

建筑工程施工技术与质量控制系列丛书

钢结构工程 施工技术·质量控制·实例手册

北京土木建筑学会 主编



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

TU391-62/10

2008

建筑工程施工技术与质量控制系列丛书

钢结构工程

施工技术·质量控制·实例手册

北京土木建筑学会 主编



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

本书是按照《建筑工程施工质量验收统一标准》(GB 50300—2001)系列施工质量验收规范对建筑工程中分项、分部工程质量管理 and 质量控制要求,结合新材料、新技术、新设备、新工艺“四新”技术及工程应用实例编写的,主要内容包括了钢结构工程各分项工程的施工工艺、技术措施和质量控制要求,提出了质量预控和防治措施;并以典型实例记录了许多失败的教训和成功的经验。内容包括钢结构材料、钢结构制作、钢结构安装与拼装、钢结构焊接与连接、预应力钢结构施工、压型钢板施工、钢结构涂装工程。

本书内容翔实,配合工程实例,具有很强的可操作性。可供建筑工程施工技术人员、设计人员和建筑工程管理人员使用。

图书在版编目(CIP)数据

钢结构工程施工技术·质量控制·实例手册/北京土木建筑学会主编.
—北京:中国电力出版社,2008

(建筑工程施工技术与质量控制系列丛书)

ISBN 978-7-5083-5743-0

I. 钢… II. 北… III. ①钢结构—工程施工—质量控制—技术手册

②钢结构—工程施工—施工技术—技术手册 IV. TU391-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第140663号

中国电力出版社出版发行

北京三里河路6号 100044 <http://www.cepp.com.cn>

责任编辑:未翠霞 王晓蕾

电话:010-58383277 E-mail: wang_xiaolei@cepp.com.cn

责任印制:陈焊彬 责任校对:赵爱芬

北京市铁成印刷厂印刷·各地新华书店经售

2008年1月第1版·第1次印刷

787mm×1092mm 1/16开本·16.25印张·383千字

定价:32.00元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失

本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

本社购书热线电话(010-88386685)

编写委员会

主编单位：北京土木建筑学会

主 编：邓祥发 李大龙

副 主 编：曾 荻 袁 阳

编 委：(以姓氏笔画序)

马奇艺 王伟鸣 王继森 艾宗于

余西明 吴斌中 张兆太 张瑞军

杜 健 赵春华

前 言

随着中国改革开放事业的不断深化,经济建设事业的不断发展,建筑业的各项技术也有了很大的进步。“四新”技术(新材料、新技术、新设备、新工艺)在建筑工程中得到了很好的推广和应用(尤其是近些年来,大量高层建筑的兴建,促使建筑结构材料大量采用了现浇混凝土技术和钢结构技术,基础工程施工广泛采用了深基坑挡土支护技术等),从而带动了其他各项建筑技术的迅速发展;同时,随着人们物质文化生活水平的不断提高,对居室建筑装饰和使用功能要求也越来越高,更多的新型、环保的装饰材料也广泛地应用于现代建筑,也在很大程度上带动了整个建筑业科学技术的进步和发展。

实践证明,“四新”技术作为建筑工程领域里的一支“生力军”,其推广和应用,在节约建筑材料、加快工程进度、保证工程质量和降低工程成本等方面取得了很好的社会效益和经济效益。由建设部与国家质量监督检验检疫总局共同发布实施《建筑工程施工质量验收统一标准》(GB 50300—2001)系列施工质量验收规范,统一了建筑工程施工质量的验收方法、质量标准和程序,组成了新的工程质量验收规范体系,对加强建筑工程质量验收管理起到了极大的推动作用。2007年,《建筑节能工程施工质量验收规范》(GB 50411—2007)的正式颁布实施,标志着中国对建筑工程施工质量的验收管理提升到了一个新的高度,对建筑施工技术,尤其是“四新”技术的应用也提出了更高的要求。因此,做好“四新”技术的施工质量控制及验收,促进和推动建筑技术的发展与进步是工程建设中的一项十分重要工作。

