mm；

2　当采用 V 型或 X 型坡口且坡口角度不小于 60 ° 时，或采用 J、U 型坡口时，焊缝的有效焊缝厚度等于坡口的深度。

（III） 角接焊接

6.4.6　由角焊缝连接的部件应尽量密贴，根部间隙不得超过 2mm；当接头的根部间隙超过 2mm 时，角焊缝的焊脚尺寸应根据根部间隙值而增加。

6.4.7　当角焊缝的端部在构件上时，转角处宜连续包角焊，起弧和熄弧点距焊缝端部宜大于 10.0mm（图 4.7.9a）；当角焊缝端部不设置引弧和引出板的连续焊缝，起落弧点距焊缝端部宜大于 10.0mm（图 4.7.9b），弧坑应填满。

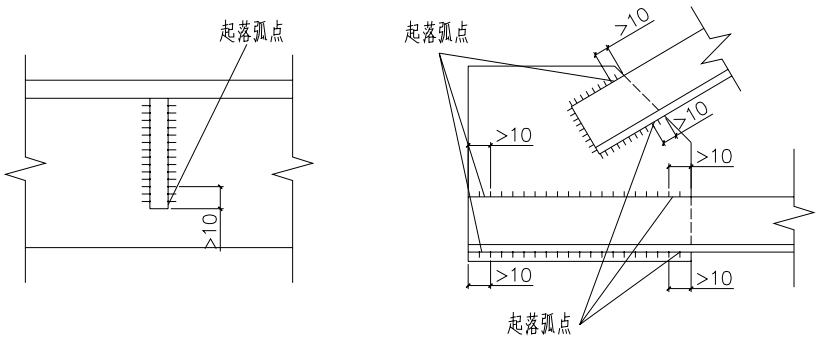


图 6.4.7 起落弧点位置

6.4.8　间断角焊缝每焊段的最小长度应不小于 40mm，焊段之间的最大间距不应超过较薄焊件厚度的 24 倍，且不大于 300mm。

（IV） 塞焊与槽焊接头

6.4.9　塞焊和槽焊可采用手工电弧焊、气体保护电弧焊及自保护电弧焊等焊接方法。平焊时，应分层熔敷焊缝，每层熔渣冷却凝固后，必须清除方可重新焊接；立焊和仰焊时，每道焊缝焊完后，应待熔渣冷却并清除后方可施焊后续焊道。

6.4.10　塞焊和槽焊接头中，其两块接触面之间的间隙不得超过 2mm，禁止使用填充板材。

（V） 电渣焊

6.4.11　电渣焊应采用专用电渣焊焊接设备竖直焊接。当需要进行倾斜电渣焊焊接时，应有焊接工艺试验合格结果保证，并有焊接工程师批准。

6.4.12　电渣焊焊接应采取措施保证扭曲和收缩应力最小。

6.4.13　电渣焊内隔板的衬垫应与母材紧密连接，间隙宜小于 1mm；衬垫板与内隔板宜进行密封焊接。

（Ⅵ） 栓钉焊

6.4.14　首次栓钉焊接前，应进行工艺评定试验，确定焊接工艺参数。每班次焊接作业前，应试焊 3 个栓钉数。

【条文说明】6.4.14　首次指施工单位首次使用新材料、新工艺的栓钉焊接，包括穿透型的焊接。目的为调整焊接参数。

6.4.15　除其他工艺规定外，栓钉焊宜以平焊的方式采用专用栓钉焊机进行焊接。栓钉焊机宜单独布设焊接电源。

【条文说明】6.4.15　本条适用公称直径为 6~22mm 熔焊栓钉。单独布设焊接电源主要保证施工焊接电源的电压稳定性，当与其他设备并联使用时需保证电压稳定性的要求。

6.4.16　栓钉焊接过程中宜考虑钢板厚度和磁偏吹对焊接质量的影响。

【条文说明】6.4.16　磁偏吹是和焊接电流密度呈正比，它亦受地线钳夹持位置以及补偿块金属位置的影响，另外，浇垂直轴线转动焊枪，在不同位置，磁偏吹效果也不同。磁偏吹使金属一侧加剧熔化并增加焊缝金属中的孔洞。

6.5　焊接质量检验

6.5.1　焊缝的尺寸偏差、外观质量和内部质量应按现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205 进行检验。

6.5.2　栓钉焊焊后应进行弯曲试验检查，检查数量不应少于 1%；当用锤击焊钉（螺柱）头、使其弯曲至 30°时,焊缝和热影响区不得有肉眼可见裂纹。

6.6　焊接缺陷返修

6.6.1　焊缝金属或母材的缺欠超过相应的质量验收标准时，可采用砂轮打磨、碳弧气刨、铲凿或机械等方法彻底清除。返修焊接之前，应清洁修复区域的表面。对于焊缝尺寸不足、咬边、弧坑未填满等缺陷应进行焊补。

6.6.2　对于不合格的焊缝缺欠，返修或重焊的焊缝应按原检测方法和质量标准进行检测验收。

6.6.3　对焊缝进行返修，宜按下述要求进行：

1　焊瘤、凸起或余高过大，采用砂轮或碳弧气刨清除过量的焊缝金属；

2　焊缝凹陷或弧坑、焊缝尺寸不足、咬边、未熔合、焊缝气孔或夹渣等应在完全清除缺陷后进行补焊；

3　焊缝或母材的裂纹应采用磁粉、渗透或其它无损检测方法确定裂纹的范围及深度，用砂轮打磨或碳弧气刨清除裂纹及其两端各 50mm 长的完好焊缝或母材，修整表面或磨除气刨渗碳层后，并用渗透或磁粉探伤方法确定裂纹是否彻底清除，再重新进行补焊。对于拘束度较大的焊接接头上焊缝或母材上裂纹的返修，碳弧气刨清除裂纹前，宜在裂纹两端钻止裂孔后再清除裂纹缺陷；

4　焊接返修的预热温度应比相同条件下正常焊接的预热温度提高 30～50℃，并采用低氢焊接方法和焊接材料进行焊接；

5　返修部位应连续焊成。如中断焊接时，应采取后热、保温措施，防止产生裂纹。厚板返修焊宜采用消氢处理

6　焊接裂纹的返修，应通知专业焊接工程师对裂纹产生的原因进行调查和分析，制定专门的返修工艺方案后按工艺要求进行；

7　承受动荷载结构的裂纹返修以及静载结构同一部位的两次返修后仍不合格时，应对返修焊接工艺进行工艺评定，并经业主或监理工程师认可后方可实施；

8　裂纹返修焊接应填报返修施工记录及返修前后的无损检测报告，作为工程验收及存档资料。

【条文说明】6.6.1～6.6.3 焊缝金属或部分母材的缺陷超过相应的质量验收标准时，施工单位可以选择是进行修补或除去而重焊不合格焊缝。焊接或母材的缺陷修补前应分析缺陷的性质种类和产生原因。如不是因焊工操作或执行工艺规范不严格造成的缺陷，应从工艺方面进行改进，编制新的工艺或经过试验评定后进行修补，以确保返修成功。多次对同一部位进行返修，会造成母材的热影响区的热应变脆化，对结构的安全有不利影响。

7　紧固件连接工程

7.1　一般规定

7.1.1　本章适用于钢结构制作和安装中的普通螺栓、扭剪型高强度螺栓、高强度大六角头螺栓、钢网架螺栓球节点用高强度螺栓及拉铆钉、自攻钉、射钉等紧固件连接工程的施工。

7.1.2　钢构件的紧固件连接节点和拼接接头，在紧固施工前应经检验合格。

7.1.3　对于露天使用或接触腐蚀性气体的钢结构，在紧固件紧固验收合格后，连接处板缝应及时封闭。

7.1.4　经验收合格的紧固件连接节点与拼接接头，应按照设计文件的规定进行防腐和防火涂装。

7.1.5　钢结构制作和安装单位应按现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205 的规定分别进行高强度螺栓连接摩擦面的抗滑移系数试验和复验，现场处理的构件摩擦面应单独进行摩擦面抗滑移系数试验，其结果应符合设计要求。当高强度连接节点按承压型连接或张拉型连接进行强度设计时，可不进行摩擦面抗滑移系数的试验和复验。

【条文说明】7.1.5　制作方试验的目的是为验证摩擦面处理工艺的正确性，安装方复验的目的是验证摩擦面在安装前的状况是否符合设计要求。现行国家标准《钢结构设计规范》GB50017 与原规范相比，在承压型连接设计方面，取消了对摩擦面抗滑移系数值的要求，只有对摩擦面外观上的要求，因此本条规定对承压型连接和张拉型连接一样，施工单位可以不进行摩擦面抗滑移系数的试验和复验。另外，对钢板原轧制表面不做处理时，一般其接触面间的摩擦系数能达到 0.3（Q235）和 0.35（Q345），因此在设计采用的摩擦面抗滑移系数为 0.3 时，由设计方提出也可以不进行摩擦面抗滑移系数的试验和复验。

7.2　连接件加工及摩擦面处理

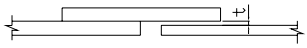
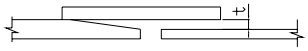
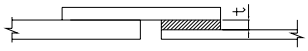
7.2.1　连接件螺栓孔应按本规范第 8 章的相关规定进行加工，螺栓孔的精度、孔壁表面粗糙度、孔径及孔距的允许偏差等应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 的规定。

7.2.2　螺栓孔孔距超过相关规范的允许偏差时，可采用与母材相匹配的焊条补焊，并经无损检测合格后重新制孔，每组孔中经补焊重新钻孔的数量不得超过该组螺栓数量的

20%。

7.2.3　高强度螺栓摩擦面对因板厚公差、制造偏差或安装偏差等产生的接触面间隙，应按表 7.2.3 规定进行处理。

表 7.2.3　接触面间隙处理

项目	示意图	处理方法
1		t<1.0mm 时不予以处理
2		t=1~3mm 时将厚板一侧磨成 1：10 的缓坡，使间隙小于 1.0mm
3		t>3.0mm 时加垫板，垫板厚度不小于 3mm，最多不超过三层，垫板材质和摩擦面处理方法应与构件相同

【条文说明】7.2.3　当摩擦面间有间隙时，有间隙一侧的螺栓紧固力就有一部分以剪力形式通过拼接板传向较厚一侧，结果从使有间隙一侧摩擦面间正压力减少，摩擦承载力降低，即有间隙的摩擦面其抗滑移系数降低。因此，本条对因钢板公差、制造偏差或安装偏差等产生的接触面间隙采用的处理方法进行规定，本条中第 2 种也可以采用加填板的处理方法。

7.2.4　高强度螺栓连接处的摩擦面可根据设计抗滑移系数的要求选用喷砂（丸）、喷砂后生赤锈、喷砂后涂无机富锌漆、手工打磨等处理方法。采用手工砂轮打磨时，打磨方向应与受力方向垂直，且打磨范围不小于螺栓孔径的 4 倍。

【条文说明】7.2.4　本条规定了高强度螺栓连接处的处理方法,是为方便施工单位根据企业自身的条件选择,但不论选用哪种处理方法，凡经加工过的表面，其抗滑移系数值最小值要求达到设计文件规定。对上述常见的处理方法如下：

1　喷砂（丸）处理：砂粒粒径为 1.2~1.4mm，喷射时间为 1~2min，喷射分压为 0.5Pa，处理完表面粗糙度可达 45~50μm。

2　喷砂后生赤锈处理：喷砂后放露天生锈 60~90 天，表面粗糙度可达到 55μm，安装前对表面清浮锈。

3　喷砂后涂无机富锌漆：为了防锈一般要求涂层厚为度为 0.6~0.8μm。

4　砂轮打磨手工处理：使用粗砂轮沿与受力方向垂直打磨，打磨后置于露天生锈效果更好，表面粗糙度可达 50μm 以上，但离散性较大。

5　手工钢丝刷清理处理：使用钢丝刷将钢材表面的氧化铁等污物清理干净，处理方法比较简便，但抗滑移系数较低，一般用于次要结构和构件。

按照现在国家标准《钢结构设计规范》GB50017，高强度螺栓连接节点设计时摩擦面的抗滑移系数可选取0.3~0.5，从目前国内多数工程经验来看，摩擦面的抗滑移系数采用0.45最为合适，虽然摩擦面抗滑移系数0.45以上能够通过试验能够达到，但于大批量

生产时，抗滑移系数大于0.45时候不容易达到，且离散性很大。

7.2.5　经表面处理后的高强度螺栓连接摩擦面应符合以下规定：

1　连接摩擦面保持干燥、清洁，不应有飞边、毛刺、焊接飞溅物、焊疤、氧化铁皮、污垢等；

2　经处理后的摩擦面采取保护措施，不得在摩擦面上作标记；

3　若摩擦面采用生锈处理方法时，安装前应以细钢丝刷垂直于构件受力方向刷除去摩擦面上的浮锈。

7.3　普通紧固件连接

7.3.1　普通螺栓可采用普通扳手紧固，螺栓紧固应使被连接件接触面、螺栓头和螺母与构件表面密贴。普通螺栓紧固应从中间开始，对称向两边进行，大型接头宜采用复拧。

7.3.2　普通螺栓作为永久性连接螺栓时，紧固时应符合下列规定：

1　螺栓头和螺母侧应分别放置平垫圈，螺栓头侧放置的垫圈不多于 2 个，螺母侧放置的垫圈不多于 1 个；

2　对于承受动力荷载或重要部位的螺栓连接，设计有防松动要求时，应采取有防松动装置的螺母或弹簧垫圈，弹簧垫圈放置在螺母侧；

3　对工字钢、槽钢等有斜面的螺栓连接，宜采用斜垫圈；

4　同一个连接接头螺栓数量不应少于 2 个；

5　螺栓紧固后外露丝扣应不少于 2 扣，紧固质量检验可采用锤敲检验。

7.3.3　连接薄钢板采用的拉铆钉、自攻钉、射钉等，其规格尺寸应与被连接钢板相匹配，其间距、边距等满足设计文件的要求。钢拉铆钉和自攻螺钉的钉头部分应靠在较薄的板件一侧。自攻螺钉、钢拉铆钉、射钉等与连接钢板应紧固密贴，外观排列整齐。

7.3.4　铆钉可采用热铆或冷铆施工方法。冷铆施工时应在常温下进行，用铆钉枪铆接时最大直径不得超过 13mm，用铆钉机铆接时最大直径不得超过 25mm。

7.3.5　铆钉安装后，应进行外观和铆合情况检验，铆合情况可采用 0.3kg 小锤敲击铆钉头部的敲击法检验。

7.3.6　自攻螺钉（非自攻自钻螺钉）连接板上的预制孔径 d_0 应符合下式要求：

$$d_0 = 0.7d + 0.2t_t \qquad (7.3.6)$$

且　　$d_0 \le 0.9d$

式中　d ——自攻螺钉的公称直径(㎜)；

t_t ——连接板的总厚度(㎜)。

【条文说明】7.3.6　被连板件上安装自攻螺钉（非自钻自攻螺钉）用的钻孔孔径直接影响连接的强度和柔度。孔径的大小应由螺钉的生产厂家规定。1981 年的欧洲标准建议曾以表格形式给出了孔径的建议值。本规范以归纳出公式形式，给出的预制孔建议值。

7.3.7　射钉施工时，穿透深度（指射钉尖端到基材表面的深度）应不小于 10mm。

7.4　高强度螺栓连接

7.4.1　高强度大六角头螺栓连接副由一个螺栓、一个螺母和两个垫圈组成，使用组合应符合表 7.4.1 中的规定；扭剪型高强度螺栓连接副由一个螺栓、一个螺母和一个垫圈组成（图 7.4.1）。

