

ICS号

中国标准文献分类号

团 体 标 准

T/CSCS TGXX XX—202X

建筑裸露钢结构技术标准

Technical Specification for Architecturally Exposed Steel Structural

(征求意见稿)

202X – XX –XX 发布

20XX – XX –01 实施

中国钢结构协会

发布

中国钢结构协会标准

建筑裸露钢结构技术标准

Technical Specification for Architecturally Exposed Steel Structural

T/CSCS TCXX XX—20XX

主编单位：XXX

批准单位：中国钢结构协会

施行日期：202X年X月X日

XXX出版社

202X年 北京

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和同济大学会同有关单位共同编制完成。

本标准在编制过程中，编制组进行了广泛的工程实例调研，认真总结了我国建筑暴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。

本标准共含有 7 章和条文说明。主要技术内容包括：1.总则；2.术语；3.基本规定；4.设计；5.制作与安装；6.涂装；7.检验与验收；附录。

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 17 楼，200011，
），以便今后修订时参考。

本标准编制单位、主要起草人和主审查人：

主编单位：

参编单位：

主要起草人：

主要审查人：

二零二三年 月 日

目录

1 总则	1
2 术语	2
3 基本规定	3
4 设计	7
4.1 一般规定	7
4.2 外观品质等级选择	7
4.3 构件设计	8
4.4 节点及支座设计	9
4.5 连接设计	10
4.6 防腐、防火涂装设计	11
4.7 视觉样板的设计要求	12
5 制作与安装	14
5.1 一般规定	14
5.2 钢结构加工详图	14
5.3 下料与构件组装	15
5.4 焊接与栓接	15
5.5 铸钢件	17
5.6 表面修整	18
5.7 预拼装	18
5.8 预埋及预埋件	19
5.9 安装施工	19
5.10 视觉样板的实施	20
6 涂装	21
6.1 一般规定	21
6.2 表面处理	21
6.3 车间涂装	22
6.4 包装、运输与堆放	23
6.5 现场涂装	23
6.6 维护与修补	24
7 检验与验收	25
7.1 一般规定	25
7.2 原材料验收	25
7.3 焊缝外观	27
7.4 连接节点	28
7.5 钢零件及钢部件加工	29
7.6 钢构件外形尺寸	32
7.7 单层、多高层钢结构安装工程	33
7.8 空间结构安装工程	40
7.9 涂装工程	43
7.10 最终外观验收	46
附录 A：外观分级视觉参考样板	1
附录 B：制作安装级别参考样板	2

本标准用词说明	1
引用标准名录	2

1 总则

1.0.1 为倡导钢结构防腐、防火、装饰一体化理念，统一钢结构外观品质等级标准，提高建筑暴露钢结构外观品质水平，推动钢结构的精细化发展，在安全可靠的基础上，做到技术先进、实用美观、经济合理，依据有关法律、法规，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于构件暴露于使用者视线范围且有外观品质需求的建筑钢结构的设计、施工、验收和检测。

条文说明：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。

1.0.3 建筑暴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 建筑暴露钢结构

指构件（涂装）表面直接暴露于使用者视线范围、且有外观品质需求的建筑钢结构。

2.0.2 外观品质等级

用于评判建筑暴露钢结构建成外观效果的分级标准。

2.0.3 视距

指观察者眼睛距建筑暴露钢结构构件的最近距离。

2.0.4 制作安装级别

用于评判钢结构制作安装精细程度的分级标准。

2.0.5 涂装级别

用于评判涂装表面效果的分级标准。

2.0.6 视觉样板

用于展示和评估建筑暴露钢结构实际建成外观效果的样板，包括足尺实物样板、比例实物样板模型、部件样品模型等形式。

2.0.7 涂层摩擦面

带有防腐底漆的高强螺栓连接摩擦面，其摩擦系数也在涂装底漆的条件下经抗滑移试验确定。

2.0.8 涂层找平材料

用于改善钢结构涂装表面平整度的一种装饰性质的材料，要求具有与原涂层相匹配的粘结强度、耐水性、耐久性等性能，并不能影响涂层体系的防火性能。

3 基本规定

3.0.1 建筑暴露钢结构应根据建筑物的功能和所处环境、暴露钢构件所处空间的使用情况、距离公众人群视线距离、视觉展示要求和可触摸情况、钢构件类型等因素，结合建设成本控制要求，综合确定其外观品质等级要求。

3.0.2 建筑暴露钢结构的设计应明确规定外观品质等级要求，并选择合适的构件形式、连接和节点形式，制作、涂装、安装应根据对应外观品质等级的相关要求实施，验收应针对外观品质等级的相关要求进行。

3.0.3 同一建筑的不同部位可采用不同的外观品质等级，同一构件的可见侧和不可见侧也可分别采用不同的外观品质等级。

3.0.4 在确定建筑暴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。

条文说明：

相比普通钢结构，建筑暴露钢结构的成本增加包括以下两个方面：

1. 制作安装级别等级提高需要更多的处理工艺与处理工作量，由此导致人工、机械、措施、材料损耗等的大量增加；

2. 涂装级别的提高需要采用更高质量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，对制作安装级别等级的要求明显高于采用非膨胀型防火涂层体系，二者的成本也有显著差异；同时，不同形式的构件和节点对制作安装级别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暴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，下表所列为加拿大钢结构协会 CISC 对各制作外观品质等级的建筑暴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、2、3、4、C 总体上分别相当于本标准制作安装级别的 1、2、3、4 和自定义级。

外观品质等级	AESS1	AESS2	AESS3	AESS4	AESS C
成本影响大致范围	+20% ~ +60%	+40% ~ +100%	+60% ~ +150%	+100% ~ +250%	+20% ~ +250%

3.0.5 建筑暴露钢结构的外观品质等级应根据完工时的外观品质进行评定，分为从低到高的 A、B、C、D 级以及自定义级 T 级。各外观品质等级的定义见表 3.0-1。

表 3.0-1 各外观品质等级定义表

外观品质等级	定义
A 级	基础级暴露构件。适用于位于建筑中较低展示度区域、且视距相对较大的暴露构件，构件加工和涂装需比普通钢结构有略高的工艺要求。
B 级	中距离呈现级暴露构件。适用于结构作为建筑设计意图的重要组成部分、且视距>6m（约）的暴露构件，构件外观需要体现良好的加工和涂装工艺。

C 级	近距离呈现级暴露构件。适用于结构作为建筑设计意图的重要组成部分、且视距≤6m（约）的暴露构件，构件存在潜在的被触摸可能性，构件应体现金属加工的艺术，表面涂装基本没有缺陷。
D 级	重点展示级暴露构件。适用于在建筑空间中被作为重要表达对象的构件，构件被触摸的可能性较高。金属加工的痕迹都经处理后不可见，表面涂装没有缺陷。
T 级	自定义级暴露构件。可在上述各级别的基础上，根据设计的意图提出特定的特征或属性的要求。

条文说明：

T 级适用于具有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如铸件等，必要时也可归入自定义级。

3.0.6 建筑暴露钢结构外观品质等级由钢结构制作安装级别和表面涂装级别共同确定，A~D 外观品质等级构件的外观效果参见附录 A 的视觉参考样本。

3.0.7 建筑暴露钢结构的制作安装级别分为由低到高的 0、1、2、3、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钢结构。每个级别与一组制作安装要求相关联，高级别构件应同时满足低级别构件的所有要求；自定义级为设计对构件提出特定的制作安装要求。各制作安装级别的基本要求见表 3.0-2，详细要求见第 5、7 章。

3.0.8 建筑暴露钢结构的涂层体系包括无防火涂层体系、膨胀型防火涂层体系和非膨胀型防火涂层体系三种，应综合结构防火要求和外观品质等级需求选定涂层体系。

3.0.9 按涂装表面效果标准由低到高，无防火涂层体系、膨胀型防火涂层体系可分为 B-I、B-II、B-III、B-IV 级和自定义级共五个涂装级别，非膨胀型防火涂层体系可分为 H-I、H-II、H-III 级三个涂装级别，各涂装级别的表面效果应满足表 3.0-3、3.2-4 的要求。

表 3.0-2 钢结构制作安装级别基本要求表

制作安装级别		0	1	2	3	4	自定义
序号	要求						
0	符合《钢结构工程施工质量验收标准》GB50205-2020	■	■	■	■	■	■
1.1	焊缝外观连续	○	■	■	■	■	△
1.2	外露衬垫板去除	○	■	■	■	■	△
1.3	铸钢件铸造圆角均匀平滑过渡	○	■	■	■	■	△
2.1	各项误差按《钢结构工程施工质量验收标准》GB50205-2020 要求的 $\frac{1}{2}$ 控制	○	○	■	■	■	△
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允许存在不大于 1.0mm 的焊缝余高, 并均匀平滑	○	○	■	■	■	△
2.4	外露角焊缝鱼鳞纹均匀整齐	○	○	■	■	■	△
3.1	轧制痕迹消除	○	○	○	■	■	△
3.2	外露对接焊缝表面打磨至去除焊缝余高	○	○	○	■	■	△
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方向摆放	○	○	○	■	■	△
3.5	构件对接无错边	○	○	○	■	■	△
3.6	铸钢件浇冒口、补贴根部打磨光滑	○	○	○	■	■	△
3.7	铸钢件外表面打磨至 Ra25	○	○	○	■	■	△
3.8	铸钢件外表面无明显凹凸	○	○	○	■	■	△
4.1	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	○	○	○	○	■	△
4.2	外露角焊缝磨掉鱼鳞纹, 表面呈下凹均匀过渡到母材, 不得采用填缝材料填充	○	○	○	○	■	△
4.3	焊接管材制作焊缝打磨平整	○	○	○	○	■	△
4.4	内部加劲板的焊缝在构件外表面的焊痕打磨至不可见	○	○	○	○	■	△
4.5	构件表面(包括构件间过渡)填充和喷砂至平顺	○	○	○	○	■	△
4.6	铸钢件外表面达到观赏效果	○	○	○	○	■	△

注：■表示“必须满足”，○表示“可不满足”，△表示“设计自选”

表 3.0-3 无防火和膨胀型防火涂层体系表面效果标准表

涂装级别	涂装表面效果标准
B-I	6 米距离良好视力裸眼观察，涂层漆膜没有明显的缺陷，表面允许稍有不平
B-II	6 米距离良好视力裸眼观察，涂层漆膜没有明显的缺陷，表面平整，允许有局部阴影
B-III	1 米距离良好视力裸眼观察，涂层漆膜基本没有缺陷，表面平整，允许有局部阴影
B-IV	0.5 米距离良好视力裸眼观察，涂层漆膜没有缺陷，表面平整，且没有影响美观的阴影
自定义	根据设计意图专门确定