北京土木建筑学会组织有关专家和经验丰富的工程技术人员,按照《建筑工程施工质量验收统一标准》(GB 50300—2001)系列施工质量验收规范对建筑工程中分项、分部工程质量管理与质量控制要求,结合“四新”技术及工程应用实例,编写了这套《建筑工程施工技术与质量控制系列丛书》,旨在提高广大工程技术人员对《建筑工程施工质量验收统一标准》(GB 50300—2001)系列施工质量验收规范学习、应用的基础上,做好“四新”技术的应用和质量验收,以保证建筑工程质量和促进技术进步。本套丛书共包括4个分册:《地基基础工程施工技术·质量控制·实例手册》、《钢结构工程施工技术·质量控制·实例手册》、《混凝土结构工程施工技术·质量控制·实例手册》、《装饰装修工程施工技术·质量控制·实例手册》。

本分册《钢结构工程施工技术·质量控制·实例手册》主要内容包括分项工程的施工工艺、技术措施和质量控制要求,提出了质量预控和防治措施;同时以典型实例记录了許多失败的教训和成功的经验,这些都将成为建筑界同仁共享的财富。本书共分为7章:第1章,钢结构材料;第2章,钢结构制作;第3章,钢结构安装与拼装;第4章,钢结构焊接与连接;第5章,预应力钢结构施工;第6章,压型钢板施工;第7章,钢结构涂装工程。

本书在编写过程中得到了许多专家和相关单位的关心与大力支持，并参考了一些文献资料和有关项目施工管理经验性文件，在此表示衷心感谢；同时还要特别感谢彭圣浩先生对本书的关心与支持。随着科技的进步，建筑技术也在不断地发展与进步，本书难免有疏漏和不妥之处，恳请广大读者批评指正，以便本书再版时修订。

编 者

目 录

前言

第 1 章 钢结构材料	1
1.1 原材料及成品验收要点	1
1.1.1 钢材的力学性能	1
1.1.2 钢材性能的影响因素	1
1.1.3 钢结构对钢材的性能要求	2
1.1.4 材料事故的类型及产生原因	2
1.1.5 材料事故的处理方法	3
1.1.6 建筑钢材的材质检验	4
1.1.7 钢结构材料代用	4
1.2 质量预控项目及防治措施	6
1.2.1 钢材	6
1.2.2 材料准备及管理	13
1.3 典型实例	15
1.3.1 某车间钢屋架的钢材存在先天性裂缝及处理	15
1.3.2 某平炉车间屋盖因错选焊条而倒塌	16
1.3.3 某钢桥因材质问题而开裂	17
1.3.4 某厂汽轮机车间吊车梁钢材先天性裂缝及处理	17
第 2 章 钢结构制作	21
2.1 钢结构制作施工要点	21
2.1.1 放样和下料	21
2.1.2 切割	28
2.1.3 矫正和成型	35
2.1.4 边缘加工	41
2.1.5 制孔	42
2.1.6 零部件加工质量与保护	44
2.1.7 零部件加工质量控制要点	51
2.2 质量预控项目及防治措施	59
2.2.1 钢材材质不符合设计要求	59
2.2.2 样板尺寸误差大	60
2.2.3 下料尺寸偏差大	61
2.2.4 板材边缘加工超偏	62
2.2.5 单个部件变形、弯曲加工部件有损伤	62
2.2.6 钢构件组装拼接口超偏	63
2.2.7 钢构件预拼装超偏	64

