

**中国钢结构协会标准**

# **钢结构制造技术标准**

Technical standard for manufacturing of steel structures

**T/CSCS 016 - 2021**

主编单位：中国钢结构协会

批准单位：中国钢结构协会

施行日期：2021年11月1日

中国建筑工业出版社

**2021 北 京**

中国钢结构协会标准  
钢结构制造技术标准

Technical standard for manufacturing of steel structures

**T/CSCS 016 - 2021**

\*

中国建筑工业出版社出版、发行（北京海淀三里河路9号）

各地新华书店、建筑书店经销

北京红光制版公司制版

印刷厂印刷

\*

开本：850毫米×1168毫米 1/32 印张：9 $\frac{1}{8}$  字数：243千字

2021年10月第一版 2021年10月第一次印刷

定价：**88.00**元

统一书号：15112·37527

**版权所有 翻印必究**

如有印装质量问题，可寄本社图书出版中心退换

（邮政编码 100037）

本社网址：<http://www.cabp.com.cn>

网上书店：<http://www.china-building.com.cn>

# 中国钢结构协会

中钢构协〔2021〕20号

---

## 中国钢结构协会关于发布团体标准 《钢结构制造技术标准》的通知

现批准《钢结构制造技术标准》为中国钢结构协会团体标准，编号为 T/CSCS 016 - 2021，自 2021 年 11 月 1 日起实施。本团体标准由中国钢结构协会组织中国建筑出版传媒有限公司出版发行。

中国钢结构协会  
2021 年 7 月 26 日

# 前 言

根据中国钢结构协会《关于发布中国钢结构协会 2020 年第三批团体标准编制计划的通知》(中钢构协〔2020〕42 号)文件的要求,标准编制组经广泛调查研究,认真总结实践经验,对标国际及国内相关标准,在协会《钢结构制造技术规程》的基础上,广泛征求意见,编制了本标准。

本标准共有 14 章及 3 个附录,主要内容是:1. 总则;2. 术语;3. 基本规定;4. 材料;5. 深化设计;6. 加工制作;7. 钢结构数字化加工;8. 焊接;9. 紧固件连接;10. 预拼装;11. 涂装;12. 冷成型构件制作;13. 制成品的检验、标识、包装、运输及交付;14. 安全、职业健康与环境保护;附录 A 钢结构制成品外形尺寸的允许偏差;附录 B 加工制作设备和工具安全使用规定;附录 C 缩略语。

本标准可作为钢结构制造企业编制企业技术规程(标准)的重要参考依据。标准的实施,将有利于钢结构制造企业提升管理水平,推动数字化、智能化升级,提高产品质量,增强市场竞争力,全面促进钢结构行业的高质量发展。

本标准由中国钢结构协会负责管理,并负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议,请寄送中国钢结构协会(地址:北京市海淀区西土城路 33 号;邮编 100088)。

**本标准主编单位:**中国钢结构协会

**本标准参编单位:**中冶建筑研究总院有限公司  
国家钢结构工程技术研究中心  
中铁宝桥集团有限公司  
浙江东南网架股份有限公司

中铁山桥集团有限公司  
江苏沪宁钢机股份有限公司  
上海建工（江苏）钢结构有限公司  
杭萧钢构股份有限公司  
山东经典重工集团股份有限公司  
金环建设集团有限公司  
山西潇河建筑产业有限公司  
安徽富煌钢构股份有限公司  
江苏兰陵化工集团有限公司  
中国工程建设焊接协会  
上海宝冶集团有限公司  
厦门新长诚钢构工程有限公司  
华星钢构股份有限公司  
中建科工集团有限公司  
广州集泰化工股份有限公司  
浙江中南建设集团钢结构有限公司  
浙江精工钢结构集团有限公司  
多维联合集团有限公司  
宝钢钢构有限公司  
中国二十二冶集团有限公司  
山东冠洲股份有限公司  
北京首钢建设集团有限公司

**本标准主要起草人员：** 李志明 贺明玄 周观根 吴耀华  
陈振明 刘景凤 李军平 胡广瑞  
章荣辉 李翠光 张 强 刘晓光  
郑礼刚 沈万玉 陈明铮 陈桥生  
刘 毅 邱林波 文双玲 刘春波  
孙洪鹏 杨德洪 阮新伟 马德志  
刘中华 王海山 张世梁 严洪丽  
苗树文 邹小平 郭剑云 周 顺

兰日进	陈兴大	付常谊	吕建峰
陈伟刚	胡海国	姜俊	徐韶锋
刘海生	崔宸铭	曹靖	宋章峰
李庆伟	戴长河	谢娜	王岳锋
刘丽	沈婧	金红伟	李涛青
周绪红	聂建国	卢春房	岳清瑞
张喜刚	李国强	郁银泉	王立军
曾滨	侯兆新	张伟	

**本标准主要审查人员：**

# 目 次

1	总则	1
2	术语	2
3	基本规定	9
4	材料	12
4.1	一般规定	12
4.2	钢材	12
4.3	焊接材料	18
4.4	连接紧固件	20
4.5	网架材料、压型金属板和其他材料	23
4.6	涂装材料	25
4.7	材料管理和储存	25
5	深化设计	27
5.1	一般规定	27
5.2	深化设计几何模型	29
5.3	连接和节点深化设计	31
5.4	深化设计文件编制	32
5.5	施工详图设计文件编制	33
6	加工制作	40
6.1	一般规定	40
6.2	钢材管理	40
6.3	放样和号料	41
6.4	切割与坡口	42
6.5	矫正	47
6.6	成型	50
6.7	制孔	59

6.8	球节点加工	65
6.9	组装	72
6.10	端面加工	85
6.11	摩擦面加工	85
7	钢结构数字化加工	87
7.1	一般规定	87
7.2	数字化制造中 BIM 应用	87
7.3	物料数字化管理	88
7.4	制造设备数字化	88
7.5	工艺执行与车间的数字化管理	89
7.6	构件标识数字化	90
7.7	质量数字化管理	90
8	焊接	91
8.1	一般规定	91
8.2	焊接方法	93
8.3	焊接从业人员	94
8.4	焊接工艺评定	95
8.5	焊接材料	97
8.6	焊前准备	101
8.7	焊接工艺	105
8.8	焊接检验	114
9	紧固件连接	129
9.1	一般规定	129
9.2	普通紧固件连接	129
9.3	高强度螺栓连接	130
10	预拼装	141
10.1	一般规定	141
10.2	实体预拼装	141
10.3	数字化模拟预拼装	143
10.4	预拼装允许偏差	144



11 涂装	153
11.1 一般规定	153
11.2 表面处理	153
11.3 防腐涂料涂装	154
11.4 金属热喷涂防腐涂装	156
11.5 热浸镀锌防腐涂装	157
11.6 质量要求	157
12 冷成型构件制作	159
12.1 一般规定	159
12.2 围护系统用压型金属板	159
12.3 楼承板	163
12.4 冷弯薄壁型钢构件	166
13 制成品的检验、标识、包装、运输及交付	169
13.1 一般规定	169
13.2 制成品的检验与标识	169
13.3 制成品的包装与存放	173
13.4 制成品的运输与交付	176
14 安全、职业健康与环境保护	178
14.1 一般规定	178
14.2 安全	179
14.3 职业卫生健康	181
14.4 环境保护	181
附录 A 钢结构制成品外形尺寸的允许偏差	183
附录 B 加工制作设备和工具安全使用规定	205
附录 C 缩略语	208
本标准用词说明	210
引用标准目录	211
附：条文说明	215

# Contents

1	General Principles .....	1
2	Terms .....	2
3	Basic Requirements .....	9
4	Materials .....	12
4.1	General Requirements .....	12
4.2	Structural Steel Materials .....	12
4.3	Welding Consumables .....	18
4.4	Fasteners for Connecting .....	20
4.5	Materials for Space Latticed Structures, Profiled Metal Sheets and others .....	23
4.6	Coating Materials .....	25
4.7	Material Management and Storage .....	25
5	Detailed Design .....	27
5.1	General Requirements .....	27
5.2	Geometric Model for Detailed Design .....	29
5.3	Detailed Design for Connections and Joints .....	31
5.4	Preparation of Detailed Design Documents .....	32
5.5	Preparation of Shop Drawing Design Documents .....	33
6	Fabrications .....	40
6.1	General Requirements .....	40
6.2	Structural Steel Management .....	40
6.3	Setting-out and Marking off .....	41
6.4	Cutting and Joint Preparation .....	42
6.5	Straightening .....	47
6.6	Shaping .....	50

6.7	Holing	59
6.8	Spherical Joint Machining	65
6.9	Assembly	72
6.10	Facing	85
6.11	Faying Surface Machining	85
7	Digital Processing for Steel Structures	87
7.1	General Requirements	87
7.2	Applications of BIM for Digitized Manufacturing	87
7.3	Material Digital Management	88
7.4	Digitalization of Manufacturing Equipment	88
7.5	Process Execution and Digital Management	89
7.6	Digitalization of Component Labeling	90
7.7	Quality Digital Management	90
8	Welding	91
8.1	General Requirements	91
8.2	Welding Methods	93
8.3	Welding Practitioners	94
8.4	Welding Procedure Qualification	95
8.5	Welding Consumables	97
8.6	Welding Preparation	101
8.7	Welding Processes	105
8.8	Weld Inspection	114
9	Fastening	129
9.1	General Requirements	129
9.2	Ordinary Fastener Connecting	129
9.3	High-Strength Bolts Connecting	130
10	Pre-assembly	141
10.1	General Provisions	141
10.2	Entity Pre-assembly	141
10.3	Digitization Simulated Pre-assembly	143

10.4	Pre-assembly Tolerance .....	144
11	Coating .....	153
11.1	General Requirements .....	153
11.2	Surface Treatment .....	153
11.3	Paint Coating for Corrosion Protection .....	154
11.4	Thermal Metal Spraying for Corrosion Protection Coating .....	156
11.5	Hot Dip Galvanizing for Corrosion Protection Coating .....	157
11.6	Coating Quality Requirements .....	157
12	Cold Formed Steel Components .....	159
12.1	General Provisions .....	159
12.2	Profiled Metal Sheet for Enclosure Systems .....	159
12.3	Floor Decks .....	163
12.4	Cold Formed Thin-wall Steel Components .....	166
13	Inspection, Labeling, Packaging, Transportation and Delivery of Manufactured Products .....	169
13.1	General Requirements .....	169
13.2	Inspection and Labeling .....	169
13.3	Packaging and Storage .....	173
13.4	Transportation and Delivery .....	176
14	Occupational Safety and Health and Environmental Protection .....	178
14.1	General Requirements .....	178
14.2	Occupational Safety .....	179
14.3	Occupational Health .....	181
14.4	Environmental Protection .....	181
Appendix A	Overall Dimensional Tolerance of Steel Structure Manufactured Products .....	183
Appendix B	Safe Use Regulations of Processing Equipment and Tools .....	205

Appendix C Abbreviations ..... 208  
Explanation of Wording in This Standard ..... 210  
List of Quoted Standards ..... 211  
Addition; Explanation of Provisions ..... 215



# 1 总 则

**1.0.1** 为在钢结构制造中贯彻执行国家的技术经济政策，做到技术先进、经济合理、安全适用、确保质量，特制定本标准。

**1.0.2** 本标准适用于工业与民用建筑钢结构、桥梁钢结构、锅炉钢结构、塔桅钢结构、水利水电工程钢结构、压水堆核电厂钢制安全壳等建（构）筑物钢结构的制造。

**1.0.3** 对设计、制造或使用有特殊要求的钢结构，除执行本标准外，尚应执行国家和行业现行标准的要求。

## 2 术 语

### 2.0.1 制造 manufacturing

钢结构部件的生产过程中所必须开展的工厂活动，包括加工制作、焊接、机械紧固、表面处理及涂装、组装、检验和提供部件性能特性的技术文件。

### 2.0.2 钢结构设计文件 design document of steel structures

由工程设计单位提供的钢结构设计图、设计技术说明和设计变更文件等技术文件的统称。

### 2.0.3 钢结构深化设计 detailing of steel structures

对钢结构设计图进行细化设计，形成可用于深化设计报审和指导施工详图设计的技术文件。

### 2.0.4 钢结构施工详图 shop drawing of steel structures

对钢结构深化设计文件进行细化设计，形成可直接用于钢结构制造的技术文件，包括加工详图、加工详图设计技术说明及各类清单等内容。

### 2.0.5 加工详图 fabrication drawings

用图样的方式表达钢结构构件的几何形状、零部件的规格尺寸、零部件定位尺寸和相互关系、零部件机械加工（切割、钻孔、刨边等）、构件的焊接加工形式以及表面处理要求等的技术文件。

### 2.0.6 质量证明文件 documentation for certificate of quality

由供应商委托有资质的质量检测部门出具的、证明在钢结构制造过程中所使用的材料（或半成品及制成品）质量合格的证明文件。质量证明文件包括材料（或半成品及制成品）质量证明书、材料（或半成品及制成品）合格证、材料（或半成品及制成品）检验报告等。



### **2.0.7 碳当量 carbon equivalent value (CEV)**

把钢铁材料中包括碳在内的对淬硬、冷裂纹及脆化等有影响的不同合金元素含量换算成相当含量碳的重量百分比。

### **2.0.8 复验 review**

对在钢结构制造过程中所使用的材料（或半成品及制成品），在外观质量检查和质量证明文件核查符合要求的基础上，按照有关规定抽取试样送至具备相应资质的检测机构进行检验的活动。

### **2.0.9 见证 testify**

在工程监理机构或业主（建设单位）的见证下，按照有关规定由钢结构加工制作商从现场随机抽取试样，送至具备相应资质的检测机构进行检验的活动。

### **2.0.10 零件 parts**

组成部件或构件的最小单元，如节点板、翼缘板、腹板、加劲肋等。

### **2.0.11 部件 components**

由若干个零件组成的单元，如焊接 H 型钢、牛腿等。

### **2.1.12 构件 members**

由零件或零件和部件组成的钢结构基本单元，如柱、支撑、梁、钢板剪力墙等。

### **2.0.13 制成品 manufactured products**

在钢结构制造企业内完成全部生产过程，经检验符合规定的质量标准，可供钢结构工程现场安装使用的钢结构构件、零部件、成品件及标准件等。

### **2.0.14 钢结构制造工艺方案 manufacturing process plan for steel structures**

为保证钢结构加工制作或制造过程正常运行，而采用的生产工艺技术或钢结构产品生产的制造方法。

### **2.0.15 放样 setting-out**

按照获得审定的钢结构施工详图，以 1:1 的比例放大，或将复杂的曲面展开成平面，划出实样，以便准确地定出零件的实

长，作为制造样板（样杆）、号料、加工等工作的依据。

#### **2.0.16 号料 marking off**

把已经展开的零件的真实形状及尺寸，通过样板、样杆、样条或草图划在钢板或型材上的工艺过程。

#### **2.0.17 紧固件 fasteners**

将两个或两个以上零件、部件或构件紧固连接成为整体时所采用的一类机械零件的总称。

#### **2.0.18 钢结构用螺栓连接副 steel structural bolting assemblies**

钢结构用螺栓和与之配套的螺母、垫圈的总称。

#### **2.0.19 钢结构焊接难度等级 steel structure welding difficulty levels**

根据焊接接头板厚、母材类别和碳当量等基本影响因素，按难易程度将钢结构焊缝焊接分为易、一般、较难和难四个等级。加工制作企业应针对不同情况，具备与焊缝焊接难度相适应的技术条件，包括加工制作企业的焊接施工装备能力、施工技术和人员水平能力、焊接工艺措施、检验与试验手段、质保体系和技术文件等。

#### **2.0.20 焊接工艺评定 welding procedure qualification (WPQ)**

为验证所拟定的焊件焊接工艺的正确性，通过对焊接方法、焊接材料、焊接参数等进行选择和调整而进行的一系列工艺性试验，以确定获得标准规定的焊接质量的焊接工艺。焊接工艺评定是保证质量的重要措施，为正式制定焊接工艺指导书或焊接工艺卡提供可靠依据。

#### **2.0.21 焊接工艺评定报告 procedure qualification record (PQR)**

在评定焊接工艺过程中，记录有关试验数据及结果的文件。

#### **2.0.22 焊接工艺预规程 preliminary welding procedure specification (pWPS)**

待评定的焊接工艺规程。

#### **2.0.23 焊接工艺规程 welding procedure specification (WPS)**

为制作符合规范要求的焊缝而提供指导的、经过评定合格的焊接工艺文件。

#### **2.0.24 焊接作业指导书 welding work instruction (WWI)**

由焊接工艺人员依据焊接工艺评定报告 (PQR) 编制, 用于加工制作焊件的细则性作业文件。

#### **2.0.25 免于焊接工艺评定 prequalification of WPS**

在满足现行国家标准《钢结构焊接规范》GB 50661 所规定的某些特定焊接方法和焊接参数、钢材、接头形式、焊接材料组合的条件下, 可以不经焊接工艺评定试验, 直接采用《钢结构焊接规范》GB 50661 规定的焊接工艺。

#### **2.0.26 栓钉焊接 stud welding**

将栓钉焊于金属构件表面上的焊接方法。包括直接将栓钉焊于钢结构构件表面的非穿透焊和通过电弧燃烧、穿过覆盖于构件上的薄钢板 (一般为厚度小于等于 1.6mm 的钢楼承板) 焊于构件表面上的穿透焊接。

#### **2.0.27 无损检测 non-destructive testing (NDT)**

在不损害或不影响被检对象使用性能的前提下, 利用声、光、磁和电等特性, 检测被检对象中是否存在缺陷或不均匀性, 给出缺陷的大小、位置、性质和数量等信息, 判定被检对象所处技术状态 (如合格与否、剩余寿命等) 的所有技术手段的总称。

#### **2.0.28 预拼装 pre-assembly**

为检验构 (部) 件加工制作质量是否满足设计文件要求, 在出厂前进行整体或部分 (分段、分层) 的临时性组装作业过程, 如将分段制造的大跨度柱、梁、桁架、支撑等钢构件和多层钢框架、用高强度螺栓连接的大型钢结构、分块制造和供货的钢壳体结构等。

#### **2.0.29 数字化模拟预拼装 digitization simulated pre-assembly**

采用数字化的钢结构测量设备和软件, 将钢结构分段构件控制点的实测三维坐标, 在计算机中模拟拼装形成分段构件的轮廓模型, 与深化设计的理论模型拟合比对, 检查分析拼装精度, 得

到所需修改的调整信息。经过必要的校正、修改与模拟拼装，直至满足精度要求。

**2.0.30 环境温度 ambient temperature**

钢结构制造或安装时的工作场所温度。

**2.0.31 钢材表面锈蚀等级 rust grade of steel substrates**

按照现行国家标准《涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的目视评定 第1部分：未涂覆过的钢材表面和全面清除原有涂层后的钢材表面的锈蚀等级和处理等级》GB/T 8923.1 规定的钢材初始表面锈蚀状态标准，共分为 A、B、C、D 四个等级，用于涂装前钢材锈蚀等级的评定。

**2.0.32 钢材表面处理等级 preparation grades of steel substrates**

表示不同表面处理方法和清洁程度的若干处理等级。通过描述处理后表面外观状况的文字叙述以及图示，共同定义处理等级。每一表面处理等级用代表相应处理方法类型的字母“Sa”“St”“F”表示，字母后面的数字，表示其清除氧化皮、铁锈和油漆涂层等附着物的程度，又称除锈等级。

**2.0.33 结构用冷成型部件（构件） structural cold formed components**

由有涂层或无涂层板材通过冷轧和折、弯等冷成型加工工艺制成的结构承重部件（构件）。

**2.0.34 楼承板 floor decks**

支承楼面混凝土的压制成型的钢板。

**2.0.35 钢筋桁架楼承板 steel-bars truss decks**

钢筋桁架与底板通过电阻点焊连接成整体的组合承重板。

**2.0.36 数字化 digitalization**

以数字形式表达本来不是离散数据的信息，并建立数字化模型，方便引入计算机系统统一处理的基本过程。

**2.0.37 数字化制造 digitized manufacturing**

将数字化技术应用于制造的各个环节中，从产品的设计研

发、产品的生产制造到服务，涵盖了产品的整个生命周期。包括三个层面的内涵：

- 1 以设计为中心的数字化制造技术；
- 2 以控制为中心的数字化制造技术；
- 3 以管理为中心的数字化制造技术。

涉及的系统有：CAD/CAE/CAPP/CAM/PLM/PDM/MES/ERP/SCM等。

#### **2.0.38 数字化车间 digital workshop**

以生成对象所要求的工艺和设备为基础，以信息技术、自动化、测控技术等为手段，用数据连接车间不同单元，对生产运行过程进行规划、管理、诊断和优化的实施单元。

#### **2.0.39 钢结构制造协同管理平台 collaborative management platform for steel structure manufacturing**

基于计算机技术及网络技术，以 BIM 模型为核心，具有钢结构工程项目管理、产品开发、设计、制造、服务等模块的信息化应用系统。

#### **2.0.40 建筑信息模型 building information modeling (BIM)**

在建设工程及设施的全生命周期内，对其物理和功能特性进行数字化表达，并依此设计、施工、运营的过程和结果的总称，简称模型。

#### **2.0.41 数控加工生产线 CNC processing line**

按工件的既定工序排列的若干台数控设备及其他辅助设备组成的加工生产线。

#### **2.0.42 可视化看板 visual Kanban**

面向生产现场，采用电子看板等技术手段，实现产品、设备、物流、生产状态、能源监管等信息公开化、可视化，以提升现场管理水平、优化现场工作环境的管理系统。

#### **2.0.43 数字孪生 digital twins**

充分利用物理模型、传感器更新、运行历史等数据，集成多学科、多物理量、多尺度、多概率的仿真过程，在虚拟空间中完

成映射，从而反映相对应的实体装备的全生命周期过程。

**2.0.44 挥发性有机物** volatile organic compounds (VOCs)

参与大气光化学反应的有机化合物，或者根据有关规定确定的有机化合物。

**2.0.45 危险废物** hazardous wastes

列入国家危险废物名录或者根据国家规定的危险废物鉴别标准和鉴别方法认定的具有危险特性的废物。

## 3 基本规定

**3.0.1** 钢结构制造企业应具备相应的钢结构制造能力。企业应有相应的技术标准，完善的质量管理体系、质量控制、检验及试验制度。

**3.0.2** 钢结构制造企业应严格执行国家安全生产、职业健康与环境保护的法律法规和有关标准，并建立相关管理和检查制度。

**3.0.3** 钢结构制造企业应积极推动标准化设计、数字化生产、部品（件）一体化制造、集约化管理为主要特征的制造模式，提高数字技术与钢结构制造的融合程度。

**3.0.4** 对于本标准未涉及的新技术、新材料、新工艺，必须在确保制造质量的前提下，经过试验论证，并根据试验结果制定相应的技术标准，经审定后实施。

**3.0.5** 钢结构制造前，设计单位应向钢结构制造单位进行设计技术交底，制造单位应组织有关人员学习钢结构设计文件，应对设计文件进行工艺性审核，了解设计意图及对制造质量的要求。当对设计文件存在疑问或提出修改时，应及时要求设计单位进行答疑，经相关单位答复、解释并确认后方能生效。

**3.0.6** 应对钢结构工程进行深化设计，深化设计按交付标准和设计深度可分为钢结构深化设计和钢结构施工详图设计。钢结构深化设计文件应由设计单位确认并批准，钢结构施工详图设计文件应由钢结构深化设计单位确认并批准。

**3.0.7** 钢结构制造前，应按照钢结构深化设计文件、钢结构施工详图设计文件的要求，根据钢结构制造单位的生产条件，编制钢结构制造工艺方案（作业指导书或工艺卡）、检查检验计划、质量验收要求、工艺评定方案、工装设计等技术文件，并进行交底实施。

**3.0.8** 钢结构制造工艺方案（作业指导书或工艺卡）应作为车间（或班组）钢结构制造时的主要技术文件，并在钢结构制造全过程中执行。钢结构制造工艺方案（作业指导书或工艺卡）应包括（但不限于）：

- 1 钢结构制造所依据的标准；
- 2 钢结构制造企业的质量保证体系；
- 3 成品的质量保证措施；
- 4 钢结构制造场区布置、采用的制造设备和工艺装备；
- 5 焊工和检查人员的资质证明；
- 6 各类检查项目表格和生产（施工）进度计划表等。

**3.0.9** 钢结构制造过程中，质量控制应符合下列规定：

1 采用的原材料、半成品及制成品应进行进场验收。凡涉及安全、功能的原材料、半成品及制成品，应按国家现行有关标准的要求进行复验，并应经监理人员（或业主单位认定的技术负责人）见证取样、送样检测。

2 各工序应按制造工艺方案（作业指导书或工艺卡）指定的技术标准进行质量控制，每道工序完成后均应进行检查，并有相应记录。

3 相关各专业工种之间，应进行交接检验。

**3.0.10** 在钢结构制造过程中，某道工序作业有异常或出现质量问题时，责任车间（或班组）在返修纠正的同时，要查明原因，采取相应纠正措施，防止不合格品的发生。对重大质量问题，必须同设计单位、监理单位（或业主单位）协商，制定解决方案和协商文件，并进行处理和重新验收。

**3.0.11** 钢结构加工制作、组装和质量验收，必须采用按同一标准计量检定、校准合格，且在其有效期内的计量器具。

**3.0.12** 钢结构制造质量验收应按现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 及相关标准的要求执行，企业制定的质量技术标准和相应文件不得低于国家现行标准的要求。

**3.0.13** 钢结构制造企业应及时收集、整理并保存钢结构制造的



质量检查记录、材料质量证明书等技术资料，必要时应向有关单位提供原件、复印件或副本。

**3.0.14** 复杂的钢结构构件或部件，应根据设计或合同文件的要求在钢结构制造单位或安装现场进行预拼装。

**3.0.15** 对于设计或合同文件中有特殊要求的钢结构构件或部件，钢结构制造单位还应对其进行工艺性试验。

## 4 材 料

### 4.1 一 般 规 定

**4.1.1** 钢结构制造用材料应符合设计文件和国家现行有关标准的规定，并按设计文件和相关标准采购。

**4.1.2** 钢结构制造用材料必须具有产品的质量合格证明文件、中文标志、检验报告等，其品种、规格、性能等应符合国家现行产品标准和订货合同约定，并满足设计要求。

**4.1.3** 钢结构制造材料替代应取得设计单位的书面批准。

**4.1.4** 钢结构制造主要材料、零（部）件、成品件、标准件等产品应进行进场验收。

**4.1.5** 按相应标准要求需复验的钢结构制造材料，应进行抽样复验，其结果应符合国家现行产品标准的规定并满足设计要求，并在复验合格后使用。

**4.1.6** 采用进口材料时，必须具有产品的质量合格证明文件；如需进行商检的材料，应以供货国标准或订货合同约定进行商检，合格后使用。

**4.1.7** 当采用符合本标准第 4.1.1 条或第 4.1.6 条要求以外的材料时，应征得设计单位的认可，并符合相应技术条件要求；用于焊接结构的主材应有材料的碳当量，并应有冷加工、热加工和焊接工艺性等相关试验合格的资料。

**4.1.8** 钢结构制造用材料应具有可追溯性。在钢结构制造全过程中，宜采用二维码识别等信息化技术对材料的来源、性能、质量、变更进行明确的标识、标记和记录。

### 4.2 钢 材

**4.2.1** 钢板订货时，其材质、技术条件与检验要求等均应符合

设计文件及表 4.2.1 所列现行国家钢材标准的规定。

**表 4.2.1 常见钢材产品及验收标准**

序号	类型	标准号	标准名称
1	常见钢板 产品标准	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/T 3274	碳素结构钢和低合金结构钢热轧钢板和钢带
		GB/T 3077	合金结构钢
		GB/T 4171	耐候结构钢
		GB/T 28415	耐火结构用钢板及钢带
		GB/T 5313	厚度方向性能钢板
		GB/T 19879	建筑结构用钢板
		GB/T 714	桥梁用结构钢
		GB/T 3274	碳素结构钢和低合金钢热轧钢板和钢带
		GB/T 2518	连续热镀锌和锌合金镀层钢板及钢带
		GB/T 12754	彩色涂层钢板及钢带
		GB/T 33974	热轧花纹钢板及钢带
2	相关验收 标准	GB/T 17505	钢及钢产品交货一般技术要求
		GB/T 247	钢板和钢带包装、标志及质量证明书的一般规定
		GB/T 14977	热轧钢板表面质量的一般要求
		GB/T 708	冷轧钢板和钢带的尺寸、外形、重量及允许偏差
		GB/T 709	热轧钢板和钢带的尺寸、外形、重量及允许偏差

**4.2.2 型材订货时，其材质、技术条件与检验要求等均应符合设计文件及表 4.2.2 所列国家现行型材产品标准的规定。**

**表 4.2.2 常见型材产品及验收标准**

序号	类型	标准号	标准名称
1	常见型材 产品标准	GB/T 11263	热轧 H 型钢和剖分 T 型钢
		YB 3301	焊接 H 型钢

续表 4.2.2

序号	类型	标准号	标准名称
1	常见型材 产品标准	GB/T 8162	结构用无缝钢管
		GB/T 706	热轧型钢
		GB/T 6728	结构用冷弯空心型钢
		GB/T 13793	直缝电焊钢管
		GB/T 3094	冷拔异型钢管
		JG/T 137	结构用高频焊接薄壁 H 型钢
		GB/T 12755	建筑用压型钢板
		GB/T 11352	一般工程用铸造碳钢件
		GB/T 7659	焊接结构用铸钢件
		GB/T 18365	斜拉桥用热挤聚乙烯高强钢丝拉索
		GB/T 17101	桥梁缆索用热镀锌或锌铝合金钢丝
		GB/T 20492	锌-5%铝-混合稀土合金镀层钢丝、钢绞线
		JG/T 389	建筑用钢质拉杆构件
		GB/T 20934	钢拉杆
		YB/T 152	高强度低松弛预应力热镀锌钢绞线
		YB/T 5295	密封钢丝绳
		JG/T 330	建筑工程用索
		JB/T 6402	大型低合金铸钢件 技术条件
		CJ/T 297	桥梁缆索用高密度聚乙烯护套料
2	相关验收 标准	GB/T 2101	型钢验收、包装、标志及质量证明书的一般规定
		GB/T 17395	无缝钢管尺寸、外形、重量及允许偏差
		GB/T 21835	焊接钢管尺寸及单位长度重量
		GB/T 6725	冷弯型钢通用技术要求
		GB/T 20118	钢丝绳通用技术条件
		GB/T 702	热轧钢棒尺寸、外形、重量及允许偏差
		GB/T 2102	钢管的验收、包装、标志和质量证明书

#### 4.2.3 钢材的表面质量、尺寸及重量允许偏差应符合下列规定：

1 钢材的表面质量和包装、标志、尺寸、外形、重量及允许偏差，符合表 4.2.1、表 4.2.2 所列国家现行标准的规定。

2 钢材表面不得有裂纹、结疤、折叠、麻纹和气泡。

3 钢材表面有锈蚀、麻点、划伤、压痕等缺陷时，其深度不得大于钢材厚度负允许偏差的 1/2，且不应大于 0.5mm。

4 钢材端边或断口处不得有分层、夹渣等缺陷。

5 钢材表面的锈蚀等级应符合现行国家标准《涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的目视评定 第 1 部分：未涂覆过的钢材表面和全面清除原有涂层后的钢材表面的锈蚀等级和处理等级》GB/T 8923.1 规定的 C 级及 C 级以上等级。

6 铸钢件表面应清理干净，修正飞边、毛刺，去除补贴、粘砂、氧化铁皮、热处理锈斑，清除内腔残余物等，不应有裂纹、未熔合和超过允许标准的气孔、冷隔、缩松、缩孔、夹砂及明显凹坑等缺陷。

7 铸钢件、铸钢节点与其他构件焊接端口的表面粗糙度应符合国家现行有关标准的规定并满足设计要求。对有超声波探伤要求的表面粗糙度应达到探伤工艺的要求。

#### 4.2.4 钢材的复验应符合下列规定：

1 属于下列情况之一的钢材，应进行抽样复验：

- 1) 结构安全等级为一级的重要建筑物的主体结构用钢材；
- 2) 结构安全等级为二级的一般建筑，当其结构跨度大于 60m 或高度大于 100m 时或承受动力荷载需要验算疲劳的主体结构用钢材；
- 3) 板厚不小于 40mm，且设计有 Z 向性能要求的厚板；
- 4) 强度等级大于等于 420MPa 的高强度钢材；
- 5) 进口钢材、使用前无法分辨批号的混批钢材，或质量证明文件不全的钢材；
- 6) 设计文件或合同文件要求复验的钢材。

2 钢材的复验应按批量验收，检验批组成和检验批的大小应按现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205

的有关规定执行。

3 进口材料应按照设计文件和合同规定进行复验。经商检合格的材料可免除复验。

4 钢材的力学性能和化学成分分析、复验、试样取样及试验方法应符合表 4.2.4 所列现行国家标准的规定。

表 4.2.4 钢材的力学性能和化学成分分析试验标准

标准号	标准名称
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 2975	钢及钢产品 力学性能试验取样位置及试样制备
GB/T 228.1	金属材料 拉伸试验 第 1 部分：室温试验方法
GB/T 228.3	金属材料 拉伸试验 第 3 部分：低温试验方法
GB/T 229	金属材料 夏比摆锤冲击试验方法
GB/T 232	金属材料 弯曲试验方法
GB/T 231.1	金属材料 布氏硬度试验 第 1 部分：试验方法
GB/T 244	金属材料 管 弯曲试验方法
GB/T 246	金属材料 管 压扁试验方法

5 钢材复验应进行见证取样、送样检测，应由具有国家认可资质的实验单位进行检测并出具报告。

4.2.5 风电塔架钢结构用钢材应符合下列规定：

1 钢板塔段和基础环用钢板进场后，应进行外观及无损检测；厚度大于 20mm 的钢板，应在外观检测合格后，按照钢板数量的 10% 进行 100% 超声波探伤检验，质量应达到现行国家标准《厚钢板超声检测方法》GB/T 2970 中钢板质量等级 I 级的要求。

2 采用锻造成形的塔架法兰（除基础环下法兰）、门框（锻件）等整体环形锻件，其锻造等级应满足设计和技术协议要求；锻件交货状态宜为正火加回火，并满足现行行业标准《风力发电机组 环形锻件》NB/T 31025 的有关要求；材料进场后应进行

超声波检测 (UT)，必要时进行表面磁粉检测 (MT)，合格后方可使用。

#### **4.2.6 锅炉钢结构材料应符合下列规定：**

**1** 对属于以下情况之一的钢材，锅炉钢结构钢板应进行100%超声波检验，缺陷的质量分级应符合现行行业标准《承压设备无损检测 第3部分：超声检测》NB/T 47013.3 中的规定：

- 1) 当顶板主梁的翼缘和腹板采用低合金高强度结构钢，厚度大于或等于 32mm 时；当采用碳素结构钢，厚度大于或等于 36mm 时；
- 2) 当板厚大于或等于 60mm 时；
- 3) 对于板厚小于 60mm 的钢板，当设计有要求时。

**2** 对属于以下情况之一的材料，锅炉钢结构钢板应按现行行业标准《锅炉用材料入厂验收规则》JB/T 3375 进行复验，复验不合格的材料不得使用：

- 1) 板厚大于或等于 50mm，且有 Z 向性能要求的钢板；
- 2) 顶板主梁（包括两端连接端板或两端连接角钢）和主柱的钢材；
- 3) 对质量有疑义的钢材；
- 4) 当设计有要求时。

**4.2.7** 水利水电钢闸门制造使用的材料，应符合现行国家标准《水利水电工程钢闸门制造、安装及验收规范》GB/T 14173 的要求。

**4.2.8** 压水堆核电厂钢制安全壳制造使用的材料，应符合现行行业标准《压水堆核电厂钢制安全壳设计建造规范》NB/T 20482 的要求。

**4.2.9** 输电线路铁塔制造采用的角钢和钢管，应分别符合现行国家标准《输电线路铁塔制造技术条件》GB/T 2694 和现行行业标准《输变电钢管结构制造技术条件》DL/T 646 的要求。

**4.2.10** 用于钢结构抗震耗能的低屈服强度钢板，应符合现行国家标准《建筑用低屈服强度钢板》GB/T 28905 的规定；当选用

其他钢材时，应进行相关的技术鉴定，并有质量合格证明书和焊接工艺试验数据。

### 4.3 焊接材料

4.3.1 焊接材料应符合表 4.3.1 所列的现行国家相关标准规定和设计要求。

表 4.3.1 焊接材料现行国家相关标准

标准号	标准名称
GB/T 5117	非合金钢及细晶粒钢焊条
GB/T 5118	热强钢焊条
GB/T 5293	埋弧焊用非合金钢及细晶粒钢实心焊丝、药芯焊丝和焊丝-焊剂组合分类要求
GB/T 12470	埋弧焊用热强钢实心焊丝、药芯焊丝和焊丝-焊剂组合分类要求
GB/T 8110	熔化极气体保护电弧焊用非合金钢及细晶粒钢实心焊丝
GB/T 10045	非合金钢及细晶粒钢药芯焊丝
GB/T 17493	热强钢药芯焊丝
GB/T 14957	熔化焊用钢丝
GB/T 3429	焊接用钢盘条
JB/T 6967	电渣焊通用技术条件
GB/T 10432.1	电弧螺柱焊用无头焊钉
GB/T 10433	电弧螺柱焊用圆柱头焊钉
GB/T 36037	埋弧焊和电渣焊用焊剂
GB/T 25775	焊接材料供货技术条件 产品类型、尺寸、公差和标志
GB/T 3965	熔敷金属中扩散氢测定方法
GB/T 2650	焊接接头冲击试验方法
GB/T 2651	焊接接头拉伸试验方法
GB/T 2652	焊缝及熔敷金属拉伸试验方法
GB/T 2653	焊接接头弯曲试验方法
GB/T 2654	焊接接头硬度试验方法
GB/T 226	钢的低倍组织及缺陷酸蚀检验法
GB/T 25778	焊接材料采购指南



**4.3.2** 焊接、切割所使用的气体，应符合表 4.3.2 所列国家现行标准规定。

**表 4.3.2 焊接切割所使用气体国家现行标准**

标准号	标准名称
GB/T 4842	氩
GB/T 6052	工业液体二氧化碳
HG/T 3728	焊接用混合气体 氩-二氧化碳
GB/T 3863	工业氧
GB 16912	深度冷冻法生产氧气及相关气体安全技术规程
GB 6819	溶解乙炔
GB/T 13097	工业用环氧氯丙烷
HG/T 3661.1	工业燃气 切割焊接用丙烷
HG/T 3661.2	工业燃气 切割焊接用丙烷

**4.3.3** 焊接材料外观质量、尺寸、公差和标志应符合现行国家标准《焊接材料供货技术条件产品类型、尺寸、公差和标志》GB/T 25775 的规定。

1 焊条外观不应有药皮脱落、焊芯生锈等缺陷，焊剂不应受潮结块，使用前应按产品要求进行烘焙。

2 焊丝表面应光滑，无毛刺、划痕、锈蚀、氧化皮等缺陷。

**4.3.4** 焊钉及焊接瓷环的规格、尺寸及允许偏差，焊钉的力学性能和焊接性能的复验应符合现行国家标准《电弧螺柱焊用圆柱头焊钉》GB/T 10433 的规定，并满足设计要求。每个批号进行一组复验，且不应少于 5 个拉伸和 5 个弯曲试验。

**4.3.5** 焊接材料的复验应按照下列规定：

1 对属于下列情况之一的钢结构采用的焊接材料应进行见证取样、送样的抽样复验，其结果应符合国家现行标准和设计要求：

- 1) 钢结构制造企业首次使用的焊接材料；
- 2) 建筑结构安全等级为一级的一、二级焊缝；

- 3) 建筑结构安全等级为二级的一级焊缝；
- 4) 需要进行疲劳验算构件的焊缝；
- 5) 混批或质量证明文件不全的焊接材料；
- 6) 有设计文件或合同文件要求复验的焊接材料。

2 焊接材料应按批量验收。同一厂家焊材复验时，焊丝宜按五个炉（批）取一组试验，焊条宜按三个炉（批）取一组试验。化学成分应按炉号抽验，力学性能应按批号抽验。

3 焊接难度等级为 C、D 级的焊缝所使用的焊接材料，实心焊丝应按熔炼号逐批进行化学成分检验，焊条、药芯焊丝和焊剂应按生产批号逐批进行熔敷金属力学性能复验。

4 同一型号焊接材料在更换厂家后，首个批号应进行化学成分和熔敷金属机械性能复验。

5 核电厂钢制安全壳用焊接材料的复验应符合现行行业标准《压水堆核电厂钢制安全壳设计建造规范》NB/T 20482 中的相关要求。

#### 4.4 连接紧固件

4.4.1 钢结构用螺栓连接副，其品种、规格、性能等应符合表

4.4.1 国家现行产品标准规定和设计要求。

表 4.4.1 钢结构用连接紧固件标准

序号	类型	标准号	标准名称
1	钢结构用 连接紧固 件标准	GB/T 5780	六角头螺栓 C 级
		GB/T 5781	六角头螺栓 全螺纹 C 级
		GB/T 5782	六角头螺栓
		GB/T 5783	六角头螺栓 全螺纹
		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 3632	钢结构用扭剪型高强螺栓连接副

续表 4.4.1

序号	类型	标准号	标准名称
1	钢结构用 连接紧固件标准	GB/T 3098.1	紧固件机械性能 螺栓、螺钉和螺柱
		GB/T 32076.1	预载荷高强度栓接结构连接副 第1部分： 通用要求
		GB/T 32076.2	预载荷高强度栓接结构连接副 第2部分： 预载荷适应性
		GB/T 32076.3	预载荷高强度栓接结构连接副 第3部分： HR型 大六角头螺栓和螺母连接副
		GB/T 32076.6	预载荷高强度栓接结构连接副 第6部分： 倒角平垫圈
		GB/T 32076.8	预载荷高强度栓接结构连接副 第8部分： 扭剪型圆头螺栓和螺母连接副
		GB/T 32076.10	预载荷高强度栓接结构连接副 第10部分： 安装技术条件
		NB/T 31082	风电机组塔架用高强度螺栓连接副
		GB/T 16939	钢网架螺栓球节点用高强度螺栓
		GB/T 882	销轴
		T/CSCS 011	螺栓球节点用八角形高强度螺栓和套筒
T/CSCS TC01-01	钢结构用自锁式单向高强度螺栓连接副 技术条件		
2	相关验收 标准	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 90.1	紧固件 验收检查
		GB/T 90.2	紧固件 标志与包装

**4.4.2** 钢结构连接用普通螺钉、铆钉、自攻钉、拉铆钉、射钉、锚栓（机械型和化学试剂型）、地脚螺栓等紧固件及螺母、垫圈等标准配件，其品种、规格、性能等应满足国家现行标准和设计要求。

**4.4.3** 连接紧固件的包装、标志和验收检查应满足下列规定：

1 连接紧固件的包装、标志和验收，应符合本标准表 4.4.1 所列国家现行标准的规定。

2 高强度大六角头螺栓连接副应随箱带有扭矩系数检验报告，扭剪型高强度螺栓连接副应随箱带有紧固轴力（预拉力）检验报告。

3 高强度大六角头螺栓连接副和扭剪型高强度螺栓连接副，应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 的规定，并按以下要求进行扭矩系数和紧固轴力复验：

1) 高强度螺栓的试验样本应在现场交货的实物中随机抽取，每个进场验收检验批应抽取 8 套连接副进行复验；

2) 高强度大六角螺栓连接副、扭剪型高强度螺栓连接副应按批验收。对于同一性能等级、材料、炉号、螺纹规格、长度（当螺栓长度小于或等于 100mm 时，长度相差小于或等于 15mm；当螺栓长度大于 100mm 时，长度相差小于或等于 20mm，可视为同一长度）、机械加工工艺、热处理工艺及表面处理工艺的连接副视为同批；

3) 同批高强度螺栓连接副的最大数量为 3000 套。

4 高强度螺栓连接副应按包装箱配套供货，包装箱上应标明批号、规格、有效期限及生产日期，螺栓、螺母、垫圈外表面应进行保护，不应出现锈蚀和沾染污物，螺纹不应有损伤。

5 对建筑结构安全等级为一级或跨度大于等于 60m 的螺栓球节点钢网架、网壳结构，其连接用高强度螺栓应按现行国家标准《钢网架螺栓球节点用高强度螺栓》GB/T 16939 进行拉力荷载试验。对规格为 M39~M85 的螺栓可用表面硬度试验代替拉力荷载试验；进行表面硬度试验时，8.8 级的高强度螺栓表面硬度应为 HRC21~29，10.9 级的高强度螺栓表面硬度应为 HRC32~36，且不得有裂纹和损伤。

6 锚栓和地脚螺栓除螺纹以外的部分，不得涂油。

7 连接薄钢板采用的自攻钉、拉铆钉、射钉等紧固件，其规格、尺寸应与被连接的钢板相匹配。

8 普通螺栓作为永久性连接螺栓，且设计文件要求或对其质量有疑义时，应进行螺栓实物最小拉力荷载复验，复验数量每一规格螺栓应抽查 8 个。

**4.4.4** 风电塔架钢结构用连接紧固件的检验应满足下列规定：

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等紧固件，使用前应进行外观检查，并采用磁粉探伤对紧固件表面质量进行抽查，同一规格批号抽查比例为 5%，且不应小于 5 套。表面质量应符合国家现行标准和以下要求：

- 1) 不合格率小于 2% 时，该验收批合格；
- 2) 不合格率大于 5% 时，应全数检查；
- 3) 不合格率为 2%~5% 时，应加倍抽查；在所有抽查试件中，如不合格率不大于 3%，则该批合格，否则，应全数检查剩余螺栓。

2 螺栓公称直径 M20 以上的高强度螺栓连接副应按批次进行扭矩系数和紧固轴力复验，试验螺栓应从待拼装的螺栓批中随机抽取，每批应抽取 8 套进行复验。组批规则应符合国家现行标准，且单批数量不应大于 1000 套。

**4.4.5** 输电线路铁塔钢结构用连接紧固件的检验应满足下列规定：

1 铁塔中的紧固件为 8.8 级及以上的高强度螺栓应有强度和塑性试验的合格证明。

2 采用热浸镀锌防腐的紧固件，其技术要求应符合现行国家标准《金属覆盖层 钢铁制件热浸镀锌层 技术要求及试验方法》GB/T 13912 中的规定。

## **4.5 网架材料、压型金属板和其他材料**

**4.5.1** 焊接球、螺栓球、封板、锥头和套筒等网架材料，其品种、规格、性能等应符合国家现行标准和设计要求。

1 焊接球应符合现行行业标准《钢网架焊接空心球节点》JG/T 11 的规定；其直径、圆度、壁厚减薄量等尺寸允许偏差应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 的规定；其表面应无明显波纹，局部凹凸不平不大于 1.5mm。

2 螺栓球应符合现行行业标准《钢网架螺栓球节点》JG/T 10 的规定；不得有过烧、裂纹、褶皱，螺纹尺寸应符合现行国家标准《普通螺纹 基本尺寸》GB/T 196 中粗牙螺纹的规定；螺纹公差必须符合现行国家标准《普通螺纹 公差》GB/T 197 中 6H 级精度的规定；螺栓球直径、圆度、相邻两螺栓孔中心线夹角等尺寸允许偏差应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 的规定。

3 封板、锥头和套筒及制造封板、锥头和套筒所采用的原材料，其品种、规格、性能等应符合国家现行标准和设计要求；封板、锥头和套筒外观不得有裂纹，过烧及氧化皮。

#### 4.5.2 压型金属板用材料应符合下列规定：

1 压型金属板、泛水板、包角板和零配件的原材料、品种、规格以及防水密封材料的性能等应符合国家现行标准《压型金属板工程应用技术规范》GB 50896、《建筑金属围护系统工程技术标准》JGJ/T 473 和设计要求；

2 压型金属板的规格尺寸及允许偏差、表面质量、涂层质量等应符合设计要求和现行国家标准《建筑用压型钢板》GB/T 12755、《铝及铝合金压型板》GB/T 6891 和《建筑用不锈钢压型板》GB/T 36145 的规定；

3 用于外墙面的同一色号的涂层压型金属板应使用同一批号。

#### 4.5.3 拉索、拉杆、锚具应符合下列规定：

1 拉索、拉杆、锚具应按现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 标准的规定进行抽样复验，其结果应符合国家现行标准的规定和设计要求。

2 拉索、拉杆、锚具及其连接件尺寸允许偏差等应符合其

产品标准和设计要求。

3 拉索、拉杆及其护套的表面不应有裂纹，以及目视可见的折叠、分层、结疤和锈蚀等缺陷。

4.5.4 钢结构用橡胶垫的品种、规格、性能等应符合国家现行标准和设计要求。

## 4.6 涂 装 材 料

4.6.1 钢结构用防腐涂装材料应符合下列规定：

1 钢结构的防腐涂料、稀释剂和固化剂的品种、规格、性能等应符合现行国家标准《涂料产品分类和命名》GB/T 2705 及设计要求。

2 包装应符合现行国家标准《涂料产品包装标志》GB/T 9750 的要求。

3 当设计对防腐涂料有特殊要求时应进行复验，按每种防腐涂料的同一生产批号进行抽样复验，其结果应符合相应产品的技术条件。

4.6.2 热喷涂和热浸镀锌材料应符合下列规定：

1 用于热喷涂的线材应符合现行国家标准《热喷涂 火焰和电弧喷涂用线材、棒材和芯材分类和供货技术条件》GB/T 12608 的规定。当选用锌材时，锌 Zn 含量不应低于 99.99%；当选用铝材时，铝 Al 含量不应低于 99.98%；当选用锌合金或铝合金时，其元素质量分数应符合现行国家标准和设计要求。

2 用于钢结构热浸镀锌的锌锭应符合现行国家标准《锌锭》GB/T 470 的规定，其锌 Zn 含量不应低于 99.99%。

## 4.7 材料管理和储存

4.7.1 材料采购时，钢结构制造企业应检查材料供应单位的营业执照、质保体系等相关证书和资料。

4.7.2 材料采购应根据制作工艺、生产计划和库存量，编写材料采购清单。

**4.7.3** 采购部门应明确各种主辅材料的质量标准、规格、型号和特殊要求等项目，依据采购清单签订合同，明确供货时间、品名、质量要求。

**4.7.4** 材料入库前，应办理入库检验手续，核对材料的牌号、规格、批号、《质量证明文件》或《质量检验证明文件》，检查表面质量、包装等，未经检验的材料不得入库。

**4.7.5** 材料的储存应按材料的品种、牌号、规格、批号分类，整齐堆放、做好标识。

**4.7.6** 材料的入库和发放应有记录，发料、领料时应核对材料的品种、规格、牌号和数量。

**4.7.7** 剩余材料应回收管理，材料回收入库时必须核对材料的品种、规格、牌号和数量，分类保管。

**4.7.8** 钢材宜成垛堆放，妥善储存，底层宜放置垫木、垫块，并应有标签或颜色标识。

**4.7.9** 焊接材料的管理应符合本标准第 8.5 节的规定。

**4.7.10** 连接紧固件的管理应符合下列规定：

1 连接紧固件应按规格、批号分类储存在室内，且应具备防潮、防锈条件。

2 高强度螺栓连接副存放超过 6 个月时，在不破坏出厂状态情况下，需重新进行扭矩系数和紧固轴力的检测，检测合格后使用。

3 不得使用锈蚀、碰伤、混批和复验不合格的连接紧固件。

**4.7.11** 防腐涂料应在有效期内使用，开启后，不应存在结皮、结块等现象，储存应符合国家危险品存储和消防的要求。

**4.7.12** 材料发放时应仔细核对材料牌号、规格、型号、数量及使用工程项目，并登记材料发放台账；发放的材料应在有效期内，做到先入库先出，后入库后出；未经检验合格的材料不得发放。



## 5 深化设计

### 5.1 一般规定

**5.1.1** 钢结构制造前，应进行深化设计，形成可直接用于钢结构制造的技术文件，包括钢结构施工详图、加工详图及各类清单等。

**5.1.2** 深化设计开始前应做好深化设计交付策划，明确深化设计文件交付批次及每批次的内容，每个交付批次宜包括一个或多个材料采购批、加工制作检验批或现场安装检验批。

**5.1.3** 钢结构深化设计依据应包括下列内容：

1 设计图、设计技术要求、设计变更等设计文件和工程合同文件。

2 相关专业配合的技术文件，应包括（但不限于）下列内容：

- 1) 构件分段划分、起重设备、安装临时措施、吊装等方案；
- 2) 制作工艺技术要求；
- 3) 混凝土工程钢筋开孔、钢筋套筒、钢筋搭接板等技术要求，混凝土浇筑孔、流淌孔等技术要求；
- 4) 机电设备的预留孔洞技术要求；
- 5) 幕墙及擦窗机的连接技术要求；
- 6) 其他专业的相关技术要求。

**5.1.4** 钢结构深化设计选用的设计指标应符合设计文件和现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 的有关规定。

**5.1.5** 钢结构工程深化设计流程应包括输入文件收集、输入文件评审、设计问题协调、钢结构深化设计文件、设计单位确认、钢结构施工详图设计文件、图纸发放及交底等环节。

**5.1.6 钢结构深化设计文件应包括下列内容：**

- 1 深化设计技术说明编制；
- 2 深化设计布置图编制；
- 3 节点深化设计及相关计算文件生成；
- 4 焊缝连接深化设计；
- 5 墙屋面压型金属板系统深化设计；
- 6 涂装系统深化设计；
- 7 深化设计统计清单；
- 8 深化设计模型建立。

**5.1.7 钢结构施工详图设计文件应包括下列内容：**

- 1 施工详图设计技术说明；
- 2 构件加工详图绘制；
- 3 零部件详图绘制；
- 4 制造厂预拼装图绘制；
- 5 安装详图绘制；
- 6 施工详图设计统计清单；
- 7 施工详图设计模型建立。

