

ICS 91.080.10

P 26

团体标准 CSCS

T/CSCS 049-2023

建筑裸露钢结构外观品质分级 技术标准

Technical standard for appearance classification of
architecturally exposed structural steel

2023-12-05 发布

2024-03-01 实施



1 5 1 1 2 4 1 5 7 1

统一书号: 15112 · 41571
定 价: 39.00 元

中国钢结构协会 发布

ICS 91.080.10

P 26

团体标准 CSCS

T/CSCS 049-2023

建筑裸露钢结构外观品质分级 技术标准

Technical standard for appearance classification of
architecturally exposed structural steel

2023-12-05 发布

2024-03-01 实施



1 5 1 1 2 4 1 5 7 1

统一书号: 15112 · 41571
定 价: 39.00 元

中国钢结构协会 发布

团 体 标 准

建筑裸露钢结构外观品质分级 技术标准

Technical standard for appearance classification of
architecturally exposed structural steel

T/CSCS 049-2023

主编单位：华东建筑设计研究院有限公司

同 济 大 学

中冶建筑研究总院有限公司

批准单位：中 国 钢 结 构 协 会

施行日期：2 0 2 4 年 3 月 1 日

中国建筑工业出版社

2023 北 京

团体标准
建筑裸露钢结构外观品质分级
技术标准

Technical standard for appearance classification of
architecturally exposed structural steel

T/CSCS 049 - 2023

*

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：2½ 字数：66 千字

2024 年 2 月第一版 2024 年 2 月第一次印刷

定价：**39.00 元**

统一书号：15112 · 41571

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〔2023〕49号

中国钢结构协会关于发布团体标准 《建筑裸露钢结构外观品质分级 技术标准》的通知

现批准《建筑裸露钢结构外观品质分级技术标准》为中国钢结构协会团体标准，编号为 T/CSCS 049-2023，自 2024 年 3 月 1 日起实施。本团体标准由中国钢结构协会委托中国建筑出版传媒有限公司出版发行。

中国钢结构协会
2023 年 12 月 5 日

前 言

本标准是根据中国钢结构协会《关于印发中国钢结构协会 2022 年第一批团体标准编制计划的通知》（中钢构协〔2022〕15 号）和《中国钢结构协会团体标准管理办法》关于标准编制的要求，由中国钢结构协会组织，主编单位华东建筑设计研究院有限公司、同济大学、中冶建筑研究总院有限公司会同有关单位共同编制完成。

在本标准的编制过程中，编制组进行了广泛的工程实例调研，认真总结了我国建筑裸露钢结构的工程经验，选择参考了有关国际、国内先进标准，并广泛征求意见。

本标准共 8 章，主要内容包括：1. 总则；2. 术语；3. 基本规定；4. 外观品质分级要求；5. 设计；6. 制作与安装；7. 涂装；8. 检验与验收。

本标准由中国钢结构协会管理，华东建筑设计研究院有限公司负责具体技术内容的解释。在执行过程中，请各单位结合工程实际总结经验，将意见或建议寄送：华东建筑设计研究院有限公司（上海市中山南路 1799 号世博滨江大厦北座，200011，周健），以便今后修订时参考。

本 标 准 主 编 单 位：华东建筑设计研究院有限公司

同济大学

中冶建筑研究总院有限公司

本 标 准 参 编 单 位：上海建科工程咨询有限公司

精工国际钢结构工程有限公司

中冶（上海）钢结构科技有限公司

中国建筑西南设计研究院有限公司

北京市建筑设计研究院有限公司
中国建筑设计研究院有限公司
奥雅纳工程咨询（上海）有限公司
广东省建筑设计研究院有限公司
同济大学建筑设计研究院（集团）有限公司
宝钢钢构有限公司
上海建工（江苏）钢结构有限公司
中建钢构股份有限公司
江苏沪宁钢机股份有限公司
吴桥盈丰钢结构铸钢件制造有限公司
常州市阳凯光精制钢结构有限公司
始博实业集团有限公司
上海松尾钢结构有限公司
佐敦涂料（张家港）有限公司
梵迦德（上海）消防科技有限公司
Tremco CPG Asia Pacific Pte. Ltd
创高建筑产品集团亚太有限公司（新加坡）
江苏兰陵高分子材料有限公司
中建海龙科技有限公司
华润置地控股有限公司

本标准主要起草人员：

周 健	陈素文	侯兆新	张耀康
顾 军	顾 励	葛俊伟	刘春波
龚 超	胡 辉	潘斯勇	杨新宁
王箫然	薛万里	董婉莹	顾乐明
李彦鹏	陈志强	杨 开	梁宸宇
朱立刚	区 彤	张 峥	陈振明
路 宠	苏云才	高继领	张选民
邓鹏明	李明忠	徐文敏	陈明铮

王 琼 蓝彩霞

本标准主要审查人员：李国强 李亚明 钱 锋 陈晓明

顾 磊 周观根 杜 咏 陈 刚

邓本金

目 次

1	总则	1
2	术语	2
3	基本规定	3
4	外观品质分级要求	4
5	设计	9
5.1	一般规定	9
5.2	构件设计	9
5.3	节点与支座设计	10
5.4	连接设计	10
5.5	防腐、防火涂装设计	11
5.6	视觉样板要求	12
6	制作与安装	13
6.1	一般规定	13
6.2	钢结构深化设计	13
6.3	下料与构件组装	14
6.4	焊接与栓接	14
6.5	铸钢件制作	16
6.6	表面修整	17
6.7	预拼装	18
6.8	预埋及预埋件	18
6.9	安装	18
6.10	视觉样板的实施	19
7	涂装	20
7.1	一般规定	20
7.2	表面处理	20

7.3	车间涂装	21
7.4	包装、运输与堆放	22
7.5	现场涂装	22
7.6	服役期间的维修与保养	22
8	检验与验收	24
8.1	一般规定	24
8.2	原材料验收	24
8.3	焊缝外观	26
8.4	螺栓连接	27
8.5	钢零件及钢部件加工	28
8.6	钢构件外形尺寸	31
8.7	钢结构安装工程	32
8.8	涂装工程	34
附录 A	外观等级参考样板	37
附录 B	制作安装等级参考样板	42
本标准用词说明		43
引用标准名录		43
附：条文说明		45

Contents

1	General Provisions	1
2	Terms	2
3	Basic Requirements	3
4	Appearance Quality Classification	4
5	Design	9
5.1	General Requirements	9
5.2	Component Design	9
5.3	Joint and Support Design	10
5.4	Connection Design	10
5.5	Anticorrosive and Fireproof Coating Design	11
5.6	Visual Mock-up Design	12
6	Fabrication and Installation	13
6.1	General Requirements	13
6.2	Detail Design of Steel Structure	13
6.3	Blanking and Component Assembly	14
6.4	Welding and Bolting	14
6.5	Steel Casting	16
6.6	Surface Finishing	17
6.7	Pre-assembly	18
6.8	Embedding and Embedded Parts	18
6.9	Installation and Construction	18
6.10	Implementation of Visual mock-up	19
7	Coating	20
7.1	General Requirements	20
7.2	Surface Preparation	20

7.3	Painting in Workshop	21
7.4	Packing, Transportation and Stacking	22
7.5	Painting on Site	22
7.6	Maintenance and Repair	22
8	Inspection and Acceptance	24
8.1	General Requirements	24
8.2	Acceptance of Raw Materials	24
8.3	Appearance of Weld	26
8.4	Connecting Joint	27
8.5	Steel Parts and Steel Parts Processing	28
8.6	Dimensions of Steel Components	31
8.7	Installation of Steel Structure	32
8.8	Painting Engineering	34
Appendix A	Appearance Grading Reference Template	37
Appendix B	Fabrication and Installation Grading Reference Template	42
	Explanation of Wording in This Standard	43
	List of Quoted Standards	43
	Addition: Explanation of Provisions	45

1 总 则

1.0.1 为建立建筑裸露钢结构的外观品质等级标准，控制建筑裸露钢结构外观质量，做到技术先进、适用美观、经济合理，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于建筑裸露钢结构的设计、施工、检验、验收和维护中与外观质量控制相关的内容。

1.0.3 建筑裸露钢结构除应符合本标准规定外，尚应遵循国家现行有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 建筑裸露钢结构 architecturally exposed structural steel

指构件表面（包括涂装表面）直接裸露于观察者可视范围且有外观品质需求的建筑钢结构。

2.0.2 外观品质等级 appearance quality classification

建筑裸露钢结构构件外观质量的分级，分成 A 级、B 级、C 级、D 级和 T 级。

2.0.3 视距 sight distance

指观察者眼睛距建筑裸露钢结构构件表面的距离。

2.0.4 制作安装等级 fabrication and installation level classification

钢结构制作安装精细程度的分级，分为 0 级、1 级、2 级、3 级、4 级和自定义级。

2.0.5 涂装等级 coating level classification

涂装表面效果的分级，无防火涂层体系和膨胀型防火涂层体系分为 B-I 级、B-II 级、B-III 级、B-IV 级和自定义级，非膨胀型防火涂层体系分为 H-I 级、H-II 级、H-III 级、H-IV 级和自定义级。

2.0.6 视觉样板 visual mock-up

展示建筑裸露钢结构实际建成外观效果的样板件，经各方认可后用作工程验收的对照标准，形式上包括足尺实物样板、比例实物样板模型、部件样品模型等。

2.0.7 涂层摩擦面 coated friction surface

带有防腐底漆的高强度摩擦型螺栓连接的摩擦面。

2.0.8 涂层找平材料 leveling material of coating

用于改善钢结构涂装表面平整度的材料。

3 基本规定

3.0.1 建筑裸露钢结构的设计应明确规定构件的外观品质等级，建筑裸露钢结构的制作、安装、涂装、检验与验收、维护等应根据不同外观品质等级的相关要求进行质量控制。

3.0.2 建筑裸露钢结构的外观品质等级应根据建筑物的功能和所处环境、裸露钢构件的视觉展示要求、观察者视距和可触摸情况等因素，结合建设成本控制要求综合确定。

3.0.3 同一结构不同部位的钢构件及同一钢构件的不同部位，可根据裸露程度及观察者视距情况选用不同的外观品质等级。

3.0.4 选择建筑裸露钢结构外观品质等级时，应充分考虑不同外观品质等级对建设成本的显著影响。

4 外观品质分级要求

4.0.1 建筑裸露钢结构的外观品质等级可分为从低到高的 A 级、B 级、C 级、D 级及自定义级 T 级。各外观品质等级构件完成面要求见表 4.0.1，附录 A 为各外观品质等级构件的参考样板。

表 4.0.1 建筑裸露钢结构外观品质等级构件完成面要求表

外观品质等级	定义	适用情况	外观效果标准	
			无防火涂料和膨胀型防火涂料	非膨胀型防火涂料
A 级	基础级裸露构件	位于建筑中较低展示度区域、视距 $>12\text{m}$ 的裸露构件	构件加工和涂装比普通钢结构有略高的工艺要求	涂装比同类普通钢结构有略高的工艺要求
B 级	中距离呈现级裸露构件	结构作为建筑设计意图的重要组成部分、视距 $>6\text{m}$ 的裸露构件	构件外观需体现良好的加工和涂装工艺	构件外观需体现良好的涂装工艺
C 级	近距离呈现级裸露构件	结构作为建筑设计意图的重要组成部分、视距 $\leq 6\text{m}$ 的裸露构件，构件存在被触摸的可能性	构件应体现金属加工的艺术，表面涂层基本无缺陷	表面涂层基本无缺陷
D 级	重点展示级裸露构件	在建筑空间中作为重要表达对象的构件，构件被触摸的可能性较高	金属加工的痕迹经处理后不可见，表面涂层无肉眼可见缺陷	表面涂层无肉眼可见缺陷，涂层厚度对构件尺度的影响可忽略
T 级	自定义级裸露构件	设计自选	在上述各等级的基础上，根据设计的意图提出特定的特征或属性的要求	

4.0.2 各外观品质等级的建筑裸露钢结构构件应根据其防火涂层体系情况，满足表 4.0.2 规定的制作安装等级和涂装等级。

表 4.0.2 外观品质等级与构件制作安装等级、涂装等级对应表

外观品质等级 防火涂层体系		制作安装及涂装要求	A 级	B 级	C 级	D 级	T 级
无防火涂层体系、 膨胀型防火涂层体系	制作安装等级	1	2*	3*	4*	自定义	
	涂装等级	B-Ⅰ	B-Ⅱ	B-Ⅲ	B-Ⅳ	自定义	
非膨胀型防火 涂层体系	制作安装等级	0	0	1	1	自定义	
	涂装等级	H-Ⅰ	H-Ⅱ	H-Ⅲ	H-Ⅳ	自定义	