2.2.8 钢柱、钢梁偏短	64
2.3 典型实例	65
2.3.1 某水泥集团石灰石预均化库工程大型门式铰提刚架制作与拼装技术	65
2.3.2 某体育场马鞍形钢屋盖工程制作安装技术	68
第3章 钢结构安装与拼装	72
3.1 钢结构安装与拼装施工要点	72
3.1.1 钢柱安装施工要点	72
3.1.2 钢屋架安装施工要点	75
3.1.3 钢梁安装施工要点	76
3.1.4 钢结构斜梁安装	77
3.1.5 钢屋架拼装施工要点	78
3.1.6 钢柱拼装施工要点	79
3.1.7 钢梁拼装施工要点	79
3.1.8 斜梁拼接施工要点	79
3.1.9 空间拱形桁架拼装施工要点	80
3.1.10 门式刚架钢结构安装工艺	81
3.2 质量预控项目及防治措施	82
3.2.1 一般钢结构拼装与安装	82
3.2.2 钢网架结构拼装与安装	89
3.2.3 钢网壳结构拼装与安装	96
3.2.4 悬索结构拼装与安装	98
3.2.5 多层和高层钢结构拼装与安装	100
3.3 典型实例	108
3.3.1 某市体育会展中心大跨度钢管桁架安装技术	108
3.3.2 某会展中心展览厅大跨度巨型箱梁安装技术	111
3.3.3 某体育中心体育场超长箱形钢结构空间环梁安装技术	117
3.3.4 某国际贸易中心大厦双 H 形钢柱安装技术	120
3.3.5 某体育场大型悬挑钢屋盖高空拼装法安装技术	123
3.3.6 某博览中心钢结构施工技术	126
3.3.7 某锅炉房改造工程中室内小空间钢结构整体安装技术	130
3.3.8 某奥林匹克体育场空间钢桁架屋盖施工技术	131
3.3.9 某国际机场双曲面穹顶钢结构屋盖主桁架安装技术	134
3.3.10 某国际会展体育中心大跨度钢屋盖定点吊装与整体滑移施工技术	137
3.3.11 某国际机场航站楼钢结构安装技术	141
3.3.12 某广场大型钢屋架吊装技术	145
3.3.13 某大剧院壳体钢结构吊装技术	147
3.3.14 某航空航天大学体育馆网架施工技术	151
3.3.15 某电厂厂房网架安装技术	153

3.3.16 某国际机场货运站钢网架屋盖安装技术	156
3.3.17 某市体育中心高空张拉式索膜屋盖施工技术	160
3.3.18 某体育场空间箱梁、拉索网壳悬挑结构施工技术	164
3.3.19 某市体育中心主体育场挑篷钢结构屋盖预应力斜拉索施工技术	167
第4章 钢结构焊接与连接	172
4.1 钢结构焊接与连接施工要点	172
4.1.1 高强度螺栓连接施工方法	172
4.1.2 高强度螺栓在施工过程中出现断裂的原因	173
4.1.3 高强度螺栓连接摩擦面处理方法	173
4.1.4 高强度螺栓连接接头板缝间隔处理方法	174
4.1.5 钢结构焊缝质量等级的确定原则	174
4.1.6 焊前预热温度的影响因素	175
4.2 质量预控项目及防治措施	176
4.2.1 钢结构焊接	176
4.2.2 高强度螺栓焊接	182
4.3 典型实例	189
4.3.1 某国际机场航站楼扩建工程钢结构施工技术	189
4.3.2 某市世贸中心大厦钢结构转换桁架施工技术	192
4.3.3 某国际会展中心钢管主桁架安装技术	196
4.3.4 某国际展览中心屋面管桁架结构焊接技术	199
4.3.5 某核电站钢衬里环吊牛腿的制作与焊接技术	202
4.3.6 某企业厂房建设工程中高精度大直径地脚螺栓固定技术	205
4.3.7 某工程钢结构独立柱基定位板地脚螺栓“满中筋”施工技术	209
第5章 预应力钢结构施工	213
5.1 预应力钢结构施工要点	213
5.1.1 施加预应力	213
5.1.2 力筋防护方法	213
5.2 质量预控项目及防治措施	214
5.2.1 预应力钢结构钢索偏心受力	214
5.2.2 预应力筋张拉伸长值未达到设计要求	215
5.3 典型实例	216
5.3.1 某会展中心钢结构工程预埋预应力锚栓的大直径销轴铰支座安装技术	216
5.3.2 某住宅区集中供热厂煤库 30m 大跨度预应力 V 形折板屋盖安装技术	221
第6章 压型钢板施工	223
6.1 压型钢板施工要点	223
6.1.1 压型金属板加工、包装、运输及堆放的具体要求	223
6.1.2 压型金属板安装基准线的原则	223
6.1.3 压型金属板的铺设要求	224