**5.1.8 深化设计应采用建筑信息模型（BIM）技术，其应用软件宜具有下列功能：**

- 1 与建筑信息模型（BIM）平台进行数据交换；
- 2 模型数据碰撞检查；
- 3 二维图纸自动生成；
- 4 工程量统计。

**5.1.9 深化设计模型应按构件的结构属性进行信息编码。**

**5.1.10 深化设计图纸表达应符合下列规定：**

1 型钢、螺栓、螺栓孔及电焊铆钉等的标注方法，均应符合现行国家标准《建筑结构制图标准》GB/T 50105 的有关规定，并满足设计施工图要求。

2 焊缝的表示方法，应符合现行国家标准《建筑结构制图标准》GB/T 50105 和《焊缝符号表示法》GB/T 324 的有关规

定。在图样上标注焊缝时，可仅标注基本符号和指引线，其他内容可在焊接工艺文件中明确给出。

**3** 当采用正投影法绘制时，宜采用第一角投影法。当采用其他投影法绘图时，应在图纸中表明投影关系。

**5.1.11** 深化设计文件归档应符合现行国家标准《建设工程文件归档整理规范》GB/T 50328 的规定。

## **5.2 深化设计几何模型**

**5.2.1** 钢结构深化设计模型应按设计文件进行几何定位，当设计文件有结构变形预调要求或结构变形对建筑效果、功能或安全产生影响时，宜在深化设计时对几何模型进行调整。

**5.2.2** 空间结构的深化设计模型可根据设计文件放样建立，或根据设计单位交付的三维几何模型及计算模型生成。多、高层钢结构的深化设计模型应按设计文件放样建立。

**5.2.3** 当结构几何模型需要对结构预变形值进行调整时，预变形值计算应符合现行国家标准《钢结构工程施工规范》GB 50755 的有关规定。

**5.2.4** 结构几何模型应根据结构预变形值进行专项工艺设计，并确定深化设计模型采用原结构几何模型或预调后的几何模型。当几何模型调整可通过制作工艺或安装工艺实现时，深化设计模型宜采用原结构几何模型。

**5.2.5** 超高层钢结构深化设计宜考虑正常使用状态下竖向结构的轴向压缩变形，并依据设计文件要求按照单个或多个楼层予以补偿。

**5.2.6** 构件几何模型建立宜符合下列规定：

**1** 单根钢构件宜按设计图定位建模，起拱值在构件加工详图中标注；

**2** 复杂组合构件按工艺要求可采用设计图定位建模或起拱后的定位建模；

**3** 构件起拱值应视实际需要而定，可取恒载标准值加  $1/2$

活载标准值所产生的挠度值；

4 当仅为改善外观条件时，构件挠度应取在恒荷载和活荷载标准值作用下的挠度计算值减去拱度。

**5.2.7** 桥梁钢结构深化设计应采用桥面宽度和跨度双向起拱或单向起拱。

**5.2.8** 深化设计时，钢构件分段划分应满足制作、运输和安装方面的技术要求，并应符合下列规定：

1 分段分节位置宜选在杆件内力较小处。

2 分段划分的构件应在运输过程中不设或少设临时支撑。

3 构件抛丸除锈或镀锌时，分段尺寸不应超过抛丸设备或镀锌池所允许的构件尺寸范围。

4 应减少现场焊接工作量或有利于焊接机器人施焊。

5 构件的单体重量应满足车间及现场起重能力、运输限重的要求。

6 构件的长度和宽度应符合运输车辆的要求。构件的高度应符合安全运输的要求，装车后构件离地总高度不能超过沿途桥涵、高架和高压线等限制高度。

7 节点深化设计时，焊接连接应满足现场施焊的操作空间要求；螺栓连接应满足高强度螺栓的施工操作空间要求。

**5.2.9** 当超大型构件无法满足运输条件时，宜将该构件分解为若干个子构件，并应符合下列规定：

1 分解后的子构件利于组装流水线作业；

2 在焊接拘束度较小的情况下，对分解后的子构件进行施焊；

3 对分解后的子构件的焊接变形予以矫正；

4 减少构件整体的焊接残余应力；

5 分解后各子构件间的接缝位置，应满足构件运输刚度、现场安装、安装精度和施工环境等要求。

**5.2.10** 钢柱分段划分应符合下列规定：

1 钢柱分段长度宜取 2 个~3 个楼层高度，分节位置宜在

梁顶标高以上 1.0m~1.3m 处；

2 巨型钢柱横向分段可划分为每层一节或多节；若需纵向分段时，应满足现场施焊空间、焊接变形、运输尺寸等要求。

**5.2.11** 钢梁和钢支撑宜划分为一个吊装单元。

**5.2.12** 钢板墙分段划分宜符合下列规定：

1 钢板墙划分成矩形、L形、T形等吊装单元；

2 与钢暗柱、钢暗梁连成一体；

3 现场对接焊缝采用横向对接焊缝。

**5.2.13** 空间结构吊装单元的划分，应根据结构特点、运输方式、起重设备性能及安装场地条件等确定。

### 5.3 连接和节点深化设计

**5.3.1** 连接和节点深化设计前，应了解设计意图，理解结构体系及连接节点受力特性；熟悉连接和节点的制作和安装工艺，明确其他专业的相关技术要求。

**5.3.2** 连接和节点深化设计应便于制作、运输、安装、防腐和防火涂装、维护，防止积水和积尘。

**5.3.3** 焊接连接深化设计应编制焊缝连接通用图，明确焊缝等级、焊缝形式、焊接工艺要求等。

**5.3.4** 焊接连接深化设计时，应避免焊缝立体交叉或集中，焊缝的布置宜对称于构件形心轴。

**5.3.5** 焊接连接坡口应根据设计文件要求和现行国家标准《钢结构焊接规范》GB 50661 的规定进行深化设计；或根据焊接工艺评定结果，设计焊接坡口形式。

**5.3.6** 焊接连接深化设计时，应明确焊接衬垫板、引弧板、引出板等的规格、尺寸。

**5.3.7** 当在钢构件表面采用栓钉焊接时，应考虑栓钉位置和操作空间；当无法采用栓钉焊机进行焊接时，可采用工厂或现场手工焊接，并应在深化设计文件中注明角焊缝的尺寸。

**5.3.8** 采用高强度螺栓连接时，钢结构深化设计应明确每个高

强度螺栓连接副的性能等级、规格、连接类型，以及摩擦面抗滑移系数值等要求。

**5.3.9** 高强度螺栓连接的承载力计算应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 和现行行业标准《钢结构高强度螺栓连接技术规程》JGJ 82 的有关规定。

**5.3.10** 连接和节点深化设计应符合设计施工图的节点形式和受力要求，包括（但不限于）以下内容：

1 完善和完成设计施工图中所有钢结构节点的深化设计。

2 应采用设计施工图提供的节点形式。当采用其他节点形式时，应按设计单位提供的内力进行验算，并以书面形式提交设计单位确认。

3 节点大样图应包括板件材料的强度等级、板件厚度和连接方式等。

**5.3.11** 现场构件拼接接头形式应保证被拼接构件的连续性。现场拼接应考虑结构的受力状态及现场施工条件，确定拼接接头区域。当节点需要分块制作时，应编制分块加工工艺方案。

**5.3.12** 节点深化设计应考虑工地安装的方法和顺序。对延迟安装的构件，应明确最后固定连接的时间和要求。对合拢的构件，需明确合拢的条件。

**5.3.13** 铸钢节点应考虑浇铸工艺对节点的几何尺寸要求，并符合现行行业标准《铸钢结构技术规程》JGJ/T 395 的有关规定。

**5.3.14** 支座节点为定型产品时，节点深化设计应符合产品说明书和检测技术报告的要求。

**5.3.15** 现场临时连接节点应进行承载力验算，并完成所有节点大样图、计算书等。节点零部件受压时，应进行承载力和稳定性验算。

## 5.4 深化设计文件编制

**5.4.1** 钢结构深化设计文件应包括目录、深化设计技术说明、深化设计布置图、深化设计分段图、节点深化设计图及计算文

件、焊接连接通用图、深化设计模型、墙屋面压型金属板系统深化设计文件、涂装系统深化设计文件、深化设计统计清单等。

**5.4.2** 目录应包含标题及分列内容。标题应明确工程名称及分部分项等内容。分列内容应包含序号、图号、图纸内容、图幅、张数、发图日期、版本号及版本更新信息等。

**5.4.3** 深化设计技术说明应包含工程概况、深化设计依据、材料要求、焊接要求、涂装要求、结构和构件几何模型定位要求、制作和安装工艺要求等内容。

**5.4.4** 深化设计布置图应包括地脚锚栓布置图、柱脚布置图、各层平面布置图、立面图、剖面图、连接节点的索引编号等。

**5.4.5** 深化设计分段图应给出各类型构件的现场分段信息，包含划分位置、连接关系、临时连接措施、吊装措施等，并配以分段的构件限重、尺寸限制等信息。复杂构件分段应进行三维实体放样，用三维视图表达。

**5.4.6** 节点深化设计图应给出各类连接节点的节点板规格、螺栓布置、焊缝、工艺构造等信息。常规节点应进行平面放样，并使用平面视图表达；复杂节点宜进行三维实体放样，用三维视图表达。当需要计算节点承载力时，应提供计算书。

**5.4.7** 焊接连接通用图应给出各类焊缝的等级、焊接形式、焊接部位、焊缝尺寸等信息，并明确工厂焊缝或现场焊缝。

**5.4.8** 墙屋面压型金属板系统深化设计应包括系统构造、计算书、排板设计、板型连接、细部节点构造等内容。

**5.4.9** 涂装系统深化设计应采用图例对防腐、防火、表面处理及特殊喷涂等进行范围区分和描述。

**5.4.10** 深化设计统计清单宜包含初步的材料清单、螺栓（栓钉）清单等。

## **5.5 施工详图设计文件编制**

**5.5.1** 施工详图应依据钢结构深化设计文件和施工工艺技术文件进行编制。编制前，应进行结构深化设计文件和施工工艺技术

文件交底。

**5.5.2** 施工详图设计文件应包括目录、施工详图设计技术说明、构件加工详图、零部件详图、预拼装图、安装详图、施工详图设计统计清单、施工详图设计模型等。

**5.5.3** 除钢结构深化设计文件中的技术说明外，施工详图设计说明还应包括下列内容：

- 1 建模和绘图采用的软件说明及版本号；
- 2 构件和零部件编号方法；
- 3 图纸绘制的视图方向原则；
- 4 图例和符号说明；
- 5 其他需说明的技术要求。

**5.5.4** 施工详图设计说明应与第一批图纸同时发放。

**5.5.5** 构件加工详图绘制应符合下列规定：

1 构件加工详图中，可见的构件轮廓线或剖到的可见轮廓线应采用中实线绘制，不可见的构件轮廓线或剖到的不可见轮廓线采用中虚线绘制。

2 在每个构件的主视图下方应使用粗线标注其编号。

3 构件加工详图图纸内容及深度应包括以下内容：

- 1) 构件的定位尺寸及几何尺寸；
- 2) 标注所有组成构件的零件间的相互定位尺寸及连接关系；
- 3) 标注所有零件上的孔洞位置及其相互关系尺寸；
- 4) 标注零件的切口、切槽、裁剪的大样尺寸；
- 5) 构件上的零件编号及材料表。

4 构件加工详图的尺寸由尺寸线、尺寸界线、尺寸起止点组成；构件的尺寸线宜为三道，由内向外依次为：加工尺寸线、装配尺寸线、安装尺寸线。

5 构件视图宜遵循以下原则：

- 1) 构件的主视图应与构件平面布置图中的主视图方向一致；当为垂直正交轴网时，由下向上，由右向左，如



图 5.5.5-1 所示；当为环向轴网时，由外向内，顺时针方向，如图 5.5.5-2 所示；

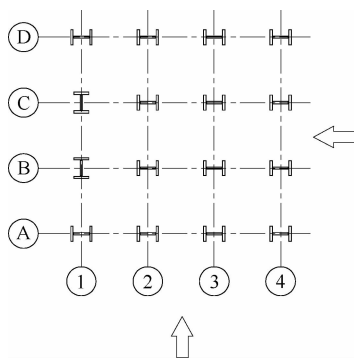


图 5.5.5-1 垂直正交轴网制图主视图方向

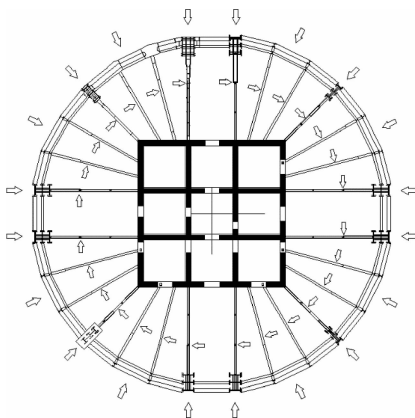


图 5.5.5-2 环向轴网制图主视图方向

- 2) 构件的左视图位于主视图左侧，右视图位于主视图右侧，如图 5.5.5-3 所示；
- 3) 构件的俯视图位于主视图上侧，仰视图位于主视图下侧，且不能进行视图旋转，如图 5.5.5-4 所示。
- 6 构件图形宜选用 1 : 10、1 : 15、1 : 20、1 : 50 等比例绘

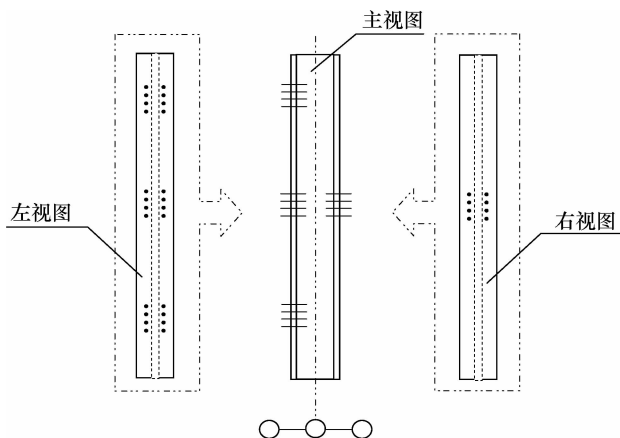


图 5.5.5-3 柱构件视图示意

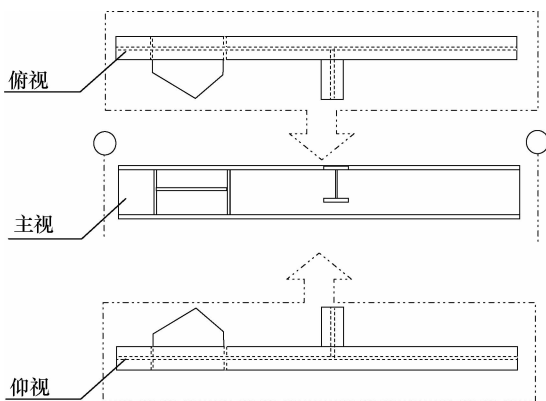


图 5.5.5-4 梁构件视图示意

制，当构件较长、较高时，其长度、高度和截面尺寸可采用不同的比例绘制。

7 构件中所有零件均应编制零件号，相反零件可用相同编号，并应在材料表中的正反栏内注明。材料表中应注明零件号、规格、数量、重量及制作要求。

8 对夹角、斜尺寸应注明其斜度。

9 当构件由多段弧形构成时，应分别注明每一段弧形尺寸相对应的曲率半径。

10 构件间由节点板相连时，应注明节点板与构件的位置尺寸及相连的构件号、螺栓孔中心与几何中心线交点的距离，以及节点板连接孔中心线上的斜度。

**5.5.6 锚栓及预埋件加工详图绘制应符合下列规定：**

1 锚栓加工详图以单根构件的锚栓群为单位进行绘制，并对不同类型分别进行编号；

2 加工详图包含锚栓间采用的固定支架或定位模板；

3 锚栓加工详图应明确锚栓的规格、材质、螺纹长度、锚固长度、总长度、端部的锚固类型以及与螺纹连接处的双螺母规格；

4 预埋件加工详图应明确锚板的厚度、尺寸、材质；明确锚筋的规格、材质、数量、锚固长度、端部锚固类型以及与锚板的连接焊缝形式。

**5.5.7 桥梁钢结构加工详图应符合下列规定：**

1 节段组装详图应按节段划分编号顺序绘制，主视图宜为顶板平面图和底板平面图，装配尺寸线应注明顶板单元、底板单元、横隔板单元、腹板单元及块体的装配定位尺寸和角度；

2 块体详图应明确单个块体的加工信息，主视图采用俯视图，装配尺寸线注明挑臂单元在顶板单元上的装配定位尺寸和角度；

3 板单元详图应明确单个板单元的加工信息，宜采用 1:30、1:50 比例绘制，装配尺寸线注明加劲板在主零件上的装配定位尺寸和角度。

**5.5.8 对复杂、异型构件的加工详图，若无法采用平面尺寸进行标注时，可在构件上建立局部坐标系，用三维坐标来表示构件所含零件之间的空间位置关系。**

**5.5.9 零部件详图应包括下列内容：**

- 1 零部件编号和规格；
  - 2 尺寸标注，包括特征点的定位尺寸、总尺寸；
  - 3 螺栓孔尺寸、工艺孔等细部标注；
  - 4 部件所含零件之间的定位组装尺寸；
  - 5 部件所含零件的材料表。
- 5.5.10** 零部件详图宜单独编制一个文件，文件名宜采用零部件编号。若零部件详图需在构件详图中绘制时，可采用不同的比例绘制，且在图面上注明其比例，并按零部件编号从小到大顺序布置。
- 5.5.11** 折弯零件板件、弯扭零件板件等复杂零件详图，应绘制零件展开图、弯扭成型图、组拼定位图等。
- 5.5.12** 若设计文件或合同文件中有预拼装要求，则应绘制预拼装图。下列结构宜绘制预拼装图：
- 1 分段制造的巨型钢柱、钢板墙、桁架、支撑等钢构件；
  - 2 大跨度空间结构；
  - 3 其他需要预拼装的结构。
- 5.5.13** 预拼装图应按实际预拼装的姿态进行绘制，控制点坐标应按拼装姿态进行标注，并包括以下内容：
- 1 预拼装工艺方案的技术要求；
  - 2 预拼装方案中的所有构件；
  - 3 注明预拼装要求的尺寸验收标准。
- 5.5.14** 安装详图应包括构件布置图、现场连接节点图等。
- 5.5.15** 构件布置图的绘制应符合下列规定：
- 1 绘制结构的平面、立面布置图时，构件以粗单线或简单外形图表示，并在其旁注明编号；对编号相同的相邻构件，可用同一指引线注明编号；
  - 2 构件编号宜标注在表示构件的主要平、剖面上，在同一张图上同一构件编号不宜在不同图形中重复标注；
  - 3 构件布置图中应有轴线号、主要的轴线定位尺寸、标高，并明确整个结构与轴网的关系；对槽钢、C型钢、角钢等有朝向的构件，应标明肢背方向；

4 构件布置图中应注明构件与构件、构件与节点之间的连接关系，以及构件的安装方向和定位要求；

5 构件立面布置图中应注明构件在整个结构的标高位置；多、高层结构的布置图宜有层高表；

6 布置图和剖面图可采用对应关系、对称关系、转折剖面以及索引等来简化图形绘制。

**5.5.16** 桥位总拼装详图应符合下列规定：

1 包括平面图、立面图、剖面图、桥位坡口开设大样等；

2 在同一工程中，桥位总拼装详图绘制比例应一致；

3 标注出整体布置图的节段长度、总长、总宽等尺寸信息；

4 标注出每个节段的节段号，并注明合拢段。

**5.5.17** 图纸编号应能清楚表明图纸类型和所在区域，以方便图纸检索和管理。当一根构件分别绘制于两张或两张以上图纸小时，可采用以下两种方式进行图纸编号：

1 视作同一张图纸进行编号，但应在图纸编号后加后缀以示区分；

2 图纸分别编号，但编号应按顺序连号，且在图纸名称栏中给予明确说明。

**5.5.18** 施工详图设计统计清单应包含材料清单、构件清单、零件清单、螺栓（栓钉）清单等。

**5.5.19** 材料清单应包括材料截面规格、长度、材质、数量、重量等信息。

**5.5.20** 构件清单应包括构件编号、截面规格、数量、重量、长度等信息。

**5.5.21** 零件清单应包括零件编号、截面规格、材质、数量、重量、长度等信息。

**5.5.22** 螺栓（栓钉）清单应包括螺栓（栓钉）类型、等级、直径、数量、长度等信息。

**5.5.23** 施工详图设计模型应包括所有结构构件、部件、连接节点、细部构造、工艺措施及与其他专业协调的内容等。

## 6 加工制作

### 6.1 一般规定

- 6.1.1** 钢结构加工制作前，加工人员应熟悉工艺流程、加工详图和加工工艺，深化设计人员应向加工人员进行技术交底。
- 6.1.2** 钢结构加工制作质量应符合设计文件和国家现行相关标准的规定。
- 6.1.3** 钢结构加工制作单位应按要求对钢结构加工制作文件进行存档。
- 6.1.4** 钢结构加工制作单位宜采用数字化技术提高生产效率和产品质量。

### 6.2 钢材管理

- 6.2.1** 钢材表面应有清晰的材料牌号、规格、批号等标记。
- 6.2.2** 钢材表面存在锈蚀、麻点、划伤、压痕等超标缺陷时，可采取打磨或焊接等方法来修整消除。钢材的修整应满足现行国家标准《热轧钢板表面质量的一般要求》GB/T 14977 的规定。
- 6.2.3** 对有套料要求的零件所使用的钢材外形尺寸，应满足套料图的要求。
- 6.2.4** 余料管理应符合下列规定：
- 1 应根据钢材牌号、规格进行分类管理；
  - 2 对号料、切割过程中的余料，应将原钢材的牌号移植到余料表面上；当单块钢板余料面积不小于  $2\text{m}^2$  时，还应将原钢材批号移植到余料表面上；
  - 3 严禁使用牌号不清的钢材余料；
  - 4 牌号标示清楚、批号不清的钢材余料不得用于钢结构的主要受力构件。

## 6.3 放样和号料

6.3.1 放样和号料应符合钢结构施工详图和工艺文件的要求，并按工艺要求预放余量。

6.3.2 放样和样板（样杆）的允许偏差应符合表 6.3.2 的规定。

表 6.3.2 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	±0.5mm
样板长度	±0.5mm
样板宽度	±0.5mm
样板对角线差	±1.0mm
样杆长度	±1.0mm
样板角度	±20′

6.3.3 样板号料时，号料与样板的允许偏差应符合表 6.3.3 的规定。

表 6.3.3 号料与样板的允许偏差

项目	允许偏差
外形尺寸	±1.0mm
孔距	±0.5mm
基准线	±0.5mm
对角线	±1.0mm
角度	±10′

6.3.4 钢材的预处理应在号料前进行，并应符合下列规定：

1 当钢板表面不平度超过本标准的规定，且影响零件切割质量时，应对钢板进行整平处理；

2 对设计或国家现行标准有规定的钢材，应进行喷砂、喷涂防护底漆预处理；

3 应将原钢材表面的材料牌号、规格、批号等标记移植到

经过预处理的钢材表面；

4 预处理的防护底漆在构件完工后应进行喷砂，去除防护底漆后方可喷涂防腐底漆。

**6.3.5** 风电塔架结构的放样和号料应符合下列规定：

1 排版时每个筒节不应超过一条纵缝，相邻筒节的纵缝应错开  $180^\circ$ ；

2 排版时应排出母材复验试板和产品纵缝焊接试板，并在试板上用钢印标记出材质、板厚、炉批号和母体钢板制作的构件号等。

## 6.4 切割与坡口

**6.4.1** 零件切割可采用机械切割、氧-燃气火焰切割、等离子切割、激光切割等方法。

**6.4.2** 切割应符合下列规定：

1 切割前钢材切割区域表面应清理干净；

2 钢管及其相贯线端部和厚度不大于 12mm 的零件宜采用等离子切割；

3 应根据设备类型、钢材厚度、切割气体等因素选择切割工艺参数；

4 钢材切割面应无裂纹、夹渣、分层等缺陷和大于 1.0mm 的缺棱；

5 切割后，对飞边、毛刺等应进行清理；

6 桥梁用 H 型钢、钢管、角钢及槽钢等型材宜采用机械切割。

**6.4.3** 机械切割应符合下列规定：

1 应根据零件的外形尺寸、壁厚，选择锯条（锯盘）和锯切速度；

2 当零件板厚不大于 12mm 时，采用剪切加工，剪切面应平整；碳素结构钢在环境温度低于  $-16^\circ\text{C}$ 、低合金高强度结构钢在环境温度低于  $-12^\circ\text{C}$  时，不得进行剪切、冲孔；



3 剪切时,应根据零件的板厚和强度等级选择上、下剪刀板的间隙;

4 桥梁钢结构的零件不宜采用剪切加工;

5 机械切割允许偏差应符合表 6.4.3 的规定。

表 6.4.3 机械切割允许偏差

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

6.4.4 火焰切割应符合下列规定:

1 应根据零件的板厚和材质,选择割咀型号、气体压力、切割速度等工艺参数;

2 当零件板厚较大且材料强度等级较高时,应进行火焰切割工艺评定试验来确定切割工艺参数;

3 切割宜从钢板边缘开始;当从钢板中间部位开始切割时,打孔部位与零件边缘应留有加工余量;

4 当采用数控自动切割机切割时,应及时清除钢板边缘的余料;

5 长宽比较大的厚板切割后,宜采取工艺措施消除热切割应力。

6.4.5 热切割允许偏差应符合下列规定:

1 钢材热切割质量应符合表 6.4.5-1 的规定。

表 6.4.5-1 钢材热切割质量允许偏差

项目	允许偏差 (mm)
零件长度、宽度	±3.0
切割面平面 (垂直面)	0.05t, 且不大于 2.0
割纹深度	0.3
局部缺口深度	1.0

注:  $t$  为切割面厚度。

2 钢管相贯线切割允许偏差应符合表 6.4.5-2 的规定。

表 6.4.5-2 钢管相贯线切割允许偏差

项目	允许偏差 (mm)
长度	±1.5
端面对管轴线垂直度	0.002D 但不大于 3.0
管口曲线	<1.5, 局部 ≤3.0
切割面	光顺过渡, 无凹凸缘

注:  $D$  为钢管外径, 局部指钢管周围长度的 1/3 范围内。

3 风电塔架零件切割允许偏差应符合表 6.4.5-3 的规定。

表 6.4.5-3 风电塔架零件切割允许偏差

项目	允许偏差
零件宽度、长度	宽度 ±1.0mm; 长度 ±2.0mm
筒节对角线	3.0mm
切割面平面度	0.05 $t$ , 且 ≤2.0mm
割纹深度	0.3mm
局部缺口深度	1.0mm
坡口角度	±2°

注:  $t$  为切割面厚度。

4 桥梁钢结构零件宜采用数控、自动或半自动切割。当钢材强度等级小于 420MPa 时, 切割面的硬度 HV10 不应大于 350, 当钢材强度等级不小于 420MPa 时, 切割面的硬度 HV10 不应大于 380; 切割允许偏差应符合表 6.4.5-4 的规定。

表 6.4.5-4 桥梁钢结构零件切割允许偏差

项目	主要零件允许偏差	次要零件允许偏差
表面粗糙度	25 $\mu$ m	50 $\mu$ m
崩坑	不允许	1000mm 长度内允许有 1.0mm 崩坑且不应超过 1 处
塌角	圆角半径 ≤1.0mm	
切割面垂直度	≤0.05 $t$ , 且不应大于 2.0mm	

注:  $t$  为切割面厚度。

#### 6.4.6 边缘加工应符合下列规定：

1 边缘加工可采用气割和机械加工方法，零件边缘加工削量不应小于 2.0mm，桥梁钢结构零件当硬度大于 HV10 时边缘加工量不应小于 3.0mm；

2 对零件外形尺寸有较高要求或对其边缘有特殊要求时，可采用机械刨边或铣边加工；

3 经机械加工的边缘表面光洁度应符合设计和工艺文件要求；

4 机械加工允许偏差应符合表 6.4.6-1 的规定。

表 6.4.6-1 机械加工允许偏差

项目	允许偏差
零件宽度、长度	$\pm 1.0\text{mm}$
加工边直线度	$L/3000$ ，且不应大于 2.0mm
相邻两边夹角	$\pm 6'$
加工面垂直度	$0.025t$ ，且不应大于 0.5mm
加工面表面粗糙度	$R_a \leq 50\mu\text{m}$

注：L 为零件长度，t 为加工面厚度。

5 桥梁钢结构零件的机械加工允许偏差应符合表 6.4.6-2 的规定。

表 6.4.6-2 桥梁钢结构零件机械加工的允许偏差

项目		允许偏差
加工面表面粗糙度 $R_a$	顶紧传力面	$R_a \leq 12.5\mu\text{m}$
	非顶紧传力面	$R_a \leq 25\mu\text{m}$
顶紧加工面与板面垂直度		$0.01t$ ，且不应大于 0.3mm

注：t 为加工面厚度。

6.4.7 坡口可采用火焰切割或机械刨边等方法进行加工，应符合下列规定：

1 当坡口角度大于  $50^\circ$  且采用火焰切割加工时，宜采用反向切割法；坡口角度大于  $65^\circ$  时，宜采用机械刨边的方法；

2 采用火焰切割加工坡口时，坡口底部宜留不小于 2mm 的钝边；

3 坡口采用机加工或精密切割时，允许偏差应根据加工工艺确定，过渡段坡口应打磨匀顺；

4 桥梁钢结构零件的坡口宜采用机械加工，坡口尺寸及允许偏差应根据焊接工艺评定试验确定。

6.4.8 输电线路铁塔零件切割应符合表 6.4.8 的规定。

表 6.4.8 输电线路铁塔零件切割允许偏差

项目		允许偏差 (mm)		
端面	切割面		无裂纹	
	边缘缺棱		1.0	
	平面度		$0.05t$ 且 $\leq 2.0$	
	割纹深度		0.3	
	局部缺口深度		$\pm 1.0$	
钢管	端面斜度	$D \leq 95$	1.0	
		$95 < D \leq 180$	1.5	
		$180 < D \leq 400$	2.0	
		$D > 400$	2.5	
		与高颈法兰对接	1.5	
	长度	与高颈法兰对接	$\leq 8000$	$\pm 1.5$
			$> 8000$	$\pm 2.0$
		其他	$\leq 8000$	$\pm 2.0$
			$> 8000$	$\pm 3.0$
	宽度		$\pm 2.0$	
钢管直径 $D$		$D/100$ 且 $\leq 3.0$		
角钢	长度	$\pm 2.0$		
	宽度			
	端部垂直度	$t/8$ 且 $\leq 3.0$		

注： $t$  为加工面厚度， $D$  为钢管直径。

## 6.5 矫正

6.5.1 当零件或构件加工制作后的变形量大于允许偏差时，可采用机械、火焰加热或火焰加热+机械的方法矫正。

6.5.2 矫正后的钢材表面，不应有明显损伤，压痕深度不应大于 0.5mm，且不应大于钢材厚度负偏差的 1/2。

6.5.3 当碳素结构钢在环境温度低于 $-16^{\circ}\text{C}$ 、低合金高强度结构钢在环境温度低于 $-12^{\circ}\text{C}$ 时，不得进行冷矫正。

6.5.4 钢材热矫正的加热温度宜为 $700^{\circ}\text{C}\sim 800^{\circ}\text{C}$ ，最高温度不应超过 $900^{\circ}\text{C}$ ，最低温度不应低于 $600^{\circ}\text{C}$ 。对屈服强度为 460MPa 及以上和热处理状态供货的钢材，不宜进行热矫正；确需热矫正时，加热温度应控制在 $600^{\circ}\text{C}\sim 650^{\circ}\text{C}$ ，且不得高于钢材的回火温度。低合金高强度结构钢加热矫正后，应自然冷却，严禁浇水冷却。

6.5.5 当采用火焰加热+机械方法矫正，且加热区温度下降至 $400^{\circ}\text{C}$ 及以下时，不得对加热区施加任何外力。

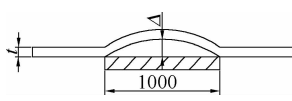
6.5.6 同一区域热矫正不宜超过二次。

6.5.7 对厚板 H 形、T 形构件翼缘板的焊接角变形，宜在焊前对翼缘板采取反变形措施。

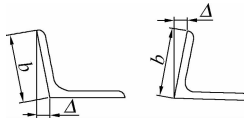
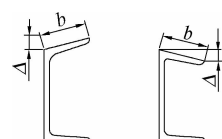
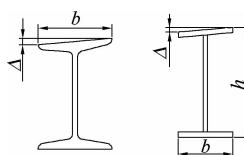
6.5.8 对构件的单向焊接变形，可采取后续焊接中产生的变形进行矫正。

6.5.9 钢材矫正后的允许偏差应符合表 6.5.9 的规定。

表 6.5.9 钢材矫正后的允许偏差

项目	允许偏差	图例
钢板的局部平面度	$t \leq 6$	3.0mm
	$6 < t \leq 14$	1.5mm
	$t > 14$	1.0mm
型钢弯曲矢高	$l/1000$ 且不应大于 5.0mm	

续表 6.5.9

项目	允许偏差	图例
角钢肢的垂直度	$b/100$ 双肢柱 接角钢的角度 不得大于 $90^\circ$	
槽钢翼缘对腹板的垂直度	$b/80\text{mm}$	
工字钢、H 型钢翼缘对腹板的垂直度	$b/100$ 且不大于 2.0mm	

注： $l$  为型钢长度， $t$  为钢板厚度， $h$  为型钢截面高度， $b$  为型钢截面宽度。

**6.5.10** 桥梁钢结构零件宜采用冷矫正，环境温度不宜低于  $-12^\circ\text{C}$ ；矫正后的零件表面不应有明显的凹痕和损伤，并应符合下列规定：

1 热矫正工艺应符合表 6.5.10-1 的规定。

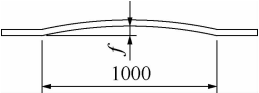
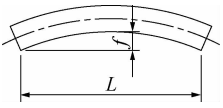
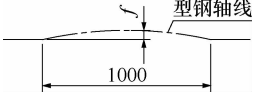
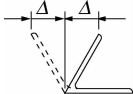
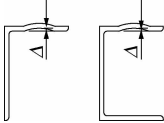
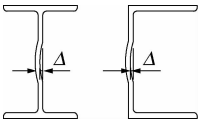
表 6.5.10-1 桥梁钢结构零件热矫正工艺

牌号	交货状态	热矫正温度
Q370qD、Q370qE Q420qD、Q420qE	TMCP+回火、TMCP	$\leq 750^\circ\text{C}$
Q500qE	TMCP+回火、TMCP	$\leq 700^\circ\text{C}$
其他钢种	热轧、正火等	$\leq 800^\circ\text{C}$

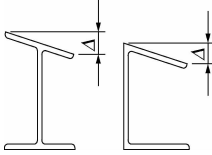
2 热矫正后应缓慢冷却，降至室温前，严禁保温、锤击或用水急冷。

3 矫正允许偏差应符合表 6.5.10-2 的规定。

表 6.5.10-2 桥梁钢结构零件矫正允许偏差

项目	允许偏差		图例
钢板平面度 $f$	有连接	1.0mm	
	无连接	2.0mm	
钢板直线度 $f$	$L \leq 8.0\text{m}$	2.0mm	
	$L > 8.0\text{m}$	3.0mm	
型钢直线度 $f$	1.0mm		
角钢肢垂直度 $\Delta$	1.0mm, 有连接时角度 不得大于 $90^\circ$		
角钢肢、槽钢肢 平面度	连接部位	0.5mm	
	非连接部位	1.0mm	
工字钢、槽钢、 H 型钢腹板 平面度	1.0mm		

续表 6.5.10-2

项目	允许偏差	图例
工字钢、槽钢、 H 型钢翼缘 垂直度	1.0mm	

## 6.6 成 型

**6.6.1** 零件成型可采用机械成型、热加工成型、机械和热加工联合成型等方法。

**6.6.2** 当零件采用热加工成型时，应符合下列规定：

1 宜根据钢材的碳含量，选择加热温度；低合金高强度结构钢加热温度宜控制在  $900^{\circ}\text{C} \sim 1000^{\circ}\text{C}$ ，碳素结构钢加热温度宜控制在  $1000^{\circ}\text{C} \sim 1100^{\circ}\text{C}$ ；

2 碳素结构钢和低合金高强度结构钢温度分别下降至  $700^{\circ}\text{C}$  和  $800^{\circ}\text{C}$  时，应结束加工；

3 对热处理状态交货的钢材，宜采用冷成型；采用热成型时，应避免钢材的回火脆性温度区。低合金高强度结构钢应自然冷却；

4 对屈服强度为 460MPa 及以上的钢材宜采用冷成型；

5 热加工成型温度应均匀，不应反复进行热加工；

6 温度冷却到  $200^{\circ}\text{C} \sim 400^{\circ}\text{C}$  时，严禁捶打、弯曲和成型。

**6.6.3** 钢管弯曲成型加工应符合下列规定：

1 采用热加工成型时，可采用中频或高频弯管机，加热温度应符合 6.6.2 条的规定；

2 采用冷加工成型时，应根据钢管弯曲半径、弯曲矢高及钢管径厚比采用分级渐进的方法逐步弯曲成型；

3 钢管弯曲成型后，表面应无明显波纹，局部凹凸不应大



于 1.5mm;

4 钢管弯曲加工成型的允许偏差应符合表 6.6.3 的规定。

表 6.6.3 钢管弯曲成型允许偏差

项目		允许偏差 (mm)
直径		$\pm D/200$ 且 $\leq \pm 5.0$
构件长度		$\pm 3.0$
圆度	中间	$D/100$ 且 $\leq 8.0$
	二端	$D/200$ 且 $\leq 5.0$
弯曲矢高		$L/1500$ 且 $\leq 5.0$

注:  $D$  为钢管外径,  $L$  为钢管长度。

6.6.4 可采用卷制或压制工艺进行钢板滚圆加工, 并应符合下列规定:

- 1 应根据钢板厚度确定滚圆机的压下量;
- 2 当滚圆机不能进行预弯时, 应对钢板两端进行预弯;
- 3 应采用样板检查弧度, 样板与管内壁的间隙应符合表 6.6.4 的规定;

表 6.6.4 样板与管内壁的允许间隙 (mm)

序号	钢管直径 $d$	样板弦长	样板与管内壁的允许间隙
1	$d \leq 1000$	$d/2$ (且不小于 500)	1.0
2	$1000 < d \leq 2000$	$d/4$ (且不小于 1500)	1.5

- 4 对口错边量不应大于壁厚的 1/10 且不应大于 3.0mm;
- 5 压制或卷制时, 不得采用锤击方法矫正钢板。

6.6.5 钢板折弯加工应符合下列规定:

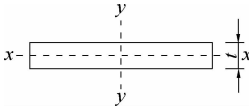
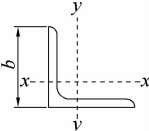
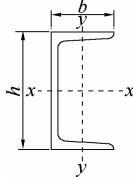
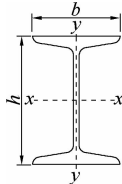
1 当板厚不小于 20mm 的钢板折弯时, 钢板两端折弯区端面应打磨光滑, 上下板边应有 3mm~5mm 的圆角, 且不应有任何凹棱缺陷;

2 厚板加热折弯时, 加热温度应符合第 6.6.2 条的规定。

6.6.6 型钢冷弯曲的最小曲率半径和最大弯曲矢高应符合

表 6.6.6 的规定。

表 6.6.6 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		$x-x$	$50t$	$I^2/400t$	$25t$	$I^2/200t$
		$y-y$ (仅对扁钢轴线)	$100b$	$I^2/800b$	$50b$	$I^2/400b$
角钢		$x-x$	$90b$	$I^2/720b$	$45b$	$I^2/360b$
槽钢		$x-x$	$50h$	$I^2/400h$	$25h$	$I^2/200h$
工字钢		$y-y$	$90b$	$I^2/720b$	$45b$	$I^2/360b$

注:  $r$  为曲率半径,  $f$  为弯曲矢高,  $I$  为弯曲弦长,  $t$  为钢板厚度。

### 6.6.7 风电塔架结构筒节成型应符合下列规定:

1 卷制方向应与钢板的轧制方向一致, 预弯时采用多次下压成型, 样板与筒内壁间隙不应超过 3.0mm。

2 对接纵缝错边量不应大于 2.0mm。

3 筒节卷制成型的允许偏差应符合表 6.6.7 的规定。

表 6.6.7 筒节卷成型允许偏差

项目	允许偏差 (mm)
直径	$\pm D/250$ , 且不应大于 $\pm 5.0$
长度	$\pm 3.0$
外径周长	$\pm 5.0$
单个筒节两端平行度偏差和同轴度差	$D/500$ , 且不应大于 3.0
表面不平度 $\Delta$ (每 1000mm)	$\Delta \leq 0.01t + 1$

注:  $D$  为筒节外径,  $t$  为筒节壁厚。

4 筒节纵缝焊接完成后, 应在卷板机上复圆, 并采用样板进行复测, 样板与筒内壁间隙不应大于 2.0mm。筒体任意切断面圆度不应大于  $0.05D$  ( $D$  为筒节外径)。

5 筒节对接处宜采用外边对齐, 对口错边量不应大于  $0.1t$  ( $t$  为较薄板厚度), 且不应大于 2.0mm。

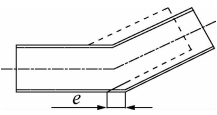
6.6.8 输电线路铁塔结构用角钢和钢管的弯曲成型应符合下列规定:

1 边缘应圆滑过渡, 表面不应有裂纹、折皱、凹面和损伤, 划痕深度不应大于 0.5mm。

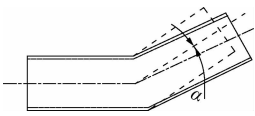
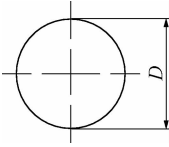
2 角钢最薄处不应小于原公称厚度的 70%, 钢管最薄处不应小于原公称厚度的 90%。

3 钢管制弯允许偏差应符合表 6.6.8-1 的规定。

表 6.6.8-1 钢管制弯允许偏差

项目	允许偏差	图例
曲点 (线) 位移 $e$	$\pm 5.0\text{mm}$	

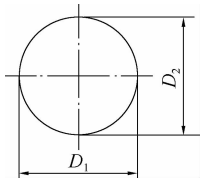
续表 6.6.8-1

项目	允许偏差	图例
制弯角度	$\pm 0.5^\circ$	
制弯处圆度	$D/50$ , 且不应大于 10mm	

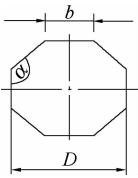

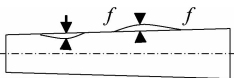

注：D 为钢管直径。

4 钢板制管允许偏差应符合表 6.6.8-2 的规定。

表 6.6.8-2 钢板制管允许偏差 (mm)

项目		允许偏差	示意图
钢板制管 直径 $D$	对接接头、带颈法兰连接	$D \leq 500$ $\pm 1.0$	
		$D > 500$ $\pm 2.0$	
	插接接头	$\pm D/100$ 且不应大于 $\pm 3.0$	
钢板制管 圆度 $D_1 - D_2$	平面法兰连接	$\pm 3.0$	
	对接接头、带颈法兰连接	$D \leq 500$ $\leq 1.0$	
		$D > 500$ $\leq 2.0$	
	插接接头	$\leq D/100$ 且不应大于 5.0	
	平面法兰连接	$\leq 3.0$	

续表 6.6.8-2

项目		允许偏差	示意图
棱边宽度 $b$		$\pm 2.0$	
多边形钢管制弯角度 $\alpha$		$\pm 1^\circ$	
同一截面上的对边尺寸 $D$	对接接头	$D \leq 500$ $\pm 1.0$	
		$D > 500$ $\pm 2.0$	
	插接接头	$\pm D/100$ 且 不应大于 $\pm 3.0$	
	其他处	$\pm 5.0$	
直线度 $f$		$L/1500$ , 且不应大于 $\pm 5.0$	
局部凸起或凹陷 $f$		300 长度内 不大于 3.0	
单节杆段上下两截面轴向扭转 $\alpha$		$\leq 2^\circ$	

注：D 为钢管直径。

5 带颈法兰应采用全平面接触式，接触面表面粗糙度  $R_a \leq 6.3 \mu\text{m}$ ，尺寸允许偏差应符合表 6.6.8-3 的规定。

表 6.6.8-3 带颈法兰允许偏差 (mm)

项目		允许偏差	图例
法兰厚度 $t$	所有规格	+1.0 0	
法兰高度 $h$	所有规格	$\pm 1.0$	
法兰颈部厚度 $t_1$	所有规格	$\pm 0.5$	
对焊法兰焊端 外径 $D_1$	$DN < 150$	$\pm 0.5$	
	$150 \leq DN < 600$	$\pm 1.0$	
	$DN \geq 600$	$\pm 1.5$	
平焊法兰 内径 $D_2$	$DN < 125$	+0.5 0	
	$DN \geq 125$	+1.0 0	
法兰外径 $D$	所有规格	$\pm 1.0$	
螺栓孔中心圆直径 $D_3$		$\pm 1.0$	
相邻两螺栓孔的间距 $s$		$\pm 0.5$	

注:  $DN$  为钢管公称直径。

6 平面法兰尺寸允许偏差应符合表 6.6.8-4 的规定。

表 6.6.8-4 平面法兰允许偏差 (mm)

项目		允许偏差	图例
连接法兰相邻两螺栓孔的间距 $s$		$\pm 0.5$	
连接法兰螺栓孔 中心圆直径 $D$	$D \leq 1500$	$\pm 1.0$	
	$D > 1500$	$\pm 1.5$	
地脚法兰相邻两螺栓 孔的间距 $s$	$D \leq 1500$	$\pm 1.0$	
	$D > 1500$	$\pm 1.5$	
地脚法兰螺栓孔中心圆直径 $D$		$\pm 2.0$	
法兰外径 $D_1$		$\pm 2.0$	
法兰内径 $D_2$		+1.0 0	

7 在锻造法兰的加工制作过程中不得进行补焊。

**6.6.9 压水堆核电厂钢制安全壳成型应符合下列规定：**

1 成型后材料的冲击韧性应符合设计及国家现行标准要求。

2 当壳体材料冷成型后，其最外边缘延伸率大于 5% 时，应进行消除应力处理。

3 钢制安全壳任一横截面的最大和最小内径（图 6.6.9）之差，不应大于其公称内径的 1%。当壳体开孔时，开孔截面处最大和最小内径之差，不应超过其公称内径的 1% 与开孔内径的 2% 之和。

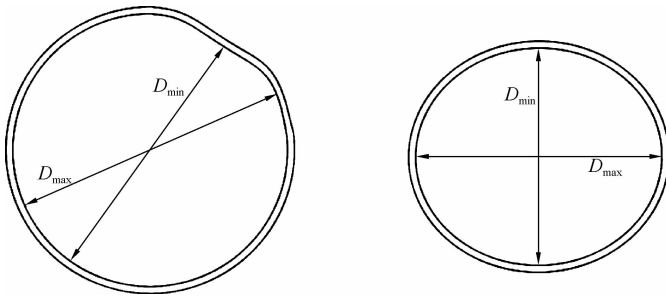


图 6.6.9 钢制安全壳直径最大偏差示意图

$D_{max}$ —最大外径； $D_{min}$ —最小外径

4 钢制安全壳成型封头的允许偏差应符合表 6.6.9-1 的规定。

**表 6.6.9-1 钢制安全壳成型封头允许偏差（mm）**

项目	允许偏差	备注
折边段或端部的圆筒体段最大直径与最小直径之差	$(D+1270)/200$ 和 $(D+305)/100$ 中的较小值	$D$ 为名义内径
碟形或椭圆形封头的内表面偏差	向外不应大于 $1.25\%D$ ； 向内不应大于 $0.625\%D$	偏差应沿垂直于设计形状的方向测量，且无突变

续表 6.6.9-1

项目	允许偏差	备注
封头各种不相交的拼接焊缝中心线间距离	不应小于封头钢材板厚的3倍，且不应小于200	
凸形封头瓣片间焊缝	不应小于封头钢材板厚的3倍，且不应小于200	

5 钢制安全壳完工焊缝的最大允许错边量应符合表 6.6.9-2 的规定。

表 6.6.9-2 焊接接头的最大允许错边量 (mm)

截面厚度	接头类别	
	A 类焊接接头	B 类焊接接头
$\leq 13$	$0.25t$ 且不大于 3.0	$0.25t$
$> 13 \sim 19$	3.0	$0.25t$
$> 19 \sim 38$	3.0	5.0
$> 38 \sim 50$	3.0	$0.125t$
$> 50$	$0.0625t$ 且不大于 5.0	$0.125t$ 且不大于 7.0

注：1  $t$  为接头处较薄截面的公称厚度。

2 A 类焊接接头包括：

- 1) 主壳体、连通室直径过渡段或接管上的纵向焊接接头；
- 2) 球体、成形封头或平封头上的所有焊接接头；
- 3) 连接半球形封头与主壳体、直径过渡段、接管或连通室相连接的环向焊接接头。

3 B 类焊接接头包括：

- 1) 主壳体、连通室、接管或直径过渡段（包括过渡段大端或小端的筒体之间的接头）的环向焊接接头；
- 2) 连接成形封头（不包括半球形封头）与主壳体、直径过渡段、接管或连通室相连接的环向焊接接头。

6 钢制安全壳焊缝应平滑过渡，其斜度不应大于 1:3；需

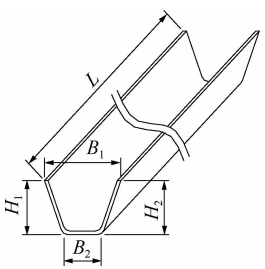


要时，可在焊缝边缘的外侧堆焊附加的焊缝金属。

### 6.6.10 桥梁钢结构零件弯曲应符合下列规定：

- 1 主要零件冷弯曲时，环境温度不宜低于 $-5^{\circ}\text{C}$ ；
- 2 主要零件采用热成型时，加热温度、高温停留时间和冷却速率应与所加工钢材的性能相适应，并符合设计要求；
- 3 U形肋压型尺寸允许偏差应符合表 6.6.10 的规定。

表 6.6.10 U形肋压型尺寸允许偏差

项目	允许偏差 (mm)	图例
长度 $L$	$\pm 2.0$	
上宽 $B_1$	$+3.0, -1.0$	
下宽 $B_2$	$\pm 1.5$	
高度 $H_1, H_2$	$\pm 1.5$	
两肢差 $ H_1 - H_2 $	2.0	
旁弯、竖弯	$\leq L/1000$ 且 $\leq 6.0$	

## 6.7 制 孔

6.7.1 钢结构零件、部件及构件制孔可采用钻孔、铣孔、冲孔、铰孔、镗孔等方法，并应符合下列规定：

- 1 宜采用高精度数控钻床制孔；
- 2 同类孔群较多的零件、部件或构件宜采用模板制孔；
- 3 长圆孔可采用“钻孔+火焰切割”或铣孔方法制孔，切割面需经打磨并应符合相关要求；
- 4 当孔径大于 50mm 时可采用火焰切割制孔，切割面粗糙度  $R_a$  不应大于  $100\mu\text{m}$ ，孔径偏差不应大于  $\pm 2\text{mm}$ ；
- 5 对强度等级不超过 Q235 且厚度不大于 12mm 的钢板，可采用冲孔法制孔，但应保证孔壁边缘材质不产生脆性变化；
- 6 高强度螺栓孔、铆钉孔应采用钻孔法制孔。

**6.7.2** 当采用模板制孔时，模板上宜标有精确的定位基准线，并应符合下列规定：

- 1 模板的孔群精度应高于构件上对应的孔群精度；
- 2 在制孔时模板与构件应有精确定位和可靠的连接措施；
- 3 模板上的孔内壁应有足够的硬度，并应定期检查磨损情况，及时修正。

**6.7.3** 在制孔时应明确基准线（面），同一类型的构件制孔，宜采用相同的基准线（面）。

**6.7.4** 对组装焊接的构件，在制孔时应考虑焊接收缩变形对孔群端部位置尺寸的影响。

**6.7.5** 制孔质量应符合下列规定：

1 螺栓孔应为正圆柱形，并应垂直于所在位置的钢板表面，倾斜度不应大于  $t/20$ （ $t$  为钢板厚度），孔周边应无毛刺，并应清除切屑。

2 A、B级螺栓孔-I类孔应具有 H12 的精度，孔壁表面粗糙度  $R_a$  不应大于  $12.5\mu\text{m}$ ，其孔径的允许偏差应符合表 6.7.5-1 的规定。

表 6.7.5-1 A、B级螺栓孔径允许偏差（mm）

序号	螺栓公称直径 螺栓孔直径	螺栓孔直径允许偏差
1	10~18	+0.18 0.00
2	18~30	+0.21 0.00
3	30~50	+0.25 0.00

3 高强度螺栓孔孔壁表面粗糙度  $R_a$  不应大于  $25\mu\text{m}$ ，其允许偏差应符合表 6.7.5-2 的规定。

表 6.7.5-2 高强度螺栓连接孔径匹配和孔径允许偏差 (mm)

公称直径		M12	M16	M20	M22	M24	M27	M30	M33	M36		
孔型	标准圆孔	直径	13.5	17.5	22.0	24.0	26.0	30.0	33.0	36.0	39.0	
		允许偏差	+0.43 0	+0.43 0	+0.52 0	+0.52 0	+0.52 0	+0.84 0	+0.84 0	+0.84 0	+0.84 0	
		圆度	1.00			1.50						
	大圆孔	直径	16.0	20.0	24.0	28.0	30.0	35.0	38.0	41.0	44.0	
		允许偏差	+0.43 0	+0.43 0	+0.52 0	+0.52 0	+0.52 0	+0.84 0	+0.84 0	+0.84 0	+0.84 0	
		圆度	1.00			1.50						
	槽孔	长度	短向	13.5	17.5	22.0	24.0	26.0	30.0	33.0	36.0	39.0
			长向	22.0	30.0	37.0	40.0	45.0	50.0	55.0	60.0	65.0
		允许偏差	短向	+0.43 0	+0.43 0	+0.52 0	+0.52 0	+0.52 0	+0.84 0	+0.84 0	+0.84 0	+0.84 0
			长向	+0.84 0	+0.84 0	+1.00 0	+1.00 0	+1.00 0	+1.00 0	+1.00 0	+1.00 0	+1.00 0
	中心线倾斜度		≤板厚的 3%，且单层板不应大于 2.0mm， 多层板叠组合不应大于 3.0mm									

4 C级螺栓孔-II类孔孔壁表面粗糙度  $R_a$  不应大于  $25\mu\text{m}$ ，其允许偏差应符合表 6.7.5-3 的规定。

表 6.7.5-3 C级螺栓孔允许偏差

项目	允许偏差 (mm)
直径	+1.0
	0.0
圆度	2.0
垂直度	$0.03t$ 且不应大于 2.0

注： $t$ 为钢板厚度。

5 螺栓孔孔距的允许偏差应符合表 6.7.5-4 的规定。

表 6.7.5-4 螺栓孔孔距允许偏差 (mm)

螺栓孔孔距范围	≤500	501~1200	1201~3000	>3000
同一组内任意两孔间距离	±1.0	±1.5	—	—
相邻两组的端孔间距离	±1.5	±2.0	±2.5	±3.0

- 注：1 在连接节点中，连接板与一根杆件相连的所有螺栓孔为一组。  
 2 对接接头在拼装板一侧的螺栓孔为一组。  
 3 在两相邻或接头间的螺栓孔为一组，但不包括上述两款所规定的螺栓孔。  
 4 受弯构件翼缘上的连接螺栓孔，每 1m 长度范围内的螺栓孔为一组。

6 当螺栓孔孔距的允许偏差超过表 6.7.5-4 的规定时，可采用与母材材质相匹配的焊材补焊后重新制孔。

6.7.6 钻孔后需铰孔的应预留铰削余量，铰削余量应符合表 6.7.6 的规定。

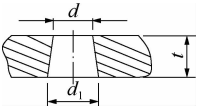
表 6.7.6 铰孔切削余量 (mm)

序号	螺栓公称直径	扩孔或镗孔	粗铰	精铰
1	6~10	0.8~1.0	0.1~0.15	0.04
2	10~18	1.0~1.5	0.1~0.15	0.05
3	18~30	1.5~2.0	0.15~0.2	0.05
4	30~50	1.5~2.0	0.2~0.3	0.06

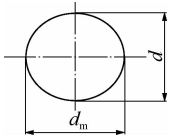
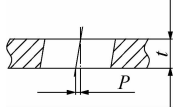
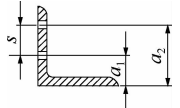
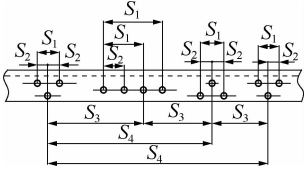
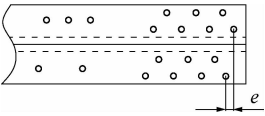
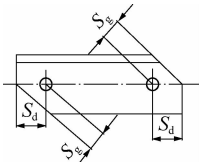
6.7.7 当设计对制孔后有倒角要求时，应采用 45°倒角钻对孔的正反面进行倒角，倒角深度不应大于 1.0mm。

6.7.8 输电线路铁塔结构零件制孔的允许偏差应符合表 6.7.8 的规定。

表 6.7.8 输电线路铁塔结构钢零件制孔允许偏差

项目		允许偏差 (mm)		图例
孔径	镀锌前	$d$	+0.8 0	
	镀锌后	$d$	+0.5 -0.3	
		$d_1 - d$	≤0.12t	

续表 6.7.8

项目		允许偏差 (mm)	图例
孔圆度 $d_m - d$		$\leq 1.2$	
孔垂直度 $P$		$0.03t$ 且 $\leq 2.0$	
准距 $a_1$ 、 $a_2$		$\pm 1.0$	
排间距离 $s$		$\pm 1.0$	
孔间距	同组内不相邻两孔距离 $S_1$	$\pm 1.0$	
	同组内相邻两孔距离 $S_2$	$\pm 0.5$	
	相邻组两孔距离 $S_3$	$\pm 1.0$	
	不相邻组两孔距离 $S_4$	$\pm 1.5$	
角钢接头处两面孔位移偏差 $e$		$\pm 1.0$	
端边距	端距和边距 $S_d$	$\pm 1.5$	
	切角边距 $S_g$	$\pm 1.5$	

注：孔圆度中  $d$  为标称孔径。

**6.7.9 桥梁钢结构制孔应符合下列规定：**

**1** 螺栓孔和铆钉孔应钻制成型，严禁冲孔和气割孔。

**2** 钻孔在零件或构件矫正后进行。螺栓孔、铆钉孔应钻制成正圆柱形，孔壁表面的粗糙度  $R_a$  不应大于  $25\mu\text{m}$ ，孔的圆度偏差不应大于  $0.5\text{mm}$ ，边缘应无损伤和不平，并应清除切屑。

**3** 螺栓孔、铆钉孔的孔径允许偏差应符合表 6.7.9-1 的规定。

**表 6.7.9-1 桥梁钢结构螺栓孔、铆钉孔的孔径允许偏差 (mm)**

螺栓直径	螺栓孔径	允许偏差	
		孔径	孔壁垂直度
M12	14	+0.5, 0	板厚 $t \leq 30$ 时，不大于 0.3； 板厚 $t > 30$ 时，不大于 0.5
M16	18	+0.5, 0	
M18	20	+0.7, 0	
M20	22	+0.7, 0	
M22	24	+0.7, 0	
M24	27	+0.7, 0	
M27	30	+0.7, 0	
M30	33	+0.7, 0	
>M30	> $d+3$	+1.0, 0	

注： $d$  为螺栓直径。

**4** 螺栓孔、铆钉孔的孔距允许偏差应符合表 6.7.9-2 的规定，有特殊要求的孔距偏差应符合设计文件的规定。

**表 6.7.9-2 螺栓孔、铆钉孔的孔距允许偏差 (mm)**

项目	主要构件允许偏差				次要构件 允许偏差
	钢箱梁	钢桁梁	钢板梁	钢箱拱	
两相邻孔距离	$\pm 0.5$	$\pm 0.4$	$\pm 0.4$	$\pm 0.4$	$\pm 0.4(\pm 1.0)^1$
同一孔群任意两孔距	$\pm 0.8$	$\pm 0.8$	$\pm 0.8$	$\pm 0.8$	$\pm 1.0(\pm 1.5)^1$
多组孔群两相邻孔群中心距	—	$\pm 0.8$	$\pm 1.5$	$\pm 0.8$	$\pm 1.0(\pm 1.5)^1$

续表 6.7.9-2

项目		主要构件允许偏差				次要构件允许偏差
		钢箱梁	钢桁梁	钢板梁	钢箱拱	
两端孔群中心距	$L \leq 11m$	$\pm 1.5^2$	$\pm 0.8$	$\pm 4.0^3$	$\pm 0.8$	$\pm 1.5$
	$L > 11m$	$\pm 2.0^2$	$\pm 1.0$	$\pm 8.0^3$	$\pm 1.0$	$\pm 2.0$
孔群中心线与构件中心线的横向偏移	腹板不拼接	—	2.0	2.0	2.0	—
	腹板拼接	—	1.0	1.0	1.0	—
构件任意两面孔群纵、横向错位		—	1.0	—	1.0	—
孔与自由边距		$\pm 2.0$				