* 注：当采用的膨胀型防火涂料涂层厚度不小于 4mm 时，钢结构制作安装等级可适当降低；厚度 4mm~6mm 时可降低幅度不应超过 1 级，6mm 以上时可降低幅度不应超过 2 级。

4.0.3 建筑裸露钢结构的制作安装等级可分为由低到高的 0 级、1 级、2 级、3 级、4 级和自定义级共六级，分别应满足表 4.0.3 所示的制作安装要求。附录 B 为各制作安装等级构件的参考样板。

表 4.0.3 钢结构制作安装等级基本要求表

制作安装等级		0 级	1 级	2 级	3 级	4 级	自定义级
序号	制作安装要求						
0.1	符合《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205－2020	■	■	■	■	■	■
1.1	外露引弧板去除	■	■	■	■	■	△
1.2	外露衬垫板去除	○	■	■	■	■	△
1.3	焊缝外观连续	○	■	■	■	■	△
1.4	铸钢件铸造圆角均匀平滑过渡	○	■	■	■	■	△
1.5	外露对接焊缝的余高不大于 3.0mm	○	■	■	■	■	△

续表 4.0.3

制作安装等级		0 级	1 级	2 级	3 级	4 级	自定义级
序号	制作安装要求						
1.6	除注明外, 连接处的螺栓头置于同侧, 相邻构件连接方向一致。	○	■	■	■	■	△
2.1	影响外观质量的各项制作安装误差不超过《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205-2020 要求的 1/2	○	○	■	■	■	△
2.2	加工标识、临时固定焊接残余物打磨平整	○	○	■	■	■	△
2.3	外露对接焊缝打磨至焊缝余高不大于 1.5mm, 并均匀平滑	○	○	■	■	■	△
2.4	外露角焊缝鱼鳞纹均匀整齐	○	○	■	○	○	△
2.5	视觉样板	○	○	△	■	■	△
3.1	轧制痕迹消除	○	○	○	■	■	△
3.2	外露对接焊缝表面打磨至基本去除焊缝余高	○	○	○	■	■	△
3.3	外露角焊缝磨掉鱼鳞纹, 均匀过渡到母材, 可采用找平填缝材料填充	○	○	○	■	○	△
3.4	焊接管材制作焊缝选择不易看见的方向摆放	○	○	○	■	■	△
3.5	铸钢件浇冒口、补贴根部打磨光滑	○	○	○	■	■	△
3.6	铸钢件外表面打磨至 Ra25	○	○	○	■	■	△
3.7	铸钢件外表面无明显凹凸	○	○	○	■	■	△

续表 4.0.3

制作安装等级		0 级	1 级	2 级	3 级	4 级	自定义级
序号	制作安装要求						
4.1	构件对接基本无错边	○	○	○	○	■	△
4.2	外露对接焊缝表面打磨至完全去除焊缝余高，与周边母材无明显差异	○	○	○	○	■	△
4.3	外露角焊缝磨掉鱼鳞纹，表面呈下凹均匀过渡到母材，不得采用找平材料填充	○	○	○	○	■	△
4.4	焊接管材制作焊缝打磨平整	○	○	○	○	■	△
4.5	焊缝位置背面的裸露焊痕通过打磨消除	○	○	○	○	■	△
4.6	构件表面（包括构件间过渡）填充和喷砂至平顺	○	○	○	○	■	△

注：■表示“必须满足”，○表示“可不满足”，△表示“设计自选”。

4.0.4 建筑裸露钢结构的防火涂层体系应综合结构防火要求、外观品质等级需求和涂层的长期性能选定。无防火涂层体系、膨胀型防火涂层体系可分为由低到高的 B-I 级、B-II 级、B-III 级、B-IV 级和自定义级共五个涂装等级，非膨胀型防火涂层体系可分为 H-I 级、H-II 级、H-III 级、H-IV 级和自定义级五个涂装等级。不同防火涂层体系的涂装等级应满足表 4.0.4-1、4.0.4-2 的要求。

表 4.0.4-1 无防火和膨胀型防火涂层体系涂装等级标准表

涂装等级	涂装表面效果标准
B-I	12m 视距，良好视力裸眼观察，涂层无明显的缺陷，表面允许稍有不平
B-II	6m 视距，良好视力裸眼观察，涂层无明显的缺陷，表面平整，允许有局部阴影

续表 4.0.4-1

涂装等级	涂装表面效果标准
B-Ⅲ	3m 视距, 良好视力裸眼观察, 涂层基本无缺陷, 表面平整, 允许有局部阴影
B-Ⅳ	1m 视距, 良好视力裸眼观察, 涂层无缺陷, 表面平整, 且无影响美观的阴影
自定义	根据设计意图专门确定

表 4.0.4-2 非膨胀型防火涂层体系涂装等级标准表

涂装等级	涂装表面效果标准
H-Ⅰ	12m 视距, 良好视力裸眼观察, 涂层无明显的缺陷, 表面允许稍有不平, 有颗粒感
H-Ⅱ	6m 视距, 良好视力裸眼观察, 涂层无明显的缺陷, 表面基本平整, 仅有轻微的颗粒感, 允许有局部阴影
H-Ⅲ	3m 视距, 良好视力裸眼观察, 涂层基本无缺陷, 表面平整, 无颗粒感, 允许有局部阴影
H-Ⅳ	1m 视距, 良好视力裸眼观察, 涂层无缺陷, 表面平整, 无颗粒感, 且无影响美观的阴影
自定义	根据设计意图专门确定

5 设 计

5.1 一 般 规 定

5.1.1 建筑裸露钢结构的设计应体现建筑结构一体化的原则，追求建筑美学与结构受力的完美融合。宜将钢构件的形态和细节作为建筑设计表达的元素，选择适当的空间形态、截面形式、连接节点、外观线脚等以呈现建筑效果。

5.1.2 设计文件应明确需按建筑裸露钢结构要求施工的构件的部位、采用的外观品质等级及防火涂层体系。

5.2 构 件 设 计

5.2.1 建筑裸露钢构件的截面形式的选择应综合考虑结构受力需求、节点连接形式和建筑表达的需求。当采用弯曲形、弯扭形等空间形态时，截面形式和尺寸的选择应评估构件曲率半径、强弱轴刚度等对成型难度的影响。

5.2.2 外观品质等级 C 级及以上时，圆管宜优先选用无缝钢管。冷成型焊接圆管、锥形圆管及锥形接头杆件的尺寸选择应控制直径与壁厚的比值，不宜小于 20；确需选用小径厚比时，应要求采用延伸率和冲击韧性较高的原板加工。

5.2.3 箱形和 H 形截面构件宜优先选用轧制或冷弯成型的构件。对于焊接成型的构件，应根据外观要求，选择焊缝成形好、焊接变形小和焊接残余应力小的焊接形式和焊接方法。

5.2.4 桁架等建筑裸露钢结构应避免无规律的构件截面变化，宜保持同一杆件外观尺寸的连续性。外观品质等级 C 级及以上的裸露桁架应进行外观尺寸策划，主管外观截面宜一致，并控制支管与主管的比例。

5.3 节点与支座设计

5.3.1 建筑裸露钢结构的节点及支座的设计应综合受力特点、外观品质等级要求和使用环境条件等因素，其视觉效果应与整体建筑美学追求相匹配，并宜清晰、完整显示结构受力特点。加劲板的设置应避免影响外观效果；关键节点宜明确表面加工工艺。

5.3.2 杆件交会节点形式应兼顾杆件交会的可实施性与外观效果，可采用构件直接交会连接、通过连接件（板）组合连接及上述二者混合使用等方式，对于采用杆件或钢板拼接难以达到美学要求的复杂节点，可采用铸造或锻造节点。

5.3.3 节点设计应避免出现不利于焊接、除锈及涂装的狭小区域。空间桁架中管管相交的 T 形、Y 形、K 形管节点，杆件相交的角度宜控制在 $30^{\circ}\sim 60^{\circ}$ 之间。

5.3.4 销轴连接应满足以下要求：

1 销轴连接受力较大时，设计文件中应明确销孔和销轴表面的机加工要求及配套的精度和公差要求。

2 位于室外等潮湿环境、腐蚀性环境中的销轴和销孔，应通过材质选择、热处理、表面处理等方式，满足防腐蚀要求。

3 销轴应设置固定盖板来避免销轴松脱，并采用足够强度的防松脱螺栓将盖板固定到位。固定盖板的形式应满足受力及外观要求。

5.3.5 建筑裸露钢结构构件和支座通过预埋件连接到钢筋混凝土结构时，宜采用在混凝土中预埋螺杆或锚栓并设置调节螺母等方式调整预埋件的误差。

5.4 连接设计

5.4.1 除特殊表达需求目的外，杆件连接位置应优先选择非外露部位及远离视线部位。

5.4.2 制作安装等级 3 级、4 级时，角焊缝焊脚高度的设计应考虑焊缝打磨要求引起的有效焊脚高度损失。

5.4.3 当采用高强摩擦型螺栓连接时，构件连接处宜采用涂层摩擦面；制作安装等级 2 级及以上时应采用涂层摩擦面；涂层摩擦面的连接设计应按同条件抗滑移试验的摩擦系数检测结果进行复核。

5.5 防腐、防火涂装设计

5.5.1 建筑裸露钢结构应根据构件外观品质等级和防火要求，并结合其耐冲击和抗振动等的需求，确定涂层体系及采用的涂装配套。裸露的预埋件及连接螺栓等应明确防腐及涂装要求。

5.5.2 面漆的类型和颜色，应根据周围环境、室内外温湿度条件、日照、外力撞击可能性等因素，结合不同光泽度对裸露钢结构细节需求的适用性以及颜色光泽的耐久性综合确定。面漆厚度应结合外观遮盖力、饱满度、耐久性、对防火涂层的影响等因素综合确定。

5.5.3 对于室外或湿度较高室内环境的建筑裸露钢结构构件，膨胀型防火涂料宜采用耐久性和耐水性好的双组分产品，非膨胀型防火涂料宜采用抗裂性、耐水性能好的室外型产品。涂层整体的粘结力、硬度等抗碰撞性能应满足建筑裸露钢结构使用场景的要求。

5.5.4 当采用膨胀型防火涂料时，防火涂层表面平整度不应通过涂层找平材料整体调节。

5.5.5 当采用非膨胀型防火涂层体系时，防火涂层表面可采用涂层找平材料进行修饰。找平材料应满足以下要求：

1 按外观品质要求选用相应产品，并应通过抗火性能测试以确保其不影响防火涂层的耐火极限。

2 找平材料的抗压强度及其与非膨胀型防火涂层的粘结强度应不小于防火涂层自身材料。

3 找平材料的耐水性、耐久性均不得低于非膨胀型防火涂层自身材料。

5.5.6 设计文件应明确运输、安装以及现场焊接导致的涂层损

坏的修补要求，包括修补底漆、中间漆、防火涂料、面漆、二度面漆等。

5.6.7 设计文件应明确建筑裸露钢结构防腐防火涂层在服役期间的维修与保养措施。

5.6 视觉样板要求

5.6.1 外观品质等级 B 级时宜要求制作视觉样板，C 级、D 级时应要求制作视觉样板。

5.6.2 设计应综合考虑建筑裸露钢结构的外观品质等级、复杂程度、构件尺寸、工期等因素确定视觉样板形式和要求，视觉样板形式包括足尺实物样板、比例实物样板模型、连接与部件样品等。

5.6.3 外观品质等级 B 级时，宜要求提供复杂节点、重要部位的视觉样板；外观品质等级 C 级及以上时，应要求提供复杂节点、重要部位及典型部位的视觉样板。

5.6.4 视觉样板的设计要求应包括下列基本内容：

- 1 需要提供实物样板的具体构件或节点位置；
- 2 比例要求；
- 3 外观品质等级；
- 4 钢结构制作安装等级；
- 5 防火涂层体系与涂装配套。

5.6.5 设计应模拟工程实际情况，包括观察距离、位置、照明、光线等条件，对视觉样板进行审核与评估。

6 制作与安装

6.1 一般规定

6.1.1 制作与安装前应进行建筑裸露钢结构的专项深化设计和编制专项施工方案，并应经建设单位和设计单位批准后方可实施。

6.1.2 设计文件有视觉样板要求时，视觉样板应在工程制作安装前完成，经设计单位验收确认后方可进行工程的制作安装。视觉样本的验收应包括打磨后涂装前、涂装后两个阶段。