表 7.4.1　高强度大六角头螺栓连接副组合

螺栓	螺母	垫圈
10.9S	10H	35-45 HRC
8.8S	8H	35-45 HRC

7.4.2　高强度螺栓长度应以螺栓连接副终拧后外露 2～3 扣丝为标准计算，可按下式（7.4.2）计算。

$$l = l' + \Delta l \qquad (7.4.2)$$

式中，l' ——连接板层总厚度；

Δl ——附加长度 $\Delta l = m + ns + 3p$，当高强度螺栓公称直径确定时，附加长度 Δl 也可直接按表 7.4.2 选取；

m ——高强度螺母公称厚度；

n ——垫圈个数，扭剪型高强度螺栓为 1，高强度大六角头螺栓为 2；

s ——高强度垫圈公称厚度；(当高强度螺栓连接采用大圆孔或槽孔时，高强度垫圈公称厚度按实际厚度取值)

p ——螺纹的螺距。

表 7.4.2　高强度螺栓附加长度 Δl (mm)

高强度螺栓种类	螺栓规格						
	M12	M16	M20	M22	M24	M27	M30
高强度大六角头螺栓	23	30	35.5	39.5	43	46	50.5
扭剪型高强度螺栓	—	26	31.5	34.5	38	41	45.5

注：本表附加长度 Δl 由标准圆孔垫圈公称厚度计算确定的。

选用的高强度螺栓公称长度应取修约后的长度，根据计算出的螺栓长度 l 按修约间隔 5mm 进行修约。

【条文说明】7.4.2　本条规定了高强度螺栓长度计算和选用原则，螺栓长度是按外露2~3扣螺纹的标准确定，螺栓露出太少或陷入螺母都有可能对螺栓螺纹与螺母螺纹连接的强度有不利的影响，外露过长，不但不经济，而且在高强度螺栓施拧时带来困难。

按公式（7.4.2）方法计算所得的螺栓长度规格可能很多，本条规定了采取修约的方法得出高强度螺栓的公称长度，即选用的采购长度，修约按2舍3入、或7舍8入的原则取5mm的整倍数，并尽量减少螺栓的规格数量。螺纹的螺距可参考下表选用。

表 7.4.2　螺距取值表(mm)

螺栓规格	12	16	20	22	24	27	30
螺距 p		1.75	2.5	2.5	3	3	3.5

7.4.3　高强度螺栓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，并符合下列规定：

1　不应少于安装孔总数的 l／3；

2　安装螺栓不应少于 2 个；

3　冲钉穿入数量不宜多于安装螺栓数量的 30%；

4　不得用高强度螺栓兼做安装螺栓。

【条文说明】7.4.3　本条对高强度螺栓安装采用安装螺栓和冲钉的规定，冲钉主要取定位作用、安装螺栓主要取紧固作用，尽量消除间隙。安装螺栓和冲钉的数量要保证能承受构件的自重和连接校正时外力的作用，规定每个节点安装的最少个数是为了防止连接后构件位置偏移，同时限制冲钉用量。冲钉加工成锥形，中部直径一般与孔直径相同。

高强度螺栓不得兼做安装螺栓是为了防止螺纹的损伤和连接副表面状态的改变引起扭矩系数的变化。

7.4.4　高强度螺栓应在构件安装精度调整后进行拧紧。高强度螺栓安装应符合下列规定：

1　扭剪型高强度螺栓安装时，螺母带圆台面的一侧应朝向垫圈有倒角的一侧；

2　大六角头高强度螺栓安装时，螺栓头下垫圈有倒角的一侧应向螺栓头，螺母带圆台面的一侧应朝向垫圈有倒角的一侧。

【条文说明】7.4.4　对于大六角头高强度螺栓连接副，垫圈设置内倒角是为了与螺栓头下的过渡圆弧相配合，因此在安装时垫圈带倒角的一侧必须朝向螺栓头，否则螺栓头就不能很好与垫圈密贴，影响螺栓的受力性能。对于螺母一侧的垫圈，因倒角侧的表面较为平整、光滑，拧紧时扭矩系数较小，且离散率也较小，所以垫圈有倒角一侧朝向螺母。

7.4.5　高强度螺栓现场安装时应能自由穿入螺栓孔，不得强行穿入。若螺栓不能自由穿入时，可采用铰刀或锉刀修整螺栓孔，不得采用气割扩孔，扩孔数量应征得设计同意，修整后或扩孔后的孔径不应超过 1.2 倍螺栓直径。

【条文说明】7.4.5　气割扩孔很不规则，即削弱了构件的有效截面，减少了传力面积，还会使扩孔处钢材造成缺陷，故规定不得气割扩孔。最大扩孔量的限制也是基于构件有效截面和摩擦传力面积的考虑。

7.4.6　高强度大六角头螺栓连接副施拧可采用扭矩法或转角法，施工时应符合下列规定：

1　施工用的扭矩扳手使用前应进行校正，其扭矩相对误差不得大于±5%；校正用的扭矩扳手，其扭矩相对误差不得大于±3%；

2　施拧时，应在螺母上施加扭矩；

3　施拧应分为初拧和终拧，大型节点应在初拧和终拧之间增加复拧。初拧扭矩可取施工终拧扭矩的 50%，复拧扭矩应等于初拧扭矩。终拧扭矩可按公式（7.4.6）计算确定；

$$T_c = kP_cd \qquad (7.4.6)$$

式中 T_c ——施工终拧扭矩(N·m)；

k ——高强度螺栓连接副的扭矩系数平均值，取 0.110~0.150；

P_c ——高强度螺栓施工预拉力(kN)，可按表 7.4.6-1 选用；

d ——高强度螺栓公称直径(mm)；

表 7.4.6-1　高强度大六角头螺栓施工预拉力(kN)

螺栓性能等级	螺栓公称直径(mm)						
	M12	M16	M20	M22	M24	M27	M30
8.8S	50	90	140	165	195	255	310
10.9S	60	110	170	210	250	320	390

4　采用转角法施工时，初拧（复拧）后连接副的终拧角度应满足表 7.4.6-2 的要求；

表 7.4.6-2　初拧（复拧）后连接副的终拧转角

螺栓长度 L	螺母转角	连接状态
L≤4d	1/3 圈（120°）	连接型式为一层芯板加两层盖板
4d＜L≤8d 或 200mm 及以下	1/2 圈（180°）	
8d＜L≤12d 或 200mm 以上	2/3 圈（240°）	
注：1.d 为螺栓公称直径； 2.螺母的转角为螺母与螺栓杆之间的相对转角； 3.当螺栓长度 L 超过 12 倍螺栓公称直径 d 时，螺母的终拧角度应由试验确定。		

5　初拧或复拧后应对螺母涂画颜色标记。

【条文说明】7.4.6　用于大六角头高强度螺栓施工终拧值检测，以及校核施工扭矩扳手的标准扳手须经过计量单位的标定,并在有效期内使用，检测与校核用的扳手应为同一把扳手。

7.4.7　扭剪型高强度螺栓连接副应采用专用电动扳手施拧，施工时应符合下列规定：

1　施拧应分为初拧和终拧，大型节点宜在初拧和终拧之间增加复拧；

2　初拧扭矩值取公式（7.4.6）中T_c计算值的 50%，其中k取 0.13，也可按表 7.4.7 选用；复拧扭矩等于初拧扭矩；

表 7.4.7　扭剪型高强度螺栓初拧（复拧）扭矩值(N·m)

螺栓公称直径(mm)	M16	M20	M22	M24	M27	M30
初拧(复拧)扭矩	115	220	300	390	560	760

3　终拧应以拧掉螺栓尾部梅花头为准，对于个别不能用专用扳手进行终拧的螺栓，可按第 7.4.6 条规定的方法进行终拧，扭矩系数k取 0.13；

4　初拧或复拧后应对螺母涂画颜色标记。

【条文说明】7.4.7　扭剪型高强度螺栓以扭断螺栓尾部梅花部分为终拧完成，无终拧扭矩规定，因而初拧的扭矩是参照大六角头高强度螺栓，取扭矩系数的中值 0.13，按 0.13×扭剪型螺栓紧固轴力×螺栓公称直径的 50%确定的。

7.4.8　高强度螺栓连接副应采用合理的施拧顺序。

【条文说明】7.4.8　高强度螺栓连接副初拧、复拧和终拧原则上应以接头刚度较大的部位向约束较小的方向、螺栓群中央向四周的顺序，是为了使高强度螺栓连接处板层能更好密贴。下面是典型节点的施拧顺利：

1）一般节点从中心向两端，如图7.4.8-1；

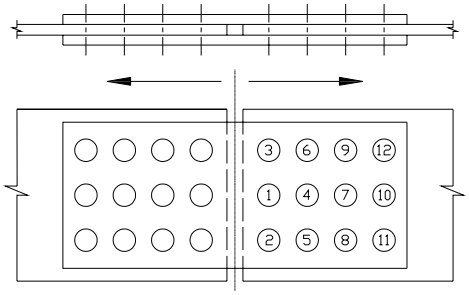


图 7.4.8-1 一般节点施拧顺序

2）箱型节点按图7.4.8-2中A、C、B、D顺序；

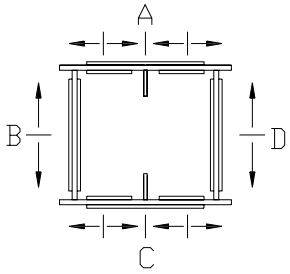


图 7.4.8-2 箱型节点施拧顺序

3）工字梁节点螺栓群按图7.4.8-3中①～⑥顺序；

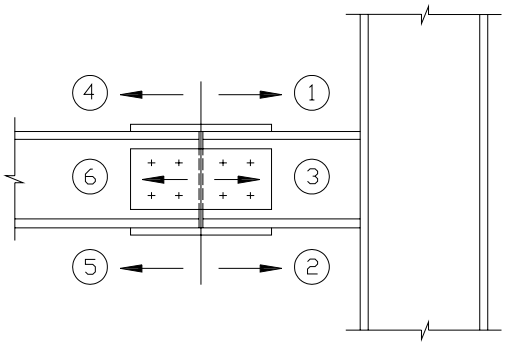


图 7.4.8-3 工字梁节点施拧顺序

4）H型截面柱对接节点按先翼缘后腹板；

5）两个节点组成的螺栓群按主要构件节点，后次要构件节点。

7.4.9 高强度螺栓和焊接并用的连接节点，当设计文件无特殊规定时，宜按先螺栓紧固后焊接的施工顺序。

7.4.10 高强度螺栓连接副的初拧、复拧、终拧应在 24 小时内完成。

7.4.11 高强度大六角头螺栓连接扭矩法施工紧固应进行下列质量检查：

1 用约 0.3kg 重小锤敲击螺母对高强度螺栓进行普查；

2 终拧扭矩按节点数 10%抽查，且不应少于 10 个节点；对每个被抽查节点按螺栓数 10%抽查，且不应少于 2 个螺栓；

3 检查时先在螺杆端面和螺母上画一直线，然后将螺母拧松约 60°；再用扭矩扳手重新拧紧，使两线重合，测得此时的扭矩应在 $0.9T_{ch}$～$1.1T_{ch}$ 范围内。T_{ch} 按公式（7.4.11）计算：

$$T_{ch} = kPd \qquad (7.4.11)$$

式中 T_{ch}——检查扭矩(N·m)；

P——高强度螺栓设计预拉力(kN)；

k——扭矩系数。

4 若发现有不符合规定时，应再扩大 1 倍检查；若仍有不合格者，则整个节点的高强度螺栓应重新施拧；

5 扭矩检查宜在螺栓终拧 1h 以后 24h 之前完成， 检查用的扭矩扳手，其相对误差不得大于±3%。

7.4.12 高强度大六角头螺栓连接转角法施工紧固应进行下列质量检查：

1 终拧转角按节点数抽查 10%，且不应少于 10 个节点；对每个被抽查节点按螺栓数抽查 10%，且不应少于 2 个螺栓；

2　在螺杆端面和螺母相对位置划线，然后全部卸松螺母，在按规定的初拧扭矩和终拧角度重新拧紧螺栓，测量终止线与原终止线划线间的角度，应符合表 7.4.6-2 要求、误差在±30°者为合格；

3　若发现有不符合规定的，应再扩大 1 倍检查；若仍有不合格者，则整个节点的高强度螺栓应重新施拧；

4　转角检查宜在螺栓终拧 1h 以后、24h 之前完成。

7.4.13　扭剪型高强度螺栓终拧检查，以目测尾部梅花头拧断为合格。对于不能用专用扳手拧紧的扭剪型高强度螺栓，应按本条第 7.4.11 条或 7.4.12 条的规定进行质量检查。

7.4.14　螺栓球节点网架总拼完成后，高强度螺栓与球节点应紧固连接，螺栓拧入螺栓球内的螺纹长度不应小于 1.1d(d 为螺栓直径)，连接处不应出现有间隙、松动等未拧紧情况。

【条文说明】7.4.14　对于螺栓球节点网架，其刚度（挠度）往往比设计值要弱。主要原因是因为螺栓球与钢管连接的高强度螺栓紧固不到位，出现间隙、松动等情况，当下部支撑系统拆除后，由于连接间隙、松动等原因，挠度明显加大，超过规范规定的限值。

8　钢零件及钢部件加工

8.1　一般规定

8.1.1　本章适用于钢结构制作及安装中钢零件及钢部件的加工。

8.1.2　加工前，应进行设计图纸的审核，熟悉设计施工图和施工详图，做好各道工序的工艺准备。结合加工工艺，编制作业指导书。

8.2　放样和号料

8.2.1　放样和号料应根据施工图和工艺文件进行，并按要求预留余量。

8.2.2　放样和样板（样杆）的允许偏差应符合表 8.2.2 的规定。

表 8.2.2　放样和样板（样杆）的允许偏差

项　目	允许偏差
平行线距离和分段尺寸	±0.5 mm
样板长度	±0.5 mm
样板宽度	±0.5 mm
样板对角线差	1.0 mm
样杆长度	±1.0 mm
样板的角度	±20′

8.2.3　号料的允许偏差应符合表 8.2.3 的规定。

表 8.2.3　号料的允许偏差（mm）

项　目	允许偏差
零件外形尺寸	±1.0
孔距	±0.5

【条文说明】8.2.1~8.2.3　放样是根据施工图用 1:1 的比例放出在大样，并制作样板或样杆，进行号料，作为切割、加工、弯曲、制孔等的标记。目前大多数加工单位采用数控加工设备，省略了放样和号料工序，但是有些加工和组装工序仍需放样、做样板和号料等工序。样板、样杆一般采用铝板、薄白铁板、纸板等材料制作，按精度要求不同选用的材料也就不同。

放样和号料预留余量，一般包括制作和安装时的焊接收缩余量，构件的弹性压缩量，切割、刨边和铣平等加工余量，及厚钢板展开的余量等。

8.2.4　钢板宜按工艺规定的方向进行号料，考虑构件（或零部件）受力方向和加工方向等因素。

【条文说明】8.2.4　本条规定号料方向，主要考虑钢板沿轧制方向和垂直轧制方向力学

性能有差异，一般构件受力方向与钢板轧制方向一致，弯曲加工方向（如弯折线、卷制轴线）与钢板轧制方向垂直，以防止出现裂纹。

8.2.5　号料后，钢零件和钢部件应按工艺要求进行标识。

【条文说明】8.2.5　号料后零部件进行标识，包括工程号、零件编号、加工符号、孔的位置等，便于切割及后续工序工作，避免造成混乱。同时将该零件所用材料的相关信息，如钢种、厚度、炉批号等移植到下料配套表和余料上，以备检查和后用。