注：1 括号内数值为附属件结构的允许偏差。

2 桥面板 U 肋两端的孔群中心距允许偏差，进行预拼装特配拼接板可放宽。

3 连接支座的孔群中心距允许偏差。

5 当螺栓孔、铆钉孔孔距的允许偏差超过表 6.7.9-2 的规定时，不得在补焊后重新制孔。

## 6.8 球节点加工

6.8.1 螺栓球节点由螺栓球、高强度螺栓、套筒、锥头或封板、紧固螺钉等组成（图 6.8.1）。

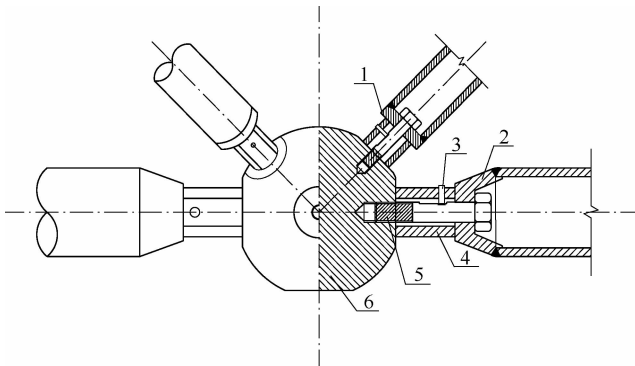


图 6.8.1 螺栓球节点

1—封板；2—锥头；3—紧固螺钉；4—套筒；5—螺栓；6—螺栓球

**6.8.2** 用于螺栓球节点的螺栓球、高强度螺栓、套筒、锥头或封板、紧固螺钉等材料选用宜按表 6.8.2 的规定，并应符合国家现行标准；其质量应符合现行行业标准《钢网架螺栓球节点》JG/T 10 的规定。

**表 6.8.2 螺栓球节点零件选用材料**

零件名称	选用材料	材料标准名称与编号	说明
螺栓球	45 号	《优质碳素结构钢》 GB/T 699	毛坯球由圆钢锻造成型
锥头、封板	Q235B、Q235C、 Q235D	《碳素结构钢》 GB/T 700	钢号应与杆件一致
	Q355B、Q355C、 Q355D	《低合金高强度结构钢》 GB/T 1591	
套筒	45 号	《优质碳素结构钢》 GB/T 699	适用于所有的高强度螺栓
紧固螺钉	20MnTiB	《合金结构钢》 GB/T 3077	应经热处理
	40Cr		
高强度螺栓	20MnTiB、40Cr、 35CrMo	《合金结构钢》 GB/T 3077	适用规格 M16~M24
	40Cr、35CrMo		适用规格 M27~M36
	42CrMo、40Cr		适用规格 M39~M85×4

**6.8.3** 螺栓球宜采用圆钢加热后使用压力机和模具锻压成型。圆钢宜在加热炉内加热，加热温度宜为 1100℃~1200℃，终锻温度不应低于 800℃，并应避免钢材的回火脆性温度区。

**6.8.4** 锻压成型后的毛坯球表面不应有褶皱和过烧，经打磨处理后的毛坯球表面不应有裂纹，并应采用磁粉探伤方法逐个检测。

**6.8.5** 螺栓球的螺栓孔宜采用专用车床或数控机床加工制成，螺纹应采用专用丝锥攻丝，螺纹尺寸应符合现行国家标准《普通



螺纹 基本尺寸》GB/T 196 的规定，螺纹允许偏差应符合现行国家标准《普通螺纹 公差》GB/T 197 的规定。螺栓球加工允许偏差应符合表 6.8.5 的规定。

表 6.8.5 螺栓球加工允许偏差

项目	允许偏差	检验方法	图例
直径 (mm)	$D \leq 120\text{mm}$	+2.0 -1.0	用卡尺和游标卡尺检查
	$D > 120\text{mm}$	+3.0 -1.5	
圆度 (mm)	$D \leq 120\text{mm}$	1.5	用卡尺和游标卡尺检查
	$120\text{mm} < D \leq 250\text{mm}$	2.5	
	$D > 250\text{mm}$	3.5	
同一轴线上两铣平面平行度 (mm)	$D \leq 120\text{mm}$	0.2	用百分表和V形块检查
	$D > 120\text{mm}$	0.3	
铣平面距球中心距离 $a$ (mm)	$\pm 0.2$	用游标卡尺检查	
相邻两螺纹孔夹角 $\theta$ (°)	$\pm 30$	用分度头检查	
铣平面与螺栓孔轴线垂直度 (mm)	$0.5\%r$	用百分表检查	

**6.8.6** 螺栓球加工后应进行抗拉强度试验，试验方法和试验结果应符合现行行业标准《钢网架螺栓球节点》JG/T 10 的规定。

**6.8.7** 高强度螺栓应符合现行国家标准《钢网架螺栓球节点用高强度螺栓》GB/T 16939 的规定。高强度螺栓性能等级分为 10.9 级和 9.8 级；对 M16~M36 高强度螺栓，宜选用 10.9 级；对 M39~M85×4 的高强度螺栓，宜选用 9.8 级。

**6.8.8** 高强度螺栓螺纹宜采用滚压或搓压方法加工，螺纹应符合现行国家标准《普通螺纹 基本尺寸》GB/T 196 的规定，螺纹允许偏差应符合现行国家标准《普通螺纹 公差》GB/T 197

中的规定。高强度螺栓加工后，应进行淬火热处理和发黑处理，表面硬度应达到 HRC32~37。

**6.8.9** 紧固螺钉直径宜为高强度螺栓直径的 (0.16~0.18) 倍，可采用 M5~M12 的螺钉规格。

**6.8.10** 紧固螺钉宜采用仪表车床加工。加工后应进行淬火热处理，表面硬度应达到 HRC32~37。

**6.8.11** 螺栓球节点网架杆件钢管直径小于 76mm 时，可采用封板连接，封板宜采用圆钢加工而成。钢管直径不小于 76mm 时，宜采用锥头连接。

**6.8.12** 锥头宜采用圆钢加热后使用压力机和模具锻压成型。圆钢宜在加热炉内加热，加热温度宜为 1100℃~1200℃。对碳素结构钢，终锻温度不应低于 700℃；对低合金高强度结构钢，终锻温度不应低于 800℃，并应避免钢材的回火脆性温度区。

**6.8.13** 锥头、封板与杆件焊接处的坡口角度宜为 15°~30°。

**6.8.14** 套筒可采用六角钢加工，也可采用圆钢经加热后用压力机模压成型，加热温度应符合本标准第 6.8.3 条的规定。套筒的六角尺寸应符合扳手开口尺寸或国家现行标准的规定。

**6.8.15** 螺栓球节点网架杆件钢管宜采用管子车床或数控相贯面切割机下料，钢管端部坡口角度宜为 15°~30°。

**6.8.16** 钢管与锥头或封板连接处的焊缝质量，应符合设计文件的要求；当设计文件中无要求时，应符合二级焊缝质量要求。

**6.8.17** 螺栓球节点网架杆件加工后的允许偏差应符合表 6.8.17 的规定。

表 6.8.17 螺栓球节点网架杆件加工允许偏差

项目	允许偏差	检验方法
长度 (mm)	±1.0	用钢尺和百分表检查
锥头 (封板) 孔中心线与钢管轴线同轴度 (mm)	0.5	用百分表和 V 形块检查
弯曲矢高 (mm)	L/1500, 且不应大于 5.0	用拉线、吊线和钢尺检查
管口曲线 (mm)	1.0	用套模和游标卡尺检查
坡口角度 (°)	0~+5	用焊缝量规检查

注：L 为杆件 (含锥头或封板) 长度。

**6.8.18** 焊接空心球节点由焊接空心球和杆件焊接而成，在杆件与焊接空心球焊缝连接处可设置衬管（图 6.8.18）。用于焊接空心球的钢材材质应与杆件相同，质量等级不应低于 B 级。

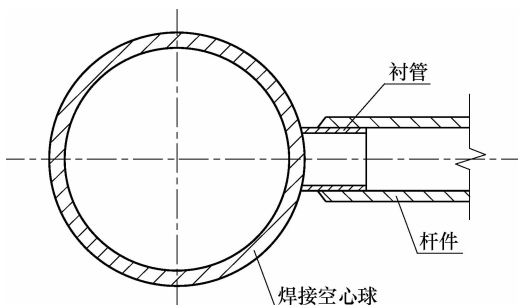


图 6.8.18 焊接空心球节点

**6.8.19** 焊接空心球节点网架结构（包括双层网壳）的焊接空心球应符合下列规定：

- 1 外径与壁厚之比宜为 25~45（单层网壳宜为 20~35）；
- 2 外径与主钢管外径之比宜为 2.4~3.0；
- 3 壁厚不应小于 4.0mm，与主钢管壁厚之比宜为 1.5~2.0。

**6.8.20** 焊接空心球由两个半球焊接而成，分为无肋焊接空心球和加肋焊接空心球。半球宜采用专用设备进行切边、坡口加工，其组装间隙和坡口尺寸等应符合下列规定：

1 无肋焊接空心球（图 6.8.20-1）两半球组装间隙宜为 2.0mm~4.0mm，剖口角度宜为  $20^{\circ}$ ~ $30^{\circ}$ ，坡口留根宜为 0~2.0mm；

2 加肋焊接空心球（图 6.8.20-2）两半球组装间隙宜为  $0.4t$ ，且不应小于 4.0mm，剖口角度宜为  $30^{\circ}$ ~ $45^{\circ}$ ，坡口留根宜为 2.0mm；肋板厚度宜与焊接空心球壁厚一致，肋板中间可开孔，孔径宜为  $D/3$ ~ $D/2$ 。

**6.8.21** 焊接空心球半球圆形坯料钢板下料宜采用半自动气割或

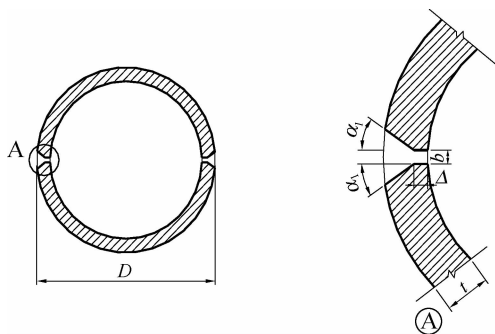


图 6.8.20-1 无肋焊接空心球

$D$ —焊接空心球外径； $b$ —组装间隙； $\alpha_1$ —剖口角度；

$\Delta$ —坡口留根； $t$ —焊接空心球壁厚度

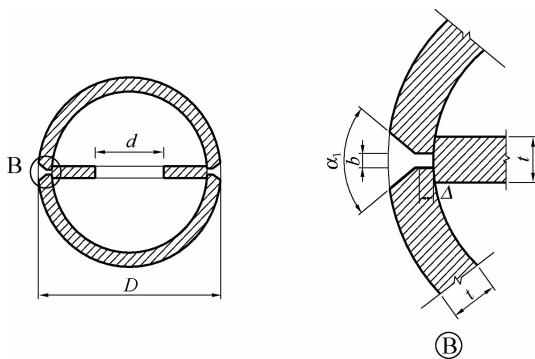


图 6.8.20-2 加肋焊接空心球

$D$ —焊接空心球外径； $b$ —组装间隙； $\alpha_1$ —剖口角度；

$\Delta$ —坡口留根； $d$ —孔径； $t$ —肋板厚度

数控切割机，下料后的坯料直径允许偏差为 $+2.0\text{mm}$ 。

**6.8.22** 圆形坯料钢板宜在加热炉内加热，加热温度应控制在 $1000^{\circ}\text{C} \sim 1100^{\circ}\text{C}$ ，对碳素结构钢，终止拉伸温度不应低于 $700^{\circ}\text{C}$ ；对低合金高强度结构钢，终止拉伸温度不应低于 $800^{\circ}\text{C}$ ；并应避免钢材的回火脆性温度区。加热后的圆形坯料钢板利用压力机和模具拉伸成半球，成型后的半球外表面应光滑平整，不得

有局部凸起或褶皱。

**6.8.23** 加工后的半球应在专用设备或胎模上组装成焊接空心球。无肋焊接空心球应加衬垫板，加肋焊接空心球的肋板位置应在两个半球的拼接环形缝处。

**6.8.24** 加肋焊接空心球肋板下料宜采用半自动气割或数控切割，外径应预留机加工余量，内孔可采用气割成型，内孔孔径宜为焊接空心球外径尺寸的  $1/3 \sim 1/2$ ，肋板边缘可加工成平面或凸台，采用凸台时，其高度不宜大于 1.0mm。加工后的肋板外径允许偏差为  $-1.0\text{mm}$ 。

**6.8.25** 焊接空心球加工允许偏差应符合表 6.8.25 的规定；焊接空心球两半球对接焊缝质量应符合设计文件要求，当设计文件无要求时，应不低于二级焊缝质量要求。

表 6.8.25 焊接空心球加工允许偏差 (mm)

项目	规格	允许偏差
直径	$D \leq 300$	$\pm 1.5$
	$300 < D \leq 500$	$\pm 2.5$
	$500 < D \leq 800$	$\pm 3.5$
	$D > 800$	$\pm 4.0$
圆度	$D \leq 300$	$\pm 1.5$
	$300 < D \leq 500$	$\pm 2.5$
	$500 < D \leq 800$	$\pm 3.5$
	$D > 800$	$\pm 4.0$
壁厚减薄量	$t \leq 10$	$\leq 18\%t$ , 且 $\leq 1.5$
	$10 < t \leq 16$	$\leq 15\%t$ , 且 $\leq 2.0$
	$16 < t \leq 22$	$\leq 12\%t$ , 且 $\leq 2.5$
	$22 < t \leq 45$	$\leq 11\%t$ , 且 $\leq 3.5$
	$t > 45$	$\leq 8.0\%t$ , 且 $\leq 4.0$
对口错边量	$t \leq 20$	$\leq 10\%t$ , 且 $\leq 1.0$
	$20 < t \leq 40$	2.0
	$t > 40$	3.0
焊缝余高	—	0.0~1.5

注：D 为焊接空心球的外径，t 为焊接空心球的壁厚。

**6.8.26** 焊接空心球应进行承载力试验，试验方法及试验结果应

符合现行行业产品标准《钢网架焊接空心球节点》JG/T 11 的规定。

**6.8.27** 焊接空心球节点网架杆件钢管宜用管子车床或数控相贯面切割机下料，钢管端部坡口角度宜为  $30^\circ$ ，并应预留杆件焊接收缩余量。杆件加工允许偏差应符合表 6.8.27 的规定。

表 6.8.27 焊接空心球节点网架杆件加工允许偏差

项目	允许偏差	检验方法
长度 (mm)	$\pm 1.0$	用钢尺和百分表检查
端面对管轴的垂直度 (mm)	$0.005r$	用百分表和 V 形块检查
弯曲矢高 (mm)	$L/1500$ ，且 $\leq 5.0$	用拉线、吊线和钢尺检查
管口曲线 (mm)	1.0	用套模和游标卡尺检查
坡口角度 ( $^\circ$ )	$0 \sim +5$	用焊缝量规检查

注： $r$  为杆件半径， $L$  为杆件长度。

**6.8.28** 衬管应采用与杆件规格相同或相近钢管经机加工而成，长度宜为  $30\text{mm} \sim 50\text{mm}$ ，衬管外径宜比杆件内径小  $1.0\text{mm} \sim 2.0\text{mm}$ ，壁厚不应小于  $3.0\text{mm}$ 。衬管与焊接空心球焊接连接处宜开  $30^\circ$  坡口。

**6.8.29** 杆件与焊接空心球焊缝间隙宜为  $2.0\text{mm} \sim 6.0\text{mm}$ ，焊缝质量应满足设计要求，当设计无要求时，应符合二级焊缝质量要求。

**6.8.30** 网架结构的杆件接长时，对接接头应达到一级焊缝质量要求，且每根杆件只允许有一个对接接头。接头距节点连接处的最短距离不得小于杆件外径，且不得小于  $500\text{mm}$ 。对接杆件总数不应超过杆件总数的  $10\%$ ，且不得集中布置。

## 6.9 组 装

**6.9.1** 应根据设计文件要求、构件形式、连接方式、焊接方法和焊接顺序等因素确定构件的组装机艺。

**6.9.2** 组装前,应根据设计文件检查组装用零部件的材质、规格、数量、尺寸及外观等,并清除组装焊接处连接接触面及沿边缘 30mm~50mm 范围内的铁锈、毛刺、污垢等。

**6.9.3** 板材、型材的拼装应在构件组装前完成;构件的组装应在部件组装、焊接、校正并经检验合格后进行。

**6.9.4** 构件的隐蔽部位应在焊接、栓接和涂装检验合格后封闭。

**6.9.5** 部件组装应符合下列规定:

1 部件组装应在基础牢固的工作平台或专用工装、设备上 进行。

2 部件组装前应明确基准面(线),组装完成经检验合格后,应在部件上标记该基准面(线)。

3 焊接 H 型钢构件的翼缘板拼接缝和腹板拼接缝的间距不宜小于 200mm。翼缘板拼接长度不应小于 2 倍翼缘板宽,且不应小于 600mm;腹板拼接宽度不应小于 300mm,长度不应小于 600mm。

4 热轧型钢构件可采用直口全熔透焊接拼接,拼接长度不应小于 2 倍截面高度,且不应小于 600mm。需疲劳验算构件的拼接应符合设计要求。

5 箱形构件的翼缘板拼接焊缝和腹板拼接焊缝的间距不宜小于 200mm,翼缘板和腹板拼接长度不应小于 600mm。翼缘板和腹板在宽度方向不宜拼接,当宽度超过 2400mm 且需拼接时,最小拼接宽度不宜小于板宽的 1/4,且不应小于 600mm。隔板的电渣焊应符合下列规定:

- 1) 当隔板距离构件端头小于 600mm 时,不宜采用电渣焊。
- 2) 当隔板厚度不大于 18mm 时,可采用三面坡口焊,一面电渣焊。
- 3) 当隔板厚度大于 18mm 且箱形截面尺寸小于 600mm 时,可采用两面电渣焊,两面坡口焊;当箱形截面尺寸不小于 600mm 时,可采用四面电渣焊。

- 4) 当隔板与箱形本体  $90^\circ$ 角接时, 电渣焊衬板均应进行机加工; 当隔板厚度小于 60mm 时, 衬板厚度为 20mm; 当隔板厚度不小于 60mm 时, 衬板厚度为 25mm。电渣焊间隙应符合本标准第 8.7.13 条的规定。
- 5) 当隔板与箱形本体非  $90^\circ$ 角接时, 应根据偏转角度, 对电渣焊衬板的相应坡口进行机加工, 使之与箱形构件的面板贴紧。
- 6) 电渣焊使用的铜制引弧块长度不应小于 100mm, 引弧槽的深度不应小于 50mm, 引弧槽的截面积宜与正式电渣焊焊接截面积相同。

6 除采用卷制方式加工成型的钢管外, 每个节间钢管接长不宜多于一个接头, 最短接长长度应符合下列规定:

- 1) 当钢管直径不大于 800mm 时, 接长长度不得小于 600mm;
- 2) 当钢管直径大于 800mm 时, 接长长度不得小于 1000mm。

7 圆管、锥管构件在沿长度方向和圆周方向拼接时, 管段拼接宜在专用工装设备上进行; 相邻管段的纵向焊缝错开距离(沿弧长方向) 不应小于 5 倍板厚, 且不应小于 200mm。

8 部件组装经检验(自检) 合格后进行焊接。

9 在零部件上的焊缝交叉位置, 应设置过焊孔, 过焊孔大小应根据板厚确定。

10 主管拼接焊缝与相贯支管焊缝间的最小距离不应小于 80mm。

**6.9.6** 构件组装宜在组装平台或专用设备上进行, 组装平台上应划出必要的基准线, 且应有足够的强度和刚度, 并应符合下列规定:

1 构件组装间隙应符合设计和工艺文件要求; 当设计和工艺文件无规定时, 组装间隙不宜大于 2.0mm。



2 焊接构件组装时，应预设焊接收缩量；重要或复杂构件宜通过工艺试验确定焊接收缩量。

3 设计要求起拱的构件，应在组装时按起拱值要求起拱，起拱允许偏差为起拱值的 $0\sim 10\%$ ，且不应大于 $10\text{mm}$ 。设计无要求但施工工艺要求起拱的构件，起拱允许偏差不应大于起拱值的 $\pm 10\%$ ，且不应大于 $\pm 10\text{mm}$ 。

4 对重要、特殊的批量构件应实行首件检验、交验制度。

5 对要求划出基准线的构件，应在构件组装完成后出胎前进行，并应在基准线上做标记。

#### 6.9.7 构件组装质量应符合下列规定：

1 吊车梁和承重桁架不得下挠；

2 桁架结构杆件轴线交点错位的允许偏差不应大于 $3.0\text{mm}$ ；

3 组装过程不宜将工装夹具、临时连接件等直接焊接在构件表面上；

4 吊车梁的下翼缘和重要受力构件的受拉面积，不得焊接工装夹具、临时连接板等；

5 拆除工装夹具、连接板等临时部件时，应采用气割切除，不得用锤击落；切口应距离构件表面 $3\text{mm}\sim 5\text{mm}$ ，并打磨光滑，不得损伤母材。

6.9.8 网架结构出厂前，对重大、复杂工程宜进行试拼装，试拼装可采取单元试拼装、部分结构试拼装或整体结构试拼装，并应符合下列规定：

1 所有进行试拼装的构件应检验合格，相同构件可互换，并在自由状态下进行试拼装；

2 试拼装用的场地应平整，并满足试拼装承载力要求；拼装胎架应牢固、可靠、方便；

3 焊接空心球节点网架试拼装时，杆件与球节点宜采用点焊固定，间隙应满足设计或国家现行标准的规定；当试拼装结束拆除杆件时，宜采用砂轮磨光机打磨定位焊缝，确保杆件两端口

的坡口光滑，不得损伤焊接空心球外表面；

4 螺栓球节点网架试拼装时，高强度螺栓应在自由状态下拧紧到位，不应强迫就位；当试拼装结束拆除杆件时，不得损伤高强度螺栓及螺栓球的螺纹；

5 网架试拼装小拼单元的允许偏差应符合表 6.9.8 的要求。

表 6.9.8 网架试拼装小拼单元允许偏差

项目	允许偏差 (mm)	
节点中心偏移	$D \leq 500$	2.0
	$D > 500$	3.0
杆件中心与节点中心偏移	$d(b) \leq 200$	2.0
	$d(b) > 200$	3.0
杆件轴线的弯曲矢高	$L_1/1500$ ，且不大于 5.0	
网架尺寸	$L \leq 5000$	$\pm 2.0$
	$L > 5000$	$\pm 3.0$
锥体（桁架）高度	$h \leq 5000$	$\pm 2.0$
	$h > 5000$	$\pm 3.0$
对角线长度	$A \leq 7000$	$\pm 3.0$
	$A > 7000$	$\pm 4.0$
平面桁架节点处杆件轴线错位	$d(b) \leq 200$	2.0
	$d(b) > 200$	3.0

注：D 为球直径，d 为杆件直径，b 为杆件截面边长， $L_1$  为杆件长度，L 为网架边长尺寸，h 为锥体（桁架）高度，A 为对角线长度。

6.9.9 管桁架组装方法应根据组装场地条件、结构或构件形式、起重设备能力等确定，宜采用立装法或卧装法，并应符合下列规定：

1 按工艺文件要求制作组装胎架。胎架应牢固，并应设置在坚固的基础上。胎架设置完成后，应在胎架上标注管桁架结构组装用的定位基准线；

2 按照胎架上的定位基准线进行定位、组装，宜先定位主

管、后定位支管；当有多根支管时，应根据施工详图和工艺文件规定的先后顺序进行组装。对支管相互搭接的节点，应严格按组装顺序进行；

3 应根据管桁架结构的焊接收缩变形情况，预留收缩余量；

4 对要求起拱的管桁架结构，应按起拱值要求起拱；

5 矩形钢管桁架结构组装焊接时，不应在钢管角部进行定位焊。

**6.9.10** 风电塔架筒体组装应符合下列规定：

1 筒节纵向焊缝的位置与门框中心线位置夹角不应小于 $45^{\circ}$ ，门框顶部和底部焊缝与塔筒环焊缝间距不应小于3倍板厚，且不应小于100mm；

2 筒节与法兰组装时宜采用立装法，并应将筒节的纵向焊缝设置在法兰两螺栓孔中间位置；组装完成后，顶部法兰平面度不应大于0.2mm，其他法兰平面度不应大于1.0mm；

3 不同厚度钢板对接时，应开 $1/4$ 过渡坡口；

4 筒节组装间隙不宜大于3.0mm；组对后的垂直度偏差不应大于5.0mm；

5 塔筒每段长度（法兰间距）允许偏差不应大于 $\pm 10$ mm，塔架总长度允许偏差不应大于 $\pm 20$ mm。

**6.9.11** 锅炉钢结构钢板拼接应符合下列规定：

1 组合件相邻零件的拼接焊缝中心线间距不应小于200mm；

2 梁、柱的组装焊缝中心线与托架、隔板或其他构件的焊缝边缘间距不宜小于100mm；

3 同一块钢板纵、横两个方向都进行拼接时，宜采用T形交叉焊缝，两T形交叉点的距离不应小于200mm；

4 拼接焊缝应避免螺栓孔，拼接焊缝中心线与开孔中心线的距离不宜小于120mm；

5 拼接钢板的轧制方向应与构件的长度方向一致；

6 顶板主梁应制成上拱，严禁下挠；钢梁起拱值应符合

表 6.9.11 的规定。

**表 6.9.11 锅炉钢结构钢梁起拱值**

项目		钢梁起拱值 (mm)
顶板主梁		$L/1000$
其他钢梁	$L \leq 20\text{m}$	$-5.0 \sim +10$
	$L > 20\text{m}$	$-5.0 \sim +15$

注：L 为钢梁长度。

**6.9.12 水利水电工程钢闸门组装应符合下列规定：**

- 1 平面链轮闸们门叶焊接完成后，宜进行消除应力处理；
- 2 当设计文件要求对滚轮、承载走道等进行表面热处理时，热处理工艺应符合表面硬度和硬度分布的设计要求；
- 3 平面链轮闸门链条组装后，应灵活、无卡滞现象；
- 4 组装允许偏差应符合表 6.9.12 的规定。

**表 6.9.12 水利水电工程钢闸门组装允许偏差 (mm)**

项目		允许偏差	说明
闸门吊耳距门叶中心线		$\pm 0.5$	
闸门吊耳孔在闸门高度、厚度方向中心线与图样给定基准面间距		$\pm 2.0$ 且相对偏差不应大于 2.0	
吊耳、吊杆的轴孔倾斜度		1/1000	
平面链轮闸们门叶相应平面之间距离		$\pm 0.5$	
门叶两侧与承载走道相接触的表面平面度		0.3	
门叶平行平面的平行度		0.3	
门叶各机械加工面的表面粗糙度 $R_a$		$\leq 25\mu\text{m}$	
门叶加工后的梁翼缘板厚度		-2.0	
平面链轮闸们主要零部件	尺寸	IT6~IT8	IT 为标准公差等级
	表面粗糙度 $R_a$	$\leq 3.2\mu\text{m}$	
链轮与承载走道面	接触长度	$\geq$ 链轮长度的 80%	门叶水平放置时
	局部间隙	$\leq 0.1$	

### 6.9.13 压水堆核电厂钢制安全壳组装应符合下列规定：

1 封头组装应符合设计要求。底封头每层板组对时，应控制接口直径、水平度、对接缝间隙、对接缝错边量等。顶封头组装时，应在现场建立测量基准网，标识顶封头组装的中心点及控制线，并按实测顶封头下口直径放线。

#### 2 筒体组装应符合下列要求：

- 1) 应按实测对接口直径进行放线；
- 2) 筒体宜分若干节进行组对；
- 3) 筒体板布置应符合设计要求，在工装上应按顺序组对；
- 4) 组对时应考虑焊接收缩量，每层组对应调整直径、下口水平度、对接缝间隙、对接缝错边量等；
- 5) 筒体板间的组对宜采用卡具固定，宜用间隙片保持组对间隙；间隙片应在定位焊之后取出；
- 6) 宜在筒体组装完成后分段安装加强圈。

### 6.9.14 桥梁钢结构组装应符合下列规定：

#### 1 钢板拼接应符合下列规定：

- 1) 钢桁梁、钢板梁盖板、腹板的接料长度不宜小于 1000mm，宽度不宜小于 200mm，横向拼接焊缝距孔中心线不宜小于 100mm；
- 2) 钢箱梁顶板、底板、腹板的纵向接料焊缝与 U 形肋、板肋焊缝间距不宜小于 100mm；
- 3) 钢板梁腹板和钢箱梁顶板、底板、腹板的拼接焊缝采用 T 形交叉时，交叉点的间距不宜小于 200mm；腹板的纵向拼接焊缝宜布置在受压区；
- 4) 节点板需要接宽时，不宜纵向、横向同时拼接，拼接焊缝距其他焊缝或高强度螺栓孔中心不宜小于 100mm（图 6.9.14）。

2 构件盖板、腹板横向拼接焊缝错开距离不宜小于 200mm，拼接焊缝距离加劲肋位置不宜小于 100mm。

3 钢箱梁板单元组装尺寸允许偏差应符合表 6.9.14-1 的规定。

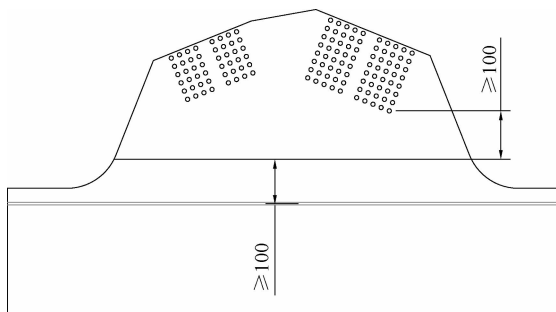
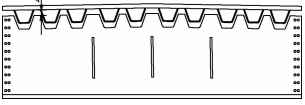

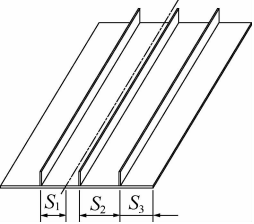


图 6.9.14 节点板焊缝错开的最小距离 (mm)

表 6.9.14-1 钢箱梁板单元组装尺寸允许偏差 (mm)

项目		允许偏差	图例
U 形肋组装间隙 $\Delta$		0.5 (局部 1.0)	
板肋组装间隙 $\Delta$		$\leq 1.0$	
板肋垂直度 $f$		1.0	
顶板 底板	U 形肋与纵 基线间距、 U 形肋间 距 $S_1$	端部及 横隔板处	$\pm 1.0$
		其余部位	$\pm 2.0$
	横隔板接 板间距 $S_2$	上下对接形式	$\pm 1.0$
		其余形式	$\pm 2.0$

续表 6.9.14-1

项目			允许偏差	图例
横隔板、横梁、横肋与桥面板 组装间隙 $\Delta$			2.0	
横隔板与 U 形肋 的组装间隙 $\Delta$			2.0	
腹板	加劲肋与纵 基线间距 $S_1$ 、 加劲肋中 心距 $S_2$ 、 加劲肋与腹 板边距 $S_3$	端部及横 隔板处	$\pm 1.0$	
		其余部位	$\pm 2.0$	

4 钢箱梁节段组装时，应按设计或施工要求设置预拱度。

5 钢箱梁节段组装宜采用连续匹配法，每次组装的梁段数量不宜少于 5 段。胎架外应设置独立的测量控制网，轴线和主要定位尺寸宜采用全站仪或更高精度的仪器进行测量，测量时应避免日照影响。

6 节段在专用组装胎架上组装时，应采用工艺板固定。工艺板的焊接应符合定位焊要求，拆除工艺板时应不伤及母材，并在拆除后应对工艺板定位焊位置按工艺要求进行处理。

7 钢箱梁节段组装尺寸允许偏差应符合表 6.9.14-2 的规定。

表 6.9.14-2 钢箱梁节段组装尺寸允许偏差 (mm)

项目	允许偏差		图例
板单元拼接 对接板错边 $\Delta$	$t < 25$	0.5	
	$t \geq 25$	1.0	
平底板与斜底板 对接错边量 $\Delta$	1.0		
对接板间隙 $a$	2.0		
钢衬垫或陶质衬垫 对接焊接接头组装	$\alpha$	$\pm 5^\circ$	
	$\Delta$	0.5	
	S	+6, -2	
顶、底板板单元 定位偏差 $\Delta$	板单元定位 线与理论线 的偏差	$\leq 2$	
横隔板垂直度偏差	3.0		
上下对接横隔板间距	$\pm 1.0$		
其他形式横隔板间距	$\pm 3.0$		
纵隔板间距	拼接处	$\pm 2$	
旁弯 $f$	腹板边与 理论线的 偏差	6.0	

注: S 和  $\alpha$  应根据焊接试验确定; 当组装间隙超出允许偏差时, 应有相应的焊接工艺评定。

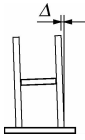
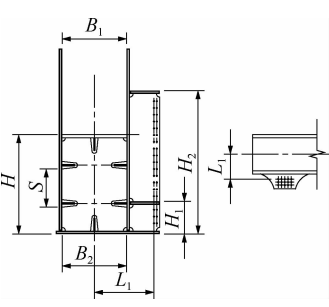
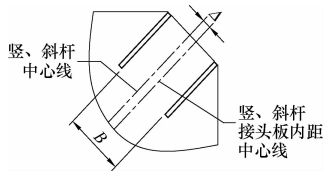
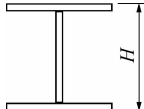


8 桁梁、板梁构件组装尺寸允许偏差应符合表 6.9.14-3 的规定。

表 6.9.14-3 桁梁、板梁构件组装尺寸允许偏差 (mm)

项目			允许偏差	图例	
对接高低差 $\Delta_1$	$t < 25$		0.5		
	$t \geq 25$		1.0		
对接间隙 $\Delta_2$			1.0		
盖板中心与腹板中心线偏移 $\Delta$			1.0		
组合角钢肢高低差 $\Delta$	连接部位		0.5		
	非连接部位		1.0		
盖板倾斜 $\Delta$			0.5		
组装间隙 $\Delta$			1.0		
桁梁斜杆、竖杆、横梁、纵梁、横肋、横联杆件	高度 $H$	拼接部位	插入式	$0, -1.5^*$	
			对拼式	$+1.5, 0^*$	
		其余部位		$\pm 2.0$	
	宽度 $B$	拼接部位		$+1.5, 0$	
		非拼接部位		$\pm 2.0$	
箱形构件对角线差 $ L_1 - L_2 $				2.0	

续表 6.9.14-3

项目		允许偏差	图例
整体节点 节点板垂直度 $\Delta$		1.5	
宽度 $B_1$ 、 $B_2$	节点板处 $B_1$	+2.5, +0.5*	
	接口处 $B_2$	+1.5, 0	
构件接头板组装尺寸 $L_1$		+1.5, 0	
高度 $H$ 、 $H_1$ 、 $H_2$		+1.5, 0	
箱形杆件横隔板间距		±2.0	
锚箱锚管角度		0.1°	
加劲肋 间距 $S$	拼接部位	±1.0	
	其余部位	±2.0	
锚箱承压板垂直度		≤0.1°	斜拉索轴线与锚箱承压板垂直度
锚点位置		±2.0	锚点距相邻节点中心各向位置
整体节点内斜杆、 竖杆接头板位置	与斜杆、竖杆 中心线偏离 $\Delta$	0.5	
	斜杆、竖杆 接头板内距 $B$	+1.0, 0	
板梁主梁高度	$H \leq 2\text{m}$	+2.0, 0	
	$H > 2\text{m}$	+4.0, 0	
板梁纵梁、横梁、 联结系构件高度 $H$		+1.5, 0	
磨光顶紧	局部缝隙	0.2	

注：\* 可根据工艺方法调整。

## 6.10 端面加工

**6.10.1** 构件或部件的端面加工应在构件或部件组装、焊接完成且检验合格后进行，可采用端铣床加工。

**6.10.2** 部件端部铣削量应根据基准面（线）和焊接收缩量等确定，不宜小于 5.0mm。

**6.10.3** 柱端铣后顶紧接触面应有 75% 以上的面积紧贴，且边缘最大间隙不得大于 0.8mm。

**6.10.4** 外露的铣平面应有防腐保护措施。

**6.10.5** 构件端部铣平允许偏差应符合表 6.10.5 的规定。

表 6.10.5 端部铣平允许偏差（mm）

项目	允许偏差
两端铣平时构件长度	±2.0
两端铣平时零件长度	±0.5
铣平面平面度	0.3
铣平面对轴线的垂直度	不大于 $l/1500$ ，且不大于 0.5

注：l 为构件长度。

## 6.11 摩擦面加工

**6.11.1** 高强度螺栓摩擦型连接时，应对摩擦面进行加工处理，处理后的摩擦面抗滑移系数应符合设计要求；高强度螺栓承压型连接时，应清除构件接触面的油污及浮锈，可不进行抗滑移系数试验。

**6.11.2** 摩擦面宜采用喷砂或抛丸处理，不宜采用打磨处理，经处理的摩擦面应采取防油污和防损伤的保护措施。

**6.11.3** 除设计文件要求采用摩擦系数小于 0.3，且可不进行抗滑移系数试验的情况外，其余均应按现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 的规定进行抗滑移系数试验，并出具试验报告。试验报告应写明试验方法和试验结果。

**6.11.4** 采用高强度螺栓摩擦型连接的构件出厂前，应根据现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 和设计文件的规定，同期制作相同材质和相同处理方法的抗滑移系数复验用的试件三套，并应与构件同时交付。

**6.11.5** 摩擦面的加工质量应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 的规定；当摩擦面必须采用打磨处理时，砂轮打磨方向应与构件受力方向垂直，且打磨范围不得小于螺栓直径的 4 倍。

**6.11.6** 摩擦面应符合下列规定：

1 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 经处理后的摩擦面应采取保护措施，不得在摩擦面上做标记；

3 当采用生锈方法处理摩擦面时，应在安装前采用细钢丝刷沿垂直于构件受力方向去除摩擦面上的浮锈。

**6.11.7** 桥梁钢结构中高强度螺栓连接的摩擦面抗滑移系数应符合设计要求，设计无要求时，摩擦面涂层的初始抗滑移系数不应小于 0.55，安装前的复验值不应小于 0.45。摩擦面涂层抗滑移性能的保质期为 6 个月，超过保质期后，应重新检验抗滑移系数。

**6.11.8** 桥梁钢结构中，高强度螺栓连接的摩擦面抗滑移系数试验的构件组批和试件组数应符合下列规定：

1 散件安装的构件以 2000t 为一批，不足 2000t 时视为一批；

2 整体安装的构件以每 10 个节段为一批，不足 10 个节段时视为一批；

3 每一批制作 6 组试件，其中 3 组用于出厂试验，3 组用于工地复验；

4 设计文件对抗滑移系数试件的数量及规格有要求时，应符合设计要求。

## 7 钢结构数字化加工

### 7.1 一般规定

**7.1.1** 钢结构制造企业宜配置相应的数控设备、数控加工生产线、钢结构制造协同管理平台，以及其他相关信息化系统等基本设施。

**7.1.2** 钢结构制造企业宜结合信息化系统的模块管理需求，制定相应的编码规则，并进行资源编码。

**7.1.3** 钢结构数字化制造的过程信息应转变为计算机可识别的信息，主要包括：制造设备数字化、工艺设计数字化、生产信息的采集、制造资源识别、生产现场通信与异常状况的检测等。

**7.1.4** 钢结构数字化车间体系架构应重点涵盖钢结构产品的生产制造过程，并实现层级间的信息集成。

**7.1.5** 钢结构数字化车间应建有互联互通的网络，实现信息化系统和制造资源的信息交互。

**7.1.6** 钢结构数字化车间生产过程的关键要素可进行数字孪生，实现车间生产过程三维场景的实时映射，协助车间进行调度规划。

### 7.2 数字化制造中 BIM 应用

**7.2.1** 根据项目各个阶段、各项任务的需要，应创建、使用和管理模型（BIM）。

**7.2.2** 针对易实现标准化作业的关键工序，应确定模型（BIM）在设备加工过程中的应用方式。

**7.2.3** 模型（BIM）应用过程中应将 BIM 与信息化系统相结合，建立钢结构制造协同管理平台。

**7.2.4** 钢结构制造协同管理平台，应满足钢结构制造全过程中

的钢结构施工详图设计、物料管理、工艺管理、生产管理、质量管理等各部门、各工序之间的信息传递与协同工作需要。

### 7.3 物料数字化管理

**7.3.1** 钢结构数字化制造过程中的物料管理，应通过建立物料管理系统，对车间物料数量、状态变化进行记录、追溯与分析。

**7.3.2** 所有物料应进行编码，并通过物料管理系统进行信息传输、保存和利用。

### 7.4 制造设备数字化

**7.4.1** 加工制作单位宜结合构件形式、标准化程度、加工精度要求、焊缝质量要求、工艺适应性、加工流程特点，选用数控设备/数控加工生产线，并符合下列要求：

1 零件切割下料采用数控设备，可将钻孔系统、切割系统结合，实现带孔零件板的钻孔、切割一体化加工。

2 型钢应采用数控加工生产线，按照工艺流程将各工序设备进行有序排列，通过输运单元进行输送，形成锯切、制孔、坡口加工的流水线作业。

3 圆管相贯部位的切割采用数控相贯线切割设备。

4 箱形构件、焊接 H 型钢的制作宜采用数控加工生产线，按照工艺流程将各工序设备进行有序排列，通过输运单元进行输送、翻转，形成组立、焊接、端面加工的流水线作业。

5 对于标准化程度高，且批量生产的部件和构件，宜采用机器人焊接；机器人焊接应具备焊缝跟踪技术、离线编程、路径规划、焊接工艺数据库等功能。

**7.4.2** 不同的数控加工生产线或工作站可采用机器人系统，宜包括下列工序：

1 搬运机器人或输运单元可进行自动搬运零件。

2 箱形构件壁板间的连接焊缝打底、填充焊接宜采用机器人焊接。

3 焊接 H 型钢翼缘与腹板间的连接焊缝在无须清根处理时，宜采用机器人焊接。

4 钢结构桥梁板单元宜采用 U 形肋、板肋自动定位夹紧机构与焊接机器人进行自动化装配。

5 钢结构桥梁板单元中 U 形肋、板肋与板件间的连接焊缝宜采用机器人焊接。

**7.4.3** 数控设备应具有数控加工程序的上传和下载功能，并可存储多个加工程序，满足控制程序管理和调用需求，宜符合下列要求：

1 对构件信息进行数字化处理，形成可与数控设备通信的信息程序文件；

2 数控程序文件应包含数控程序编号、数控程序名称、构件编号、创建日期、程序版本号等信息。

**7.4.4** 钢结构数控设备/数控加工生产线的工件数控运输单元，应根据工件重量进行高、中、低速切换。

**7.4.5** 设备运行数据采集应由设备控制系统与数据采集系统实现。数据采集系统配置通信接口，采集关键设备的数据等工作状态等信息，并传递给上层级信息管理系统，统计分析设备运行情况。

**7.4.6** 根据设备及数控加工生产线布置情况构建数字化模型，宜采用可视化看板形式，实时监控设备的运行状态。

## 7.5 工艺执行与车间的数字化管理

**7.5.1** 制造过程中工序流转的数字化管控宜采用钢结构制造协同管理平台实现，通过工艺数字化、车间网络互通互联，进行工艺数字化管理。

**7.5.2** 钢结构工艺数字化管理宜包括下列功能：

1 工艺权限管理功能。钢结构制造协同管理平台根据岗位职责要求，进行相应权限分配，授权人员可进行钢结构工艺的上传、下载、查询、修改等操作。

**2** 工艺流程管理功能。根据不同构件类型或结构形式，在钢结构制造协同管理平台进行工艺路线设定。

**3** 工艺数据管理功能。授权人员可对工艺数据库中已有工艺参数进行维护和调用。

**4** 工艺优化管理功能。经优化后的工艺文件，可上传至钢结构制造协同管理平台进行替换，并更新文件版本号。

**7.5.3** 根据项目交货期、深化设计、物料采购、车间实时生产进度、设备运行状态等信息，宜在钢结构制造协同管理平台中，进行生产计划与调度的数字化管理。

**7.5.4** 根据钢结构制造协同管理平台的车间数字化信息，宜进行详细排产、派工，形成批次计划。

**7.5.5** 在构件的加工制作过程中，应根据钢结构制造协同管理平台统计的计划执行信息，进行生产任务的调整。

## **7.6 构件标识数字化**

**7.6.1** 加工制作单位应采用构件数字化标识，并通过钢结构制造协同管理平台对构件进行全过程跟踪，采集构件当前所在工序的信息。

**7.6.2** 数字化标识应与构件图纸、构件材质、操作工、质检、发运状态等信息进行关联。

## **7.7 质量数字化管理**

**7.7.1** 材料检验、切割、制孔、矫正、组装、焊接、表面处理、预拼装、涂装、包装等制作过程质检数据，宜在钢结构制造协同管理平台上进行质量数字化管理。

**7.7.2** 制成品宜通过数字、文字、照片等二维码数字化标识形式，追溯生产过程中的关键信息。

**7.7.3** 钢结构制造企业宜通过钢结构制造协同管理平台，对过程质检情况数据进行汇总，并分析质量异常原因。



## 8 焊 接

### 8.1 一 般 规 定

**8.1.1** 本章适用于工程中承受静荷载或动荷载、钢材厚度不小于 3mm 的钢结构焊接。钢结构焊接应符合现行国家标准《钢结构焊接规范》GB 50661 及设计文件的具体要求。

**8.1.2** 钢结构焊接中常用国内钢材应按其屈服强度分为四个类别（表 8.1.2）。国内新钢种和国外钢材可按其屈服强度级别归入相应类别。

表 8.1.2 常用国内钢材分类

类别号	屈服强度	钢材牌号举例	对应标准号
I	$\leq 300\text{MPa}$	Q195、Q215、Q235、Q275	GB/T 700
		20、25、15Mn、20Mn、25Mn	GB/T 699
		Q235GJ	GB/T 19879
		Q235NH、Q265GNH、Q295NH、Q295GNH	GB/T 4171
		ZG 200-400H、ZG 230-450H、ZG 270-480H	GB/T 7659
		G17Mn5QT、G20Mn5N、G20Mn5QT	JGJ/T 395
II	$> 300\text{MPa}$ 且 $\leq 370\text{MPa}$	Q355	GB/T 1591
		Q345q、Q370q、Q345qNH、Q370qNH	GB/T 714
		Q345	GB/T 8162、 GB/T 13793
		Q345GJ	GB/T 19879
		Q310GNH、Q355NH、Q355GNH	GB/T 4171
		ZG300-500H、ZG340-550H	GB/T 7659

续表 8.1.2

类别号	屈服强度	钢材牌号举例	对应标准号
Ⅲ	$>370\text{MPa}$ 且 $\leq 420\text{MPa}$	Q390、Q420	GB/T 1591
		Q390GJ、Q420GJ	GB/T 19879
		Q420q、Q420qNH	GB/T 714
		Q415NH	GB/T 4171
Ⅳ	$>420\text{MPa}$	Q460、Q500、Q550、Q620、Q690	GB/T 1591
		Q460q、Q500q、Q460qNH、Q500qNH	GB/T 714
		Q460GJ	GB/T 19879
		Q460NH、Q500NH、Q550NH	GB/T 4171

**8.1.3** 钢结构焊缝焊接难度可根据钢材的厚度、类别和碳当量，按照表 8.1.3 分为 A、B、C、D 四个等级。焊缝的焊接难度等级应根据表中各影响因素所对应的最难等级确定。

钢材碳当量 (CEV) 宜采用公式 (8.1.3) 计算：

$$CEV(\%) = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Cu + Ni}{15} (\%) \quad (8.1.3)$$

表 8.1.3 钢结构焊缝焊接难度等级

影响因素 焊接难度等级	板厚 $t$ (mm)	钢材类别号	钢材碳当量 CEV (%)
A (易)	$t \leq 30$	I	$CEV \leq 0.38$
B (一般)	$30 < t \leq 60$	II	$0.38 < CEV \leq 0.45$
C (较难)	$60 < t \leq 100$	III	$0.45 < CEV \leq 0.50$
D (难)	$t > 100$	IV	$CEV > 0.50$

注：钢材类别号应符合本标准表 8.1.2 的规定。

**8.1.4** 承担钢结构焊接的单位应符合下列规定：

- 1 具有相应的焊接质量管理体系和技术标准；
- 2 具有相应资格的焊接技术人员、焊接检验人员、无损检

测人员、焊工、焊接热处理人员；

3 具有与所承担的钢结构焊接相适应的焊接设备、检验和试验设备；

4 对承担焊接难度等级为 C 级和 D 级焊缝焊接的单位，应具有与焊接性试验项目需求相适应的焊接工艺试验室。

8.1.5 钢结构制造中的焊接应按照相应的焊接工艺规程（WPS）执行，大型复杂项目应制定单独的焊接工艺方案。

8.1.6 钢结构制造企业应根据工程特点制定焊接管理流程。

8.1.7 钢结构制造企业应根据构件受力、焊接变形、焊接可操作性和焊缝可检测性，对设计图纸中的焊接要求进行工艺合理性审查。当需要对设计进行修改时，必须取得设计单位同意，并出具设计变更文件。

## 8.2 焊接方法

8.2.1 钢结构制造单位应根据设计文件要求选择焊接方法；在满足工艺要求的前提下，应优先采用自动化、智能化高效焊接方法。

8.2.2 钢结构制造常用焊接方法包括焊条电弧焊、气体保护电弧焊、自保护药芯焊丝电弧焊、埋弧焊、电渣焊、气电立焊、栓钉焊等，其代号应满足表 8.2.2 的要求。

表 8.2.2 常用焊接方法及代号

代号	焊接方法	
1	焊条电弧焊	SMAW
2-1	半自动实心焊丝 CO <sub>2</sub> 气体保护焊	GMAW-CO <sub>2</sub>
2-2	半自动实心焊丝混合气体保护焊	GMAW-MG
3-1	半自动药芯焊丝气体保护焊	FCAW-G
3-2	半自动自保护药芯焊丝电弧焊	FCAW-SS
4	非熔化极气体保护焊	GTAW

续表 8.2.2

代号	焊接方法	
5-1	单丝埋弧焊	SAW-S
5-2	多丝埋弧焊	SAW-M
5-3	单电双细丝埋弧焊	SAW-MD
5-4	窄间隙埋弧焊	SAW-NG
6-1	熔嘴电渣焊	ESW-N
6-2	丝极电渣焊	ESW-W
6-3	板极电渣焊	ESW-P
7-1	单丝气电立焊	EGW-S
7-2	多丝气电立焊	EGW-M
8-1	自动实心焊丝 CO <sub>2</sub> 气体保护焊	GMAW-CO <sub>2</sub> A
8-2	自动实心焊丝混合气体保护焊	GMAW-MA
8-3	窄间隙自动气体保护焊	GMAW-NG
8-4	自动药芯焊丝气体保护焊	FCAW-GA
8-5	自动自保护药芯焊丝电弧焊	FCAW-SA
9-1	非穿透栓钉焊	SW
9-2	穿透栓钉焊	SW-P
10-1	机器人实心焊丝气体保护焊	RW-GMAW
10-2	机器人药芯焊丝气体保护焊	RW-FCAW
10-3	机器人埋弧焊	RW-SAW

### 8.3 焊接从业人员

**8.3.1** 钢结构焊接从业人员的资格应符合下列规定：

1 焊接技术人员应接受过专门的焊接技术培训，且有一年以上焊接实践经验。

2 焊接技术负责人还应具有焊接及相关专业中级以上技术职称或焊接工程师职业资格证书。承担焊接难度等级为 C 级和 D 级焊缝焊接的钢结构制造单位，焊接技术负责人应具有焊接及相关专业高级技术职称或焊接工程师职业资格证书。

3 焊接检验人员应接受过专门的技术培训，并具有检验人员上岗资格证或焊接检验人员职业资格证书。

4 无损检测人员必须由专业机构考核合格，其资格证在有效期内，并按考核合格项目及权限从事无损检测和审核工作。承担焊接难度等级为 C 级和 D 级焊缝焊接的无损检测审核人员应具有现行国家标准《无损检测人员资格鉴定与认证》GB/T 9445 规定的 3 级资格。

5 焊工应按所从事钢结构的钢材种类、焊接连接形式、焊接方法、焊接位置等要求进行技术资格考试，并取得相应的资格证书，其施焊范围不得超越资格证书的规定。

6 焊接热处理人员应具备相应的专业技术。用电加热设备加热时，其操作人员应经过专业培训。

### 8.3.2 钢结构焊接从业人员的职责应符合下列规定：

1 焊接技术人员负责组织焊接工艺评定，编制焊接工艺规程，处理钢结构制造过程中的焊接技术问题；

2 焊接检验人员负责检查和控制焊接作业全过程，并出具检查报告；

3 无损检测人员应按设计文件或国家现行标准的规定，对受检部位进行检测，并出具检测报告；

4 焊工应按照焊接工艺规程的要求进行焊接，且不得超过其技能资格许可的范围；

5 焊接热处理人员应按照热处理作业指导书及相应的操作规程进行作业。

## 8.4 焊接工艺评定

### 8.4.1 钢结构制造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、焊接工艺参数、预热和焊后热处理等各种参数的组合条件，应在钢结构加工制作前进行焊接工艺评定（WPQ）。符合现行国家标准《钢结构焊接规范》GB 50661 免于评定规定的，可不进行焊接工艺评定。

**8.4.2** 焊接工艺评定应符合《钢结构焊接规范》GB 50661 的相关规定。当设计文件和合同另有要求时，应按其规定进行。

**8.4.3** 进行焊接工艺评定时，应由钢结构制造单位根据焊接连接形式、钢材类型和规格、焊接方法、焊接位置等，制订焊接工艺评定方案和焊接工艺预规程（pWPS）。在第三方机构的全程见证下，按规定施焊试件，切取试样送检测机构，检测焊接接头是否具有所要求的使用性能，并出具检测报告。由焊接工艺评定单位根据检测结果及相关规定对焊接工艺预规程做出评定，出具焊接工艺评定报告。

**8.4.4** 免于评定的焊接工艺，其焊接方法及施焊位置、母材和焊缝金属组合、最低预热温度、焊接工艺参数、焊前准备及焊接环境、焊缝坡口形式及尺寸、焊材保存烘干、最小焊脚尺寸、最大单道焊缝尺寸限制、焊接节点构造等应符合现行国家标准《钢结构焊接规范》GB 50661 的相关规定。

**8.4.5** 经评定合格的焊接工艺，应根据焊接工艺评定报告（PQR）编制焊接工艺规程；免于评定的焊接工艺必须有制作单位焊接工程师和单位技术负责人签发的免于评定焊接工艺报告，并依照工艺报告制定焊接工艺规程。焊接工艺规程可采用现行国家标准《钢结构焊接规范》GB 50661 推荐的格式。

**8.4.6** 焊接工艺规程应下发至实施部门和人员，钢结构制作过程中应严格遵照执行。

**8.4.7** 当焊接工艺参数的变化不符合现行国家标准《钢结构焊接规范》GB 50661 相关规定的允许范围时，应重新进行焊接工艺评定。

**8.4.8** 焊接坡口组装间隙超过允许偏差时，应模拟钢结构制作的拘束情况，进行宽间隙焊接工艺评定。实际制作过程中，允许

的最大组装间隙不应超过焊接工艺评定试验的间隙值。

## 8.5 焊接材料

**8.5.1** 焊接材料熔敷金属的力学性能应满足设计文件和产品标准要求，其性能指标不应低于被焊母材产品标准的最低要求。

**8.5.2** 焊接材料应设专用焊材储存库，由专人保管、烘焙（干）、发放和回收，并有详细记录。专用焊材贮存库应通风良好，温度宜在 $5^{\circ}\text{C}\sim 50^{\circ}\text{C}$ 范围，空气相对湿度不大于60%。

**8.5.3** 酸性焊条保存时应有防潮措施，受潮的焊条使用前应在 $100^{\circ}\text{C}\sim 150^{\circ}\text{C}$ 范围内烘干1h~2h。

**8.5.4** 低氢型焊条使用应符合下列规定：

1 焊条使用前在 $300^{\circ}\text{C}\sim 430^{\circ}\text{C}$ 范围内烘焙1h~2h，或按制造厂家提供的焊条使用说明书进行。焊条放入时烘箱的温度不超过规定最高烘焙温度的一半，烘焙时间以烘箱达到规定最高烘焙温度后开始计算。