6.1.3 建筑裸露钢结构使用的钢板、型钢、管材等原材料外观质量和允许偏差除符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 和相应产品标准以外，应同时符合本标准第 8.2 节的相关要求。

6.2 钢结构深化设计

6.2.1 钢结构深化设计图应清晰表达有建筑裸露钢结构要求的构件并标注其钢结构制作安装等级、涂层体系及加工工艺要求。当同一构件有不同的外观品质等级要求时，应明确标出过渡线或过渡面的位置。

6.2.2 钢结构深化设计图应标明裸露构件的表面及边缘的表面处理要求。

6.2.3 钢结构深化设计图应详细标注焊缝的类型、坡口尺寸和焊缝尺寸，标明车间施焊和现场施焊部位，并明确需打磨和修饰的焊缝及打磨修饰要求。临时支架、临时固定装置与建筑裸露钢结构构件的焊接位置应在钢结构深化设计图标明，并明确临时支撑拆除后焊接部位的表面处理要求。

6.2.4 钢结构深化设计图应根据裸露钢结构制作等级的要求对

焊缝位置、焊缝形式和焊缝尺寸进行深化，并经设计单位审批同意后方可实施。宜将焊缝位置、现场拼接位置设在受力小、便于施工的非裸露区域。

6.2.5 钢结构深化设计图应明确所采用螺栓的类型、规格、长度及被连接表面的处理方式和技术要求，区分工厂螺栓和现场螺栓，标明螺栓头方向。

6.2.6 钢结构深化设计图应标明构件上的通风孔、排气孔、穿管等构造做法和要求。

6.2.7 对制作安装等级 3 级及以上类别，焊接钢管应标明制作焊缝所在方向。有条件时，钢管纵向焊缝宜采用内坡口焊接形式。

6.3 下料与构件组装

6.3.1 切割下料应采用自动或半自动切割设备，宜优先选用等离子切割、激光切割等方法，严禁手工切割。锋利边缘应倒圆角，半径不大于 2mm。

6.3.2 建筑裸露钢结构件应尽量避免材料拼接。当不得不拼接时，应严格控制错边，保证相邻的横截面对齐，不得随意拼接。

6.3.3 焊接组装时应预留焊接收缩量并对各部件进行合理的焊接收缩量分配，重要或复杂构件宜通过工艺性试验确定焊接收缩量。应采用适当方法装配和焊接组合部件，消除焊接变形的影响，控制型材翘曲度不超过其自身的公差，确保构件接口对齐。

6.3.4 构件组装宜采用“首件样品”制度，首件样品完成后应对首件（或首批）构件进行检查，合格后方可继续批量组装；批量组装中，应随时检查构件组装质量，复查定位装置的准确性。

6.3.5 构件组装完成后，应将临时工装夹具、定位板、连接板等去除并打磨平整，且不得损伤母材。

6.4 焊接与栓接

6.4.1 构件的工厂和现场连接应选择隐蔽或经设计批准的位置，

对接构件的横截面应匹配一致。

6.4.2 1级制作安装等级构件的焊缝成型外观质量除符合现行国家标准《钢结构焊接规范》GB 50661 的规定外，尚应符合下列要求：

- 1 连续焊缝应有统一的尺寸和连续的外观要求；
- 2 对接焊缝的余高不大于 3.0mm；
- 3 焊接后所有裸露焊缝的衬垫板、引弧板和熄弧板应清除并打磨平整；应拆除安装螺栓，并采用塞焊或专用填缝材料填充螺栓孔并打磨平整；
- 4 所有非设计的开洞应使用焊接金属或本体填充物填充，并通过打磨或填充使其表面平整。除承受荷载或抗震的梁柱连接处的梁腹板过焊孔外，裸露的过焊孔宜采用焊缝或填缝材料填充并打磨平整；
- 5 应清除所有焊接飞溅物、碎屑和类似的表面不连续点；
- 6 当构件处于现行国家标准《色漆和清漆 防护涂料体系对钢结构的防腐蚀保护》GB/T 30790 定义的 C3 级及以上腐蚀性环境时，箱型结构的所有边界焊缝都应焊接形成密闭腔体；
- 7 采用堆焊修补的构件应满足构件公差的要求；
- 8 如有视觉样板，焊缝外观应与视觉样板一致。

6.4.3 2级制作安装等级要求的构件，焊缝尚应符合下列要求：

- 1 裸露对接焊缝打磨至焊缝余高不大于 1.5mm，并均匀平滑；
- 2 裸露角焊缝应呈现均匀整齐的鱼鳞状。

6.4.4 3级制作安装等级要求的构件，焊缝尚应符合下列要求：

- 1 裸露对接焊缝表面打磨至基本去除焊缝余高；
- 2 裸露角焊缝磨掉鱼鳞纹，均匀过渡到母材，也可采用填缝材料填充；
- 3 裸露塞焊的余高应打磨平整并与相邻表面光滑连接，低于母材处应进行补焊并打磨平整；
- 4 焊接管构件的制作焊缝应选择不易看见的方向摆放，并

远离视线。

6.4.5 4级制作安装等级要求的构件，焊缝尚应符合下列要求：

1 裸露对接焊缝表面打磨至完全去除焊缝余高，与周边母材无明显差异；

2 裸露角焊缝应磨掉鱼鳞纹，表面呈下凹均匀过渡到母材，并不得采用填缝材料填充；

3 焊接管状构件的制作接缝应打磨平整，且看不见明显焊缝；

4 焊缝位置背面的裸露焊痕应通过打磨消除。

6.4.6 高强螺栓连接应符合下列要求：

1 涂层摩擦面在工厂内应进行一道摩擦底漆处理，并进行涂装底漆后的摩擦面抗滑移试验；

2 螺栓端板连接应控制杆件长度和装配角度，连接面贴合度应达到75%以上；

3 所有高强螺栓最终拧紧后外露扣数应满足本标准第8章验收要求；

4 严禁通过火焰或使用钻头扩大构件上的孔洞，采用铰刀进行修整孔洞时应满足相关标准的要求。

6.5 铸钢件制作

6.5.1 铸钢件表面应平整顺滑，圆角处应平滑过渡。制作安装等级2级、3级时，浇冒口、补贴根部也应打磨光滑，铸钢件外表面应无明显凹凸，并打磨至轮廓算术平均偏差 Ra 值小于 $25\mu\text{m}$ ；制作安装等级4级时，铸钢件裸露表面应采用机械加工。

6.5.2 制作安装等级1级、2级、3级时，超声波探伤等级按现行行业标准《铸钢结构技术规程》JGJ/T 395执行；制作安装等级4级时，合格级别应为2级。

6.5.3 铸钢件尺寸允许偏差按现行国家标准《铸件 尺寸公差、几何公差与机械加工余量》GB/T 6414执行，制作安装等级1级时应符合DCTG13级，2级、3级时应符合DCTG11级，4级

时应符合 DCTG10 级。

6.5.4 铸钢件的几何形状偏差按现行国家标准《铸件 尺寸公差、几何公差与机械加工余量》GB/T 6414 执行，制作安装等级 1 级时应符合 GCTG7 级，2 级、3 级时应符合 GCTG6 级，4 级时应符合 GCTG5 级。

6.5.5 铸钢件各支管的角度允许偏差及耳板角度允许偏差制作安装等级 1 级时应小于 $\pm 25'$ ，2 级、3 级时应小于 $\pm 20'$ ，4 级时应小于 $\pm 18'$ 。

6.5.6 铸钢件在涂装前应进行喷砂或抛丸处理，喷射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 中 Sa2 ½ 的要求。

6.5.7 铸钢件的喷射处理后，表面粗糙度宜为 $50\mu\text{m}\sim 100\mu\text{m}$ 。铸钢件表面粗糙度比较样块和评审应分别按现行国家标准《表面粗糙度比较样块 第 1 部分：铸造表面》GB/T 6060.1 和《铸造表面粗糙度 评定方法》GB/T 15056 执行。

6.6 表面修整

6.6.1 建筑裸露钢结构应按下列要求对钢材表面进行修整打磨：

1 对于制作安装等级 1 级的构件，应对板型材的边缘线、钢材表面超标缺陷的补焊、辅助连接板去除后留痕等进行表面打磨。

2 对于制作安装等级 2 级的构件，尚应去除钢厂轧制商标、钢印或凸起标示并打磨平整。

3 对于制作安装等级 3 级的构件，尚应去除制造和安装过程中标注的全部标识并打磨平整。

4 对于制作安装等 4 级的构件，尚应对钢结构表面所有缺陷进行修补打磨，或采用铣切等精加工方式处理。

6.6.2 各制作安装等级的焊缝打磨要求见本标准第 6.4 节焊接

与栓接。

6.6.3 打磨不应损伤母材，打磨后钢材表面应基本平整，制作安装等级 2 级及以上时，测量长度 150mm 范围平整至 $\pm 0.5\text{mm}$ 以内。

6.7 预 拼 装

6.7.1 设计文件要求进行预拼装的建筑裸露钢构件应在出厂前进行实体预拼装，预拼装时应记录各项关键数据，拼装位置及拼装接口尺寸的偏差应符合本标准的要求。

6.7.2 预拼装应在制作完毕并经外形尺寸验收合格后进行，最终的表面处理和涂装宜在预拼装完成后进行。

6.7.3 预拼装时应合理选择基准面和预拼装几何形态，预拼装所用的支承胎架应经测量准确定位。

6.8 预埋及预埋件

6.8.1 裸露的预埋件应作为建筑裸露钢结构的一部分采用与相连构件相同的外观品质等级。

6.8.2 预埋件及预埋入混凝土的建筑裸露钢结构构件应有可靠的定位措施。混凝土浇筑前，钢结构安装单位应对定位措施进行检查和定位复测，并对混凝土浇筑、振捣施工提出避免变位的要求。

6.8.3 混凝土浇筑时，应对钢构件和预埋件的裸露表面进行包裹保护。

6.8.4 混凝土浇筑完成后，钢结构安装前应对预埋件的尺寸、位置、标高进行复测。

6.9 安 装

6.9.1 安装前应对钢构件的扭曲、弯曲等变形及凹槽、缺口等缺陷再次进行检查，修补合格后方可吊装。

6.9.2 临时支架搁置点、安装定位板、吊耳等安装辅助设施宜

设置在最终不可见部位，必须设置在可见部位的应在安装完成后割除并进行打磨以消除表面痕迹。

6.9.3 安装期间应对已涂装位置加以保护，避免涂层损坏。吊索宜采用尼龙吊装带或带衬垫的绳索以避免损坏构件边缘和表面。

6.9.4 后装的幕墙、屋面系统、吊顶、机电管线等与裸露钢结构的连接宜采用非焊接方式连接。

6.9.5 安装完成的建筑裸露钢结构的外观品质不应低于视觉样板。

6.10 视觉样板的实施

6.10.1 当建筑裸露钢结构外观等级为 C 级及以上或设计文件要求时，应进行视觉样板的制作。

6.10.2 视觉样板应在实际工程开始前实施，其制作安装、防腐防火涂装等应采用与实际工程完全相同的标准和工艺。当单独提供大型足尺实物样板确有困难时，经各方同意，视觉样板可在工程实体上以首件样品的方式制作。

6.10.3 视觉样板作为实际工程外观品质验收的参照标准，应在整个施工期间保留并得到维护。验收合格的足尺视觉样板可用于实际工程。

7 涂 装

7.1 一 般 规 定

7.1.1 建筑裸露钢结构的涂装应根据涂装等级要求和涂层体系选用涂装材料和确定施工工艺，并严格控制施工过程。防火涂料的施工工艺应与涂料耐火试验时相同。

7.1.2 建筑裸露钢结构的涂装作业应按照中国钢结构协会钢结构涂装质量保障体系的要求，对涂装方案进行深化设计，宜选用经过中国钢结构协会评价的涂料产品，对涂装实施企业的涂装能力进行评估，对涂装作业工人进行知识与技能培训，对涂层设计服役期性能进行质量担保或购买质量保险。