8.3　切割

8.3.1　钢材切割可采用气割、机械剪切、等离子切割等方法，选用的切割方法应满足工艺文件的要求。切割后的飞边、毛刺应清理干净。

【条文说明】8.3.1　钢材切割的方法很多，本条中主要列出了气割（又称火焰切割）、机械剪切、等离子切割三种，切割时按其厚度、形状、加工工艺、设计要求，选择最适合的方法进行。切割方法可参照表 6.1.2 选用。

表 8.3.1 钢材的切割方法

类别	选用设备	适用范围
气割	自动或半自动切割机、多头切割机、数控切割机、仿形切割机、多维切割机	适用于中厚钢板
	手工切割	小零件板及修正下料，或机械操作不便时
机械剪切	剪板机、型钢冲剪机	适用板厚＜12mm 的零件钢板、压型钢板、冷弯型钢
	砂轮锯	适用于切割厚度＜4mm 的薄壁型钢及小型钢管
	锯床	适用于切割各种型钢及梁柱等构件
等离子切割	等离子切割机	适用于薄钢板、钢条及不锈钢

8.3.2　钢材切割面或剪切面应无裂纹、夹渣、分层等缺陷和大于 1mm 的缺棱；

8.3.3　气割前钢材切割区域表面应清理干净。切割时，应根据设备类型、钢材厚度、切割气体等因素选择适合的工艺参数。

【条文说明】8.3.3　为保证气割顺序进行和气割面质量，不论采用何种气割方法，切割前要求将钢材切割区域表面清理干净。

8.3.4　气割的允许偏差应符合表 8.3.4 的规定。

表 8.3.4　气割的允许偏差（mm）

项　目	允许偏差
零件宽度、长度	±3.0
切割面平面度	0.05t，且不应大于 2.0
割纹深度	0.3
局部缺口深度	1.0
注：t 为切割面厚度	

8.3.5　机械剪切的零件厚度不宜大于 12.0mm，剪切面应平整。碳素结构钢在环境温度低于-20℃、低合金结构钢在环境温度低于-15℃时，不得进行剪切、冲孔。

8.3.6　机械剪切的允许偏差应符合表 8.3.4 的规定。

表 8.3.4　机械切割的允许偏差（mm）

项　目	允许偏差（mm）
零件宽度、长度	±3.0
边缘缺棱	1.0
型钢端部垂直度	2.0

【条文说明】8.3.5~8.3.6　采用剪板机或型钢板剪切机切割钢材是速度较快的一种切割方法，但切割质量不是很好，因为在钢材的剪切过程中，一部分是剪切而另一部分撕断，其切断面边缘产生很大的剪切应力，在剪切连续 2~3mm 范围内，形成严重的冷作硬化区，使这部分钢材脆性很大。因此，规定对剪切零件的厚度不宜大于 12mm，对较厚的钢材或直接受动荷载的钢板，一律不采用剪切，否则要将冷作硬化区刨除；如剪切边为焊接边，可不作处理。基于在这个原因，在低温下更不应进行剪切，因此规定了碳素结构钢和低合金结构钢剪切和冲孔的最低温度。

8.3.7　钢网架（桁架）用圆钢管杆件宜用机床或数控相贯线切割机下料，下料时应预放加工余量和焊接收缩量，焊接收缩量可由工艺试验确定。钢管杆件加工的允许偏差应符合表 8.7.6 的规定。

表 8.3.7　钢管杆件加工的允许偏差（mm）

项　目	允许偏差
长　度	±1.0
端面对管轴的垂直度	0.005r
管口曲线	1.0

【条文说明】8.3.7　除本条规定的数控相贯线切割机下料外，对矩形、圆形钢管、工字钢与球的相贯焊接，可采用手工切割的方法。

8.4　矫正与成型

8.4.1　矫正可采用机械矫正、限定温度的加热矫正、加热矫正与机械联合矫正等方法。

8.4.2　碳素结构钢在环境温度低于-16℃、低合金结构钢在环境温度低于-12℃时，不应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，加热温度不应超过 900℃。低合金结构钢矫正温度冷却到 600℃时严禁急冷。

【条文说明】8.4.2　对冷矫正和冷弯曲的最低环境温度进行限制，是为了保证钢材在低温情况下受到外力时不致产生冷脆断裂，在低温下钢材受外力而脆断要比冲孔和剪切加工时而断裂更敏感，故环境温度限制较严。

当设备能力受到限制、钢材厚度较厚，处于低温条件下或冷矫正达不到质量要求时，采用加热矫正，规定加热温度不能超过 900℃。因为超过此温度时，钢材表面容易渗碳甚至过烧，而 800~900℃属于退火或正火区，是热塑变形的理想温度。低于 600℃，则矫正效果不大。为防止加热区钢材脆化，应缓慢冷却（空冷），尤其是低合金结构钢更不应骤冷。当采用加热矫正与机械联合矫正时，温度降 500~600℃（接近蓝脆区）之前应结束矫正。

8.4.3　当零件采用热加工成型时，加热温度一般应控制在 900～1000℃，而根据热加工需要，加热温度也可控制在 1100℃~1300℃；碳素结构钢和低合金结构钢在温度分别下降到 700℃和 800℃之前，应结束加工；低合金结构钢应自然冷却。

8.4.4　热加工成型温度应均匀，不宜对同一构件反复进行热加工；温度冷却到 200℃~400℃时，严禁捶打和弯曲。

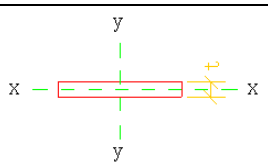
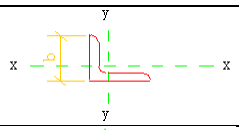
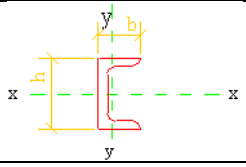
8.4.5　钢管径厚比为 25~33 时，宜采用热成型加工；当径厚比为 33 以上时，宜采用冷成型加工。

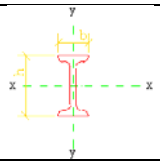
【条文说明】8.4.5　利用钢板卷制钢管时，由于不同材质、同种材质不同厚度范围钢板的屈服点不同，以及各种结构钢的出厂状态各异。为了确保结构的安全性，防止延迟裂纹、厚板层状撕裂等微观缺陷的的出现特规定：当卷管的径厚比为 33 以上时，可以采用冷成型加工；当卷管的径厚比为 25 以下时，宜采用热成型加工；而介于 25~33 之间时，建议热成型加工，如果有充分的试验验证，不会出现表面延迟裂纹、内部撕裂等缺陷时，可以根据材质、板厚并结合使用部位的重要性选择冷成型加工。

8.4.6　矫正后的钢材表面，不应有明显的凹痕或损伤，划痕深度不得大于 0.5mm，且不应大于该钢材厚度允许负偏差的 1/2。

8.4.7　型钢冷矫正和冷弯曲的最小曲率半径和最大弯曲矢高应符合表 8.4.8 的规定。

表 8.4.7　冷矫正和冷弯曲的最小曲率半径和最大弯曲矢高（mm）

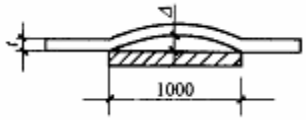
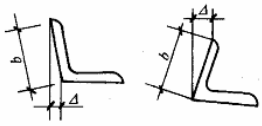
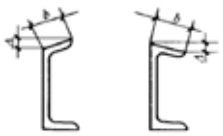
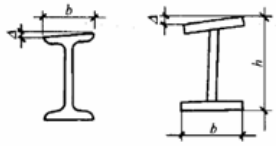
钢材类别	图例	对应轴	矫正		弯曲	
			r	f	r	f
钢板扁钢		x-x	50t	$\frac{l^2}{400t}$	25t	$\frac{l^2}{200t}$
		y-y（仅对扁钢轴线）	100b	$\frac{l^2}{800b}$	50b	$\frac{l^2}{400b}$
角钢		x-x	90b	$\frac{l^2}{720b}$	45b	$\frac{l^2}{360b}$
槽钢		x-x	50h	$\frac{l^2}{400h}$	25h	$\frac{l^2}{200h}$
		y-y	90b	$\frac{l^2}{720b}$	45b	$\frac{l^2}{360b}$

工字钢		x-x	50h	$\frac{l^2}{400h}$	25h	$\frac{l^2}{200h}$
		y-y	50b	$\frac{l^2}{400b}$	25b	$\frac{l^2}{200b}$
钢管		x-x			18b	
注：r 为曲率半径；f 为弯曲矢高； ι 为弯曲弦长；t 为板厚；b 为宽度						

【条文说明】8.4.7　冷矫正和冷弯曲的最小曲率半径和最大弯弯曲矢高的允许值，是根据钢材的特性、工艺的可行性以及成形后外观质量的限制而作出的。

8.4.8　钢材矫正后的允许偏差应符合表 8.4.8 的规定。

表 8.4.8　钢材矫正后的允许偏差（mm）

项　目		允许偏差	图例
钢板的局部平面度	t≤14	1.5	
	t>14	1.0	
型钢弯曲矢高		L/1000 且不应大于 5.0	
角钢肢的垂直度		b/100 双肢栓接角钢的角度不得大于 90°	
槽钢翼缘对腹板的垂直度		b/80	
工字钢、H 型钢翼缘对腹板的垂直度		b/100 且不大于 2.0	

8.4.9　钢管加工弯曲成型的允许偏差应符合表 8.4.9 的规定。

表8.4.9　钢管弯曲成型的允许偏差

项目	允许偏差（mm）
直径（d）	±d/500且≤±5.0
构件长度	±3.0
管口圆度	d/500且≤5.0
弯曲矢高	L/1500且≤5.0

8.5　边缘和端部加工

8.5.1　边缘加工可采用气割和机械加工方法，对边缘有特殊要求时宜采用精密切割。

8.5.2　气割或机械剪切的零件，需要进行边缘加工时，刨削余量不应小于 2.0mm。

【条文说明】8.5.2　本条主要规定对直接承受动力荷载的剪切外露边缘、需刨平顶紧的边缘，以及手工切割的外露边缘等，需对剪切的冷作硬化区或气割的热影响区 2~3mm 进行机械切削加工。

8.5.3　边缘加工的允许偏差应符合表 8.5.3 的规定。

表 8.5.3　边缘加工的允许偏差

项目	允许偏差
零件宽度、长度	±3.0mm
加工边直线度	L/3000，且不应大于2.0mm
相邻两边夹角	±6’
加工面垂直度	0.025t，且不应大于0.5mm
加工面表面粗糙度	Ra≤50μm

8.5.4　焊缝坡口可采用气割、铲削、刨边机加工等方法。

8.5.5　零部件如采用铣床进行铣削加工边缘时，加工后的允许偏差应符合表 8.5.5 的规定。

表 8.5.5　零部件铣削加工后的允许偏差（mm）

项　目	允许偏差
零件长度、宽度	±0.5
铣平面的平面度	0.3
铣平面的垂直度	L/1500

【条文说明】8.5.5　本条对主要零部件精度尺寸要求较高时，规定采用铣削对边缘进行精加工的允许偏差。（铣平面的平面度 0.3,是否放入规范内）

8.6　制孔

8.6.1　制孔可采用钻孔、冲孔、铣孔、铰孔、镗孔和锪孔等方法，对直径较大或长形孔也可采用气割制孔。

【条文说明】8.6.1　本条规定了钢结构中制作的方法，钻孔、冲孔为一次制孔，铣孔、铰孔、镗孔和锪孔方法为二次制孔，即在一次制孔的基础上进行孔的二次加工。本条规定了采用气割制孔的方法，实际加工中一般直径在 80mm 以上的圆孔，钻孔不能实现时采用气割制孔；另外对于长圆孔或异形孔一般采用先行钻孔再采用气割制孔的方法。

8.6.2　利用数控钻床进行多层板钻孔时，应采取有效的防止串动的措施后，再进行钻孔；

8.6.3　机械或气割制孔后，应清除孔周边的毛刺、切屑等杂物；孔壁应圆滑，无裂纹和大于 1.0mm 的缺棱。

8.7　螺栓球和焊接球加工

8.7.1　螺栓球宜热锻成型，加热温度宜为 1200～1250℃，终锻温度不得低于 800℃，螺栓球不应有裂纹、褶皱和过烧。

8.7.2　螺栓球的螺栓孔宜采用专用车床或数控加工中心加工，螺纹应符合现行国家标准《普通螺纹 公差》GB/T 197 规定的 6H 要求。

8.7.3　螺栓球加工的允许偏差应符合表 8.7.3 的规定。

表 8.7.3　螺栓球加工的允许偏差

项　目		允许偏差
圆度	d≤120mm	1.5mm
	d＞120mm	2.5mm
直径	d≤120mm	0.2mm
	d＞120mm	0.3mm
铣平面距球中心距离		±0.2mm
相邻两螺孔中心线夹角		±30′
两铣平面与螺栓孔轴线垂直度		0.005rmm
注：r 为螺栓球半径；d 为螺栓球直径。		

8.7.4　焊接空心球分为无肋焊接空心球和加肋焊接空心球，宜采用钢板热压成半圆球，加热温度宜为 800～950℃，并经机械加工坡口后焊成圆球。焊接后的成品球表面应光滑平整，不应有局部凸起或折皱。

【条文说明】8.7.4　目前焊接空心球应用较多，如图 8.7.4 所示，主要分为无肋焊接空心球和加肋焊接空心球两类。

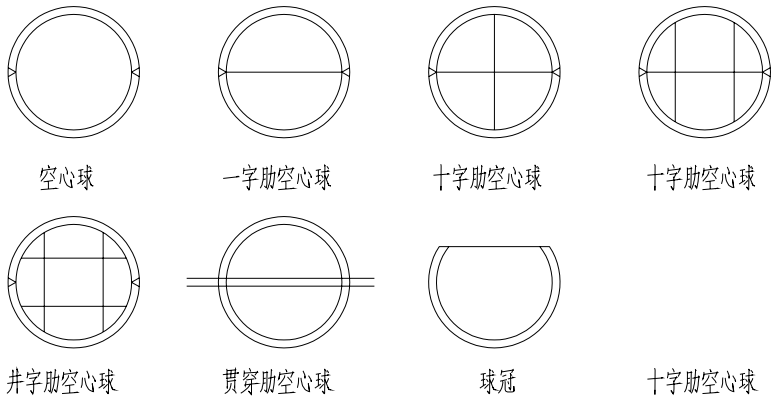


图 8.7.4 焊接球的形式

8.7.5　焊接球的允许偏差应符合表 8.7.5 的规定。

表 8.7.5　焊接球的允许偏差（mm）

项 目		允许偏差
直 径	D≤300	±1.5
	D＞300	±2.5
圆 度	D≤300	±1.5
	D＞300	±2.5

壁厚减薄量	D≤500	0.13t 且不大于 1.5
	D＞500	3
两半球对口错边		1.0

8.8 钢铸件加工

8.8.1 钢铸件的铸造工艺应符合设计文件及相关现行国家标准的要求。

8.8.2 钢铸件加工工艺流程宜包括工艺设计、模型制作、检验、浇注、清理、热处理、打磨（修补）、机械加工和成品检验等。

8.8.3 钢铸件质量应满足现行国家标准《建筑用铸钢节点技术规程》CECS 235 的要求。

8.8.4 复杂节点的钢铸件接头宜设置过渡段。

【条文说明】8.8.4 设置过渡段目的为提高现场焊接质量，过渡段材质同构件、长度可取 500 和截面尺寸的最大值。

8.9 索节点加工

8.9.1 索节点加工，应先采用铸造、锻造、焊接等加工成毛坯，再采用车削、铣削、刨削、钻孔、镗孔等机械方式加工生成成品。

【条文说明】8.9.1 索节点毛坯加工工艺有三种方式：1）铸造工艺：包括模型制作、检验、浇注、清理、热处理、打磨、修补、机械加工、检验等工序；2）锻造工艺：包括下料、加热、锻压、机械加工、检验等工序；3）焊接工艺：包括下料、组装、焊接、机械加工、检验等工序。