表 3.0-4 非膨胀型防火涂层体系表面效果标准表

序号	特征
H-I	6 米距离良好视力裸眼观察，涂层漆膜没有明显的缺陷，表面允许稍有不平，有颗粒感
H-II	6 米距离良好视力裸眼观察，涂层漆膜没有明显的缺陷，表面平整，仅有轻微的颗粒感
	涂层的整体效果没有笨重的感觉
H-III	1 米距离良好视力裸眼观察，涂层漆膜没有缺陷，表面平整，无颗粒感，允许有局部阴影
	构件整体效果看不到厚型非膨胀型防火涂料的存在

3.0.10 各外观品质等级的建筑暴露钢结构应按表 3.0-5 确定其构件制作安装级别和涂装级别。

表 3.0-5 外观品质等级与构件制作安装级别、涂装级别对应表

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

4 设计

4.1 一般规定

4.1.1 在满足《钢结构通用规范》GB55006、《钢结构设计标准》GB50017 等普通钢结构设计要求的基础上，建筑暴露钢结构的构件和连接、节点的设计应特别关注建筑美学需求。

条文说明：

不同的建筑可能有不同的建筑美学追求，包括但不限于平衡、形状、对称性、精致性等要素。

4.1.2 设计文件应明确需满足建筑暴露钢结构要求的部位，并结合耐火极限需求及涂层体系情况明确所有部位需达到的外观品质等级。

条文说明：

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。明确需满足建筑暴露钢结构要求的部位时应包括构件、连接和节点等。

4.1.3 设计文件中应明确建筑暴露钢结构的加工详图要求，外观品质等级 B 级及以上宜明确 BIM 模型要求、预拼装要求、样品和实物样板要求等内容，外观品质等级 C 级及以上宜明确特殊精度要求等内容。

4.2 外观品质等级选择

4.2.1 建筑师与结构工程师应根据希望达到的外观效果及暴露钢结构距离公众视线的距离，经充分评估后确定采用建筑暴露钢结构的部位及外观品质等级要求。

条文说明：

建筑暴露钢结构的成本会明显高于普通钢结构，外观品质等级越高成本增加越高。应根据具体情况分别确定不同的外观等级要求，不宜将低等级的建筑暴露钢结构都指定为高等级的建筑暴露钢结构。

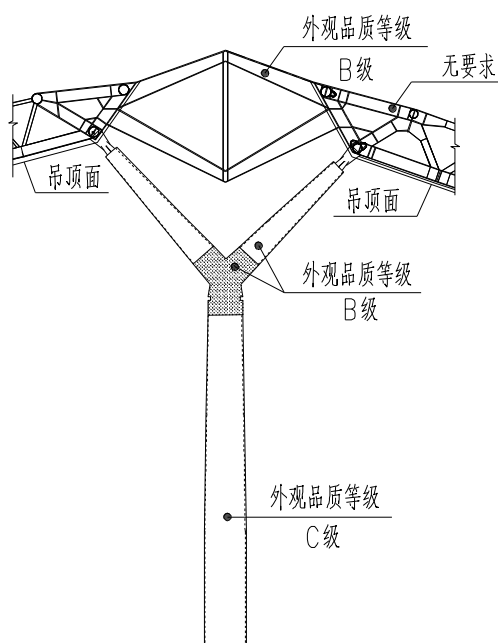
4.2.2 建筑暴露钢结构的外观品质等级选择应考虑以下因素：建筑物的类型与功能，人视点与暴露钢结构的距离，构件所处的光照条件和环境特征，防火设计对涂层体系的要求等。

条文说明：

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，使用人员与外露钢结构的接近程度不同，对外露钢结构的关注度也有很大不同；根据人视点与暴露钢结构的距离，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；暴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暴露

钢结构细节时应提高外观品质等级，反过来，设计也应与室内照明设计师进行沟通，综合考虑灯光效果与暴露钢结构外观品质效果的协调性；暴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；防火设计对涂层体系的需求对建筑暴露钢结构可能实现的最高外观品质等级也会带来限制，采用非膨胀型防火涂料时，构件能够达到的最高外观品质等级一般为C级。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，因不同部位的构件离开观察者距离的不同，可以采用不同的外观品质等级要求。如图所示的Y形钢柱及其支撑的钢屋盖，柱的直段距离视线的距离从可贴近到10m左右，可规定为C级；Y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，但离开人眼距离都在10m以上，可以定位B级；天窗以外的屋盖构件都有吊顶包覆，不属于暴露钢结构构件，因此无外观品质等级要求。



4.2.3 建筑暴露钢结构与玻璃幕墙体系、不锈钢体系、木结构体系混合使用时，应考虑不同材料及系统的配合度，选择较高的外观品质等级。

4.3 构件设计

4.3.1 建筑暴露钢结构的设计宜将钢构件的形态和细节作为建筑设计表达的元素，选择适当的构件截面形式和空间形态、成型方式、外观线脚等，以实现整体建筑设计意图。外观品质等级C级及以上时宜考虑构件细节的表达。

4.3.2 建筑暴露钢构件的截面形式应综合考虑结构受力需求、节点连接形式和建筑表达要求选用。异形截面加工难度大，宜在外观品质等级C级及以上时采用。

条文说明：

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、方钢形、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外露形态的构件；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。

4.3.3 对于封闭类方钢管、圆钢管应优先选用无缝钢管；对于焊接成型的构件，应根据外观要求，选择适当的拼接形式并选择焊接内应力和焊接变形较小的坡口形式和焊接方式；外观品质等级C级及以上时宜优先选用轧制或冷弯成型的构件。

条文说明：

采用成品热轧、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，有利于提高建筑暴露钢结构构件的表观质量，应优先采用。

4.3.5 建筑暴露钢构件为弯曲形、弯扭形等空间形态时，构件设计应结合构件成型条件选择合适的截面形式和构件尺寸，应考虑构件曲率半径、强弱轴刚度、材料厚度等因素对成型难度的影响。

4.3.6 外露桁架等建筑暴露钢结构应避免无规律的构件截面变化，宜保持同一杆件的外观尺寸的连续性。外观品质等级C级及以上的外露桁架应进行外观尺寸策划，主管截面宜一致、支管与主管的比例应恰当。

条文说明：

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。

4.3.7 锥形圆管及锥形接头杆件的尺寸选择应控制截面小端直径与壁厚的比值，以满足卷管制作要求。

4.4 节点及支座设计

4.4.1 设计应根据受力特点、外观品质等级要求、杆件截面特点、杆件交汇关系、使用环境条件等因素选择建筑暴露钢结构的节点及支座形式，其视觉效果应与整体建筑美学相匹配，并宜清晰、完整显示结构受力特点。结构设计文件中应明确各类建筑暴露节点及支座的材料、加工工艺及加工深化设计要求。

4.4.2 杆件交汇节点形式宜考虑杆件交汇的可实施性与外观效果，可采用构件直接交汇连接、构件之间通过连接件（板）组合连接、及上述二者混合使用等方式。

条文说明：

杆件直接交汇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鞍节点、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汇连接的节点形式；铰接节点可采用连接板或销轴的节点形式，多

根杆件铰接交汇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，可采用杆件直接交汇的方式；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。

4.4.3 空间桁架中管管相交 T、Y、K 形管节点可采用相贯焊接节点，宜控制杆件相交的角度在 30°~60 度之间。

条文说明：

根据外露节点的设计意图，管管相接也可采用螺栓连接方式，通过连接板简化节点的交叉情况。

4.4.4 对于采用杆件或钢板拼接困难且难以达到美学要求的复杂节点，可采用铸造或锻造节点。外观品质等级 D 级时，铸钢或锻造节点表面宜要求进行机加工处理。

条文说明：

本条所述的复杂节点包括几何形状特殊的节点、大量杆件交汇的节点等情况。铸钢、锻钢节点应明确精度及外观的相关要求，如其与其他各构件连接端口的几何尺寸允许偏差、表面粗糙度要求等。

4.4.5 销轴连接适用于铰接柱脚或拱脚以及拉索、拉杆端部等部位，应满足以下要求：

- 1 设计文件中宜明确销孔和销轴表面的机加工要求及相应的精度和公差要求；当销轴直径大于 120mm 时，宜采用锻造加工工艺制作。
- 2 销轴应设置盖板来保护销轴松脱，采用足够强度的螺栓将盖板固定到位，螺栓也应防松脱。销轴固定盖板的形式应满足受力及外观要求。
- 3 销轴连接受力较大需采用多片耳板组合的方式时，应提出销轴及耳板开孔配套的精度和公差要求。

条文说明：销轴连接是一种常用于表现结构机械特点的铰接节点，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。

4.4.6 节点设计应避免出现不利于涂装的狭小区域。

条文说明：无法避免时应研究通过调整施工时序解决涂装困难的可行性。

4.4.7 建筑暴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等方式以调整预埋件的误差。

4.5 连接设计

4.5.1 当需现干净、简洁的外观效果时，宜采用焊接连接并对焊缝余高和鱼鳞纹进行打磨；当需表现工业感或粗犷的美感时，宜采用螺栓连接方式。

4.5.2 外观品质等级 C 级及以上节点的现场焊缝应优先选择不易看见部位。

4.5.3 外观品质等级 C 级及以上角焊缝外观要求焊脚与母材圆滑过渡，打磨后的焊脚尺寸应不小于设计和规范要求。

4.5.4 摩擦型高强度螺栓连接的建筑暴露钢结构构件宜采用涂层摩擦面；外观品质等级 B 级及以上时应采用涂层摩擦面；涂层摩擦面的摩擦系数应在相应条件下经抗滑移试验确定。

4.6 防腐、防火涂装设计

4.6.1 建筑暴露钢结构的防腐、防火涂装设计应符合《建筑钢结构防腐技术规程》JGJ/T251、《色漆和清漆 防护涂料体系对钢结构的防腐蚀保护》GB/T 30790、《建筑钢结构防火技术规范》GB51249、《钢结构防火涂料应用技术规程》T/CECS 24 等标准对一般钢结构的基本规定，同时结合建筑暴露钢结构的外观品质等级要求，确定涂层体系及采用的涂装配套。预埋件及螺栓也应提出涂装要求。

条文说明：建筑暴露钢结构的涂装配套首先应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、表观效果的各分层材料、厚度和做法。

