

中国钢结构协会标准

景观与雕塑钢结构检测与鉴定技术标准

Special specification for inspection and evaluation of landscape  
and sculpture steel structures

（征求意见稿）

中国钢结构协会

# 目次

1	总则.....	1
2	术语和符号.....	2
2.1	术语.....	2
2.2	符号.....	4
3	基本规定.....	5
3.1	基本要求.....	5
3.2	基本工作程序.....	8
3.3	检测与评定标准.....	9
3.4	检测内容和抽样方案.....	10
3.5	检测设备和检测人员.....	12
3.6	检测报告.....	13
4	材料检测与评定.....	14
4.1	一般规定.....	14
4.2	材料力学性能的检测与评定.....	14
4.3	材料化学成分的检测与评定.....	15
4.4	缺陷和损伤构件的检查与检测.....	16
4.5	金相的检测与评定.....	16
5	构件检测与评定.....	17
5.1	一般规定.....	17
5.2	构件外观检测与评定.....	17
5.3	钢构件安全性评定.....	19
5.4	钢构件适用性评定.....	20
5.5	钢构件耐久性评定.....	22
6	连接节点检测和评定.....	24
6.1	一般规定.....	24
6.2	节点检测与评定.....	24
6.3	焊接连接的检测与评定.....	26
6.4	螺栓和铆钉连接检测与评定.....	28
7	体系检测与评定.....	31
7.1	一般规定.....	31
7.2	检测内容与评定标准.....	31
7.3	结构计算模型与分析方法.....	35
7.4	检测结果的评定.....	36

8	围护结构检测与鉴定.....	38
8.1	一般规定.....	38
8.2	围护体系材料基本要求.....	38
8.3	支承龙骨与面板的检测与评定.....	39
8.4	围护体系计算.....	41
9	专项检测与评定.....	42
9.1	结构性能腐蚀检测与评定.....	42
9.2	防火保护层检测评定.....	44
9.3	结构和节点火灾后检测评定.....	45
9.4	结构疲劳性能检测与评定.....	49
9.5	结构抗震性能评定.....	50
附录 A	常见材料的燃点、变态温度.....	54
附录 B	常用铝合金参数.....	57
附录 C	常用不锈钢材料参数.....	58
	本标准用词说明.....	59
	引用标准名录.....	60
	引用标准名录.....	60