7.1.3 涂料产品的选择应基于产品特性，涂层体系中各种产品之间应匹配兼容，整体的结合力、耐水性、耐久性、防火等级等性能应符合设计与相关标准的要求。

7.1.4 应根据建筑裸露钢结构的构件尺寸、涂层体系、整体安装方案、运输条件等情况，确定构件车间涂装与现场涂装的工作范围。各类涂层体系的最后一道面漆、非膨胀型防火涂料及其面层宜在现场钢结构作业全部完成之后进行涂装。

7.1.5 应通过防腐涂料与防火材料产品本身实现美观的外观。当确需使用涂层表面找平材料时，应保证找平材料的粘结强度、耐候性、耐久性，以及对防火性能无不利影响。

7.2 表 面 处 理

7.2.1 钢结构涂装前的清洁度、粗糙度等表面处理应满足防腐、防火涂装的基本要求。

7.2.2 钢结构构件的结构缺陷处理等级最低应满足现行国家标准《涂敷涂料前钢材表面处理 表面清洁度的目视评定 第3部分：

焊缝、边缘和其他区域的表面缺陷的处理等级》GB/T 8923.3 标准中的 P2 级，同时锐边、锐角要倒角至 R2，4 级制作安装等级要求的构件应满足 P3 级。

7.2.3 应采用喷射除锈清理处理表面；对于 4 级制作安装等级要求的构件，喷射清理后应对钢材表面的可见缺陷进行焊接修补和打磨；对于没有防火涂层的建筑裸露钢结构，喷射清理后的表面粗糙度应控制在 $40\mu\text{m}\sim 75\mu\text{m}$ 范围。

7.3 车间涂装

7.3.1 钢结构涂装应在满足防腐防火涂装基本要求的基础上规避粉尘、漆雾、交叉污染等不利条件。底漆应在除锈清理后基材表面返锈之前涂覆完成。

7.3.2 应根据涂装工程量、外观等级要求、进度要求等情况合理安排涂装计划，包括场地、设备、材料、人员等的安排。

7.3.3 当确需采用涂层找平材料改善构件表面局部平整度时，应符合下列要求：

1 对于无防火涂层体系，找平宜在最后一道中间漆之前实施，并在涂层找平材料干燥后进行整体打磨。最后一道中间漆宜使用混气或有气喷涂设备涂覆。

2 对于膨胀型防火涂层体系，宜优先采用防火涂料本身作为找平材料。若采用其他找平材料，应通过耐火测试验证包含找平材料在内的整个涂层体系的耐火性能。

3 对于非膨胀型防火涂层体系，找平材料应涂装于防火涂层外侧。

7.3.4 面漆宜分 2 道涂装，同一视觉空间内的面漆宜采用相同的涂装方式，且宜使用同一生产批次的面漆产品以避免色差。

7.3.5 对于防腐底漆为热浸或热喷金属涂层的情况，当涂层体系为无防火或膨胀型防火时，应对金属涂层表面的瘤、渣等缺陷进行平整处理，处理时应避免对金属涂层的损伤。

7.4 包装、运输与堆放

7.4.1 涂装完工并检验合格的构件应在车间内存放至完全固化再进行包装，包装应采用有一定厚度的柔性材料，按单个构件进行缠绕包裹并固定。

7.4.2 起重设备的绳索应采用布料吊带，叉车的叉子应采用有一定厚度的柔性材料缠绕包裹并固定。

7.4.3 构件储存和运输过程中应采用专用托架放置并首选布带类吊带固定，构件间、构件与固定吊带间应采用软性隔垫隔开。

7.4.4 构件到工地现场后的堆放应便于检查和识别。应采用木方、平台或其他支撑物垫高构件，使之不与地面接触，确保构件和包装材料不受侵蚀和变质，并采取防雨、防晒措施。

7.5 现场涂装

7.5.1 现场涂装应在满足防腐防火涂装基本要求基础上同时考虑温度、湿度、风力、粉尘、漆雾、交叉污染等环境因素，并配置适当的登高接近措施和防护措施。

7.5.2 对于钢结构连接接头等未涂漆部位、车间涂层受损部位等应先进行打磨除锈再补漆。高强度螺栓应按设计要求进行防腐防火涂装，并达到相应外观等级。

7.5.3 所有现场焊缝应按构件制作安装等级要求进行打磨，然后补涂各涂层，裸露底材与已有涂层搭接边要进行拉斜坡处理。

7.5.4 小面积修补面漆，宜在现场使用色卡或仪器对比颜色，调配接近的颜色用于修补。对于 C 级与 D 级外观等级，或当选用金属色泽面漆的时候，宜在各个工序完成之后，整个表面统一喷涂一遍面漆。

7.5.5 现场涂装施工的其他要求与车间涂装要求相同。

7.6 服役期间的维修与保养

7.6.1 在钢结构涂层服役期间应定期对涂层进行检查与保养，

必要时进行涂层修补，从而延长涂层使用寿命。当破损达到大修范围时，应组织大修。

7.6.2 当涂层完好，但面漆发生褪色、失光等缺陷影响外观的时候，可进行检查与评估，确定是否重涂面漆以恢复美观的外观。

7.6.3 当局部涂层发生开裂、脱落、锈蚀等缺陷时，应进行检查与评估，按现场条件制定修补方案。

7.6.4 当涂层大面积发生开裂、脱落、锈蚀等缺陷时，应进行全面检查与评估，按现场条件制定大修方案。

8 检验与验收

8.1 一般规定

8.1.1 具有建筑裸露钢结构外观要求的钢结构验收，应在满足现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 中的相关质量要求的基础上，同时满足本章的要求。其验收应包括钢结构制作安装工程、涂装工程和建筑外观验收三部分内容。

8.1.2 具有建筑裸露钢结构外观要求的钢结构分项、检验批划分应按照现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 进行。检验批合格质量标准应符合下列规定：

1 本标准所含项目均应全数检查；

2 检查结果应全部满足本标准的要求，出现超标缺陷应整改完成。

8.1.3 对于有视觉样板要求的构件，其检验验收均以经各方认可的视觉样板为标准。

8.1.4 除注明外，本章中的 1 级、2 级、3 级、4 级均指钢结构制作安装级别的 1 级、2 级、3 级、4 级，Ⅰ级、Ⅱ级、Ⅲ级、Ⅳ级均指涂装等级中的 B-Ⅰ级、Ⅱ级、Ⅲ级、Ⅳ级和 H-Ⅰ级、Ⅱ级、Ⅲ级、Ⅳ级。

8.2 原材料验收

8.2.1 钢板

1 1 级钢板的不平度应满足现行国家标准《热轧钢板和钢带的尺寸、外形、重量及允许偏差》GB/T 709 中的要求；2 级、3 级、4 级应满足表中要求的 1/2。

检查数量：1 级每批同一品种、规格的钢板抽检 10%，且不应少于 3 张，每张检测 3 处；2 级、3 级、4 级每批同一品种、

规格的钢板抽检 100%，每张检测 6 处。

检验方法：用拉线、钢尺和游标卡尺量测。

2 钢板的表面外观质量除应符合现行国家标准《热轧钢板表面质量的一般要求》GB/T 14977 中的要求外，1 级达到 A 类，2 级、3 级、4 级达到 B 类，尚应符合下列规定：

- 1) 当钢板的表面有锈蚀、麻点或划痕等缺陷时，1 级其深度不得大于该钢材厚度允许负偏差值 $1/2$ ，且不应大于 0.5mm；2 级、3 级、4 级其深度不得大于该钢材厚度允许负偏差值的 $1/4$ ，且不应大于 0.3mm。
- 2) 钢板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 中的规定，1 级要到达 C 级及以上等级；2 级、3 级、4 级要达到 B 级及以上等级。

检查数量：全数检查。

检验方法：目视、游标卡尺、样板。

8.2.2 型材、管材

1 1 级钢结构用型材外形尺寸允许偏差应满足现行国家标准《热轧型钢》GB/T 706 中第 4.2 章节的要求；2 级、3 级、4 级钢结构用型材应不大于该要求的 $1/2$ 。

检查数量：1 级每批同一品种、规格的型材或管材抽检 10%，且不应少于 3 根；2 级、3 级、4 级每批同一品种、规格的型材或管材抽检 20%，且不应少于 6 根。

检验方法：用拉线和钢尺量测。

2 1 级钢结构用管材外形尺寸允许偏差应满足国家现行标准《结构用无缝钢管》GB/T 8162、《低压流体输送用焊接钢管》GB/T 3091、《结构用直缝埋弧焊接钢管》GB/T 30063、《建筑结构用冷成型焊接圆钢管》JG/T 381 等标准的要求；2 级、3

级、4级钢结构用管材应满足该要求的1/2。

检查数量：1级每批同一品种、规格的型材或管材抽检10%，且不应少于3根；2级、3级、4级每批同一品种、规格的型材或管材抽检20%，且不应少于6根。

检验方法：用拉线和钢尺量测。

3 型材、管材的表面外观质量应符合本标准第8.2.1条第2款的规定。

检查数量：全数检查。

检验方法：目视、游标卡尺、样板。

8.2.3 涂装材料验收

1 防腐涂料和面层装饰涂料的型号、名称、颜色及有效期应与其质量证明文件相符。开启后，不应存在结皮、结块、凝胶等现象。

检查数量：Ⅰ级应按桶数抽查5%，且不应少于3桶；Ⅱ级、Ⅲ级、Ⅳ级应按桶数抽查10%，且不应少于6桶。

检验方法：观察检查。

2 防火涂料涂装后经过打磨、抹涂、批嵌等方式，需可达到设计要求的外观平整度及光洁度。

检查数量：Ⅰ级每批涂料抽查3桶；Ⅱ级、Ⅲ级、Ⅳ级每批涂料抽查6桶。

检验方法：做样板目视检查。

8.3 焊缝外观

8.3.1 如有视觉样板，焊缝轮廓、质量和表面效果应与批准的视觉样板一致。

8.3.2 焊缝外观质量

本标准不同等级的钢结构焊缝外观质量及外观尺寸除应满足现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205对应的一级、二级、三级焊缝要求外，还应满足表8.3.2要求。

表 8.3.2 焊缝外观质量及外观尺寸要求

检验项目		1 级	2 级	3 级	4 级
断续焊缝		不允许	不允许	不允许	不允许
外露衬垫板		不允许	不允许	不允许	不允许
外露焊缝打磨	对接焊缝	焊缝的余高不大于 3.0mm	打磨至焊缝余高不大于 1.5mm, 并均匀平滑	表面打磨至基本去除焊缝余高, 凸起小于 0.5mm	打磨至完全去除焊缝余高, 与周边母材无明显差异
	角焊缝	焊缝尺寸满足要求	鱼鳞纹均匀整齐	磨掉鱼鳞纹, 均匀过渡到母材, 可采用找平填缝材料填充	磨掉鱼鳞纹, 表面呈下凹均匀过渡到母材, 不得采用填缝材料填充
焊接管材制作焊缝方向		—		不易看见的方向	
焊缝管材制作焊缝打磨		—			打磨平整
内部加劲板的焊缝		—			在构件外表面的焊痕打磨至不可见

检查数量：1 级每批同类构件抽查 20%，且不应少于 6 件；2 级每批同类构件抽查 40%，且不应少于 12 件；3 级、4 级每批同类构件抽查比例 100%。

检验方法：用焊缝量规检查。

8.4 螺 栓 连 接

8.4.1 普通紧固件连接

1 连接薄钢板采用的自攻钉、拉铆钉、射钉等规格尺寸应与被连接钢板相匹配，并满足设计要求，其间距、边距等应满足设计要求。1 级间距、边距的排布允许误差±1mm；2 级、3 级、4 级间距、边距的排布允许误差±0.5mm。

检查数量：1 级应按连接节点数抽查 10%，且不应少于 3 个；2 级、3 级、4 级应按连接节点数抽查 20%，且不应少于 6 个。

检验方法：观察和尺量检查。

2 永久性普通螺栓紧固应牢固、可靠，无特殊要求时，外露丝扣 2 扣~3 扣。

检查数量：1 级应按连接节点数抽查 10%，且不应少于 3 个；2 级、3 级、4 级应按连接节点数抽查 20%，且不应少于 6 个。

检验方法：观察和用小锤敲击检查。

8.4.2 高强度螺栓连接

1 高强度螺栓连接副终拧后，螺栓丝扣外露应为 2 扣~3 扣，其中 1 级允许有 10%的螺栓丝扣外露 1 扣或 4 扣，2 级、3 级、4 级螺栓丝扣外露全部应为 2 扣~3 扣。