2 烘焙后的低氢焊条放置于温度不低于 $120^{\circ}\text{C}$ 的保温箱中存放、待用；使用时应置于保温筒中，随用随取。

3 焊条烘焙后在大气中放置时间不超过4h，用于焊接分类为Ⅲ、Ⅳ类钢材的焊条，烘焙后在大气中放置时间不超过2h。重新烘焙次数不超过1次。

**8.5.5** 碱性焊剂使用前应按制造厂家推荐的温度进行烘焙，已受潮或结块的焊剂不得使用；用于焊接Ⅲ、Ⅳ类钢材的焊剂，烘焙后在大气中放置时间不超过4h。

**8.5.6** 焊丝、电渣焊熔嘴或送丝导管的表面以及栓钉焊接端面应无油污、锈蚀。

**8.5.7** 栓钉焊瓷环保存时应有防潮措施，受潮的焊接瓷环使用前，应烘干1h~2h，烘干温度在 $120^{\circ}\text{C}\sim 150^{\circ}\text{C}$ 范围内。

**8.5.8** 常用结构钢的焊接材料可按表8.5.8选配。当钢材有特殊性能要求时，焊接材料的匹配尚应满足相关性能的要求。

表 8.5.8 常用结构钢的焊接材料匹配推荐表

母材						
GB/T 700 和 GB/T 1591 标准钢材	GB/T 8162 和 GB/T 13793	GB/T 19879 标准钢材	GB/T 714 标准钢材	GB/T 4171 标准钢材 <sup>a)</sup>	GB/T 7659 标准钢材	
Q215	—	—	—	—	ZG200 - 400H ZG230 - 450H	
Q235 Q275	—	Q235GJ	—	Q235NH Q265GNH Q295NH Q295GNH	ZG270 - 480H	
Q355 Q390	Q345	Q345GJ Q390GJ	Q345q Q370q Q345qNH、 Q370qNH	Q310GNH Q355NH Q355GNH	—	
Q420	—	Q420GJ	Q420q Q420qNH	Q415NH	—	
Q460	—	Q460GJ	Q460q Q500q Q460qNH Q500qNH	Q460NH	—	



续表 8.5.8

焊接材料					
焊条电弧焊 SMAW	实心焊丝气体 保护焊 GMAW	药芯焊丝气体 保护焊 FCAW	埋弧焊 SAW	电渣焊	
				熔嘴	丝极
GB/T 5117; E43XX	GB/T 8110; ER49-X	GB/T 10045; T43XX-XXX-X	GB/T 5293; S43X (S) XX-X	—	
GB/T 5117; E43XX E50XX GB/T 5118; E50XX	GB/T 8110; ER49-X G49XXC1XX	GB/T 10045; T43XX-XXX-X T49XX-XXX-X GB/T 17493; T49X-XX-XX	GB/T 5293; S43X (S) XX-X	GB/T 5293 SU08A, SU26	
GB/T 5117; E50XX GB/T 5118; E50XX E55XX <sup>b</sup>	GB/T 8110; G49XXC1XX G55XXC1XX	GB/T 10045; T49XX-XXX-X GB/T 17493; T49X-XX-XX	GB/T 5293; S49X (S) XX-X GB/T 12470; S49XX-X	GB/T 5293 SU26 <sup>c</sup> , SU34, SUM3、	GB/T 5293 SU34, SU44, SUM3
GB/T 5117; E50XX, E55XX, E57XX GB/T 5118; E52XX, E55XX	GB/T8110 G55XXC1XX	GB/T 10045; T55XX-XXX-X T57XX-XXX-X GB/T 17493; T55X-XX-XX	GB/T 5293; S55X (S) XX-X S57X (S) XX-X GB/T 12470; S55XX-X	—	

续表 8.5.8

焊接材料				
焊条电弧焊 SMAW	实心焊丝气体 保护焊 GMAW	药芯焊丝气体 保护焊 FCAW	埋弧焊 SAW	电渣焊
				熔嘴
				丝极
GB/T 5117; E55XX、E57XX GB/T 5118; E55XX、E62XX	GB/T 8110 G55XXC1XX	GB/T 10045; T57XX-XXX-X GB/T 17493; T57X-XX-XX T62X-XX-XX	GB/T 5293; S57X (S) XX-X GB/T 12470; S62XX-X	—

注：1 被焊母材有冲击要求时，熔敷金属的冲击功不应低于母材规定或设计要求；

2 母材厚度不小于 25mm 时，宜采用低氢型焊接材料；

3 表中 X 对应焊材标准中的相应规定；

4 电渣焊采用氟碱性焊剂，焊剂的 S、P 含量宜控制在 0.025% 以下。

a 耐候钢的焊接材料除力学性能外，还应满足与母材相匹配的耐候要求；

b 仅适用于厚度不大于 35mm 的 Q345q 钢及厚度不大于 16mm 的 Q370q 钢；

c 可适当增加 Si 含量。

## 8.6 焊前准备

### 8.6.1 焊接坡口准备应符合以下规定：

1 待焊接的母材表面和两侧应均匀光滑，且无毛刺、裂纹和其他对焊缝质量有不利影响的缺欠。待焊接的表面及距焊缝坡口边缘位置 30mm 范围内不得有氧化皮、锈蚀、油脂、水等杂质；

2 结构用钢材坡口表面切割缺陷进行焊接修补时，可根据现行国家标准《钢结构焊接规范》GB 50661 的规定，制定修补焊接工艺，并记录存档。

### 8.6.2 焊接接头及组装尺寸检测应符合以下规定：

1 焊接接头形式和尺寸宜符合现行国家标准《钢结构焊接规范》GB 50661 的规定。组装后坡口尺寸允许偏差应满足表 8.6.2 的要求。

表 8.6.2 焊接接头坡口尺寸组装允许偏差

项 目	背面不清根	背面清根	备注
接头钝边	±2mm	不限制	最小钝边为 0
无钢衬垫接头根部间隙	±2mm	+2mm -3mm	最小间隙为 0
带钢衬垫接头根部间隙	+6mm -2mm	不适用	最小间隙为 0
接头坡口角度	+10° -5°	+10° -5°	—
U 形和 J 形坡口根部半径	+3mm -0mm	不限制	—

2 严禁在接头间隙中填塞焊条头、铁块等杂物。

3 当坡口组装间隙偏差超过表 8.6.2 规定，但不大于较薄板厚度 2 倍和 25mm 两值中较小值时，可按焊接工艺在坡口单侧

或两侧堆焊；当超出上述限值，并采用坡口堆焊并修磨的方法修复时，应根据实际情况编制坡口修整方案，进行焊接工艺评定，并应经设计和业主或监理工程师认可后方可执行，且其数量不应超过同批次中同类焊缝数量的 20%。经堆焊修复的焊接接头应增加坡口堆焊区域的无损检测，合格标准应与焊缝要求相同。

4 对接接头的错边量不应超过表 8.8.10-2 的规定。当承受动荷载结构的不等厚部件对接接头的厚度差超过 3mm，承受静荷载结构的不等厚部件对接接头的厚度差超过 10mm 时，较厚部件应按不大于 1:2.5 坡度平缓过渡。

5 T 形接头的角焊缝及部分焊透焊缝连接的部件宜密贴，两部件间根部间隙不超过 5mm；当间隙超过 5mm 时，应在板端表面堆焊并修磨平整，使其间隙符合要求。堆焊修复焊接工艺及焊缝质量应符合要求。

6 当承受静荷载的结构根部间隙大于 1.5mm 且小于 5mm 时，角焊缝的焊脚尺寸应按根部间隙值予以增加；当间隙超过 5mm 时，应在待焊板端表面堆焊并修磨平整，使其间隙符合表 8.6.2 的要求；承受动荷载的结构，根部间隙不应大于 1mm。

7 对于搭接接头和塞焊、槽焊及钢衬垫与母材间的连接，其接触面之间的间隙不应超过 1.5mm；经疲劳验算结构的焊接接头衬垫与母材的间隙不应超过 0.5mm。

**8.6.3** 焊接作业区环境温度、相对湿度和风速等应符合现行国家标准《钢结构焊接规范》GB 50661 的要求。焊接环境温度不应低于 0℃。当低于 0℃ 时，应符合以下规定：

1 当不低于 -10℃ 时，应采取加热或防护措施。焊接电弧周边不小于 2 倍钢板厚度且 100mm 范围内的母材温度，不低于 20℃ 和规定的最低预热温度二者的较高者，且在焊接过程中均不应低于此温度。

2 当低于 -10℃ 时，应进行相应焊接环境下的工艺评定试验，评定合格后再进行焊接。

**8.6.4** 焊接引弧板、引出板应符合以下规定：

1 屈服强度应不大于被焊钢材屈服强度等级，且具有相近的化学成分和焊接性；

2 焊条电弧焊和气体保护电弧焊焊缝引弧板、引出板长度不小于 25mm；埋弧焊引弧板、引出板长度不小于 80mm；

3 宜采用火焰切割、碳弧气刨或机械等方法去除引弧板和引出板，去除时不得伤及母材，并将割口处焊缝端部修磨平整。严禁采用锤击方式去除引弧板和引出板。

**8.6.5** 焊接衬垫可采用陶瓷、金属、焊剂、纤维等材料。当使用钢衬垫时，钢衬垫应与被焊母材材质相同或为同一类别的钢材，其强度等级和质量等级应低于被焊母材，且应符合以下规定：

1 钢衬垫与焊缝金属应熔合良好。

2 钢衬垫在整个焊缝长度内应连续设置。

3 采用焊条电弧焊、气体保护电弧焊和药芯焊丝电弧焊时，衬垫板厚度不小于 4mm；采用埋弧焊时，衬垫板厚度不小于 6mm；采用电渣焊时，衬垫板厚度不小于 25mm。

4 钢衬垫与接头母材金属的间隙不大于 1.5mm。

**8.6.6** 焊接预热和道间温度控制应符合以下规定：

1 应根据钢材的化学成分、接头的拘束状态、热输入大小、熔敷金属含氢量水平及所采用的焊接方法等因素确定预热温度和道间温度；或进行焊接试验确定实际工程结构施焊时的最低预热温度。

2 结构用钢材采用中等热输入焊接时，其最低预热温度也可按表 8.6.6 选择，其他结构用钢应根据本条 1 款规定确定。

**表 8.6.6 结构用钢材最低预热温度要求**

钢材牌号	接头最厚板件厚度 $t$ (mm)				
	$t < 20$	$20 \leq t \leq 40$	$40 < t \leq 60$	$60 < t \leq 80$	$t > 80$
Q235	—	—	40	50	80
Q355	—	20	60	80	100

续表 8.6.6

钢材牌号	接头最厚板件厚度 $t$ (mm)				
	$t < 20$	$20 \leq t \leq 40$	$40 < t \leq 60$	$60 < t \leq 80$	$t > 80$
Q390、Q420	20	60	80	100	120
Q460	20	80	100	120	150

注：1 本表采用的焊接热输入为  $15\text{kJ}/\text{cm} \sim 25\text{kJ}/\text{cm}$ ，当热输入超出此范围时，可通过试验或计算法确定最低预热温度；

2 当采用非低氢焊接材料或焊接方法焊接时，预热温度应比表中规定的温度提高  $20^\circ\text{C}$ ；

3 当母材施焊处温度低于  $0^\circ\text{C}$  时，应根据焊接作业环境、钢材牌号及板厚的具体情况将表中预热温度适当增加，且在整个焊接过程中道间温度不应低于这一温度；

4 焊接接头板厚不同时，应按接头中较厚板的板厚选择最低预热温度和道间温度；

5 焊接接头材质不同时，应按接头中较高强度、较高碳当量的钢材选择最低预热温度；

6 本表不适用于供货状态为调质处理的钢材；控轧控冷（TMCP）钢最低预热温度可由试验确定；

7 “—”表示焊接环境在  $0^\circ\text{C}$  以上时，可不采取预热措施。

**3** 电渣焊和气电立焊在环境温度不低于  $0^\circ\text{C}$  施焊时，可不进行预热；但板厚大于  $60\text{mm}$  时，宜对引弧区域的母材预热至不低于  $50^\circ\text{C}$ 。

**4** 焊接过程中，最低道间温度应不低于预热温度；承受静载结构焊接时，最大道间温度不宜超过  $250^\circ\text{C}$ ；承受动荷载结构和调质钢焊接时，最大道间温度不宜超过  $200^\circ\text{C}$ 。

**5** 可采用电加热、火焰加热和红外线加热等方法保持焊前预热及道间温度，并采用专用的测温仪器测量。

**6** 预热的加热区域应在焊缝坡口两侧，宽度应不小于 1.5 倍的焊件施焊处板厚和  $100\text{mm}$ ；预热温度宜在焊件受热面的背面测量，测量点应在离电弧经过前的焊接点各方向不小于  $75\text{mm}$  处；当采用火焰加热时，正面测温应在火焰离开后进行。

7 调质钢的预热温度、道间温度的确定应符合钢厂提供的指导性参数要求。

**8.6.7 定位焊应符合以下规定：**

1 定位焊所用焊接材料应与正式焊缝的焊接材料相当。

2 定位焊焊缝厚度不小于 3mm。当正式焊缝厚度大于 6mm 时，其定位焊缝厚度不宜超过正式焊缝厚度的 2/3。

3 定位焊缝的长度不小于 40mm，间距宜为 300mm～600mm。

4 采用钢衬垫的焊接接头，定位焊宜在接头坡口内焊接，预热温度宜高于正式施焊预热温度 20℃～50℃。

5 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；定位焊焊缝若存在裂纹、气孔、夹渣等缺欠，应完全清除后再进行正式焊缝的焊接。

6 需疲劳验算的结构，应制定专门的定位焊焊接工艺规程。

## 8.7 焊接工艺

**8.7.1 所有的焊接必须遵守焊接工艺规程要求。**

**8.7.2 临时焊缝应符合以下规定：**

1 临时焊缝的焊接工艺和质量要求与正式焊缝相同。

2 清除临时焊缝时应不伤及母材，并打磨修平焊缝区域。对于屈服强度大于 370MPa 的钢材及板厚大于 60mm 的低合金钢，清除临时焊缝后，应采用磁粉或渗透探伤方法对母材进行检测，不得存在裂纹等缺陷。

3 需疲劳验算的结构，不得在受拉部件中或受拉区域内设置临时焊缝，严禁在钢板非焊接部位引弧。其他区域的临时焊缝在清除并打磨平整后，应采用磁粉或渗透探伤方法进行检测。

**8.7.3 多层多道焊时应连续施焊，焊道间的焊接接头应错开 50mm 以上，每一焊道焊接完成后，应及时清理焊渣及表面飞溅物；遇有中断施焊的情况时，应采取保温措施，必要时可进行后热处理；再次焊接时的重新预热温度，应比初始预热温度提**

高 20℃。

**8.7.4** 埋弧自动焊应在距正式焊缝端部 80mm 以外的引弧板、引出板上起（熄）弧。当焊接过程中出现断弧时，应将停弧处修磨成斜坡状，并搭接 50mm 再引弧施焊，焊后搭接接头处应修磨至平缓过渡。

**8.7.5** 全熔透焊缝清根后的刨槽，应形成侧面角不小于 10° 的单面 U 形坡口，焊接前必须彻底清理坡口表面。当采用碳弧气刨清根时，应符合下列规定：

- 1 碳弧气刨工经过培训方可上岗操作；
- 2 碳弧气刨后表面光洁，无夹碳、粘渣等缺欠；
- 3 碳弧气刨后，使用砂轮打磨刨槽表面，去除渗碳淬硬层及残留熔渣后进行焊接。

**8.7.6** 钢结构焊接时，宜采用以下措施控制构件的变形和收缩：

- 1 根据构件上焊缝的布置，宜按下列要求确定焊接顺序：
  - 1) 对接接头、T 形接头和十字形接头，宜双面对称焊接；
  - 2) 对称截面的构件，宜对称于构件中性轴焊接；
  - 3) 对称连接杆件的节点，宜对称于节点轴线同时对称焊接；
  - 4) 非对称双面坡口焊缝，宜先焊深坡口面，后焊浅坡口面。厚板宜增加轮流对称焊接的循环次数；
  - 5) 长焊缝宜采用分段退焊法、跳焊法或多人对称焊接法。
- 2 构件组装焊接时，宜在无拘束状态下焊接。先焊收缩量大的接头，后焊收缩量较小的接头。

3 对于有较大收缩或角变形的接头，正式焊接前可预估焊接收缩和角变形量，预留焊接收缩余量或采用反变形方法进行控制。

4 对于焊缝分布不对称的异形截面构件，在满足设计要求的条件下，可采用调整填充焊缝熔敷量或补偿加热的方法进行控制。

5 多组件构成的组合构件，应采用分部组装焊接，分别矫正变形后再进行总装焊接。

**8.7.7** 层状撕裂预防措施应符合下列规定：





- 3) 采用双面坡口对称焊接代替单面坡口非对称焊接，见图 8.7.7-1 (c)；
- 4) 在 T 形或角接头中，板厚方向承受焊接拉应力的板材端头伸出接头焊缝区的长度 ( $L$ ) 不小于板材厚度 ( $t$ )，见图 8.7.7-1 (d)；
- 5) 在 T 形、十字形接头中，采用铸钢或锻钢过渡段，以对接接头取代 T 形、十字形接头，见图 8.7.7-1 (e)、图 8.7.7-1 (f)。

2 T 形接头、十字形接头、角接头焊接时，应采取以下焊接工艺措施：

- 1) 在满足接头承载力要求的条件下，宜选用具有熔敷金属塑性好的焊接材料；
- 2) 可采用塑性好的焊接材料在坡口内翼缘板表面上先堆焊塑性过渡层；
- 3) 当箱形柱采用类别为 II 类及以上钢材，且其角接头板厚不小于 80mm 时，板边火焰切割面宜用机械方法去除淬硬层（图 8.7.7-2）；

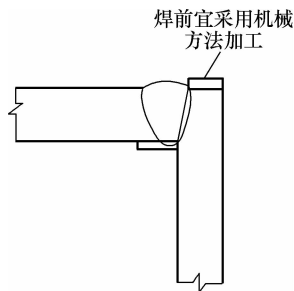


图 8.7.7-2 特厚板角接头防止层状撕裂的工艺措施

- 4) 宜采用低氢型、超低氢焊接方法和焊接材料进行焊接；
- 5) 宜提高接头的预热温度。

8.7.8 梁柱连接处梁腹板上的过焊孔应符合下列规定：

1 腹板上的过焊孔宜在腹板-翼缘板组合纵焊缝焊接完成后，与切除引弧板、引出板同时加工；

2 过焊孔高度宜不小于腹板厚度的 1.5 倍，且在 20mm~50mm 之间；过焊孔边缘与下翼板相交处与柱-梁翼缘焊缝熔合线间距应大于 10mm；腹板过焊孔弧形切口半径宜为 25mm~35mm；腹板-翼缘板组合纵焊缝不应绕过焊孔处的腹板厚度围焊（图 8.7.8）；

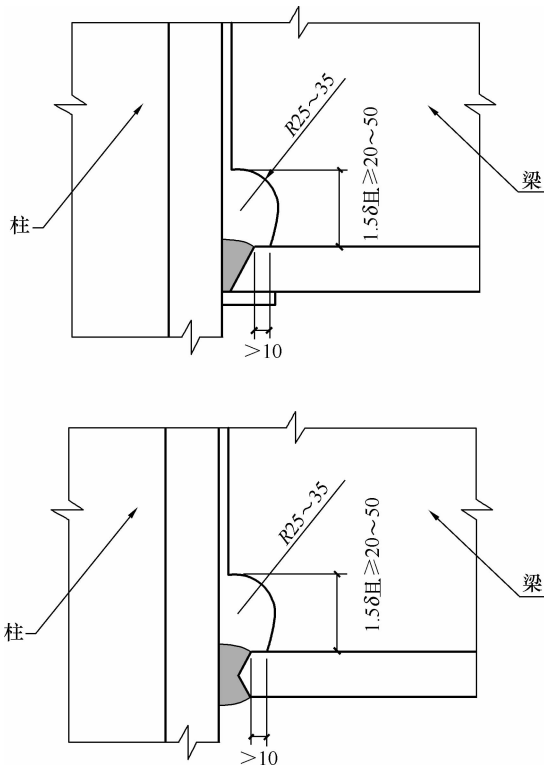


图 8.7.8 梁柱连接处梁腹板过焊孔示意图 ( $\delta$  为腹板厚度)

3 腹板厚度大于 38mm 时，过焊孔热切割应预热 65℃ 以上，且不低于最低预热温度，必要时可将切割表面磨光后进行磁

粉或渗透检测 (PT)；

4 不应采用堆焊方法封堵过焊孔。

#### 8.7.9 返修焊应符合下列规定：

1 返修焊接前，应采用砂轮打磨、碳弧气刨、铲凿或机械加工等方法彻底清除超标缺陷和氧化铁皮、锈蚀、油脂、水等杂质。

2 焊瘤、凸起或余高过大时，可采用砂轮或碳弧气刨清除过量的焊缝金属；焊缝凹陷或弧坑、焊缝尺寸不足应采用焊接方式修补。

3 当焊缝或母材中发现裂纹缺陷时，应按下列规定进行返修焊：

1) 应采用无损检测确定裂纹的范围及深度，分析产生原因，制定专门的返修工艺方案后方可返修；

2) 清除裂纹缺陷时，应采用砂轮打磨或碳弧气刨方法，清理长度应延长至裂纹两端各 50mm；

3) 应采用渗透或磁粉探伤方法确认裂纹并彻底清除后，再进行补焊；

4) 当返修部位拘束度较大时，宜在裂纹两端钻止裂孔后，再进行碳弧气刨，止裂孔的直径宜为 12mm~16mm。

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 返修部位应连续施焊，当中断焊接时，应采取保温或后热措施。

6 厚板返修焊后宜进行消氢热处理。

7 同一部位两次返修后仍不合格时，应重新制定返修方案，并经业主或监理单位认可后实施。

8 返修焊焊缝应按原检测方法和质量标准进行检测验收。返修焊接记录及返修前后的无损检测报告，应作为工程验收及存档资料。

8.7.10 进行焊后消氢热处理时，加热温度应为 250℃~350℃，

保温时间应根据板厚按每 25mm 不少于 0.5h 确定，且不应少于 1h。达到保温时间后应缓慢冷却至常温。消氢热处理的加热和测温方法应按本标准第 8.6.6 条第 6 款的规定执行。

**8.7.11** 焊后消除应力处理应按设计或合同文件的相关要求进行，并应符合下列规定：

1 局部消除应力热处理宜采用电加热器方法，加热设备应配有温度自动控制仪；构件焊缝每侧面加热板（带）的宽度不小于 200mm 和 3 倍的钢板厚度；加热板（带）以外构件两侧宜用保温材料覆盖。

2 整体消除应力热处理宜采用加热炉方法；可采用振动法均化构件残余应力。

3 用锤击法消除应力时，应使用圆头手锤或小型振动工具进行。根部焊缝、盖面焊缝或焊缝坡口边缘的母材不得使用锤击法。

**8.7.12** 栓钉焊应符合以下规定：

1 每班次焊接作业前，应按焊接工艺规程规定的工艺参数，在与母材类别相同，且厚度相近的试件上试焊 3 个栓钉，并进行焊缝外观质量和弯曲检验。当检验结果不符合要求时，应按上述要求重新进行试焊。当 2 次检验仍不满足要求时，应查明原因重新进行焊接工艺评定。

2 焊接栓钉的构件表面不宜进行涂装。

3 焊接完毕后，应全部清除瓷环和焊缝上的焊渣。

**8.7.13** 电渣焊和气电立焊应符合以下规定：

1 电渣焊可以采用熔嘴或丝极进行焊接。当采用熔嘴电渣焊时，熔嘴上的药皮不得受潮和脱落；受潮的熔嘴应在 120℃ 约 1.5h 的烘焙后使用；不得使用油污的熔嘴。

2 引弧和熄弧时可使用钢制或铜制引弧、熄弧块；铜制的延伸块可以重复使用。电渣焊使用的铜制引弧、熄弧块长度不得小于 100mm；引弧槽的深度不得小于 50mm，引弧槽的截面尺寸应与电渣焊焊缝的截面尺寸相同；起弧时可在引弧块的底部加

入碎焊丝。

3 电渣焊用焊丝中的硫、磷含量不得大于 0.025%。

4 采用水冷衬垫或铜衬垫时，焊趾处不得出现咬边缺陷。

5 电渣焊接头可采用 I 型坡口接头，接头的坡口间隙与板厚之间的关系宜满足表 8.7.13 的要求（图 8.7.13）。

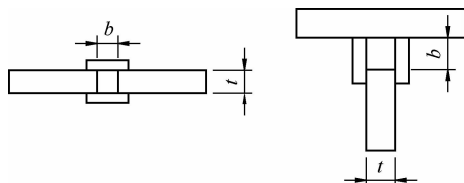


图 8.7.13 电渣焊接头坡口示意图

$b$ —坡口间隙； $t$ —板厚

表 8.7.13 电渣焊接头间隙与板厚关系

接头中被焊母材厚度 $t$ (mm)	接头间隙尺寸 $b$ (mm)
$t \leq 32$	25
$32 < t \leq 45$	28
$t > 45$	30~32

6 可采用填加焊剂和改变焊接电压的方法，保持渣池的深度和宽度，确保焊缝与母材熔合良好。

7 焊接过程中发生断弧或焊缝存在缺欠时，可采用钻孔的方法清除已焊焊缝，重新焊接；必要时可刨开面板，采用其他焊接方法进行局部修复。

8 需疲劳验算的结构和调质钢严禁采用电渣焊。

8.7.14 机器人焊接应符合以下规定：

1 焊接连接的组装精度和焊接条件应满足机器人焊接的要求，并符合现行国家标准《钢结构焊接规范》GB 50661 的要求；

2 机器人焊接应按照焊接工艺规程进行试验段的焊接，检验合格后正式焊接；

3 机器人焊接宜采用平焊、横焊和立焊位置施焊；

4 机器人焊接连接的焊接坡口组装尺寸允许偏差应符合表 8.7.14 的要求。

表 8.7.14 机器人焊接坡口组装尺寸允许偏差值

序号	项 目	允许偏差值	
		不清根	清根
1	钝边 (mm)	±1	±2
2	无衬垫根部间隙 (mm)	±2	±2
3	带衬垫根部间隙 (mm)	±4	—
4	坡口角度 (°)	±2	±2
5	U 形和 J 形坡口根部半径 (mm)	+3mm -0mm	±5

8.7.15 窄间隙焊应符合以下规定：

1 窄间隙焊可采用 V 形或 U 形（图 8.7.15）坡口，其尺寸可按表 8.7.15 确定；

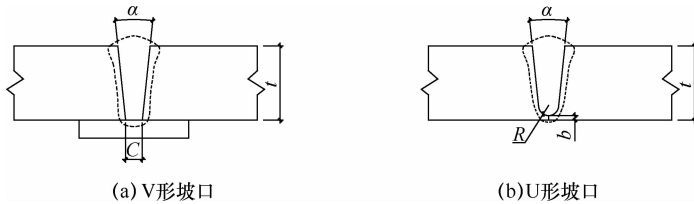


图 8.7.15 窄间隙焊接坡口形式

表 8.7.15 窄间隙焊焊接坡口尺寸

项 目	V 形坡口		U 形坡口
	埋弧焊	气保焊	气保焊
板材厚度 $t$ (mm)	40~300	40~300	40~300
坡口角度 $\alpha$ (°)	0~2	0~1	0~1
坡口根部间隙 $C$ (mm)	18~22	9	—
坡口根部 U 形半径 $R$ (mm)	—	—	4.5
坡口根部钝边 $b$ (mm)	—	—	1~2

2 窄间隙焊施焊前，应进行焊接工艺评定，并使用专用焊接设备；正式施焊前应按照焊接工艺规程进行试验段焊接，检验合格后正式焊接；

3 窄间隙焊的施焊位置应为平焊；

4 窄间隙焊施焊过程中出现电弧中断或焊缝中间存在缺欠时，可清除已焊焊缝，重新进行焊接；也可采用其他焊接方法进行返修焊。

## 8.8 焊接检验

8.8.1 焊接质量应根据设计文件的要求进行检验。不同类型钢结构的检验应符合下列规定：

1 锅炉钢结构无损检测应符合现行国家标准《锅炉钢结构制造技术规范》NB/T 47043 的要求；

2 输电线路铁塔角钢和钢管结构的焊缝外观质量和无损检测，应分别符合现行国家标准《输电线路铁塔制造技术条件》GB/T 2694 和现行行业标准《输变电钢管结构制造技术条件》DL/T 646 的要求；

3 水利水电钢闸门焊缝外观质量和无损检测，应符合现行国家标准《水利水电工程钢闸门制造、安装及验收规范》GB/T 14173 的要求；

4 核电厂钢制安全壳的检测和试验，应符合现行行业标准《压水堆核电厂钢制安全壳设计建造规范》NB/T 20482 中的要求；

5 其他类型钢结构的检测和试验，如无特殊规定，应符合本标准的要求。

8.8.2 焊接检验包括自检和监检，监检应在自检合格后进行，并应符合以下规定：

1 自检可由制作单位具有相应资格的检测人员或委托具有相应检验资质的检测机构进行；

2 监检应由具有相应检验资质的独立第三方委派具有相应



资质的人员进行。

**8.8.3 焊前检验应符合下列规定：**

1 按设计文件和国家现行标准的要求，对工程中所用钢材和焊接材料的规格、型号（牌号）、材质、外观及质量证明文件进行确认；

2 检查焊接设备状况及其适用性；

3 焊工合格证及认可范围；

4 焊接工艺技术文件及操作规程；

5 母材和焊接材料的一致性；

6 坡口形式、尺寸及表面质量；

7 组对后构件部件的形状、位置、错边量、角变形、间隙等；

8 焊接环境、焊接工装等；

9 定位焊缝的尺寸及质量；

10 焊接材料的烘干（焙）、保存及领用；

11 引弧板、引出板和衬垫板的装配质量。

**8.8.4 焊中检验应符合下列规定：**

1 焊接工艺参数：电流、电压、焊接速度、预热温度、道间温度及后热温度和时间等；

2 多层多道焊焊道缺欠的处理；

3 采用双面焊清根的焊缝，应在清根后进行外观检查及规定的无损检测；

4 在多层多道焊中的焊层、焊道的布置及焊接顺序等；

5 检查道间温度和道间清理。

**8.8.5 焊后检验应符合下列规定：**

1 焊缝的外观质量与外形尺寸检测；

2 焊缝的无损检测（NDT），内部缺陷宜优先采用超声波检测（UT）方法，表面缺陷宜优先采用磁粉检测（MT）方法；

3 焊接工艺规程记录及检验报告的确认。

**8.8.6 焊接检验前应根据钢结构所承受的荷载性质、加工详图**

及技术文件规定的焊缝质量等级要求，编制检验方案，由制造单位技术负责人批准后报监理单位备案。检验方案应包括检验批的划分、抽样检验的抽样方法、检验项目、检验方法、检验时机及相应的验收标准等内容。

**8.8.7 焊接检验抽样方法应符合以下规定：**

1 检验批宜以同一工区（车间）制作的焊缝组成；多层框架结构可以每节柱的所有构件组成检验批。

2 检验批的大小宜为（300~600）个焊缝处。

3 焊缝处的计数方法为：

1) 焊缝长度小于等于 1000mm 时，每条焊缝为 1 处；

2) 长度大于 1000mm 时，以 1000mm 为基准，每增加 300mm 焊缝数量增加 1 处。

4 除设计要求的焊缝外，抽样检验应采用随机取样方式取样。

**8.8.8 外观检测应符合以下规定：**

1 所有焊缝应冷却至环境温度后进行外观检测（VT）；

2 外观检测可采用目测方式，应采用量具、卡规等进行尺寸测量；可用 5 倍放大镜进行表面裂纹检查，必要时可采用磁粉探伤或渗透探伤；

3 栓钉焊焊缝的外观质量应符合表 8.8.8-1 或表 8.8.8-2 的要求；

4 栓钉焊焊缝的打弯抽样检查应在外观质量检验合格后进行；当栓钉弯曲至 30°时，焊缝和热影响区不得有肉眼可见的裂纹，检查数量应不小于栓钉总数的 1%，且不少于 10 个；

**表 8.8.8-1 栓钉焊接接头外观检验合格标准**

外观检验项目	合格标准	检验方法
焊缝外形尺寸	360°范围内焊缝饱满 拉弧式栓钉焊：焊缝高 $K_1 \geq 1\text{mm}$ ； 焊缝宽 $K_2 \geq 0.5\text{mm}$ 电弧焊：最小焊脚尺寸应符合表 8.8.6-2 的规定	目测、钢尺、焊缝量规

续表 8.8.8-1

外观检验项目	合格标准	检验方法
焊缝缺欠	无气孔、夹渣、裂纹等缺欠	目测、放大镜（5倍）
焊缝咬边	咬边深度 $\leq 0.5\text{mm}$ ， 且最大长度不得大于1倍的栓钉直径	钢尺、焊缝量规
栓钉焊后高度	高度偏差 $\leq \pm 2\text{mm}$	钢尺
栓钉焊后倾斜角度	倾斜角度偏差 $\theta \leq 5^\circ$	钢尺、量角器

表 8.8.8-2 采用电弧焊方法的栓钉焊接接头最小焊脚尺寸（mm）

栓钉直径	角焊缝最小焊脚尺寸
10, 13	6
16, 19, 22	8
25	10

5 电渣焊、气电立焊接头的焊缝外观应光滑，不得有未熔合、裂纹等缺陷；当板厚小于 30mm 时，压痕、咬边深度不得大于 0.5mm；板厚大于或等于 30mm 时，压痕、咬边深度不得大于 1.0mm。

8.8.9 对接及角接的全熔透或部分熔透焊缝（图 8.8.9），应根据母材材质、焊接方法、使用条件及承受荷载性质采用超声检验，其检测等级应根据质量要求由低至高分为 A、B、C 三级，且应符合以下规定：

1 A 级检测应采用一种角度的探头，在焊缝的单面单侧进行检测，可不进行横向扫查。当母材厚度大于 50mm 时，不得采用 A 级检测。

2 B 级检测应符合下列规定：

- 1) 宜采用一种角度探头，在焊缝的单面双侧进行检测。
- 2) 扫查操作空间受限时，可在焊缝的单面单侧，采用角度差大于  $10^\circ$  的两种探头进行检测。
- 3) 当母材厚度大于 100mm 时，应采用双面双侧检测，扫查操作空间受限时，应在焊缝双面单侧，采用角度之差大于  $10^\circ$  的两种角度探头进行检测；检验应覆盖

整个焊缝截面，条件允许时应作横向缺欠检测。

3 C级检测应符合下列规定：

- 1) 应采用不少于两种角度的探头在焊缝的单面双侧进行检测，且应进行两个扫查方向和两种探头角度的横向缺欠检测。
- 2) 当母材厚度大于 100mm 时，应采用双面双侧检测并增加串列式扫查。检测前，对接焊缝余高应磨平，并对焊缝两侧斜探头扫查经过的母材采用直探头进行检测。
- 3) 对母材厚度不小于 40mm 的窄间隙焊缝，应进行串列式扫查。

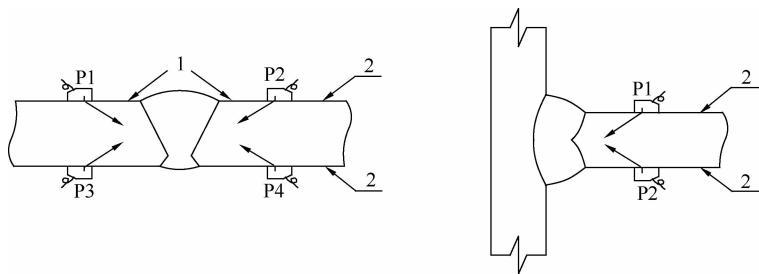


图 8.8.9 超声波检测位置示意

P1、P2、P3、P4—探头位置；1—焊缝侧；2—焊接面

8.8.10 不需疲劳验算结构的焊接质量检验应符合下列规定：

- 1 焊缝外观质量应满足表 8.8.10-1 的要求。

表 8.8.10-1 焊缝外观质量要求

焊缝质量等级 检验项目	一级	二级	三级
	裂纹	不允许	
未焊满	不允许	$\leq 0.2\text{mm} + 0.02t$ 且 $\leq 1\text{mm}$ ，每 100mm 长度焊缝内未焊满累积长度 $\leq 25\text{mm}$	$\leq 0.2\text{mm} + 0.04t$ 且 $\leq 2\text{mm}$ ，每 100mm 长度焊缝内未焊满累积长度 $\leq 25\text{mm}$

续表 8.8.10-1

焊缝质量等级 检验项目	一级	二 级	三 级
	根部收缩	不允许	$\leq 0.2\text{mm} + 0.02t$ 且 $\leq 1\text{mm}$ , 长度不限
咬边	不允许	$\leq 0.05t$ 且 $\leq 0.5\text{mm}$ , 连续长度 $\leq 100\text{mm}$ , 且焊缝两侧咬边总长 $\leq 10\%$ 焊缝全长	$\leq 0.1t$ 且 $\leq 1\text{mm}$ , 长度不限
电弧擦伤	不允许		允许存在个别电弧擦伤
接头不良	不允许	缺口深度 $\leq 0.05t$ 且 $\leq 0.5\text{mm}$ , 每 1000mm 长度焊缝内不得超过 1 处	缺口深度 $\leq 0.1t$ 且 $\leq 1\text{mm}$ , 每 1000mm 长度焊缝内不得超过 1 处
表面气孔	不允许		每 50mm 长度焊缝内允许存在直径 $< 0.4t$ 且 $\leq 3\text{mm}$ 的气孔 2 个; 孔距应 $\geq 6$ 倍孔径
表面夹渣	不允许		深 $\leq 0.2t$ , 长 $\leq 0.5t$ 且 $\leq 20\text{mm}$

注:  $t$  为母材壁厚。

2 对接与角接组合焊缝 (图 8.8.10) 的加强角焊缝尺寸  $h_k$  应不小于  $t/4$  且不大于 10mm, 其允许偏差为  $h_{k_0}^h$ 。

3 对接焊缝与角焊缝余高及错边尺寸应满足表 8.8.10-2 的要求。

4 焊缝内部质量无损检测应符合以下规定:

- 1) 无损检测应在外观检测合格后进行;
- 2) 对焊接难度等级为 C、D 级的焊缝, 应以焊接完成 24h 后的无损检测结果作为验收依据;
- 3) 当钢材屈服强度等级不小于 690MPa 或供货条件为调质状态时, 以焊接完成 48h 后的无损检测结果作为验收依据;

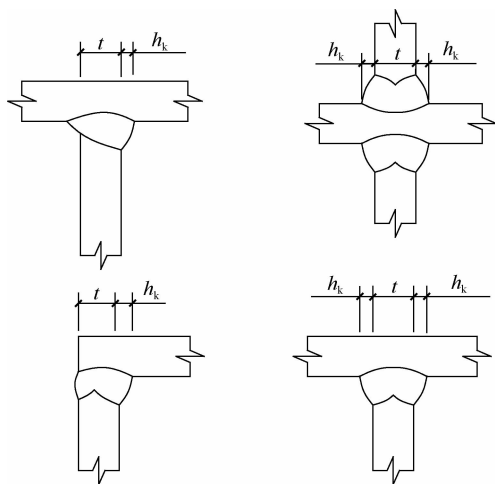


图 8.8.10 对接与角接组合角焊缝示意图

- 注：1  $h_k > 8.0\text{mm}$  的角焊缝其局部焊脚尺寸允许低于设计要求值 1.0mm，但总长度不得超过焊缝长度的 10%；
- 2 焊接 H 形梁腹板与翼缘板的焊缝两端在其两倍翼缘板宽度范围内，焊缝的焊脚尺寸不得低于设计要求值。

表 8.8.10-2 焊缝余高及错边尺寸要求 (mm)

序号	项目	示意图	不同焊缝质量等级的尺寸要求	
			一、二级	三级
1	对接焊缝余高 (C)		$B < 20$ 时, C 为 0~3; $B \geq 20$ 时, C 为 0~4	$B < 20$ 时, C 为 0~3.5; $B \geq 20$ 时, C 为 0~5
2	对接焊缝错边 ( $\Delta$ )		$\Delta < 0.1t$ 且 $\leq 2.0$	$\Delta < 0.15t$ 且 $\leq 3.0$

续表 8.8.10-2

序号	项目	示意图	不同焊缝质量等级的尺寸要求	
			一、二级	三级
3	角焊缝余高 (C)		$h_t \leq 6$ 时 C 为 0~1.5; $h_t > 6$ 时 C 为 0~3.0	

注:  $t$  为对接接头较薄件母材壁厚。

- 4) 焊缝无损检测报告签发人员必须持有相应探伤方法的 2 级或 2 级以上资格证书;
- 5) 一级焊缝应进行 100% 的检测, 其合格等级应符合表 8.8.10-3 中 B 级检验的 II 级或 II 级以上的缺欠等级评定要求;
- 6) 二级焊缝应进行抽检, 抽检比例应不小于 20%, 其合格等级应符合表 8.8.10-3 中 B 级检测的 III 级或 III 级以上的缺欠等级评定要求;
- 7) 三级焊缝应根据设计要求进行无损检测。

表 8.8.10-3 超声波探伤缺欠等级评定

评定等级	检测等级		
	A	B	C
	板厚 $t$ (mm)		
	3.5~50	3.5~150	3.5~150
I	$2t/3$ ; 最小 8mm	$t/3$ ; 最小 6mm 最大 40mm	$t/3$ ; 最小 6mm 最大 40mm
II	$3t/4$ ; 最小 8mm	$2t/3$ ; 最小 8mm 最大 70mm	$2t/3$ ; 最小 8mm 最大 50mm

续表 8.8.10-3

评定等级	检测等级		
	A	B	C
	板厚 $t$ (mm)		
	3.5~50	3.5~150	3.5~150
Ⅲ	$<t$ ; 最小 16mm	$3t/4$ ; 最小 12mm 最大 90mm	$3t/4$ ; 最小 12mm 最大 75mm
Ⅳ	超过Ⅲ级者		

### 5 超声波检测

- 1) 缺欠等级评定应符合表 8.8.10-3 的规定;
- 2) 检验灵敏度应满足表 8.8.10-4 距离-波幅曲线的要求;

表 8.8.10-4 距离-波幅曲线

厚度 (mm)	判废线 (dB)	定量线 (dB)	评定线 (dB)
3.5~150	$\phi 3 \times 40$	$\phi 3 \times 40-6$	$\phi 3 \times 40-14$

- 3) 当检测板厚在 3.5mm~8mm 范围时, 其超声波检测的技术参数应按现行行业标准《钢结构超声波探伤及质量分级法》JG/T 203 执行;
- 4) 焊接球节点网架、螺栓球节点网架及圆管 T、K、Y 节点焊缝的超声波探伤方法及缺陷分级应符合现行行业标准《钢结构超声波探伤及质量分级法》JG/T 203 的要求;
- 5) 箱形构件隔板电渣焊焊缝无损检测结果, 还应按现行国家标准《钢结构焊接规范》GB 50661 进行焊缝焊透宽度、焊缝偏移检测;
- 6) 对超声波探伤检测结果有疑义时, 可采用射线探伤进行检测、验证;
- 7) 超声波检测设备及工艺要求应符合现行国家标准《焊缝无损检测 超声检测 技术、检测等级和评定》



GB/T 11345；缺欠应采用评定线固定回波幅度方法进行测长。

**6** 对 T 形、十字形、角接接头，当出现下列情况之一时，宜在焊前采用超声检测方法对其坡口处的翼缘板进行夹层检测，或在焊后进行翼缘板的层状撕裂检测：

- 1) 发现钢板有夹层缺欠；
- 2) 翼缘板、腹板为厚度不小于 20mm 的非厚度方向性能钢板；
- 3) 腹板厚度大于翼缘板，且翼缘板厚度方向的工作应力较大。

**7** 射线检测（RT）技术应符合现行国家标准《焊缝无损检测 射线检测》GB/T 3323.1～3323.2 中 B 级检测技术的有关规定。射线底片的质量评级应符合现行国家标准《钢结构焊接规范》GB 50661 的要求，一级焊缝评定合格等级不应低于Ⅱ级的要求，二级焊缝评定合格等级不应低于Ⅲ级的要求。

**8** 当出现下列情况之一时，应进行表面检测；铁磁性材料宜用磁粉探伤进行表面缺欠检测；非铁磁性材料，应采用渗透检测表面缺欠：

- 1) 深化设计文件规定进行表面检测时；
- 2) 外观检测发现裂纹时，应对该批中同类焊缝进行 100% 的表面检测；
- 3) 外观检测怀疑有裂纹时，应对怀疑的部位进行表面检测；
- 4) 检测人员认为有必要时。

**9** 磁粉检测（MT）应符合现行国家标准《焊缝无损检测 磁粉检测》GB/T 26951 的规定，检测结果应符合本标准表 8.8.10-1 的要求。

**10** 渗透检测（PT）应符合现行国家标准《无损检测 渗透检测 第 1 部分：总则》GB/T 18851.1 的规定，检测结果应符合本标准表 8.8.10-1 的要求。

**8.8.11 需疲劳验算结构的焊缝质量检验应符合以下规定：**

1 焊缝的外观质量不得有裂纹、未熔合、夹渣、弧坑未填满及超过表 8.8.11-1 要求的缺欠；焊缝的外观尺寸应满足表 8.8.11-2 的要求。

**表 8.8.11-1 焊缝外观质量要求**

焊缝质量等级 检验项目	一级	二 级	三 级
裂纹	不允许		
未焊满	不允许		$\leq 0.2\text{mm} + 0.02t$ 且 $\leq 1\text{mm}$ , 每 100mm 长度焊缝内未焊满累积长度 $\leq 25\text{mm}$
根部收缩	不允许		$\leq 0.2\text{mm} + 0.02t$ 且 $\leq 1\text{mm}$ , 长度不限
咬边	不允许	$\leq 0.05t$ 且 $\leq 0.3\text{mm}$ , 连续长度 $\leq 100\text{mm}$ , 且焊缝两侧咬边总长 $\leq 10\%$ 焊缝全长	$\leq 0.1t$ 且 $\leq 0.5\text{mm}$ , 长度不限
电弧擦伤	不允许		允许存在个别电弧擦伤
接头不良	不允许		缺口深度 $\leq 0.05t$ 且 $\leq 0.5\text{mm}$ , 每 1000mm 长度焊缝内不得超过 1 处
表面气孔	不允许		直径小于 1.0mm, 每米不多于 3 个, 间距不小于 20mm
表面夹渣	不允许		深 $\leq 0.2t$ , 长 $\leq 0.5t$ 且 $\leq 20\text{mm}$

注：1  $t$  为母材壁厚。

2 桥面板与弦杆角焊缝、桥面板与 U 形肋角焊缝（桥面板侧）、竖向加劲肋角焊缝（腹板侧受拉区）的咬边缺欠应满足一级焊缝的质量要求。

表 8.8.11-2 焊缝外观尺寸要求

项目	焊缝种类	质量标准
焊脚尺寸	主要角焊缝 (包括对接角接组合焊缝)	$h_0^{+2.0}$
	其他角焊缝	$h_0^{+2.0}$ $_{-1.0}^*$
余高任意 25mm 范围的高低差	角焊缝	$\leq 2.0\text{mm}$
余高	对接焊缝	$\leq 2.0\text{mm}$ (焊缝宽 $b \leq 20\text{mm}$ )
		$\leq 3.0\text{mm}$ ( $b > 20\text{mm}$ )
余高铲磨后表面	横向对接焊缝	不高于母材 0.5mm
		不低于母材 0.3mm
		粗糙度 $50\mu\text{m}$

注：\* 手工焊焊角焊缝全长的 10% 允许  $h_0^{+3.0}$   
 $_{-1.0}$ 。

2 焊缝内部质量的无损检测应在外观检查合格后进行，且应符合以下规定：

- 1) 焊接难度等级为 A、B 级的焊缝，应以焊接完成 24h 后的检测结果作为验收依据；焊接难度等级为 C、D 级的焊缝，应以焊接完成 48h 后的检测结果作为验收依据；
- 2) 焊缝无损检测报告签发人员必须持有相应探伤方法的 2 级或 2 级以上资格证书；
- 3) 板厚不大于 30mm（不等厚钢板对接时，按薄者计）的对接焊缝，除采用超声波探伤外，还应用射线抽探其数量的 10%（不少于一个焊接接头）；
- 4) 厚度大于 30mm 的对接焊缝，除应用超声波探伤外，还应按接头数量的 10%（不少于一个焊接接头）增加检验等级为 C 级、质量等级为一级的超声波检验；焊缝余高应磨平，使用的探头折射角应有一个为  $45^\circ$ ，探伤范围为焊缝两端各 500mm；焊缝长度大于

1500mm时，中部加探 500mm。当发现超标缺欠时应加倍检验；

5) 用射线和超声波两种方法检验的焊缝，应同时达到质量要求，方为合格。

3 超声波检测应符合以下规定：

1) 超声波检测设备及工艺要求应符合现行国家标准《焊缝无损检测 超声检测 技术、检测等级和评定》GB/T 11345 中的要求；缺欠应采用评定线固定回波幅度方法进行测长；

2) 检测范围和检测等级应符合表 8.8.11-3 的规定；检测灵敏度和距离-波幅曲线应符合表 8.8.11-4 的规定；

表 8.8.11-3 焊缝超声检测范围和检测等级

焊缝质量级别	检测比例	检测部位	板厚 $t$ (mm)	检测等级
一、二级横向 对接焊缝	100%	全长	$10 \leq t \leq 46$	B
			$46 < t \leq 80$	B*
二级纵向 对接焊缝	100%	焊缝两端各 1000mm	$10 \leq t \leq 46$	B
			$46 < t \leq 80$	B*
二级角焊缝	100%	两端螺栓孔部位并延长 500mm，板梁主梁及纵、 横梁跨中加探 1000mm	$10 \leq t \leq 46$	B
			$46 < t \leq 80$	B*

注：\* 宜采用角度之差大于  $10^\circ$  的两种角度探头进行检测。

表 8.8.11-4 超声检测灵敏度

焊缝质量等级	板厚 (mm)	判废线	定量线	评定线
对接焊缝一、 二级	$10 \leq t \leq 46$	$\phi 3 \times 40 - 6\text{dB}$	$\phi 3 \times 40 - 14\text{dB}$	$\phi 3 \times 40 - 20\text{dB}$
	$46 < t \leq 80$	$\phi 3 \times 40 - 2\text{dB}$	$\phi 3 \times 40 - 10\text{dB}$	$\phi 3 \times 40 - 16\text{dB}$
全焊透对接、角接 组合焊缝一级	$10 \leq t \leq 80$	$\phi 3 \times 40 - 4\text{dB}$	$\phi 3 \times 40 - 10\text{dB}$	$\phi 3 \times 40 - 16\text{dB}$
		$\phi 6$	$\phi 3$	$\phi 2$

续表 8.8.11-4

焊缝质量等级		板厚 (mm)	判废线	定量线	评定线
角焊缝二级	部分焊透对接、角接组合焊缝	$10 \leq t \leq 80$	$\phi 3 \times 40 - 4\text{dB}$	$\phi 3 \times 40 - 10\text{dB}$	$\phi 3 \times 40 - 16\text{dB}$
	贴角焊缝	$10 \leq t \leq 25$	$\phi 1 \times 2$	$\phi 1 \times 2 - 6\text{dB}$	$\phi 1 \times 2 - 12\text{dB}$
		$25 < t \leq 80$	$\phi 1 \times 2 + 4\text{dB}$	$\phi 1 \times 2 - 4\text{dB}$	$\phi 1 \times 2 - 10\text{dB}$

注：1 角焊缝超声检测采用铁路钢桥制造专用柱孔标准试块或与其校准过的其他孔形试块；

2  $\phi 6$ 、 $\phi 3$ 、 $\phi 2$  表示纵波检测对比试块的平底孔尺寸。

3) 最大反射波幅位于 II 区的缺欠，根据缺欠显示长度应按表 8.8.11-5 的规定进行评定；

表 8.8.11-5 超声检测缺欠评定

焊缝质量等级	板厚 $t$ (mm)	单个缺欠显示长度	多个缺欠的累计显示长度
对接焊缝一级	$10 \leq t \leq 80$	$t/4$ ，最小可为 8mm	在任意 $9t$ ，焊缝长度范围不超过 $t$
对接焊缝二级	$10 \leq t \leq 80$	$t/2$ ，最小可为 10mm	在任意 $4.5t$ 焊缝长度范围不超过 $t$
全焊透对接、角接组合焊缝一级	$10 \leq t \leq 80$	$t/3$ ，最小可为 10mm	—
角焊缝二级	$10 \leq t \leq 80$	$t/2$ ，最小可为 10mm	—

注：1 母材板厚不同时，按较薄板评定；

2 缺欠显示长度小于 8mm 时，按 5mm 计算；

3 相邻两缺欠各向间距小于 8mm 时，两缺欠显示长度之和作为单个缺欠的显示长度。

4) 最大反射波幅不超过评定线的缺欠，均应为合格；最大反射波幅超过评定线的裂纹缺陷，均应为不合格；反射波幅位于 I 区的非裂纹缺欠，均应为合格；反射波幅位于 III 区的缺欠，均应为不合格。

4 焊缝的射线检测 (RT) 应符合现行国家标准《焊缝无损

检测 射线检测》GB/T 3323.1~3323.2 中的规定；射线底片的质量评级应符合现行国家标准《钢结构焊接规范》GB 50661 的要求，焊缝内部质量等级不应低于Ⅱ级。

**5** 磁粉探伤应符合现行国家标准《焊缝无损检测 磁粉检测》GB/T 26951 的规定，检测结果应符合本标准表 8.8.11-1 的要求。

**6** 渗透探伤应符合现行国家标准《无损检测 渗透检测 第 1 部分：总则》GB/T 18851.1 的有关规定，检测结果应符合本标准表 8.8.11-1 的要求。

## 9 紧固件连接

### 9.1 一般规定

- 9.1.1** 钢结构连接节点和拼接接头应在紧固件、连接件及构件检验合格后进行紧固件连接。
- 9.1.2** 高强度螺栓连接副应按批配套进场使用。
- 9.1.3** 经检验合格的紧固件连接节点与拼接接头，应按设计文件的规定进行涂装。
- 9.1.4** 对于露天使用或接触腐蚀性气体的钢结构高强度螺栓连接处，经检验合格后，连接处板缝应采用防腐腻子等材料及时封闭。

### 9.2 普通紧固件连接

- 9.2.1** 普通螺栓紧固时，应从中间开始，对称向两边进行，板件接触面、螺栓头和螺母与构件表面应密贴。
- 9.2.2** 永久性普通螺栓紧固应符合下列规定：
- 1** 螺栓头和螺母与连接板接触面宜分别放置平垫圈，螺栓头处的垫圈不得多于 2 个，螺母处的垫圈不得多于 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处。
  - 3** 对轧制 H 型钢、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少于 2 个。
  - 5** 螺栓紧固后外露丝扣不少于 2 扣，紧固质量可采用锤敲检验。
- 9.2.3** 拉铆钉、自攻钉、射钉等紧固件的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应在较薄的板件一侧。自攻螺钉、钢拉铆钉、射钉等与连接板件应紧固密贴，外观排列整齐。

**9.2.4** 自攻螺钉连接板上的预制孔径 $d_0$ 应符合下式要求：

$$d_0 = 0.7d + 0.2t_t \quad (9.2.4)$$

且  $d_0 \leq 0.9d$

式中： $d$ ——自攻螺钉的公称直径（mm）；

$t_t$ ——连接板的总厚度（mm）。

### 9.3 高强度螺栓连接

**9.3.1** 高强度螺栓摩擦型连接的摩擦面可分为 A 类、B 类、C 类和 D 类，每个类别摩擦面应符合以下要求：

1 A 类摩擦面为干净的轧制表面，其表面质量应满足以下要求：

- 1) 当表面有锈蚀、麻点或划痕等缺陷时，其深度不得大于 0.5mm；
- 2) 表面的锈蚀等级应符合现行国家标准《涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的目视评定 第 1 部分：未涂覆过的钢材表面和全面清除原有涂层后的钢材表面的锈蚀等级和处理等级》GB/T 8923.1 规定的 C 级及 C 级以上等级。

2 B 类摩擦面为热镀锌或者富锌类涂层，其表面质量应满足以下要求：

- 1) 热镀锌厚度不小于  $150\text{g}/\text{m}^2$ ；
- 2) 富锌类涂层厚度  $(60\sim 80)\mu\text{m}$ ，且涂装前钢材表面处理达到  $\text{Sa}2 \frac{1}{2}$ 。

3 C 类摩擦面为喷砂或者无机富锌防锈防滑涂层，其表面质量应满足以下要求：

- 1) 钢材喷射表面处理等级达到  $\text{Sa}2 \frac{1}{2}$ ；



2) 无机富锌防锈防滑涂层厚度  $120\mu\text{m}$ ，无机富锌防锈防滑涂料技术要求应符合现行行业标准《钢结构高强度螺栓连接技术规程》JGJ 82 的规定。

4 D类摩擦面为热喷铝及其他特殊处理，其中热喷铝厚度应不小于  $150\mu\text{m}$ 。

**9.3.2** 高强度螺栓摩擦型连接的摩擦面抗滑移系数应符合设计要求，抗滑移系数  $\mu$  的取值应符合表 9.3.2 的规定。

**表 9.3.2 钢材摩擦面的抗滑移系数  $\mu$**

摩擦面类型	抗滑移系数
A类	0.30
B类	0.40
C类	0.45
D类	按照本标准第 9.3.5 条确定，且不大于 0.55

**9.3.3** 桥梁钢结构高强度螺栓连接的摩擦面可采用无机富锌防锈涂料或热喷铝进行涂装，摩擦面处理后的抗滑移系数要求应符合本标准第 6.11.7 条的规定。

**9.3.4** 钢结构加工制作和现场安装时，应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。当采用高强度螺栓承压型连接时，可不进行摩擦面抗滑移系数试验。

**9.3.5** 摩擦面的抗滑移系数应按下列规定进行检验：

1 抗滑移系数检验以检验批为单位进行。检验批可按分部工程或子分部工程所含高强度螺栓用量划分：每 5 万个高强度螺栓用量的钢结构为一批，不足 5 万个高强度螺栓用量的钢结构视为一批。选用两种及两种以上表面处理工艺时，每种处理工艺应检验抗滑移系数，每批 3 组试件。