# 1 总则

**1.0.1** 为了规范景观与雕塑钢结构检测与鉴定工作，加强技术管理，保证结构安全，制订本标准。

**1.0.2** 本标准适用于新建和既有景观与雕塑钢结构工程的检测与鉴定。

**1.0.3** 景观与雕塑钢结构的检测与鉴定，除应执行本标准外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

## 2 术语和符号

### 2.1 术语

#### 2.1.1 景观与雕塑钢结构工程 landscape and sculpture steel structure

用钢结构建造的景观、雕塑工程等类似的构筑物。

#### 2.1.2 检测 testing

对工程结构的工作状况所进行的现场量测和取样试验等工作。

#### 2.1.3 评定 assessment and appraisal

根据检查、检测和分析验算结果，对结构的安全性和适用性按照相关规范规定的方法所进行的评价。

#### 2.1.4 专项检测与评定 special testing and assessment

对工程结构的某一特定问题或特定功能要求所进行的检测与评定。

#### 2.1.5 评定单元 appraisal unit

根据被评定的工程结构的特点，将其划分成一个或若干个可以独立进行评定的区段，每一个区段为一个评定单元。

#### 2.1.6 构件 member

工程结构中进一步细分的基本评定单位，即承受各种外因作用的单个结构构件。

#### 2.1.7 现场检测 in-site testing

对结构实体实施的原位检查、测量和检验等工作。

#### 2.1.8 目视检测 visual testing

用肉眼或借助低倍放大镜，对材料表面进行直接观察的检测方法。

#### 2.1.9 无损检测 nondestructive testing

对材料或构件实施的一种不损害其使用性能的检测方法。

#### 2.1.10 磁粉检测 magnetic particle testing

利用缺陷处漏磁场与磁粉的相互作用来显示铁磁性材料表面和近表面缺陷的无损检测方法。

#### 2.1.11 渗透检测 penetrant testing

利用毛细管作用原理检测材料表面开口性缺陷的无损检测方法。

**2.1.12 超声波检测 ultrasonic testing**

利用超声波在介质中传播时遇到界面产生反射的性质及其在传播时产生衰减的规律来检测缺陷的无损检测方法。

**2.1.13 射线检测 radiographic testing**

利用被检构件对透入射线的不同吸收程度来检测缺陷的无损检测方法。

**2.1.14 龙骨 joist**

用来支撑造型,固定围护材料的辅助性构件,属于装饰装修工程的骨架。

## 2.2 符号

### 2.2.1 结构性能、作用、作用效应及抗力

$R$ ——结构或构件的抗力；

$S$ ——结构或构件上的荷载(作用)效应；

$\gamma_0$ ——结构重要性系数；

$\gamma_{RE}$ ——承载力抗震调整系数；

### 2.2.2 几何参数

$A_c$ ——考虑腐蚀损伤对构件截面削弱后的截面面积；

$t_0$ ——构件初始厚度；

$A_0$ ——未腐蚀构件截面的公称面积；

$t$ ——剩余腐蚀牺牲层厚度

### 2.2.3 腐蚀参数

$\Delta t$ ——腐蚀损伤量，为初始厚度减去实际厚度；

$Y$ ——构件的剩余耐久年限；

$v$ ——过去年腐蚀速度；

$a$ ——与腐蚀速度有关的修正系数；

### 2.2.4 鉴定等级

$a_u, b_u, c_u, d_u$ ——构件、连接及节点的安全性等级；

$a_s, b_s, c_s$ ——构件、连接及节点的适用性等级；

$a_d, b_d, c_d$ ——构件、连接及节点的耐久性等级；

$a_c, b_c, c_c$ ——构件、连接、节点的腐蚀等级；

$A_u, B_u, C_u, D_u$ ——结构系统的安全性等级；

$A_s, B_s, C_s$ ——结构系统的适用性等级；

$A_d, B_d, C_d$ ——结构系统的耐久性等级。

### 3 基本规定

#### 3.1 基本要求

3.1.1 景观与雕塑钢结构可靠性鉴定的内容包括：安全性鉴定、适用性鉴定和耐久性鉴定，对于有抗震要求的地区尚应参照《建筑抗震鉴定标准》GB 50023 对钢结构进行鉴定。

3.1.2 景观与雕塑工程出现下列情况之一时，应进行检测与可靠性鉴定：

- 1 改变使用条件或使用环境；
- 2 进行改造、改建或扩建；
- 3 达到设计使用年限需继续使用；
- 4 遭受严重损伤且需要继续使用；
- 5 存在较严重的质量缺陷或出现较严重的腐蚀、变形。

3.1.3 景观与雕塑钢结构出现下列情况之一时，宜进行检测与可靠性鉴定：

- 1 对景观或雕塑工程进行大规模维修或装饰；
- 2 正常使用中发现较大变形、损伤迹象。

3.1.4 景观与雕塑钢结构出现下列情况之一时，可根据需要进行专项检测与鉴定：

- 1 遭受极端气象条件，如台风、暴雪、冰雹等，结构出现明显变形；
- 2 遭受超过本地区设防烈度的地震且结构出现明显的变形；
- 3 遭受火灾、爆炸且受损严重。

3.1.5 景观和雕塑骨架钢结构可靠性鉴定对象的范围，应按照结构系统确定，可以是整个骨架钢结构，也可以是结构功能相对独立的钢结构部分。

3.1.6 景观与雕塑钢结构工程等级划分宜符合表 3.1.6 规定。

表 3.1.6-1 景观钢结构工程等级划分

等级划分	高度 $H$ (m)	跨度 $L$ (m)	悬挑尺寸
特大型	$H \geq 100$	$L \geq 100$	$L_0 \geq 40$
大型	$60 \leq H < 100$	$60 \leq L < 100$	$20 \leq L_0 < 40$
中型	$30 \leq H < 60$	$30 \leq L < 60$	$5 \leq L_0 < 20$

小型	$H < 30$	$L < 30$	$L_0 < 5$
----	----------	----------	-----------

表 3.1.6-2 雕塑钢结构工程等级划分

等级划分	高度 $H$ (m)	高度 $H$ (m), 宽度 $L$ (m)	面积 $S$ (m <sup>2</sup> )
特大型	$H \geq 30$	$H \geq 10, L \geq 45$	$S \geq 300$
大型	$10 \leq H < 30$	$H \geq 5, L \geq 30$	$100 \leq S < 300$
中型	$3 \leq H < 10$	$H \geq 3, L \geq 10$	$60 \leq S < 100$
小型	$H < 3$	$H < 3, L < 10$	$S < 60$