6.1.4	钢—混凝土组合楼板中压型钢板施工注意事项	224
6.1.5	压型金属板屋面施工质量检验和验收	224
6.1.6	岩棉夹芯板安装注意事项	225
6.1.7	单层压型彩色钢板的计算	225
6.2	质量预控项目及防治措施	225
6.2.1	栓钉焊接后弯曲不合格	225
6.2.2	栓钉焊接外观质量不符合要求	227
6.2.3	栓钉直径及间距超偏	228
6.2.4	组合用压型金属板厚度不够	228
6.2.5	压型金属板不符合设计要求	229
6.3	典型实例	229
6.3.1	某高层住宅斜坡屋面彩钢板安装施工技术	229
6.3.2	某化工厂成品仓库大跨度屋面工程中彩色复合保温钢板应用技术	232
6.3.3	某体育健康城综合馆压型钢板屋面施工技术	234
第7章	钢结构涂装工程	236
7.1	钢结构涂装工程施工要点	236
7.1.1	涂料的质量标准及性能指标	236
7.1.2	涂料的选用与要求	237
7.1.3	钢结构构件除锈操作方法及质量控制	238
7.1.4	钢结构施涂方法及顺序	239
7.1.5	钢结构施涂的环境与温湿度	239
7.1.6	涂膜的厚度及测量方法	239
7.1.7	钢结构的耐火极限和防火涂层厚度	240
7.1.8	钢结构防火涂料的选择	241
7.1.9	钢结构防火涂料的施涂要点	242
7.2	质量预控项目及防治措施	242
7.2.1	防腐涂料涂装	242
7.2.2	防火涂料涂装	246
参考文献		249

第 1 章 钢结构材料

1.1 原材料及成品验收要点

1.1.1 钢材的力学性能

以 Q235 为例，钢材有以下主要力学性能指标。

1. 强度

强度高是钢材的一大特点，强度指标分为屈服强度 f_y 和抗拉极限强度 f_u 。 f_y 是钢结构静力强度设计的依据， f_u 反映了钢材安全储备的大小。

2. 塑性

塑性好是钢材的又一显著特点。塑性是指钢材受力时，在应力超过屈服点后，能产生显著残余应变（塑性变形）而不立即断裂的性质。伸长率 δ 和断面收缩率 ψ 是衡量钢材塑性好坏的主要指标。

3. 冷弯性能

冷弯性能是衡量钢材在常温下弯曲加工产生塑性变形时对产生裂纹的抵抗能力的一项指标。它能够直观地反映钢材质量的好坏，暴露钢材内部冶金和轧制缺陷。冷弯性能通常借助 180°冷弯试验来确定。

4. 韧性

韧性是钢材在塑性变形和断裂过程中吸收能量的能力，亦即钢材抵抗冲击荷载的能力。韧性指标采用冲击韧性值 α_k 表示，分为常温（20℃ ± 5℃）和低温（-20℃，-40℃）两种。在实际工程中，韧性是判断钢材脆性破坏的重要指标。

1.1.2 钢材性能的影响因素

1. 化学成分的影响

化学成分影响主要是有害杂质硫、磷、氮、氧、氢的影响。通常硫、氧使钢“热脆”，磷、氮使钢“冷脆”，氢使钢“氢脆”。

2. 冶金和轧制的影响

钢材在冶金和轧制过程中的难免产生缺陷，比如偏析、夹杂、裂纹、分层等。这些缺陷将严重降低钢材的塑性、韧性和冷弯性能，尤其是产生应力集中时使脆性破坏的可能性增加。

3. 钢材的硬化

钢材的硬化包括时效硬化、冷硬化和应变时效硬化。硬化虽然可以提高钢材的强度，但却降低了钢材的塑性和韧性，使脆性破坏的可能性增加。

4. 温度的影响

当钢材从 0℃ 起升温, 当温度 $t=250^{\circ}\text{C}$ 左右时, 钢材出现“蓝脆现象”, 强度略有提高, 但塑性和韧性下降, 在此时进行热加工钢材易发生裂纹; 当温度 $t=600^{\circ}\text{C}$ 左右时, 钢材完全丧失承载力。

当钢材从 0℃ 下降时, 钢材强度提高, 塑性和韧性降低。当温度下降到某一温度区域时, 钢材的冲击韧性急剧降低, 破坏特征明显由塑性破坏变为脆性破坏, 即出现通常所称的低温脆断。

5. 应力集中的影响

钢材虽然有良好的塑性, 但当钢材制作成钢构件时, 一般都存在孔洞、刻槽、凹角、截面突变以及裂纹等构造缺陷, 这些构造缺陷将引起应力集中。应力集中越严重, 钢结构脆性破坏的可能性越大。由此可见, 构造的合理性十分重要。