2 桥梁钢结构中高强度螺栓连接摩擦面的抗滑移系数试验应符合本标准第 6.11.8 条的要求。

3 抗滑移系数试验用试件应由加工制作单位制作，每一批

应制作 6 组试件，其中 3 组用于出厂试验，3 组用于工地复验。

4 抗滑移系数试验应采用双摩擦面的两栓拼接的拉力试件（图 9.3.5）。试件与所代表的连接接头应为同一材质、同批制作、采用同一摩擦面处理工艺和具有相同的表面状态（含有涂层），在同一环境条件下存放，并用同批同一性能等级的高强度螺栓连接副。

5 试件钢板的厚度  $t_1$ 、 $t_2$  应考虑在摩擦面滑移之前，试件钢板的净截面始终处于弹性状态；宽度按表 9.3.5 的规定取值， $L_1$  应根据试验机夹具的要求确定。

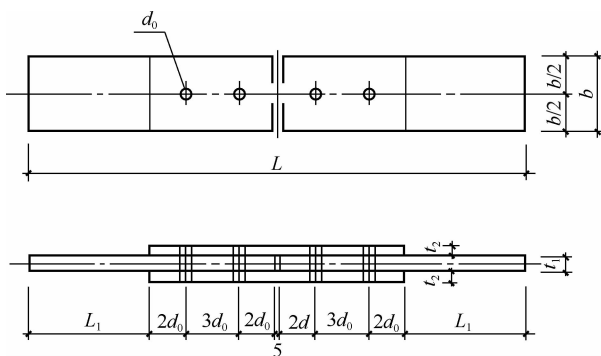


图 9.3.5 抗滑移系数试件

$L$ —试件长度； $t_1$ 、 $t_2$ —试件钢板的厚度； $b$ —宽度； $d_0$ —螺栓孔径；

$L_1$ —试验机夹紧长度

表 9.3.5 试件板的宽度

螺栓直径 $d$ (mm)	16	20	22	24	27	30
板宽 $b$ (mm)	100	100	105	110	120	120

注：试件板面应平整，无油污，孔和板的边缘无飞边、毛刺。

6 试验用的试验机误差在 1% 以内。试验用的贴有电阻片的高强度螺栓、压力传感器和电阻应变仪在试验前用试验机进行标定，其误差在 2% 以内。

7 高强度螺栓紧固分初拧、终拧。初拧应达到螺栓预拉力标

准值的 50%左右。终拧后, 每个螺栓的预拉力值应在  $0.95P \sim 1.05P$  范围内,  $P$  为高强度螺栓预拉力设计值。

8 加载时, 先加 10%的抗滑移设计荷载值, 停 1min 后, 再平稳加载, 加载速度为  $3\text{kN/s} \sim 5\text{kN/s}$ , 直拉至滑动破坏, 测得滑移荷载  $N_v$ 。

9 抗滑移系数  $\mu$  根据试验所测得的滑移荷载  $N_v$  和螺栓预拉力  $P$  的实测值, 按下式计算:

$$\mu = \frac{N_v}{n_f \cdot \sum_{i=1}^m P_i} \quad (9.3.5)$$

式中:  $N_v$ ——由试验测得的滑移荷载 (kN);

$n_f$ ——摩擦面面数, 取  $n_f=2$ ;

$\sum_{i=1}^m P_i$ ——试件滑移一侧高强度螺栓预拉力实测值之和; 对

于扭剪型高强度螺栓, 可采用同批螺栓连接副的预拉力平均值之和 (取三位有效数字) (kN);

$m$ ——试件一侧螺栓数量, 取  $m=2$ 。

10 抗滑移系数试验的最小值应不小于设计规定值。当不符合上述规定时, 连接摩擦面应重新处理, 处理后的连接摩擦面应按规定重新检验。

11 构件出厂后, 摩擦面涂层抗滑移性能的保质期为 6 个月; 超过保质期后, 应重新检验其抗滑移系数, 合格后使用。

9.3.6 高强度螺栓连接副进场时应按本标准第 4.4.3 条要求进行扭矩系数和预紧轴力的复验; 扭剪型高强度螺栓连接副紧固轴力的复验应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 的要求; 高强度大六角头螺栓连接副扭矩系数复验检验方法和结果应符合现行国家标准《钢结构用高强度大六角头螺栓、大六角螺母、垫圈技术条件》GB/T 1231 的规定, 扭矩系数平均值和标准偏差应符合现行国家标准《钢结构用高强度大六角头螺栓、大六角螺母、垫圈技术条件》GB/T 1231 的规定。

**9.3.7** 高强度螺栓长度  $l$  应保证在终拧后，螺栓外露丝扣为 (2~3) 扣。其长度应按下式计算：

$$l = l' + \Delta l \quad (9.3.7)$$

式中： $l'$ ——连接板层总厚度 (mm)；

$\Delta l$ ——附加长度 (mm)， $\Delta l = m + n_w \cdot s + 3p$ ；

$m$ ——高强度螺母公称厚度 (mm)；

$n_w$ ——垫圈个数；扭剪型高强度螺栓为 1；大六角头高强度螺栓为 2；

$s$ ——高强度垫圈公称厚度 (mm)；

$p$ ——螺纹的螺距 (mm)。

高强度螺栓附加长度  $\Delta l$  可按表 9.3.7 取值。当采用大圆孔或槽孔时，高强度垫圈公称厚度 ( $s$ ) 应按实际厚度取值。根据式 (9.3.7) 计算出的螺栓长度，按修约间隔 5mm 进行修约，修约后的长度为螺栓公称长度。

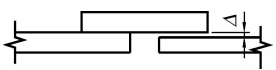
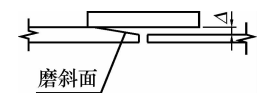
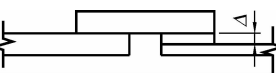
**表 9.3.7 高强度螺栓附加长度  $\Delta l$  (mm)**

螺栓公称直径	M12	M16	M20	M22	M24	M27	M30	M36
高强度螺母公称厚度	10.0	14.0	18.0	19.0	21.0	23.0	25.0	31.0
高强度垫圈公称厚度	3.00	4.00	4.00	4.00	4.00	5.00	5.00	6.00
螺纹的螺距	1.75	2.00	2.50	2.50	3.00	3.00	3.50	4.00
大六角头高强度螺栓附加长度	21.0	28.0	33.5	34.5	38.0	42.0	45.5	55.0
扭剪型高强度螺栓附加长度	18.0	24.0	29.5	30.5	34.0	37.0	40.5	49.0

**9.3.8** 高强度螺栓连接处摩擦面若采用喷砂 (丸) 后生赤锈的处理方法，则安装前应以细钢丝刷除去摩擦面上的浮锈。

**9.3.9** 对因板厚公差、制造偏差等产生的接触面间隙，应按表 9.3.9 的规定进行处理。

表 9.3.9 接触面间隙处理

项目	示意图	处理方法
1		$\Delta < 1.0\text{mm}$ 时不处理
2		$\Delta = 1.0\text{mm} \sim 3.0\text{mm}$ 时将厚板一侧磨成 1 : 10 缓坡, 使间隙小于 1.0mm
3		$\Delta > 3.0\text{mm}$ 时加垫板, 垫板厚度不小于 3mm, 最多不超过 3 层, 垫板材质和摩擦面处理方法应与构件相同

**9.3.10** 高强度螺栓连接时, 在每个连接部位应穿入的临时螺栓和冲钉的数量, 应符合下列规定:

- 1 不得少于节点螺栓总数的 1/3;
- 2 不得少于两个临时螺栓;
- 3 冲钉穿入数量不多于临时螺栓数量的 30%。

**9.3.11** 在安装过程中, 不得使用螺纹损伤及沾染脏物的高强度螺栓连接副, 不得用高强度螺栓兼做临时螺栓。

**9.3.12** 高强度螺栓连接副应当天按需领取, 当天剩余的高强度螺栓连接副必须妥善保管, 不得乱扔、乱放。

**9.3.13** 高强度螺栓的紧固应在结构构件中心位置调整后, 其穿入方向应以安装方便为准。高强度螺栓连接副组装时, 螺母带圆台面的一侧应朝向垫圈有倒角的一侧。对于大六角头高强度螺栓连接副, 螺栓头下垫圈有倒角的一侧应朝向螺栓头。

**9.3.14** 高强度螺栓紧固时, 严禁强行穿入。当不能自由穿入时, 应使用铰刀对该孔进行修整, 修整后孔的最大直径不应大于 1.2 倍螺栓直径, 且修孔的数量不应超过该连接螺栓数量的 25%。修孔前应将四周螺栓全部拧紧, 使板叠密贴后再进行铰孔。严禁气割扩孔。

**9.3.15** 高强度螺栓紧固时宜选用电动紧固扳手，构件的摩擦面应保持干燥，不得在雨中作业。

**9.3.16** 大六角头高强度螺栓紧固所用的扭矩扳手，使用前必须经校验合格，其扭矩相对误差应为±5%，合格后使用。校正用的扭矩扳手，其扭矩相对误差应为±3%。

**9.3.17** 大六角头高强度螺栓应只在螺母上施加扭矩拧紧。

**9.3.18** 大六角头高强度螺栓的终拧扭矩可由式(9.3.18)计算确定，对于风电塔筒结构中公称直径大于 M36 的大六角头高强度螺栓的施工终拧扭矩，应按现行行业标准《风电机组塔架用高强度螺栓连接副》NB/T 31082 的规定执行。

$$T_c = k \cdot P_c \cdot d \quad (9.3.18)$$

式中： $d$ ——高强度螺栓公称直径（mm）；

$k$ ——高强度螺栓连接副的扭矩系数平均值，该值由试验测得，可参考现行行业标准《钢结构高强度螺栓连接技术规程》JGJ 82 的相关规定；

$P_c$ ——高强度螺栓预拉力（kN），按表 9.3.18 取值；

$T_c$ ——终拧扭矩（N·m）。

**表 9.3.18 高强度大六角头螺栓施工预拉力（kN）**

螺栓的性能等级	螺栓规格							
	M12	M16	M20	M22	M24	M27	M30	M36
8.8 级	50	90	140	165	195	255	310	450
10.9 级	60	110	170	210	250	320	390	570
12.9 级	60	115	180	225	260	340	415	600

**9.3.19** 高强度大六角头螺栓连接副的拧紧应分为初拧、终拧。对于大型的螺栓连接应分为初拧、复拧、终拧。初拧扭矩和复拧扭矩为终拧扭矩的 50% 左右。初拧或复拧后的高强度螺栓应用颜色在螺母上标记，按本标准第 9.3.16 条规定的终拧扭矩值进行终拧。终拧后的高强度螺栓应使用另一种颜色在螺母上标记。高强度大六角头螺栓连接副的初拧、复拧、终拧宜在一天内

完成。

**9.3.20** 扭剪型高强度螺栓连接副的拧紧应分为初拧、终拧。对于大型的螺栓连接应分为初拧、复拧、终拧。初拧扭矩和复拧扭矩值为  $0.065P_c d$ ，或按表 9.3.20 选用。初拧或复拧后的高强度螺栓应用颜色在螺母上标记，用专用扳手进行终拧，直至拧掉螺栓尾部梅花头。对于个别不能用专用扳手进行终拧的扭剪型高强度螺栓，应按本标准第 9.3.18 条规定的方法进行终拧，扭矩系数可取 0.13。扭剪型高强度螺栓连接副的初拧、复拧、终拧宜在一天内完成。

**表 9.3.20 扭剪型高强度螺栓初拧（复拧）扭矩值（N·m）**

螺栓公称直径	M16	M20	M22	M24	M27	M30/M36
初拧扭矩（Nm）	80	150	200	250	370	500/850

**9.3.21** 当采用转角法紧固时，大六角头高强度螺栓连接副应检验合格，且按本标准第 9.3.18 条规定进行初拧、复拧。初拧（复拧）后连接副的终拧角度按表 9.3.21 规定执行。

**表 9.3.21 初拧（复拧）后大六角头高强度螺栓连接副的终拧转角**

螺栓长度 $L$ 范围	螺母转角	连接状态
$L \leq 4d$	1/3 圈（120°）	连接形式为一层芯板加两层盖板
$4d < L \leq 8d$ 或 200mm 及以下	1/2 圈（180°）	
$8d < L \leq 12d$ 或 200mm 以上	2/3 圈（240°）	

注：1 螺母的转角为螺母与螺栓杆之间的相对转角；

2 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。

**9.3.22** 高强度螺栓在初拧、复拧和终拧时，连接处的螺栓应按一定顺序施拧，确定施拧顺序的原则为由螺栓群中央顺序向外拧紧、从连接处刚度大的部位向约束小的方向拧紧（图 9.3.22）。几种常见连接接头螺栓的施拧顺序应符合下列规定：

1 一般接头从接头中心顺序向两端进行 [图 9.3.22 (a)]；

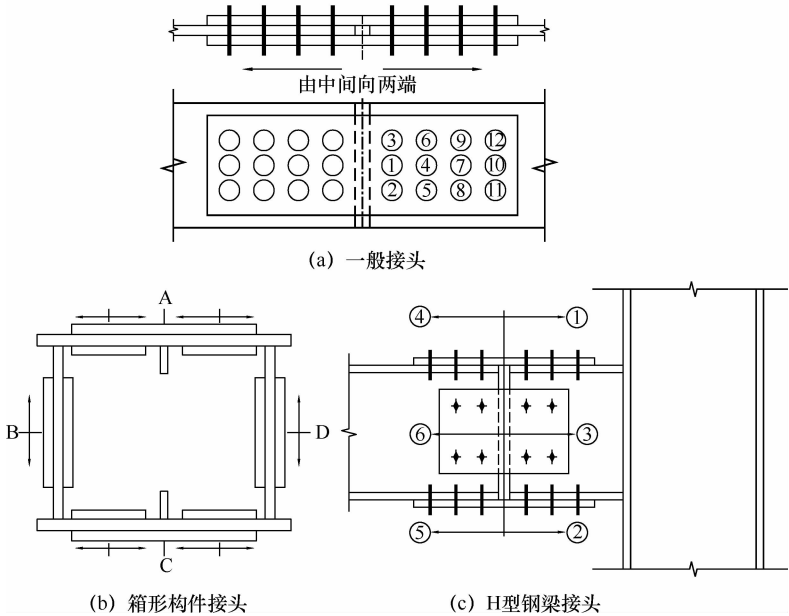


图 9.3.22 常见螺栓连接接头施拧顺序

2 箱形构件接头按 A、C、B、D 的顺序进行 [图 9.3.22 (b)];

3 H 型钢梁接头螺栓群按①~⑥顺序进行 [图 9.3.22 (c)];

4 H 型钢柱对接接头的螺栓紧固顺序为先翼缘后腹板;

5 两个或多个接头螺栓群的拧紧顺序为先主要构件接头, 后次要构件接头。

**9.3.23** 经检查合格后的高强度螺栓连接处, 防腐涂装应符合设计文件要求。

**9.3.24** 大六角头高强度螺栓连接采用扭矩法紧固时, 紧固质量检查应符合下列规定:

1 高强度螺栓用约 0.3kg 的小锤敲击螺母进行普查时, 不



得漏拧。

2 终拧扭矩应按节点数抽查 10%，且不少于 10 个节点；对每个被抽查节点应按螺栓数抽查 10%，且不少于 2 个螺栓。

3 检查时，先在螺杆端面和螺母上画一条直线，然后将螺母拧松约 60°；再用扭矩扳手重新拧紧，使两线重合，测得的扭矩应在  $0.9T_{ch} \sim 1.1T_{ch}$  范围内。 $T_{ch}$  应按下式计算：

$$T_{ch} = k \cdot P \cdot d \quad (9.3.24)$$

式中： $T_{ch}$ ——检查扭矩 (Nm)；

$k$ ——高强度螺栓连接副的扭矩系数平均值，该值由试验测得，可参考现行行业标准《钢结构高强度螺栓连接技术规程》JGJ 82 的有关规定；

$P$ ——高强度螺栓预拉力设计值 (kN)，每一个高强度螺栓的预拉力设计取值应按本标准第 9.3.18 条执行；

$d$ ——高强度螺栓公称直径 (mm)。

4 当发现不合格的，检查数量应增加 1 倍；若仍有不合格的，则连接的全部高强度螺栓应重新施拧并检查。

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，其相对误差应为  $\pm 5\%$ 。

**9.3.25** 大六角头高强度螺栓连接采用转角法紧固时，紧固质量检查应符合下列规定：

1 初拧检查后，在螺母与相对位置所划的终拧起始线和终止线所夹的角度应达到规定值；

2 终拧转角应按节点数抽查 10%，且不少于 10 个节点；对每个被抽查节点按螺栓数抽查 10%，且不少于 2 个螺栓；

3 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，应符合本标准表 9.3.21 要求、误差应不大于  $\pm 30^\circ$ ；

4 当发现不合格的，检查数量应增加 1 倍；若仍有不合格

的，则整个节点的高强度螺栓应重新施拧并检查；

**5** 转角检查宜在螺栓终拧 1h 以后、24h 之前完成。

**9.3.26** 扭剪型高强度螺栓终拧检查，应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，应按本标准第 9.3.24 条的规定进行终拧紧固质量检查。

## 10 预 拼 装

### 10.1 一 般 规 定

**10.1.1** 钢结构预拼装应按照合同约定、设计文件要求及国家现行标准的规定进行。

**10.1.2** 钢结构预拼装可采用实体预拼装或数字化模拟预拼装。

**10.1.3** 钢结构预拼装前宜编制预拼装工艺和预拼装图。

**10.1.4** 拼装胎架的设计应满足钢结构预拼装的刚度、强度和作业的安全要求，拼装胎架在使用前，应进行搭设精度和结构安全性验收。

**10.1.5** 预拼装前，拼装构件应验收合格。保证结构在无约束状态下进行预拼装，不得强行拼装。

**10.1.6** 实体预拼装和数字化模拟预拼装采用统一的预拼装允许偏差。

**10.1.7** 预拼装检查合格后，宜标记定位标识或设置定位装置。

### 10.2 实 体 预 拼 装

**10.2.1** 预拼装前，应根据整体结构特点，空间曲线变化及拼装节点空间坐标点高差，并考虑测量、定位和作业安全等因素，选择预拼装基准面，且应满足拼装作业空间要求，降低支架高度。

**10.2.2** 预拼装工艺应明确整体预拼装基准面、测控网基准点、拼装顺序、拼装支架、测量方法、定位及连接用临时装置等。

**10.2.3** 预拼装质量检验内容，宜包括拼装支架检验控制点、构件拼装过程检验停止点及各项检验的方法、测量频次、测量器具和测量偏差的精度控制等级等。

**10.2.4** 根据选定的基准面和预拼装图建立基准面测控网，应对

定位基准点进行保护，在基准面上，划出拼装构件轴线、定位点和拼装胎架立柱中心线的水平投影点（线）。

**10.2.5** 拼装胎架安装应符合下列规定：

- 1 拼装前应检查胎架及基础是否满足预拼装方案要求；
- 2 拼装时按照基准面上的定位点进行定位，胎架与基础及胎架间连接可靠；
- 3 拼装构件与胎架间的接触不少于两点，胎架与拼装构件的接触点高度偏差应满足表 10.2.5 的规定；

**表 10.2.5** 胎架与拼装构件的接触点高度偏差

胎架面积 (m <sup>2</sup> )	支撑点标高允许偏差 (mm)
300~1000	≤2
1000~5000	≤3 (相邻点高度偏差≤2)

4 胎架上应设置便于观测的沉降观测水平线，并有明显标识。

**10.2.6** 拼装构件应按照预拼装工艺制定的拼装顺序吊装就位，测量定位点（面）应按照基准面上的构件定位投影点（线）精确定位。

**10.2.7** 预拼装构件之间为螺栓连接时，应采用临时螺栓和冲钉进行连接；预拼装构件之间为焊接连接时，焊接接口采用焊接定位码板进行固定。预拼装定位和连接形式应与现场安装保持一致。

**10.2.8** 当预拼装过程中出现累计偏差超过允许偏差时，应制定相应措施进行处理。

**10.2.9** 预拼装后，应解除胎架对拼装构件的全部约束，再进行整体检验。

**10.2.10** 预拼装过程中应检查胎架的沉降及变形，以及拼装构件连接的可靠性。

**10.2.11** 超长、超大型结构的预拼装可根据预拼装工艺和预拼装图，将预拼装结构划分为若干个预拼装单元，进行分单元预拼

装，并应符合下列规定：

1 每个拼装单元与相邻单元间共用杆件重复拼装时，累计偏差应符合允许偏差要求，预拼装结构单元尺寸与设计保持一致；

2 当相邻两个拼装单元采用不同的基准面且共用杆件时，拼装测量应根据预拼装基准面的变化，转换杆件定位点测量的坐标值；

3 预拼装时，相邻两个拼装单元共用杆件的定位基准面和基准点，定位精度和定位偏差应保持一致。

**10.2.12** 钢闸门在出厂前预拼装检查合格后，应明显标记门叶中心线和对角线测控点，在两侧 150mm 处标记供安装控制的检查线，设置定位装置，并进行编号和标记。

**10.2.13** 闸门充水阀出厂前预组装时，行程应满足设计要求，不得透光和漏水。

### 10.3 数字化模拟预拼装

**10.3.1** 数字化模拟预拼装前，应采用三维测量和扫描设备，采集构件尺寸的特征数据，形成构件形状、尺寸特征的三维坐标数据库。

**10.3.2** 三维测量和扫描设备的量程应满足被测量结构的最大外形尺寸，测量、扫描系统偏差应小于构件实体验收允许偏差。

**10.3.3** 数字化模拟预拼装应根据预拼装结构的形式、形状和特征要素，选定采用三维坐标点测量和扫描方法，或多种测量方法混合使用的数据采集方式，并保证预拼装构件数据采集的完整性。

**10.3.4** 三维坐标点测量时，测量数据应按设定的程序和格式直接输入到计算机模拟预拼装软件中，通过自动化数据绘图处理系统，形成结构定位点实测模拟预拼装点位的坐标图，使用精度分析软件，与设计模型结构定位点位坐标进行对比，确定其偏差是否符合允许偏差要求。

**10.3.5** 扫描测量系统应包含数据采集的硬件部分和数据处理的软件部分，用于测量物体的轮廓集合数据，建构和编辑生成通用输出格式的曲面数字化模型，与设计模型进行特征定位点对比后，形成模拟预拼装偏差表，用以判定模拟预拼装结果与设计的符合性。

**10.3.6** 数字化模拟预拼装的靶标测量应设置不少于两个观测站点，且测量过程中无振动。

**10.3.7** 数字化模拟预拼装时，构件测量数据与构件实体外形和定位点应相同。

**10.3.8** 数字化模拟预拼装应在计算机上形成全部杆件定位点的拼装偏差图表，并判定是否超出允许偏差。

#### **10.4 预拼装允许偏差**

**10.4.1** 螺栓连接的预拼装允许偏差应符合下列规定：

1 连接部位采用不少于连接螺栓孔数 20% 的连接螺栓和 10% 的冲钉进行连接，且连接螺栓数量不少于 2 个，冲钉不少于 1 个；

2 采用小于螺栓孔径 0.75mm 的试孔器检查连接螺栓孔，通过率为 100%；

3 当采用销轴连接时，销轴孔应采用直径大于销轴直径 0.3mm 的试孔器检查；

4 当个别孔错位需要扩孔时，扩孔孔径不超过 2mm，且数量不超过总孔数的 20%；

5 当采用高强度螺栓摩擦型连接时，摩擦面贴合间隙小于 0.3mm；采用 0.3mm 塞尺塞入贴合面检验，塞入深度不大于同向板边长度的 10%。

**10.4.2** 当柱端要求铣平顶紧时，端面应紧密贴合，接触面积应不小于柱端面的 75%，未接触面采用 0.3mm 塞尺检查其塞入面积应不大于 25%，局部边缘最大间隙不应大于 0.8mm。

**10.4.3** 当预拼装构件连接为现场焊接时，构件的定位应采用螺

栓连接的定位码板，保证连接焊缝的坡口形式符合设计要求。完成预拼装定位后的焊缝坡口角度允许偏差为 $(-5^{\circ}\sim+10^{\circ})$ ，无衬垫焊接接头根部间隙允许偏差为 $(-3\text{mm}\sim+2\text{mm})$ 、有衬垫焊接接头根部间隙允许偏差为 $(-2\text{mm}\sim+6\text{mm})$ 。

**10.4.4** 建筑钢结构预拼装允许偏差应符合表 10.4.4 的规定。

**表 10.4.4 建筑钢结构预拼装构件允许偏差**

构件类型	项目		允许偏差 (mm)	检查方法
多节柱	预拼装单元总长		$\pm 5.0$	用钢尺检查
	预拼装单元弯曲矢高		$l/1500$ ，且不大于 10.0	用拉线和钢尺检查
	接口错边		2.0	
	预拼装单元柱身扭曲		$h/200$ ，且不大于 5.0	用焊缝量规检查
	顶紧面至任一牛腿距离		$\pm 2.0$	用钢尺检验
箱梁、板梁、桁架梁	跨度最外两端安装孔或两端支承面最外侧距离		-10, +5	用钢尺检查
	接口截面错位		2.0	用焊缝量规检查
	拱度	设计要求起拱	$\pm l/5000$	水准仪或全站仪
		设计未要求起拱	$l/2000$ 0	画线后用钢尺检查
	节点处杆件轴线错位		4.0	用钢尺检查
预拼装结构单元	预拼装单元总长		$\pm 5.0$	用钢尺检查
	预拼装单元弯曲矢高		$l/1500$ ，且不大于 10.0	用拉线和钢尺检查
	对口错边		$t/10$ ，且不大于 3.0	用焊缝量规检查
	坡口间隙		+2.0 -1.0	

续表 10.4.4

构件类型	项目	允许偏差 (mm)	检查方法
构件平面 总体预 拼装	各楼层柱距	$\pm 4.0$	用钢尺检查
	相邻楼层梁与梁之间的距离	$\pm 3.0$	
	各层间框架两对角线之差	$H_i/2000$ , 且不大于 5.0	
	任意两对角线之差	$\Sigma H_i/2000$ , 且不大于 8.0	

### 10.4.5 桥梁钢结构预拼装允许偏差应符合以下规定：

1 桥梁钢结构板梁预拼装允许偏差应符合表 10.4.5-1 的规定。

表 10.4.5-1 桥梁钢结构板梁预拼装允许偏差

项目	允许偏差 (mm)	说明
梁高 $h$	$\pm 2$	$h \leq 2m$
	$\pm 4$	$h > 2m$
跨度 $l$	$\pm 8$	支座中心至中心
全长	$\pm 15$	全桥长度
主梁中心距	$\pm 3$	—
旁弯	$l/5000$	桥梁中心线与其试装全长 $l$ 的两端中心所连直线的偏差
两片梁相对拱度差	4	—
平联节间对角线差	3	—
横联对角线差	4	—
主梁倾斜	5	—
支点处高低差	3	三个支座处水平时, 另一支座处翘起高度

2 桥梁钢结构桁架梁预拼装允许偏差应符合表 10.4.5-2 的规定。



表 10.4.5-2 桥梁钢结构桁架梁预拼装允许偏差

项目	允许偏差 (mm)		说明
桁高	±2		上下弦杆中心距离
节间长度	±2		—
旁弯	$l/5000$		桥面系中线与其试装全长 $l$ 的两端中心所连直线的偏差
试装全长 ( $l$ )	±5		$l \leq 50000$
	$\pm l/10000$		$l > 50000$
拱度	±3		当 $f \leq 60$ 时 ( $f$ 为计算拱度)
	$\pm 5f/100$		当 $f > 60$ 时 ( $f$ 为计算拱度)
对角线	±3		每个节间
主桁中心距	两片主桁	±3	—
	三片主桁	±2.5	边桁至中桁的中心距离
		±5	边桁至边桁的中心距离

3 桥梁钢结构桥面板预拼装允许偏差应符合表 10.4.5-3 的规定。

表 10.4.5-3 桥梁钢结构桥面板预拼装允许偏差

项目	允许偏差 (mm)		说明
节间长度	+2		—
旁弯	$l/5000$		桥轴线与预拼长度 ( $l$ ) 两端中心连线的偏差
节间对角线差	3		每个节间
桥面板宽度	两车道	±5	—
	四车道	±6	
	六车道	±8	
桥面板对接错边	1.5		横梁盖板与桥面板、相邻桥面板之间
桥面板块平面度	纵向 $S_1/500$ 且 $\leq 4.0$		$S_1$ 横肋间距
	横向 $S_2/300$ 且 $\leq 3$		$S_2$ 纵肋间距

续表 10.4.5-3

项目	允许偏差 (mm)	说明
桥面各点标高	$\pm 5$	
纵梁中心距 $S$	接口处: $\pm 1$	
	其余处: $\pm 2$	
桥面板块横梁间距 $S$	$\pm 3$	

4 桥梁钢结构结合板梁预拼装允许偏差应符合表 10.4.5-4 的规定。

表 10.4.5-4 桥梁钢结构结合板梁预拼装允许偏差

项目	允许偏差 (mm)	说明
梁高 $h$	$\pm 2$ ( $h \leq 2\text{m}$ )	测量两端腹板处高度
	$\pm 4$ ( $h > 2\text{m}$ )	
两相邻梁段上下翼缘错边量	1.5	—
两相邻梁段腹板错边量		
跨度 $l$	$\pm 8$	测两支座中心距离
试装全长	$\pm 15$	试装长度

续表 10.4.5-4

项目		允许偏差 (mm)	说明
主梁中心距	单线	±3	
	双线	±5	
旁弯		$l/5000$	桥梁中心线与其试装全长 $l$ 两端中心所连直线的偏差
相邻两主梁横断面 对角线差		8	—
拱度		+10 -3	与计算拱度相比
支点处高低差		4	三个支座处水平时, 另一支座处翘起的高度

5 桥梁钢结构结合箱形梁预拼装允许偏差应符合表 10.4.5-5 的规定。

表 10.4.5-5 桥梁钢结构结合箱形梁预拼装允许偏差

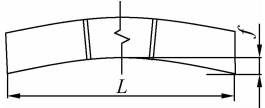
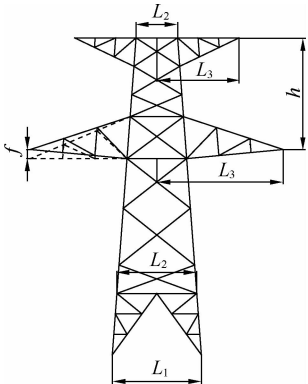
项目	允许偏差 (mm)	说 明
梁高 $h$	±2 ( $h \leq 2m$ )	测量两端腹板处高度
	±4 ( $h > 2m$ )	—
两相邻梁段上 下翼缘错边量	1.5	—
两相邻梁段腹板 错边量		—
跨度 $l$	±8	测两支座中心距离
试装全长	±15	试装长度

续表 10.4.5-5

项目	允许偏差 (mm)	说 明
两箱梁中心距	±5	测两侧腹板中心距
旁弯	$l/5000$	桥梁中心线与其试装全长 $l$ 两端中心所连直线的偏差
对角线差	单箱: 4	测两端断面对角线差
	双箱: 8	
拱度	+10 -3	与计算拱度相比
支点处高低差	4	三个支座处水平时, 另一支座处翘起高度

10.4.6 输电线路铁塔预拼装允许偏差应符合表 10.4.6 的规定。

表 10.4.6 输电线路铁塔预拼装允许偏差

项 目	允许偏差	示意图
横梁中心拱度 $f$	+ $L/1000$ 0	
挂点与铁塔中心水平距离 $L_3$	± $L_3/1000$	
横担垂直间距	± $h/500$	
横担/地线支架 预拱 $f$	卧式 +20.0 0	
	立式 +20.0 -15 $f/100$	
塔身断面尺寸 $L_2$	±5.0	
组装间隙	≤3.0	
铁塔根开 $L_1$	± $L_1/2000$	

10.4.7 水利水电钢闸门预拼装允许偏差应符合表 10.4.7 的规定。

表 10.4.7 水利水电钢闸门预拼装允许偏差

项 目		允许偏差 (mm)	说明
平面闸门			
组装时安装位置的间隙		$\leq 4.0$	
闸门组合处的错位		$\leq 2.0$	
平面链轮闸门组合处的错位		$\leq 1.0$	
弧形闸门			
两个铰链轴孔的同轴度		$\leq 1.0$	
每个铰链轴孔的倾斜度		$\leq 1/1000$	
铰链中心至门叶中心距离		$\pm 1.0$	
臂柱中心与铰链中心的不吻合值		$\leq 2.0$	
臂柱腹板中心与主梁腹板中心的不吻合值		$\leq 4.0$	
支臂中心至门叶中心距离(在支臂开口处)		$\pm 1.5$	
支臂与主梁组合处的中心至支臂与铰链组合处的中心对角线		$\leq 3.0$	
上、下臂柱侧面的位置度(上、下两臂柱夹角平分线的垂直剖面上)		$\leq 5.0$	
铰链轴孔中心至面板外缘半径	露顶式弧形闸门	$\pm 7.0$ , 且两侧相对偏差 $\leq 5.0$	
	潜孔式弧形闸门	$\pm 3.0$ , 且两侧相对偏差 $\leq 2.0$	
充压式、偏心铰压紧式弧形闸门		$\pm 2.0$ , 且两侧相对偏差 $\leq 1.0$	
臂柱两端与门叶、铰链连接板组合面	接触面积	$\geq 75\%$	采用 0.3mm 塞尺检查, 连续可插入部位不应大于 100mm; 累计长度不应大于周长的 75%
	最大间隙	$\leq 0.8$	

续表 10.4.7

项 目		允许偏差 (mm)	说明
采用钢止水的反向弧形闸门, 其底止水工作面与底槛埋件工作面重合度		$\leq 0.1$	连续长度 $\leq 20$ , 累计长度 $\leq$ 全长的 10%
人字闸门			
底枢顶盖中心位置度		$\leq 2.0$	
底枢顶盖与底横梁中心线的平行度		$\leq 1.0$	
分节或整体制造的 闸门顶枢、底枢	顶枢、底枢中心 同轴度	$\leq 0.5$	
	顶、底枢中心线 与门叶中心线 平行度	$\leq 0.5$	

**10.4.8** 锅炉钢结构预拼装允许偏差应符合表 10.4.8 的规定。

表 10.4.8 锅炉钢结构预拼装允许偏差

项目	允许偏差 (mm)
叠梁 (上下梁立放于平台)	
旁弯	$\leq 2$
腹板平面度	$\leq 1$
宽度	$\leq 2$
高度	$\leq 2$
两端头支点间尺寸	$\leq 5$
扭曲	$\leq 2$
翼缘腹板相对垂直度	$\leq 2$
上下梁中心偏差	$\leq 1.5$
立面桁架	
斜拉撑或弦杆中心距	$\pm 2$
平面对角线	$\pm 3$
平面内斜拉撑偏斜距	$\pm 3$

# 11 涂 装

## 11.1 一 般 规 定

**11.1.1** 本章适用于钢结构的防腐涂料、金属热喷涂、热浸镀锌等防腐涂装。

**11.1.2** 钢结构防腐涂装宜在构件组装和预拼装合格后进行。

**11.1.3** 防腐涂装前，钢材应按本标准和设计文件要求进行表面处理。当设计文件无要求时，可按照涂装产品对钢材表面的要求进行处理。

**11.1.4** 对于首次采用的涂装材料和涂装工艺，应按照现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 的规定进行涂装工艺评定，评定结果应满足设计文件和国家现行标准的要求。

**11.1.5** 钢结构表面各涂层应相互兼容。

## 11.2 表 面 处 理

**11.2.1** 表面处理等级应按设计文件及现行国家标准《涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的目视评定 第1部分：未涂覆过的钢材表面和全面清除原有涂层后的钢材表面的锈蚀等级和处理等级》GB/T 8923.1 的要求，应采用机械除锈方法，也可采用手工除锈和火焰除锈等方法进行处理。

**11.2.2** 钢材表面粗糙度等级评定应按现行国家标准《涂覆涂料前钢材表面处理 喷射清理后的钢材表面粗糙度特性 第2部分：磨料喷射清理后钢材表面粗糙度等级的测定方法 比较样块法》GB/T 13288.2 的规定执行。

**11.2.3** 钢材表面粗糙度应根据不同的钢材底涂层和表面处理等按表 11.2.3 的要求进行选择，并按现行国家标准《钢结构工程施工规范》GB 50755 的有关规定执行。

表 11.2.3 钢材的表面粗糙度

钢材底涂层	表面处理等级	表面粗糙度 $R_a$ ( $\mu\text{m}$ )
热喷锌/铝	Sa3 级	60~100
无机富锌	Sa2 $\frac{1}{2}$ ~Sa3 级	50~80
环氧富锌	Sa2 $\frac{1}{2}$ 级	30~75
不便喷砂的部位	St3 级	

**11.2.4** 经处理的钢材表面，不应有铁锈、焊渣、焊疤、灰尘、油污、水和毛刺等；对于镀锌构件，酸洗除锈后，钢材表面应露出金属色泽，并没有污渍、锈迹和残留酸液。中间层、面层涂装前，应对钢材表面的底层涂层进行清洁和清理，表面应没有油脂、污垢、灰尘等污染物；涂装间隔超过一个月时，底层涂层应进行拉毛处理。

### 11.3 防腐涂料涂装

**11.3.1** 防腐涂料可采用高压无气喷涂法、空气喷涂法、刷涂法、辊涂法和产品说明书推荐的方法进行涂装。

**11.3.2** 涂料调制应搅拌均匀，应随拌随用，不得随意添加稀释剂，且应符合下列规定：

- 1 混合搅拌调制前，将开包后的涂料采用机械搅拌均匀；
- 2 不同涂装方法的稀释剂和水的添加比例，应符合涂料产品说明书要求；水性涂料应采用洁净自来水稀释，添加量不宜超过 5%；
- 3 涂料混合均匀后，应按照产品使用说明书的要求进行熟化，并在规定的混合使用寿命期内使用完毕；
- 4 涂料产品应随调随用，严禁使用超过混合使用寿命期的涂料。

**11.3.3** 钢结构涂装时的环境温度和相对湿度等，应符合涂料产品说明书的要求，且应符合下列规定：



1 当产品说明书对涂装环境温度和相对湿度未作规定时，环境温度宜为 5℃～38℃，相对湿度不应大于 85%；醇溶性无机富锌底漆涂装时，相对湿度大于 50%，当相对湿度小于 50%时，应采用洒水增湿；钢材表面温度不超过 40℃，且高于露点温度 3℃；

2 涂装钢材表面不得有凝露；

3 不应在强烈阳光照射下涂装；

4 当遇雨、雾、雪天气时，不应进行露天涂装；风力大于 4 级时，不宜进行无气喷涂和空气喷涂；风力大于 5 级时，不宜进行室外喷涂；

5 涂装后 4h 内，应采取保护措施，不应淋雨和受沙尘侵袭；

6 涂料涂装后的干燥、养护时间应符合产品说明书的要求；产品说明书无要求时，溶剂型涂料 4h 内不应淋雨和泡水，水性涂料 24h 内不应淋雨和泡水。

**11.3.4** 钢结构的自由边、焊缝、过焊孔和死角等部位宜进行预涂，预涂方式宜采用刷涂或辊涂，且应符合下列规定：

1 预涂时，应调整涂料的黏度；涂料表面应充分润湿，不应出现流挂、过厚、堆积等不良现象；

2 涂刷方向应一致，衔接应整齐，上下两道漆的方向应相互垂直，实干前不宜涂刷下一道涂层；

3 使用高固体份厚浆型涂料进行大面积涂装时，不宜采用刷涂或辊涂。

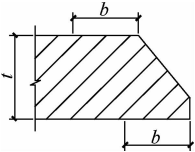
**11.3.5** 不同涂层间的涂装应有重涂间隔时间，最大及最小重涂间隔时间应符合涂料产品说明书的规定。

**11.3.6** 表面除锈处理与涂装的间隔时间宜不超过 4h；当在车间内作业，或在湿度较低的晴天室外作业时，间隔时间不应超过 12h。

**11.3.7** 工地焊接部位的焊缝两侧留出的暂不涂装区域，应符合表 11.3.7 的规定，焊缝及焊缝两侧也可涂装不影响焊接质量的

防腐涂料。

表 11.3.7 焊缝暂不涂装的区域 (mm)

图示	钢板厚度 $t$	暂不涂装的 区域宽度 $b$
	$t < 50$	50
	$50 \leq t \leq 90$	70
	$t > 90$	100

**11.3.8** 在镀锌、镀铝、热喷锌、热喷铝等涂（镀）层上，宜先涂装一道过渡层，再涂装防腐涂料。

**11.3.9** 补涂应符合下列规定：

1 钢结构的涂（镀）层因现场焊接、火焰校正、暴晒和擦伤等受到损伤，造成锈蚀或附有白锌盐时，应经表面处理后，清除表面铁锈、焊渣、焊疤、灰尘、油污、水和毛刺等，再按原涂装规定进行补涂。

2 在运输过程中的涂层碰损、焊接烧伤等，应按原涂装规定进行补涂。

3 现场补涂前，应清除钢材表面既有涂层的油脂、污垢、灰尘等污染物。

**11.3.10** 涂料产品的涂层外观及颜色、光泽应符合设计文件的要求，宜制作样板封存对比。

#### 11.4 金属热喷涂防腐涂装

**11.4.1** 钢结构金属热喷涂可采用气喷涂或电喷涂方法，并应符合现行国家标准《热喷涂 金属和其他无机覆盖层 锌、铝及其合金》GB/T 9793 的规定。

**11.4.2** 钢结构表面处理与热喷涂的间隔时间应不大于 12h；当雨天、潮湿、有盐雾时，不应超过 2h。

**11.4.3** 金属热喷涂的压缩空气应干燥、洁净，且应符合下列规定：

1 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方向应相互垂直、交叉覆盖；

2 一次喷涂厚度宜为  $25\mu\text{m}\sim 80\mu\text{m}$ ，同一层内各喷涂带间应有  $1/3$  的重叠宽度；

3 当大气温度低于  $5^{\circ}\text{C}$  或钢结构表面温度低于露点  $3^{\circ}\text{C}$  时，应停止热喷涂。

**11.4.4** 金属热喷涂层的封闭剂或首道封闭涂料涂装，宜采用涂刷方式，且应符合第 11.3 节的规定。

## 11.5 热浸镀锌防腐涂装

**11.5.1** 钢结构表面的单位面积热浸镀锌质量应符合设计文件的要求。

**11.5.2** 钢结构热浸镀锌应符合现行国家标准《锌覆盖层 钢铁结构防腐的指南和建议 第 2 部分：热浸镀锌》GB/T 19355.2 的规定，并采取措施防止热变形。

**11.5.3** 热浸镀锌造成钢结构的弯曲或扭曲变形，应采取延压、滚轧或千斤顶等机械方式进行矫正。矫正时，宜采取垫木方等措施，不得采用加热矫正。

## 11.6 质量要求

**11.6.1** 防腐涂装的过程检查应包括以下内容：

1 表面处理和涂装前，环境条件检查应包括相对湿度、露点、被涂表面温度、风速等；

2 结构性处理检查应包括飞溅、叠片、咬边、粗糙焊缝、锐边、焊烟、油污、包扎物等；

3 表面处理检查应包括锈蚀、氧化皮、油污、灰尘等清洁度检查和粗糙度检查；

4 涂装检查应包括设备与工具、通风状况、包扎物、混合、

稀释、搅拌、涂料储置、预涂或补涂、湿膜厚度等。

**11.6.2** 涂装完成后的检查应包括以下内容：

1 外观检查应包括色泽均匀，无明显的流挂、漆雾、污染等。

2 涂层缺陷检查应包括无针孔、气泡、漏喷、流挂、起皮、起皱等。

3 干膜厚度检查应在每一道涂层硬干后进行。

**11.6.3** 涂装质量验收应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 的规定。

**11.6.4** 金属热喷涂防腐和热浸镀锌防腐涂装质量验收，应符合现行国家标准《热喷涂 金属和其他无机覆盖层 锌、铝及其合金》GB/T 9793 和《热喷涂 金属零部件表面的预处理》GB/T 11373 等的规定。

## 12 冷成型构件制作

### 12.1 一般规定

**12.1.1** 本章适用于板厚不大于 6mm 的工业与民用建筑和构筑物用冷成型薄壁钢构件、压型金属板的加工制作。

**12.1.2** 冷成型薄壁构件所采用的原材料的品种、规格、性能等应符合现行国家标准《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018 及设计文件的规定，板厚不宜小于 0.4mm。

**12.1.3** 压型金属板产品的规格性能应符合现行国家标准《建筑用压型钢板》GB/T 12755、《铝及铝合金压型板》GB/T 6891 和《建筑用不锈钢压型板》GB/T 36145 的规定。

**12.1.4** 钢筋桁架楼承板产品的规格性能应符合现行行业标准《钢筋桁架楼承板》JG/T 368 及其他国家现行标准的规定。

### 12.2 围护系统用压型金属板

**12.2.1** 围护系统用压型金属板可采用有镀层和/或涂层钢板、不锈钢板、铝合金板、铜板、钛锌板等。

**12.2.2** 压型金属板的制作可采用多道成形辊压型机，将金属板连续冷弯成型而成；加工曲面板时采用曲面冲压机或曲面压型机成型。

**12.2.3** 压型金属板加工制作允许偏差应符合下列规定：

1 压型金属板的质量检查验收要求应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 的要求，质量检查的项目和方法应符合表 12.2.3-1 的规定。

2 压型金属板制作的质量偏差应符合表 12.2.3-2 的规定。

表 12.2.3-1 压型金属板质量检查项目

序号	检查内容与要求	检查数量	检查方法
1	所用镀层板、涂层板的原板、镀层、涂层的性能和材质是否符合相应材料标准	同牌号、同板型、同规格、同镀层重量及涂层厚度、涂料种类和颜色相同的镀层板或涂层板为一批，每批重量不超过 30t	对镀层板或涂层板产品的全部质量报告书（化学成分、力学性能、厚度偏差、镀层重量、涂层厚度等）进行检查
2	压型金属板成型部位的基板不应有裂纹	按计件数抽查 5%，且不应少于 10 件	目视检查（VT）用 10 倍放大镜
3	压型金属板成型后，涂层、镀层不应有肉眼可见的裂纹、起皮、剥落和擦痕等缺陷		观察检查
4	压型金属板成型后，应板面平直，无明显翘曲；表面清洁，无油污，无明显划痕、磕伤等。切口平直，切面整齐，板边无明显翘角、凹凸与波浪形，并不应有皱褶	按计件数抽查 5%，且不应少于 10 件	观察检查
5	压型金属板制作尺寸允许偏差应符合本标准表 12.2.3-2 的要求	按计件数抽查 5%，且不应少于 10 件	用拉线、钢尺和角尺检查

表 12.2.3-2 压型金属板制作的质量偏差（mm）

项目		压型钢板	不锈钢压型板	铝合金压型板
波高 $h$	截面高度 $\leq 70$	$\pm 1.5$	$\pm 1.0$	$\pm 1.5$
	截面高度 $> 70$	$\pm 2.0$	$\pm 1.5$	$\pm 2.0$

续表 12.2.3-2

项目		压型钢板	不锈钢压型板	铝合金压型板
覆盖宽度 <i>B</i>	截面高度 $\leq 70$	搭接型 +10.0~-2.0 扣合型、咬合型 +3.0~-2.0	+3.0 -2.0	搭接型 +10.0~-2.0 扣合型、咬合型 +3.0~-2.0
	截面高度 $> 70$	搭接型 +6.0~-2.0 扣合型、咬合型 +3.0~-2.0	+ <i>h</i> /10, 最大 10.0 -2.0	搭接型+10.0~-2.0 扣合型、咬合型 +3.0~-2.0
板长		+9.0 0.0	+9.0 0.0	+20.0 0
波距		$\pm 2.0$	$\pm 2.0$	$\pm 2.0$
横向剪切 (沿截面全宽)		1%或 6.0	0.5%	6.0
侧向弯曲		20	在测量长度 $L_1$ 范围内, 2.0mm/m, 最大 10	4.0mm/m 且 20.0mm/10m
加劲肋(顶板、底板、腹板)高度		—	$\pm 1.0$	—
平板段(顶板、底板)宽度		—	+2.0 -1.0	—
弯折半径		—	+2.0 0.0	—
收腰或鼓胀		—	$\pm 2.0$ mm/m, 最大 9	—
搭接侧边不平度*		—	500mm 范围内: $\pm 2.0$ ; 或 1.5mm 厚塞尺不能 穿过搭接间隙	—

注 1  $L_1$ 为测量长度, 指板长扣除两端各 0.5m 后的实际长度 (小于 10m) 或扣除后任选的 10m 长度。

2 “\*” 搭接侧边不平度允许偏差有两种检测方法, 可以任选一种。

#### 12.2.4 压型金属板配件加工制作应符合下列规定：

1 压型金属板配件的加工制作宜编制加工任务单，并注明配件形状、尺寸、弯折角度、色彩及朝向、材料厚度、数量、质量要求和公差控制等内容。

2 压型金属板配件宜采用压力成型。

3 压型金属板配件加工时，应进行编号计量。

4 配件加工前宜粘贴塑料保护膜。加工过程中，应设置面板光滑的专用胚料平台和成品平台。胚料和成品不得踩压、拖拉、碰撞。

5 泛水板、包角板、屋脊盖板、天沟几何尺寸的允许偏差应符合表 12.2.4 的规定。按照计量数抽查 5%，且不应少于 10 件。

表 12.2.4 泛水板、包角板、屋脊盖板、天沟几何尺寸允许偏差

项目		允许偏差
泛水板、包角板、 屋脊盖板	板长 (mm)	+6.0, 0
	折弯面宽度 (mm)	±2.0
	折弯面夹角 (°)	≤2.0
天沟	分段长度 (mm)	±3.0
	截面宽度 (mm)	±2.0
	截面高度 (mm)	±2.0
	折弯面夹角 (°)	2.0

#### 12.2.5 压型金属板的成品保护应符合下列规定：

1 压型金属板应叠放，用打包带或钢带包装捆扎，并应采取防雨措施；每捆包装数量不宜大于 10t。

2 当压型金属板长度不大于 3m 时，捆扎不得少于 2 道；当长度为 3m~6m 时，捆扎不得少于 3 道；当长度大于 6m 时，捆扎不得少于 4 道。



3 压型金属板应按订货合同要求包装出厂。包装应可靠，不得损伤压型金属板。每个包装箱应有标志，标明压型金属板材质、板型、板号（板长）、数量、净重、色彩、厚度等。

4 压型金属板应按订货合同要求提供质量合格证书、质量保证书，并应包括下列内容：

- 1) 标准编号。
- 2) 产品供货方名称（或厂标）。
- 3) 工程名称、合同号、批号。
- 4) 规格（产品型号、厚度、长度）、数量。
- 5) 原材料标准号及牌号、镀层、涂层种类及颜色（涂层板）以及相应的质量证明（含化学成分与力学性能）。
- 6) 产品合格证。
- 7) 发货日期。

### 12.3 楼 承 板

**12.3.1** 楼承板包括压型钢板楼承板、普通钢筋桁架楼承板、可拆底模钢筋桁架楼承板、免拆底模钢筋桁架楼承板等。

**12.3.2** 楼承板用的压型钢板分为开口型、缩口型、闭口型，其加工制作质量应符合本标准第 12.2.3 条的规定。

**12.3.3** 普通钢筋桁架楼承板的加工制作应符合下列规定：

1 普通钢筋桁架楼承板加工制作分为钢筋桁架焊接切割、底板成型切割、钢筋桁架与底板焊接、支座钢筋焊接、钢筋桁架与底板焊接点的防腐涂装、码垛打包等工序。

2 普通钢筋桁架楼承板底板采用牌号不低于 S250GD+Z、厚度不小于 0.5mm 的镀锌钢板。镀锌钢板的镀锌量双面不小于 120g/m<sup>2</sup>。

3 普通钢筋桁架楼承板钢筋桁架上、下弦宜采用 HRB400、HPB300 钢筋，钢筋直径为（6~12）mm；腹杆宜采用 HRB400 或性能等同 CRB550 的冷轧光圆钢筋，钢筋直径为（4.5~8）mm；

支座横筋、竖筋宜采用 HPB300、HRB400，支座横筋直径不宜小于 10mm，支座竖筋直径不宜小于 12mm。

**12.3.4** 可拆底模钢筋桁架楼承板的加工制作应符合下列规定：

1 可拆底模钢筋桁架楼承板制作分为钢筋桁架焊接切割、底板制备、底板连接件安装、钢筋桁架与底板装配、码垛打包等工序。

2 可拆底模钢筋桁架楼承板底板可采用冷轧板、镀锌板、竹木胶合板或铝合金模板；钢板的屈服强度宜不低于  $260\text{N}/\text{mm}^2$ 。

3 可拆底模钢筋桁架楼承板钢筋桁架的制作应符合本标准第 12.3.3 条第 3 款的规定。

**12.3.5** 免拆底模钢筋桁架楼承板的加工制作应符合下列规定：

1 免拆底模钢筋桁架楼承板的底板宜采用成品非金属板，将钢筋桁架与底板通过专用连接件或者工厂预埋的方式装配而成。

2 免拆底模钢筋桁架楼承板的钢筋桁架制作应符合本标准第 12.3.3 条第 3 款的规定。

**12.3.6** 楼承板检验应符合下列规定：

1 楼承板用压型钢板的的产品规格性能应符合现行国家标准《建筑用压型钢板》GB/T 12755 的规定。

2 钢筋桁架的检验

1) 钢筋桁架的检验应符合现行行业标准《钢筋桁架楼承板》JG/T 368 的规定。

2) 钢筋桁架中杆件之间应采用自动化机械焊接，焊点处熔化金属应均匀；焊点不应脱落、漏焊；焊点应无裂纹、多孔性缺陷及明显的烧伤现象。

3) 主要检验指标及判定标准应符合表 12.3.6-1 的规定。

表 12.3.6-1 钢筋桁架检验指标及判定标准

桁架长度	尺寸偏差				力学性能	
	弯曲	长度	高度	保护层	节间距离	抗剪极限承载力
≤5m	≤10m;10mm	0, +6mm	±3mm	±2mm	±3mm	符合《钢筋桁架楼承板》JGT 368
>5m	>10m;20mm	0, +10mm				

3 钢筋桁架楼承板结构尺寸允许偏差应符合表 12.3.6-2 的规定。

表 12.3.6-2 钢筋桁架楼承板结构尺寸允许偏差

钢筋桁架楼承板长度	钢筋桁架楼承板宽度	保护层厚度	钢筋桁架间距	搭接边宽度	搭接边高度
≤5m	0, +6mm	±4mm	±10mm	±2mm	±2mm
>5m	0, +10mm				

4 钢筋桁架焊接质量的检验应符合下列规定：

- 1) 凡钢筋桁架型号及底模钢板型号规格相同的钢筋桁架楼承板，视为同一种型号制品，首批 500 件为一检验批，检验合格后，检验批可扩大为 800 件为一批，检验其外观质量与焊点强度。
- 2) 钢筋桁架楼承板生产必须进行首件检验。钢筋桁架楼承板所使用的钢筋桁架和底模应符合设计文件的要求，首件检验合格后可投入批量生产。
- 3) 每检验批抽检量不应少于 5%，且不应少于 3 件。抗剪极限承载力试验每批抽查每类焊点不应少于 3 点。
- 4) 每检验批焊点脱落、漏焊总数不应超过焊点的 2%，相邻四焊点脱落或漏焊不超过 1 个，每检验批焊点烧穿总数不应超过 20%。

- 5) 电阻焊点力学性能应符合现行行业标准《钢筋桁架楼承板》JG/T 368 的规定。
- 6) 支座钢筋之间及支座钢筋与下弦钢筋焊点的抗剪极限承载力不低于 6000N，支座钢筋与上弦钢筋焊点的抗剪极限承载力不低于 3000N。

## 12.4 冷弯薄壁型钢构件

**12.4.1** 冷弯薄壁型钢构件的制作宜采用机械辊轧或冲压弯折方式，制作环境温度应符合以下规定：

- 1 材料为碳素结构钢时，环境温度不得低于 $-16^{\circ}\text{C}$ ；
- 2 材料为低合金高强度钢时，环境温度不得低于 $-12^{\circ}\text{C}$ 。

**12.4.2** 冷弯薄壁型钢构件的制孔可采用冲孔或钻孔方式，孔口应无毛刺、破裂、喇叭形等缺陷。

**12.4.3** 对于焊接组合构件，应符合下列要求：

1 构件组装应在工作平台及装备胎模上进行固定，工作平台及胎模水平面的平整度误差不宜大于 3mm。

2 构件的几何尺寸应符合加工详图要求，并考虑预起拱和焊缝收缩变形的预留余量；结构的工作线与构件的重心线的误差不宜大于 3mm，且应交汇于节点中心。

3 组合构件的焊缝应根据加工详图的要求，采用连续焊或间断焊。

4 构件的定位焊采用的焊接材料型号应与正式焊接用的相同。定位焊位置应在正式焊缝部位内，不得将钢材烧穿。

5 构件的搭接和对接焊的错缝不得大于 0.5mm。

**12.4.4** 采用电阻点焊时，应符合以下规定：

1 采用圆锥形的电极头，其直径应不小于  $5\sqrt{t}$  ( $t$  为焊件中外侧较薄板件的厚度)；

2 焊件接触面应紧密贴合；

3 应根据焊点抗剪强度工艺评定试验确定各项焊接工艺参数；

4 施焊过程中，点焊直径的变动幅度不得大于 1/5。

12.4.5 制作构件的卷材宽度应考虑辊压过程中因延展性带来的板宽度增加量，冷弯薄壁型钢构件的制作偏差应符合表 12.4.5 的规定（图 12.4.5）。

表 12.4.5 冷弯薄壁型钢构件允许偏差（mm）

项 目	允 许 偏 差
截面高度 $h$	$\pm 3.0$
翼缘宽度 $b$	+5.0 -2.0
斜卷边或直卷边长度 $a_1$	+6.0 -3.0
翼缘不平度 $\theta_1$	$\pm 3^\circ$
卷边角度 $\theta_2$	$\pm 5^\circ$
腹板孔中心至构件中心线距离 $a_2$	$\pm 1.0$
腹板孔中心至构件长度中心距离 $a_3$	$\pm 1.5$
翼缘孔中心至构件长度中心距离 $a_4$	$\pm 3.0$
翼缘孔中心至腹板外缘距离 $a_5$	$\pm 3.0$
同一组内腹板横向间孔距离 $s_1$	$\pm 1.5$
同一组内腹板纵向间孔距离 $s_2$	$\pm 1.5$
两端螺栓群中心距离 $s_3$	$\pm 3.0$
构件长度 $l$	$\leq 9\text{m}$ 时 $\pm 3.0$
	$> 9\text{m}$ 时 $\pm 4.0$
构件弯曲度 $c$	$\leq 1/500$
板厚度 $t$	按所用钢带的相应标准规定