4.6.2 建筑暴露钢结构在满足《建筑钢结构防火技术规范》GB 51249 的前提下，宜选用无防火涂层体系和膨胀型防火涂层体系。

条文说明：

无防火涂层体系能够实现最好的外观效果和耐久性，膨胀型防火涂层体系其次，因此应结合防火设计优先寻求无防火涂层体系和膨胀型防火涂层体系的解决方案，并争取获得消防审批的同意。对于 1.5 小时及以下耐火极限的建筑暴露钢结构构件，宜通过结构防火设计寻求无防火涂层体系的可能性；对于 2 小时及以上耐火极限的建筑暴露钢结构构件，宜通过结构防火设计寻求采用膨胀型防火涂层体系的可能性。钢管混凝土柱类的建筑暴露钢结构的防火设计可考虑钢管内混凝土和防火涂料的综合防火性能，选择合适的防火涂料类型和参数要求。

4.6.3 建筑暴露钢结构的面漆颜色和类型应根据周围环境、室内室外温度和湿度条件、日照、外力撞击等因素综合确定，并考虑不同光泽度对暴露钢结构细节要求的适用性、以及面漆涂层颜色光泽的耐久性。涂层厚度结合外观遮盖力、饱满度、耐久性、对防火涂层的影响等因素综合确定。

条文说明：

建筑暴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能好，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，薄涂层或光泽面漆对构件高表面细节的显示程度高，厚涂层和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 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。

4.6.4 采用镀锌防腐保护与采用防腐底漆的建筑暴露钢结构在涂刷面漆后表面效果存在一定的差异性，可在镀锌防腐表面附加防腐涂层使两者效果相同。

条文说明：在镀锌防腐表面附加防腐涂层还可提供额外的防腐保护。

4.6.5 位于室外和湿度较高的室内建筑暴露钢结构，膨胀型防火涂料宜采用双组分的长期耐水产品，非膨胀型防火涂料产品应考虑产品耐久性寿命并采用长期耐水的产品。

4.6.6 膨胀型防火涂料表面平整度不宜通过涂层找平材料进行调节。

条文说明：

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；当涂层找平材料做在防火涂层上面时，可能会影响膨胀型防火涂料的膨胀；做在防火涂层下面时，高温下腻子层内应力增大，容易开裂脱落进而导致上面的防火涂层一起脱落。当必需采用涂层找平材料进行找平时，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，具体见第6章的相关要求。

4.6.7 对于2小时及以上耐火极限的建筑暴露钢结构构件，若未能获得消防审批同意采用膨胀型防火涂层体系，则应采用非膨胀型防火涂层体系。可采用涂层找平材料对防火涂层表面进行修饰。选择涂层找平材料时应考虑其粘结强度、耐水性、耐久性，不得影响防火性能。

条文说明：

涂层找平材料自身的强度及其与非膨胀型防火涂层的粘结强度不应小于非膨胀型防火涂层粘结强度。涂层找平材料的耐水性、耐久性均不得低于非膨胀型防火涂层本身。

4.6.8 设计文件应明确适用于现场焊接后，以及运输、安装过程中损坏的涂装现场修补要求，包括修补底漆、中间漆、防火涂料、面漆、二度面漆等。涂装修补要求宜包含低温环境可实施性。

4.7 视觉样板的设计要求

4.7.1 设计应综合考虑建筑暴露钢结构的外观品质等级、复杂程度、构件尺寸、工期等因素，选择合适的样板方式，明确采用实物样板模型或部件样品等要求。

4.7.2 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 缩尺或足尺的比例要求；
- 3 不同类型的焊缝及螺栓、销轴等样品要求；
- 4 钢结构制作安装级别；
- 5 防腐、防火涂装要求。

4.7.3 复杂节点、重要节点均宜要求提供实物样板模型。外观品质等级为C级及以上时，应

要求提供实物视觉样板模型。当提供大型特殊构件实物样板确有困难时，可在工程实体上做样板。

4.7.4 设计审核实物样板模型时，应模拟工程实际情况，明确观察距离、位置、照明等条件。

5 制作与安装

5.1 一般规定

5.1.1 具有建筑暴露钢结构外观要求的钢结构的制作与安装，应满足《钢结构工程施工规范》（GB50755）中的相关要求，并编制保证和保护钢结构外观品质要求的专项施工方案。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、成品保护等内容，专项施工方案应经批准后方可实施。

所以制作加工和安装章节建议首先要求编制满足有外观品质要求钢结构制作和安装特点的施工方案，至少包括哪些内容。

5.1.2 除满足常规钢结构深化设计要求外，应针对建筑暴露钢结构的外观要求进行专项深化设计，经设计确认后方可实施。

5.1.3 当有视觉样板要求时，视觉样板应先期完成，经设计审查及确认后方可进行工程的制作安装。

5.1.4 具有建筑暴露钢结构外观要求的钢结构构件宜在工厂制作和组装。

条文说明：对于需要进行表面打磨的焊缝，也应尽可能在工厂完成打磨以保证打磨质量和减轻现场工作量。

5.1.5 所有钢板、型材、管材、零部件、连接、组装构件的原材料、加工制作与安装公差，应根据设计图纸中对暴露钢结构外观分级的要求，按表 3.2.5 《外观品质等级与构件制作安装级别、涂装级别对应表》确定钢结构制作安装级别，按第七章《检验与验收》的具体要求执行。

5.2 钢结构加工详图

5.2.1 钢结构加工详图应清晰表达有建筑外露钢结构要求的构件并标注其钢结构制作安装级别、涂层体系及施工工艺。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。

5.2.2 钢结构加工详图应标明暴露构件的表面及边缘的表面处理要求，注明零部件和铸钢件表面的机加工和打磨要求。

5.2.3 钢结构加工详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外露钢结构构件的焊接位置应在钢结构加工详图标明，并明确临时支撑拆除后焊接部位的表观处理要求。

5.2.4 钢结构加工详图应根据钢结构制作精细度类别的要求对焊缝进行焊缝位置、焊缝形式

和焊缝尺寸的优化，宜将焊缝位置、现场拼接位置设在便于施工的非暴露区域。

条文说明：焊缝位置优化，在满足结构设计要求情况下，将原外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，角焊缝打磨难度远高于对接焊缝，根据实际条件将外露钢构件的角焊缝变更为对接焊缝，或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较少焊接量。

5.2.5 钢结构加工详图应明确所采用螺栓的类型、规格、长度和表面处理方式，区分工厂螺栓和现场螺栓，标明螺栓头方向。

5.2.6 应标明构件上的通风孔、排气孔、穿水管等构造需求。对3级及以上类别，焊接钢管应标明接缝所在方向。钢管纵向焊缝宜在钢管内侧施焊。

5.3 下料与构件组装

5.3.1 建筑暴露钢结构件使用的钢板、型钢等原材料外观质量和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、相关产品标准以及本标准第7章的相关要求；对超出上述允许偏差的钢材应进行矫正后方可使用。

5.3.2 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等方法，也可选用水切割、激光切割等，严禁手工切割。锋利边缘应打磨光滑。

5.3.3 建筑暴露钢结构件应尽量避免材料拼接，当拼接时应严格控制错边，保证相邻的横截面对齐。

5.3.4 焊接组装时应预留焊接收缩量，并应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。

5.3.5 构件组装后应对首件（或首批）构件进行检查，合格后可继续批量组装；在批量组装中，应随时检查构件组装质量，复查定位装置的准确性。

5.3.6 临时用工装夹具、定位板、连接板的焊接应符合被焊钢材的焊接工艺要求；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。

5.3.7 建筑暴露钢结构的外露加劲板过焊孔宜进行填焊并打磨，不应出现影响整体美观的过焊孔。

5.3.8 构件整体外形尺寸的制造允许偏差应符合本标准第7章的相关要求。

5.4 焊接与栓接

5.4.1 构件的工厂和现场连接应尽可能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。

5.4.2 有制作安装级别要求的构件其焊接连接均应特别关注焊缝成型后的表观质量并符合下列要求:

- 1 焊缝的外观质量应符合现行国家标准《钢结构焊接规范》GB50661 的要求;
- 2 应考虑焊接变形对视觉效果影响,采用适当方法装配和焊接组合部件,确保构件对齐,且翘曲度不超过该型材的公差。
- 3 连续焊缝应有统一尺寸和连续的外观要求。
- 4 焊接后所有外露焊缝衬垫板、引弧板和熄弧板应清除并打磨平整;安装螺栓应拆除并采用塞焊填充螺栓孔并打磨平整。
- 5 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。除承受动载或抗震的梁柱连接处的梁腹板过焊孔外,外露的通焊孔应采用焊缝或缝填料填充并打磨平整。
- 6 应清除所有焊接飞溅物、碎屑和类似的表面不连续点。
- 7 当构件处于腐蚀性环境时,箱型结构的所有边界焊缝都应采用密封焊接。
- 8 采用堆焊修补的构件应满足构件公差的要求。
- 9 如有视觉样板,焊缝外观应与视觉样板一致。

5.4.3 对于 2 级及以上制作安装级别要求的构件,焊缝还应符合下列要求:

- 1 外露对接焊缝和塞焊打磨至允许存在不大于 1.0mm 的焊缝余高,并均匀平滑。
- 2 外露角焊缝鱼鳞纹应均匀整齐。

5.4.4 对于 3 级及以上制作安装级别要求的构件,焊缝还应符合下列要求:

- 1 焊接的焊缝外形、质量和表面应与批准的实体模型一致;
- 2 对接焊缝和塞焊的突出处应打磨平整并与相邻表面光滑连接,低于母材处应补焊填充并打磨平整。
- 3 外露角焊缝磨掉鱼鳞纹,均匀过渡到母材,可采用填缝材料填充。
- 4 焊接管的构件接缝应置于远离视线方向。

5.4.5 对于 4 级制作安装级别要求的构件,焊缝还应符合下列要求:

- 1 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,平滑过渡。
- 2 焊接管构件的接缝应打磨平整,至看不见明显焊缝。
- 3 外露角焊缝应磨掉鱼鳞纹,表面呈下凹均匀过渡到母材,不得采用填缝材料填充。
- 4 焊接位置背面的焊痕应通过手工打磨消除。

5.4.6 螺栓连接应符合下列要求:

- 1 按设计要求选用螺栓类型和表面处理工艺;
- 2 防止摩擦面的锈蚀侵蚀到整个外露构件,涂层摩擦面在工厂内应进行一道摩擦

漆处理（当设计未明确该道底漆厚度时，漆膜厚 $40\sim 60\ \mu\text{m}$ ），应进行涂装了底漆后的摩擦面抗滑移试验；

- 3 所有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，一个单体内的螺栓应保证全部同向或根据结构特点对称分布。
- 4 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。
- 5 所有高强螺栓终拧后均应统一外露 2~3 扣。
- 6 不应通过火焰或使用钻头扩大构件上的孔洞。

5.4.7 对于 3 级及以上制作安装级别要求的构件，固定螺栓连接时的所有对接口的留缝间隙应均匀且在 3mm 宽度以内，如果要求显示为没有间隙，则对接缝应均匀接触，且接触宽度不应大于 2mm。