8.9.2 索节点的普通螺纹应符合现行国家标准《普通螺纹基本尺寸》GB/T 196 和《普通螺纹公差》GB/T 197 中 7H/6g 的规定，梯形螺纹应符合现行国家标准《梯形螺纹》GB/T5796 中 8H/7e 的规定。

9　钢构件组装工程

9.1　一般规定

9.1.1　本章适用于钢结构工程制作中构件的组装施工。

9.1.2　在构件组装前，组装人员应熟悉施工图、组装工艺及有关技术文件的要求，并检查组装用的零部件的外观、材质、规格、数量，其规格、平直度、坡口、预留的焊接收缩余量和加工余量等，均应符合要求。

9.1.3　组装焊接处的连接接触面及沿边缘 30～50mm 范围内的铁锈、毛刺、污垢等应在组装前清除干净。

9.1.4　钢构件组装的尺寸偏差，应控制在工艺文件和现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 附录 C 要求的组装偏差允许范围内。

9.1.5　构件的隐蔽部位应焊接、涂装，并经检查合格后方可封闭；完全密闭的构件内表面可不涂装。

9.2　部件拼接

9.2.1　焊接 H 型钢的翼缘板拼接缝和腹板拼接缝的间距不小宜于 200mm。翼缘板拼接长度不应小于 2 倍板宽；腹板拼接宽度不应小于 300mm 长度不应小于 600mm。

9.2.2　设计无特殊要求时，热轧 H 型钢（含工字钢）可采用直接全熔透焊接拼接。

9.2.3　箱形构件的翼缘板拼接缝和腹板拼接缝的间距不宜小于 500mm。翼缘板拼接长度应不小于其本身宽度的 2 倍；腹板拼接缝拼接长度也应不小于其本身宽度的 2 倍，且应大于 600mm。翼缘板和腹板在宽度方向一般不宜拼接，尽量选择整块宽度板；对宽度超过 2400mm 以上的若要拼接，其最小宽度也不宜小于其板宽的 1/4，且至少应大于 600mm。

9.2.4　圆筒体构件的最短拼接长度应不小于其直径且不小于 1000mm。在单节圆筒体中，相邻两条纵缝的最短间距，其弧长应不小于 500mm；直接对接的两节圆筒体节间，其上、下筒体相邻两条纵缝间的最短间距，其弧长应大于 5t（t 为圆筒管板厚），且不小于 200mm。

9.2.5　圆管、锥管构件在沿长度方向和圆周方向拼接时，应符合下列规定：

1　管段拼接宜在专用工装上进行；

2　相邻管段的纵向焊缝错开距离应大于 5 倍板厚，且不应小于 200mm；

3　接管最小长度不应小于管径且不得小于 1000mm。

9.3　钢构件组装

9.3.1　钢构件宜在工作平台和组装胎架上进行组装。组装可采用放地样、仿形复制装配、立装、卧装、胎模装配等方法。

9.3.2　钢构件的整体组装宜在零部件的组装、焊接并矫正后进行。

9.3.3　钢构件组装应按制作工艺规定的顺序进行。

【条文说明】9.3.3　确定组装顺序时，制作工艺需考虑构件形式、焊接方法和焊接顺序等因素；对于管桁架构件还需考虑管桁架组装应考虑弦杆与腹杆的相贯次数和顺序。

9.3.4　组装焊接钢构件应预放焊接收缩量，并对各部件进行合理的焊接收缩分配，对于重要结构宜进行工艺性试验确定焊接收缩量。组装焊接应在钢构件拼装检验合格后进行。

【条文说明】9.3.4　厚钢板焊缝的横向收缩量宜按公式 9.3.4 计算。

$$S = K \cdot \mathrm{A/t} \qquad (9.3.4)$$

式中

S——焊缝的横向收缩量(mm)；

A——焊缝横截面积(mm2)；

t——焊缝的厚度，包括熔深(mm)；

K——常数，一般可取 0.1。

9.3.5　设计文件规定起拱或施工要求起拱的钢构件，应在组装时按规定的起拱量做好起拱，起拱偏差应不大于构件长度的±1/1500。设计要求起拱时，一般允许起拱值偏差不大于构件长度的 1/1000，且不大于 10mm；不允许下挠。

9.3.6　结构的杆件装配时，轴线交点允许偏差不得大于 3mm。

9.3.7　当采用夹具组装时，拆除夹具时不得损伤母材；对残留的焊疤应修磨平整。

9.4　端部铣平和磨光顶紧

9.4.1　钢构件的端部铣平应符合下列规定：

1　根据构件长度尺寸要求，应预先确定端部的铣削量，铣削量不宜小于 5mm；

2　应按设计文件及现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 要求，控制铣平面的平直度和倾斜度。

9.4.2　除工艺要求外，零件组装间隙不宜大于 1.0mm。组装磨光顶紧的部位，其顶紧接触面应有 75%以上的面积紧贴，用 0.3mm 的塞尺检查，其塞入面积应小于 25%，边缘间隙不应大于 0.8mm。

9.5　钢构件外形尺寸矫正

9.5.1　钢构件外形尺寸偏差超过现行国家标《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 规定时，应进行外形矫正。钢构件外形矫正宜采用先总体后局部、先主要后次要、先下部后上部。

9.5.2　外形尺寸偏差的矫正宜采取冷作矫正；必须采取加热矫正时，应控制加热温度，不宜超过 900℃，且同一部位加热不宜超过两次。

【条文说明】9.4.2　外形矫正可采用第 8.4 节规定的方法。

10　钢构件预拼装工程

10.1　一般规定

10.1.1　合同文件或设计文件要求时，应进行钢构件预拼装。当同一类型构件较多时，可选择一定数量的代表性构件进行预拼装。

【条文说明】10.1.1　本条规定构件由于受运输、起吊等条件限制，为检验其制作整体质量和保证现场安装定位的目的，按合同文件或设计文件规定要求在出厂前进行工厂预拼装，或在施工现场进行预拼装。一般适用主要受力桁架、复杂连接节点结构、构件允许偏差接近极限且有代表性的组合构件单元进行预拼装。对于同一类型构件较多时，因制作工艺没有较大的变化、加工质量较为稳定，也规定了选用一定数量的代表性构件进行预拼装。

10.1.2　按钢结构制作工程检验批的划分原则，钢构件划分为一个或若干个单元进行分批加工，再逐批进行单元内钢构件预拼装，处于两个相邻单元之间的钢构件应分别参与两个单元的预拼装。

【条文说明】10.1.2　本条主要目的是保证预拼装结构能够在同一时间加工完成，避免因部分构件未加工完成而预拼装单元不能完整拼装，造成工期延误。

10.1.3　预拼装前，单个构件应验收合格。

10.1.4　钢构件预拼装宜按照钢结构安装状态进行定位，并应考虑预拼装与安装时的温差变形。

【条文说明】10.1.4　安装状态的拼装坐标，一般在施工详图的安装图中标识拼装坐标，与深化设计同时完成。

10.1.5　预拼装时应采用经计量检验合格且在有效期内的测量仪器，并与安装现场的测量仪器互相校对。

10.1.6　若无特殊规定，钢构件预拼装应按设计文件和现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 的相关要求进行验收。

【条文说明】10.1.6　对于特殊钢结构预拼装没有相关的验收标准时，施工单位可在钢构件加工前编制专项预拼装验收标准。

10.2　实体预拼装

10.2.1　预拼装场地应平整、坚实，预拼装支撑架宜进行强度和刚度验算，各支承点的精度可用计量检验的仪器，逐点测定调整。

【条文说明】10.1.6　本条规对重、大桁架的支撑架需进行验算，小型的构件预拼装胎架可根据施工经验确定。根据预拼装单元的构件类型，预拼装支垫可选用钢平台、支承凳、型钢等形式。

10.2.2　预拼装应设定测量基准点和标高线。

10.2.3　必要时，预拼装前钢构件可设置临时连接板。

10.2.4　预拼装可按结构形式，采用单体预拼装、平面预拼装和立体预拼装。钢构件应在自由状态下进行预拼装，一般不得强行固定。

【条文说明】10.3.1　除壳体结构为立体预拼装并可设卡、夹具外，其他结构一般均为平面预拼装，预拼装的构件应处于自由状态，不得强行固定，预拼装数量可按设计或合同要求执行。

10.2.5　钢构件应按场地放样尺寸进行预拼装吊装定位。场地放样应符合下列规定：

1　放样尺寸应包含施工图控制尺寸、要求的起拱值、焊接接头的焊接收缩余量及其他要求的控制尺寸；

2　场地放样应与预拼装垂直投影相对应，应包括杆件中心线和节段端面基准线；

3　预拼装前，应对场地放样进行尺寸检查；

4　放样的点和线标识应清晰。

10.2.6　采用螺栓连接的节点连接件，必要时可在预拼装后进行钻孔。

10.2.7　高强度螺栓和普通螺栓连接的多层板叠，预拼装时宜使用冲钉定位和临时螺栓紧固，试装螺栓在一组孔内不得小于螺栓孔数量的 20%，且不少于 2 只，试装应使板层密贴，冲钉数不得少于螺栓孔总数的 10%。应采用试孔器进行验收，并应符合下列规定：

1　当用比孔公称直径小 1.0mm 的试孔器检查时，每组孔通过率应为不小于 85%；

2　当用比螺栓公称直径大 0.3mm 的试孔器检查时，通过率应为 100%。

10.2.8　当预装单元中构件与构件、部件与构件之间的连接为摩擦面进行连接时，应对摩擦面连接处各板之间的密贴度进行检查，检查方法为以塞尺插入板边缘深度 20mm，测量板件间的间隙应符合下列要求：

1　间隙应小于 0.2mm；

2　深度内的间隙为 0.2mm～0.3mm，其长度不宜超过板边长的 10%；

3　深度内的间隙为 0.3mm～1mm，其长度不宜超过板边长的 5%。

10.2.9　预拼装检查合格后，应在构件上标注中心线、控制基准线等标记，必要时应设置定位器。

【条文说明】10.2.9　本条规定标注标记主要为了方便现场安装，并与拼装结果相一致。标记包括上、下定位中心线、标高基准线、交线中心点；对管、筒体结构、工地焊缝连接处，除应有上设标记外，还焊接一定数量的卡具、角钢或钢板定位器等，以便按预拼装结果进行安装。

10.3　计算机辅助模拟预拼装

10.3.1　钢构件除采用实体预拼装外，还可采用计算机辅助模预拼装方法。采用计算机辅助模拟预拼装构件或单元的外形尺寸应与实物相同。

【条文说明】10.3.1　本规范提出计算机辅助模拟预拼装方法，因具有预拼装速度快、精度高、节能环保、经济实用的目的，但是采用计算机辅助模拟预拼装方法时，要求预拼装的单个构件有一定的质量保证，模拟构件或单元外形尺寸时可采用全站仪、计算机和相关软件配合进行。

10.3.2　当采用计算机辅助模拟预拼装的偏差超过现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 的相关要求时，应按本章第 10.2 节的要求进行实体预拼装。

11　钢结构安装

11.1　一般规定

11.1.1　本章适用于单层、多层、高层、空间结构及高耸结构等钢结构工程的安装。

11.1.2　钢结构安装前应由施工单位按照设计文件、本规范规定以及相关现行国家规范规定编制书面施工组织设计，并经监理和业主工程师认可后方可组织实施。

【条文说明】11.1.2　钢结构施工单位在开始安装前应编制书面施工组织设计，并编制专项方案、作业指导书作为补充。施工组织设计应经施工单位技术负责人审批。对于危险性较大的安全专项施工方案，施工单位可组织专家论证。

11.1.3　测量基准点应由业主工程师提供，其精度应满足 GB50026 的规定。并经过适当加密。

11.1.4　现场应设置专门的构件堆场，并采取必要措施防止构件变形或表面被污染。高强螺栓、焊条、焊丝、涂料等材料应在干燥、封闭环境下储存。

【条文说明】11.1.4　现场构件堆场要求满足的基本条件：满足运输车辆通行要求；场地平整；有电源、水源，排水通畅；堆场的面积满足工程进度需要，若现场不能满足要求时可设置中转场地。露天设置的堆场应对构件采取适当的覆盖措施。

11.1.5　钢结构吊装前应清除构件表面的油污、泥沙和灰尘等杂物，并做好轴线和标高标记。操作平台、爬梯、安全绳等辅助措施宜在吊装前固定在构件上。

11.1.6　钢结构安装应根据结构特点按照合理顺序进行，保证安装阶段的结构稳定，必要时应增加临时固定措施。临时措施应能承受结构自重、施工荷载、风荷载、雪荷载、地震荷载、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。

【条文说明】11.1.6　本条规定的合理顺序需考虑到平面运输、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，应利用其他相邻构件或采用临时措施进行固定。

11.1.7　钢结构安装校正时应考虑温度、日照等因素对结构变形的影响。施工单位和监理单位宜在大致相同的天气条件和时间段进行测量验收。

【条文说明】11.1.7　钢结构受温度和日照的影响变形比较明显，但此类变形属于可恢复的变形，要求施工单位和监理单位在大致相同的天气条件和时间段进行测量验收可避免测量结果不一致。

11.1.8　钢结构吊装应在构件上设置专门的吊装耳板或吊装孔。设计文件无特殊要求时，吊装耳板和吊装孔可保留在构件上，若需去除耳板，应采用气割或碳弧气刨方式在离母材 3~5mm 位置切割，严禁采用锤击方式去除。

【条文说明】11.1.8　在构件上设置吊装耳板或吊装孔可降低钢丝绳绑扎难度、提高施工效率、保证施工安全。在不影响主体结构的强度和建筑外观及使用功能的前提下，保留吊装耳板和吊装孔可避免在除去此类措施时对结构母材造成损伤。对于需要覆盖厚型防火涂料、混凝土或装饰材料的部位，在采取防锈措施后不宜对吊装耳板的切割余量进行打磨处理。焊接引入、引出板的处理可参照吊装耳板的处理方式。

11.2　起重设备和吊具

11.2.1　钢结构安装应采用塔吊、履带吊、汽车吊等定型产品作为主要吊装设备。若选用非定型产品作为吊装设备，应编制专项方案，并经评审后方可组织实施。

【条文说明】11.2.1　非定型产品主要是指采用卷扬机、液压油缸、千斤顶等作为吊装起重设备，属于非常规的起重设备，需要组织专家评审。

11.2.2　起重设备需要附着或支承在主体结构上时，应得到原设计单位的认可，其作用力不得使原结构产生永久变形。

11.2.3　严禁超出起重设备的额定起重量进行钢结构吊装。

【条文说明】11.2.3　在起重设备的额定起重范围内吊装，可保证施工安全。一般起重设备的安全储备是用来保证在不可预知的情况下起重设备仍具有一定的起重富余量。若经常超出其额定起重量进行吊装作业，极易产生安全事故。

11.2.4　起重设备的选择应综合考虑起重设备的起重性能、结构特点、现场环境、作业效率等因素。

11.2.5　特殊情况下，可采用抬吊的方式吊装。

【条文说明】11.2.5　抬吊适用的特殊情况是指：施工现场无法使用较大的起重设备；需要吊装的构件数量较少，采用较大起重设备经济投入明显不合理。需采用双机抬吊作业时，每台起重设备所分配的吊装重量不得超过其额定起重量的 80%，并应编制专项作业指导书。在条件许可时，可事先用较轻构件模拟双机抬吊工况进行吊装演习。