检查数量：1 级按节点数抽查 10%，且不应小于 20 个；2 级、3 级、4 级抽查 100%。

检验方法：观察检查。

2 螺栓头应按照结构设计文件的规定放置。如未注明，则指定连接处的螺栓头应放置在同一侧，相邻构件的连接方向应一致。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察检查。

8.5 钢零件及钢部件加工

8.5.1 切割

气割、机械剪切的零件宽度、长度允许偏差见表 8.5.1。

表 8.5.1 切割允许偏差（mm）

项目	切割方法	1 级	2 级、3 级、4 级
零件宽度、长度	气割、机械剪切	±3.0	±1.0
型钢端部垂直度	机械剪切	2.0	1.0
割纹深度	热切割	0.3	0.1
局部缺口深度		1.0	0.5

8.5.2 矫正与成型

1 矫正后的钢材表面，不应有明显的凹痕或损伤，1 级划痕深度不得大于 0.5mm，且不应大于该钢材厚度允许负偏差的 1/2；2 级、3 级、4 级划痕深度不得大于 0.3mm，且不应大于该钢材厚度允许负偏差的 1/4。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察检查和实测检查。

2 1 级钢结构用钢板、型钢冷矫正的最小曲率半径和最大弯曲矢高应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 中的规定；2 级、3 级、4 级钢结构用钢板、型钢应不大于该表中规定值的 1/2。

检查数量：1 级按冷矫正的件数抽查 10%，且不应少于 3 个；2 级、3 级、4 级按冷矫正的件数抽查 20%，且不应少于 6 个。

检验方法：观察检查和实测检查。

3 1 级钢结构用钢材矫正后的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 中规定；2 级、3 级、4 级钢结构用钢材应不大于该表中规定值的 1/2。

检查数量：1 级按矫正件数抽查 10%，且不应少于 3 个；2 级、3 级、4 级按冷矫正的件数抽查 20%，且不应少于 6 个。

检验方法：观察检查和实测检查。

4 1 级钢结构用钢管弯曲成型和矫正后的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 中的规定；2 级、3 级、4 级钢结构用钢管应不大于该表中规定值的 1/2。

检查数量：全数检查。

检验方法：用样板和尺（仪器）实测检查。

8.5.3 边缘加工

边缘加工的允许偏差应符合表 8.5.3 的规定。

表 8.5.3 边缘加工的允许偏差

项目	1 级允许偏差	2 级、3 级、4 级允许偏差
零件宽度、长度	±1.0mm	±0.5mm

续表 8.5.3

项目	1 级允许偏差	2 级、3 级、4 级允许偏差
加工边（自由边）直线度	$L/3000$ ，且不大于 2.0mm	$L/3000$ ，且不大于 1.0mm
加工面垂直度	$0.025t$ ，且不大于 0.5mm	$0.025t$ ，且不大于 0.25mm
加工面表面粗糙度	$Ra \leq 50 \mu\text{m}$	$Ra \leq 25 \mu\text{m}$

注：L 为加工边长度；t 为加工面的厚度。

检查数量：1 级按加工面数抽查 20%，且不应少于 6 个；2 级、3 级、4 级按加工面数抽查 100%。

检验方法：观察检查和实测检查。

8.5.4 球节点加工

1 1 级钢结构用螺栓球、焊接球加工的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 中的规定；2 级、3 级、4 级钢结构用螺栓球、焊接球应不大于该标准中规定值的 1/2。

检查数量：1 级每种规格抽查 5%，且不应少于 3 个；2 级、3 级、4 级每种规格抽查 10%，且不应少于 6 个。

检验方法：用卡尺、游标卡尺、分度头、百分表、测厚仪、焊缝量规等检查。

2 焊接球表面应光滑平整，1 级局部凹凸不平不应大于 1.5mm；2 级、3 级、4 级局部凹凸不平不应大于 1.0mm。

检查数量：1 级每种规格抽查 5%，且不应少于 3 个；2 级、3 级、4 级每种规格抽查 10%，且不应少于 6 个。

检验方法：用弧形套模、卡尺和观察检查。

3 封板、锥头与杆件连接焊缝应满足设计要求，当设计无要求时，应符合本规范第 8.3 节中外露焊缝外观等级标准。

4 焊接球的焊缝应满足设计要求，当设计无要求时，应符合本规范第 8.3 节中外露焊缝外观等级标准。

8.5.5 铸钢件加工

1 铸钢件应满足现行协会标准《铸钢节点应用技术规程》

CECS 235 中的相关规定；铸钢件表面粗糙度应与连接构件保持一致。其中有 1 级要求的铸钢件表面粗糙度与连接构件表面粗糙度差不应大于 $20\mu\text{m}$ ；有 2 级、3 级、4 级要求的铸钢件表面粗糙度与连接构件表面粗糙度差不应大于 $10\mu\text{m}$ 。

检查数量：1 级按零件数抽查 20%，且不应少于 6 个；2 级、3 级、4 级按零件数抽查 100%。

检验方法：用粗糙度对比样板检查。

2 1 级有连接要求的平面、端面、边缘机械加工的允许偏差应符合本标准第 8.5.1 条和第 8.5.3 条要求。

3 不同等级的铸钢件外观质量应满足表 8.5.5 的要求。

表 8.5.5 铸钢件外观质量要求

检验项目	1 级	2 级	3 级	4 级
铸造圆角	均匀平滑过渡			
浇冒口、补贴根部	—		打磨光滑	
外表面打磨	—		$Ra25$	
外表面平整度	—		无明显凹凸	
外表面整体效果	—			观赏效果

检查数量：1 级每批同类构件抽查 20%，且不应少于 6 件；2 级每批同类构件抽查 40%，且不应少于 12 件；3 级、4 级每批同类构件抽查比例 100%。

检验方法：观察检查。

8.6 钢构件外形尺寸

8.6.1 组装尺寸的允许偏差

组装尺寸的允许偏差见表 8.6.1-1、表 8.6.1-2。

表 8.6.1-1 焊接 H 型钢构件组装尺寸的允许偏差（mm）

项目		1 级	2 级、3 级	4 级
截面高度 h	$h < 500$	± 2.0	± 1.0	
	$500 \leq h \leq 1000$	± 3.0	± 1.0	
	$h > 1000$	± 4.0	± 1.0	

续表 8.6.1-1

项目	1 级	2 级、3 级	4 级
截面宽度 b	± 3.0	± 1.0	
连接处错边 Δ	2.0	1.0	0.5

表 8.6.1-2 焊接箱形构件组装尺寸的允许偏差 (mm)

项目	1 级	2 级、3 级	4 级
截面高度 h	± 2.0	± 1.0	
截面宽度 b	± 2.0	± 1.0	
垂直度	$b/200$, 且 不大于 3.0	$b/400$, 且不大于 1.0	
连接处错边 Δ	2.0	1.0	0.5

8.6.2 预拼装

1 1 级实体预拼装的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 中表 9.2.3 的规定。2 级、3 级、4 级应符合该表中规定值的 1/2。

检查数量：按预拼装单元全数检查。

检验方法：应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 中表 9.2.3 的规定。

2 预拼装效果须得到建筑师确认。

8.7 钢结构安装工程

8.7.1 裸露地脚螺栓

1 基础顶面直接作为柱的支承面或以基础顶面预埋钢板或支座作为柱的支承面时，其支承面、地脚螺栓（锚栓）位置的允许偏差应符合表 8.7.1-1 的规定。

检查数量：1 级按柱基数抽查 20%，且不应少于 6 个；2 级、3 级、4 级按柱基数抽查 100%。

检验方法：用经纬仪、水准仪、全站仪、水平尺和钢尺实测。

表 8.7.1-1 支承面、地脚螺栓（锚栓）位置的允许偏差（mm）

项目		1 级	2 级、3 级、4 级
支撑面	标高	± 3.0	± 2.0
	水平度	$L/1000$	$L/1500$
地脚螺栓（锚栓）	螺栓中心偏移	5.0	3.0
预留孔中心偏移		10.0	5.0

备注：L 为顶板边长。

2 地脚螺栓（锚栓）尺寸的偏差应符合表 8.7.1-2 的规定。

检查数量：1 级按基础数抽查 10%，且不应少于 3 处；2 级、3 级、4 级按基础数抽查 20%，且不应少于 6 处。

检验方法：用钢尺现场实测。

表 8.7.1-2 地脚螺栓（锚栓）尺寸的允许偏差（mm）

螺栓（锚栓） 直径	项目			
	螺栓（锚栓）外露长度		螺栓（锚栓）螺纹长度	
	1 级	2 级、3 级、4 级	1 级	2 级、3 级、4 级
$d \leq 30$	0	2	0	2
	$+1.2d$	5	$+1.2d$	5
$d > 30$	0	5	0	5
	$+1.0d$	10	$+1.0d$	10

8.7.2 钢柱安装

钢柱安装时，上下柱连接处错口，1 级不大于 2mm，2 级、3 级不大于 1mm，4 级不大于 0.5mm。

检查数量：1 级按钢柱数抽查 10%，且不应少于 3 件；2 级、3 级按钢柱数抽查 20%，且不应少于 6 件；4 级按钢柱数抽查 100%。

检验方法：塞尺测量。

8.7.3 钢梁（桁架）安装

钢桁架、钢梁、次梁安装时，对接时的错边 1 级不大于

2mm，2级、3级不大于1mm，4级不大于0.5mm。

检查数量：1级按同类构件数抽查10%，且不应少于3个；2级、3级按同类构件数抽查20%，且不应少于6个；4级按钢柱数抽查100%。

检验方法：塞尺测量。

8.7.4 钢网架、网壳结构安装

钢网架、网壳安装时，杆对接时的错边1级不大于2mm，2级、3级不大于1mm，4级不大于0.5mm。

检查数量：1级按同类构件数抽查10%，且不应少于3个；2级、3级按同类构件数抽查20%，且不应少于6个；4级按钢柱数抽查100%。

检验方法：塞尺测量。

8.8 涂 装 工 程

8.8.1 表面处理

1 涂装前钢材表面除锈应符合设计要求和国家现行有关标准的规定。处理后的钢材表面不应有焊渣、焊疤、毛刺、灰尘、油污和水等。当设计无要求时，钢材表面除锈等级应符合表8.8.1规定。

表 8.8.1 各种底漆或防锈漆要求最低的除锈等级

涂料品种	最低除锈等级
富锌底漆、磷化底漆	Sa2½
其他环氧类涂料	Sa2
聚氨酯、醇酸、丙烯酸环氧、丙烯酸聚氨酯等底漆	Sa2 或 St3
喷锌、喷铝及相关合金	Sa3

检查数量：Ⅰ级按构件数抽查10%，且同类构件不少于3件；Ⅱ级、Ⅲ级、Ⅳ级按构件数抽查20%，且同类构件不少于6件。

检查方法：用铲刀检查和用现行国家标准《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 规定的图片对照观察检查。

2 喷射清理的粗糙度宜控制在 $40\mu\text{m}\sim 75\mu\text{m}$ 范围，且不大于涂层厚度 $1/3$ ，并满足防腐底漆产品说明书的要求。

检查数量：Ⅰ级按构件数抽查 20%，且不应少于 6 个；Ⅱ级、Ⅲ级、Ⅳ级按构件数抽查 100%。

检验方法：用粗糙度对比样板检查。

8.8.2 涂装工艺评定

当施工单位首次采用某涂料和涂装工艺时，应按现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 附录 D 的规定进行涂装工艺评定，评定结果应满足设计要求并符合国家现行标准的要求。

检查数量：全数检查。

检验方法：检查涂装工艺评定报告。

8.8.3 涂装施工过程的记录

施工单位应根据涂装工艺要求如实记录施工过程的关键参数，完成涂装记录报告。

检查数量：全数检查。

检验方法：检查涂装记录报告。

8.8.4 防火涂料涂装

1 防火涂层膜厚在涂覆面漆前应检查完毕，确保所有位置满足项目要求，且找平材料的厚度不能计入防火涂层的厚度。

2 防火涂层的平整度、完整性、机械性能在涂覆面漆前应检查完毕，满足对应外观等级的平整度要求。

3 对于允许使用涂层找平材料的情况，找平材料的厚度不得超过规定。

8.8.5 防腐涂料涂装

1 无防火和膨胀型防火体系的最终涂装外观要求应符合表 8.8.5-1 的要求。

表 8.8.5-1 无防火和膨胀型防火体系的最终涂装外观要求

等级及要求 指标	B-I 级	B-II 级	B-III级	B-IV级	自定义
内边角（T 接）			平滑过渡		自选
外边角（板边角）			平滑过渡		自选
刷痕、辊痕、压枪叠痕	按防腐要求	轻微	不允许		自选
流挂、皱皮	按防腐要求	轻微	不允许		自选
漆雾、毛刺、杂质、颗粒等	按防腐要求	轻微	不允许		自选
表面平整度	目视：均匀、饱满		手触摸：平整、光滑+目视：均匀、饱满		自选
光泽度偏差	无需检测		产品标注范围内		自选
起泡、开裂、针孔、裂纹	不允许				