5.5 铸钢件

5.5.1 铸钢件表面应清理干净，修整飞边、毛刺，去除补贴、粘砂、氧化皮、热处理锈斑等，不应有裂纹、未熔合和超过《铸钢结构技术规程》JGJ/T 395 允许的气孔、冷隔、缩孔、疏松、夹砂及明显的凹坑与凸起等缺陷。

5.5.2 铸钢件表面应平整顺滑，圆角处应平滑过渡。制作安装级别 2 级及以上时，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 Ra 小于 $25\ \mu\text{m}$ 。制作安装级别 4 级时，铸钢件外露表面应采用机械加工，超声波检测应按现行国家标准《铸钢件 超声检测 第 1 部分：一般用途铸钢件》GB/T7233.1 执行，合格级别应为 2 级。磁粉检测应按现行国家标准《铸钢件磁粉检测》GB/T9444 执行，合格级别应为 2 级。

5.5.3 铸钢件尺寸允许偏差应按现行国家标准《铸件 尺寸公差、几何公差与机械加工余量》GB/T6414-2017 中 DCTG13 级执行，制作安装级别 2 级及以上时按 DCTG11 级执行，制作安装级别 4 级时按 DCTG10 级执行。

5.5.4 铸钢件的几何形状偏差应按现行国家标准《铸件 尺寸公差、几何公差与机械加工余量》GB/T6414-2017 中 GCTG7 级执行，制作安装级别 2 级及以上时按 GCTG6 级执行，制作安装级别 4 级时按 GCTG5 级执行。

5.5.5 铸钢件各支管的角度允许偏差及耳板角度允许偏差应为 $\pm 25'$ ，制作安装级别 2 级及以上时该允许偏差应为 $\pm 20'$ ，制作安装级别 4 级时该允许偏差应为 $\pm 18'$ 。

5.5.6 铸钢件在涂装前应进行喷砂或抛丸处理，喷射等级应符合《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 Sa2½ 的要求。

5.5.7 铸钢件的喷射处理后，表面粗糙度宜为 $50\sim 100\ \mu\text{m}$ 。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。

5.6 表面修整

5.6.1 建筑暴露钢结构构件的表面修整应包括板型材边缘线打磨、钢材钢印和加工厂标识打磨、钢材表面超标缺陷的补焊打磨、焊渣清除打磨、对接焊缝和塞焊缝的表面与侧面打磨、角焊缝平滑过渡打磨、焊缝背面焊痕的打磨、辅助连接板去除打磨等。

5.6.2 对于 2 级及以上制作安装级别要求的构件，应去除钢厂轧制商标、钢印或凸起标示并打磨平整。

5.6.3 对于 3 级及以上制作安装级别要求的构件，在制造和安装过程中如标注了特定标号，需全部去除并打磨平整。

5.6.4 对于 4 级制作安装级别要求的构件，钢结构表面所有缺陷应修补并打磨。

5.6.5 各制作安装级别要求的焊缝打磨要求见本标准第 5.4 条“焊接与栓接”，同时应满足下列要求：

- 1 打磨不应伤害母材，不应降低焊缝强度；
- 2 打磨宜沿焊缝长度方向进行，避免焊缝低于母材表面；
- 3 打磨完成后钢材表面应平整无凹凸；
- 4 打磨现场应光线充足。

5.7 预拼装

5.7.1 合同要求或设计文件规定进行预拼装的建筑暴露钢构件应在出厂前进行预拼装，拼装位置与理论位置的偏差及拼装接口尺寸的偏差应符合本标准及现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 的要求，预拼装时应记录各项关键数据录。建筑暴露钢结构的预拼装应采用实体预拼装。

条文说明：

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

5.7.2 预拼装的建筑暴露钢构件应制作完毕并经外形尺寸验收合格，宜在预拼装完成后再进行最终表面处理和油漆涂装；若处理时引起尺寸改变应重新进行预拼装。

5.7.3 建筑暴露钢构件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，并应保证构件外观质量和外形尺寸。

5.7.4 当预拼装结束拆除构件时，应按本规范第 5.6 节要求将定位焊缝进行打磨清除。

5.8 预埋及预埋件

5.8.1 所有外露预埋件及预埋件作为建筑暴露钢结构的一部分,应采用不低于相连的建筑暴露钢结构构件的外观分级所对应的制作精细度和涂装配套及工艺类别。

5.8.2 预埋入混凝土的建筑暴露钢结构构件及预埋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、振捣提出避免钢构件与预埋件变位的要求。

5.8.3 混凝土浇筑时,应对钢构件和预埋件的表面进行包裹保护。

5.9 安装施工

5.9.1 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,并在起吊前协调确定补救措施。

5.9.2 安装期间应对已涂装位置加以保护,避免涂层损坏。

5.9.3 钢梁、桁架等水平构件的吊装不宜使用吊耳,对于倾斜构件吊装,使用倒链调整角度后安装。钢柱、竖向支撑等竖直构件的吊耳,宜设置于构件顶部、构件内部等地面无法看到的部位,在安装完成后进行吊耳割除,并根据实际情况确定是否打磨。吊索宜采用尼龙绳或带衬垫的绳索,以避免损坏构件的边缘和表面。

5.9.4 当需要临时支架或安装定位板以方便安装时,临时连接造成的任何焊痕、瑕疵、孔洞或不美观的表面痕迹均应清除并确保完工时不可见。临时连接位置应优先设置于构件不可见表面以减少切割、打磨工作量和降低打磨要求。当为方便现场安装所设置的调节连接,应指定更严格的安装公差。上述位置需经设计审核确认。

5.9.5 应充分考虑钢结构安装与幕墙、屋面、机电专业穿插作业问题,避免对建筑暴露钢结构构件外观效果的影响。幕墙、屋面、机电二次结构与暴露钢结构的连接宜采用非焊接连接,无法避免焊接连接时应在暴露钢结构上设置支托,幕墙、屋面、机电二次结构与支托焊接连接。

5.9.6 建筑暴露钢结构的安装允许误差要求见第7章,安装完成后应完全消除或隐藏组件标记或零件标记。

5.9.7 对于3级、4级制作精细度要求的构件,现场拼装完成后的精度和表面质量应与批准视觉样板的实体模型一致。

5.10 视觉样板的实施

5.10.1 建筑暴露钢结构外观等级为 C 级及以上或设计文件要求时，应提供视觉样板。视觉样板包括实物样板模型、连接与零部件样品、三维数字模型三种形式，具体应根据设计要求提供。

5.10.2 实物样板模型、连接与零部件样品应按照实际的防腐、防火层设计进行表面处理和涂装。

5.10.3 实物样板模型和样品应在整个施工期间保留并得到维护，以作为判断实际工程施工质量的标准。

5.10.4 验收合格的足尺实物样板可用于实际工程。

6 涂装

6.1 一般规定

6.1.1 针对不同的涂层体系，应选用适当的涂层材料和施工工艺，以实现设计文件规定的建筑暴露钢结构外观品质等级及对应的涂装级别要求。

6.1.2 涂层体系的各组成层性能应分别满足《钢结构防火涂料》GB 149078、《钢结构防火涂料应用技术规范》T/CECS 24、《色漆和清漆 防护涂料体系对钢结构的防腐蚀保护》GB/T 30790 等相关标准的要求，并应系统性考虑各涂层的匹配性，底漆、中间涂层、防火涂层、表面涂层及各种辅助涂层应经相容性、结合力、耐候性和耐久性的测试并符合设计和相关规范的要求，宜由同一制造商提供。

6.1.3 应进行涂装工艺的深化设计，并合理控制工艺过程与涂装环境，避免出现漆膜剥落、干喷、针孔、流挂、色差、褪色、渗色、发花、粉化、起泡、气泡、刷痕、开裂、龟裂、发软、皱皮、桔皮、收缩、缩孔等缺陷。

6.1.4 应根据建筑暴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。

6.2 表面处理

6.2.1 钢结构涂装前的表面处理首先应满足防腐防火涂装的基本要求，包括表面清洁度、粗糙度等。

6.2.2 暴露钢结构采用的钢材的原始锈蚀等级，不应超过现行国家标准《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》GB/T 8923.1的规定，制作安装级别1级时要求不低于C级；2、3、4级时要求不低于B级。

6.2.3 应根据表3.0-2各等级的要求，将钢结构表面处理到《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规定的相应等级。

6.2.4 应采用喷砂或抛丸进行喷射除锈清理；对于4级制作安装级别要求的构件，抛丸或喷砂除锈处理后应对钢材表面的可见缺陷进行焊接填充和打磨；对于没有防火涂层的钢结构，应考虑表面喷射清理后表面粗糙度对外观平整度的影响。

6.3 车间涂装

6.3.1 钢结构涂装首先应满足防腐防火涂装的基本要求，同时考虑并规避粉尘、漆雾、交叉污染等影响外观的因素。底漆应在除锈清理后基材表面返锈之前涂覆完成。

6.3.2 钢结构涂装应根据涂层体系和涂装级别合理选用涂装材料和施工工艺。应根据涂装工程量、外观等级要求、进度计划等工程情况合理安排涂装计划，包括场地、设备、材料、人员等。

条文说明：

应对涂装工艺做好深化设计，并合理控制工艺过程与涂装环境，避免出现剥落、干喷、针孔、流挂、色差、褪色、渗色、发花、粉化、起泡、气泡、氨霜、刷痕、开裂、龟裂、发软、皱皮、桔皮、收缩、缩孔等漆膜缺陷。

6.3.3 应尽可能通过防腐蚀涂料与防火材料产品本身实现美观的外观。当不得不使用涂层表面找平材料时，应充分考虑找平材料的粘结强度、耐久性、兼容性，以及对防火性能的影响。

6.3.4 对于无防火涂层体系，当需要采用涂层找平材料找平钢结构件表面时，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。

条文说明：

打磨使用手工或动力工具整体进行，砂纸或磨片的规格为 300~400 目之间。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。

6.3.4 对于膨胀型防火涂层体系，若采用找平材料，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。

条文说明：

当找平材料置于膨胀型防火涂料之下时，基于遮瑕修型的目的，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，当必须采用涂层找平材料时，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通过《钢结构防火涂料》GB 14907 所要求的耐火测试，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。

6.3.5 对于非膨胀型防火涂层体系，应配置合适的预埋锚栓、加强网等措施，增强涂层的整体附着力与强度；确需采用找平材料时，找平材料应涂装于防火涂层外侧，且粘结强度、耐候性、耐久性等性能不低于原防火涂层，不对涂层体系的防火性能产生不利影响，宜通过耐火测试进行验证。