1.1.3 钢结构对钢材的性能要求

(1) 承重结构的钢材应具有抗拉强度、伸长率、屈服强度和硫、磷含量的合格证明, 焊接结构尚应具有碳含量的合格保证。

(2) 焊接承重结构以及重要的非焊接承重结构的钢材还应具有冷弯试验的合格保证。

(3) 对于需要验算疲劳的非焊接结构的钢材, 应具有常温冲击韧性的合格保证。当结构工作温度等于或低于 -20°C 时, 对 Q235 钢和 Q345 钢应具有 0°C 冲击韧性的合格保证, 对 Q390 和 Q420 钢应具有 20°C 冲击韧性的合格保证。

(4) 对于需要验算疲劳的焊接结构的钢材, 应具有常温冲击韧性的合格保证。当工作温度在 $-20\sim 0^{\circ}\text{C}$ 时, Q235 钢和 Q345 钢应具有 0°C 冲击韧性的合格保证; 对 Q390 钢和 Q420 钢应具有一 20°C 冲击韧性的合格保证。当工作温度等于或低于 -20°C 时, 对 Q235 和 Q345 钢应具有一 20°C 冲击韧性的合格保证; 对 Q390 和 Q420 钢应具有一 40°C 冲击韧性的合格保证。

(5) 重要的受拉或受弯的焊接结构件中, 厚度大于等于 16mm 钢材应具有常温冲击韧性的合格保证。

1.1.4 材料事故的类型及产生原因

钢结构材料事故是指由于材料本身的原因引发的事故。材料事故可概括为两大类: 裂缝事故和倒塌事故。裂缝事故主要出现在钢结构基本构件中; 倒塌事故则指因材质原因引起的结构局部倒塌和整体倒塌。

钢结构材料事故的产生原因如下。

- (1) 钢材质量不合格。
- (2) 铆钉质量不合格。
- (3) 螺栓质量不合格。
- (4) 焊接材料质量不合格。
- (5) 设计时选材不合理。
- (6) 制作时工艺参数不合理, 钢材与焊接材料不匹配。

(7) 安装时管理混乱, 导致材料混用或随意替代。

1.1.5 材料事故的处理方法

材料事故最常见的是构件裂缝, 而且裂缝纯属材料本身不合格所引起。下面介绍其处理方法。

(1) 认真复检钢材及连接材料的各项指标, 以确认事故原因。

1) 钢材应符合《碳素结构钢》(GB/T 700—2006) 和《低合金结构钢》(GB/T 1591—1994) 中的相关规定。

2) 焊接材料应符合《碳钢焊条》(GB/T 5117—1995)、《低合金钢焊条》(GB/T 5118—1995) 以及《熔化焊用钢丝》(GB/T 14957—1994) 等相关标准规定。

3) 螺栓材料应符合《紧固件机械性能 紧定螺钉》(GB/T 3098.3—2000)、《钢结构用高强度大六角螺栓、大六角螺母、垫圈技术条件》(GB/T 1231—2006) 和《钢结构用扭剪型高强度螺栓连接副技术条件》(GB/T 3633—1995) 等有关规定。

(2) 如果构件裂缝的确是材料本身的原因, 通常应采用“加固或更换构件”的处理方法。

(3) 如果结构不重要, 构件的裂纹细小时, 也可参见下列处理方法。

1) 用电钻在裂缝两端各钻一直径约 12~16mm 的圆孔 (直径大致与钢板厚度相等), 裂缝末端必须落入孔中, 减少裂缝处应力集中。

2) 沿裂缝边缘用气割或风铲加工成 K 形坡口。

3) 裂缝端部及焊缝侧金属预热到 150~200℃, 用焊条堵焊裂缝, 堵焊后用砂轮打磨平整为佳。

4) 对于铆钉连接附近的构件裂缝, 可采用在其端部钻孔后, 用高强螺栓封住。

(4) 构件钢板夹层缺陷的处理。钢板夹层是钢材最常见的缺陷之一, 往往在构件加工前不易发现, 当发现时已成半成品或成品, 或者已用于结构投入使用。下面分几类构件介绍钢板夹层处理方法。