2 非膨胀型防火体系的最终涂装外观要求应符合表 8.8.5-2 的要求。

表 8.8.5-2 非膨胀型防火体系的最终涂装外观要求

外观品质等级 指标项	H-I 级	H-II 级	H-III 级	H-IV 级	自定义
内边角（T 接）			平滑过渡		自选
外边角（板边角）			平滑过渡		自选
刷痕、辊痕、压枪叠痕	允许	轻微	不允许		自选
流挂、皱皮	不允许	不允许	不允许		自选
漆雾、毛刺、杂质、颗粒等	有颗粒感	细微颗粒	细腻	很细腻	自选
表面平整度	目视基本 均匀平整	目视平整	目视平整、 棱线平直	手触摸平 整、光滑、 棱线平直	自选
光泽度偏差	无需检测	产品标注范围内			自选
起泡、开裂、针孔、裂纹	不允许				

附录 A 外观等级参考样板

表 A.0.1 外观等级参考样板（一）

外观品质等级	一般钢结构
无防火涂层体系	
膨胀型防火涂层体系	

表 A.0.2 外观等级参考样板 (二)

外观品质等级	A 级
无防火涂层体系	
膨胀型防火涂层体系	
非膨胀型防火涂层体系	

表 A.0.3 外观等级参考样板 (三)

外观品质等级	B 级
无防火涂层体系	
膨胀型防火涂层体系	
非膨胀型防火涂层体系	

表 A.0.4 外观等级参考样板（四）

外观品质等级	C 级
无防火涂层体系	
膨胀型防火涂层体系	
非膨胀型防火涂层体系	

表 A.0.5 外观等级参考样板 (五)

外观品质等级	D 级
无防火涂层体系	
膨胀型防火涂层体系	
非膨胀型防火涂层体系	

附录 B 制作安装等级参考样板

表 B.0.1 制作安装等级参考样板

0 级	1 级
	
	
4 级	
	

本标准用词说明

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：
正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；
- 2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：
正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；
- 3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：
正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；
- 4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

引用标准名录

- 1 《钢结构通用规范》GB 55006
- 2 《钢结构设计标准》GB 50017
- 3 《钢结构工程施工规范》GB 50755
- 4 《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205
- 5 《钢结构焊接规范》GB 50661
- 6 《建筑钢结构防火技术规范》GB 51249
- 7 《钢结构防火涂料》GB 14907
- 8 《热轧钢板和钢带的尺寸、外形、重量及允许偏差》GB/T 709
- 9 《热轧钢板表面质量的一般要求》GB/T 14977
- 10 《热轧型钢》GB/T 706

- 11 《结构用无缝钢管》GB/T 8162
- 12 《结构用直缝埋弧焊接钢管》GB/T 30063
- 13 《低压流体输送用焊接钢管》GB/T 3091
- 14 《铸钢件 超声检测 第1部分：一般用途铸钢件》GB/T 7233.1
- 15 《铸钢铸铁件 磁粉检测》GB/T 9444
- 16 《铸件 尺寸公差、几何公差与机械加工余量》GB/T 6414—2017
- 17 《表面粗糙度比较样块 第1部分：铸造表面》GB/T 6060.1
- 18 《铸造表面粗糙度 评定方法》GB/T 15056
- 19 《色漆和清漆 防护涂料体系对钢结构的防腐蚀保护》GB/T 30790
- 20 《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
- 21 《涂敷涂料前钢材表面处理 表面清洁度的目视评定 第3部分：焊缝、边缘和其他区域的表面缺陷的处理等级》GB/T 8923.3
- 22 《焊缝符号表示法》GB/T 324
- 23 《建筑结构制图标准》GB/T 50105
- 24 《铸钢结构技术规程》JGJ/T 395
- 25 《建筑用钢质拉杆构件》JG/T 389
- 26 《建筑结构用冷成型焊接圆钢管》JG/T 381
- 27 《建筑钢结构防腐蚀技术规程》JGJ/T 251
- 28 《铸钢节点应用技术规程》CECS 235
- 29 《钢结构防火涂料应用技术规范》T/CECS 24

团 体 标 准

建筑裸露钢结构外观品质分级
技术标准

T/CSCS 049 - 2023

条 文 说 明

目 次

1	总则	48
3	基本规定	49
4	外观品质分级要求	51
5	设计	53
5.1	一般规定	53
5.2	构件设计	54
5.3	节点及支座设计	55
5.4	连接设计	56
5.5	防腐、防火涂装设计	56
5.6	视觉样板要求	58
6	制作与安装	59
6.1	一般规定	59
6.2	钢结构深化设计	59
6.3	下料与构件组装	59
6.4	焊接与栓接	60
6.6	表面修整	60
6.7	预拼装	60
7	涂装	61
7.1	一般规定	61
7.3	车间涂装	65
7.4	包装、运输与堆放	66
7.5	现场涂装	66
7.6	服役期间的维修与保养	66
8	检验与验收	68

8.2 原材料验收	68
8.5 钢零件及钢部件加工	68
8.6 钢构件外形尺寸	68

1 总 则

1.0.1 国内此前没有裸露钢结构的针对性规范，通常依据国家现行标准《钢结构设计标准》GB 50017、《建筑钢结构防火技术规范》GB 51249、《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205、《钢结构防火涂料应用技术规程》T/CECS 24、《建筑钢结构防腐技术规程》JGJ/T 251 等钢结构相关规范进行设计、施工、验收。国际上美国、加拿大和澳大利亚等国对建筑裸露钢结构的设计、制造、安装和涂装等都有专门的规定和技术要求，比较常用的包括：美国钢结构协会标准《Code of Standard Practice for Steel Building and Bridges》AISC-303-2016 的 Section10 “Architecturally Exposed Structural Steel”、加拿大钢结构协会标准《CISC Code of Standard Practice》的 Appendix I “Architecturally Exposed Structural Steel (AESS)” 和指南《CISC Guild for Specifying Architecturally Exposed Structural Steel》2011、澳大利亚钢结构标准 ASI《Architecturally Exposed Structural Steelwork, Code of Practice (for Fabricators)》等。各国的规范指南都采用了同样的基于视觉呈现距离以及对外观效果的苛刻程度的 AESS 外观级别分类，共分为 AESS1、AESS2、AESS3、AESS4、AESS5 5 个级别，并采用要素控制矩阵表和样板照片定义各个级别的要求。

1.0.2 人行天桥、景观桥梁、栈道、小品、构筑物等有类似外观品质需求的钢结构可参考本标准执行。

3 基本规定

3.0.2 建筑裸露钢结构的外观品质等级的确定需要考虑多种因素，一般由建筑师主导、综合业主和结构工程师的意见后最终选定。

3.0.3 基于建筑裸露钢结构的成本明显高于普通钢结构且外观品质等级越高成本增加越显著这一情况，建议根据具体情况细化不同部位的外观品质等级要求。

3.0.4 相比普通钢结构，建筑裸露钢结构的成本会有明显的增加。成本的增加主要源于以下两个方面：

1) 制作安装等级提高需要更精细的制作工艺、更多的后期处理以及更精准的安装，制作和安装工作量大幅增加，由此导致人工、机械、措施、材料损耗等的大量增加；

2) 涂装等级的提高需要采用更高品质的涂装材料和更精细的工艺，由此导致材料和人工费用的大量增加。

对于同样的外观品质等级，当采用无防火或膨胀型防火涂层体系时，对制作安装等级的要求与采用非膨胀型防火涂层体系的有明显不同；不同形式的构件和节点对制作安装等级的敏感性也有很大差异。因此，无法对给定外观品质等级的建筑裸露钢结构给出统一的成本增加比例值，需要根据具体工程的情况进行细致分析和测算。目前国内尚无相关的统计数据，表 1 所列加拿大钢结构协会 CISC 对各制作外观品质等级的建筑裸露钢结构构件对比普通钢结构构件综合成本的大致增加范围，其外观品质等级 AESS1 级、AESS2 级、AESS3 级、AESS4 级、AESSC 级总体上分别相当于本标准制作安装等级的 1 级、2 级、3 级、4 级和自定义级。CISC 的上述统计均为针对无防火涂层或膨胀型防火涂层的情况。

表 1 加拿大钢结构协会 CISC

外观品质 等级	非 AESS 钢结构	AESS1	AESS2	AESS3	AESS4	AESSC
制作安装成 本影响大致 范围	100%	120%~ 160%	140%~ 200%	160%~ 250%	200%~ 350%	120%~ 350%

4 外观品质分级要求

4.0.1 表中所列的视距值是作为设计者确定不同外观品质等级时的参考数值。针对具体工程，设计者可根据对裸露钢结构构件的表达需求及构件的具体情况，如构件截面形式的变化位置等，自主确定裸露钢结构不同外观品质等级分界位置。

T 级适用于有特别设计意图的裸露钢结构或者采用特殊表面效果的材料（如耐候钢、不锈钢等）情况。对于具有不同于普通钢材表面处理和加工工艺要求的特殊材料和构件（如铸件等），必要时也可归入 T 级。

4.0.2 膨胀型防火涂料的漆膜厚度范围约 1.5mm~10.0mm，非膨胀型防火涂料的涂层厚度范围约 10.0mm~60.0mm。无防火涂层体系和膨胀型涂层体系对钢结构制作表面缺陷的掩饰能力弱，非膨胀型防火涂层体系对钢结构制作表面缺陷的掩饰能力强，因此，为达到相同的外观品质等级，前者对钢结构的制作安装等级要求明显高于后者。当膨胀型涂层体系的防火涂料厚度超过 4mm 时，开始具备一定的缺陷掩饰能力，因此可以适当降低对制作安装等级的要求，可降低程度与防火涂层的厚度正相关。需要注意的是，较厚的膨胀型防火涂料的掩饰能力是需要结合额外的“补刮、找平、打磨”等施工工艺才能实现的，常规的喷涂并不能直接掩饰制作表面的缺陷。

4.0.3 建筑裸露钢结构的制作安装等级分为由低到高的 0 级、1 级、2 级、3 级、4 级和自定义级共六级，其中 0 级为按常规钢结构要求制作安装的普通裸露钢结构。每个等级与一组制作安装要求相关联，高等级构件应同时满足低等级构件的所有要求；自定义级为设计对构件提出特定的制作安装要求。本条为制作安装的原则性基本要求，具体定量的细节要求详见本标准第 6、8 章。

4.0.4 建筑裸露钢结构的防火涂层体系可分为无防火涂层体系、膨胀型防火涂层体系和非膨胀型防火涂层体系三种。无防火涂层体系指由单独的防腐涂层构成，膨胀型涂层体系指由防腐和膨胀型防火涂层构成，非膨胀型防火涂层体系指防腐、非膨胀型防火涂层构成。

无防火涂层体系和膨胀型涂层体系的外观品质更多来自钢结构制作安装等级和防腐中间漆（防火涂料）及防腐面漆的品质效果，比如颗粒度、细腻度和光滑度等。当膨胀型漆膜在 2mm～3mm 时，面漆效果取决于钢材制作等级以及防腐底漆和中间漆的细腻、光滑与平整度，形成保持钢材本色的效果。当漆膜超过 4mm 时，其厚度对建筑外观的呈现已经弱化了基层钢材效果，此时的建筑外观品质更多来自面漆的效果。膨胀型防火涂层表面上的面漆应不影响防火涂料的自由膨胀或涂层体系通过防火性能论证。

非膨胀型防火涂层体系由于涂层厚度通常在 10mm 以上，涂层厚度将钢结构制作安装等级对外观品质的影响大大削弱，其外观品质取决于非膨胀涂料颗粒度和抹平工艺效果，以及更高外观品质等级要求的防火涂层表面腻子找平层的精细做法。

选择涂层体系时，除满足结构防火要求和外观需求外，同时还应考虑涂层的长期使用性能，如紫外线、高温、高湿等环境因素的影响、使用过程中可能的碰撞和振动变形等因素造成的涂层剥落等，以及局部破坏的可修复性。