6.3.6 面漆宜分 2 道涂装，最后一道面漆宜在现场钢结构作业全部完成之后进行涂装；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。

条文说明：

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。

6.4 包装、运输与堆放

6.4.1 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，按单个钢结构件进行缠绕包裹并用胶带固定。

条文说明：完全固化视具体情况而定，防腐涂层常温下一般需要 4~7 天；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，表面不被污物，且要给予空间继续挥发溶剂。包装材料通常采用≥10mm 厚 EPE 防震珍珠棉。

6.4.2 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用胶带固定。

6.4.3 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。

6.4.4 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，并采取防雨措施。

6.5 现场涂装

6.5.1 当车间涂装无法胜任暴露钢结构涂装要求的时候，可在现场进行涂装。现场涂装也应首先满足防腐防火涂装的基本要求，同时考虑温度、湿度、风力、粉尘、漆雾、交叉污染等影响外观的因素，并配置合适的登高接近措施。

6.5.2 对于钢结构连接接头等未涂漆部位、车间涂装涂层的受损部位等，应正确补漆之后再行修饰处理，以实现要求的外观等级。

6.5.3 所有现场焊缝应按构件制作安装级别要求进行打磨，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。

条文说明：

初步清理使用的附加磨片规格为 100~200 目之间，清理完之后用 300~400 目之间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。

6.5.4 小面积修补面漆，宜在现场使用色卡或仪器对比颜色，调配尽量接近的颜色用于

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，最后统喷一遍面漆，实现均匀统一的外观。

6.5.5 现场涂装施工的其他要求同车间涂装。

6.6 维护与修补

6.6.1 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。

6.6.2 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，重涂面漆以恢复美观的外观。

6.6.3 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，制定修补方案。面漆宜进行全面统喷，以获得均匀美观的外观。

6.6.4 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，按现场涂装的工序与工艺制定大修方案，并充分考虑材料与工艺对涂层外观的影响。

7 检验与验收

7.1 一般规定

7.1.1 具有建筑暴露钢结构外观要求的钢结构验收，应在满足《钢结构工程施工质量验收标准》GB50205 中的相关质量要求的基础上，同时满足本章针对暴露钢结构外观质量的验收要求。其验收应包括钢结构制作安装工程、涂装工程和建成外观验收三部分内容。

7.1.2 具有建筑暴露钢结构外观要求的钢结构分项、检验批划分，按照《钢结构工程施工质量验收标准》GB50205 进行。

7.1.3 本标准要求的检验批合格质量标准应符合下列要求：

- 1 本标准的质量要求均为一般项目；
- 2 除设计有特殊要求，检验结果应由 80% 及以上的检查点（值）满足本标准要求，且最大值（或最小值）不应超过其允许偏差值的 1.2 倍。

7.2 原材料验收

条文说明：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。1 级允许偏差值按材料标准执行，2、3、4 级允许偏差值为不超过材料标准值的一半。

7.2.1 钢板验收

1 1 级钢板的不平度应满足《热轧钢板和钢带的尺寸、外形、重量及允许偏差》GB/T709-2019 中表 10 和表 11 的要求；2、3、4 级应满足表中要求的 1/2。

检查数量：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。

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 GB/T14977-2008《热轧钢板表面质量的一般要求》中的要求外，1 级达到 A 类，2、3、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的 1/2，且不应大于 0.5mm；2、3、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、3、4 级要到达 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。

7.2.2 型材、管材验收

1 1 级钢结构用型材外形尺寸允许偏差应满足 GB/T 706-2016 《热轧型钢》中第 4.2 章节的要求；2、3、4 级钢结构用型材应不大于该要求的 1/2。

检查数量：每批同一品种、规格的型材或管材抽检 10%，且不应少于 3 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 GB/T8162-2018 《结构用无缝钢管》中第 4.4 和 4.5 章节的要求；2、3、4 级钢结构用管材应满足该要求的 1/2。

检查数量：每批同一品种、规格的型材或管材抽检 10%，且不应少于 3 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 7.2.1.2 条的规定。

检查数量：全数检查。

检验方法：目视、游标卡尺、样板。

条文说明：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。

7.2.3 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：应按桶数抽查 5%，且不应少于 3 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：每批涂料抽查三桶。

检验方法：做样板目视检查。

条文说明：为了证明选用的防火涂料经规范涂装后，表面质量满足设计师要求。

7.3 焊缝外观

7.3.1 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。

7.3.2 焊缝外观质量

1、2、3、4 级的焊缝外观质量及外观尺寸除应满足《钢结构工程施工质量验收规范》（GB50205-2020）第 5.2.7、5.2.8 条对应的一级、二级、三级焊缝要求外，还应满足下表要求：

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		符合设计要求， 均匀一致	不允许	不允许	不允许
衬垫板		不允许	不允许	不允许	不允许
对接焊与 塞焊焊瘤		凸起小于 1.5mm	凸起小于 1.5mm	不允许	不允许
焊缝打磨	对接焊缝	焊缝尺寸满足要求	打磨至允许存在不大于 1.0mm 的焊缝余高，并均匀平滑	表面打磨至去除焊缝余高	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	打磨至去除焊缝余高	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
焊缝码板		码板去除	码板去除、打磨至无残留		

检查数量：1、2 级每批同类构件抽查 10%，3、4 级每批同类构件抽查 15%，且不应少于 3 件；被抽查构件中，每种焊缝应按条数各抽查 5%，但不应少于 1 条；每条应抽查 1 处，总抽查数不应少于 10 处。

检验方法：用焊缝量规检查。

条文说明：焊缝表面处理是保证钢结构外观质量的重要内容。这里分别按照国家标准要求、鱼鳞纹整齐、鱼鳞纹磨平和焊缝磨平来确定四挡要求。1 级除满足国家标准外，还需满足上

述表格内容，其余等级有所提高。

7.4 连接节点

7.4.1 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、2级间距、边距的排布允许±1mm误差、3级、4级间距、边距的排布允许误差±0.5mm。

检查数量：应按连接节点数抽查1%，且不应少于3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2-3扣。

检查数量：应按连接节点数抽查10%，且不应少于3个。

检验方法：观察和用小锤敲击检查。

7.4.2 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2~3扣，其中1级级允许有10%的螺栓丝扣外露1扣或4扣，2、3、4级允许有5%的螺栓丝扣外露1扣或4扣。

检查数量：按节点数抽查5%，且不应小于10个。

检验方法：观察检查。

2 高强螺栓应能自由穿入螺栓孔，当不能穿入螺栓孔时，1级构件允许采用铰刀修正。修孔数量不应超过该节点螺栓数量的25%，扩孔后的孔径不应超过1.2d(d为螺栓直径)。2、3、4级构件不允许扩孔。

检查数量：被扩螺栓孔全数检查。

检验方法：观察检查及用卡尺检查。

3 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。

4 2、3、4级构件，螺栓头排列偏差允许值2mm。

检查数量：20%检查。

检验方法：钢尺检查。

7.5 钢零件及钢部件加工

7.5.1 切割

气割、机械剪切的零件宽度、长度允许偏差如下：

切割允许偏差（mm）

项目	切割方法	1 级	2、3、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	0.2
局部缺口深度		1.0	0.5

7.5.2 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、3、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《钢结构工程施工质量验收标准》GB50205 中表 7.3.4 的规定；2、3、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：按冷矫正的件数抽查 10%，且不应少于 3 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 GB50205-2020《钢结构工程施工质量验收标准》中表 7.3.6 的规定；2、3、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：按矫正件数抽查 10%，且不应少于 3 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 GB50205-2020《钢结构工程施工质量验收标准》中表 7.3.7 的规定；2、3、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。

7.5.3 边缘加工

1 边缘加工的允许偏差应符合下表的规定：

表 7.5.3.1 边缘加工的允许偏差

项目	1 级允许偏差	2、3、4 级允许偏差
零件宽度、长度	±1.0mm	±0.5mm
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≤50 μ m	Ra≤25 μ m

注：l 为加工边长度；t 为加工面的厚度。

检查数量：按加工面数抽查 10%，且不应少于 3 个。

检验方法：观察检查和实测检查。

条文说明：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。

7.5.4 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 GB50205-2020《钢结构工程施工质量验收标准》中表 7.5.7、7.5.9 的规定；2、3、4 级钢结构用螺栓球、焊接球应不大于该中规定值的 1/2。

检查数量：每种规格抽查 5%，且不应少于 3 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、3、4 级局部凹凸不平不应大于 1.0mm。

检查数量：每种规格抽查 5%，且不应少于 3 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 7.3 节中 AESS 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 7.3 节中 AESS 等级标准。

7.5.5 铸钢件加工

1 铸钢件应满足《铸钢节点技术规程》CECS235 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、3、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：按零件数抽查 10%，且不应少于 3 个。

检验方法：用粗糙度对比样板检查。

条文说明：本条的目的是为了保证铸钢件与其连接的钢构件表面质量的统一。

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《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205 表 7.6.4 的规定或设计要求。2、3、4 级应符合该表中规定值的 1/2。

检查数量：按零件数抽查 10%，且不应少于 3 个。

检验方法：用卡尺、直尺、角度尺检查。

条文说明：本条主要是为了保证连接后结构的尺寸精度。

7.5.6 拉杆、拉索、锚具加工

1 钢质拉杆构件表面应平滑光洁，不应有目视可见的裂纹、砂眼、锈蚀等缺陷，且杆体应顺直。钢质拉杆及其连接件的外观应满足《建筑用钢质拉杆构件》GB/T 389 中第 6.1 章节和设计的要求。

检查数量：全数检查。

检验方法：目视检测。

2 拉索外护套外观应无破损，厚度均匀，外表面不应有深于 1.0mm 、面积大于 100mm^2 的表面缺陷；锚具的外表面不应有可视损伤；还应满足设计要求。钢索应满足《建筑工程用索》JG/T330 中第 6 章节和设计的要求。

检查数量：全数检查。

检验方法：目视检测。

3 锚具外观非机加工面应光滑平整，粗超度不大于 $25\mu\text{m}$ 。机加工面精度应不低于 IT10 级。

检查数量：全数检查。

检验方法：目视检测。

7.6 钢构件外形尺寸

7.6.1 组装尺寸的允许偏差。

焊接 H 型钢构件组装尺寸的允许偏差 (mm)

项目		1 级	2、3、4 级
截面高度 h	H<500	±2.0	±1.0
	500≤h≤1000	±3.0	±1.0
	h>1000	±4.0	±1.0
截面宽度 b		±3.0	±1.0
连接处错边		2.0	1.0

焊接箱形构件组装尺寸的允许偏差 (mm)