11.2.6　吊装用钢丝绳、吊装带、卸扣、吊钩等吊具应定期检查，不得超出其额定许用荷载。

11.3　构件安装

11.3.1　锚栓及预埋件安装应符合下列规定：

1　宜采用锚栓定位支架、定位板等辅助固定措施。墙面预埋件安装误差应符合表 11.3.1 的规定。

表 11.3.1 墙面预埋件安装允许偏差

项 目	墙体高度 H（m）	最大允许偏差（mm）
中心位置偏差		±10
垂直偏差	H≤4	±15
	4＜H≤8	±（20+（H-4）/1000）
	H＞8	±50
注：H 为埋件所在墙体的高度		

2　锚栓和预埋件安装到位后，应可靠固定；当锚栓埋设精度较高时，可采用预留孔洞、二次埋设等工艺；

3　锚栓应采取防止损坏、锈蚀和污染的保护措施；

4　底层柱地脚螺栓的紧固轴力，应符合设计文件的规定；

5　当锚栓需要施加预应力时，可采用后张拉方法，张拉力应符合设计文件的要求，并在张拉完成后进行灌浆处理。

【条文说明】11.3.1　考虑到锚栓和预埋件的安装精度容易受到混凝土施工的影响，而钢结构和混凝土的施工允许误差并不一致，所以要求对其采取必要的固定支架、定位板等辅助措施。

11.3.2 钢柱安装应符合下列规定：

1　柱脚安装时宜使用导入器或锚栓护套；

2　首节钢柱的标高，可采用在底板下的地脚螺栓上加一垫板和一调整螺母的方法精确控制，如图 11.3.2 所示；

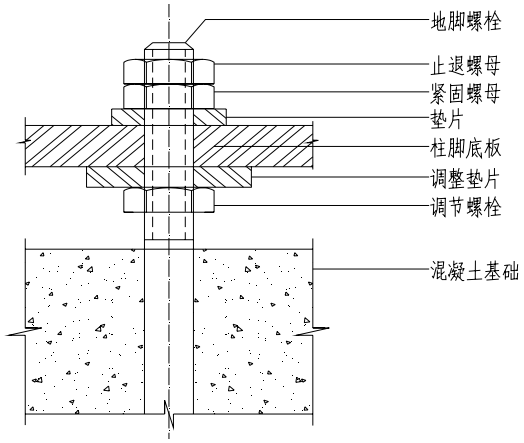


图 11.3.2　柱脚底板标高精确调整图

3　首节钢柱安装后应及时进行垂直度、标高和轴线位置校正，钢柱的垂直度可采用经纬仪或线锤测量。校正合格后钢柱须可靠固定并进行柱底二次灌浆，灌浆前应清除柱底板与基础面之间杂物；

4　对有顶紧接触面要求的钢柱，可采用在柱对接的间隙部位塞不同厚度不锈钢片处理；

5　倾斜钢柱可采用三维坐标测量法进行测校，或采用柱顶投影点结合标高进行测校，校正合格后宜采用刚性支撑固定。

6　偏心钢柱安装时应采取临时支撑措施固定。

【条文说明】11.3.2　首节柱安装时，利用柱底螺母和垫片的方式调节标高，精度可达±1mm。在钢柱校正完成后，因独立悬臂柱易产生偏差，所以要求可靠固定，并用无收缩砂浆灌实柱底。

柱顶的标高误差产生原因主要有以下几方面：钢柱制作误差；吊装后垂直度偏差造成；钢柱焊接产生焊接收缩；钢柱与砼结构的压缩变形；基础的沉降。对于采用现场焊接连接的钢柱，一般通过焊缝的根部间隙调整其标高，若偏差过大，应根据现场实际测量值调整柱在工厂的制作长度。

因钢柱安装后总存在一定的垂直度偏差，对于有顶紧接触面要求的部位就必然会出现在最低的地方时顶紧的，而其它部位呈现楔形的间隙，为保证顶紧面传力可靠，可在间隙部位采用塞不同厚度不锈钢片的方式处理。

11.3.3　钢梁安装应符合下列规定：

1　钢梁宜采用两点起吊；

2　钢梁可采用一机一吊或一机串吊的方式；

3　钢梁面的标高及两端高差可采用水准仪与标尺进行测量。

【条文说明】11.3.3　钢梁采用一机串吊是指多根钢梁在地面分别绑扎，起吊后分别就位的作业方式，可以加快吊装作业的效率。钢梁吊点位置可参考 11.3.3 选取。

表 11.3.3　钢梁吊点位置

L(m)	A(m)
<15	2.5
10<L≤15	2.0
5<L≤10	1.5
≤5	1.0

注：1、L 为梁、桁架的长度； 2、 A 为吊点至梁或桁架中心的距离

11.3.4 支撑安装应符合下列规定：

1 交叉支撑宜按照从下到上的次序组合吊装；

2 若无特殊规定时，支撑构件校正需待相邻结构校正固定后进行。

【条文说明】11.3.4 支撑构件安装后对结构的刚度影响较大，故要求支撑的固定一般在相邻结构固定后，在进行支撑的校正和固定。

11.3.5 桁架（屋架）安装应在钢柱校正合格后进行，并符合下列规定：

1 钢桁架（屋架）可采用整榀或分段安装；

2 钢桁架（屋架）应在扶直和吊装过程中防止产生变形；

3 单榀安装钢桁架（屋架）时应采用缆绳或刚性支撑增加侧向临时约束。

11.3.6 钢板剪力墙安装应符合下列规定：

1 钢板剪力墙吊装时应采取防止钢板墙平面外的变形措施；

2 钢板剪力墙的施工时间和顺序应满足设计文件的要求。

【条文说明】11.3.6 钢板墙属于平面构件，易产生平面外变形，所以要求在钢板墙堆放和吊装时采取相应的措施，如增加临时肋板，防止钢结板剪力墙的变形。钢板剪力墙主要为抗侧向力构件，其竖向承载力较小，钢板剪力墙开始安装时间应按设计文件的要求进行，当安装顺序有改变时经原设计单位的批准。设计时宜进行施工模拟分析，确定钢板剪力墙的安装及连接固定时间，以保证钢板剪力墙的承载力要求。对钢板剪力墙未安装的楼层，即钢板剪力墙安装以上的楼层，应保证施工期间结构的强度、刚度和稳定满足设计文件要求，必要时应采取相应的加强措施。

11.3.7 关节轴承节点安装应符合下列要求：

1 关节轴承应由专业厂家生产，经检验合格后方可出厂。

2 对运至现场的关节轴承成品应采用专门的工装进行吊装和安装。

3 轴承总成不宜解体安装，就位后需采取临时固定措施，防止节点扭转。

4 关节轴承的销轴与孔装配时必须密贴接触，宜采用锥形孔、轴，用专用工具顶紧安装。

5 安装完毕后做好成品保护，避免轴承受损。

11.3.8 钢铸件和锻件安装应符合下列要求：

1 钢铸件出厂时应标识清晰的安装基准标记；

2 钢铸件现场焊接应严格按焊接工艺评定的要求施焊和检验。

【条文说明】11.3.8　钢铸件与普通钢结构构件的焊接一般为不同材质的对接。由于现场焊接条件差，异种材质焊接工艺要求高。本条规定对于铸钢节点，要求在施焊前进行焊接工艺评定试验，并在施焊中严格执行，以保证现场焊接质量。

11.3.9　由多个构件在地面组拼的组合构件吊装，吊点位置和数量应经计算确定。

【条文说明】11.3.9　由多个构件拼装形成的组合构件，具体构件体型大、单体重量重、重心难以确定等特点，施工期间构件有组拼、翻身、吊装、就位等各种姿态，选择合适的吊点位置和数量对组合构件非常重要，一般要求经过计算分析确定，必要时采取加固措施。

11.3.10　根据设计文件要求或吊装工况要求，后安装构件的安装应满足设计文件要求，其加工长度宜根据现场实际测量长度确定；当延迟构件与已完成结构采用焊接连接时，应采取减少焊接变形和焊接残余应力措施。

【条文说明】11.3.10　后安装构件安装时，结构受荷载变形，构件实际尺寸与设计尺寸有一定的差别，施工时构件加工和安装长度应采用现场实际测量长度。当延迟构件焊接时，一般拘束度较大，采用的焊接工艺应减少焊接收缩对永久结构造成影响。

11.3.11　支座安装时应采取相应定位措施。

11.4　单层钢结构

11.4.1　单跨结构宜从跨端一侧向另一侧、中间向两端或两端向中间的顺序进行吊装。多跨结构，宜先吊主跨、后吊副跨；当有多台起重机共同作业时，也可多跨同时吊装。

11.4.2　单层工业厂房钢结构，宜按立柱、连系梁、柱间支撑、吊车梁、屋架、檩条、屋面支撑、屋面板的顺序进行安装。

11.4.3　单层钢结构在安装过程中，需及时安装临时柱间支撑或稳定缆绳，在形成空间结构稳定体系后方可扩展安装。

11.4.4　单层钢结构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、地震荷载、施工荷载以及吊装过程中的冲击荷载的作用。

【条文说明】11.4.3~4　单层钢结构安装过程中，采用临时稳定缆绳和柱间支撑对于保证施工阶段结构稳定非常重要。要求每一施工步骤完成时，结构均具有临时稳定的特征。

11.4.5　单根长度大于21米的钢梁吊装，宜采用2个吊装点吊装不能满足强度和变形时，宜设置3~4个吊装点吊装或采用平衡梁吊装，吊点位置应通过计算确定。

【条文说明】11.4.5　单根钢梁长度大于21米，若采用2点起吊，所需的钢丝绳较长，而且易产生钢梁侧向变形，采用多点吊装可避免此现象。

11.4.6　对于外露的地脚螺栓应采取防止螺母松动和锈蚀的措施。

【条文说明】11.4.6　对外露的地脚螺栓可采取增加保护套或涂油等措施进行防止锈蚀处理。

11.5　多层、高层钢结构

11.5.1　多层、高层钢结构安装宜划分成吊装流水段安装。流水段划分应考虑下列条件：

1　每节钢柱的长度应满足构件制造厂的制作条件和运输堆放条件，钢柱分节长度宜取 2～3 层楼高度，分节位置在楼层标高以上 1~1.3m 处；

2　流水段内的最重构件应在吊装机械的起重能力范围内；

3　钢结构流水段的划分应与混凝土结构施工相适应；

【条文说明】11.5.1　钢柱分节时既要考虑吊车的起重性能和运输条件的限制，还有综合考虑现场作业的效率以及与其它工序施工的协调，所以钢柱分节一般取 2~3 层为一节。在底层柱较重的情况下，也可适当减少钢柱的长度。

11.5.2　多层、高层钢结构的安装宜按照从下到上、先柱后梁、先主后次的顺序进行吊装，并注意以下内容：

1　框架吊装时，应先组成主框架，单柱不得长时间处于悬臂状态；

2　框架内的钢楼板及金属压型板安装宜与框架吊装进度同步。

11.5.3　平面范围内，应先形成临时空间稳定框架，在校正完毕并可靠固定后再向周边扩展安装。相邻安装区段之间的最后连接部位可设置现场焊接连接。

【条文说明】11.5.2~3　多层、高层钢结构的安装顺序，应先依靠混凝土结构或临时支撑措施形成临时空间稳定框架，在可靠固定后依托稳定单元扩展安装，可以提高安装精度。为避免现场焊接产生焊接收缩变形影响到已经校正合格个框架，对于栓焊组合接头及栓焊组合框架，宜先完成螺栓紧固工作，然后再焊接。

相邻安装区段之间因安装累积误差的原因，可能在最后连接的部位构件难以就位，为避免强行就位影响已经校正区段的安装精度，故本条要求最后连接部位的可设置现场焊接连接。

11.5.4　多层、高层钢结构柱顶标高的控制应与牛腿标高的控制相协调。当单节钢柱顶标高或牛腿标高偏差超过 15mm 时，宜分次调节到 GB50205 的允许范围。

【条文说明】11.5.4　多层、高层柱顶标高和牛腿标高的控制同样重要，在校正钢柱标高时要兼顾考虑。若钢柱的标高累积误差超出 GB50205 允许范围太多，一次调整到位会影响后续结构的施工，故本条要求施工单位根据现场实际情况分次调节柱顶标高。

11.5.5　高层钢结构安装应考虑压缩变形对结构的影响。

【条文说明】11.5.5　高层钢结构安装随结构荷载增加会产生竖向压缩变形，对钢柱的标高产生影响，对局部构件产生附加应力和弯矩，在编制安装方案时要结合结构特点和施工方案考虑此因素的影响，确定是否需要采取预调整或后连接固定的措施。

11.6　空间结构

11.6.1　空间结构的安装方法，应根据结构类型、受力和构造特点、施工技术条件等因素确定。

11.6.2　空间结构可采用高空散装法、分条分块吊装法、滑移法、单元或整体提升（顶升）法、整体吊装法、折叠展开式整体提升法、高空悬拼安装法等安装方法。

【条文说明】11.6.2　确定空间结构安装方法要考虑结构的受力特点，使结构完成后产生的残余内力和变形最小，并满足原设计文件的要求。同时考虑现场技术条件，重点使方案确定时能够考虑到现场的各种环境因素，如与其他专业的交叉作业、临时措施实施的可行性、设备吊装的可行性等。

本条列出了几种典型的空间钢结构安装方法：

高空散装法适用于全支架拼装的各种空间网格结构，也可根据结构特点选用少支架的悬挑拼装施工方法；分条或分块安装法适用于分割后结构的刚度和受力状况改变较小的空间网格结构，分条或分块的大小根据设备的起重能力确定；滑移法适用于能设置平行滑轨的各种空间网格结构，尤其适用于跨越施工（待安装的屋盖结构下部不允许搭设支架或行走起重机）或场地狭窄、起重运输不便等情况。当空间网格结构为大面积大柱网或狭长平面时，可采用滑移法施工；整体提升法适用于各种空间网格结构，结构在地面整体拼装完毕后提升至设计标高、就位；整体顶升法适用于支点较少的各种空间网格结构，结构在地面整体拼装完毕后顶升至设计标高、就位；整体吊装法适用于中小型空间网格结构，吊装时可在高空平移或旋转就位；折叠展开式整体提升法适用于柱面网壳结构，在地面或接近地面的工作平台上折叠起来拼装，然后将折叠的机构用提升设备提升到设计标高，最后在高空补足原先去掉的杆件，使机构变成结构；高空悬拼安装法适用大悬挑空间钢结构，目的为减少临时支撑数量。

下面对高空散装法、分条分块吊装法、滑移施工法、单元或整体提升法、单元或整体顶升法的注意事项进行说明。

1　高空散装法

1) 安装顺序要保证拼装精度，减少积累误差。悬挑法施工时，先拼成可承受自重的结构体系，然后逐步扩展；

2) 搭设的支承架、操作平台或满堂脚手架需经过工况设计计算，保证支承系统的竖向刚度和稳定，并满足地耐力要求；支承系统卸载拆除时，注意荷载均衡，变形协调；

3) 搭设拼装支架时，支承点宜设在下弦节点处，同时在支架上设置可调节标高的装置。

2 分条分块吊装法

1) 结构吊装可采用起重机吊装就位，受场地条件或起重性能限制时，也可以采用拔杆起吊，当采用多门滑轮时优先选滑轮组；

2) 吊装过程中起重机或拔杆的受力要明确，多台起重机或拔杆共同受力时，其起重能力宜控制在额定负荷能力的 0.8 倍以下；

4) 起重机行走道路、工作站位、拔杆基础的荷载满足地耐力要求；

5) 将结构分为若干单元吊装时，其设置的临时支撑及其拆除过程需经过计算确定；

6) 结构单元应具有足够刚度和自身的几何不变性，否则应采取临时加固措施；

7) 结构吊装时，保证各吊点起升及下降的同步性。

3 滑移施工法

1) 需对滑移工况做施工分析，明确滑移支点反力对地面、梁、楼面作用，必要时采取适当的加固措施；

2) 滑轨可固定于梁顶面的预埋件、地面或楼面上，滑轨与预埋件、地面及楼面的连接牢固可靠；

3) 滑移可采用滑动或滚动两种方法，其动力可采用卷扬机、倒链或钢铰线液压千斤顶和千斤顶等，滑移时防止由静摩擦力转为动摩擦力时的突然滑动。滑移的方法根据水平力和垂直力的大小确定。