本条为涂层体系等级的原则性基本要求，具体定量的细节要求详见本标准第 7 章。

涂装表面效果评判的标准基于户外白天的良好光照条件、正视角，良好视力指裸眼视力或矫正视力 1.0 及以上。B-Ⅲ级、B-Ⅳ级、H-Ⅲ级、H-Ⅳ级可通过近距离用手触摸方式辅助评判表面缺陷及平整度。

5 设 计

5.1 一 般 规 定

5.1.2 不同类型或功能的建筑物，如商业综合体、机场、车站、展览、体育场馆等，使用人员与裸露钢结构的接近程度不同，对裸露钢结构的关注度也有很大不同；根据观察者视点与裸露钢结构的距离，包括平视距离、仰视距离、俯视距离的不同，可选择不同外观品质等级，并应考虑可能的物体碰触对涂装的需求，对于可近距离接触或抵达的部位，应选用较高的外观品质等级；裸露钢结构的照度条件差时可适当降低外观品质等级，当使用的灯光容易突出裸露钢结构细节时应提高外观品质等级，设计师也应与室内照明设计师进行沟通，综合考虑灯光效果与裸露钢结构外观品质效果的协调性；裸露钢结构与机电管线、吊顶装饰等同时可见时，其外观品质等级应与所处的环境特征相匹配；防火涂层体系的选择对建筑裸露钢结构的外观效果也会带来影响，同样外观品质等级的建筑裸露钢结构，不采用防火涂层、采用膨胀型防火涂层和采用非膨胀型防火涂层，其表面的质感是有差异的。当建筑裸露钢结构与铝合金、玻璃、木材、不锈钢等精细度相对较高的材料混合使用时，应考虑不同材料及系统的配合度，选择外观品质等级也宜适当提高。

上述情况都是确定建筑钢结构外观品质等级的主要考虑因素。

同一建筑空间中，不同部位的构件离开观察者距离的不同时，可以采用不同的外观品质等级要求。如图 1 所示的 Y 形钢柱及其支撑的钢屋盖，柱的直段距视线的距离从可贴近到 10m 左右，由于该范围为统一的截面形式，不宜在 6m 位置区分外观级别，因此统一定为 C 级；Y 形柱的分叉及柱顶的天窗部位屋

盖构件，在光照下也有很好的展示度，但可视距离都在 10m 以上，可以定为 B 级；天窗以外的屋盖构件都有吊顶包覆，不属于裸露钢结构构件，因此无外观品质等级要求。

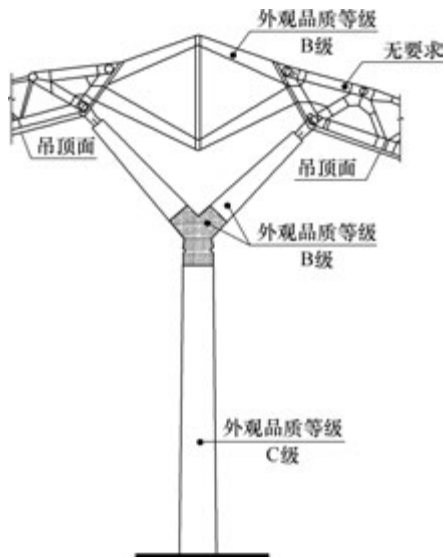


图 1 外观品质等级分级示例

设计文件一般包括图纸和技术规格书，对于复杂结构还可采用三维模型来明确外观品质等级要求。明确需满足建筑裸露钢结构要求的部位时应包括构件、连接和节点等。概算文件应体现裸露钢结构成本等相应的内容。

5.2 构件设计

5.2.1 截面可分为常规截面和异形截面，常规截面形式通常包括圆形、方形、H 形、箱形、L 形、槽形等；异形截面可选用椭圆形、三角形、十字形、梯形、直边与弧形组合等。设计意图为弱化结构杆件对空间的干扰达到消隐效果时，可采用圆管或圆弧形裸露形态的构件；设计意图为强化表达结构线条、突出形态

和质感时，可采用 H 型钢、角钢、槽钢、箱型钢等杆件截面形式。异形截面加工难度大，通常在外观品质等级较高、作为重要展示的构件上采用，如在外观品质等级 B 级及以下时采用则显得大材小用。

5.2.2 圆管采用卷制或压制等冷成型工艺时，外观效果与成型工艺密切相关，应选用合适的加工设备和工艺。此外，还需考虑径厚比对设备加工能力及构件冷加工的材料韧性影响，径厚比过小时，会在成型后管材内产生较强的冷作硬化效应，导致材质脆化而强度提高，但延性、塑性、冲击韧性及焊接性能会显著降低。参考《建筑结构用冷成型焊接圆钢管》JG/T 381 - 2012 的附录 B 中钢管规格，径厚比不宜小于 20。

5.2.3 采用热轧成品、冷弯型钢替代焊接型钢，可以大大减少施工过程中的焊缝及焊缝打磨工作量，有利于提高建筑裸露钢结构构件的表观质量，应优先采用。当构件采用热轧、冷弯型钢，节点采用焊接时，应保证接口处的平顺连接。薄壁焊接截面在加工及安装过程中的变形控制难度较大，选用时应注意。

5.2.4 可结合壁厚调整、材质变化等方式在满足受力需求的同时控制桁架构件的外形尺寸，但截面厚度、材质不宜多次变化，并应处理好错边、焊缝外观缺陷。

5.3 节点及支座设计

5.3.2 杆件直接交会连接的节点形式一般包括铸钢焊接节点、相贯焊接节点、球节点、鼓节点等。通过连接件（板）组合连接的节点一般包括毂节点、板铰节点、销轴节点等。刚性或半刚性节点一般采用构件直接交会连接的节点形式；铰接节点可采用连接板或销轴的节点形式，多根杆件铰接交会时也可采用连接板形式。设计意图为弱化结构节点对杆件连续性的干扰时，可采用杆件直接交会的方式；设计意图为强化表达结构节点的质感时，可采用与杆件质感反差较大的连接板形式。有外观要求的节点需注意加劲板设置不能影响外观效果。

5.3.3 无法避免时应研究通过调整施工时序解决焊接、除锈及涂装困难的可行性。

5.3.4 销轴连接是一种常用于表现结构机械特点的铰接节点，适用于铰接柱脚或拱脚以及拉索、拉杆端部等部位，可分为单向铰接和万向铰接。销轴与耳板直接配套形成单向铰接，销轴与万向关节轴承、耳板配套形成万向铰接。销轴节点承受面外剪力较大时，需复核盖板螺栓受力要求，可能影响盖板外观。当销轴直径大于 120mm 时，宜采用锻造加工工艺制作。

5.4 连接设计

5.4.1 杆件连接处特别是现场实施的连接处的外观效果，是建筑裸露钢结构处理难度最大的部位，因此应尽量减少外露部位的连接。对于外露部位的连接，当需表现干净、简洁的外观效果时，宜采用焊接连接；当需表现工业感或粗犷的美感时，可采用螺栓连接方式。

5.4.3 涂层摩擦面的抗滑移系数取值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。

5.5 防腐、防火涂装设计

5.5.1 建筑裸露钢结构的涂装体系应先根据防火设计确定是否需要防火涂料及采用的涂层体系，再结合外观品质等级、对钢材表面细节的显示程度等要求确定组成防腐、防火、找平层材料、表现效果的各分层材料、厚度和做法。

无防火涂层体系本身不具备防火保护能力，需根据火荷载大小、分布距离以及钢管有无内灌混凝土的情况，通过消防性能化分析、并经消防审批部门批准后，方可用于有耐火极限需求的建筑裸露钢结构；无防火涂层体系具有最高的表面硬度和耐久性，但由于漆膜厚度最小，对钢构件表面缺陷的遮蔽能力最弱，在同样外观等级情况下，对构件制作要求最高。

膨胀型防火涂层体系适用于 1.5h 及以下耐火极限的建筑裸

露钢结构构件，当超 1.5h 耐火极限需求时，同样需根据火荷载大小、分布距离以及钢管有无内灌混凝土的情况，通过消防性能化分析、并经消防审批部门批准方可采用。膨胀型防火涂层体系的表面硬度和耐久性略低于无防火涂层体系，对钢构件表面缺陷的遮蔽能力略高，同时防火涂层自身的平整性受材料和施工的影响较大。

非膨胀型防火涂层体系能满足各种耐火极限的需求。由于防火涂料本身的厚度大，并可以采用涂层找平材料对其表面进行修正，较易实现对钢构件表面缺陷的遮蔽，对钢构件的制作安装精度要求较低。但其表面硬度在三种涂层体系中最低，在人员容易触碰处的使用需谨慎。同时，需注意涂层厚度对构件截面尺寸增大的影响，当构件截面较小时，这一影响更为明显。对于非平直的表面，比如锥形圆管，实现平顺统一的表面效果难度也很大。

裸露预埋件及连接螺栓的锈蚀对外观影响较大，钢结构中常用紧固件如高强螺栓，因其特殊的加工工艺，与钢结构主材的特性有所差别，有些母材的防腐措施（如热镀锌、喷砂后涂防锈漆等工艺）对高强螺栓已不适用，应结合环境腐蚀情况明确防腐要求。

5.5.2 建筑裸露钢结构的涂装配套外观效果应重视其耐久性，除了考虑整体油漆的耐久性之外，还应考虑面漆耐候性能。不同种类的面漆有不同的特性，如聚氨酯面漆有较好的耐磨损性，聚硅氧烷面漆耐紫外线性好，氟碳面漆保光保色性好。涂层厚度和涂层颜色的选择应综合考虑，薄涂层或高光泽度面漆对构件表面细节的显示程度高，厚涂层、哑光或斑驳面漆容易实现平整外观的视觉效果。不同色系的颜色，即便面漆类型相同，视觉效果也不一样，污染严重地区的室外采用白色或其他浅色涂层时容易老化，将影响外观，设计时应谨慎采用；金属色面漆很难完全消除外观阴影，当外观品质等级为 D 级时应谨慎采用。当光泽度要求较高时，面漆外宜配置一道厚度不小于 20 μm 的清漆。

5.5.4 钢结构构件制作的平整度特别是焊缝的打磨平整度以及

膨胀型防火涂料本身施工的平整度，是保证膨胀型防火涂料表面平整的基本条件。为确保涂层体系的防火功能不受影响，不建议在膨胀型防火体系中依靠涂层找平材料进行找平：当涂层找平材料涂覆在防火涂层表面时，会约束膨胀型防火涂料的膨胀；涂覆在防火涂层下面时，高温下腻子层内应力增大，容易开裂脱落进而导致上覆的防火涂层一起脱落。当必须采用涂层找平材料进行局部基层找平时，选用的涂层找平材料应具备与膨胀型防火涂料作为完整防火系统的性能，并经试验论证，具体见本标准第 7.3 节的相关要求。

5.6 视觉样板要求

5.6.5 视觉样板对控制外观品质等级十分重要，是检验施工工艺、控制验收标准的必要环节，特别是 C 级及以上等级，应明确视觉样板的部位、审批流程要求。设计人对视觉样板的评估包括打磨后涂装前、涂装后这两个阶段。

6 制作与安装

6.1 一般规定

6.1.1 建筑裸露钢结构的专项施工方案中应包含下料、组装、连接、表面修整、预拼装、运输、堆放、起吊、临时连接措施、安装、涂装及修补、成品保护、工艺验证等内容。

6.2 钢结构深化设计

6.2.4 焊缝位置优化，在满足结构设计要求情况下，将原裸露处焊缝变更至有外装饰遮盖的不可见部位；焊缝形式优化，角焊缝打磨难度高，打磨困难的部位在隐蔽验收后结合找平材料填充实现角焊缝的平滑过渡；焊缝尺寸优化，通过坡口形式的调整尽可能减少焊接量。上述焊缝优化应提前报设计单位审批。

6.3 下料与构件组装

6.3.1 制作安装等级 1 级的构件，钢结构表面通常不需要特殊处理，可以直接使用火焰切割或等离子切割；制作安装等级 2 级的构件，钢结构表面需要更精细地处理和装饰，包括切割出精确的形状和轮廓，采用激光切割或水刀切割可以获得平滑的边缘和细节；制作安装等级 3 级、4 级的构件，钢结构表面要求非常高的精度和装饰效果，可能涉及更复杂的切割形状、曲线和细节，通常需要定制的切割设备和工艺。因此常使用精密的激光切割、电火花切割或其他高精度的切割工艺。