项目	1 级	2、3、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	2.0	1.0

7.6.2 预拼装

1 1 级实体预拼装的允许偏差应符合 GB50205-2020《钢结构工程施工质量验收标准》表 9.2.3 的规定。2、3、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 GB50205-2020《钢结构工程施工质量验收标准》表 9.2.3 的规定。

2 建筑师应到现场查看，并确认是否可接受。

条文说明：预拼装是在钢结构安装前在地面体现拼装效果，建筑师现场查看确认可减少后期返修，保证质量。

3 构件之间的拼接位置应按图纸。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察检查。

4 3 级、4 级钢结构箱形截面接缝的方向应按图纸要求。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察检查。

7.7 单层、多高层钢结构安装工程

7.7.1 外露地脚螺栓

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 7.7.1-1 的规定。

检查数量：按柱基数抽查 10%，且不应少于 3 个。

检验方法：用经纬仪、水准仪、全站仪、水平尺和钢尺实测。

表 7.7.1-1 支承面、地脚螺栓(锚栓)位置的允许偏差(mm)

项目		1 级	2、3、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

2 地脚螺栓(锚栓)尺寸的偏差应符合表 7.7.1-2 的规定。

检查数量：按基础数抽查 10%，且不应少于 3 处。

检验方法：用钢尺现场实测。

表 7.7.1-2 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、3、4 级	1 级	2、3、4 级
$d \leq 30$	0	0	0	0
	+1.2d	+0.6d	+1.2d	+0.6d
$d > 30$	0	0	0	0
	+1.0d	+0.5d	+1.0d	+0.5d

7.7.2 钢柱安装

1 钢柱几何尺寸应满足设计要求并符合本标准的规定。1 级钢柱运输、堆放和吊装等造成的钢构件变形及涂层脱落，应进行矫正和修补；2、3、4 级钢柱在运输、堆放和吊装过程应进行特殊保护，不得出现钢构件变形及涂层脱落。

检查数量：按钢柱数抽查 10%，且不应少于 3 个。

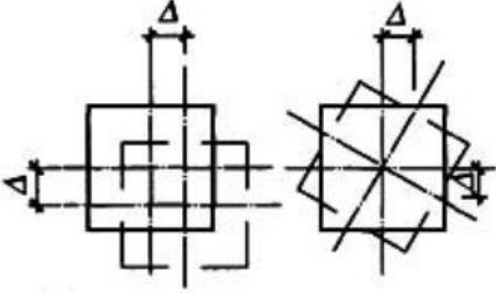
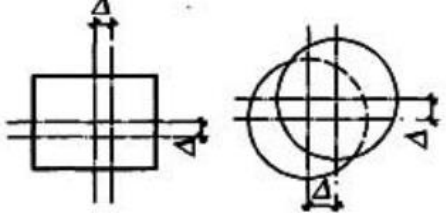
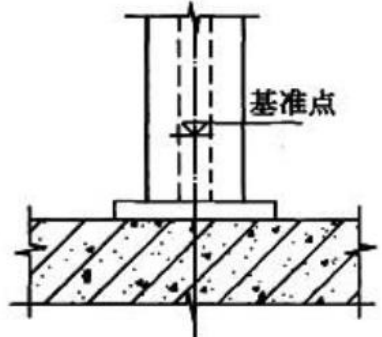
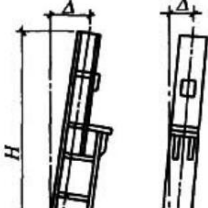
检验方法：用拉线、钢尺现场实测或观察。

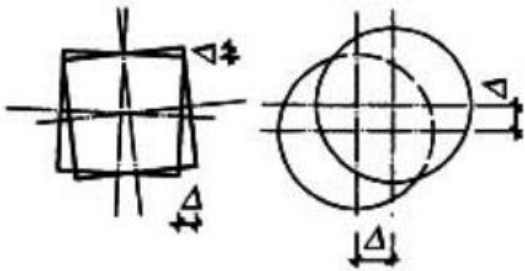
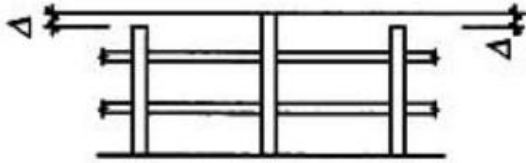
2 钢柱安装的允许偏差应符合表 7.7.2 的规定。

检查数量：按钢柱数抽查 10%，且不应少于 3 件。

检验方法：应符合表 7.7.2 的规定。

表 7.7.2 钢柱安装的允许偏差(mm)

项目		允许偏差		图例	检验方法
		1 级	2、3、4 级		
柱脚底座中心线对定位轴线的偏移 Δ		5.0	3.0		用吊线和钢尺等实测
柱子定位轴线 Δ		1.0	0.5		-
柱基准点标高	有吊车梁的柱	+3.0 -5.0	+2.0 -3.0		用水准仪等实测
	无吊车梁的柱	+5.0 -8.0	+3.0 -5.0		
弯曲矢高		H/1200, 且不大于 15.0	H/1200, 且不大于 10.0	-	用经纬仪或拉线和钢尺等实测
柱轴线垂直度	单层柱	H/1000, 且不大于 25.0	H/1000, 且不大于 20.0		用经纬仪或吊线和钢尺等实测
	多层柱 单节柱	H/1000, 且不大于 10.0	H/1000, 且不大于 5.0		

		柱全高	35.0	20.0		
钢柱安装偏差	3.0	2.0			用钢尺等实测	
同一层柱的各柱顶高度差 Δ	5.0	3.0			用全站仪、水准仪等实测	

7.7.3 钢屋（托）架、钢梁（桁架）安装

1 钢屋(托)架、钢梁(桁架)的几何尺寸偏差和变形应满足设计要求并符合本标准的规定。1级钢屋(托)架、钢梁(桁架)的运输、堆放和吊装等造成的钢构件变形及涂层脱落, 应进行矫正和修补; 2、3、4级在运输、堆放和吊装过程应进行特殊保护, 不得出现钢构件变形及涂层脱落。

检查数量: 按钢梁数抽查 10%, 且不应少于 3 个。

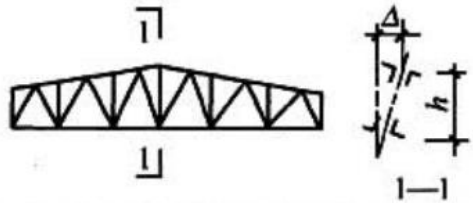
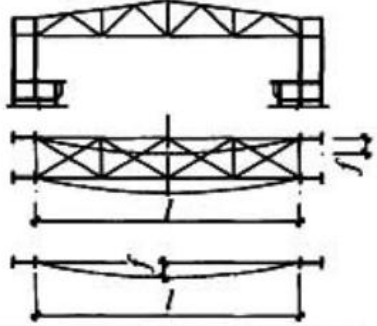
检验方法: 用拉线、钢尺现场实测或观察。

2 钢屋(托)架、钢桁架、钢梁、次梁的垂直度和侧向弯曲矢高的允许偏差应符合表 7.7.3 的规定。

检查数量: 按同类构件数抽查 10%, 且不应少于 3 个。

检验方法: 用吊线、拉线、经纬仪和钢尺现场实测。

表 7.7.3 钢屋(托)架、钢桁架、梁垂直度和侧向弯曲矢高的允许偏差(mm)

项目	允许偏差		图例
	1 级	2、3、4 级	
跨中的垂直度	H/250, 且 不大于 15.0	H/250, 且不大于 10.0	
侧向 弯曲 矢高 f	$l \leq 30m$	L/1000, 且 不大于 10.0	
	$30m < l \leq 60m$	L/1000, 且 不大于 30.0	
	$l > 60m$	L/1000, 且 不大于 50.0	

3 当钢桁架(或梁)安装在混凝土柱上时, 1 级其支座中心对定位轴线的偏差不应大于 10mm, 2、3、4 级偏差不应大于 5mm; 当采用大型混凝土屋面板时, 1 级钢桁架(或梁)间距的偏差不应大于 10mm, 2、3、4 级偏差不应大于 5mm。

检查数量: 按同类构件数抽查 10%, 且不应少于 3 榀。

检验方法: 用拉线和钢尺现场实测。

7.7.4 连接节点安装

1 弯扭、不规则构件连接节点除应符合本标准规定外, 尚应满足设计要求。1 级弯扭、不规则构件连接节点的运输、堆放和吊装等造成的钢构件变形及涂层脱落, 应进行矫正和修补。2、3、4 级在运输、堆放和吊装过程应进行特殊保护, 不得出现变形及涂层脱落。

检查数量: 按同类构件数抽查 10%, 且不应少于 3 个。

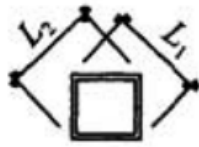
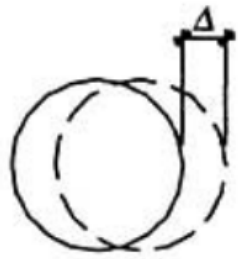
检验方法: 用拉线、吊线、钢尺、经纬仪等现场实测或观察。

2 构件与节点对接处的允许偏差应符合表 7.7.4 的规定。

检查数量: 按同类构件数抽查 10%, 且不应少于 3 件, 每件不少于 3 个坐标点。

检验方法: 用吊线、拉线、经纬仪和钢尺、全站仪现场实测。

表 7.7.4 构件与节点对接处的允许偏差 (mm)

项目	允许偏差		图例
	1 级	2、3、4 级	
箱形 (四边形、多边形) 截面、异型截面对接 L1-L2	≤3.0	≤2.0	
异型椎管、椭圆管截面对接处 Δ	≤3.0	≤2.0	

3 同一结构层或同一设计标高异型构件标高允许偏差 1 级应为 5mm；2、3、4 级应为 3mm。

检查数量：按同类构件数抽查 10%，且不应少于 3 件，每件不少于 3 个坐标点。

检验方法：用吊线、拉线、经纬仪和钢尺、全站仪现场实测。

4 构件轴线空间位置偏差不应大于 10mm；节点中心空间位置偏差不应大于 15mm；1 级按照一般项目进行控制，2、3、4 级按照主控项目控制。

检查数量：按同类构件数抽查 10%，且不应少于 3 件，每件不应少于 3 个坐标点。

检验方法：用吊线、拉线、经纬仪和钢尺、全站仪现场实测。

5 构件对接处截面的平面度偏差：截面边长 $1 \leq 3m$ 时，偏差不应大于 2mm；截面边长 $1 > 3m$ 时，允许偏差不应大于 $1 / 1500$ 。1 级按照一般项目进行控制，2、3、4 级按照主控项目控制。