4) 当采用多点牵引时，宜采用计算机控制。

4 单元或整体提升法

1) 提升吊点及支承位置根据被提升结构的变形控制和受力分析确定，并根据各吊点处的反力值选择提升设备和设计（验算）支承柱。使提升的结构和节点具有足够刚度；

2) 支承结构应作强度、稳定验算，可考虑冗余设计。提升装置的配置方式宜与结构永久支承状态相接近，提升装置的能力设定：当结构的施工状态为静定约束时，为提升荷载的 1.2～1.5 倍；当结构的施工状态为超静定约束时，为提升荷载的 1.5～2 倍。当采用液压千斤顶提升时，各提升点的额定负荷能力宜为使用负荷能力的 1.5 倍以上；

3) 提升设备宜根据结构特点，布置在结构支承柱顶部，也可设置在临时支承柱顶；

4) 当采用拔杆作为起吊设备时，优选滑轮组；

5) 结构提升时应控制各提升点之间的高度偏差，使其提升高度差在一定范围内；

6) 对提升结构作详细验算，包括提升同步差异引起的结构内力变化，吊点处的局部强度和稳定性验算等。

5 单元或整体顶升法

1) 被顶升结构需具有足够的刚度；

2) 宜利用结构柱作为顶升时的支承结构，也可在其附近设置临时顶升支架；

3) 顶升用的支承柱或临时支架上的缀板间距，为千斤顶使用行程的整数倍，其标高偏差不应大于 5mm；

4) 顶升千斤顶可采用丝杆千斤顶或液压千斤顶，其使用负荷能力应将额定负荷能力乘以折减系数；

5) 顶升时各顶升点的允许差值控制在一定范围内；

6) 千斤顶或千斤顶合力的中心与柱轴线对准，其允许偏移值小于等于 5mm，千斤顶应保持垂直；

7) 顶升前及顶升过程中，结构支座中心对柱基准轴线的水平偏移值不大于柱截面短边尺寸的 l/50 及柱高的 l/500。）

11.6.3 空间结构吊装单元的划分应考虑结构特点、运输方式、吊装设备性能、安装场地条件等因素。

11.6.4 索（预应力）结构施工应符合下列规定：

1 索（预应力）结构施工张拉前，应确定合理的张拉顺序，使索的预应力和结构外形尺寸符合设计要求；

2 索（预应力）结构宜进行索力监测，并形成监测报告。

【条文说明】11.6.4 索（预应力）结构施工控制的要点是拉索张拉力和结构外形控制。在实际操作中同时达到设计要求难度较大，一般应与设计单位商讨相应的控制标准，使张拉力和结构外形能兼顾达到要求。

11.6.5 空间钢结构安装前应根据设计文件要求确定是否需要采取预调。若需要采取预调，应根据预调后的结构位形进行施工详图设计。

【条文说明】11.6.5 温度变化对钢构件有热胀冷缩的影响，结构跨度越大温度影响越敏感，特别合拢施工需选取适当的时间段，避免次应力的产生。

11.6.6　大跨度空间钢结构施工应考虑环境温度变化对结构的影响。

11.7　高耸钢结构

11.7.1　高耸钢结构可采用高空散件（单元）法、整体起扳法和整体提升（顶升）法等安装方法。

【条文说明】11.7.1　本条规定了高耸塔桅钢结构的三种安装方法。

1 高空散件（单元）法：利用起重机械将每个安装单元或构件进行逐件吊运并安装，整个结构的安装过程为从下至上流水作业。上部构件或安装单元在安装前，下部所有构件均应根据设计布置和要求安装到位，即保证已安装的下部结构是稳定和安全的。

2 整体起扳法：先将塔身结构在地面上进行平面拼装（卧拼），待地面上拼装完成后，再利用整体起扳系统（即将结构整体拉起到设计的竖直位置的起重系统），将结构整体起扳就位，并进行固定安装。

3 整体提升（顶升）法：先将钢桅杆结构在较低位置进行拼装，然后利用整体提升（顶升）系统将结构整体提升（顶升）到设计位置就位且固定安装。

11.7.2　高耸钢结构安装的标高和轴线基准点向上转移过程时应考虑环境温度和日照对结构变形的影响。

【条文说明】11.7.2　受测量仪器的仰角限制和大气折光的影响，高耸结构的标高和轴线基准点应逐步从地面向上转移。由于高耸结构刚度相对较弱，受环境温度和日照的影响变形较大，转移到高空的测量基准点经常处于动态变化的状态。一般情况下，若此类变形属于可恢复的变形，则可认定高空的测量基准点有效。

12　压型金属板工程

12.0.1　本章适用于楼层和平台中组合楼板的压型金属板施工，也适用于作为浇筑混凝土永久性模板用途的非组合楼板的压型金属板施工。

【条文说明】12.0.1　对于屋面、墙面压型金属板铺设也可参照本章的规定进行施工。

12.0.2　施工前应绘制压型金属板排版布置图，图中应包括板编号、尺寸及数量，并注明柱、梁、墙与压型金属板的相互关系、连接方法、支撑、挡板等内容。

12.0.3　压型金属板端部垂直搁置于钢梁或桁架上弦翼缘上时，其搁置长度应不小于50mm；边模封口板安装应和压型金属板波距对齐，偏差不大于 3mm。

【条文说明】12.0.3　压型金属板在支承构件上的可靠搭接是指压型金属板通过一定的长度与支承构件接触，使该接触范围内有足够数量的紧固件将压型金属板与支承构件连接成为一体。

12.0.4　压型金属板宜采用组装式货架供货，运到现场后分类堆放，并与钢结构安装顺序吻合。

12.0.5　无外包装的压型金属板应采用专用吊具装卸及转运，严禁直接采用钢丝绳绑扎吊装。

【条文说明】12.0.5　使用专用吊具装卸及转运而不采用钢丝绳直接绑扎压型金属板是为了避免损坏压型金属板，造成局部变形，吊点应保证压型金属板变形小。

12.0.6　压型金属板安装前，应在搁置压型金属板的钢梁上弹出定位线，定位线距梁翼缘边至少 50mm，钢梁表面应保持清洁。压型金属板与钢梁顶面的间隙应控制在 1mm 以内。

12.0.7　压型金属板与钢梁连接可采用点焊、贴角焊或射钉固定，连接点布置须符合设计图纸及生产厂家的要求。

【条文说明】12.0.7　采用焊接连接时应注意选择合适的焊接工艺，边模与梁的焊缝长度 20~30mm，焊缝间距根据压型金属板波谷的间距确定，一般控制在 300mm 左右。

12.0.8　压型金属板安装应平整、顺直，板面不得有施工残留物和污物。

12.0.9　压型金属板不宜在现场切割及开孔，需预留孔洞的部位应在混凝土浇筑完毕后使用等离子切割或空心钻开孔。

【条文说明】12.0.9　一般情况下，应尽量避免在压型金属板固定前对其切割及开孔。

若确需开设孔洞，一般要求在波谷平板处开设，且不得破坏波肋；如果孔洞较大，切割压型金属板后必须对洞口采取补强措施。

12.0.10　设计图纸要求在施工阶段设置临时支撑的，应在混凝土浇筑前设置临时支撑，待浇筑的混凝土强度达到规定强度后方可拆除。混凝土浇筑时应避免在压型金属板部位集中堆载。

【条文说明】12.0.10　压型金属板的临时支撑可采取临时支撑柱、临时支撑梁或者悬吊措施，以及要求避免集中堆载，主要是防止压型金属板在混凝土浇筑过程变形过大或产生爆模现象。

12.0.11　拆开包装的压型金属板应当天固定完毕。剩余的压型金属板应固定在钢梁上或转移到地面堆场。

【条文说明】12.0.11　本条主要从安全角度出发，防止压型金属板发生高空坠落事故。

13　涂装工程

13.1　一般规定

13.1.1　本章适用于钢结构的油漆类防腐涂装、金属热喷涂防腐、热浸镀锌防腐和防火涂料涂装等工程的施工。

13.1.2　钢结构防腐涂装施工原则上应在钢构件组装和预拼装工程检验批的施工质量验收合格后进行。

【条文说明】13.1.2　本条规定了一般的防腐涂装顺序，对于部分封闭构件和大型构件也有采取先进行预先涂装的顺序。

13.1.3　钢结构防火涂料涂装施工应在钢结构安装工程和防腐涂装工程检验批施工质量验收合格后进行。当设计文件规定钢结构可不进行防腐涂装时，钢结构安装工程验收合格后可直接进行防火涂料涂装施工。

13.1.4　钢结构防腐涂装工程和防火涂装工程的施工工艺和技术应满足本规范、设计文件、涂装产品说明书和现行相关国家产品标准的要求。

13.1.5　防腐涂装施工前，钢材应按本规范和设计文件要求进行表面处理。当设计文件未提出要求时，可根据涂料产品对钢材表面的要求，采用适当的预处理方法。

13.1.6　油漆类防腐涂料涂装工程和防火涂料涂装工程应按现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 的要求进行质量验收。

13.1.7　金属热喷涂防腐和热浸镀锌防腐工程可按现行国家标准《塔桅钢结构工程施工质量验收规程》CECS 80、《 金属和其它无机覆盖层 热喷涂 锌、铝及其合金》GB/T9793 和《热喷涂 金属件表面预处理通则》GB/T9793 的要求进行质量验收。

13.1.8　钢构件表面的涂装系统应相互兼容。

【条文说明】13.1.8　本条主要规定钢构件表面防腐油漆的底层漆、中间漆和面层漆之间的搭配相互兼容，以及防腐油漆与防火涂料相互兼容，以保证涂装系统的质量。

13.1.9　涂装施工时，应采取相应的环境保护和劳动保护措施。

13.2　表面处理

13.2.1　钢构件表面按设计文件要求的除锈等级，可采用机械除锈和手工除锈方法。

【条文说明】13.2.1　本条规定了钢构件表面处理的除锈方法，可根据表 13.2.1 表选用。

表 13.2.1　除锈等级和除锈方法表

除锈等级	除锈方法	处理手段和清洁度要求		
Sa1	喷射或抛射	喷(抛)棱角砂、铁丸、断丝和混合磨料	轻度除锈	仅除去疏松轧制氧化皮、铁锈和附着物
Sa2			彻底除锈	轧制氧化皮、铁锈和附着物几乎全部被除去，至少有 2/3 面积无任何可见残留物
Sa2 1/2			非常彻底除锈	轧制氧化皮、铁锈和附着物残留在钢材表面的痕迹已是点状或条状的轻微污痕，至少有95%面积无任何可见残留物
Sa3			除锈到出白	表面上轧制氧化皮、铁锈和附着物全部除去，具有均匀多点光泽
St2	手工和动力工具	使用铲刀、钢丝刷、机械钢丝刷、砂轮等	无可见油脂污垢，无附着不牢的氧化皮、铁锈和油漆涂层等附着物	
St3			无可见油脂污垢，无附着不牢的氧化皮、铁锈和油漆涂层等附着物。除锈比 St2 更为彻底，底材显露部分的表面应具有金属光泽	

13.2.2　钢构件表面温度低于露点以上 3℃时，应停止干喷磨料除锈且不得进行涂装。

13.2.3　当钢构件采用油漆类防腐涂装时，钢构件除锈表面粗糙度宜取 30~75μm，且最大粗糙度不宜超过 100μm；当钢构件采用金属热喷涂和热浸镀锌防腐时，表面粗糙度宜为 30～50μm。

【条文说明】13.2.3　钢材表面的粗糙度对漆膜的附着力、防腐性能和使用寿命有较大的影响。粗糙度大，表面积也将增大，漆膜与钢材表面的附着力相应增强；但是，当粗糙度太大时，如漆膜用量一定时，则会造成漆膜厚度分布不均匀，特别是在波峰处的漆膜厚度往往低于设计要求，引起早期的锈蚀，另外，还常常在较深的波谷凹坑内截留住气泡，将成为漆膜起泡的根源。粗糙度太小，不利于附着力的提高。所以，本条提出对表面粗糙度的要求。

表面粗糙度的大小取决于磨料粒度的大小、形状、材料和喷射的速度、作用时间等工艺参数，其中以磨料粒度的大小对粗糙影响较大。

13.2.4　处理后的钢材表面不应有焊渣、焊疤、灰尘、油污、水和毛刺等；酸洗除锈后，钢材表面应露出金属色泽，无污渍、锈迹。

13.3　油漆防腐涂装

13.3.1　油漆防腐涂装可采用涂刷法、手工滚涂法、空气喷涂法和高压无气喷涂法。

13.3.2　涂装环境应符合下列规定：

1　环境温度和相对湿度应符合涂料产品说明书的要求，产品说明书无要求时，环境温度宜在 5～38℃之间，相对湿度不应大于 85%；

2　涂装时构件表面不应有结露；

3　在雨、雾、雪和较大灰尘的条件下，不应进行户外施工；

4　涂装后 4h 内不得雨淋；

5　风力超过 5 级不宜使用无气喷涂。

13.3.3　涂料调制应搅拌均匀，随拌随用，不得随意添加稀释剂；粘度过大时，可加入不超过 5%的稀释剂。

13.3.4　油漆手工涂刷施工应符合下列规定：

1　涂刷方向应一致，接槎应整齐，上下两道油漆涂刷方向相互垂直，前道油漆实干后可涂刷下道油漆；

2　表面凹凸不平时，应将第一道底漆稀释后多次涂刷，渗入凹陷空隙处；

3　涂刷期间应不断搅和漆液，控制工作粘度和稠度，不流坠、不显刷纹。

13.3.5　油漆喷涂法施工应符合下列规定：

1　喷枪应根据作业条件、涂料使用量和供给方式等选用；

2　喷涂压力、喷出量、喷雾形状和幅度等应调整到合适状态；

3　喷枪与钢构件表面应选择合适的角度和距离；

4　喷涂应平行移动、速度一致；

5　喷涂前，对难以喷涂部位宜预先进行手工涂刷。

13.3.6　工地焊接部位的焊缝两侧应留出暂不涂装的区域，如图 13.3.6 所示，焊缝及焊缝两侧可涂装不影响焊接质量的防腐涂料。

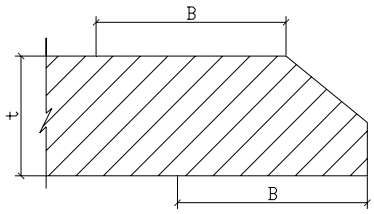


图 13.3.6　焊缝暂不涂装的区域

说明：当 t<50mm 时 B 取 50mm；当 50mm≤t≤90mm 时，B 取 70mm；当 t>90mm 时，B 取 100mm，其中 t 为钢板厚度，B 为焊缝暂不涂装的区域宽度。