1) 桁架节点板夹层处理。对于屋盖结构承受静载或间接动载的桁架节点板, 当夹层深度小于节点板高度的 1/3 时, 应将夹层表面铲成 V 形坡口, 焊合处理; 当允许在角钢和节点板上钻孔时, 也可用高强螺栓拧合; 当夹层深度等于或大于节点板 1/3 高度时, 应将节点板拆换处理。

2) 实腹梁、柱翼缘板夹层处理。当承受静载的实腹梁和实腹柱翼缘有夹层存在时, 可按下述方法处理。

①在 1/2 长度内, 板夹层总长度 (连续或间断) 不超过 200mm, 夹层深度不超过翼缘板断面高度 1/5 且不大于 100mm 时, 可不作处理继续使用。

②当夹层总长度超过 200mm, 而夹层深度不超过翼缘断面高度 1/5, 可将夹层表面铲成 V 形坡口予以焊合。

③当夹层深度未超过翼缘断面高度 1/2 时, 可在夹层处钻孔, 用高强螺栓拧合, 此时应验算钻孔所削弱的截面; 当夹层深度超过翼缘断面高度 1/2 时, 应将夹层的一边翼缘板全部切除, 另换新板。

(5) 焊缝裂纹处理。对于焊缝裂纹,原则上要刨掉重焊(用碳弧气刨或风铲),但对承受静载的实腹梁翼缘和腹板处的焊缝裂纹,可采用在裂纹两端钻上止裂孔,并在两板之间加焊短斜板方法处理,斜板厚度应大于裂纹长度。

1.1.6 建筑钢材的材质检验

钢结构工程采用的钢材,都应具有质量证明书。当对钢材的质量有疑义时,可按国家现行有关标准的规定进行抽样检验。作为钢厂的产品,通用的检验项目、取样数量和试验方法大都按表 1-1 规定进行。检验规则明确产品由技术监督部门检查和验收,钢材应成批验收,每批由同一牌号、同一炉罐号、同一质量等级、同一品种、同一尺寸、同一交货状态的钢材组成,每批的质量不得大于 60t。只有 A 级、B 级钢允许同一牌号、同一质量等级、同一冶炼浇注方法、不同炉罐号的材料组成混合批,但每批不得多于 6 个炉罐号,各炉罐号钢含碳量之差不得大于 0.02%、含锰量之差不得大于 0.15% 的规定。

表 1-1 钢材检验项目规定

序号	检验项目	取样数量/个	取样方法	试验方法
1	化学分析	1 (每炉罐号)	GB/T 222—2006	GB/T 223.1~78
2	拉 伸	1	GB/T 2975—1998	GB/T 228—2002
3	弯 曲	1	GB/T 2975—1998	GB/T 232—1999
4	常温冲击	3	GB/T 2975—1998	GB/T 229—1994
5	低温冲击	3	GB/T 2975—1998	GB/T 229—1994

属于下列情况之一的,钢结构工程用钢材须同时具备质量证明文件和试验报告:①国外进口的钢材;②钢材质量证明书的项目少于设计要求(应提供缺少项目的试验报告);③混批采购的钢材;④设计有特殊要求的钢结构用材。

1.1.7 钢结构材料代用

结构钢材的代用方法措施见表 1-2。

表 1-2 结构钢材的代用方法措施

项次	遇 到 情 况	代用变动方法、措施
1	钢号满足设计要求,而生产厂提供的材质保证书中缺少设计提出的部分性能要求	应做补充试验,合格后方能使用。补充试验的试件数量,每炉钢材、每种型号规格一般不宜少于 3 个
2	钢材性能满足设计要求,而钢号的质量优于设计提出的要求,如 Q235 镇静钢代 Q235 沸腾钢平炉钢代顶吹转炉钢等	应注意节约,不应任意以优代劣,不应使质量差距过大
3	钢材品种不全,需用其他专业用钢材代替建筑结构钢材	应把代用钢材生产的技术条件与建筑钢材的技术条件相对照,以保证代用的安全性和经济合理性