12.4.6 冷弯薄壁型钢构件的镀锌和涂装应符合下列规定：

1 对于镀锌钢带直接辊压成型或普通钢带冷弯成型后进行热浸镀锌的构件，其表面镀锌含量应满足设计要求，设计无要求时双面镀锌量应为  $275\text{g}/\text{m}^2$ 。

2 涂料种类及厚度应根据构件不同使用环境和耐久年限确

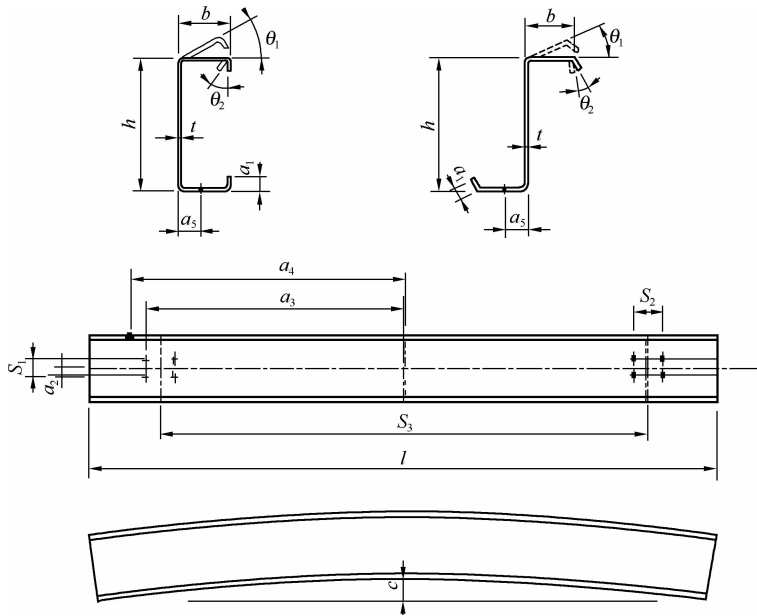


图 12.4.5 构件尺寸

定，并应符合设计要求。

**3** 镀锌和涂装的质量应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 的规定。

**12.4.7** 冷弯薄壁型钢构件的加工制作及检验应符合现行国家标准《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018、《通用冷弯开口型钢》GB/T 6723、《冷弯型钢通用技术要求》GB/T 6725、《结构用冷弯空心型钢》GB/T 6728 的规定。

## 13 制成品的检验、标识、 包装、运输及交付

### 13.1 一般规定

**13.1.1** 本章适用于制造或涂装完成后的钢结构制成品的检验、标识、包装、存放，以及制成品出厂至交货地点的运输与交付。

**13.1.2** 大型制成品的存放、装卸和运输应符合国家现行的安全法规及安全管理规定。

**13.1.3** 制成品在包装、存放、装卸和运输过程中，应采取有效措施，保证其不变形、不损伤、不散包及不被污染。过程中损坏的涂层，应按照涂层配套方案和涂装工艺进行补涂。

### 13.2 制成品的检验与标识

**13.2.1** 钢结构制作完成后，应按施工详图和现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 及有关标准的规定进行检验。检验内容包括制成品的外观质量、外形尺寸、涂装质量等，并进行相关资料的检查。对检验不合格的制成品，应按技术方案进行处理，并重新检查验收。

**13.2.2** 钢结构制成品外观质量采用目视检查方法检验，制成品表面不得有划痕、焊瘤、擦伤等缺陷，边缘应无毛刺。

**13.2.3** 钢结构制成品外形尺寸允许偏差应符合设计文件和国家现行有关标准的规定，其主控项目的允许偏差应符合表 13.2.3 的要求。

**13.2.4** 建筑钢结构、桥梁钢结构制成品外形尺寸一般项目的允许偏差应符合本标准附录 A 的规定。

表 13.2.3 钢构件外形尺寸主控项目的允许偏差 (mm)

项 目		允许偏差		检验方法
单层柱、梁、桁架受力支托 (支承面)表面至第一安装孔的距离		±1.0		用钢尺检查
多节柱端铣平面至 第一安装孔的距离		±1.0		
实腹梁两端最外侧安装孔的距离		±3.0		
构件连接处的截面几何尺寸		±3.0		
柱、梁连接处的腹板中心线偏移		2.0		
受压构件(杆件)弯曲矢高		$l/1000$ , 且不应大于 10.0		
钢板 剪力 墙	高度、宽度		±4.0	
	平面内对角线		±4.0	
	纵向、横向最外侧 安装孔的距离		±3.0	
	连接处	截面几何尺寸	±3.0	
		平面度差	螺栓连接	±1.0
	其他连接		±3.0	
弯曲矢高	受压	$h/1000$ , 且不应大于 10.0		用拉线和钢尺检查

注:  $l$  为构件(杆件)长度,  $h$  为单层墙的垂直高度。

**13.2.5** 塔桅钢结构制成品外形尺寸检验方法和允许偏差应符合国家现行有关标准的规定。采用角钢和钢管制造的输电线路铁塔制成品外形尺寸检验方法和允许偏差应分别符合现行国家标准《输电线路铁塔制造技术条件》GB/T 2694 和现行行业标准《输变电钢管结构制造技术条件》DL/T 646 的规定。

**13.2.6** 锅炉钢结构制成品的检验方法和允许偏差应符合现行行业标准《锅炉钢结构制造技术规范》NB/T 47043 的规定。

**13.2.7** 水利水电钢闸门制成品的检验方法和允许偏差应符合现行国家标准《水利水电工程钢闸门制造、安装及验收规范》GB/T 14173 的规定。



**13.2.8** 压水堆核电厂钢制安全壳制成品的检验方法和允许偏差应符合现行行业标准《压水堆核电厂钢制安全壳设计建造规范》NB/T 20482 的规定。

**13.2.9** 钢结构制成品的涂装部位、涂料品种、涂装遍数、涂层厚度应满足设计文件、涂料产品标准及涂装工艺方案要求，涂装质量与预留连接部位的表面处理等级应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 的规定。

**13.2.10** 钢结构制成品的资料检查应包括下列内容：

- 1 原材料质量证明书及见证取样送样检测与复验报告；
- 2 成品件的质量合格证明文件；
- 3 焊接工艺评定报告；
- 4 工厂高强度螺栓摩擦面抗滑移系数试验报告；
- 5 焊缝无损检测报告；
- 6 加工制作过程自检记录；
- 7 焊缝返修记录；
- 8 产品合格证；
- 9 构件预拼装记录及报告；
- 10 涂装检测记录；
- 11 钢结构分项工程检验批加工制作质量验收记录；
- 12 钢结构施工详图文件、图纸会审记录及设计变更文件；
- 13 构件发运与装箱清单；
- 14 业主、监理要求的其他资料。

**13.2.11** 制成品的标识宜在明显部位，并应符合下列规定：

1 构件的标志、标记和编号等标识应清晰完整、醒目，构件编号与加工详图中的构件编号应一致，大型构件还应标明重量、重心位置及定位标记；

2 标识应符合设计要求。当设计无要求时，标识可采用字体为宋体、字间距为 25mm、大小为 80mm×65mm 的涂料喷码；标识颜色应与构件面层涂层颜色不同，且应在其下方用钢印标注；

3 钢柱应标识出中心线、标高线（图 13.2.11）。三角形标记宜采用边长 50mm 的等边三角形。

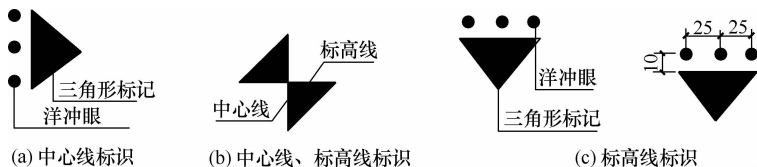


图 13.2.11 制成品标识示意

13.2.12 钢结构制成品的标识位置应设置在构件两端（图 13.2.12），并应符合设计要求或合同约定。标识不得影响构件性能，且不得污染钢结构表面。

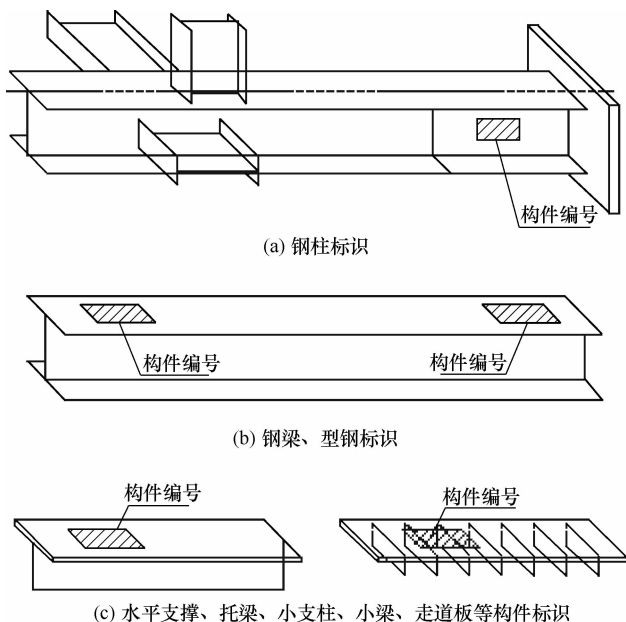


图 13.2.12 构件编号位置示意

### 13.3 制成品的包装与存放

**13.3.1** 制成品出厂前宜进行包装；当有涂装时，应在涂装验收合格后进行包装。

**13.3.2** 制成品的包装，应根据制成品的类型和特点以及其形状、外形尺寸、刚度大小、运输方式等实际情况，确定包装方式和包装材料。包装方式应符合公路、铁路或海运的有关规定，包装材料应满足国家法律的规定和客户的要求。

**13.3.3** 制成品包装应符合下列规定：

1 外形尺寸和刚度较大、不易变形的构件可裸装，并标出构件中心位置和重量；

2 断面较小、细长、规则的构件可捆装或打包架包装。构件之间、构件与捆装带或打包架之间，应设置垫层等保护措施；采用框架捆装时，起吊点应安全可靠，且不得损伤产品标志牌；

3 尺寸较小的制成品可分类装箱。装箱前应编制装箱清单，零部件连接板的栓接面装箱时，宜在两层之间加铺橡胶垫，并有防水保护措施；

4 当设计对构件的包装有特殊要求时，应满足设计要求；

5 出口产品包装应满足项目所在国的法律规定和海运的要求；

6 包装时，栓接部位的摩擦面应进行保护，不得污染和损伤。

**13.3.4** 制成品的包装设计必须满足强度、刚度及尺寸要求，具有叠压强度；且在多次搬运、装卸以及在运输、堆放过程中，应不损坏、不变形、无安全隐患；每个包装上应标注堆码极限。

**13.3.5** 对于桥梁钢结构的桥面板单元的 U 形肋端口、锚管孔及封闭构件上的工艺孔等敞开部位，宜进行封闭，雨水和杂物不得进入构件内部。

**13.3.6** 塔筒两端法兰的米字支撑外侧，宜用防雨布封堵，灰尘雨雪不得进入；防雨布可采用打包带固定在筒体外侧面。

**13.3.7** 拴在构件上随构件一起发运的零件宜采用螺栓拧紧，且每个孔群应不少于2个螺栓。

**13.3.8** 制成品包装的标志应符合下列规定：

1 标志可采用印刷、粘贴、拴挂、钉附及喷涂等方法。标志可只喷涂形象图案，可喷涂在木箱两侧的左上方，或在包装件的明显一面；“由此起吊”“重心点”等标志应分别喷刷在产品外包装的实际位置上；

2 标志的颜色宜采用黑色，且应与包装件的颜色有鲜明对比；

3 产品的发货标志必须采用镂空字模喷涂于制成品或标志牌上；当裸装时，标牌可用铁丝固定在包装件上；当框架包装时，应在框架两侧点焊标牌；标牌数量不宜少于2个；标志应有工号、图号、发货件号、总重、外形尺寸及发货单位等内容；

4 出口制成品的发货标志宜采用中、英文对照。

**13.3.9** 随制成品一起发运的文件包括产品质量证明书、总装箱单、分装箱单等，应符合下列规定：

1 文件应经检查确认无误；总装箱单或分装箱单应装入包装袋中封牢。裸装、框架包装时，装箱单应在专用管内封牢，并固定在包装件上。

2 装箱单应采用优质纸张，进行铅印、打印或复印，不得油印、涂改。

3 包装实物的名称、规格、数量应与标签及装箱单完全一致。

4 出口制成品装箱单的格式，应满足外贸部门及所在国的法律规定或合同要求。

**13.3.10** 制成品存放的场地应进行规划，且应符合堆放、移运及发运装车的作业要求；根据移运通道或出运码头的设置，规划大型或大节段构件的存放场地。

**13.3.11** 制成品的存放场地应平整、坚实、稳定、通风、无积水；应根据存放场地的地基情况和气候条件，设置排水设施，以

及采取措施防止场地地基沉陷。

**13.3.12** 存放大型桥梁构件的台座应坚固，基础及地基应安全和稳定，且不得产生不均匀沉降。

**13.3.13** 制成品应按种类、所用部位、现场安装顺序进行分区存放，设立标志牌，并码放整齐，且应符合下列规定：

1 制成品之间应预留空间或空隙，满足设备作业和检查活动的要求。

2 存放场地内的通道应满足构件存入、检查及取用要求。

3 制成品的堆放应平整、稳妥、垫实，并应控制制成品的保管技术要求采取防雨、防潮、防暴晒、防污染、防变形及防涂层损伤等措施。

4 制成品存放时应设置足够的支承点，支承点位置与数量应符合设计要求；当设计无要求时，支承点位置与数量应通过受力验算确定，不得使构件在自重作用下产生永久变形；构件存放宜采用两支点，支承点位置宜在离杆端 0.2 倍构件长度处；长构件存放在场地条件较好时，可采用三支点。大节段构件存放时，支承点应设在自重弯矩较小的位置。

5 制成品支垫应坚实，底层垫枕应有足够的支承面，支承点不得下沉。支承点应采用方木或其他材料柔性，支承不得损伤涂层。

6 对于风电塔筒类圆形构件，底部应放置 V 形垫木防止滚动，或采用专用支架架起，构件下表面距离地面不得小于 150mm。

7 制成品叠放时，各层间的支垫应上下对齐，制成品不得压坏或变形；宜根据构件强度、地基承载力、支垫材料的强度及叠放的稳定性等，计算确定叠放高度，并应采取措施防止堆垛倾覆。

8 雨季或春季融冻期间，应采取措施防止地基软化下沉。

**13.3.14** 制成品搬运和吊装时，应采取吊具、吊点及涂层保护措施，并应符合下列规定：

1 不超过 5t 的制成品宜选用清洁的专用尼龙吊带进行吊装；

2 超过 5t 的制成品宜选用清洁的带橡胶皮套的钢丝绳进行吊装；

3 特殊制成品应使用专用吊具、吊架进行吊装；

4 经检查合格的钢丝绳、吊装带、卸扣、吊钩等，应在额定的许用荷载范围内使用；

5 吊点宜设置在制成品变形最小或设计有特殊要求的位置。

**13.3.15** 除要求的吊点外，搬运和吊装风电塔筒基础环、塔筒时，禁止在涂层表面装、焊起吊索具。塔筒起吊前，吊装带不得与防腐涂层直接接触，宜在吊装带部位包裹 2 层至 3 层白色透明塑料布，并用透明胶带固定。

**13.3.16** 因吊装造成的制成品涂层表面损伤、包装散包等，应进行修补或加固，符合包装、装车、运输要求后进行发运。

### 13.4 制成品的运输与交付

**13.4.1** 制成品的运输方式、运输路线及运输工具，应根据构件的种类、形状、重量、运距、工期及发运地和目的地的运输条件等实际情况确定。

**13.4.2** 制成品的发运应符合下列规定：

1 制成品发运前，应按合同要求、施工单位的安装计划及吊装顺序，制定配套发运计划；同一安装批次的制成品宜同期、同批运输；

2 发运计划应考虑天气、交通等影响因素，交货时间按使用时间预留提前量；

3 制成品应经检验合格，且符合出厂要求后发运。塔筒部件必须在装运前彻底清理内外侧污染，防腐材料硬化后进行发运；

4 发货清单上必须有项目名称、构件号、成品件数量以及重量等信息。

**13.4.3** 制成品装车或装船应符合下列规定：

- 1 制成品发货装车时，必须有专人监管；
- 2 构件的装载应稳定、支承与固定措施应牢固、可靠；
- 3 对于刚度较小、易变形、不规则钢构件的装运，应采取加固措施；
- 4 构件装载时应采取可靠的成品保护措施。

**13.4.4** 制成品的运输应符合下列规定：

- 1 运输设备或车辆应符合其额定运载能力及安全要求；
- 2 超高、超宽、形状特殊的大型制成品的运输，应制订专项运输方案，并上报交通运输管理部门批准；
- 3 运输方式不得造成制成品产生任何形式的损伤及变形。

**13.4.5** 公路运输宜提前对运输路线进行勘查，且应符合下列规定：

- 1 运输路线有障碍时，应采取措施保证运输车辆通行；
- 2 构件的尺寸与重量应符合道路及交管部门的限制要求；
- 3 运输车辆应起步缓慢，行进平稳，严禁突然加速或紧急制动。

**13.4.6** 水路运输应提前对运输船舶需经过水域的特点及通航规则进行调查，确定运输船舶的类型和吨位，且应符合下列规定：

- 1 应采取防止船体摆动的措施，保证构件在风浪颠簸中不发生移位。
- 2 大型和大节段构件应采取水路运输安全措施。
- 3 海运时，制成品摩擦面、坡口等特殊部位应进行密封，并采取防海风、海水腐蚀措施。

**13.4.7** 钢结构制成品发运时，必须与订货单位有严格的交接手续，并按合同要求进行资料的交付。交付时，构件重量计算规则应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 及相关标准的有关规定。

## 14 安全、职业健康与环境保护

### 14.1 一般规定

**14.1.1** 钢结构制造企业应建立健全安全生产、职业卫生健康制度，严格执行国家安全生产、职业卫生健康标准，对劳动者进行安全生产、职业卫生健康教育，防止生产过程中的事故，减少职业危害。

**14.1.2** 从事特种作业的从业人员必须按照国家有关规定经专门的安全作业培训，取得相应资格，方可上岗作业。

**14.1.3** 钢结构制造企业必须明确安全生产、消防、职业病防护等责任制。对下料、制孔、剪切、打磨、矫正、成型、抛丸、喷涂等设备，切割、焊接、喷涂等工序，起重、吊装、预拼装、拼装、高空作业、转运等危险作业，应制订相应的安全生产制度和操作规程。

**14.1.4** 钢结构制造企业必须对从业人员进行安全生产和职业卫生健康教育培训，并建立档案。特殊工种或岗位的人员应持证上岗，按照规定的范围进行操作。对调换新工种、复工及采取新技术、新工艺、新设备、新材料的从业人员，必须进行新岗位、新操作方法的安全和职业卫生健康教育培训，考试合格后，方可上岗操作。

**14.1.5** 钢结构制造企业的从业人员必须经过进厂、进车间和进班组（现场）的三级安全教育。

**14.1.6** 钢结构制造企业必须为从业人员提供符合国家现行标准的劳动防护用品，并监督、教育从业人员按照要求佩戴使用。

**14.1.7** 钢结构制造企业应为从业人员创造符合国家职业卫生健康标准和要求的作业环境和条件，建立健全职业病防护责任制，加强对职业病的管理，提高职业病防治水平，对本单位产生的职业病



危害承担责任。从业人员必须依法参加工伤社会保险。

**14.1.8** 钢结构制造企业应遵守有关职业卫生健康与环境保护的法律、法规，采取措施控制和处理工作场所的各种粉尘、废气、废水、固体废弃物以及噪声、振动、照明对人和环境的污染和危害。

## 14.2 安 全

**14.2.1** 钢结构制造时，从业人员防护安全应符合下列规定：

- 1 进入生产现场必须佩戴检验合格的安全帽。
- 2 不得有损坏安全帽的行为。
- 3 从事制孔、切削、切割、构件打磨或敲击等工作时必须佩戴防护眼镜。
- 4 生产现场宜佩戴手套，操纵旋转机床（如钻床、车床等）人员严禁戴帆布或纱手套。
- 5 从事大、重型构件的起重、装配、焊割、机加工等的人员应穿钢包头皮鞋；电工必须穿绝缘橡胶鞋；焊割人员应在工作鞋上加盖鞋罩（脚盖）。
- 6 超过 2m 的高处作业必须系挂好安全带。安全带和系挂点必须安全牢靠。安全带必须“高挂低用”，系挂点不应低于腰部，安全带长度不应超过 1.5m。

7 电焊作业人员必须戴好防焊尘口罩；喷漆作业人员必须戴好防毒面罩；切割、构件打磨人员应该佩戴防护口罩。

**14.2.2** 工作场所安全应符合下列规定：

- 1 严格执行规定的安全防范措施，严禁违章指挥。
- 2 对有可能产生粉尘积聚的设备设施，如抛丸除尘设备、集砂基坑、吸风管道等，要定期清扫。
- 3 涉及可燃气体管道、气管使用或存放的场所，要定期检查测漏，可视情况采取强制排风或开设对流孔洞。
- 4 粉尘爆炸危险场所检修时应使用防爆工具，严禁各类明火。需要进行动火作业时，应在作业前办理动火审批手续，并应

清扫动火场所积尘，同时停止产生粉尘的所有作业，采取相应防护措施。

5 粉尘爆炸危险场所的动火作业结束后，动火人及监护人员要共同熄灭残余火迹，检查无残留火迹，确认安全后方可撤离现场。

6 指挥吊装、遥控操作起重机械的人员，必须跟踪和监护吊物的作业方位、运行方向；严禁人员闯入或滞留在起吊、翻身的危险区域内。

7 对可能倾倒、滚动的构件和材料应采取临时措施固定。

8 工件、材料和工具应妥善放置，安全稳定。

9 作业产生的废弃物、垃圾等应及时处理，放置在规定的容器内或指定的地点。

10 作业场所的通道必须保持畅通，不得放入工件、材料。

11 行走时，应走安全通道；严禁跨越大于 0.5m 的胎架或正在运转的设备，严禁攀越设备、设施、安全栏杆。

12 作业结束，应整理好工具，打扫、清洁作业场所。

#### 14.2.3 喷涂作业应符合下列规定：

1 涂装现场或车间内严禁堆放其他易燃物品，涂料存放量不应超过当天使用量，并应远离易燃物品仓库。

2 涂装现场或车间严禁烟火，应有明显的“禁止烟火”的标志。

3 箱形构件或形成受限空间内的喷涂作业，作业人员应配置带有呼吸装置的密闭防护服，所使用的照明、设备、工具必须考虑防爆及导静电。作业期间周边严禁一切动火作业。

4 涂装现场或车间必须备有消防水源和消防器材。

5 擦拭溶剂和涂料的棉纱、破布等应存放在带盖的铁桶内，并定期处理。

6 严禁随意倾倒涂料或溶剂。

7 应采用专用容器收集试枪或清洗设备产生的涂料或溶剂，并按规定处置。

**14.2.4** 受限空间作业前，应进行通风，检测有害成分并履行作业审批。作业中，按审批内容落实安全措施并设置除尘、通风设施，保持安全、适当通风量。

**14.2.5** 核电厂钢制安全壳在组装、安装过程中，工作区域和设备的清洁度应符合现行行业标准《压水堆核电厂核蒸汽供应系统设备的清洁和清洁度要求》NB/T 20233 的规定。

**14.2.6** 钢结构加工设备的安全使用应满足操作手册的要求，并符合本标准附录 B 第 B.0.1~B.0.7 节的规定。

**14.2.7** 所使用的加工制作工具应符合使用说明书的要求，并符合本标准附录 B 第 B.0.8 条的规定。

### **14.3 职业卫生健康**

**14.3.1** 工作场所应符合职业卫生健康管理要求，并采取有效的职业病防护管理措施。

**14.3.2** 收集、处理和反馈从业人员所关心的职业卫生健康问题，并对工作场所的职业卫生健康绩效和事故预防进行持续改进，保护员工安全健康。

**14.3.3** 定期检查有害工种从业人员的职业健康，并建立职业卫生健康监护档案，按照规定的期限妥善保存。

### **14.4 环境保护**

**14.4.1** 车间内必须建立环境保护、环境卫生管理和检查制度，并做好检查记录。

**14.4.2** 工厂区域内应保持清洁，夜间照明灯光应减少对周边居民的影响。

**14.4.3** 生产期间应控制噪声、烟尘、粉尘及固体废弃物、危险废弃物、废水的产生；固体废弃物、危险废弃物的存储、处置应符合当地法律法规。

**14.4.4** 钢结构制造企业应设置专用的危险废物贮存设施；危险废物贮存设施应按规定设置警示标志，配备监控设备、照明设

施、可燃气体检测设备、应急处置设施及工具，必要时配备废气收集处理设施；危险废物贮存设施内的清理物按危险废物处置。

#### **14.4.5 危险废物的管理应符合下列规定：**

**1** 危险废物贮存前，应进行检查，确保同预定接收的危险废物一致，并登记在册。

**2** 使用符合标准的容器盛装危险废物，并分类张贴标签进行区分。

**3** 定期检查所贮存的危险废物包装容器及贮存设施，若发现破损，应及时清理更换。

**4** 由有资质单位承担危险废物的处置和运输，并按属地管理要求进行申报，出运的危险废物品种和数量必须与申报相符合，不得擅自、随意处置危险废物。

**14.4.6** 涂装材料的挥发性有机物（VOCs）等有害物质限量应符合现行国家标准《工业防护涂料中有害物质限量》GB 30981的规定。

**14.4.7** 涂料、稀释剂、固化剂等含挥发性有机物（VOCs）的原料应专门贮存，盛装容器或包装袋应加盖、封口，并保持密闭。

**14.4.8** 涂料调配时，应采用密闭设备或在密闭空间内操作；无法密闭时，应采取局部气体收集措施，并排放至挥发性有机物（VOCs）废气收集处理系统集中处理。

**14.4.9** 当车间或生产设施排放的气体中含有甲苯、二甲苯、非甲烷总烃时，或采用涂料时，应有末端收集处理设施，且应符合现行行业标准《吸附法工业有机废气治理工程技术规范》HJ 2026的规定，排放应符合现行国家标准《挥发性有机物无组织排放控制标准》GB 37822的规定。

**14.4.10** 钢结构制造企业应建立记录废气收集和处理系统的主要运行和维护信息台账。

## 附录 A 钢结构制成品外形尺寸的允许偏差

A.0.1 建筑钢结构制成品外形尺寸一般项目的允许偏差应符合表 A.0.1-1~表 A.0.1-11 的规定。

表 A.0.1-1 管桁架结构组装尺寸的允许偏差 (mm)

项目		允许偏差		检查方法	图例
结构高度 $H$		$H \leq 5000$	$\pm 2.0$	用钢尺检查	
		$H > 5000$	$\pm 3.0$		
结构宽度 $B$		$B \leq 5000$	$\pm 2.0$	用钢尺检查	
		$B > 5000$	$\pm 3.0$		
节间距离 $L_1$		$L_1 \leq 5000$	$\pm 2.0$	用钢尺检查	
		$L_1 > 5000$	$\pm 3.0$		
节点处杆件 轴线错位		$d(b) \leq 200$	2.0	划线后用 钢尺检查	
		$d(b) > 200$	3.0		
长度 $L$		$L < 24\text{m}$	+3.0 -7.0	用钢尺检查	
		$24\text{m} < L \leq 80\text{m}$	+5.0 -10.0		
		$L > 80\text{m}$	+10.0 -20.0		
侧向弯曲 $f$		$L/5000$ , 且不大于 20.0		用拉线和 钢尺检查	
拱度 偏差 值 $\Delta$	设计要求 起拱	起拱值的 10%, 且不大于 10.0		用拉线和 钢尺检查	
	设计未 要求起拱	起拱值的 $\pm 10\%$ , 且不超过 $\pm 10.0$			
对口错边		$t/10$ , 且不应大于 3.0		用焊缝量规 检查	

注:  $d$ —钢管直径;  $b$ —杆件截面边长;  $t$ —钢管壁厚。

表 A.0.1-2 焊接 H 型钢外形尺寸的允许偏差 (mm)

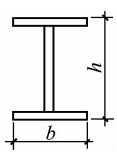
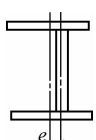
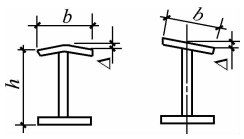
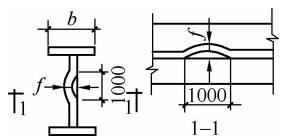
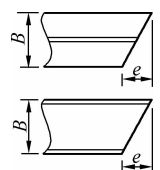
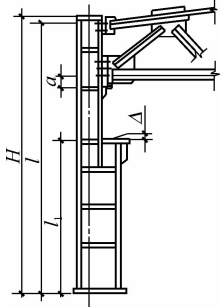
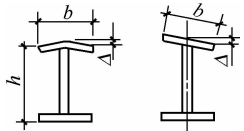
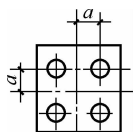
项目		允许偏差	检验方法	图例
截面高度	$h < 500$	$\pm 2.0$	用钢尺检查	
	$500 \leq h \leq 1000$	$\pm 3.0$		
	$h > 1000$	$\pm 4.0$		
	截面宽度 $b$	$\pm 3.0$		
型钢长度	$L \leq 6m$	$+3.0$		—
	$L > 6m$	$+5.0$		—
腹板中心偏移		2.0	—	
翼缘板垂直度 ( $\Delta$ )		$b/100$ 且不大于 3.0	用直角尺和钢尺检查	
弯曲矢高		$l/1000$ , 且不大于 10.0	用拉线和钢尺检查	—
扭曲		$h/250$ , 且不大于 5.0	用拉线、吊线和钢尺检查	—
腹板局部平面度 $f$	$t \leq 6$	4.0	用 1m 直尺和塞尺检查	
	$6 < t < 14$	3.0		
	$t \geq 14$	2.0		
断面垂直度		$\pm 2.0$	用直角尺和钢尺检查	

表 A.0.1-3 单层钢柱外形尺寸的允许偏差 (mm)

项目		允许偏差	检验方法	图例
柱底面到柱端与桁架或斜梁连接的最上一个安装孔的距离 $l$		$\pm l/1500$ , 且不超过 $\pm 15.0$ ( $\pm 5.0$ )	用钢尺检查	
柱底面到牛腿支承面的距离 $l_1$		$\pm l_1/2000$ , 且不超过 $\pm 8.0$ ( $\pm 4.0$ )		
牛腿面的翘曲 $\Delta$		2.0	用拉线、直角尺和钢尺检查	
柱身弯曲矢高		$H/1000$ , 且 不大于 9.0		
柱身扭曲	牛腿处	3.0	用拉线、吊线和钢尺检查	—
	其他处	8.0(5.0)		
柱截面几何尺寸	连接处	$\pm 3.0$	用钢尺检查	
	非连接处	$\pm 4.0$		
翼缘板对腹板的垂直度	连接处	1.5	用直角尺和钢尺检查	
	其他处	$b/100$ , 且 不大于 5.0 (3.0)		
柱脚底板平面度		5.0(3.0)	用 1m 直尺和塞尺检查	—
柱脚螺栓孔中心到柱轴线的距离 $a$		3.0(2.0)	用钢尺检查	

注：括号中数据为门式刚架轻型房屋钢结构单层钢柱外形尺寸允许偏差值。

表 A.0.1-4 多节钢柱外形尺寸的允许偏差 (mm)

项目		允许偏差	检验方法	图例
一节柱高度 $H$		$\pm 3.0$	用钢尺检查	
两端最外侧安装孔的距离 $l_3$		$\pm 2.0$		
铣平面到第一排安装孔的距离 $a$		$\pm 1.0$		
柱身弯曲矢高 $f$		$H/1500$ , 且 不大于 5.0	用拉线和 钢尺检查	
一节柱的柱身扭曲		$h/250$ , 且 不大于 5.0	用拉线、吊线 和钢尺检查	
牛腿端孔到柱轴线的 距离 $l_2$		$\pm 3.0$	用钢尺检查	
牛腿的翘曲 或扭曲 $\Delta$	$l_2 \leq 1000$	2.0	用拉线、直角 尺和钢尺检查	
	$l_2 > 1000$	3.0		
柱截面 尺寸	连接处	$\pm 3.0$	用钢尺检查	
	非连接处	$\pm 4.0$		
柱脚底板平面度		5.0	用 1m 直尺 和塞尺检查	
翼缘板对 腹板的垂 直度	连接处	1.5	用直角尺和 钢尺检查	
	其他处	$b/100$ , 且 不大于 3.0		
柱脚螺栓孔对柱 轴线的距离 $a$		3.0	用钢尺检查	
箱形截面连接处 对角线差		3.0		



续表 A. 0. 1-4

项目	允许偏差	检验方法	图例
箱形、十字形柱身板垂直度	$b(h)/150$ ，且 不大于 5.0	用直角尺和 钢尺检查	

表 A. 0. 1-5 复杂截面钢柱外形尺寸的允许偏差 (mm)

项目		允许偏差		检验方法	图例
双箱体	箱形截面 高度 $h$	连接处	$\pm 4.0$	用钢尺检查	
		非连接处	$+8.0$ $-4.0$		
	翼板宽度 $b$	$\pm 2.0$			
	腹板间距 $b_0$	$\pm 3.0$			
	翼板间距 $h_0$	$\pm 3.0$			
垂直度 $\Delta$	$h/150$ ，且不大于 6.0		用直角尺和 钢尺检查		
三箱体	箱形截面 高度 $h$	连接处	$\pm 4.0$	用钢尺检查	
		非连接处	$+8.0$ $-4.0$		
	翼板宽度 $b$	$\pm 2.0$			
	腹板间距 $b_0$	$\pm 3.0$			
	翼板间距 $h_0$	$\pm 3.0$			
垂直度 $\Delta$	不大于 6.0		用直角尺和 钢尺检查		

续表 A. 0. 1-5

项目		允许偏差		检验方法	图例
特殊箱体	箱形截面 尺寸 $h$	连接处	$\pm 5.0$	用钢尺检查	
		非连接处	+12.0 -5.00		
	翼板间距 $b_0$	$\pm 3.0$			
	翼板间距 $h_0$	$\pm 3.0$			
	垂直度 $\Delta$	$h/150$ , 且不大于 5.0	用直角尺和 钢尺检查		
	箱形截面 尺寸 $b$	$\pm 2.0$	用钢尺检查		

表 A. 0. 1-6 焊接实腹钢梁外形尺寸的允许偏差 (mm)

项目		允许偏差	检验方法	图例
梁长度 $l$	端部有凸缘支座板	0 -5.0	用钢尺检查	
	其他形式	$\pm l/2500$ , 且 不超过 $\pm 5.0$		
端部高度 $h$	$h \leq 2000$	$\pm 2.0$		
	$h > 2000$	$\pm 3.0$		
拱度	设计要求起拱	$\pm l/5000$	用拉线和 钢尺检查	
	设计未要求起拱	10.0 -5.0		
侧弯矢高		$l/2000$ , 且不 大于 10.0		
扭曲		$h/250$ , 且 不大于 10.0	用拉线、吊线 和钢尺检查	

续表 A. 0. 1-6

项目		允许偏差	检验方法	图例
腹板局部 平面度	$t \leq 6$	5.0	用 1m 直尺和 塞尺检查	
	$6 < t < 14$	4.0		
	$t \geq 14$	3.0		
腹板偏离翼缘中心线		2.0	用钢尺检查	—
翼缘板对腹板的 垂直度		$b/100$ ，且不 大于 3.0	用直角尺和 钢尺检查	—
吊车梁上翼缘与轨道 接触面平面度		1.0	用 200mm、 1m 直尺和 塞尺检查	—
箱型截面对角线差		3.0	用钢尺检查	
箱型截面两 腹板至翼缘 板中心线 距离 $a$	连接处	1.0	用钢尺检查	
	其他处	1.5		
梁端板的平面度 (只允许凹进)		$h/500$ ，且不 大于 2.0	用直角尺和 钢尺检查	
梁端板与腹板的 垂直度		$h/500$ ，且不 大于 2.0		
梁上下翼缘中心点 偏离梁中心线 ( $a_1, a_2$ )		$\pm 3.0$	用钢尺检查	
端板外角孔中心到 梁中心的距离 ( $a_3, a_4$ )		$\pm 1.5$		

续表 A. 0. 1-6

项目		允许偏差	检验方法	图例
端板上靠近梁中心线第一个螺栓孔的距离 (a)		±1.0	用钢尺检查	
端板与翼缘板倾斜度 (a <sub>1</sub> , a <sub>2</sub> )	$h \leq 300$ $b \leq 200$	±1.0	用直角尺和钢尺检查	
	$h > 300$ $b > 200$	±1.5		
钢梁加劲板位置偏差		±2.0	用钢尺检查	
钢梁上托架高度 h 的偏差		±2.0		
钢梁上托架平面垂直度 $\delta_1, \delta_2$		2.0	用直角尺和钢尺检查	

表 A. 0. 1-7 钢桁架外形尺寸允许偏差 (mm)

项目		允许偏差	检验方法	图例
桁架最外端两个孔或两端支承面最外侧距离 l	$l \leq 24\text{m}$	+3.0 -7.0	用钢尺检查	
	$l > 24\text{m}$	+5.0 -10.0		
桁架跨中高度		±10.0	用拉线和钢尺检查	
桁架跨中拱度	设计要求起拱	±l/5000		
	设计未要求起拱	10.0 -5.0		
相邻节间弦杆弯曲		$l_1/1000$		

续表 A. 0. 1-7

项目	允许偏差	检验方法	图例
支承面到第一个安装孔 距离 $a$	$\pm 1.0$	用钢尺检查	
檩条连接支座间距 $a$	$\pm 3.0$		

表 A. 0. 1-8 钢板剪力墙外形尺寸的允许偏差 (mm)

项目	允许偏差	检验方法	图例	
扭曲	$t_w/250$ 且不应大于 5.0	拉线、吊线和 钢尺检查		
截面 高度	组合截 面形式	$t_w < 500$ $\pm 2.0$ $500 < t_w \leq 1000$ $\pm 3.0$ $t_w > 1000$ $\pm 4.0$	用钢尺和 拉线检查	
	钢板 形式	钢板厚度及允许偏差应 符合产品标准的要求		
构件截面连接 处对角线差	3.0	用拉线、吊 线和钢尺检查		
板件斜切	不应大于宽度的 1%, 且不应大于 5.0	用直尺和 钢尺检查		
局部平面度	$t_{sw} < 14$	$\pm 3.0$	用塞尺和 钢尺检查	
	$t_{sw} \geq 14$	$\pm 2.0$		

续表 A. 0. 1-8

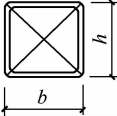
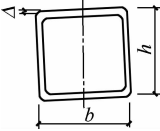
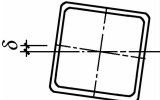
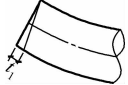
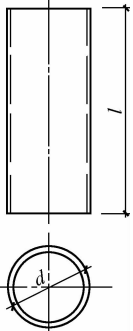
项目	允许偏差	检验方法	图例
加劲肋定位	$\pm 5.0$	用拉线、直角尺和钢尺检查	
狭缝相邻缝间距	$\pm 3.0$	用直角尺和钢尺检查	
狭缝定位	$\pm 3.0$		
栓钉定位	$\pm 5.0$	用拉线和钢尺检查	

注： $t_w$ —构件截面高度； $L_1$ 、 $L_2$ —构件截面连接处对角线；1—斜切；2—直尺（线）；3—侧边； $t_{sw}$ —剪力墙墙体单片钢板的厚度； $\Delta_1$ —增量； $L_3$ —子板宽度； $L_4$ —子板高度； $L_5$ —相邻缝间距； $L_6$ —相邻缝纵向净间距；箭头方向为轧制方向。

表 A. 0. 1-9 钢管构件外形尺寸的允许偏差（mm）

项目		允许偏差	检验方法	图例	
圆 钢 管	直径 $d$	$\pm d/500$ ，且不超过 $\pm 3.0$	用钢尺或卡尺检查	—	
	椭圆度 $f$	管口		$d/500$ ，且不大于 3.0	
		其他部位		$d/250$ ，且不大于 5.0	
矩 形 钢 管	板局部平面度	$t < 14$	用 1m 直尺和塞尺检查		
		$t \geq 14$			2.0

续表 A. 0. 1-9

项目		允许偏差	检验方法	图例	
矩形 钢管	板面局部变形	$\delta \leq 0.01b$	用直尺和 钢尺检查		
	高度	$\pm 2.0$	用钢尺检查		
	宽度	$\pm 2.0$			
	对角线偏差	3.0			
	翼缘 板倾 斜度	$h(b) \leq 400$	1.5	用直尺、角尺 和钢尺检查	
		$h(b) > 400$	3.0		
扭曲 $\delta$		$H(b) / 250$ , 且不大于 5.0	用拉线和 钢尺检查		
相贯线切口		$\pm 2.0$	用套模和游标 卡尺检查	—	
管端面对管轴线的 垂直度 $t_1$		$d/500$ , 且不 大于 3.0	用角尺、塞尺 和百分表检查		
管端面局部不平度		1.0	用游标卡尺 检查	—	
弯曲矢高		$l/1500$ , 且不 大于 5.0	用拉线、吊线 和钢尺检查		
钢管 侧弯	$l < 4000$	2.0	用拉线和 钢尺检查		
	$4000 \leq l \leq 16000$	3.0			
	$l \geq 16000$	5.0			
构件 长度 $l$	空间网格结构 钢管杆件	$\pm 1.0$	用钢尺和百分 表检查		
	其他	$\pm 3.0$			

续表 A. 0. 1-9

项目	允许偏差	检验方法	图例
对口错边	$t/10$ , 且不大 于 3.0	用拉线和 钢尺检查	—
弯管曲率 (弧长 $>1500$ )	2.0	用样板(弦长 $\geq 1500$ )检查	—
管端部中心点偏移	5.0	依实样或坐标 经纬、直尺、 铅锤检查	—
弯管平面度(扭曲、 平面外弯曲)	10.0	置平台上, 水准仪检查	—

表 A. 0. 1-10 墙架、檩条、支撑系统钢构件外形尺寸的允许偏差 (mm)

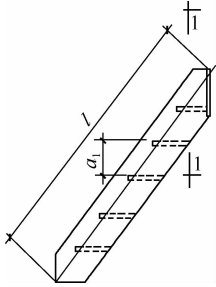
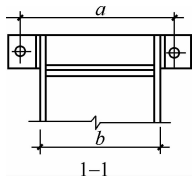
项目	允许偏差	检验方法	图例
构件长度 $l$	$\pm 4.0$	用钢尺 检查	
构件两端最外侧安装 孔的距离 $l_1$	$\pm 3.0$		
构件弯曲矢高	$l/1000$ , 且不 大于 10.0	用拉线和 钢尺检查	
截面尺寸	+5.0 -2.0	用钢尺检查	—

表 A. 0. 1-11 钢平台、钢梯和防护栏杆外形尺寸的允许偏差 (mm)

项目	允许偏差	检验方法	图例
平台长度和宽度	$\pm 5.0$	用钢尺检查	
平台两对角线差 $ l_1 - l_2 $	6.0		
平台支柱高度	$\pm 3.0$		
平台支柱弯曲矢高	5.0	用拉线和 钢尺检查	
平台表面平面度 (1m 范围内)	6.0	用 1m 直尺和 塞尺检查	

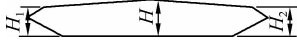


续表 A. 0. 1-11

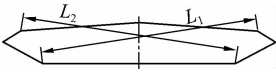
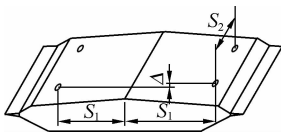
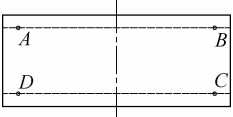
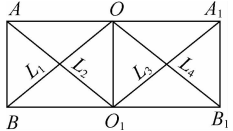
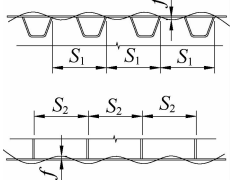
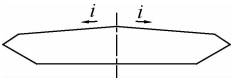
项目	允许偏差	检验方法	图例
梯梁长度 $l$	$\pm 5.0$	用钢尺检查	
钢梯宽度 $b$	$\pm 5.0$		
钢梯安装孔距离 $a$	$\pm 3.0$		
钢梯纵向挠曲矢高	$l/1000$	用拉线和钢尺检查	
踏步（棍）间距 $a_1$	$\pm 3.0$	用钢尺检查	
栏杆高度	$\pm 3.0$		
栏杆立柱间距	$\pm 5.0$		

**A. 0. 2** 桥梁钢结构的基本尺寸允许偏差应符合表 A. 0. 2-1~表 A. 0. 2-3的规定。

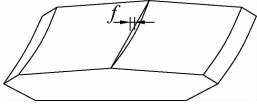
**表 A. 0. 2-1 钢箱梁节段成品尺寸的允许偏差 (mm)**

项目	允许偏差	检验方法	图例
梁长 $L$	$\pm 2.0$	以梁段两端检查线为基准, 用钢盘尺测量	—
梁高	梁段中心处 $H$	以底部为基准, 用钢尺测量两端口	
	边高 $H_1$ 、 $H_2$		
腹板中心距	$\pm 4.0$	用钢尺测量两端腹板中心距	—
梁宽	—		—

续表 A. 0. 2-1

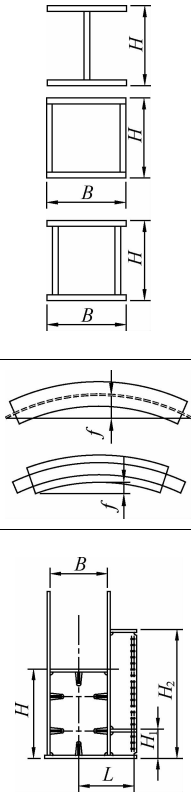
项目		允许偏差	检验方法	图例	
端口 尺寸	对角线差 $ L_1 - L_2 $	6.0	用钢尺检查		
	顶板与底板 中心重合度	2.0	用吊线、 直尺检查		
吊点 位置	横向 中心 距 $S_1$	2 车道	$\pm 2.5$	用钢尺检查	
		4 车道	$\pm 3.0$		
		6 车道	$\pm 4.0$		
		8 车道	$\pm 5.0$		
	纵向中心距 $S_2$	$\pm 2.0$			
	两吊点纵向 错位 $\Delta$	$\pm 2.0$			
相对高差	5.0				
顶板	四角 (A、B、 C、D) 水平	$\pm 6.0$	用水准仪 和直尺检查		
	1/2 对角线差 $ L_1 - L_2 $ $ L_3 - L_4 $	8.0	用钢尺检查		
板面 平面度	横向 $f$	$S_1/250$	用直尺和 塞尺检查		
	纵向 $f$	$S_2/500$			
桥面横坡		$+0.2\%$ $-0.1\%$	用水准仪或 直尺检查		

续表 A. 0. 2-1

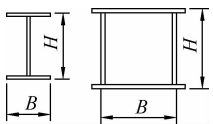
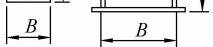
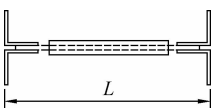
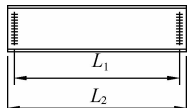


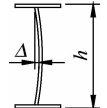
项目	允许偏差	检验方法	图例	
旁弯	$f$	$L/2000$ , 且不大于 5.0	用拉线和 直尺检查	

注：钢箱梁宽度可不作严格要求 [国外规范要求为  $\pm (4+B/2)$ ，其中  $B$  为钢箱梁宽度]，合理的工艺应能保证较高的精度要求。

表 A. 0. 2-2 钢桁梁杆件成品尺寸的允许偏差 (mm)

项目	允许偏差	检验方法	图例		
主 桁 构 件	高度 $H$	插入式	-0.5 -2.0	用钢尺测量 两端腹板处 高度	
		对拼式	$\pm 1.0$		
	宽度 $B$	腹板有拼接	$\pm 1.0$	用钢尺每 2m 测一次	
		腹板无拼接	$\pm 2.0$		
	长度 $L$		$\pm 4.0$	用钢尺检查	
	箱形 构件 对角 线差	边长 $< 1000$	2.0	用钢尺测量 两端箱口处 两对角线	
		边长 $\geq 1000$	3.0		
	弯曲	$L \leq 4000$	2.0	用拉线和 钢尺检查	
		$4000 < L \leq 16000$	3.0		
		$L > 16000$	5.0		
整体节点弦杆节点板内侧宽度 $B$ (涂装后的尺寸)		+1.5 0	用钢尺检查		
整体节点弦杆端口高度 $H$		$\pm 1.0$	用钢尺测两端腹板高度		
整体节点弦杆横梁接头板高度 $H_1$ 、 $H_2$		$\pm 1.5$	用钢尺测量接头板外端腹板处高度		

续表 A. 0. 2-2

		项目	允许偏差	检验方法	图例
纵梁与横梁	高度 $H$	纵梁	$\pm 1.0$	用钢尺测量 两端腹板处 高度	
		横梁	$\pm 1.5$		
	宽度 $B$	腹板无 拼接时	$\pm 2.0$	用钢尺每 2m 测一次	
		腹板有 拼接时	$\pm 1.0$		
	长度 $L$	纵梁	$+0.5$ $-1.5$	用钢尺测量 两端角钢背 至背间距离	
		横梁	$\pm 1.5$		
		$L_1$	$\pm 1.0$	用钢尺测量 腹板孔距	
		$L_2$	$\pm 5.0$		
		旁弯 $f$	3.0	梁立置时， 在腹板一侧 距主焊缝 100mm 处拉 线测量	
		上拱度 $f$	$+3.0$ 0	梁卧置时， 在下盖外侧 拉线测量	
	腹板平面度 $\Delta$	$h/500$ ，且 不大于 5.0	用直尺和 塞尺检查	 $h$ 为纵、横梁端面高度	

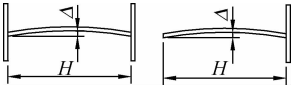
续表 A. 0. 2-2

项目		允许偏差	检验方法	图例		
联结系构件	高度 $H$	$\pm 1.5$	用钢尺检查			
	宽度 $B$	$\pm 2.0$	用钢尺每 2m 测一次			
	长度 $L$	$\pm 5.0$	用钢尺检查			
	箱形构件 对角线差	2.0	测量两端箱口处对角线			
桁梁杆件	盖板对腹板的垂直度 $\Delta$	盖板宽度 $\leq 600$	有孔部位 0.5 其余部位 2.0	用钢尺检查		
		盖板宽度 $> 600$	有孔部位 1.0 其余部位 2.0			
		其余部位				2.0
		扭曲				3.0

表 A. 0. 2-3 钢板梁成品尺寸的允许偏差 (mm)

项目		允许偏差	检验方法
跨度		$\pm 8.0$	测量两支座中心距离
全长		$\pm 15.0$	测量全桥长度
梁高	$H \leq 2m$	$\pm 2.0$	测量两端腹板处高度
	$H > 2m$	$\pm 4.0$	
纵梁长度		+0.5 -1.5	测量两端角钢背至背间距离
横梁长度		$\pm 1.5$	
纵梁高度		$\pm 1.0$	测量两端腹板处高度

续表 A. 0. 2-3

项目		允许偏差	检验方法
横梁高度		±1.5	测量两端腹板处高度
纵梁、横梁旁弯		3.0	梁立置时在腹板一侧距主焊缝 100mm 处拉线测量
纵梁、横梁拱度		+3.0 0	梁卧置时在下盖板外侧拉线测量
主梁拱度 $f$	不设拱度	+5.0 0	梁卧置时在下盖板外拉线测量
	设拱度	+10.0 -3	
两片主梁拱度差		4.0	分别测量两片主梁拱度，求差值
主梁腹板平面度		$h/350$ ，且 不大于 8.0	用平尺测量 ( $h$ 为梁高或纵向 加劲肋至下盖板间距离)
纵、横梁腹板平面度		$h/500$ ，且 不大于 5.0	
主梁、纵横 梁盖板对腹 板垂直度	有孔部位	0.5	用直角尺测量
	其余部位	1.5	
盖板平面度	有孔部位	0.5	
	其余部位	2.0	
板梁、纵梁、横梁 腹板平面度 $\Delta$		$h/500$ ，且 不大于 5.0	

**A. 0.3 锅炉钢结构的制造允许偏差应符合表 A. 0.3-1~表 A. 0.3-4 的规定。**

**表 A. 0.3-1 锅炉钢结构焊接结构允许长度偏差 (mm)**

名称	长度 $L$						
	$L \leq 1\text{m}$	$1\text{m} < L \leq 3\text{m}$	$3\text{m} < L \leq 5\text{m}$	$5\text{m} < L \leq 8\text{m}$	$8\text{m} < L \leq 10\text{m}$	$10\text{m} < L \leq 15\text{m}$	$L > 15\text{m}$
	允许偏差						
柱	0 -4.0	0 -4.0	0 -4.0	0 -4.0	+2.0 -6.0	+2.0 -6	+2.0 -6.0
梁	0 -4.0	0 -6.0	0 -8.0	0 -10.0	0 -10.0	0 -10.0	0 -10.0
拉条支柱	0 -3.0	0 -3.0	0 -3.0	0 -4.0	0 -4.0	0 -6.0	0 -8.0
桁架	0 -3.0	0 -5.0	0 -6.0	0 -8.0	0 -9.0	0 -12.0	0 -12.0

**表 A. 0.3-2 锅炉钢结构其他构件的允许偏差 (mm)**

项目	允许偏差	
顶板主梁中心线至支承轴线的长度	有孔	2.0
	无孔	5.0
两端焊有螺栓连接角钢 (或端板) 的梁	±2.0	
一端焊有螺栓连接角钢 (或端板) 的梁	±3.0	
顶板主梁总长度	±10.0	
梁自由端面与翼缘板垂直偏差	$H/200$ , 且不大于 5.0	
两端铣平的构件 (柱或其他构件) 长度	±2.0	
两端端面自由的水平支撑和垂直支撑总长度	±4.0	
叠梁装配后上下腹板中心线	2.0	
叠梁装配后叠合面翘曲允许值	2.0	
叠梁的总高度	+8.0	
	-5.0	

表 A.0.3-3 锅炉钢结构高强度螺栓孔距的允许偏差 (mm)

孔距 $p$	$p \leq 500$	$500 < p \leq 1200$	$1200 < p \leq 3000$	$p > 3000$
同一组内任意两孔间	$\pm 1$	$\pm 1.5$	—	—
相邻两组的孔端间	$\pm 1.5$	$\pm 2$	$\pm 2.5$	$\pm 3.0$

注：高强度螺栓孔分组方法：

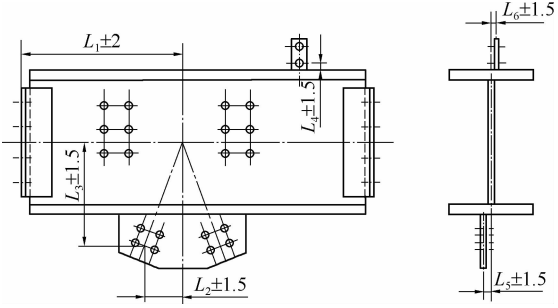
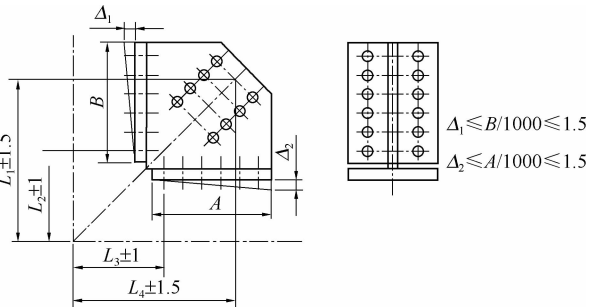
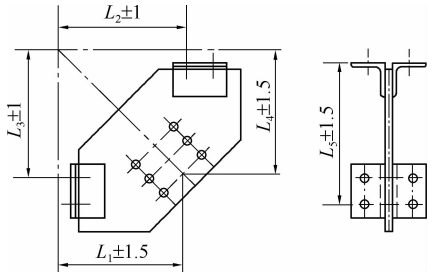
- 1) 节点连接板与一根杆件相连的所有孔为一组；
- 2) 对接接头节点板一侧的孔为一组；
- 3) 在两相邻节点或接头间的连接孔为一组，但不包括以上两项所指的孔；
- 4) 受弯构件翼缘上每一米长度内的孔为一组。