13.3.7　表面除锈处理与涂装之间的间隔时间宜在 4h 之内，车间作业或湿度较低的晴天不应超过 12h。

13.3.8　表面涂有车间底漆的钢构件，因焊接、火焰校正、曝晒和擦伤等造成重新锈蚀

或附有白锌盐时，应清除干净后重新进行防腐涂装。

13.3.9　钢构件表面不应误涂、漏涂；涂层不应脱皮和返锈等。涂层应均匀、无明显皱皮、流坠、针眼和气泡等。

13.3.10　涂装后，漆膜如有龟裂、凹陷孔洞、剥离生锈或孔锈等现象时，应将漆膜刮除并经表面处理后再按规定予以补漆。

13.4　金属热喷涂

13.4.1　钢结构金属热喷涂方法可采用气喷涂或电喷涂。

【条文说明】13.4.1　金属热喷涂工艺有火焰喷涂法、电弧喷涂法和等离子喷涂法等。由于环境条件和操作因素所限，目前工程上应用的热喷涂方法仍以火焰喷涂法为主。该方法用氧气和乙炔焰熔化金属丝，由压缩空气吹送至待喷涂结构表面，即为本条的气喷法。气喷法适用于热喷锌涂层、电弧喷涂法适用于热喷涂铝涂层，等离子喷涂法适用于喷涂耐腐蚀合金涂层。

13.4.2　钢结构表面处理与热喷涂施工的间隔时间，海洋环境条件下应在 4h 以内，晴天或湿度不大的气候条件下在 12h 以内，雨天、潮湿、有盐雾的气候条件下不超过 2h。

13.4.3　金属热喷涂施工应符合下列规定：

1　采用的压缩空气应干燥、洁净；

2　喷枪与表面宜成直角，喷枪的移动速度应均匀，各喷涂层之间的喷枪直向应相互垂直，交叉覆盖；

3　一次喷涂厚度宜为 25~80μm，同一层内各喷涂带之间应有 1/3 的重叠宽度；

4　当大气温度低于 5℃或钢结构表面温度低于露点 3℃时，应停止热喷涂操作。

13.4.4　金属热喷涂层的封闭剂或首道封闭油漆施工宜采用涂刷方式施工，施工工艺要求应符合 13.3 节的规定。

13.4.5　钢构件的现场焊缝两侧应预留 100~150mm 宽度涂刷车间底漆临时保护，当工地拼装焊接后，对预留部分应按相同的技术要求重新进行表面清理和喷涂施工。

13.5　热浸镀锌防腐

13.5.1　钢构件表面单位面积的热浸镀锌重量应符合设计文件规定的要求。

13.5.2　构件热浸镀锌时，应采取措施防止热变形。

【条文说明】13.5.2　构件热浸镀锌时，减少热变形的措施有：

1　构件最大尺寸宜一次放入镀锌池；

2　封闭截面构件在两端开孔；

4　在构件角部应设置工艺孔，半径大于 40mm；

5　构件的板厚应大于 3.2mm；

13.5.3　热浸镀锌造成构件的弯曲或扭曲变形，应采取延压、滚轧或千斤顶等方式进行矫正。矫正时，应采取垫木方等措施保护表面镀锌层；不得采用加热矫正。

13.6　防火涂装

13.6.1　防火涂料涂装前，钢材表面除锈及防腐漆涂装应符合设计文件要求和国家现行标准的规定。

13.6.2　基层表面应无油污、灰尘和泥砂等污垢，且防锈层完整、底漆无漏刷。钢构件连接处的缝隙应采用防火涂料或其他防火材料填平。

13.6.3　选用的防火涂料应符合设计文件和国家现行标准的要求，能牢固地附着在构件上，不腐蚀钢材，并且与底漆和装饰面层涂料性能相兼容。

13.6.4　厚涂型防火涂料调配应符合下列规定：

1　单组分湿涂料可直接在现场均匀搅拌；

2　单组分干涂料可按产品说明书规定的配比，在现场加水或其他均匀搅拌调配；

3　双组分涂料可按产品说明书规定的配比混合搅拌调配；

4　调配应均匀一致、稠度适宜；

5　当天配制的涂料应在产品说明书规定的时间内用完。

13.6.5　薄涂型防火涂料调配应符合下列规定：

1　单组分涂料可直接在现场均匀搅拌；

2　单组分干涂料可按产品说明书规定的配比，在现场加水或其他均匀搅拌调配；

3　调配应均匀一致、稠度适宜；

4　当天配制的涂料应在产品说明书规定的时间内用完。

13.6.6　厚涂型防火涂料，在下列情况之一时，宜在涂层内设置与钢构件相连的钢丝网

或其他相应的措施：

1　承受冲击、振动荷载的钢梁；

2　涂层厚度等于或大于 40mm 的钢梁和桁架；

3　涂料粘结强度小于或等于 0.05MPa 的钢构件；

4　钢板墙和腹板高度超过 1.5m 的钢梁。

【条文说明】13.6.6　薄涂型防火涂料的底涂层（或主涂层）宜采用重力式喷枪喷涂，局部修补和小面积施工时宜用手工抹涂，面层装饰涂料宜涂刷、喷涂或滚涂。厚涂型防火涂料宜采用压送式喷涂机喷涂，喷涂遍数、涂层厚度应根据施工要求确定，且须在前一遍干燥后喷涂。

13.6.7　防火涂料施工可采用喷涂、抹涂或滚涂等方法。

13.6.8　厚涂型防火涂料涂装施工应符合下列规定：

1　涂料应分层施工，第一层喷涂宜为基本覆盖钢材表面，随后每层喷涂厚度宜为 5~10mm，一般取 7mm；

2　上层涂层干燥或固化后，方可进行下道涂层施工；

3　喷涂应平行移动、速度一致；

4　涂装施工时，可采用测厚针控制涂层厚度；

5　手工抹涂时，每遍涂抹厚度应控制在规定的要求以内，每遍涂抹间隔时间宜为 24h。

6　喷涂后，可对凹凸不平部位采用抹灰刀剔除和补涂处理。

13.6.9　厚涂型防火涂料有下列情况之一时应重新喷涂或补涂。

1　涂层干燥固化不良，粘结不牢或粉化、脱落；

2　钢结构的接头、转角处的涂层有明显凹陷；

3　涂层厚度小于设计规定厚度的 85%时，或涂层厚度虽大于设计规定厚度的 *85%*，但未达到规定厚度的涂层其连续面积的长度超过 1m。

13.6.10　薄涂型防火涂料底层涂装施工应符合下列规定：

1　涂料应分层施工，第一层喷涂宜为覆盖钢材表面 70%以上，随后每层喷涂厚度宜不超过 2.5mm；

2　喷涂应平行移动、速度一致；

3　涂装施工时，可采用测厚针控制涂层厚度。

13.6.11　薄涂型防火涂料面层涂装施工应符合下列规定:

1　面层应在底层涂装基本干燥后开始涂装；

2　面层涂料宜涂刷 1~2 遍，当涂刷 2 遍时，第 1 遍宜从左至右涂刷，第 2 遍宜反向涂刷；

3　面层涂装应颜色均匀、一致，接槎平整。

14　工程测量

14.1　一般规定

14.1.1　本章适用于钢结构工程的平面控制、高程控制及细部测量。

14.1.2　施工测量前，应根据设计施工图和施工要求，编制施工测量方案。

14.1.3　钢结构安装前应设置施工控制网。

14.2　平面控制网

14.2.1　平面控制网，可根据场区地形条件和建筑物的设计形式和特点，布设十字轴线或矩形控制网，平面布置异型的建筑可根据建筑物形状布设多边形控制网。

14.2.2　建筑物的轴线控制桩应根据建筑物的平面控制网测定，定位放线方法可选择直角坐标法、极坐标法、角度（方向）交会法、距离交会法等。

【条文说明】14.2.2　本条规定了四种定位放线的测量方法，选择测量方法一般根据现场情况和能力水平自由选择，以控制网满足施工需要为原则，各种方法的适用范围如下：

1 直角坐标法适用于平面控制点连线平行坐标轴方向及建筑物轴线方向时，矩形建筑物定位的情况；

2 极坐标法适用于平面控制点的连线不受坐标轴方向的影响（平行或不平行坐标轴），任意形状建筑物定位的情况；以及采用光电测距仪定位的情况；

3 角度（方向）交会法适用于平面控制点距待测点位距离较长、量距困难或不便量距的情况；

4 距离交会法适用于平面控制点距待测点距离不超过所用钢尺的全长且场地量距条件较好的情况。

14.2.3　四层以下和地下室宜采用外控法，四层及以上采用内控法。上部楼层平面控制网，应以建筑物底层控制网为基础，通过仪器竖向垂直接力投测。竖向投测宜以每50~80m 设一转点，控制点竖向投测的允许误差应符合表 14.2.3 的规定。

表14.2.3　轴线竖向传递投测的测量允许误差

项　　目		测量允许误差（mm）
每　　层		3
总高（H）	H≤30m	5
	30m＜H≤60m	10
	60m＜H≤90m	15

	90m＜H≤150m	20
	120m＜H≤150m	25
	150m＜H	30

【条文说明】14.2.3　本条规定的允许误差的依据为：现行国家规范《工程测量规范》GB50026 的轴线竖向传递允许偏差的规定，以及现行国家规范《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 施工要求限差的 0.4 倍。竖向投测转点 50~80m 选取，当设备仪器精度低时取小值，精度高时取大值。

14.2.4　轴线控制基准点投测至中间施工层后，应组成闭合图形并复测，调整闭合差。调整后的点位精度应满足边长相对误差达到 1/20000 和相应的测角中误差±10″的要求。设计有特殊要求的工程项目应根据限差确定其放样精度。

14.3　高程控制网

14.3.1　高程控制网应布设成闭合环线、附合路线或结点网形。高程测量的精度，不宜低于四等水准的精度要求。

14.3.2　建筑物高程控制点的水准点，可设置在平面控制网的标桩或外围的固定地物上，也可单独埋设。水准点的个数不应少于 2 个。

14.3.3　地上上部楼层标高的传递，宜采用悬挂钢尺测量方法进行，并应对钢尺读数进行温度、尺长和拉力修正。传递时一般宜从 2 处分别传递，对于面积较大和高层结构宜从 3 处分别向上传递。传递的标高误差小于 3mm 时，可取其平均值作为施工层的标高基准，若不满足则应重新传递。标高的测量允许误差应符合表 14.3.3 的规定。

表14.3.3　标高竖向传递投测的测量允许误差

项　　目		测量允许误差（mm）
每　　层		±3
总高（H）	H≤30m	±5
	30m＜H≤60m	±10
	60m＜H≤90m	±15
	90m＜H≤120m	±20
	120m＜H≤150m	±25
	150m＜H	±30

注：不包括沉降和压缩引起的变形值。

【条文说明】14.3.3　对于标高的传递，要对钢尺进行温度、拉力等的校正。引测的允许偏差是参考《工程测量规范》GB 50026-2007 第 8.3.11 条的有关规定。

14.3.4　对于矩形钢网架测量周边支承点或支承柱的间距和对角线；对于圆形钢网架的周边测量多边形的边及其对角线，然后进行简易平差，其边长测量值与设计值之差应小

于 10mm。网架周边支承柱的实测高程与设计高程之差应小于 5mm。

14.4 单层钢结构施工测量

14.4.1 钢柱安装前，应检查柱底支承埋件的平面、标高位置和地脚螺栓的偏差情况。

14.4.2 钢柱安装前，应在柱身四面分别画出中线或安装线，弹线允许误差为 1mm。

14.4.3 竖直钢柱安装时，应采用经纬仪在相互垂直的两轴线方向上，同时校测钢柱垂直度。当观测面为不等截面时，经纬仪应安置在轴线上；当观测面为等截面时，经纬仪中心与轴线间的水平夹角不得大于 15°。倾斜钢柱安装时，可采用水准仪和全站仪进行三维坐标校测。

14.4.4 工业厂房中吊车梁与轨道安装测量应符合下列规定：

1 根据厂房平面控制网，用平行借线法测定吊车梁的中心线。吊车梁中心线投测允许误差为±3mm，梁面垫板标高允许偏差为±2mm；

2 吊车梁上轨道中心线投测的允许误差为±2mm，中间加密点的间距不得超过柱距的两倍，并将各点平行引测与牛腿顶部靠近柱子的侧面，作为轨道安装的依据；

3 在柱子牛腿面架设水准仪按三等水准精度要求测设轨道安装标高。标高控制点的允许误差为±2mm，轨道跨距允许误差为±2mm，轨道中心线（加密点）投测允许误差为±2mm，轨道标高点允许误差为±1mm。

14.4.5 钢屋架安装后应有垂直度、直线度、标高、挠度（起拱）等实测记录。

14.5 多层及高层钢结构施工测量

14.5.1 多层及超高层建筑钢结构安装前，应对建筑物的定位轴线、底层柱的位置线、柱底基础标高、混凝土的强度等级进行复核，合格后方能开始安装。

14.5.2 每节柱的控制轴线应从基准控制轴线的转点引测。

【条文说明】14.5.2 控制轴线要从最近的进准点进行引测，避免误差累积。

14.5.3 钢柱校正垂直度时，应考虑钢梁接头焊接的收缩量，预留焊缝收缩变形值。

【条文说明】14.5.3 钢柱之间的钢梁焊接时，由于焊缝收缩对钢柱的垂直度影响较大，高层结构的钢柱一般有一测没有钢梁连接，所以一定要在焊接前对钢柱的垂直度进行预偏，通过焊接后的收缩对钢柱的垂直度进一步校正，精度更高。具体预偏的大小，根据结构形式焊缝收缩量等实际综合确定。

14.5.4 在安装钢柱之间的主梁时，应测量钢梁两端柱的垂直度变化，还应监测邻近各

柱因梁连接而产生的垂直度变化，待一区域整体完成后进行整体测量。

【条文说明】14.5.4　仅仅监测安装主梁两端的钢柱是不够的，柱子一般有多层梁，并且主梁刚度较大，安装时柱子会变动，并且可能波及到相邻的钢柱，此时要一起跟踪监测，一区域整体吊装完成后还要进行整体校正，才能保证整体结构的测量精度。

14.5.5　钢结构安装时，应考虑对日照、焊接等可能引起构件伸缩或弯曲变形的因素，采取相应措施。安装过程中，应作下列项目的试验观测与记录：

1　柱、梁焊缝收缩引起柱身垂直度偏差值的测定；

2　柱受日照温差、风力影响的变形测定；

3　塔吊附着或爬升对结构垂直度的影响测定；

4、沉降差异和压缩变形对建筑物整体变形影响值的测定。

【条文说明】14.5.5　高层钢结构对温度很敏感，日照、季节温差、焊接等产生的温度变化，还有大型塔吊对结构的影响，会使构件在安装过程中不断变动外形尺寸，安装中要采取措施进行调整。首先选择在一些日照等尽量影响不大的时段对钢柱进行测量，但是在实际的作业过程中，测量不可能做到。实际过程中要根据建筑物的特点，做好一些观测和记录，总结环境时段等对结构的影响，测量时根据实际情况进行预偏，保证测量钢柱的垂直度。

14.5.6　复杂构件的定位可由全站仪直接架设在控制点上进行三维坐标测定，或由水准仪进行标高测设、全站仪进行平面坐标测定，共同测控。

【条文说明】14.5.6　对于空间异型的桁架、倾斜的钢柱等复杂的不能直接简单利用仪器测量的构件要根据实际的情况设置三维坐标点，利用全站仪进行三维坐标测定。对于已知中心点的坐标必须转换到可观测到的构件表面。

14.5.7　主体结构的整体垂直度的允许偏差为 H/2500+10mm（H 为高度），且不应大于 50.0mm；主体结构的整体平面弯曲允许偏差为 L/1500mm，且不应大于 25.0mm。