检查数量：按同类构件数抽查 10%，且不应少于 3 件。

检验方法：用吊线、拉线、水平尺和钢尺现场实测。

7.7.5 支撑、檩条、墙架、次结构安装

1 支撑、檩条、墙架、次结构等构件应满足设计要求并符合本标准的规定。1 级支撑、檩条、墙架、次结构等构件运输、堆放和吊装等造成的钢构件变形及涂层脱落，应进行矫正和修补。2、3、4 级在运输、堆放和吊装过程应进行特殊保护，不得出现变形及涂层脱落。

检查数量：按构件数抽查 10%，且不应少于 3 个。

检验方法：用拉线、钢尺现场实测或观察。

2 墙架、檩条等次要构件安装的允许偏差应符合表 7.7.5 的规定。

检查数量：按同类构件数抽查 10%，且不应少于 3 件。

检验方法：应符合表 7.7.5 的规定。

表 7.7.5 墙架、檩条等次要构件安装的允许偏差(mm)

项目		允许偏差		检验方法
		1 级	2、3、4 级	
墙架立柱	中心线对定位轴线的偏移	10.0	5.0	用钢尺检查
	垂直度	H/1000,且不大于 10.0	H/1000,且不大于 5.0	用经纬仪或吊线和钢尺检查
	弯曲矢高	H/1000,且不大于 15.0	H/1000,且不大于 10.0	用经纬仪或吊线和钢尺检查
抗风柱、桁架的垂直度		h/250,且不大于 15.0	h/250,且不大于 10.0	用吊线和钢尺检查
檩条、墙梁的间距		±5.0	±3.0	用钢尺检查
檩条的弯曲矢高		l/750,且不大于 12.0	l/750,且不大于 6.0	用拉线和钢尺检查
墙梁的弯曲矢高		l/750,且不大于 10.0	l/750,且不大于 5.0	用拉线和钢尺检查

注：H 为墙架立柱的高度；h 为抗风桁架、柱的高度；l 为檩条或墙梁的长度

3 檩条两端相对高差或与设计标高偏差不应大于 5mm。檩条直线度偏差不应大于 $l/250$ ，且不应大于 10mm。1 级按照一般项目进行控制，2、3、4 级按照主控项目控制。

检查数量：按构件数抽查 10%，且不应少于 3 个。

检验方法：用拉线、钢尺、水准仪现场实测或观察。

4 墙面檩条外侧平面任一点对墙轴线距离与设计偏差不应大于 5mm。1 级按照一般项目进行控制，2、3、4 级按照主控项目控制。

检查数量：每跨间不应少于 3 点。

检验方法：用拉线、钢尺、经纬仪现场实测或观察。

7.7.6 钢平台、钢梯安装

1 钢栏杆、平台、钢梯等构件尺寸偏差和变形，应满足设计要求并符合本标准的规定。1 级钢栏杆、平台、钢梯等构件运输、堆放和吊装等造成的钢构件变形及涂层脱落，应进行矫正和修补。2、3、4 级在运输、堆放和吊装过程应进行特殊保护，不得出现变形及涂层脱落。

检查数量：按构件数抽查 10%，且不应少于 3 个。

检验方法：用拉线、钢尺现场实测或观察。

2 钢平台、钢梯、栏杆安装应符合现行国家标准《固定式钢梯及平台安全要求 第1部分：钢直梯》GB 4053.1、《固定式钢梯及平台安全要求 第2部分：钢斜梯》GB 4053.2和《固定式钢梯及平台安全要求 第3部分：工业防护栏杆及钢平台》GB 4053.3的规定。钢平台、钢梯和防护栏杆安装的允许偏差应符合表 7.7.6 的规定。

检查数量：按钢平台总数抽查 10%，栏杆、钢梯按总长度各抽查 10%，但钢平台不应少于 1 个，栏杆不应少于 5m，钢梯不应少于 1 跑。

检验方法：应符合表 7.7.6 的规定。

表 7.7.6 钢平台、钢梯和防护栏杆安装的允许偏差(mm)

项目	允许偏差		检验方法
	1 级	2、3、4 级	
平台高度	±10.0	±5.0	用水准仪检查
平台梁水平度	l/1000,且不大于 10.0	l/1000,且不大于 5.0	用水准仪检查
平台支柱垂直度	H/1000,且不大于 5.0	H/1000,且不大于 3.0	用经纬仪或吊线和钢尺检查
承重平台梁侧向弯曲	l/1000,且不大于 10.0	l/1000,且不大于 5.0	用拉线和钢尺检查
承重平台梁垂直度	h/250,且不大于 10.0	h/250,且不大于 5.0	用吊线和钢尺检查
直梯垂直度	H'/1000,且不大于 15.0	H'/1000,且不大于 10.0	用吊线和钢尺检查
栏杆高度	±5.0	±3.0	用钢尺检查
栏杆立柱间距	±5.0	±3.0	用钢尺检查

注：l 为平台梁长度；H 为平台支柱高度；h 为平台梁高度；H' 为直梯高度。

3 相邻楼梯踏步的高度差 1 级不应大于 5mm，2、3、4 级不应大于 3mm，且每级踏步高度与设计偏差不应大于 3mm。

检查数量：按楼梯总数抽查 10%，且不应少于 3 跑。

检验方法：钢尺。

4 栏杆直线度偏差 1 级不应大于 5mm，2、3、4 级不应大于 3mm。

检查数量：栏杆按总长度抽查 10%，且每侧不应少于 5m。

检验方法：拉线、水准仪、水平尺、钢尺现场实测。

5 楼梯两侧栏杆间距与设计偏差 1 级不应大于 10mm，2、3、4 级不应大于 5mm。

检查数量：栏杆按总长度各抽查 10%，不应少于双侧 5m。

检验方法：钢尺现场实测。

7.7.7 主体钢结构安装

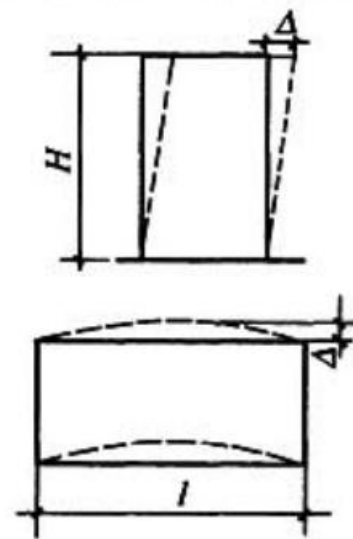
1 主体钢结构整体立面偏移和整体平面弯曲的允许偏差应符合表 7.7.7 的规定。

检查数量：对主要立面全部检查。对每个所检查的立面，除两列角柱外，尚应至少选取一列中间柱。

检验方法：采用经纬仪、全站仪、GPS 等测量。

表 7.7.7 钢结构整体立面偏移和整体平面弯曲的允许偏差 (mm)

项目	允许偏差		图例
	1 级	2、3、4 级	
主体结构整体立面偏移	单层	H/1000, 且不大于 25.0	H/1000, 且不大于 15.0
	高度 60m 以下的多高层	(H/2500+10), 且不大于 30.0	(H/2500+10), 且不大于 15.0
	高度 60m 至 100m 的高层	(H/2500+10), 且不大于 50.0	(H/2500+10), 且不大于 30.0
	高度 100m 以上的高层	(H/2500+10), 且不大于 80.0	(H/2500+10), 且不大于 50.0
主体结构整体平面弯曲	L/1500, 且不大于 50.0	L/1500, 且不大于 30.0	



7.8 空间结构安装工程

7.8.1 外露地脚螺栓

1 支承面顶板的位置、顶面标高、顶面水平度以及支座锚栓位置的允许偏差应符合表 7.8.1 的规定。支座锚栓的紧固应满足设计要求。

表 7.8.1 支承面顶板、支座锚栓位置的允许偏差 (mm)

项目		允许偏差	
		1 级	2、3、4 级
支承面顶板	位置	15.0	10.0
	顶面标高	0 -3.0	0 -2.0
	顶面水平度	L/1000	L/1500
支座锚栓	中心偏移	±5.0	±3.0

注：L 为顶板长度。

检查数量：按支座数抽查 10%，且不应少于 4 处。

检验方法：用经纬仪、水准仪、水平尺和钢尺实测。

2 地脚螺栓(锚栓)尺寸的偏差应符合本标准第 7.7.2 条的规定。支座锚栓螺纹应受到保护。

检查数量：按基础数抽查 10%，且不应少于 3 处。

检验方法：用钢尺现场实测。

7.8.2 钢网架、网壳结构安装

1 小拼单元的允许偏差应符合表 7.8.2-1 的规定。

检查数量：按单元数抽查 5%，且不应少于 3 个。

检验方法：用钢尺和辅助量具实测。

表 7.8.2-1 小拼单元的允许偏差(mm)

项目		允许偏差	
		1 级	2、3、4 级
节点中心偏移	$D \leq 500$	2.0	1.0
	$D > 500$	3.0	2.0
杆件中心与节点中心的偏移	$d(b) \leq 200$	2.0	1.0
	$d(b) > 200$	3.0	2.0
杆件轴线的弯曲矢高	—	$L/1000$ ，且不大于 5.0	$L/1000$ ，且不大于 3.0
网格尺寸	$l \leq 5000$	± 2.0	± 1.0
	$l > 5000$	± 3.0	± 2.0
锥体(桁架)高度	$h \leq 5000$	± 2.0	± 1.0
	$h > 5000$	± 3.0	± 2.0
对角线尺寸	$A \leq 7000$	± 3.0	± 2.0
	$A > 7000$	± 4.0	± 2.0
平面桁架节点处杆件轴线错位	$d(b) \leq 200$	2.0	1.0
	$d(b) > 200$	3.0	2.0

注：D 为节点直径，d 为杆件直径，b 为杆件截面边长，L 为杆件长度，l 为网格尺寸，h 为锥体(桁架)高度，A 为网格对角线尺寸。

2. 分条或分块单元拼装长度的允许偏差应符合表 7.8.2-2 的规定。

检查数量：全数检查。

检验方法：用钢尺和辅助量具实测。

表 7.8.2-2 分条或分块单元拼装长度的允许偏差(mm)

项目	允许偏差	
	1 级	2、3、4 级
分条、分块单元长度 $\leq 20m$	± 10.0	± 5.0
分条、分块单元长度 $> 20m$	± 20.0	± 10.0

3 钢网架、网壳结构安装完成后的允许偏差应符合表 7.8.2-3 的规定。

检查数量：全数检查。

检验方法：用钢尺、经纬仪和全站仪等实测。

表 7.8.2-3 钢网架、网壳结构安装的允许偏差(mm)