续表

项次	遇 到 情 况	代用变动方法、措施
4	钢材品种不全, 需普通低合金钢相互代用, 如用 15MnV 代 16Mn 等	要十分谨慎, 除机械性能满足设计要求外, 在化学成分方面应注意其可焊性, 重要的结构要有可靠的试验依据
5	钢材性能可满足设计要求, 而钢号质量低于设计要求	一般不允许代用。如结构性质和使用条件允许, 在材质差距不大的情况下, 经设计同意方可代用
6	钢材的钢号和性能都与设计提了的要求不符	应检查是否合理和符合有关规定, 然后按钢材设计强度重新计算, 改变结构截面、焊缝尺寸和有关节点构造
7	钢材规格 (尺寸) 与设计要求不符, 需以小代大或以大代小	要经计算符合要求后才能代用, 不能随意以大代小
8	材料规格、品种供应不全, 需用不同规格品种的钢材相互代换	可根据钢材选用原则灵活调整。一般是受拉构件高于受压构件; 焊接结构高于螺栓连接结构; 厚钢板结构高于薄钢板结构; 低温结构高于常温结构; 受动力荷载的结构高于静力荷载的结构
9	缺乏钢材品种, 需采用进口钢材代用	应验证其化学成分和机械性能是否满足相应钢号的标准
10	成批钢材混合, 不能确定钢材的钢号	如用于主要承重结构时, 必须逐根进行化学成分和机械性能试验, 如试验不符合要求时, 可根据实际情况用于非承重结构构件
11	钢材的化学成分与标准有一定偏差	钢材的化学成分在容许偏差范围以内可以使用, 否则按甲类钢使用
12	钢材机械性能所需的保证项目中, 有一项不合要求	抗拉强度比规定下限值低 5% 以内时容许使用, 屈服点比规定数值低 5% 以内时, 要按比例折减设计强度; 当冷弯合格时, 抗拉强度之上限值可以不限

化学成分对钢材性能的影响见表 1-3。

表 1-3 化学成分对钢材性能的影响

名称	在钢材中的作用	对钢材性能的影响
碳	决定强度的主要因素。碳素钢含量应在 0.04%~1.7% 之间, 合金钢含量大于 0.5%~0.7%	含量增高, 强度和硬度增高, 塑性和冲击韧性下降, 脆性增大, 冷弯性能、焊接性能变差
硅	加入少量能提高钢的强度和硬度、弹性, 能使钢脱氧, 有较好的耐热性、耐酸性。在碳素钢中含量不超过 0.5%, 超过限值则成为合金钢的合金元素	含量超过 1% 时, 则使钢的塑性和冲击韧性下降, 冷脆性增大, 可焊性、抗腐蚀性性能变差
锰	提高钢强度和硬度, 可使钢脱氧去硫。含量在 1% 以下; 合金钢含量大于 1% 时即成为合金元素	少量锰可降低脆性, 改善塑性、韧性, 热加工性和焊接性能, 含量较高时, 会使钢塑性和韧性下降, 脆性增大, 焊接性能变差

续表

名称	在钢材中的作用	对钢材性能的影响
磷	是有害元素,降低钢的塑性和韧性,出现冷脆性,能使钢的强度显著提高,同时提高大气腐蚀稳定性,含量应限制在0.05%以下	含量提高,在低温下使变脆,在高温下使钢缺乏塑性和韧性,焊接及冷弯性能变坏,其危害与含碳量有关,在低碳钢中影响较小
硫	是极有害元素,使钢热脆性大,含量限制在0.05%以下	含量高时,焊接性能、韧性和抗腐蚀性将变差;在高温热加工时,容易产生断裂,形成热脆性
钒、铌	使钢脱氧除气,显著提高强度。合金钢含量应小于0.5%	少量可提高低温韧性,改善可焊性;含量多时,会降低焊接性能
钛	钢的强脱氧剂和除气剂,可显著提高强度,能和碳和氮作用生成碳化钛和氮化钛。低合金钢含量在0.06%~0.12%	少量可改善塑性、韧性和焊接性能,降低敏感性
铜	含少量铜对钢不起显著变化可提高抗大气腐蚀性	含量增到0.25%~0.3%时,焊接性能变坏,增到0.4%时,发生热脆现象

1.2 质量预控项目及防治措施

1.2.1 钢材

1. 使用无质量证明文件或质量证明文件有问题的钢材

(1) 现象、原因分析。使用没有质量证明文件或质量证明文件有问题的钢材。由于无质量证明的钢材,其化学成分、机械性能无法保证。如使用或误用了无质量证明文件的钢材,会影响钢结构工程的质量。