14.5.8　高度在 150m 以上的高层建筑，整体垂直度宜采用 GPS 进行测量复核。

14.6　高耸塔桅钢结构施工测量

14.6.1　高耸塔桅钢结构的施工控制网宜在地面布设成田字形、圆形或辐射形。

14.6.2　根据塔桅钢结构平面控制点投测到上部直接测定施工轴线点，同时必须进行不同测法的校核，其测量允许误差为 4mm。

【条文说明】14.6.2　高耸塔桅结构的特点是塔身截面较小，高度较高，投测时相邻两

点的距离较近，需要采取多种方法进行校核。

14.6.3　标高在±0.000 以上塔桅钢结构塔身铅垂度的测设宜使用激光铅垂仪，标高在100m 处激光仪旋转 360 ° 划出的激光点轨迹圆直径应小于 10mm。

14.6.4　标高低于 100m 的高耸塔桅钢结构，宜在塔身的中心位置上设置铅垂仪；标高在 100～200m 之间的高耸塔桅钢结构，宜设置四台铅垂仪；标高在 200m 以上者，宜设置包括塔身中心点的五台铅垂仪。其设置铅垂仪的点位必须从塔的轴线点上直接测定，并用不同的测设方法进行校核。

14.6.5　激光铅垂仪投测到接收靶的测量允许误差应符合表 14.6.5 的要求。对于有特殊要求的塔桅钢结构，其允许误差还应由设计、施工、测量单位共同商讨确定。

表14.6.5　高塔中心线铅垂度的测量允许误差

塔高（m）	50	100	150	200	250	300	350
钢筋混凝土塔验收允许偏差（mm）	57	85	110	127	143	165	-
测量允许误差（mm）	10	15	20	25	30	35	40

14.6.6　塔身施工到 100m 后，要进行日照变形观测。根据日照观测记录与计算，绘制出日照变形曲线，并列出最小日照变形区间，以指导施工测量。

【条文说明】14.6.6　塔身由于截面较小，日照对结构的垂直度影响较大，必须对不同时段的日照对结构的影响进行监测，总结规律，对实际测量进行指导。

14.6.7　塔桅钢结构标高的测定，宜用钢尺沿塔身铅垂方向往返测量，并对测量结果进行尺长、温度和拉力改正，精度应大于 1/10000。

14.6.8　高度在 150m 以上的塔桅钢结构，整体垂直度宜采用 GPS 进行测量复核。

15　工程监测

15.1　一般规定

15.1.1　本章适用于高层结构、大跨度空间结构、高耸结构等大型重要钢结构工程，按设计要求或合同约定进行的施工监测和健康监测。

15.1.2　施工监测方法应根据工程监测对象、监测目的、监测频度、监测时间长短、精度要求等具体情况选定。

15.1.3　钢结构施工期间，可对结构变形、应力应变、环境量等内容进行过程监测。钢结构工程具体的监测内容及监测部位可根据不同的工程要求和施工状况选取。

15.1.4　采用的监测仪器和设备应满足数据精度要求，且保证数据稳定和准确。宜采用灵敏度高、抗腐蚀性好、抗电磁波干扰强、体积小、重量轻的传感器。

【条文说明】15.1.4　当有特殊要求时，可在运营阶段对结构状态进行健康监测。健康监测宜与建筑运营阶段的施工监测相结合。

15.2　施工监测

15.2.1　施工监测应编制专项施工监测方案。

【条文说明】15.2.1　重要的工程建(构)筑物，在工程设计时，应对变形监测的内容和范围做出统筹安排，并应由监测单位制定详细的监测方案。首次观测，宜获取监测体初始状态的观测数据。

15.2.2　施工监测点布置应考虑现场安装条件和施工交叉作业，采取可靠保护措施。应力传感器应根据设计要求和工况需要布置于结构受力最不利或特征部位。变形传感器宜布置于结构变形较大部位（节点）或特征节点处。温度传感器宜布置于结构特征断面，沿四面和高程均匀分布。

【条文说明】15.2.2　本条规定对监测点采取保护措施，主要是防止监测点受外界环境的扰动、破坏和覆盖。

15.2.3　钢结构工程变形监测的等级划分及精度要求，应符合表 15.2.3 的规定。

表 15.2.3　钢结构变形监测的等级划分及精度要求

等级	垂直位移监测		水平位移监测	适用范围
	变形观测点的高程中误差(mm)	相邻变形观测点的高差中误差(mm)	变形观测点的点位中误差(mm)	
一等	0.3	0.1	1.5	变形特别敏感的高层建筑、空间结构、高耸构筑物、工业建筑等
二等	0.5	0.3	3.0	变形比较敏感的高层建筑、空间结构、高耸构筑物、工业建筑等
三等	1.0	0.5	6.0	一般性的高层建筑、空间结构、高耸构筑物、工业建筑等

注：1　变形观测点的高程中误差和点位中误差，是指相对于邻近基准的中误差；

2　特定方向的位移中误差，可取表中相应等点位中误差的$1/\sqrt{2}$作为限值；

3　垂直位移监测，可根据需变形观测点的高程中误差或相邻变形观测点的高差中误差，确定监测精度等级。

【条文说明】15.2.3　本条规定钢结构工程变形监测的等级划分及精度要求参考现行国家标准《工程测量规范》GB 50026。本规范将等级划分为三个等级，基本与 GB50026 规范中四个等级的前三个等级相同。

变形监测的精度等级，是按变形观测点的水平位移点位中误差、垂直位移的高程中误差或相邻变形观测点的高差中误差的大小来划分。它是根据我国变形监测的经验，并参考国外规范有关变形监测的内容确定的。其中，相邻点高差中误差指标，是为了适合一些只要求相对沉降的监测项目而规定的。

变形监测分为三个精度等级，一等适用于高精度变形监测项目，二、三等适用于中等精度变形监测项目。变形监测的精度指标值，是综合了设计和相关施工规范已确定的允许变形量的 1/20 作为测量精度值，这样在允许范围之内，可确保建（构）筑物安全使用，且每个周期的观测值能反映监测体的变形情况。

15.2.4　变形监测方法可按表 15.2.4 选用，也可同时采用多种方法进行监测。应力应变宜采用应力计、应变计等传感器进行监测。

表 15.2.4　变形监测方法的选择

类 别	监测方法
水平变形监测	三角形网、极坐标法、交会法、GPS 测量、正倒垂线法，视准线法，引张线法，激光准直法，精密测（量）距、伸缩仪法、多点位移法，倾斜仪等
垂直变形监测	水准测量、液体静力水准测量、电磁波测距三角高程测量等
三维位移监测	全站仪自动跟踪测量法、卫星实时定位测量法等
主体倾斜	经纬仪投点法、差异沉降法、激光准直法、垂线法、倾斜仪、电垂直梁法等
挠度观测	垂线法、差异沉降法、位移计、挠度计等

【条文说明】15.2.4　本条列出了不同监测类别的变形监测方法。具体应用时，可根据监测项目的特点、精度要求、变形速率以及监测体的安全性等指标，综合选用。

15.2.5　监测数据采集应及时、准确，并按频次要求采集，对漏测、误测或异常数据应及时补测或复测、确认或更正。

【条文说明】15.2.5　对于首次观测宜获取监测体初始状态的观测数据。

15.2.6　应力应变监测周期，宜与变形监测周期同步。

15.2.7　在进行结构变形和应力应变监测时，宜同时进行监测点的温度、风力等环境量监测。

15.2.8　监测数据应及时进行定量和定性分析。监测数据分析可采用图表分析、统计分析、对比分析和建模分析等方法。

【条文说明】15.2.8　对数据进行分析主要目的是对工程进行评估、判断和预测进行施工指导和保证建筑物安全运行。监测数据分析可采用图表分析法、统计分析法、对比分析法和建模分析法等。

图表分析是通过绘制各观测物理量的过程线及特征原因量下的效应量过程线图，考察效应量随时间的变化规律和趋势，常用的是将观测资料按时间顺序绘制成过程线。

统计分析是对各观测物理量历年的最大和最小值、变幅、周期、年平均值及年变化率等进行统计、分析，以考察各观测之间在数量变化方面是否具有一致性、合理性，以及它们的重现性和稳定性等。这种方法具有定量的概念，使分析成果更具有实用性。

对比分析是通过对数据的较比，结果是否具有一致性和合理性，以判断工程的工作状态是否异常。

建模分析是采用系统识别方法处理观测资料，建立数学模型，用以分离影响因素，研究观测物理量的变化规律，进行实测值预报和实现安全控制。常用数学模型有：统计模型，主要以逐步回归计算方法处理实测资料建立的模型；确定性模型，主要以有限元计算和最小二乘法处理实测资料建立的模型；混合模型，一部分观测物理量（如温度）用统计模型，一部分观测物理量（如变形）用确定性模型。这种方法能够定量分析，是长期观测资料进行系统分析的主要方法。

15.2.9　需要利用监测结果进行趋势预报时，应给出预报结果的误差范围和适用条件。

15.3　健康监测

15.3.1　健康监测宜在工程设计阶段提出监测方案，监测方案应包括监测内容、设备和仪器、测点布置、监测频率、监测记录和结果评估等内容。

15.3.2　健康监测实施阶段应定期进行监测设施检查和维护，定期对监测资料进行分析，对工程结构运行及安全状态做出评价，建立监测技术档案。

16　施工安全和环保

16.1　一般规定

16.1.1　本章适用于单层、多层、高层、高耸及空间钢结构工程的施工安全和环境保护。

16.1.2　钢结构施工前，应编制施工安全、环境保护专项方案及安全应急预案。

【条文说明】16.1.2　因钢结构施工危险性较高，本条规定编制专门的施工安全方案和安全应急预案，以减少现场安全事故，现场安全主要含结构安全、设备安全和人员安全等。

16.1.3　作业人员必须进行安全生产教育和培训。

【条文说明】16.1.3　本条规定的作业人员包括焊接、切割、行车、起重、叉车、电工、压力容器、低温压力容器等特殊工种和岗位。

16.1.4　新员工必须经过三级安全教育。变换工种时，作业人员应先进行操作技能及安全操作知识的培训，未经安全生产教育和培训合格的作业人员不得上岗作业。

16.1.5　对于大跨度、需要临时支撑、结构封闭前不能达到设计受力状态的结构施工，应有安全计算。

16.1.6　必须为作业人员提供符合国家标准或行业标准要求的合格劳动保护用品，并培训和监督作业人员正确使用。

【条文说明】16.1.3　本条规定劳动保护用品必须合格，除符合国家相应标准外，对一种劳动保护产品在使用前可进行安全试验。

16.1.7　对易发生职业病的作业，应对作业人员采取有效的保护措施。

16.2　垂直登高作业

16.2.1　搭设登高脚手架应符合现行国家标准《建筑施工扣件式钢脚手架安全技术规范》JGJ 130 和《建筑施工碗扣式钢脚手架安全技术规范》JGJ 166 的规定；采用其他登高措施时，应进行安全计算。

16.2.2　多层及高层钢结构施工应采用人货两用电梯登高。人货两用电梯尚未到达的楼层，应搭设合理的安全登高设施。

16.2.3　钢柱吊装时，施工人员宜通过钢挂梯到柱顶松钩，此时宜采用防坠器对人员进行保护。钢挂梯应预先与钢柱同时起吊，并与钢柱可靠连接。

【条文说明】16.2.3　钢柱安装时尽量将安全爬梯、安全通道或安全绳在地面上铺设固定在构件上，减少高空作业，减小安全隐患。钢柱吊装在采取登高摘钩的方法时，尽量

使用防坠器，对登高作业人员进行保护。安全爬梯的承载必须经过安全计算。

16.3 平面安全通道

16.3.1 所需的平面安全通道应分层平面连续搭设。

16.3.2 平面安全通道宽度不宜小于 600mm，且两侧应设置安全护栏或防护钢丝绳。

16.3.3 在钢梁及桁架上行走的作业人员宜配戴双钩安全带。

【条文说明】16.3.3 本条规定采用双钩安全带，目的是使作业人员在跨越钢柱等障碍时，充分利用安全带对施工人员进行保护。

16.4 洞口和临边防护

16.4.1 边长或直径为 20~40cm 的洞口可用刚性盖板固定防护；对 40~150cm 的洞口应架设脚手钢管、满铺脚手板等做固定防护；边长或直径在 150cm 以上的洞口应张设密目安全网防护并加护栏。

16.4.2 建筑物楼层钢梁吊装完毕后，应及时分区铺设安全网，安全网的垂直高度和间隔距离满足现行国家标准的规定。

16.4.3 楼层周边钢梁吊装完成后，必须在每层临边设置防护栏。

【条文说明】16.4.3 防护栏一般采用钢丝绳、脚手管等材料制成。

16.4.4 搭拆临边脚手架、操作平台、安全挑网等必须可靠固定在结构上。

16.5 施工机械和设备

16.5.1 钢结构施工使用的各类施工机械应符合现行国家标准《建筑机械使用安全技术规程》JGJ 33 的规定。

16.5.2 起重机吊装机械必须安装限位装置，并定期检查。

16.5.3 安装和拆除塔式起重机时，必须有专项技术方案。

【条文说明】16.5.3 本条规定安装和拆除塔吊要有专项技术方案，特别是高层内爬式塔吊的拆除，在布设塔吊时就要进行考虑。

16.5.4 群塔作业应采取措施防止塔吊相互碰撞。

16.5.5 塔吊应有良好的接地装置。

16.5.6 采用非定型产品的吊装机械时，必须进行安全计算。

16.6 现场吊装安全

16.6.1　吊装区域应设置安全警戒线，非作业人员禁止入内。

16.6.2　吊装物吊离地面 200～300mm 时，应进行全面检查，确认无误后方能正式起吊。

16.6.3　当风速达到 10m/s 时，宜停止吊装作业；当风速达到 15m/s 时，禁止吊装作业。

16.6.4　高空作业使用的小型手持工具和小型零部件应采取防止坠落措施。

16.6.5　高空焊接和气割作业时，应清除作业区下方危险易燃物，并采取防火措施。

16.6.6　施工用电应符合现行国家标准《施工现场临时用电安全技术规范》JGJ 46 的规定。

16.6.7　施工现场应有专业人员负责安装、维护和管理用电设备和电线路。

16.6.8　每天吊至楼层或屋面上的板材若未安装完，应采取牢靠的临时固定措施。

16.6.9　压型钢板表面有水、霜、露时，应采取防滑保护措施。冬季积雪时应清除积雪，并采取必要防滑措施。对于未浇注混凝土的压型钢板临时堆载时，应有明确标识。

16.7　环境保护措施

16.7.1　施工期间应控制噪声，合理安排施工时间，减少对周边环境的影响。

16.7.2　施工区域应保持清洁。

16.7.3　夜间施工灯光应向场内照射，减少对居民的影响；焊接电弧应采取防护措施。

16.7.4　夜间施工应做好申报手续，按照环保部门批准的要求施工。

16.7.5　现场油漆涂装施工时，应采取防污染措施。

16.7.6　钢结构施工剩下的废料和余料应妥善分类收集，统一处理和回收利用，禁止随意搁置、堆放。

本规范用词说明

一、 为便于在执行本规范条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词用语说明如下：

1 表示很严格，非这样做不可的用词：

正面词采用“ 必须 ”，反面词采用“ 严禁 ”；

2 表示严格，在正常情况均应这样做的用词：

正面词采用“ 应 ”，反面词采用“ 不应 ”或“ 不得 ”；

3 表示允许稍有选择，在条件许可时首先这样做的用词：

正面词采用“ 宜 ”，反面词采用“ 不宜 ”；

表示有选择，在一定条件下可这样做的，采用“ 可 ”。

二、 条文中指明必须按其它有关标准执行的写法，采用“ 应符合现行的……规定 ”或“ 应按照……执行 ”：条文中“ 条 ”、“ 款 ”之间承上启下的连接用语采用“ 符合下列规定 ”、“ 遵守下列规定 ”、“ 符合下列要求 ”。