6.3.5 临时用工装夹具、定位板、连接板等的拆除，严禁用锤击落，应在距离构件表面 3mm~5mm 处采用气割切除，残留的焊疤应打磨平整，且不得损伤母材。

6.4 焊接与栓接

6.4.6 当设计文件未明确涂层摩擦面底漆厚度时，该层漆膜厚可取 $40\mu\text{m}\sim 60\mu\text{m}$ 。

6.6 表面修整

6.6.3 当打磨手段不能满足要求时可考虑使用铣切等精加工手段；对于难以控制焊接变形的构件，需预先考虑加厚母材。

6.7 预拼装

6.7.1 预拼装的目的是确保构件符合建筑裸露钢结构外观要求，检验构件加工精度和螺栓的穿孔率，确保现场的顺利安装。

7 涂 装

7.1 一 般 规 定

7.1.1 基于涂装材料的多样性，对应施工工艺也有很大差异，本标准中无法对各涂装等级的工艺过程做出详细规定，各项目需根据所采用的产品情况选用针对性的施工工艺。

下面列举四个不同涂装体系、均按本标准的 D 级（相当于 AESS4）要求控制外观品质标准实际案例的主要施工工艺：

1 无防火体系（图 2）

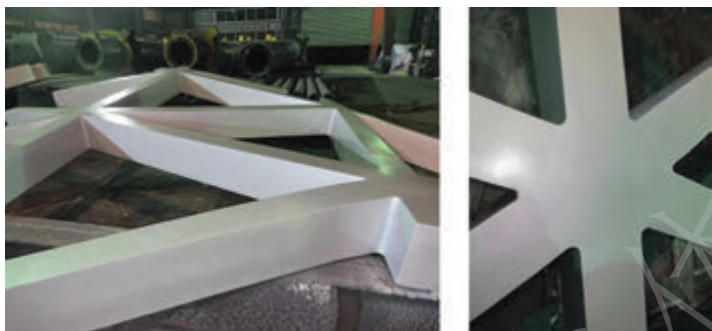


图 2 无防火体系

涂装配套：环氧富锌底漆 $60\mu\text{m}$ + 环氧云铁中间漆 $100\mu\text{m}$ + 氟碳面漆 $80\mu\text{m}$ 。

主要施工工艺：

- 1) 结构表面处理后的二次表面清理要求：结构缺陷和不平整需要在表面处理后、涂装前进行二次磨平处理和结构报验，残留涂层清除干净；
- 2) 底漆后中间漆前的处理要求：需采用强光手电筒对表面进行平整度检查，对不合格的部位采用黏稠的油漆

或腻子进行修复处理，根据修复情况，预计至少需要 2 次~3 次反复处理，直至强光手电筒侧面检查，无局部阴影。

3) 面漆喷涂。

2 单组分膨胀型防火体系（图 3）



图 3 单组分膨胀型防火体系

涂装配套：环氧富锌底漆 $80\mu\text{m}$ + 环氧云铁中间漆 $80\mu\text{m}$ + 水性丙烯酸膨胀型防火涂料 + 聚氨酯面漆 $100\mu\text{m}$ 。

主要施工工艺：

- 1) 表面预处理（A/B 类钢板，P2 处理等级）；
- 2) 喷砂除锈至 $\text{Sa}2\frac{1}{2}$ ，表面粗糙度 $\text{Rz}40\mu\text{m}\sim75\mu\text{m}$ ；
- 3) 正常施工底漆、中间漆；
- 4) 分层无气喷涂防火涂料，单道施工干膜约 $500\mu\text{m}$ ；
- 5) 防火涂料干燥 36h 后，手工砂纸打磨，表面整形；
- 6) 测量涂层厚度，将防火漆的涂层厚度按照区域予以标示；
- 7) 基于标示厚度，修喷 1 道~2 道防火漆；
- 8) 防火涂料厚度满足要求之后，在最终喷涂面漆前进行二次表面拉毛、整形；
- 9) 在覆涂间隔要求内，施工面漆至指定厚度。

3 双组分环氧膨胀型防火体系（图 4）



图 4 双组分环氧膨胀型防火体系

涂装配套：环氧富锌底漆 $60\mu\text{m}$ + 环氧云铁中间漆 $100\mu\text{m}$ + 双组分环氧膨胀型防火涂料 + 丙烯酸聚硅氧烷面漆 $80\mu\text{m}$ 。

主要施工工艺：

- 1) 表面预处理，所有结构额外突起的部位全部打磨平整至 ± 0.4 ；所有毛刺、局部高差、焊瘤、裂纹、气孔等缺陷不被允许；
- 2) 底漆/中间漆施工，干燥后用防火涂料对局部较不平整位置用防火涂料做刮平处理，重复经历 3 遍~5 遍，直至完全平整；
- 3) 防火涂料施工，喷涂，每道约 $1000\mu\text{m} \sim 1200\mu\text{m}$ ；
- 4) 对局部位置进行多次的平顺刮补防火涂料进行美化处理，待刮补的防火涂料干透后，采用动力贴片式砂磨机（约 120 目）对涂层表面进行磨顺处理，采用强光手电筒进行检查；重复上述步骤直至表面完全平整；
- 5) 面漆喷涂。

4 非膨胀防火体系（图 5、图 6）

涂装配套：环氧富锌底漆 $80\mu\text{m}$ + 环氧云铁中间漆 $80\mu\text{m}$ +

非膨胀型石膏基防火涂料 32mm+腻子 3mm~5mm+聚氨酯面漆 60 μ m。

主要施工工艺：

- 1) 抛丸喷砂除锈等级 Sa2 $\frac{1}{2}$ ；
- 2) 工厂喷涂防腐底漆 80 μ m，工厂（现场）喷涂防腐中间漆 80 μ m；
- 3) 防火基层（防腐中间漆面）清理；
- 4) 机械喷涂石膏基防火涂料，一次喷涂至指定厚度 32mm；
- 5) 防火涂层干燥后开始腻子批刮找平找形：批 3 遍腻子，打磨 2 遍，腻子层总厚 3mm~5mm；
- 6) 腻子层施工完毕后，喷涂 1 遍界面漆，2 遍聚氨酯面漆，单道厚度约 30 μ m。



图 5 非膨胀防火体系全景



图 6 非膨胀防火体系局部

7.1.2 近十几年，我国钢结构行业发展迅猛，但是钢结构防腐防火涂装领域尚存在诸多问题，多数设计院的设计文件关于防腐

防火的设计内容不够详实，涂料产品种类与品牌繁多，质量参差不齐，很多钢结构制造企业的涂装车间设备简陋，管理水平低下，施工作业的工人缺乏专业技能，交付的钢结构涂层质量堪忧，长期性能更是没有保障。钢结构涂装，已经是限制我国钢结构行业朝精细化、高质量发展的一大瓶颈。针对行业现状，中国钢结构协会防火与防腐分会，经过多年的调研、分析、研讨、总结，形成了一套中国钢结构涂装质量保障体系，其中包含涂装设计标准体系、涂料产品评价体系、涂装能力评估体系、涂装知识与技能培训体系、涂装工程质量保险与担保标准、涂装工程技术创新奖等六大板块。建筑裸露钢结构的涂装要求高于普通钢结构，因此，为了保障并提高建筑裸露钢结构的涂装质量与外观效果，中国钢结构涂装质量保障体系作为一套非常有效的管理体系，应参照执行。

7.3 车 间 涂 装

7.3.3

1) 无防火涂层体系涂层找平材料的打磨使用手工或动力工具整体进行，砂纸或磨片的规格为 300 目~400 目。找平通常需要使用手电筒水平照射表面才能更好地发现凹陷位置，找到后用记号笔标记。可能需要多次找平才能满足最终要求。

2) 当找平材料置于膨胀型防火涂料之下时，基于遮瑕修形的目的，可能会使得防火涂料之下的找平层过厚，从而导致防火涂料在实际火灾高温下过早脱落失去防火作用；如果将涂层找平材料置于防火涂料之上，可能会影响甚至阻止防火涂料的膨胀从而影响防火作用。因此，不应大面积采用找平材料修饰防火涂层表面平整度，仅允许进行局部改善，局部面积通常不应大于 1cm^2 。且应将找平材料作为膨胀型防火涂层体系的组成部分，按涂层系统的实际做法进行耐火测试，同时对使用涂层找平材料后的涂层结合力、耐候性、耐久性进行测试。

7.3.4 面漆涂覆宜使用有气喷涂设备，无气喷涂不宜用于最后

1 道面漆的喷涂。

7.4 包装、运输与堆放

7.4.1 完全固化视具体情况而定，防腐涂层常温下一般需要4d~7d；如果涂了防火涂料，时间可能会更长，存放位置可能需要另外安排，但无论如何，转移至其他位置以及存放期间要确保涂层不损坏，表面不被污染，且要给予空间继续挥发溶剂。包装材料通常采用 $\geq 10\text{mm}$ 厚 EPE 防振珍珠棉。

7.5 现场涂装

7.5.3 现场焊缝初步清理使用的附加磨片规格为100目~200目，清理完之后用300目~400目的附加磨片进行打磨。如有需要，现场焊接位置补涂中间漆/连接漆后用涂层找平材料找平，或在已有涂层的初步清理后用涂层找平材料找平。

7.5.4 考虑色差问题，面漆的重涂宜在一定范围内进行全面统喷，以获得均匀美观的外观。

7.6 服役期间的维修与保养

7.6.1 现行国家标准《色漆和清漆 防护涂料体系对钢结构的防腐保护》GB/T 30790 第1部分对钢结构防护涂层的设计年限进行了定义。按现行国家标准《色漆和清漆 涂层老化的评价 缺陷的数量和大小以及外观均匀变化程度的标识》GB/T 30789 对涂层失效程度进行评估，当达到某种程度时，应进行大修，而此前应定期进行检查、维护与保养。在定期检查中发现局部、轻微的缺陷，随即制订维修计划进行修补，可以有效地延迟大修。

7.6.2 由于面漆的树脂、颜料等材料的化学特性，其颜色光泽的化学变化往往早于涂层开裂脱落等物理变化，当发现肉眼可见的褪色失光之后，为保持裸露钢结构美观的外观，可仅仅重涂面漆，而不需要对整个涂层体系进行维修。鲜艳的颜色，相比浅淡

的颜色，褪色更容易被肉眼感知，因此面漆应选用颜色光泽保持性更持久的产品。

7.6.3 修补方案应考虑在现场条件包括：维修时间窗口、接近措施、除旧除锈工艺的选择性；涂料材料的干燥时间、复涂间隔、涂装方法、能否一次成型、对环境温度湿度的适应性、挥发性有机物含量 VOC、耐久性等。

7.6.4 可按现行国家标准《色漆和清漆 涂层老化的评价 缺陷的数量和大小以及外观均匀变化程度的标识 第 2 部分：起泡等级的评定》GB/T 30789.2、《色漆和清漆 涂层老化的评价 缺陷的数量和大小以及外观均匀变化程度的标识 第 3 部分：生锈等级的评定》GB/T 30789.3、《色漆和清漆 涂层老化的评价 缺陷的数量和大小以及外观均匀变化程度的标识 第 4 部分：开裂等级的评定》GB/T 30789.4 和《色漆和清漆 涂层老化的评价 缺陷的数量和大小以及外观均匀变化程度的标识 第 5 部分：剥落等级的评定》GB/T 30789.5 等，对涂层失效程度进行评估，当达到某种程度时，应进行大修。选择哪种程度，可结合项目情况进行综合分析判断。

8 检验与验收

8.2 原材料验收

本节原材料验收主要规定影响最终结构外观的平整度、尺寸偏差和外观要求。钢结构制作安装级别为 1 级允许偏差值不超过原材料标准，2 级、3 级、4 级允许偏差值为不超过原材料标准值的 1/2。

8.2.2 型材、管材的表面外观质量未找到相关标准要求，参照钢板要求。

8.5 钢零件及钢部件加工

8.5.3 对于一些钢板焊接而成的构件，存在自由边时其边缘质量对整体效果影响极大，故定此要求。

8.5.5

1 本款的目的是保证铸钢件与其连接的钢构件表面质量的统一。

2 本款主要是为了保证连接后结构的尺寸精度。

8.6 钢构件外形尺寸

8.6.2 预拼装是在钢结构安装前在地面体现拼装效果，设计现场查看确认可减少后期返修，保证质量。