(2) 防治措施。

1) 严格检查进场钢材,必须具有质量证明文件;钢材进场或使用前应认真复核材质证明书上的化学成分、机械性能,应符合现行国家标准,并核对炉号、批号、厚度、规格是否与钢材上的标记一致。

2) 如果钢材上炉号、批号、标记不清或难以区分,或质量证明文件上的炉号和批号不清晰,或质量证明文件中的机械性能与化学成分有矛盾,或指标中个别项目超出规定较多者,或对质量证明文件的真实性有怀疑(如质量证明文件为复印件),以及质量证明文件中机械性能或化学成分中指标缺项(缺项不多于两项时,在征得设计同意后,可按批抽样补做所缺项目的试验),必须按有关现行国家标准抽样复验,复验项目应符合产品标准(或与工程监理协商确定),其复验结果应符合国家现行标准规定或设计要求。

3) 进厂钢材应分批、分规格整齐堆放,防止乱堆、乱放,并有防止钢材锈蚀的措施。

2. 钢材的品种、性能、规格不符合设计要求

(1) 现象、原因分析。选用的钢材钢号等级、机械性能、化学成分、规格（尺寸、形状）等不符合设计要求。造成原因有：施工人员对施工工程的特点了解不清楚，对有关规定理解不全面，错误选用钢材；或施工单位未经设计部门同意，擅自代用钢材，以劣代优，以小代大；或利用不明材质的余料，随意用在正式工程上；或钢材由于长时间在露天乱堆乱放，钢材上标记不清，材质不明，造成错乱；或使用的钢材没有经抽检复查等。从而导致钢材的材质、规格与设计要求的强度或刚度，影响钢结构使用寿命，甚至造成安全事故。

(2) 防治措施。

1) 设计、监理和施工有关技术人员，必须了解掌握有关钢材以下规定。

① 建筑结构钢材，宜采用 Q235 等级 B、C、D 的碳素结构钢，以及 Q345 等级 B、C、D 的低合金高强度结构钢。

② 根据钢结构特点选用相应的牌号和材质，并应保证钢材的抗拉强度、伸长率、屈服点、冷弯试验、冲击韧度和硫、磷含量符合限值；对焊接结构尚应保证碳含量符合限值。

③ 抗震结构钢材的强屈比不应小于 1.2，应有明显的屈服台阶；伸长率应大于 20%；应有良好的焊接性。

④ 承重结构处于外露情况和低温环境时，其钢材性能尚应符合耐大气腐蚀和避免低温冷脆的要求。

⑤ 用于钢结构的钢材（型材、板材）外形、尺寸、质量、允许偏差以及钢材表面质量，应符合有关现行国家标准要求。

2) 代用钢材必须征得设计部门同意方可使用。对现场剩余钢材，当材质不明时，不得随意使用。对现场可能利用的剩余钢材，应用白铅油标注其材质、规格，分区堆放，制作构件前应先核对所用材质、厚度、规格与设计图纸要求是否相符合，不符合要求的不能使用。

3) 当对钢材质量有怀疑时，应抽样复检，其试验结果符合国家标准和有关技术文件要求时，方可使用。

4) 对已错用钢材的工程，可根据工程的重要性、特点，由上一级技术主管部门召开相应范围的专家鉴定会，根据危害程度研究制定相应的处理方案，报设计单位审核同意后，限期完成。

3. 钢材的外观质量不符合要求

(1) 现象、原因分析。钢材的外观质量问题有裂纹、结疤、折叠、气泡、夹杂、锈蚀、麻点、划伤等表面缺陷。这些缺陷如超过现行国家标准允许范围，将会削弱钢材的截面，降低其力学性能，使构件承载力达不到设计要求。

(2) 防治措施。钢材表面不允许有裂纹、结疤、折叠、麻纹、气泡和夹杂等局部缺陷，不允许随意焊补和填塞。钢材表面锈蚀、麻点、划伤等，其深度不得大于钢材厚度负公差的 1/2，表面锈蚀等级应符合现行国家标准《涂装前钢材表面锈蚀等级和除锈等级》（GB 8923—1988）规定的 A、B、C 级；对钢材表面锈蚀严重达到 D 级时，不得用作结构钢材。钢材端边或断口处不应有分层、夹渣等缺陷。