项目	允许偏差	
	1 级	2、3、4 级
纵向、横向长度	$\pm l/2000$ ，且不超过 ± 4	$\pm l/2000$ ，且不超过 ± 2
支座中心偏移	$l/3000$ ，且不大于 30.0	$l/3000$ ，且不大于 20.0
周边支撑网架、网壳相邻支座高差	$l_1/400$ ，且不大于 15.0	$l_1/400$ ，且不大于 10.0
多点支撑网架、网壳相邻支座高差	$l_1/800$ ，且不大于 30.0	$l_1/800$ ，且不大于 20.0
支座最大高差	30.3	20.0

注：1 为纵向或横向长度； l_1 为相邻支座距离。

7.8.3 索杆制作

1 锚具表面不应有裂纹、未熔合、气孔、缩孔、夹砂及明显凹坑等外部缺陷。锚具表面的防腐处理和保护措施应符合现行产品标准的规定并满足设计要求。

检查数量：全数检查。

检查方法：观察检查。

2 拉索、拉杆应按其预拉力设计值控制进行无应力状态下料，拉索、拉杆直径、长度应满足设计要求，尺寸偏差应符合表 7.8.3 的规定。

检查数量：全数检查。

检查方法：用游标卡尺、钢尺现场实测。

表 7.8.3 拉索尺寸偏差值(mm)

项目	允许偏差		
	1 级	2、3、4 级	
拉索、拉杆直径 d	+0.015d -0.010d	+0.010d -0.005d	
带外包层索体直径	+2 -1	+1 -0.5	
索杆长度	$l \leq 50m$	± 15	± 10
	$50m < l < 100m$	± 20	± 10
	$l \geq 100m$	$\pm 0.0002l$	$\pm 0.0001l$

7.8.4 膜单元制作与安装

1 热合成型后的膜单元，其外形尺寸应满足设计要求，外形尺寸的允许偏差应符合表

7.8.4 的规定。

表 7.8.4 膜单元外形尺寸的允许偏差(mm)

膜材	允许偏差	
	1 级	2、3、4 级
PTFE 膜材	±10	±5
PVC 膜材	±15	±10
ETFE 膜材	±5	±3

检查数量：全数检查。

检查方法：用钢尺、经纬仪、水平仪或全站仪检验。

2 膜单元应平整，无破损，膜表面无脏渍、尘土及划伤等。热合缝及周边加强部分外观应平整，不得有杂质、气泡、皱褶等缺陷。

检查数量：全数检查。

检查方法：观察检查。

3 连接固定膜单元的耳板、T 形件、天沟等的螺孔、销孔空间位置允许偏差 1 级应为 10mm，2、3、4 级应为 5mm；相邻两个孔间距允许偏差 1 级应为±5mm，2、3、4 级应为±3mm。

检查数量：按同类连接件数抽查 10%，且不应少于 3 处。

检查方法：用钢尺、水准仪、经纬仪或全站仪等检验。

4 膜结构安装完毕后，其外形和建筑观感应满足设计要求；膜面应平整美观，无存水、漏水、渗水现象。

检查数量：全数检查。

检查方法：观察检查。

7.9 涂装工程

7.9.1 表面处理

1 涂装前钢材表面除锈应符合涉及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、灰尘、油污、水和毛刺等。当设计无要求时，钢材表面除锈等级应符合下表规定。

检查数量：按构件数抽查 10%，且同类构件不少于 3 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。

各种底漆或防锈漆要求最低的除锈等级

涂料品种	除锈等级
油性酚醛、醇酸等底漆或防锈漆	St3
高氯化聚乙烯、氯化橡胶、氯磺化聚乙烯、环氧树脂、聚氨酯等底漆或防锈漆	Sa2 _{1/2}
无机富锌、有机硅、过氯乙烯等底漆	Sa2 _{1/2}

2 喷射清理的粗糙度宜控制在 $40\ \mu\text{m}\sim 100\ \mu\text{m}$ 范围并满足防腐底漆产品说明书的要求。对于无防火涂层体系的 I、II 级涂装级别，应控制为 $40\ \mu\text{m}\sim 85\ \mu\text{m}$ ；III、IV 级涂装级别，应控制为 $50\ \mu\text{m}\sim 75\ \mu\text{m}$ 。

检查数量：按构件数抽查 10%，且不应少于 3 个。

检验方法：用粗糙度对比样板检查。。

3 当设计要求或施工单位首次采用某涂料和涂装工艺时，应按《钢结构工程施工质量验收标准》GB50205-2020 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，对于暴露钢结构，各道涂层之间的附着力不应低于 5MPa(拉开法)或不低于 1 级(划格法)。

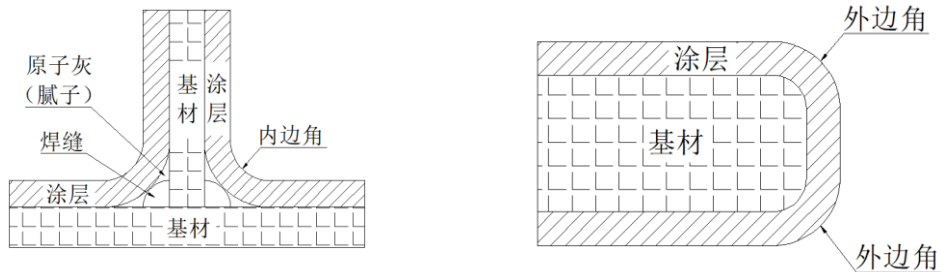
检查数量：全数检查。

检验方法：检查涂装工艺评定报告。

7.9.2 防腐涂料涂装

1. 最终涂层外观要求见下表:

等级及要求 指标	I	II	III	IV	自定义
内边角 (T 接) ①			平滑过渡		自选
外边角 (板边角) ②			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③: 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				



①内边角最终涂层平滑过渡示意图 (无论是否有焊缝) ②外边角最终涂层平滑过渡示意图

③首选穿戴超薄型纱布手套触摸, 也可用裸手触摸, 但手必须干净, 不污染涂层。

7.9.3 防火涂料涂装

1 防火涂料涂装基层不应有油污、灰尘和泥砂等污垢。

检查数量: 全数检查。

检验方法: 观察检查。

2 防火涂料不应有误涂、漏涂, 涂层应闭合, 无脱层、空鼓、明显凹陷、粉化松散和浮浆、乳突等缺陷。

检查数量: 全数检查。

检验方法：观察检查。

- 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。
- 4 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。

7.10 最终外观验收

7.10.1 根据第3章中建筑暴露钢结构外观分级表格进行相应验收工作。

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

备注：D级最后一涂面涂不允许局部修补。

7.10.2 最外层涂装完成后，应与视觉样板对比，确认是否满足要求。建筑师应到现场查看，并确认是否可以接受。

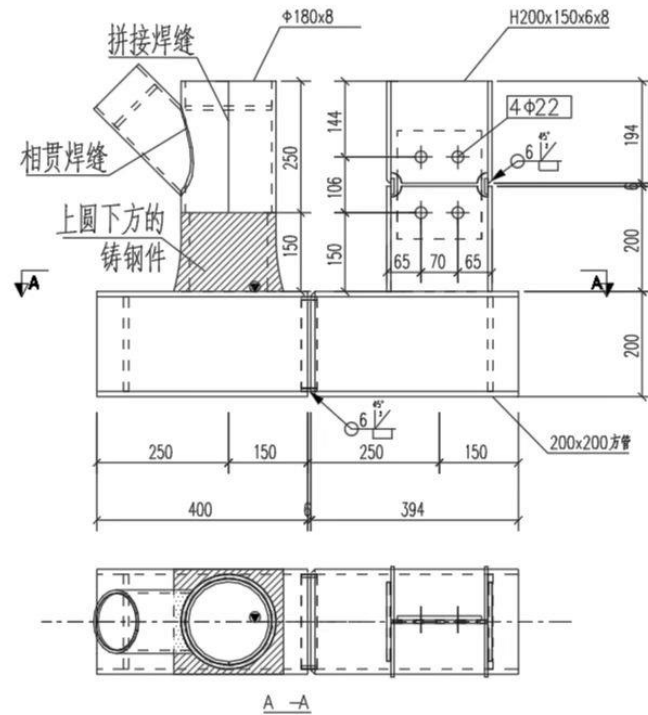
附录 A：外观分级视觉参考样板

外观品质等级	一般钢结构	A	B	C	D
无防火涂层体系 （此处照片暂借用AISC，实际另行设计样板，正在制作中）	 样板制作中	 样板制作中	 样板制作中	 样板制作中	 样板制作中
膨胀型防火涂层体系	样板制作中	样板制作中	样板制作中	样板制作中	样板制作中
非膨胀型防火涂层体系	样板制作中	样板制作中	样板制作中	样板制作中	

附录 B :制作安装级别参考样板

制作安装级别	0	1	2	3	4
	样板制作中	样板制作中	样板制作中	样板制作中	样板制作中

样板制作图纸



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. 《钢结构工程施工质量验收标准》 GB50205
2. 《钢结构通用规范》 GB55006
3. 《钢结构设计标准》 GB50017
4. 《建筑钢结构防腐技术规程》 JGJ/T251
5. 《色漆和清漆防护涂料体系对钢结构的防腐蚀保护》 GB/T 30790
6. 《建筑钢结构防火技术规范》 GB51249
7. 《钢结构防火涂料应用技术规程》 T/CECS 24
8. 《建筑钢结构防火技术规范》 GB51249
9. 《钢结构工程施工规范》 GB50755
10. 《焊缝符号表示法》 GB/T324
11. 《建筑结构制图标准》 GB/T50105
12. 《钢结构焊接规范》 GB50661
13. 《铸钢结构技术规程》 JGJ/T 395
14. 《铸钢件 超声检测 第1部分：一般用途铸钢件》 GB/T7233.1
15. 《铸钢件磁粉检测》 GB/T9444
16. 《铸件尺寸公差、几何公差与机械加工余量》 GB/T6414-2017
17. 《表面粗糙度比较样块铸造表面》 GB/T 6060.1
18. 《铸造表面粗糙度评定方法》 GB/T 15056
19. 《钢结构防火涂料》 GB 14907
20. 《钢结构防火涂料应用技术规范》 T/CECS 24
21. 《色漆和清漆 防护涂料体系对钢结构的防腐蚀保护》 GB/T 30790
22. 《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
23. 《热轧钢板和钢带的尺寸、外形、重量及允许偏差》 GB/T709
24. 《热轧钢板表面质量的一般要求》 GB/T14977
25. 《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
26. 《热轧型钢》 GB/T 706
27. 《结构用无缝钢管》 GB/T8162
28. 《铸钢节点应用技术规程》 CECS235
29. 《建筑用钢质拉杆构件》 JG/T 389