表 A.0.3-4 锅炉钢结构螺栓连接的柱、梁、斜撑尺寸允许偏差 (mm)

项目	允许偏差
柱	
梁 (类型 I)	



续表 A. 0. 3-4

项目	允许偏差
梁 (类型 II)	 <p>Technical drawing of a beam (Type II) showing plan and elevation views. The plan view includes dimensions <math>L_1 \pm 2</math>, <math>L_2 \pm 1.5</math>, <math>L_3 \pm 1.5</math>, and <math>L_4 \pm 1.5</math>. The elevation view shows a dimension of <math>L_6 \pm 1.5</math>.</p>
垂直支撑 节点板	 <p>Technical drawing of a vertical support node plate showing plan and elevation views. The plan view includes dimensions <math>L_1 \pm 1.5</math>, <math>L_2 \pm 1</math>, <math>L_3 \pm 1</math>, <math>L_4 \pm 1.5</math>, <math>A</math>, <math>B</math>, <math>\Delta_1</math>, and <math>\Delta_2</math>. The elevation view shows a dimension of <math>L_5 \pm 1.5</math>. Formulas for deviations are <math>\Delta_1 \leq B/1000 \leq 1.5</math> and <math>\Delta_2 \leq A/1000 \leq 1.5</math>.</p>
水平支撑 节点板	 <p>Technical drawing of a horizontal support node plate showing plan and elevation views. The plan view includes dimensions <math>L_1 \pm 1.5</math>, <math>L_2 \pm 1</math>, <math>L_3 \pm 1</math>, and <math>L_4 \pm 1.5</math>. The elevation view shows a dimension of <math>L_5 \pm 1.5</math>.</p>

A.0.4 风电塔筒的外形尺寸允许偏差应符合表 A.0.4 的规定。

表 A.0.4 塔段外形尺寸的允许偏差 (mm)

项目		允许偏差	检验方法	图例
塔段高度 $H$		$\pm 20.0$	用钢尺检查	<p>The figure shows two technical drawings of a tower segment. The left drawing is a front view showing a vertical dimension <math>H</math> and a horizontal dimension <math>X</math> representing the offset between the top and bottom axes. The right drawing is a side view showing a vertical dimension <math>H</math>, a horizontal dimension <math>Z</math> representing the straightness deviation, and a vertical dimension <math>P</math> representing the parallelism deviation between the top and bottom flanges.</p>
塔段 直线 度 $Z$	$H \leq 20000$	$H/1000$	用拉线和 钢尺检查	
	$H > 20000$	$0.5H/1000$ , 且 不大于 10.0		
塔段两端面平行 度 $P$		2.0	用钢尺检查	
塔段间同轴度 $X$		3.0	用拉线、吊线、 直角尺检查	
塔段垂直度 $V$		$H/1000$ , 且 不大于 10.0	用拉线、吊线、 直角尺检查	

## 附录 B 加工制作设备和工具安全使用规定

### B.0.1 起重机械使用应符合下列规定：

1 使用前，应确认起重机械的各种安全装置可靠。严禁擅自拆除、改装安全装置。

2 作业前，确认吊运翻身危险区域范围，必须鸣号、鸣哨通知地面所有人员撤离危险区域；指挥吊运人员，禁止站在死角、无退路处。

3 起重人员严禁在吊运的重物下方开展作业或站在吊运的重物上。

4 起重机械严禁超载、歪拉斜挂、野蛮操纵。

5 起重人员应用“微动”信号指挥起吊物体，收紧吊索时应有“稳钩”动作；行车工宜采用“慢速”档缓缓上升，稳妥后再进行下步操作。

6 起重机械驾驶员必须断开电源后，离开驾驶室。

7 特殊吊装必须制定吊装技术方案，经审批后实施。

### B.0.2 高处作业应符合下列规定：

1 作业前应办理高处作业许可，员工应正确佩戴安全带；

2 应根据实际需要正确配备吊笼、梯子、挡脚板、跳板等，脚手架的搭设应符合国家有关标准；

3 作业使用的工具、材料、零件等应装入工具袋，上下时手中不应持物和投掷。易滑动、易滚动的工具、材料堆放在脚手架上时，应采取防坠落措施；

4 特殊高处作业除一般规定外，还应有专项施工方案及应急救援预案。

### B.0.3 焊接设备使用应符合下列规定：

1 焊机应放在干燥、通风处，保持清洁。

- 2 焊机所有外露带电部分必须有完好的隔离防护装置。
- 3 焊机外壳必须安装接地保护装置。
- 4 在半密封空间或狭小场所焊接时，应采取绝缘措施，并有两名焊工轮换作业，相互监护，且保持良好通风。

5 焊接结束时，应确认火种已灭，电源关闭，以及焊接作业点下方火星可能飞落的范围内无易燃易爆物品。

**B.0.4** 气割设备使用应符合下列规定：

1 使用前，应确认减压表、皮带、接头、焊、割炬等安全完好。

2 点燃的焊具和割具严禁放在作业处，必须关闭气体后离开岗位。离开箱、柜、容器中作业岗位时，应将皮带和焊具、割具带出作业区。

3 氧气禁止用于吹扫、通风、纳凉、充气或气动工具。

4 焊具、割具不得沾染油脂。

5 气割时，确保气割废边坠落范围内不得站人。

6 气割结束后，应确认气割作业点的火种已灭，电、气源关闭。

**B.0.5** 气体钢瓶使用应符合下列规定：

1 氧、乙炔瓶放置之间的安全距离应大于 5m。

2 氧气瓶不应在太阳光下暴晒，严禁接近火源，与火源距离不得小于 10m。

3 气瓶阀门必须用专用扳手打开，禁止用金属敲击；在打开气瓶阀门及拆除减压器时，气口严禁对着人。

4 油手不得接触氧气瓶，严禁机械油落到氧气瓶上。

5 禁止回火、胶管漏气，禁止高压气流损坏压力表。

6 冻结的阀门应采用干净的热布烫热，严禁火烤。

**B.0.6** 切削机床的工件和刀具装夹应牢固，刀头伸出部分不宜太多。测量工件尺寸时必须停车，并把刀架移到安全位置。切屑应采用工具及时清除。

**B.0.7** 矫正设备使用前，必须先作空车无负荷检查，确认安

全、完好；开动后，操作人员严禁伸入设备中或工件上方，严禁用手把扶工件。矫正构件时，不得同时进行其他工艺加工或模具的调整及修理。

**B.0.8 机动车辆使用时应符合下列规定：**

1 每天使用前，应检查、确认车辆的主要部件和安全装置安全可靠。

2 厂区内应设立完善的交通标识。

3 严格遵守道路交通法规和各种车辆操作规程，严禁超载、超速、酒后驾车。

4 工厂区域内必须按规定限速运行。

**B.0.9 工具使用应符合下列规定：**

1 手动工具必须依据设计用途和方法使用，不得滥用；使用前应进行检查和维护。

2 起重钳、卸扣、钢丝绳、吊链、吊带和磁力吸盘等起重工具应有标识载荷和适用范围，严禁超载使用。吊运时，必须用包角保护起吊件的锐角。

3 焊割工具使用时，电焊钳的手柄必须绝缘、隔热。气割皮管必须进行日常维护，不得靠近或放置在灼热物体上；皮管与割炬，皮管与皮管的连接要夹紧喉箍。照明灯使用的电压严禁超过 36V，潮湿环境电压应为 12V。

4 移动电动工具使用前，必须检查和确认外壳、插头、按钮和电线的安全；电力供电箱应有漏电保护装置。电线严禁猛拉或搁放在灼热、油性和尖锐物体上。

5 风动砂轮机的防护罩必须良好，风动砂轮不能撞击工件。

## 附录 C 缩 略 语

**C.0.1** 本附录条款给出的缩略语适用于本标准。

- 1 CEV—碳当量 (Carbon Equivalent Value)
- 2 WPQ—焊接工艺评定 (Welding Procedure Qualification)
- 3 PQR—焊接工艺评定报告 (Procedure Qualification Record)
- 4 pWPS—焊接工艺预规程 (Preliminary Welding Procedure Specification)
- 5 WPS—焊接工艺规程 (Welding Procedure Specification)
- 6 WWI—焊接作业指导书 (Welding Work Instruction)
- 7 NDT—无损检测 (Non-destructive Testing)
- 8 VT—目视检测 (Visual Testing)
- 9 UT—超声波检测 (Ultrasonic Testing)
- 10 MT—磁粉检测 (Magnetic Particle Testing)
- 11 PT—渗透检测 (Penetrant Testing)
- 12 RT—射线检测 (Radiographic Testing)
- 13 CAD—计算机辅助设计 (Computer-aided Design)
- 14 CAE—计算机辅助工程 (Computer-aided Engineering)
- 15 CAM—计算机辅助制造 (Computer-aided Manufacturing)
- 16 CAPP—计算机辅助生产计划 (Computer-aided Process Planning)
- 17 PLM—产品生命周期管理 (Product Lifecycle Management)
- 18 MES—制造实施系统 (Manufacturing Execution System)

- 19 MIS—管理信息系统 (Management Information System)
- 20 PDM—产品数据管理 (Product Data Management)
- 21 ERP—企业资源计划 (Enterprise Resource Planning)
- 22 SCM—供应链管理系统 (Supply Chain Management)
- 23 BIM—建筑信息模型 (Building Information Modeling)
- 24 CNC—计算机数值控制 (Computerized Numerical Control)
- 25 VOCs—挥发性有机物 (Volatile Organic Compounds)

## 本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词，说明如下：

- 1) 表示很严格，非这样做不可的用词：  
正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；
- 2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的用词：  
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，在条件许可时首先应这样做的用词：  
正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；
- 4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的用词，采用“可”。

2 本标准中指明应按其他有关标准、规范执行的写法为“应符合……要求或规定”或“应按……执行”。



## 引用标准目录

- 1 《钢结构设计标准》GB 50017
- 2 《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018
- 3 《建筑结构制图标准》GB/T 50105
- 4 《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205
- 5 《建设工程文件归档整理规范》GB/T 50328
- 6 《钢结构焊接规范》GB 50661
- 7 《钢结构工程施工规范》GB 50755
- 8 《压型金属板工程应用技术规范》GB 50896
- 9 《普通螺纹 基本尺寸》GB/T 196
- 10 《普通螺纹 公差》GB/T 197
- 11 《焊缝符号表示法》GB/T 324
- 12 《镀锌》GB/T 470
- 13 《钢结构用高强度大六角头螺栓、大六角螺母、垫圈技术条件》GB/T 1231
- 14 《输电线路铁塔制造技术条件》GB/T 2694
- 15 《涂料产品分类和命名》GB/T 2705
- 16 《厚钢板超声检测方法》GB/T 2970
- 17 《焊缝无损检测 射线检测》GB/T 3323.1~3323.2
- 18 《通用冷弯开口型钢》GB/T 6723
- 19 《冷弯型钢通用技术要求》GB/T 6725
- 20 《结构用冷弯空心型钢》GB/T 6728
- 21 《铝及铝合金压型板》GB/T 6891
- 22 《涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的目视评定 第1部分：未涂覆过的钢材表面和全面清除原有涂层后的钢材表面的锈蚀等级和处理等级》GB/T 8923.1

- 23 《无损检测人员资格鉴定与认证》GB/T 9445
- 24 《涂料产品包装标志》GB/T 9750
- 25 《热喷涂 金属和其他无机覆盖层锌、铝及其合金》  
GB/T 9793
- 26 《电弧螺柱焊用圆柱头焊钉》GB/T 10433
- 27 《焊缝无损检测 超声检测 技术、检测等级和评定》  
GB/T 11345
- 28 《热喷涂 金属零部件表面的预处理》GB/T 11373
- 29 《热喷涂 火焰和电弧喷涂用线材、棒材和芯材分类和  
供货技术条件》GB/T 12608
- 30 《建筑用压型钢板》GB/T 12755
- 31 《涂覆涂料前钢材表面处理 喷射清理后的钢材表面粗  
糙度特性 第2部分：磨料喷射清理后钢材表面粗糙度等级  
的测定方法 比较样块法》GB/T 13288.2
- 32 《金属覆盖层 钢铁制件热浸镀锌层 技术要求及试验  
方法》GB/T 13912
- 33 《水利水电工程钢闸门制造、安装及验收规范》GB/T  
14173
- 34 《热轧钢板表面质量的一般要求》GB/T 14977
- 35 《钢网架螺栓球节点用高强度螺栓》GB/T 16939
- 36 《无损检测 渗透检测 第1部分：总则》GB/T 18851.1
- 37 《锌覆盖层 钢铁结构防腐蚀的指南和建议 第2部分：  
热浸镀锌》GB/T 19355.2
- 38 《焊接材料供货技术条件产品类型、尺寸、公差和标志》  
GB/T 25775
- 39 《焊缝无损检测 磁粉检测》GB/T 26951
- 40 《建筑用低屈服强度钢板》GB/T 28905
- 41 《工业防护涂料中有害物质限量》GB 30981
- 42 《建筑用不锈钢压型板》GB/T 36145
- 43 《挥发性有机物无组织排放控制标准》GB 37822

- 44 《钢结构高强度螺栓连接技术规程》JGJ 82
- 45 《铸钢结构技术规程》JGJ/T 395
- 46 《建筑金属围护系统工程技术标准》JGJ/T 473
- 47 《输变电钢管结构制造技术条件》DL/T 646
- 48 《吸附法工业有机废气治理工程技术规范》HJ 2026
- 49 《压水堆核电站核蒸汽供应系统设备的清洁和清洁度要求》NB/T 20233
- 50 《压水堆核电站钢制安全壳设计建造规范》NB/T 20482
- 51 《风力发电机组 环形锻件》NB/T 31025
- 52 《风电机组塔架用高强度螺栓连接副》NB/T 31082
- 53 《承压设备无损检测 第3部分: 超声检测》NB/T 47013.3
- 54 《锅炉钢结构制造技术规范》NB/T 47043
- 55 《钢网架螺栓球节点》JG/T 10
- 56 《钢网架焊接空心球节点》JG/T 11
- 57 《钢结构超声波探伤及质量分级法》JG/T 203
- 58 《钢筋桁架楼承板》JG/T 368
- 59 《锅炉用材料入厂验收规则》JB/T 3375



中国钢结构协会标准

钢结构制造技术标准

T/CSCS 016 - 2021

条文说明

# 目 次

1 总则 .....	218
3 基本规定 .....	219
4 材料 .....	223
4.1 一般规定 .....	223
4.2 钢材 .....	224
4.3 焊接材料 .....	227
4.4 连接紧固件 .....	229
4.5 网架材料、压型金属板和其他材料 .....	232
4.7 材料管理和储存 .....	232
5 深化设计 .....	234
5.1 一般规定 .....	234
5.2 深化设计几何模型 .....	237
5.3 连接和节点深化设计 .....	238
5.4 深化设计文件编制 .....	239
5.5 施工详图设计文件编制 .....	241
6 加工制作 .....	243
6.1 一般规定 .....	243
6.3 放样和号料 .....	245
6.4 切割与坡口 .....	246
6.8 球节点加工 .....	246
6.9 组装 .....	248
6.10 端面加工 .....	250
6.11 摩擦面加工 .....	250
7 钢结构数字化加工 .....	252
8 焊接 .....	253

8.1	一般规定	253
8.2	焊接方法	254
8.3	焊接从业人员	254
8.4	焊接工艺评定	256
8.5	焊接材料	256
8.6	焊前准备	257
8.7	焊接工艺	259
8.8	焊接检验	263
9	紧固件连接	268
9.1	一般规定	268
9.2	普通紧固件连接	268
9.3	高强度螺栓连接	268
10	预拼装	269
10.1	一般规定	269
10.2	实体预拼装	269
10.4	预拼装允许偏差	269
11	涂装	270
11.1	一般规定	270
11.2	表面处理	270
11.3	防腐涂装涂料	272
11.4	金属热喷涂防腐涂装	273
13	制成品的检验、标识、包装、运输及交付	274
13.2	制成品的检验与标识	274
13.3	制成品的包装与存放	275
13.4	制成品的运输与交付	275

# 1 总 则

**1.0.2** 本标准的适用范围除了工业与民用建筑钢结构外，还包括桥梁钢结构、锅炉钢结构、塔桅钢结构（包括风电塔筒）、水利水电工程钢结构则主要是指水工结构中的钢闸门（包括拦污栅）、压水堆核电厂钢制安全壳等构筑物钢结构等。

本条中的“桥梁钢结构”主要是指新建和改建的城市桥梁钢结构、公路桥梁钢结构（不含特大型、特殊结构形式和特殊地区的公路桥梁钢结构），对铁路桥梁或公铁两用桥梁钢结构的制造并不适用。铁路桥梁（或公铁两用桥梁）钢结构的结构形式、承受荷载的特性、使用寿命要求和使用环境等与建（构）筑物钢结构均有很大的差别，因此，铁路桥梁（或公铁两用桥梁）钢结构的设计、制造和施工质量验收均遵循铁路工程建设标准体系，如设计采用现行行业标准《铁路桥梁钢结构设计规范》TB 10091，制造采用现行企业标准《铁路钢桥制造规范》Q/CR 9211，而施工质量验收则按照现行行业标准《铁路桥涵工程施工质量验收标准》TB 10415 执行，因此，本条“桥梁钢结构”将限定在“普通的”和“一般的”桥梁钢结构范围之内。



## 3 基本规定

**3.0.1、3.0.2** 此部分是针对钢结构制造企业管理方面的要求。着重强调钢结构制造企业的制造能力，要求企业有相应的技术标准，完善的质量管理体系、质量控制、检验及试验制度。

具有 ISO 9001 质量管理体系、ISO 14001 环境管理体系和《职业健康安全管理体系 要求》GB/T 28001 (OHSAS 18001) 职业健康安全管理体系认证的钢结构制造企业，应对质量管理体系和质量检验制度进行检查和管理。企业应严格执行国家安全生产、职业卫生健康规程和标准，组织改善安全生产管理，推动职业健康安全和持续改进环境卫生工作的长效管理。企业应依据国家环境保护的法律法规，结合企业实际，制定企业的环境保护、环境卫生管理和检查制度，推进企业的可持续发展、和谐发展和清洁发展，防止和减少生产经营活动对环境造成的不利影响，保护生态环境。

**3.0.5** 本条规定设计单位应就项目技术标准和技术要求进行交底，使钢结构制造单位了解本项目所采用的技术标准、设计重点和难点、制造质量要求等。当对设计文件存在疑问或提出修改时，应及时要求设计单位进行答疑，国际上的通用方式是采用“技术信息咨询或解释书面请求”（或“技术疑问单”，英文缩略词是 RFI）的形式，这是一种针对技术问题的协调方式，可以高效解决工程履约过程中的相关技术问题，也可对参建各方进行约束，作为索赔的重要依据。

**3.0.6** 针对目前钢结构工程项目大型化、综合性和复杂性增强的趋势，提高深化设计效率、控制深化设计的质量、加强专业配合，是实现设计图到钢结构制造厂再到施工现场钢结构实体的桥梁和纽带，也是提高钢结构工程品质的关键过程。为了达到这一

目的，将钢结构深化设计过程进一步细化为两个阶段，即钢结构深化设计阶段和钢结构施工详图设计阶段。

钢结构深化设计单位应具有相应的管理体系和设计团队，钢结构深化设计单位可以是钢结构施工单位和加工制作厂，也可以是专业的深化设计单位。按本标准的规定，设计单位主要是对钢结构深化设计文件进行审核把关，确认与设计文件的符合性，而深化设计单位则应对钢结构施工详图以及加工详图的完整性和准确性加以确认和批准。对钢结构深化设计过程进行细化，能有效克服因深化设计而影响建设工程项目进度的弊病，起到推动全面管控工程项目质量的作用。

**3.0.7、3.0.8** 钢结构制造工艺方案（作业指导书或工艺卡）是企业钢结构加工制作过程中，针对具体钢结构工程项目最重要的指导性技术文件，用以保证制造的钢结构产品（成品）满足设计文件、合同文件和标准规范的要求，确保钢结构产品（成品）的质量。企业应根据钢结构设计文件、钢结构施工详图的要求以及制造单位的生产条件，编制钢结构制造工艺方案、钢结构制造验收要求、焊接工艺评定、火焰切割工艺评定、涂装工艺评定、工艺文件编制、工装设计等技术文件。

在实际生产过程中，制定钢结构制造工艺方案需要从多方面综合考虑，包括产品质量、生产效率、加工制作难度、原材料损耗等，还要针对钢结构制造工厂（车间）的实际生产能力和加工进度，适度调整和修改加工制作工艺方案，以满足产品的质量要求，充分发挥钢结构制造工厂（车间）的生产能力。

**3.0.9、3.0.10** 钢结构制造的质量控制分为产品（成品）的工序质量控制和检验工作质量控制。在钢结构制造过程中，产品（成品）的工序质量控制主要包括：

**1 各主要工序实行三级质量检验：**

- 1) 自检：责任生产人员自检。每道工序的作业人员自检合格后，填写自检记录并签字认可，并在工件上标以“√”表示合格，方可将工件及自检记录移交工序质量

检验员。

- 2) 复检：工序质量检验员对主控项目及重要结构尺寸复检，复检合格后会同班（组）长签字确认，方可将工件及自检记录移交下工序。
- 3) 互检：下工序对上工序移交的工件进行的检查。下工序的质量检验员首先检查工件有无合格的标识（无标识者拒收），然后按上工序的自检记录进行复检，完成交接性检验并签字确认。发现不合格项（品），立即报告班（组）长，班（组）长再报告质检员。

**2 专职检验员进行抽检和巡检，主要包括：**

- 1) 抽检：专职检验员按工序先检查自检记录，对记录中最大偏差的工件（20%）进行抽检，填写专检记录并签字认可，并在合格工件上加以标识。
- 2) 巡检：专职检验员在完成工序抽检后，应在车间巡视检查，检查重点工序、返工返修件、重要部位、主控项目及重要的构件部件尺寸等。

**3 质量主管：**经专职检验员检验确认为合格品后，由质量主管出具放行通知单，放行权属质量主管。

**4 不合格项（品）的控制：**在互检或专职检验中发现的不合格项（品），按不合格品控制程序处置。

**3.0.11 钢结构加工制作、组装、安装、质量验收及土建施工**必须使用符合《中华人民共和国计量法》规定的计量器具，定期进行计量检验，且保证在检定有效期内使用。由于不同的计量器具有不同的使用要求，同一计量器具在不同的使用条件下，测量精度也会有所不同，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，规定同一项目的加工制作单位、安装单位、土建单位和监理单位等统一计量标准。

**3.0.12 本条**根据国家质量监督检验检疫总局、国家标准化管理委员会颁布的《企业产品标准管理规定》第三条：“企业生产的产品没有国家标准、行业标准或者地方标准的，应当制定企业产

品标准，作为生产和贸易的依据。对已有国家标准、行业标准或者地方标准的，鼓励企业制定严于国家标准、行业标准或者地方标准的企业产品标准”的要求而制定。

**3.0.13** 对于复杂的钢结构构件或部件，设计或合同文件中会要求进行预拼装，传统的方式是将各钢结构构（部）件进行实体拼装，以检验各构（部）件的加工制作质量和拼装结果，该方式耗时、耗力且成本高。数字化模拟预拼装采用数字化测量技术获取构（部）件的三维模型数据，再通过构（部）件的空间关系利用计算机虚拟技术实现数字化组装，提高了拼装质量和拼装进度。在满足整体拼装可靠性的同时节省了大量人力、物力，并保证了工程项目的推进。

## 4 材 料

### 4.1 一 般 规 定

**4.1.1、4.1.2** 钢结构制作所用的材料分主材和辅材，主材为制作钢结构的主要原材料，包含钢板、型材、钢管、焊接球、螺栓球、铸钢件、拉索、拉杆、锚具和金属压型板等；辅材包括焊接材料和紧固件、防腐涂料、防火涂料等。钢结构的主材和辅材对结构的承载、安全、功能以及使用均有重要影响，均应按照规定的要求进行管理。

**4.1.3** 钢材替代的原则为以高代低，高质量等级可代低质量等级、大厚度可代小厚度，同时应注意节约材料，替代时还应注意高材质材料的可焊性。钢材质量等级低于设计要求时，一般不允许替代，如果钢材性能满足设计要求的结构性质和使用条件，在材质相差不大的情况下，经设计单位同意亦可替代。

**4.1.6** 钢结构制作采用进口材料时，由于我国标准与供货国标准之间的差异，应以供货国产品标准或订货合同条款进行验收和商检，并满足设计要求。国外常用的结构钢材见表 1。

表 1 国外常用结构钢材标准

类别	名称	主要钢材牌号或级别
美国标准 (ASTM)	《碳素结构钢》ASTM A36/A36M	A36(250MPa) $C \leq (0.25 \sim 0.29)\%$
	《高强度低合金钢》ASTM A242/ A242M	345、380(板宽 $\leq 335\text{mm}$ ) $C \leq 0.27\%$
	《高强度低合金铌钒钢》ASTM A572/A572M	共有 290(42)、345(50)、380 (55)、415(60) 450(65)等牌号 (级别)，其板(棒)材最大厚度 依次为 (mm) 152、101、50、 32、32，强度不因厚度折减 $C \leq (0.21 \sim 0.26)\%$

续表 1

类别	名称	主要钢材牌号或级别
欧洲标准 (EN)	《热轧结构钢》EN 10025 部分 1: 交货技术条件 EN 10025: 1 部分 2: 非合金结构钢交货技术条件 EN 10025: 2 部分 3: 正火/正火轧制可焊接细晶粒钢交货技术条件 EN 10025: 3 部分 4: 热轧可焊接细晶粒结构钢交货技术条件 EN 10025: 4 部分 5: 耐候结构钢交货技术条件 EN 10025: 5	共有 S235、S275、S355 S450 等 4 个牌号, 耐候钢仅前 3 个牌号, 有工艺性能、碳当量保证
	《非合金和细晶粒结构钢的最终成型管材》EN 10210	S275、S355、S460
	《非合金和细晶粒结构钢的冷成型管材》EN 10219	S275、S355、S460
日本标准 (JIS)	《普通结构用轧制钢材》JIS G3101	SS400、SS490、SS540
	《焊接结构用轧制钢材》JIS G3106	SM400、SM490、SM520、SM570
	《建筑结构用轧制钢材》JIS G3136	SN400、SN490, 有屈服比, 碳当量及 Z 向性能保证

**4.1.7** 当需要采用新的材料时, 应制订相应的材料验收标准, 必要时应进行技术评审, 包括但不限于材料的热加工、冷加工工艺性。当材料采用焊接连接时, 还要对材料的碳当量进行限制, 并进行焊接工艺评定。

## 4.2 钢 材

**4.2.1、4.2.2** 由于钢结构项目应用的材料类别较多, 结合钢材基础标准类别, 将钢材分为板材和型材两大类。钢结构制造使用的钢板、型材、管材、铸钢件等钢材, 均应满足相应的国家标准和行业标准。表 4.2.1 为常用钢板产品及验收标准, 表 4.2.2 为

常用型材产品及验收标准。

承重结构所用的钢材应具有屈服强度、抗拉强度、断后伸长率和硫、磷含量的合格保证，对焊接结构尚应具有碳当量的合格保证。焊接承重结构以及重要的非焊接承重结构采用的钢材应具有冷弯试验的合格保证；对直接承受动力荷载或需验算疲劳的构件所用钢材尚应具有冲击韧性的合格保证。

在 T 形、十字形和角形焊接的承重结构的厚板（板厚不小于 40mm）连接节点中，为防止层状撕裂，应采用具有厚度方向抗撕裂性能即 Z 向性能的合格保证的钢材。需要验算疲劳强度的焊接结构用钢材，应具有冲击韧性的要求和合格证明。根据结构的环境工作温度、是否焊接结构、是否需要疲劳验算，按照设计要求采用相应质量等级（A、B、C、D、E）的钢材。

若采用一般工程用铸造碳钢，其性能应符合现行国家标准《一般工程用铸造碳钢件》GB/T 11352 的规定；若采用焊接结构用铸钢件，其性能应符合现行国家标准《焊接结构用铸钢件》GB/T 7659 的规定。如果设计选用上述之外其他牌号的铸钢，应制订相应的质量验收标准。当铸钢采用焊接连接时，应规定其碳当量要求，并按规定进行焊接工艺评定，合格后用于钢结构工程。

**4.2.3** 本条是钢材的表面质量、尺寸及重量允许偏差应符合的一般性规定，桥梁用钢材及特种结构用钢材另有一些相应的规定也应满足。

钢材端边或断口处不得有分层、夹渣等缺陷。钢材断口处有夹渣等缺陷时，应征得设计单位认可后使用。

钢材表面的锈蚀等级是轧制钢材表面被锈蚀的程度，根据现行国家标准《涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的目视评定

第 1 部分：未涂覆过的钢材表面和全面清除原有涂层后的钢材表面的锈蚀等级和处理等级》GB/T 8923.1 分为 A、B、C、D 四个等级，见表 2。使用 C 级的钢材时应彻底除锈，D 级钢材不得使用。

表 2 钢材表面锈蚀程度

等级	锈蚀程度
A	钢材表面完全被紧密的轧制氧化皮覆盖，几乎无锈蚀
B	钢材表面已经开始发锈，部分轧制氧化皮剥落
C	钢材表面已经大量生锈，轧制氧化皮因锈蚀而剥落，并有少量点锈
D	钢材表面已经全部生锈，轧制氧化皮已全部剥落，并普遍发锈

热轧钢板的厚度偏差分为 N、A、B、C 四个类别，没有特别标注时为 N 类（正偏差与负偏差相等），A 类为按公称厚度规定负偏差，B 类为负偏差固定为 0.3mm，C 类为固定负偏差为 0。桥梁用钢材一般选用 B 类。

钢材的交货状态应按照设计要求。热轧型材、板材一般以热轧（AR）或控轧（CR）状态交货，当设计或订货方对厚板（壁）钢材有优化性能要求时，可由供需双方商定以正火（N）、正火轧制（NR）或控轧控温轧制（TMCP）等状态交货。

**4.2.4** 钢材的复验应按现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 的有关规定执行。进口材料的复验应按照设计文件和合同规定进行复验。对海关已经商检合格的材料且与设计要求项目一致时，经建设单位代表或监理工程师认可后，可免除复验，商检报告可作为有效的材料复验结果。当商检不能全部涵盖设计文件要求的内容时，应补充复验，合格后方可使用。

钢材质量证明文件应包括钢材牌号、交货状态、断面尺寸和重量、化学成分、拉伸试验、冲击试验、弯曲试验及产品执行的标准所涉及的相关性能指标。

复验取样应严格按照现行国家标准《钢及钢产品 力学性能试验取样位置及试样制备》GB/T 2975，取样的位置和方向取决于抽样产品的形态（板材、棒材、型材或管材）和试验的目的（拉伸、冲击或弯曲）。

**4.2.5** 本条是对风电塔架钢结构用钢材的附加规定，其中对于厚度大于 20mm 的钢板需要进行超探检查，对锻件的检查也有



明确的规定。

**4.2.6~4.2.9** 分别对锅炉钢结构、水利水电钢闸门、核电厂钢制安全壳以及输电线路铁塔制造使用的有关钢材的规定。

**4.2.10** 在高层和超高层建筑的抗震耗能和减震的阻尼器中，常采用低屈服强度钢板，现行国家标准《建筑用低屈服强度钢板》GB/T 28905 中主要有三个强度级别的软钢，其力学性能见表 3。

**表 3 低屈服强度钢板的力学性能**

牌号	拉伸试验				V 型冲击试验	
	下屈服强度 $R_{eL}$ (MPa)	抗拉强度 $R_m$ (MPa)	断后伸长 率不小于 $A_{50mm}$ (%)	屈强比 不大于	试验温度 (°C)	冲击吸收 能量不小于 $KV_2$ (J)
LY100	80~120	200~300	50	0.60	0	27
LY160	140~180	220~320	45	0.80	0	27
LY225	205~245	300~400	40	0.80	0	27

### 4.3 焊接材料

**4.3.1** 根据熔敷金属的力学性能选用焊接材料，包括抗拉强度、塑性和冲击韧性达到母材金属标准规定的性能指标下限。由于焊接材料种类及执行标准繁多，且标准要求不一致，焊接材料选择应以焊接工艺评定作为选择依据。主要焊接方法、对应的焊接材料和一般规格见表 4。

**表 4 钢结构主要焊接方法及对应焊接材料表**

焊接方法	焊接材料	焊接材料一般规格
焊条电弧焊	碳钢焊条； 低合金钢焊条	2.0mm、2.5mm、3.2mm、 4.0mm、5.0mm、6.0mm、 8.0mm
埋弧焊	埋弧焊用碳钢焊丝和焊剂； 埋弧焊用低合金钢焊丝和焊剂	2.0mm、2.5mm、3.2mm、 4.0mm、5.0mm、6.0mm

续表 4

焊接方法	焊接材料	焊接材料一般规格
CO <sub>2</sub> 气体 保护焊	气体保护电弧焊用碳钢、 低合金钢焊丝； 碳钢药芯焊丝； 低合金钢药芯焊丝	1.0mm、1.2mm、1.4mm、 1.6mm、2.0mm、2.4mm
电渣焊	埋弧焊用碳钢焊丝和焊剂； 埋弧焊用低合金钢焊丝和焊剂； 熔嘴、熔嘴板、板极	焊丝：2.4mm、3.2mm 熔嘴： $\phi 10 \times 2$ 、 $\phi 10 \times 3$ 、 $\phi 12 \times 3$ 、 $\phi 12 \times 4$ 熔嘴板、板极： $t=10\text{mm}$
螺柱焊	电弧螺柱焊用圆柱头焊钉	10mm、13mm、16mm、 19mm、22mm、25mm
气电立焊	气电立焊专用药芯焊丝	1.6mm、2.0mm、2.4mm

**4.3.2** 焊接用氩气和二氧化碳气体的纯度有严格规定，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中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。

**4.3.5** 焊接材料对焊缝质量影响重大，因此，用于重要焊缝的焊接材料，或对质量合格证明文件有疑问的焊接材料，应进行抽样复验。由于不同生产批号的焊接材料，质量存在一定的差异，复验时焊丝宜按 5 个批（相当炉批）取一组试验，焊条宜按 3 个批（相当炉批）取一组试验。

焊接材料试件制作和取样方法应符合现行国家标准，参照本标准表 4.3.1，各种焊接材料已明确试件加工方法。焊材试件制备图见图 1。

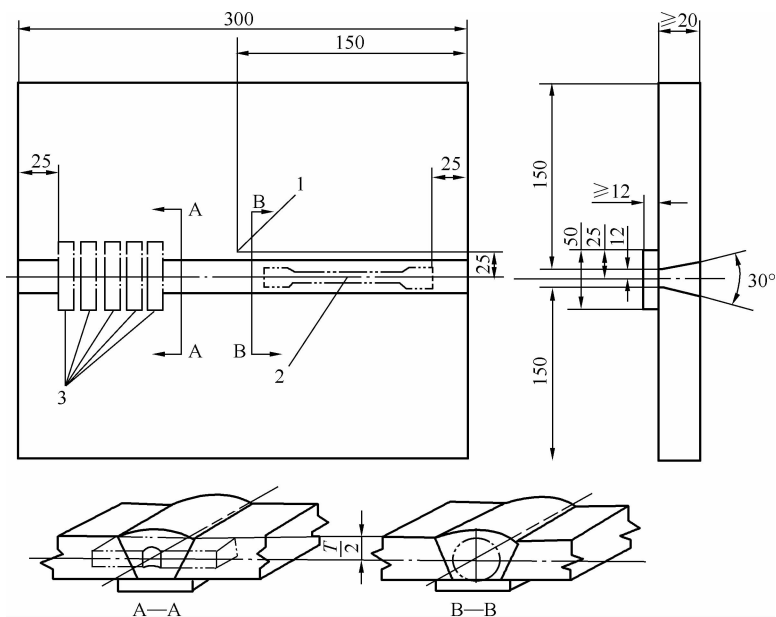


图1 焊材力学性能试验的试件制备图

1—测温点；2—拉伸试样；3—冲击试样

## 4.4 连接紧固件

**4.4.1** 在钢结构用连接紧固件标准表中（本标准表 4.4.1），增加了近几年钢结构工程中应用的现行团体标准《钢结构用自锁式单向高强度螺栓连接副技术条件》T/CSCS TC01-01、《螺栓球节点用八角型高强度螺栓和套筒》T/CSCS 011 等新产品的标准。

自锁式单向高强度螺栓连接副（图 2）是一种可以从钢管外侧单边锁紧的螺栓，即单向螺栓。用于钢结构高强度螺栓连接中的闭口截面构件或一端不易触及的连接节点部位，实现钢管柱和其他钢构件的现场螺栓连接，达到快速和高效的装配式施工。自锁式单向高强螺栓可以用于 H 型钢梁与钢管柱的连接节点中，

能够保证 H 型钢梁与钢管柱单向螺栓连接节点具有稳定的抗剪和抗弯承载力，解决了传统 H 型钢梁与封闭钢管柱无法直接使用螺栓连接的难题，使用该种单向螺栓可以代替梁柱节点现场焊接连接，具有施工速度快、质量可靠、成本低廉等优点。

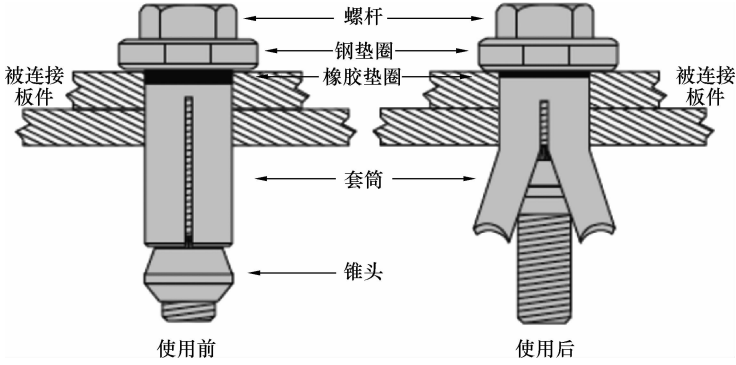


图 2 自锁式单向高强螺栓示意图

螺栓球节点用八角形高强度螺栓（图 3），其螺纹规格为 M16~M85×4 的八角形高强度螺栓及其套筒，适用于空间网格结构的螺栓球节点，该节点依靠套筒内八边形和螺栓八角段接触传力将螺栓拧入螺栓球，安装完毕时可通过观察销钉尾部的露出长度直观判断高强度螺栓是否拧紧，克服传统螺栓球节点施工中高强度螺栓的“假拧”缺点。同时其组成和构造与传统螺栓球节

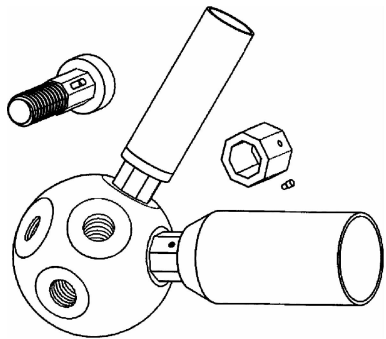


图 3 螺栓球节点用八角形高强度螺栓

点类似，具有施工安装简单方便、质量易于保证的优点，其推广应用将大大提高螺栓球节点空间网格结构的工程质量。

**4.4.3 高强度大六角头螺栓连接副、扭剪型高强度螺栓连接副的复验应按照以下要求：**

高强度大六角头螺栓连接副应进行扭矩系数、螺栓楔负载、螺母保证荷载检验。其检验方法和结果应符合现行国家标准《钢结构用高强度大六角头螺栓、大六角螺母、垫圈技术条件》GB/T 1231 的规定。高强度大六角头螺栓连接副应进行扭矩系数的平均值及标准偏差应符合表 5 的要求。高强度大六角头螺栓施工前应按照出厂批次复验高强度螺栓连接副的扭矩系数，每批应抽取 8 套连接副进行复验。8 套连接副扭矩系数的配件值应为 0.110~0.150，其标准偏差应不大于 0.010。扭矩系数按下式计算：

$$K = T/(Pd)$$

式中： $T$ ——施拧扭矩（N·m）；

$d$ ——高强度螺栓的公称直径（mm）；

$P$ ——螺栓预拉力（kN）。

**表 5 高强度大六角头螺栓连接副扭矩系数平均值及标准偏差值**

连接副表面状态	扭矩系数平均值	扭矩系数标准偏差
符合现行国家标准《钢结构用高强度大六角头螺栓、大六角螺母、垫圈技术条件》GB/T 1231 的要求	0.110~0.150	≤0.010

注：每套连接副只做一次扭矩系数试验，不得重复使用。试验时，螺母支撑面下的垫圈不得发生滑动。

扭剪型高强度螺栓连接副应进行紧固轴力、螺栓楔负载、螺母保证荷载检验。其检验方法和结果应符合现行国家标准《钢结构用扭剪型高强度螺栓连接副》GB/T 3632 的规定。扭剪型高强度螺栓连接副的紧固力的平均值及标准偏差应符合表 6 的要求。扭剪型高强度螺栓施工前，应按照出厂批次复验高强度螺栓连接副的紧固力，每批应抽取 8 套连接副进行复验，8 套连接副

的紧固力的平均值及标准偏差应符合表 6 的要求。

表 6 扭剪型高强度螺栓连接副紧固力平均值及标准偏差值

螺栓公称直径 $d$		M16	M20	M22	M24	M27	M30
轴力极限 值 (kN)	最小值	100	155	190	225	290	355
	最大值	121	187	231	270	351	430
标准偏差 (kN)		$\leq 10.0$	$\leq 15.4$	$\leq 19.0$	$\leq 22.5$	$\leq 29.0$	$\leq 35.4$

注：每套连接副只做一次扭矩系数试验，不得重复使用。试验时，螺母支撑面下的垫圈不得转动。

## 4.5 网架材料、压型金属板和其他材料

**4.5.1** 网格结构用的球节点包括焊接球、螺栓球、封板、锥头、套筒和紧定螺钉等材料，有全部自主制作和外购半成品两种制作方式。本条主要规定外购半成品材料性能的总体要求，详细的制作和性能质量要求见本标准第 6.8 节。

**4.5.2** 常用的压型金属板有彩色钢板、铝合金板和不锈钢板，这三种金属板材料的物理性能、力学性能、加工性能均不同，压型板产品的精度要求也不同，须根据不同的材质执行相应的标准。

**4.5.3** 半平行钢丝束拉索索体采用  $\phi 5\text{mm}$  或  $\phi 7\text{mm}$  的高强度、热镀锌钢丝，抗拉强度宜为 1670MPa、钢丝束断面呈正六边形或缺角六边形，外层缠绕包带，然后热挤聚乙烯护套。索体规格应符合国家现行标准《斜拉桥用热挤聚乙烯高强钢丝拉索》GB/T 18365 的规定。

钢拉杆根据材料的不同，可分为合金钢结构钢拉杆和不锈钢拉杆。

## 4.7 材料管理和储存

**4.7.9** 焊条药皮和焊剂吸潮及污染后焊接时，易造成焊缝气孔，增加焊缝含氢量而引发氢致裂纹；生锈的焊丝容易造成焊缝气

孔；焊材牌号混淆后造成焊缝强度不匹配。在入库前对焊接材料进行检验并分类堆放，必要时进行复试验证是确保焊缝质量的必要措施。焊接材料合理堆放和保管，以及使用前进行规定要求的烘焙时确保焊接材料的水分降至最低，以避免焊接冷裂纹产生。

## 5 深化设计

### 5.1 一般规定

**5.1.1** 本标准将钢结构深化设计过程分为两个阶段，主要是从高效深化设计、过程质量控制、专业配合等角度，借鉴国内BIM细度等级划分以及国外多个项目成功经验，实现深化设计整体水平的提高，解决目前深化设计影响施工进度、质量没有完全管控到位等问题。按本标准规定，设计单位主要对钢结构深化设计文件审核把关，确认与设计施工图的符合性，改变设计单位需要进行大量构件或零件图抽查性确认的不合理现状。

钢结构深化设计是实现设计施工图到制造厂和施工现场实体结构的纽带，也是提高钢结构工程品质的关键过程，钢结构深化设计单位应具有相应的管理体系和设计团队，深化设计单位可以是施工单位和制造厂，也可以是专业深化设计单位。从事深化设计的工程师在深化设计工程中起到非常重要的作用，但国内建筑工程施工现场专业人员职业标准中没有进行明确规定。项目实施过程中，他们除了承担深化设计作业，还要承担施工单位与设计单位、总包与分包、施工现场与制造厂、各专业之间等设计协调工作，专业能力和管理能力要求较高，不仅要求其具有基本的结构设计和深化设计软件操作能力，还应有建筑材料、结构设计、焊接设计、制造和安装工艺、其他专业技术等专业能力，因此深化设计单位需对深化设计工程师进行培训上岗及阶段性学习，以提高其专业水平。

设计单位应对钢结构深化设计成果进行审核确认，包括施工图深化技术说明、深化设计图、节点深化设计文件等，并签署明确审核意见，审核通过后签字确认。深化设计单位应加盖单位深化设计专用章，并对深化设计文件质量负责，本标准不要求对深



化设计文件加盖注册结构工程师章及结构专业设计出图专用章；钢结构施工详图设计成果应由深化设计负责人确认，施工详图通常仅需相关人员签字，按企业相关技术文件管理制度受控管理。

**5.1.2** 深化设计交付策划就是深化设计文件报审计划。项目深化设计前编制报审计划，包括深化设计文件数量（如图纸的张数、计算书份数）、报审时间等内容，以便设计单位提前安排结构工程师资源审核深化设计文件。为了保证深化设计工程师作业和结构工程师审核资源配置的合理性，本条规定深化设计按批次交付，并控制每个交付批次图纸量和技术文件相对均匀，避免大批量集中交付；深化设计交付批次计划应与材料采购、加工制造、现场安装计划顺序保持一致，避免出现深化设计交付顺序与实际需求不符的情况。

**5.1.9** 钢结构信息编码可参考下列内容：

**1** 钢构件信息编码。

1) 钢构件编码标准格式应包括构件所属区域、节号或层号、构件名称代码及流水号（图 4）。钢构件编码标准格式应符合下列规定：

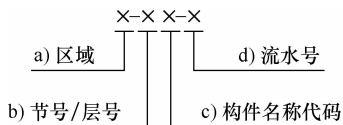


图 4 钢构件编码标准格式

a) 区域：可指同一项目不同区域，项目无区域划分时，构件编号中不必包含区域；

b) 节号/层号：指钢柱、钢板墙等按节划分的构件所属节号或钢梁、埋件、隅撑等按层划分的构件所属层号，构件编号中必须包含节号/层号；

c) 构件名称代码：详见表 7，构件编号中必须包含构件名称代码；

d) 流水号：指按顺序从 1 开始的自然数，每个构件有且只

有一个流水号，构件编号中必须包含流水号。

编号示例：T1-2GKZ-3 表示一号塔楼地上第二节钢框柱的三号构件；Q-B1GL-002 表示裙楼地下第一层钢梁的二号构件；D1GBQ-2 表示地下第一节钢板墙的二号构件。

2) 钢构件名称代码应符合表 7 钢构件代码表的规定。

表 7 钢构件名称代码表

构件名称	名称代码	构件名称	名称代码
钢柱	GZ	伸臂桁架	SHJ
钢框柱	GKZ	环形桁架	HHJ
暗柱	AZ	钢屋架	WJ
钢梁	GL	钢檩条	LT
钢框梁	GKL	钢支撑	ZC
连梁	LL	楼梯	T
暗梁	AL	隅撑	YC
边梁	BL	埋件	MJ
吊车梁	DCL	其他（包括零星构件、 钢墙架、铸钢件、 钢走道、钢栏杆等）	QT
钢板墙	GBQ		
钢桁架	HJ		

2 钢零件信息编码。

1) 零件编码标准格式应包括零件类型及流水号（图 5），零件编码标准格式应符合下列规定：



图 5 零件编码标准格式

a) 零件类型：零件编码中必须包含零件类型；

b) 流水号：指按顺序从 1 开始的自然数，每批零件中每个零件有且只有一个流水号，零件编码中必须包含流水号。

编号示例：L1 表示所在文件夹制定的批次中角钢的一号

零件。

2) 钢零件名称代码应符合表 8 钢零件名称代码表的规定。

表 8 钢零件名称代码表

零件前缀	零件类型	备注
X	现场安装小型散件	包括现场临时连接
S	常规现场结构连接	包括衬垫板
E	工厂焊吊耳和临时连接耳板	
P	工厂焊零件板、条板	
TT	套筒	
SD	栓钉	
MS	锚栓	
H	H 型钢	包括牛腿
B	箱形钢	
T	T 型钢	
I	工字钢	
L	角钢	
C	槽钢	
G	型材圆管、板卷圆管	
D	钢筋、圆钢	
F	方管、矩形管	
W	花纹钢板	
Y	其他	包括 Z 形截面等

## 5.2 深化设计几何模型

**5.2.1** 当在正常使用或施工阶段因自重或其他荷载作用，发生超过设计文件或国家现行有关标准规定的变形限值，或者设计文件对主体结构提出预变形要求时，在深化设计过程中应对结构进行变形预调设计。

**5.2.2** 对复杂空间钢结构和超高层钢结构，设计单位交付的按

杆件截面和材质分层的三维线框模型或结构计算模型，便于深化设计单位核对定位点坐标误差、提高建模质量、加快建模速度。

**5.2.4** 根据结构预变形值进行结构几何模型调整将导致原结构定位坐标和杆件长度均有变化，因此需进行专项工艺设计，包括对定位坐标、节点、构件尺寸和角度的调整。对于大跨度索膜结构与索网结构，施工阶段结构成形要经过零状态、逐步成形状态和预应力初始平衡态，变形较大，主体钢结构或与索连接的钢构件深化模型一般采用零状态（加工状态）下的几何模型。金属屋面和外立面幕墙深化设计采用原结构几何模型时，需考虑施工阶段结构变形影响。

**5.2.5** 重力荷载下，超高层建筑竖向构件会出现较明显的压缩变形以及相互之间的差异压缩变形。通过施工过程的结构分析及预变形技术，确定出构件加工预调值和施工安装预调值，使得建造完成后的结构实际变形在指定荷载状态下达到设计目标变形，避免超高层建筑因竖向压缩变形以及差异压缩变形而导致的层高偏差或楼面非水平状态。如轴向压缩变形对其他专业影响不大，建议每 10 层补偿一次。

**5.2.6** 钢构件起拱应根据结构特点、加工工艺、现场施工条件选择合适的起拱方式。当设计文件提供的起拱值相对偏大，采用火焰加热、机械等起拱方式将导致构件残余应力比较大，因此起拱值宜按实际荷载计算确定。若起拱值在制作偏差范围内钢构件可不进行起拱，但需保证结构是可靠的。钢梁制作时因预留牛腿，长度较原结构跨度会减小，工厂应按设计图纸结构跨度规定的起拱值进行起拱。

### 5.3 连接和节点深化设计

**5.3.10** 当按照设计施工图给出的典型节点放样时，如遇到焊接或安装困难时，可以对节点做法进行适当的调整，但必须征得设计单位的同意，因为按相关规定所有节点设计的安全性由结构设计单位负责。所有的节点都应给出详图，可以用参数化列表表

达，也可逐个节点给出详图。

**5.3.12** 根据现场施工方案，斜支撑连接分即时连接法和延迟连接法。瞬时连接法即临时固定后立即焊接斜支撑；延迟连接法即临时固定后待结构施工到一定结构层后再焊接斜支撑。深化设计过程中应根据施工方案考虑临时措施在施工过程中发挥的作用，合理设计临时措施。

## 5.4 深化设计文件编制

**5.4.2** 深化设计图纸目录中分列内容宜按照图号排序，升版信息宜包含所有过程版本的日期、版本号、修改内容及人员等信息。

**5.4.3** 深化设计技术说明是深化设计及施工详图设计的指导原则和实施准则，是指导制作厂加工和工地安装的关键，应做到内容准确全面、条理清晰、简洁明确。

**5.4.4** 深化设计布置图内容应全面、准确地体现钢结构构件的布置定位、截面规格、与混凝土等专业的关系。常规的规则项目可直接根据设计文件进行平面绘制而不建立深化设计模型，不规则的复杂项目应进行三维实体建模、并使用三维视图辅以空间坐标表达；深化设计布置图一般与设计施工图的布局相互对应，以方便审核及使用。其表达需灵活分布、比例恰当、清晰完整；特别注意细小构件的表达，避免遗漏；重点体现局部降标高、变截面等情况。

**5.4.5** 深化设计分段图应充分考虑构件的运输及吊装的重量和尺寸、构件的受力状况以及施工的安全和便利性等因素，综合权衡，合理划分。一般在绘制前由施工单位提出初步方案，然后由深化设计单位综合考虑上述因素进行补充完善，最终由各方会审确定。

**5.4.6** 节点深化设计图是针对设计施工图中提供的节点样式进行实际放样后的结果体现，应全面体现各种类型的节点连接细节，应严格遵循设计施工图及规范图集的要求，应充分考虑制作

厂加工和现场安装的可行性和便利性。节点深化设计图的图面应排列有序，内容表达清晰完整，且按比例绘制。

**5.4.7** 焊接连接通用图是指导施工详图设计焊缝标注和施工焊接的指导准则，是深化设计技术说明中焊缝等级及要求的图形化体现。焊接连接通用图应严格依据设计施工图及规范要求，按照构件类型或节点类型对构件本体及各类连接节点焊缝进行详细的图形表达，要求分类清晰、标注明确、信息全面、方便查找、便于施工。

**5.4.8** 压型金属板系统是通过固定支架、紧固件与支承结构连接的屋面、墙面系统，本条规定了墙屋面压型金属板系统深化设计的主要内容。近年来，压型金属板在使用过程中，出现了局部坍塌、风揭的局部撕裂等破坏，主要是由连接部位薄弱而引起的。固定支架的连接计算比较复杂，对重要建筑、强台风地区、新的板型和连接方式等特殊情况下，还应通过试验来验证压型金属板系统的综合受力性能。

**5.4.9** 为区分构件的涂装要求，一般在布置图中将构件用不同颜色进行区分；若涂装分区较为规律，也可采用区域填充方式进行表达。部分项目的复杂部位在施工图深化设计阶段无法精确表达涂装范围时，应在深化设计涂装图中说明，待施工详图阶段精确放样后，在施工详图中详细表达，一般采用构件涂装清单方式；若构件涂装较为复杂，应在构件加工详图上标注涂装范围。

**5.4.10** 由于结构深化设计阶段没有建立完整的包含所有节点的三维实体模型，故深化报表只能是初步的（但材质、截面规格、核心数量等应准确），可用于协助深化审核及项目管理，但不可作为工程计量、采购及施工的依据。材料清单中应对采购周期超过3个月的长周期材料（如建筑结构用钢板、有厚度方向性能要求的钢板、铸钢、隔震支座、椎管等）进行备注，以便各相关单位考虑材料采购周期是否影响工期计划。

## 5.5 施工详图设计文件编制

**5.5.5** 材料表是构件详图中单根构件上所用全部材料的汇总表格，由构件编号、构件数量、零件编号、零件规格和长度、零件材质、零件数量、零件单重、零件总重、构件重量和备注等信息组成，材料表样式可参考表 9。

表 9 材料表样式

材料表							
零件号	零件规格	长度	材质	数量	单重	总重	备注
合计							

注：1 零件规格：指零件的截面尺寸，该尺寸为加工后尺寸，弯曲零件的长度按重心线计算。

2 重量计算：重量计算的方法应按照合同的约定，分为净重和毛重，在业主认可的情况下可以加上焊缝的重量。

单重：指一个零件的重量，一般计算至 0.1kg；

总重：指多个相同零件的重量，一般计算至 0.1kg；

合计：指一根构件中多个零件重量的总和，计算至 1.0kg。

3 备注栏：主要注明对零件材质的特殊要求，或对零件的特殊加工要求。

螺栓表应表明螺栓类型、直径、长度和数量以及镀锌等特殊加工要求的信息。螺栓表样式可参考表 10。

表 10 螺栓表样式

螺栓表				
螺栓类型	直径	长度	数量	备注

**5.5.17** 当一根构件分别画于两张或两张以上图纸时，图纸编号可采用以下两种方式进行编号：

**1** 视作同一张图纸进行编号，但应在图纸编号后加后缀以示区分。标题栏表达方式举例如下：

图纸名称： 柱 C12-1 加工详图		
设计阶段：深化设计	专业： 钢结构	
比例：×××	图幅：××	版本：×
日期：××××.××.××	图号：C-103-1/3	

图纸名称： 柱 C12-1 加工详图		
设计阶段：深化设计	专业： 钢结构	
比例：×××	图幅：××	版本：×
日期：××××.××.××	图号：C-103 (1/3)	

注：“-1/3”“(1/3)”为图纸编号后所加后缀。

**2** 图纸分别编号，编号应按顺序连号，且应在图纸名称栏中给予明确表达。标题栏表达方式举例如下：

图纸名称： 柱 C12-1 加工详图（一）		
设计阶段：深化设计	专业： 钢结构	
比例：×××	图幅：××	版本：×
日期：××××.××.××	图号：C-103	

图纸名称： 柱 C12-1 加工详图（二）		
设计阶段：深化设计	专业： 钢结构	
比例：×××	图幅：××	版本：×
日期：××××.××.××	图号：C-104	



## 6 加工制作

### 6.1 一般规定

6.1.1 构件加工制作工艺流程可按图 6 所示要求确定。

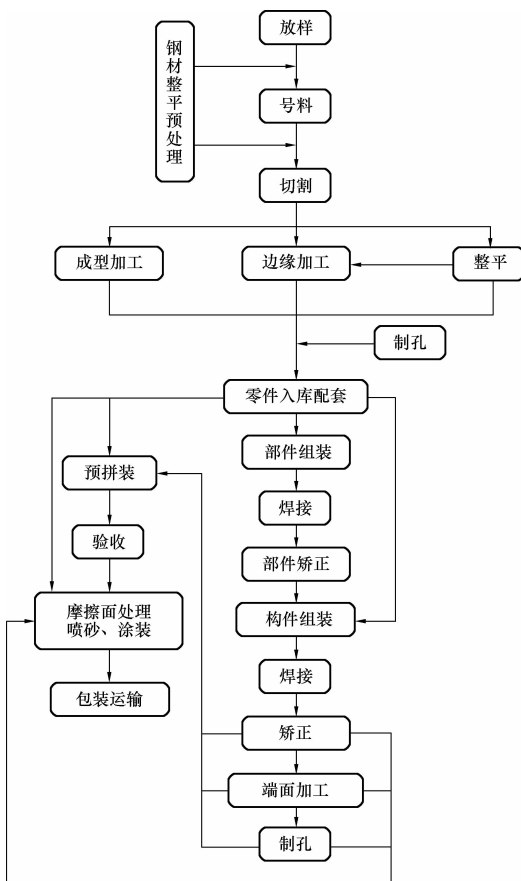


图 6 构件制作工艺流程

构件加工前，应对加工人员进行技术交底，交底内容包括施工详图、加工详图、工艺流程、加工工艺、操作规程等技术文件。桁架结构组焊工艺应考虑腹杆与弦杆、腹杆与腹杆之间多次相贯的焊接要求，特别是隐蔽焊缝的焊接要求。加工之前，加工人员应检查钢材、零件、部件的编号、清单及实物，确保实物与图纸相符。

**6.1.2** 钢结构加工制作质量除应符合设计文件要求外，还应符合《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205、《风电塔架技术规程》T/CECS 483、《水利水电工程钢闸门制造、安装及验收规范》GB/T 14173、《压水堆核电厂钢制安全壳设计建造规范》NB/T 20482、《锅炉用材料入厂验收规则》JB/T 3375 和《输电线路铁塔制造技术条件》GB/T 2694 等国家现行相关标准的规定。

核电厂钢制安全壳的制造应接受国务院核安全监管部门及其派出机构的监督检查。核电厂钢制安全壳的制造、无损检验单位应具备健全的质量管理。制造单位应持有民用核安全设备制造许可证，焊工、焊接操作工应按《民用核安全设备焊工焊接操作工资格管理规定（HAF603）》的要求取得相应的资格证书；无损检测作业人员应按《民用核安全设备无损检验人员资格管理规定（HAF602）》要求取得相应的资格证书。

**6.1.3** 核电厂钢制安全壳制作单位应对每个钢制安全壳在设计使用年限内保存下列技术文件：

- 1 质量计划。
- 2 制作工艺图或制作工艺卡。
- 3 材料证明文件及材料表。
- 4 焊接工艺文件和热处理工艺记录。
- 5 检验、试验项目的记录。
- 6 检查记录、不符合项记录及不符合项处理记录。
- 7 设计图和竣工图。

## 6.3 放样和号料

**6.3.1** 放样对保证产品质量、缩短生产周期、节约原材料等有着重要的作用。钢结构制作放样和号料应符合下列规定：

- 1) 放样工作应符合下列规定：
  - 1) 根据构件施工详图和工艺文件进行 1 : 1 放样。
  - 2) 核对构件所在位置与编号。
  - 3) 核对节点部位的外形尺寸、标高与相邻构件接合面是否一致。
  - 4) 核对构件断面尺寸与材质。
  - 5) 核对构件的零件数量。
  - 6) 绘制零件放样号料图和样板检验图纸。
  - 7) 编制零件配套表。
  - 8) 制作样板、样杆。
- 2) 号料应符合下列规定：
  - 1) 号料前应检查钢材的牌号、规格和质量。对钢材不平直、锈蚀等影响号料和切割质量时，应矫正和清理后再号料。
  - 2) 号料划线时线条精度应满足零件加工精度要求。一般零件的线条宽度不大于 0.8mm；精度高的零件的线条宽度不大于 0.3mm。
  - 3) 需弯曲加工零件的弧形外表面及重要受力构件的受拉面，不得敲击中心部位且不应有任何伤及母材表面的硬记号。
  - 4) 对有特殊要求的重要构件，应按照工艺要求所规定的钢材轧制方向进行号料。
  - 5) 零件与零件间应留有充足的切割缝余量。
- 3) 小型标准零件的号料应符合下列规定：
  - 1) 对相同规格、尺寸的小型标准零件可采用靠模切割机 and 光电跟踪切割机、数控切割机进行切割。

- 2) 靠模切割机的定位靠模与滚轮接触面的精度应满足加工精度要求。
- 3) 靠模切割机的定位靠模的外形尺寸大小应考虑切割缝余量和旋转滚轮的直径。
- 4) 光电跟踪切割机所用的零件下料图，应符合下列要求：线条宽度不大于 0.3mm；线条应光顺；零件外形拐点处应设圆弧过渡，圆弧半径不小于 5mm；并应考虑切割缝余量。

4 采用数控号料时可将数据文件输入数控切割机后，直接在钢板上切割。

5 采用光电跟踪切割、靠模切割和数控切割号料的零件，宜将各种尺寸、符号标记在零件上。

## 6.4 切割与坡口

**6.4.3、6.4.4** 机械切割是指材料在常温下利用切割设备进行切割的方法，主要有锯割、砂轮切割、剪切、冲裁等。采用锯割时，应根据零件壁厚对锯条施加合适的张力。采用剪切切割时，应根据零件的功能要求，选择合适的剪切方向，正向剪切或反向剪切。切割后应对零件边缘打磨，去除毛刺。

火焰切割具有切割速度快、生产效率高、适用范围广的特点，可切割各种形状的钢结构零件。

## 6.8 球节点加工

**6.8.2** 在选用螺栓球节点材料时，应考虑以下因素：

螺栓球的硬度可略低于高强度螺栓的硬度，其材料强度也可比高强度螺栓的钢材强度低，球体材料选用 45 号钢，可以满足设计要求和便于加工制作。

锥头或封板是圆钢管杆件通过高强度螺栓与螺栓球连接的过渡零件，它与钢管焊接成一体，因此其材料钢号应与钢管材料一致，以方便施焊。

高强度螺栓的钢材应保证其抗拉强度、屈服强度与淬透性能满足设计要求。结合目前国内钢材的供应情况和实际使用效果,推荐采用 40Cr 钢、35CrMo 钢,对于 M16~M24 的高强度螺栓还可采用 20MnTiB 钢。

紧固螺钉也应选用高强度钢材,以免拧紧高强度螺栓时被剪断。

**6.8.3** 螺栓球应采用圆钢锻压而成,不能采用钢锭或废钢加工而成。圆钢在加热时应使其受热均匀,在炉内应有一定的加热和保温时间。但加热和保温时间过长,会导致过热或过烧现象。因此,应控制好加热温度和保温时间。可采用红外测温仪或观察炉内火焰的颜色与标准色卡比对的方法测定温度。

**6.8.4** 螺栓球由圆钢经加热后锻压而成,在锻压过程中有时会产生表面微裂纹,一般深度(2~3)mm,表面微裂纹可经打磨处理,严禁存在深度更深或内部裂纹。

**6.8.6** 螺栓球进行抗拉强度试验时与高强度螺栓组合组成拉力试件,试件应在批量产品中随机抽取,采用单向拉伸试验方法。试件形式和试验结果应符合现行行业标准《钢网架螺栓球节点》JG/T 10 的要求。

**6.8.7** 现行国家标准《钢网架螺栓球节点用高强度螺栓》GB/T 16939 将高强度螺栓的性能等级按照直径大小分为 10.9 级和 9.8 级两个等级,这是根据我国高强度螺栓生产的实际情况而确定的。

高强度螺栓在制作过程中要经过热处理,热处理的方式是先淬火,再高温回火。淬火可以提高钢材强度,但降低了它的韧性,再回火可恢复钢的韧性。对于采用标准规定材料的高强度螺栓,影响其能否淬透的主要因素是螺栓直径。当螺栓直径较小(M16~M36)时,其截面芯部较易淬透,因此在此直径范围内的高强度螺栓性能等级定为 10.9 级。对大直径高强度螺栓(M39~M85×4),由于芯部不易淬透,从安全考虑将其性能等级定为 9.8 级。

**6.8.12** 圆钢在加热时应使其均匀受热,在加热炉内的加热和保温时间应适宜,若加热和保温时间过长,则会导致过热或过烧现

象，影响钢材的性能。

**6.8.19** 根据理论分析和试验研究表明，焊接空心球在受压时会产生失稳破坏，因此在本条文中规定了相应的构造要求。

**6.8.22** 钢板的加热温度是指热轧钢板的加热温度，当钢板为正火板时应按钢厂的产品说明书规定的温度加热。钢板在加热炉中的加热和保温时间不宜过长，时间过长会产生过热和过烧现象，从而影响钢材性能。

**6.8.25** 焊接空心球壁厚减薄量的允许偏差由两部分组成：一是钢板负偏差；二是在压制过程中空心球局部拉薄量，是根据生产厂家长期生产实践统计计算确定的。

**6.8.26** 当焊接空心球需做抗拉、抗压承载力试验时，试验值应按现行行业标准《钢网架焊接空心球节点》JG/T 11 的规定确定。当焊接空心球需做拉弯、压弯承载力试验时，试验值应按现行行业标准《钢网架焊接空心球节点》JG/T 11 确定。试验方法应按现行行业标准《钢网架焊接空心球节点》JG/T 11 的要求进行。

## 6.9 组 装

**6.9.5** 箱形构件隔板的电渣焊：当截面尺寸 $\geq 600\text{mm}$ 时，也可采用焊工直接进到构件里面焊接。

**6.9.6** 首件检验、交验由加工制作单位提出，监理单位组织业主、设计等相关单位参加，对首个构件的工艺、质量等进行综合评价，根据评价结果确定该类构件的制作工艺和质量要求。

**6.9.8** 焊接球节点网架试拼装工艺流程应符合图 7 的规定。

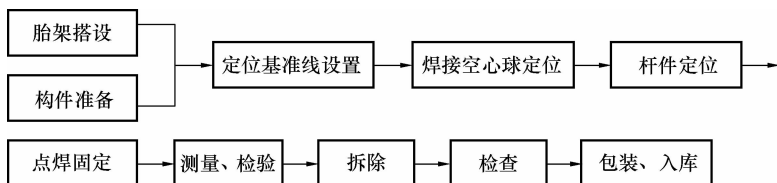


图 7 焊接空心球节点网架试拼装工艺流程

螺栓球节点网架试拼装工艺流程宜符合图 8 的规定。

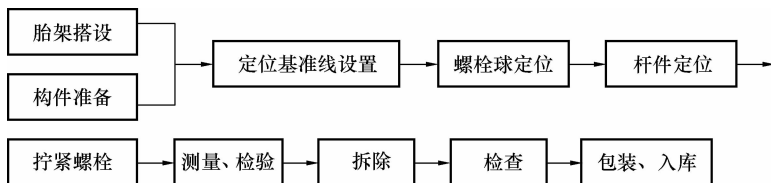


图 8 螺栓球节点网架试拼装工艺流程

**6.9.9** 立装法是指按照管桁架结构的安装位置进行组装的方法；卧装法是指把管桁架结构放平后进行组装的方法。管桁架结构的组装应优先采用卧装法，因为卧装法可减少胎架的用量、降低组装高度，容易定位和临时固定等。

管桁架结构组装时当有多根支管相互搭接时，必须按照施工详图和工艺文件的要求顺序进行组装，对隐蔽焊缝的焊接应严格按照规定要求施焊。

管桁架结构组装工艺流程宜符合图 9 的规定。

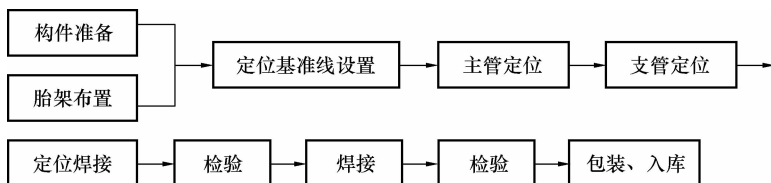


图 9 管桁架结构组装工艺流程

**6.9.10** 风电塔架塔筒门框的组装应符合下列规定：

- 1 塔筒门框与筒体焊接应在法兰焊接完成后进行。
- 2 筒体门框中心线定为  $0^\circ$  线，塔筒从底部第 1、3、5……单数节筒体板纵缝定为  $90^\circ$  线，第 2、4、6……偶数节筒体板纵缝定为  $270^\circ$  线，门框中心以其所在筒节纵缝两侧的螺栓孔进行定位。
- 3 塔筒门框自拼接焊缝和塔架门框与筒体连接的焊缝，应

采取热处理等方法消除焊接应力。

**6.9.11** 锅炉钢结构顶板主梁的拼接如图 10 所示。

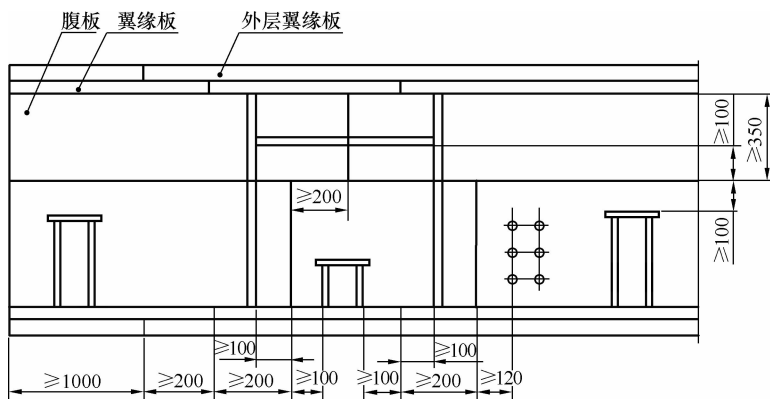


图 10 顶板主梁拼接图

**6.9.14** 桥梁钢结构的组装应及时建立监控体系，并应在加工前及时提供桥梁的制造线形；并应编制专项方案，对施工中存在的风险进行有效管控。

## 6.10 端面加工

**6.10.3** 柱端铣后顶紧接触面可采用 0.3mm 塞尺检查，其塞入面积不得大于 25%。

## 6.11 摩擦面加工

**6.11.3** 抗滑移系数是摩擦型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，因此构件摩擦面无论在制造厂处理还是在现场处理，均应对抗滑移系数进行测试，测得的抗滑移系数最小值应满足设计要求。

抗滑移系数试验应按钢结构检验批进行检验。由于抗滑移系数试验是通过试件模拟测定的，为使试件能真实反映构件实际情况，规定试件与构件相同条件，即与所代表的构件同一材质、同



一摩擦面处理工艺、同批制作，使用同一性能等级的高强度螺栓连接副，在同一环境下存放。

在安装现场局部采用砂轮打磨摩擦面时，打磨范围不应小于螺栓孔径的 4 倍，打磨方向应与构件受力方向垂直。

除设计上采用抗滑移系数不大于 0.3，并明确提出可不进行抗滑移系数试验的情况外，在加工制作时为确定摩擦面的处理方法，其他情况下必须按现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 要求的批量用 3 套同材质、同处理方法的试件，进行复验。同时附有 3 套同材质、同处理方法的试件，供安装前复验。

## 7 钢结构数字化加工

7.1.4 数字化车间体系架构可针对企业具体业务情况进行定制化开发，本架构仅包含钢结构数字化制造过程中最基础的功能模块，可根据具体情况与需求增加其他模块，如安全管理、车间人力资源模块等（图 11）。

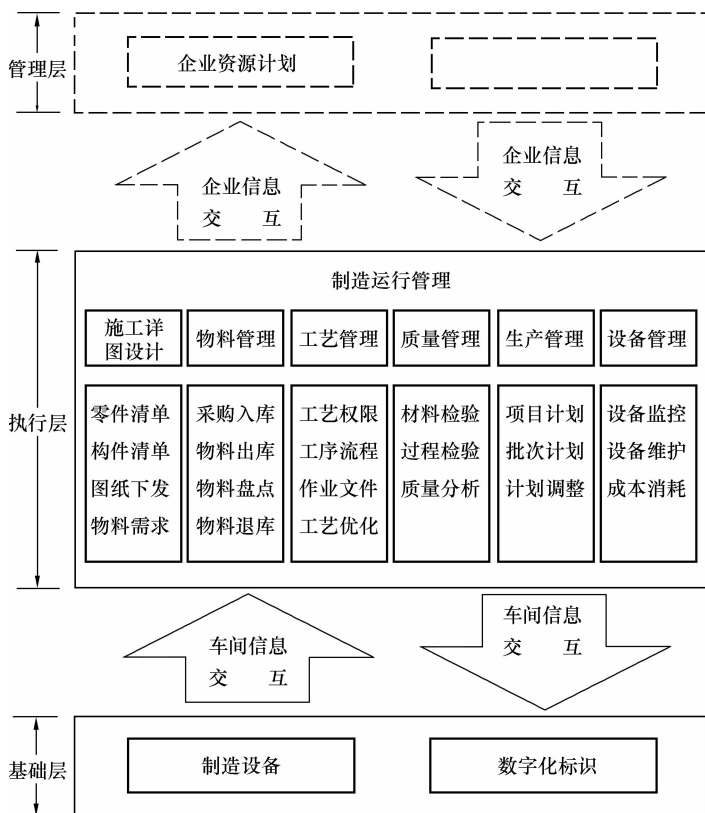


图 11 钢结构数字化车间体系架构图

## 8 焊 接

### 8.1 一 般 规 定

**8.1.1** 本条给出了本章的适用范围。对于一般桁架或网架（壳）结构、多层和高层梁-柱框架结构的工业与民用建筑钢结构、公路桥梁钢结构、电站电力塔架、非压力容器罐体以及各种设备钢结构架、工业炉窑壳体、照明塔架、通廊、工业管道支架、人行过街天桥或城市钢结构跨线桥等钢结构的焊接，可按照本标准和现行国家标准《钢结构焊接规范》GB 50661 执行。

**8.1.2** 钢材分类与现行国家标准《钢结构焊接规范》GB 50661 保持一致，国内常用结构钢材的分类主要是按钢材的屈服强度级别予以划分的。

**8.1.3** 本条引用了现行国家标准《钢结构焊接规范》GB 50661 中的焊缝焊接难度等级分类，将钢结构焊缝焊接按难易程度区分为易、一般、较难和难四个等级。针对不同情况，企业在承担钢结构制造时应具备与焊缝焊接难度相适应的技术条件，如焊接装备能力、制造技术水平、人员能力、焊接工艺技术措施、检验与试验手段、质保体系和技术文件等。

**8.1.4** 根据国内钢结构制造的实际情况，结合近二十年来的实际经验和教训，要求钢结构制造企业应具有相应的技术能力、设备条件、焊接技术质量保证体系。其中对于承担难度等级为 C、D 焊缝焊接任务的企业，由于材料或结构的焊接技术难度大，为确保加工质量，本条款明确要求其制造单位应具备相应的焊接工艺试验室和相关焊接从业人员，是非常必要的。

**8.1.5** 焊接工艺规程（WPS）是按照评定合格的焊接工艺，或按照免于评定的焊接工艺制定的具体焊接作业要求，作为特殊作业过程，遵守焊接工艺规程是保证焊接质量的重要条件。对于大

型复杂项目和结构，必须按照其构造特点对焊接操作做出更为详细、具有针对性的具体措施，以便于指导焊接施工。

**8.1.6** 钢结构制造企业的设备条件、场地设施和管理流程各有特点，可根据具体情况制定。图 12 的流程图是根据钢结构焊接质量管理的常规流程和相关企业的经验提出，可供参考。

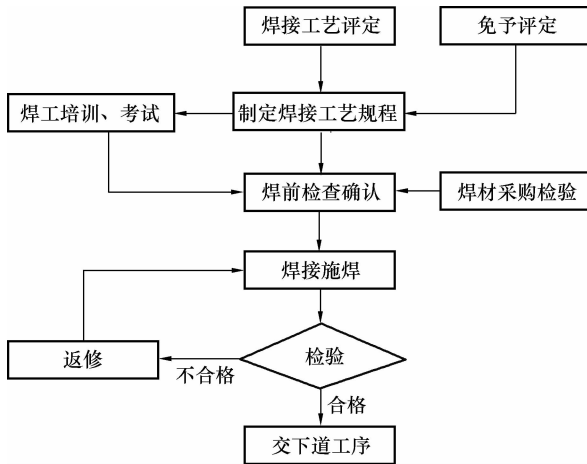


图 12 钢结构焊接管理流程图

**8.1.7** 本条主要为避免设计文件中对焊接的具体要求不够合理，或焊接节点构造空间受限无法满足制作、检测要求而制定。

## 8.2 焊接方法

**8.2.1、8.2.2** 钢结构制造可采用的焊接方法种类较多，在满足焊接质量和焊接效率的前提下，可根据钢结构制造企业的工艺装备情况选定。为了使用方便，本标准的焊接方法代号与现行国家标准《钢结构焊接标准》GB 50661 保持一致。

## 8.3 焊接从业人员

**8.3.1** 本条对钢结构焊接相关人员的资格作出了明确规定，借

以加强对各类相关焊接从业人员的管理。

焊接从业人员，包括焊工、焊接技术人员（工程师）、焊接检验人员、无损检测人员及焊接热处理人员，是焊接实施的直接或间接参与者，是焊接质量控制环节中的重要组成部分，焊接从业人员的专业素质是关系到焊接质量的关键因素。目前我国钢结构应用量巨大，焊接从业人员数量庞大。但由于对钢结构焊接重要性认识上的偏差，国内对相关人员的考核和管理与欧、美、日等国家和地区相比存在较大差距，国内一些钢结构企业的焊接从业人员管理水平不高，尤其是在焊工资格管理方面部分企业甚至处于混乱状态，在钢结构制造过程中埋下隐患，对整个工程的质量安全造成不良影响。借鉴欧、美、日等国家和地区的标准规范要求和管理经验，对焊接从业人员的从业资格提出要求。

经修订后刚刚颁布实施的现行中国工程建设标准化协会团体标准《钢结构焊接从业人员资格认证标准》CECS 331，针对焊工、焊接技术人员（工程师）、焊接检验人员、无损检测人员、焊接热处理人员等钢结构焊接从业人员的资格认证等级和评定的内容及要求进行了规定；现行行业标准《冶金工程建设焊工考试规程》YB/T 9259 针对钢结构焊工技术资格考试的要求进行了规定。这两部标准可作为本标准的配套标准执行。

**8.3.2** 本条对焊接相关人员的职责作出了规定，其中焊接检验人员负责对焊接作业进行全过程的检查和控制，出具检查报告。所谓检查报告，是根据若干检测报告的结果，通过对材料、人员、工艺、过程或质量的核查进行综合判断，确定其相对于特定要求的符合性，或在专业判断的基础上，确定相对于通用要求的符合性所出具的书面报告，如焊接工艺评定报告、焊接材料复验报告等。与检查报告不同，检测报告是对某一产品的一种或多种特性进行测试并提供检测结果，如材料力学性能检测报告、无损检测报告等。

## 8.4 焊接工艺评定

**8.4.1~8.4.7** 由于钢结构工程中的焊接节点和焊接接头不可能在焊接完成后再进行实物取样检验，为保证工程焊接质量，要在构件制作焊接前进行焊接工艺评定（WPQ）。设计文件中一般应有焊接工艺评定执行标准的要求。本标准中对于焊接工艺评定的具体要求原则上执行现行国家标准《钢结构焊接规范》GB 50661 的规定。考虑到本标准的应用范围包括了核钢制安全壳、水利水电工程钢闸门、桥梁钢结构等特殊的结构类型，其焊接工艺评定可能会有一些特殊的要求，此类钢结构应执行其相应的技术标准。其中核电厂钢制安全壳应按照现行行业标准《压水堆核电厂钢制安全壳设计建造规范》NB/T 20482 中的要求执行；水利水电工程闸门焊接工艺评定应符合现行国家标准《水利水电工程钢闸门制造、安装及验收规范标准》GB/T 14173 要求；铁路桥梁钢结构应按照现行企业标准《铁路钢桥制造规范》Q/CR 9211 的要求执行。

**8.4.8** 钢结构焊接坡口的组装间隙对焊接接头的力学性能、焊接残余应力等均有重要影响。在相同的焊接条件下，过大的组装间隙会增大焊缝体积和接头收缩量，从而对接头的力学性能和残余应力产生不利影响，严重时会导致裂纹产生。必须通过模拟实际焊接的条件进行焊接工艺评定，合格后才可在允许的最大间隙范围内进行焊接。

## 8.5 焊接材料

**8.5.1** 焊接材料对焊接质量的影响重大，纵观近年来国内发生的钢结构焊接质量问题，有很大比例上是由于焊材因素造成的，包括焊材的选用、焊材自身质量以及保存和处理等。设计时应根据钢材的性能、结构的受力特点和工作环境等因素选择与其相匹配的焊接材料。

**8.5.2** 焊条、药芯焊丝、焊剂等焊接材料保管不当会导致吸潮、

锈蚀等问题。烘干后的焊材在自然环境中会重新吸潮，反复高温烘焙会导致药粉中某些有效成分失效。这些问题都会影响焊接质量，故需要对不同类型的焊接材料特别是低氢型焊接材料的使用保管作出明确规定。

**8.5.8** 本条给出了使用不同焊接方法时常用钢材与母材的匹配建议。对于屈服强度 460MPa 及以上的钢材，需要按照文件要求匹配合适的焊接材料，当按等强度和等冲击韧性匹配时，焊接材料的强度和冲击韧性不得低于被焊母材产品标准的下限值。

## 8.6 焊前准备

**8.6.1** 焊接接头的坡口表面质量是保证焊接质量的重要条件，坡口表面存在的各种杂质及碳、氢等成分，是产生各种焊接缺陷的原因。坡口表面状况对焊缝质量的影响，本条给出了焊前检查和超标缺陷的处理要求，与我国现行国家标准《钢结构焊接规范》GB 50661 要求相一致。

**8.6.2** 焊接接头的坡口及组装精度是保证焊接质量的重要条件，超出允许偏差要求的坡口角度、钝边尺寸、根部间隙会影响施焊和焊接接头质量，同时也会增大焊接应力，易于产生延迟裂纹。本条根据钢结构承受的荷载类型，结合实际应用经验，分别给出了不同焊接工艺条件下的坡口组装允许偏差，在确保质量的前提下，做到经济适用。

**8.6.3** 现行国家标准《钢结构焊接规范》GB 50661 规定了不同焊接方法焊接环境的风速限制。试验研究和实践经验表明，对于焊条电弧焊和自保护药芯焊丝电弧焊，当焊接作业区风速超过 8m/s，对于气体保护电弧焊，当焊接作业区风速超过 2m/s 时，焊接熔渣或气体对熔化的焊缝金属保护环境就会遭到破坏，致使焊缝金属中产生大量的密集气孔。所以在施焊过程中，应避免在上述风速条件下进行施焊，或设置防风屏障。

应避免在工件潮湿或雨、雪天气下进行焊接操作，因为水分是氢的来源，而氢是产生焊接延迟裂纹的重要因素之一。

低温会造成钢材脆化，使得焊接过程的冷却速度加快，易于产生淬硬组织，对于碳当量较高的钢材焊接是不利的，尤其是对于厚板和接头拘束度大的结构影响更大。本条对低温环境施焊作出了具体规定。

**8.6.4** 为避免因引弧时由于焊接热量不足而引起焊接裂纹，或熄弧时产生焊缝缩孔和裂纹，以及由于保护不良而导致的其他焊接缺欠，确保焊接质量焊缝，钢结构加工制作时需要在焊缝端部设置引弧板、引出板。引弧板、引出板所用钢材应对正式焊缝的金属性能不产生显著影响，不要求与母材材质相同，但强度等级不应高于母材，成分应相近，以保证有相近的焊接性。为确保焊缝的完整性，避免在去除时对焊接接头造成损害，规定了不同焊接方法适用的引弧板、引出板的长度和去除方法。

**8.6.5** 采用衬垫的目的是保证焊缝焊透，同时防止烧穿。目前钢结构制造时可采用的衬垫种类较多，有些衬垫焊接完成后需要去除，有些则可永久保留。

大部分的钢衬垫会永久保留，在焊接时部分钢衬垫会融入焊缝，对焊接接头质量产生影响，需要对钢衬垫的材质做出限定。不同焊接方法的熔深不同，为避免烧穿，需要选用适合的衬垫厚度。为避免钢衬垫接长时，未焊或熔合不良的钢衬垫接头形成严重缺口导致焊缝中横向裂缝并延伸扩展到母材中，要求钢衬垫板在整个焊缝长度内连续或采用全焊透焊缝拼接。钢衬垫与母材组装间隙过大容易导致焊缝根部产生缺陷，需要在焊缝全长范围内确保其贴合良好。

陶瓷衬垫将参与焊接冶金过程，使用前需要进行工艺评定，并遵守焊接材料的使用、保管要求。

铜块作为衬垫时主要用于强制焊缝成形，但应保证不得有铜熔入焊缝，以免影响焊缝内部质量。

**8.6.6** 对于最低预热温度和道间温度的规定，主要目的是控制焊缝金属和热影响区的冷却速度，降低焊接接头的冷裂倾向。预热温度越高，冷却速度越慢，会有效的降低焊接接头的淬硬倾向



和裂纹倾向。对调质钢而言，不希望较慢的冷却速度。

本条根据常用钢材的化学成分、中等结构拘束度、常用的低氢焊接方法和焊接材料以及中等热输入条件给出的可避免焊接接头出现淬硬或裂纹的最低温度。实践经验及试验证明：焊接一般拘束度的接头时，按本条规定的最低预热温度和道间温度，可以防止接头产生裂纹。在施焊过程中，为获得合格的焊接接头，预热温度和道间温度应不低于表 8.6.6 的规定值。为避免母材过热产生脆化而降低焊接接头的性能，对不同荷载类型的钢结构焊接的道间温度上限也做出了规定。

实际工程结构焊接施工时，应根据母材的化学成分、强度等级、碳当量、接头的拘束状态、热输入大小、焊缝金属含氢量水平及所采用的焊接方法等因素综合判断或进行焊接试验，以确定焊接时的最低预热温度。如果有充分的试验数据证明，选择的预热温度和道间温度能够防止接头焊接时裂纹的产生，也可以选择低于表 8.6.6 规定的最低预热温度和道间温度。

为了确保焊接接头预热温度均匀，冷却时具有平滑的冷却梯度，本条对预热的加热范围做出了规定。同时为保证测量结果的准确，规定了温度测量部位和时机。

电渣焊、气电立焊，热输入较大，焊接速度较慢，一般对焊接预热不作要求。

不同钢厂提供的调质钢，其成分、交货状态各有不同，焊接性会存在差异，故调质钢焊接时采用的预热温度、道间温度需参考钢厂提供的相关指导性建议。

**8.6.7** 定位焊缝的焊接质量对整体焊缝质量有直接影响。钢结构制造过程中，因定位焊引发的质量问题比较突出，应从焊前预热、焊材选用、焊工资格及施焊工艺等方面给予充分重视，避免造成正式焊缝中的焊接缺陷。

## 8.7 焊接工艺

**8.7.1** 焊接工艺规程是按照评定合格的工艺，或按照免于评定

的相关规定编制而成，是保证焊接质量的重要技术文件，应严格遵守。

**8.7.2** 钢结构制造过程中，为满足组装、吊装等需求，需要在构件上加焊临时部件。临时焊缝去除后，在构件上相应部位会保留一定深度的熔化区和热影响区，该区域的晶粒组织、力学性能、几何缺陷及残余应力等对钢结构的使用性能会带来一定影响，需要对其做出明确要求。对于 Q420、Q460 等级钢材或板厚大于 40mm 的低合金钢，临时焊缝清除后应采用磁粉或着色方法检测，以确保母材中没有残留焊接裂纹等缺陷，避免对结构的安全产生不利影响。

**8.7.3** 多层焊中断施焊时，如果结构的刚度大、材料碳当量高，或施焊环境温度低、湿度大时，采用保温和后热处理主要是为了避免出现延迟裂纹。

**8.7.4** 接头处的处理主要目的是避免出现接头不良等缺陷，或者焊道高低差超过允许值。

**8.7.5** 清根后形成的刨槽形状会影响焊接可达性，如果侧面角度过小，容易造成未熔合，需要根据后续焊接方法要求，确定刨槽的侧面角度。碳弧气刨时的夹碳、粘渣会导致焊接裂纹等缺陷，应予以避免。清根后必须彻底清除氧化物等影响焊接质量的残留杂质。

**8.7.6** 焊接变形控制主要目的是保证构件或结构要求的尺寸，但有时控制焊接变形的同时会增大结构的焊接应力和出现焊接裂纹，因此应采取合理的焊接工艺措施、装焊顺序、平衡焊接热输入等方法控制焊接变形，避免采用刚性固定或强制措施控制焊接变形。本条给出了一些经实践经验证明对控制构件的焊接变形有效的方法，可根据实际结构情况采用。

**8.7.7** 在 T 形、十字形及角接接头焊接时，由于焊接收缩应力作用于板厚方向（与钢板厚度垂直的方向）而使钢板产生沿轧制方向的台阶状层状撕裂。近年来在重大工程项目中已发生过多起由层状撕裂而引起的工程质量问题，应在焊接连接设计与材料厚

度方向性能要求方面给予足够的重视。经过多年试验研究，总结出一系列防止层状撕裂的措施。相关标准中规定了对材料厚度方向性能的要求。本条主要从焊接节点形式的优化设计方面提出要求，目的是减小焊缝截面和焊接收缩应力，使焊接收缩力尽可能平行于板材的轧制方向，同时也给出了防止层状撕裂的相应焊接工艺措施。

**8.7.8** 对过焊孔提出构造要求，一方面是保证主要焊缝的连续性，另一方面也是为满足焊接操作需要。

**8.7.9** 焊缝金属或部分母材的超标缺欠，施工单位可以选择局部修补或全部重焊。焊接或母材的缺陷修补前应分析缺陷的性质和种类及产生原因。如果不是因焊工操作或执行工艺参数不严格而造成的缺陷，应从工艺方面进行改进，编制新的工艺并经过焊接试验评定合格后进行修补，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，因此本条规定同一部位的焊接返修不应超过两次。在拘束度较大的部位清除裂纹时，裂纹两端钻止裂孔的目的是为了避免裂纹扩展。

**8.7.10** 焊缝金属中的扩散氢是延迟裂纹形成的主要影响因素，焊接接头的含氢量越高，裂纹的敏感性越大。焊后消氢热处理的目的是加速焊接接头中扩散氢的逸出，防止由于扩散氢的积聚而导致延迟裂纹的产生。当然，焊接接头裂纹敏感性还与钢种的化学成分、母材拘束度、预热温度以及冷却条件有关，因此要根据具体情况来确定是否进行焊后消氢热处理。

焊后消氢热处理应在焊后立即进行，处理温度与钢材有关，但一般为  $200^{\circ}\text{C}\sim 350^{\circ}\text{C}$ ，本条规定为  $250^{\circ}\text{C}\sim 350^{\circ}\text{C}$ 。

如果在焊后立即进行消应力热处理，可不必进行消氢热处理。

**8.7.11** 国内大多采用热处理和振动两种方法对钢结构进行焊后消应力处理。消应力热处理目的是降低焊接残余应力或保持结构尺寸的稳定性，主要用于承受较大拉应力的厚板的对接焊缝、承

受疲劳应力的厚板或连接复杂、焊缝密集的重要受力构件；局部消应力热处理通常用于重要焊接接头的应力消减。振动法消应力处理虽然能达到消减应力峰值的目的，但其效果难以准确界定。如果为了避免钢结构焊后因残余应力引起的结构变形，采用振动消应力方法对构件进行整体处理既方便又经济。

某些调质钢、含钒钢和耐大气腐蚀钢进行消应力热处理后，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，甚至产生裂纹，应慎重选择消应力热处理。

此外，还应充分考虑消应力热处理后可能引起的构件变形，以及热处理过程中的安全措施的可操作性。

**8.7.12** 采用拉弧式栓钉焊接方法进行栓钉焊接时，焊接前采用与正式产品条件相近的试板进行试焊，主要是验证工艺参数的正确性。

**8.7.13** 电渣焊主要用于箱形构件内横隔板的焊接。电渣焊是利用电阻热对焊丝熔化建立熔池，再利用熔池的电阻热对填充焊丝和接头母材进行熔化而形成焊接接头。调节焊接工艺参数和焊剂添加量以建立合适大小的熔池是确保电渣焊焊缝质量的关键。

电渣焊的焊接热输入量较大，引弧时为防止引弧块被熔化而造成熔池建立失败，一般采用铜制引熄弧块，且规定其长度不小于100mm。规定引弧槽的截面尺寸与接头的截面尺寸大致相同，主要考虑到在引弧槽中建立的熔池转换到正式接头时，如果截面积相差较大，将造成正式接头的熔合不良或衬垫板烧穿，导致电渣焊失败。

为避免电渣焊时焊缝产生裂纹和缩孔，应采用脱氧元素含量充分且S、P含量较低的焊丝。

为了使焊缝金属与接头的坡口面完全熔合，必须在积累了足够的热量状态下开始焊接。如果焊接过程因故中断，熔渣或熔池开始凝固，可重新引弧焊接直至焊缝完成，但应对焊缝重新焊接处的上、下端各150mm范围内进行超声波检测，并对停弧位置进行记录，以便焊后重点检测。

**8.7.14** 由于机器人焊接生产效率高，且具有稳定、可靠的焊接质量，同时可改善作业者的劳动环境，降低了从业人员的劳动强度。因此在钢结构焊接上引入机器人焊接技术，对促进国内钢结构制造技术、提高生产效率、降低成本、改善焊接从业者劳动环境具有重要意义。

本条对机器人焊接工艺提出了基本要求，对坡口加工、组装精度作出了规定，钢结构制造企业可根据使用机器人种类、应用场合及对象的不同确定更为详细的工艺要求。

**8.7.15** 在钢结构厚板中采用窄间隙焊，可节省焊材熔敷量、减少变形、提高焊接效率、降低成本。为保证结构安全，在窄间隙焊在钢结构厚板中的应用前，其构造设计应经原设计单位审核并进行焊接工艺评定试验，合格后并方可使用。

## 8.8 焊接检验

**8.8.1** 本条对钢结构的焊接检验通用要求给出规定，由于锅炉钢结构、输电线路铁塔钢结构、水利水电钢闸门、核电厂钢制安全壳的焊接检验都有其特殊规定，为保证这些结构能够满足各自行业的要求，本标准规定这些结构的焊接检验首先应满足本行业的相应标准，但不应低于本标准的相应规定。

**8.8.2** 自检是钢结构焊接质量保证体系中的重要步骤，涉及焊接作业的全过程，包括过程质量控制、检验和产品最终检验。自检人员的资质要求除应满足本标准的相关规定外，其无损检测人员数量的要求尚需满足产品所需检测项目每项不少于两名2级及2级以上人员的规定；监检同自检一样是产品质量保证体系的一部分，但需由具有资质的独立第三方来完成。监检的比例需根据设计要求及结构的重要性确定，对于焊接难度等级为A、B级的焊缝，监检的主要内容是无损检测，而对于焊接难度等级为C、D级的焊缝，其监检内容还应包括过程中的质量控制和检验。

**8.8.3~8.8.5** 这里强调了焊接过程检验的重要性，对过程检验的程序和内容进行了规定。就焊接产品质量控制而言，过程控制

比焊后无损检测显得更为重要，特别是对高强钢或特种钢，产品制造过程中工艺参数对产品性能和质量的影响更为直接，产生的不利后果更难于恢复，同时也是用常规无损检测方法无法检测到的。因此正确的过程检验程序和方法是保证产品质量的重要手段。

**8.8.6** 焊缝在结构中所处的位置不同，承受荷载不同，破坏后产生的危害程度也不同，因此对焊缝质量的要求理应不同。如果一味提高焊缝的质量要求将造成浪费。本条根据承受荷载不同将焊缝分成需疲劳验算结构和不需疲劳验算结构，并提出不同的质量要求。同时要求按设计文件规定的荷载形式和焊缝等级，在检查前按照科学的方法编制检验方案，并由质量工程师批准后实施。设计文件对荷载形式和焊缝等级要求不明确的，应依据现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 及本标准的相关规定执行，并应经原设计单位签认。

**8.8.7** 为了组成抽样检验中的检验批，首先应确定焊缝个体（处）的数量。一般情况下，将一条钢结构安装焊缝作为一个焊缝个体（处）。在工厂制作构件时，箱形钢柱（梁）的纵焊缝、H型钢柱（梁）的腹板-翼板组合焊缝较长，此时可将一条焊缝以 1000mm 为基准，超过 1000mm 的部分每 300mm 划分为一个检验个体（处）。检验批的构成原则上以同一条件的焊缝个体（处）为对象，一方面要使检验结果具有代表性，另一方面要有利于统计分析缺陷产生的原因，便于质量管理。

随机取样方法有多种，例如将焊缝个体编号，使用随机数表来规定取样部位等。但对同一批次抽查焊缝的取样，一方面要涵盖该批焊缝所涉及的母材类别和焊接位置、焊接方法，以便于客观反映不同难度下的焊缝合格率结果，另一方面自检、监检所抽查的对象应尽可能避免重复，以达到更有效的控制焊缝质量的目的。

**8.8.8** 焊接接头在焊接过程中、焊缝冷却过程及以后相当长的一段时间内都可能产生裂纹。但目前由于生产工艺及技术水平的

提高，结构用钢材产生延迟裂纹的概率并不高。为避免由于检验周期过长使工期延误造成浪费，本标准借鉴欧美等国家先进标准，规定外观检测应在焊缝冷却以后进行。由于裂纹很难用肉眼直接观察到，因此在外观检测中应用放大镜观察，并注意应有充足的光线。

**8.8.9** 超声检测的检测等级分为 A、B、C 三级，与现行行业标准《钢结构超声波探伤及质量分级法》JG/T 203 基本相同，只是对 B 级检测的规定做了局部修改。修改的原因是上述标准在此规定上对建筑钢结构而言存在不足，易增加漏检比例，现行行业标准《钢结构超声波探伤及质量分级法》JG/T 203 中规定：B 级检验采用一种角度探头在焊缝单面双侧检测。母材厚度大于 100mm 时，双面双侧检测。条件许可应作横向检测。但在钢结构中存在大量无法进行单面双侧检测的节点，为弥补这一缺陷本标准规定：受几何条件限制时，可在焊缝单面、单侧采用两种角度探头（两角度之差大于  $10^\circ$ ）进行检验。

**8.8.10** 本条内容包含了承受静荷载和承受动荷载且不需疲劳验算结构焊接质量的检验。

**1~2** 外观检测包括焊缝外观缺欠检测和焊缝几何尺寸测量两部分。

**3~6** 无损检测应在外观检测合格后进行。

裂纹可在焊接、焊缝冷却及以后相当长的一段时间内产生。I、II 类钢材产生焊接延迟裂纹的可能性很小，因此规定在焊缝冷却到室温外观检测后即可进行无损检测。III、IV 类钢材若焊接工艺不当则具有产生焊缝延迟裂纹的可能性，且裂纹延迟时间较长，有些国外标准规定此类钢焊接裂纹的检查应在焊后 48h 进行。考虑到工厂存放条件、现场安装进度、工序衔接的限制以及随着时间延长，产生延迟裂纹的概率逐渐减小等因素，本标准对 III、IV 类钢材及焊接难度等级为 C、D 级的结构，规定以 24h 后无损检测的结果作为验收的依据。对钢材标称屈服强度大于等于 690MPa 或调质钢，考虑产生延迟裂纹的可能性更大，规定以焊

后 48h 的无损检测结果作为验收依据。

内部缺欠的检测一般可用超声波检测和射线检测。射线检测具有直观性、一致性好的优点，但其成本高、安全防护要求高、操作程序复杂、检测周期长，尤其是钢结构中大多为 T 形接头和角接头，射线检测的效果差，且射线检测对裂纹、未熔合等危害性缺陷的检出率低。超声波检测则正好相反，操作程序简单、快速，对各种接头形式的适应性好，对裂纹、未熔合的检测灵敏度高，因此世界上很多国家对钢结构内部质量的控制采用超声波检测。本标准原则规定钢结构焊缝内部缺欠的检测宜采用超声波检测，如有特殊要求，可在设计图纸或订货合同中另行规定。同时也鼓励用户辅助采用诸如相控阵、TOFD 等先进检测手段，以提高检测质量。

本标准将二级焊缝的局部检验定为抽样检验。这一方面是基于钢结构焊缝的特殊性；另一方面，目前我国推行全面质量管理已有多年的经验，采用抽样检测是可行的，在某种程度上更有利于提高产品质量。

**7** 射线检测作为钢结构内部缺欠检验的一种补充手段，在特殊情况采用，主要用于对接焊缝的检测，按现行国家标准《焊缝无损检测 射线检测》GB/T 3323.1～3323.2 的有关规定执行。

**8~10** 表面检测主要是作为外观检查的一种补充手段，其目的主要是为了检测焊接裂纹，检测结果的评定按外观检验的有关要求验收。一般来说，磁粉检测的灵敏度要比渗透检测高，特别是在钢结构中，要求作磁粉检测的焊缝大部分为角焊缝，其中立焊缝的表面不规则，清理困难，渗透检测效果差，且渗透检测难度较大，费用高。因此，为了提高表面缺欠检出率，规定铁磁性材料制作的工件应尽可能采用磁粉检测方法进行检测。只有在因结构形状的原因（如检测空间狭小）或材料的原因（如材质为奥氏体不锈钢）不能采用磁粉检测时，宜采用渗透检测。



**8.8.11** 需疲劳验算结构的焊缝质量检验标准基本采用了现行行业标准《公路桥涵施工技术规范》JTG/T 3650 及现行企业标准《铁路钢桥制造规范》Q/CR 9211 的内容，只是增加了磁粉和渗透检测作为检测表面缺欠的手段。

## 9 紧固件连接

### 9.1 一般规定

**9.1.1** 本章适用于钢结构加工制作中的普通螺栓连接及高强度螺栓连接的安装，对于单边高强度螺栓、铆钉及环槽铆钉等连接方法，可参照本章内容制订相应的加工制作、安装工艺和验收标准。

### 9.2 普通紧固件连接

**9.2.4** 本条的自攻螺钉不包括自攻自钻螺钉。

### 9.3 高强度螺栓连接

**9.3.1** 高强度螺栓摩擦型连接的摩擦面抗滑移系数，在现行国家标准《钢结构设计标准》中有明确要求，在实际操作过程中，可参照行业标准《钢结构高强度螺栓连接技术规程标准》JGJ 82 执行。

D类：热喷铝及其他特殊处理方式的摩擦面抗滑移系数，应通过抗滑移系数试验确定，具体试验方法可参照本标准第 9.3.5 条的要求。

**9.3.5** 关于摩擦面的抗滑移系数在现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 中已明确按钢结构检验批为单位进行抗滑移系数检验，并按每 5 万个高强度螺栓用量的钢结构为一批，不足 5 万个高强度螺栓用量的钢结构视为一批。但在现行桥梁钢结构标准中，还是按散件吨位和整体安装阶段作为试验批划分单元。

## 10 预 拼 装

### 10.1 一 般 规 定

钢结构预拼装是验证复杂结构的构件加工制作精度，是否符合安装允许偏差要求的工序，在构件完成加工制作和检验后，由制造厂实施。

预拼装作为制造厂内的特殊工序，应按照合同约定、设计要求、相关标准及规范执行。

预拼装可根据结构形式和特点，进行整体预拼装或将结构整体划分成若干个拼装单元的分单元预拼装。

### 10.2 实 体 预 拼 装

**10.2.11** 分单元预拼装需要考虑累计偏差的影响，上一个单元拼装时的偏差应带入下一个单元；在下一单元拼装时，摆放的共用杆件需要根据上一个单元预拼装时的偏差进行预偏。

### 10.4 预 拼 装 允 许 偏 差

当结构形式较为特殊，且无标准时，应结合结构自身特点和设计文件要求编制检验、验收标准，并经设计和监理单位审核。

# 11 涂 装

## 11.1 一 般 规 定

**11.1.3** 根据涂料的除锈匹配要求选用处理方法，确保涂装材料附着力达到设计要求。

**11.1.4** 对于首次采用的不同组分配比、涂装工艺（包括涂装遍数、间隔时间、涂装方法等）的涂装材料，应进行涂装工艺评定。由于涂料成分和涂装工艺差别，其黏度、稠度、干燥时间等是不一样的，导致涂装质量效果也不一样，若仅涂料品牌变化而其他变化不大，施工单位可以通过施工经验达到涂装质量要求，可不进行涂装工艺评定；对于施工单位首次采用金属热喷涂和热浸镀锌防腐，需要进行工艺评定。涂装工艺评定的具体方法可参照现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 执行。

**11.1.5** 本条规定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。整个涂装体系的产品尽量来自同一厂家，以保证涂装质量的可追溯性。

## 11.2 表 面 处 理

**11.2.1** 本条规定了构件表面处理等级和除锈方法，可根据表 11 选用。

表 11 表面处理等级和除锈方法

表面处理等级	除锈方法	处理手段和达到的要求		
Sa1	喷射或抛射	喷或抛 棱角砂、 钢丸、钢 丝段及其 混合磨料	轻度除锈	表面应无可见的油脂和污垢，并且没有附着不牢的氧化皮、锈蚀、油漆涂层等附着物或污染物
Sa2			彻底除锈	表面应无可见的油脂和污垢，并且至少 2/3 面积没有氧化皮、锈蚀、油漆涂层等附着物或污染物。任何残留物应当是牢固附着的
Sa2 $\frac{1}{2}$			非常彻底除锈	表面应无可见的油脂和污垢，并且至少 95% 面积没有氧化皮、锈蚀、油漆涂层等附着物或污染物。任何残留的痕迹应仅是点状或条纹状的轻微色斑
Sa3			除锈到出白	表面应无可见的油脂和污垢，并且没有任何的氧化皮、锈蚀、油漆涂层等附着物或污染物。表面应具有均匀的金属色泽
St2	手工和动力工具	铲刀、 钢丝刷、 砂轮机、 磨盘等	彻底的手工和动力工具除锈	表面应无可见油脂和污垢，无附着不牢的氧化皮、铁锈和油漆涂层等附着物或污染物
St3			非常彻底的手工和动力工具除锈	表面应无可见油脂和污垢，无附着不牢的氧化皮、铁锈和油漆涂层等附着物或污染物。除锈等级应比 St2 更彻底，底材显露部分的表面应具有金属光泽
F1	火焰	火焰加热作业后用动力钢丝刷清除加热后附着在钢材表面的产物	火焰除锈	无氧化皮、铁锈、油漆涂层等附着物或污染物。且任何残留的痕迹应仅为表面变色（不同颜色的暗影）

**11.2.2、11.2.3** 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，若漆膜用量一定时，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、材料和喷射速度、喷射压力、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。

### 11.3 防腐涂装涂料

**11.3.1** 钢构件涂装采用喷涂，喷涂泵的压缩比、枪嘴口径、喷枪喷幅、进气压力等应按照产品使用说明书的要求。喷涂作业时经常检查枪嘴磨损程度，当喷出漆雾出现断流状态时应更换枪嘴。喷枪胶管应能自由拉伸到工作区域，并能满足出口压力要求；高压无气喷涂时，喷枪与被涂表面的距离宜控制在30cm~40cm，喷枪宜与表面垂直。喷枪往复距离宜控制在0.8m~1m，并宜进行50%的交叠喷涂；空气喷涂采用的压缩空气不得含有油、水等污染物，空气压缩机应安装油水分离器。喷涂设备使用前和使用后均应用清洗剂彻底清洗，喷涂水性涂料的喷涂机应使用洁净自来水清洗至水无色；喷涂不同种类的涂料时，也应将喷涂设备清洗干净。清洗剂的选用应按照溶剂型产品使用说明书的规定。

**11.3.5** 涂料漆膜的表干、实干和覆涂间隔应按照产品使用说明书的要求，应注意不同温度下表干、实干和覆涂间隔时间的差异。低温天气或高温天气条件下施工，宜选用冬用型产品或夏用型产品。涂装下一道涂料前，应对上一道漆膜外观与颜色、干膜厚度等进行检查，并对漆膜表面进行清理，去除油、水、灰尘、漆雾颗粒等污染物，合格后方可进行下道涂装。

**11.3.9** 不合格涂装应进行修补，小面积的涂层修补可以采用刷涂，较多的涂层修补位置连成一片时，中间漆和面漆宜采用喷涂的方法施工；修补应从发生缺陷的涂层开始往外修补，修补宜采用动力工具将被损坏的涂层完全清除，损坏区域与完好区域的衔接部位应采用砂纸磨出搭接坡度，最后一道面漆宜在该独立面上统喷；修补用的底漆材料宜采用对表面处理要求较低的涂料，其他涂料应与原涂层系统一致。无机富锌底漆不宜用作修补底漆，宜采用环氧富锌底漆或低表面处理环氧树脂底漆替代，但用于120℃以上高温条件的钢结构涂装除外。

## **11.4 金属热喷涂防腐涂装**

**11.4.1** 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 制成品的检验、标识、 包装、运输及交付

## 13.2 制成品的检验与标识

**13.2.10** 本条对制成品的资料检查涵盖的内容作出明确规定。

**1** 原材料包括：钢材（板材、型材、管材、带钢、棒材等）、各类螺栓、各类焊材、油漆等。

以上材料的质量证明书应与原物相对应，一式三份原件或复印件（复印件需加盖经销单位质量检验红章）。

钢材复验报告包括钢材的力学性能、化学成分；高强度螺栓的复验报告、抗滑移系数试验等。检验、试验单位的营业执照、资质证书（包括单位、试验设备和操作人员证书）应齐全、有效。

以上资料一式三份原件或复印件（经业主认可）须加盖单位红章。

**5** 焊缝无损检测报告包括超声波、射线、磁粉探伤检测报告。第三方无损检测机构应具备检验单位的营业执照、资质证书（包括单位、实验设备和操作人员相关资料和证书）。

以上资料一式三份原件或复印件（经甲方认可）须加盖单位红章。

**6** 自检记录包括组对自检记录、焊缝自检记录、探伤自检记录、预拼装自检记录、除锈自检记录、喷涂自检记录等。

以上资料应保证准确、真实，一式三份原件。

**11** 验收记录包括：钢结构（零、部件加工）分项工程检验批质量验收记录、钢结构（构件组装）分项工程检验批质量验收记录、钢构件组装检查记录（焊接 H 型钢）、钢构件组装检查记录（焊接连接制作组装）、钢构件组装检查记录（焊接实腹钢



梁)、钢构件组装检查记录(单节钢柱)、钢构件组装检查记录(多节钢柱)、钢构件组装检查记录(墙架、檩条、支撑系统)、钢构件组装检查记录(钢平台、钢梯、防护栏杆)、钢结构(预拼装)分项工程检验批质量验收记录、钢结构制作(安装)焊接工程检验批质量验收记录,一、二级焊缝外观质量抽检记录,钢结构焊缝外观检查记录、焊缝返修记录、防腐涂料涂装工程检验批质量验收记录、涂层厚度检测记录。

12 设计变更内容应在钢结构施工详图中的相应部位注明。

### 13.3 制成品的包装与存放

13.3.3 本条对制成品的包装方式及相应要求进行了规定。

1 外形尺寸和刚度较大、不易变形的构件可采用裸装,如大截面的工字形和箱形构件、桥面板单元等;

2 断面较小、细长、规则的构件可采用捆装或打包架包装,如小截面型钢构件、圆管杆件、钢板剪力墙等;

3 尺寸较小的制成品,可采用分类装箱,如连接板、高强螺栓等;

4 有些项目设计要求高或部分制成品保护要求高,因此设计对构件的包装会提出特殊要求;

5 出口产品的包装可能有些特殊要求,因此应满足项目所在国的法律要求及海运的相关要求;

6 栓接部位的摩擦面抗滑移系数可能因摩擦面受到污染或损伤而发生改变,因此包装时应摩擦面对进行保护。

### 13.4 制成品的运输与交付

13.4.3 本条对制成品装车或装船要求进行了规定。

1 监管内容包括:装卸时,应保证车体平衡,采取防止构件移动、倾倒、变形等固定措施;

2 对“高宽比”较大的H形梁和不规则的异形构件,应采用辅助稳定的支撑架,防止其在运输过程中倾倒;支承点的设置

应考虑运输振动对构件产生的不利影响，必要时应进行支承加密或对构件进行局部加固；构件装载完成后，宜采用钢丝绳或其他材料将其捆绑固定牢靠；

4 对于构件上的焊钉连接件，装载时应采取保护措施，不得使其在运输过程中与其他物体产生触碰而损伤；制成品之间应采取可靠的防护隔离措施，以防运输过程中摩擦损伤涂层；捆绑固定时，构件的角部或链索接触处应设置柔性保护垫，防止损伤构件涂层。

**13.4.4** 本条对制成品的运输进行了规定。

1 运输设备应符合其额定运载能力，并符合运输方式的安全管理规定；运输车辆应满足《道路运输车辆技术管理规定》的安全要求，宜采用卫星定位系统及其他物联网技术，对运输全过程实行管理；

2 专项运输方案宜包括：制成品几何尺寸及重量等基本信息、运输车辆选型、运输路线、道路状况、装卸方法、安全措施、应急预案等内容；

3 运输方式不得对制成品造成任何形式的损伤及变形。刚度较小、易变形的制成品，运输过程中宜采用专用胎架；高强度螺栓连接副在运输、保管过程中，应轻装、轻卸，防止损伤螺纹。