3.1.7 景观与雕塑钢结构进行可靠性鉴定时, 可根据后续工作年限按表 3.1.7 的规定取用结构重要性系数 $\gamma_0$ , 荷载和作用不得因后续目标使用期的不同再进行折减。

表 3.1.7 不同安全等级或后续目标使用期的结构重要性系数 $\gamma_0$

安全等级或后续目标使用期 (年)	结构重要性系数 $\gamma_0$				
	景观钢结构工程			雕塑钢结构工程	
	特大型	大型	中小型	特大型	其他
一级 或 $\geq 100$	$\geq 1.10$	$\geq 1.05$	$\geq 1.0$	$\geq 1.0$	$\geq 0.95$
二级 或 50	$\geq 1.05$	$\geq 1.0$	$\geq 0.95$	$\geq 0.95$	$\geq 0.90$
三级 或 $< 5$	$\geq 1.0$	$\geq 0.95$	$\geq 0.90$	$\geq 0.90$	$\geq 0.85$

3.1.8 进行景观与雕塑钢结构可靠性鉴定时, 应调查、收集结构建造及加固改造的信息资料并进行实物复核; 调查、核实、检测结构的作用及使用条件; 调查、检测结构的缺陷、损伤状况; 评估结构性能的劣化状况; 进行结构分析与校核。

3.1.9 景观与雕塑钢结构上的荷载或作用, 应按下列原则确定:

1 结构和构件自重的标准值, 应根据构件和连接的实际尺寸, 按材料和构件单位自重的标准值计算确定。对不便实测的连接构造尺寸, 允许按结构构件竣工图估算。

2 常用材料和构件的单位自重标准值, 应按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的规定采用。当规范规定值有上、下限时, 应按下列规定采用:

- 1) 当其效应对结构不利时, 取上限值;
- 2) 当其效应对结构有利时, 取下限值。

3 结构上的其它荷载或作用，应根据建筑物的实际状态和使用环境参照现行国家标准确定。

**3.1.10 景观与雕塑钢结构的分析与校核，应符合下列要求：**

1 校核验算的计算模型，应符合结构实际受力和构造状况，并应考虑使用环境、基础沉降、结构变形、材料缺陷及损伤、构件损伤、节点损伤对结构性能的影响；

2 结构材料的性能指标，应根据调查复核结果或现状检测结果取用；

3 结构或构件的几何尺寸等，应采用调查复核结果或现状检测结果，并应考虑制作安装偏差、缺陷、腐蚀等的影响；

4 当需要通过现场荷载试验检验构件的承载性能和使用性能时，应按照国家现行有关标准执行。

**3.1.11 景观与雕塑钢结构可靠性鉴定的层次、鉴定项目，宜符合表 3.1.11 的规定，并应按照鉴定目的要求，对安全性、适用性、耐久性分别鉴定等级。对于由多个子结构组成的组合结构系统，应先对每个子结构分别进行等级鉴定，然后再对组合结构系统进行综合等级鉴定。**

**表 3.1.11 可靠性鉴定的层次、鉴定项目、等级划分及内容**

层次	一						二		
层名	构件			连接、节点			结构系统		
鉴定项目	安全性	适用性	耐久性	安全性	适用性	耐久性	安全性	适用性	耐久性
等级	$a_u, b_u,$ $c_u, d_u$	$a_s, b_s,$ $c_s$	$a_d, b_d,$ $c_d$	$a_u, b_u,$ $c_u, d_u$	$a_s, b_s,$ $c_s$	$a_d, b_d,$ $c_d$	$A_u, B_u,$ $C_u, D_u$	$A_s, B_s,$ $C_s$	$A_d, B_d,$ $C_d$
鉴定内容	承载力；构造；整体变形； 局部变形；开裂损伤；腐蚀；连接可靠性						系统整体性；承载力； 整体变形		

**3.1.12 景观与雕塑工程的地基基础的鉴定及评级可参照《民用建筑可靠性鉴定标准》GB 50292 及《工业建筑可靠性鉴定标准》GB 50144 执行。**

## 3.2 基本工作程序

3.2.1 景观与雕塑钢结构可靠性鉴定宜分为检查评估和检测鉴定两个阶段。

3.2.2 景观与雕塑钢结构可靠性鉴定宜遵循图 3.2.2 所示的一般工作程序。

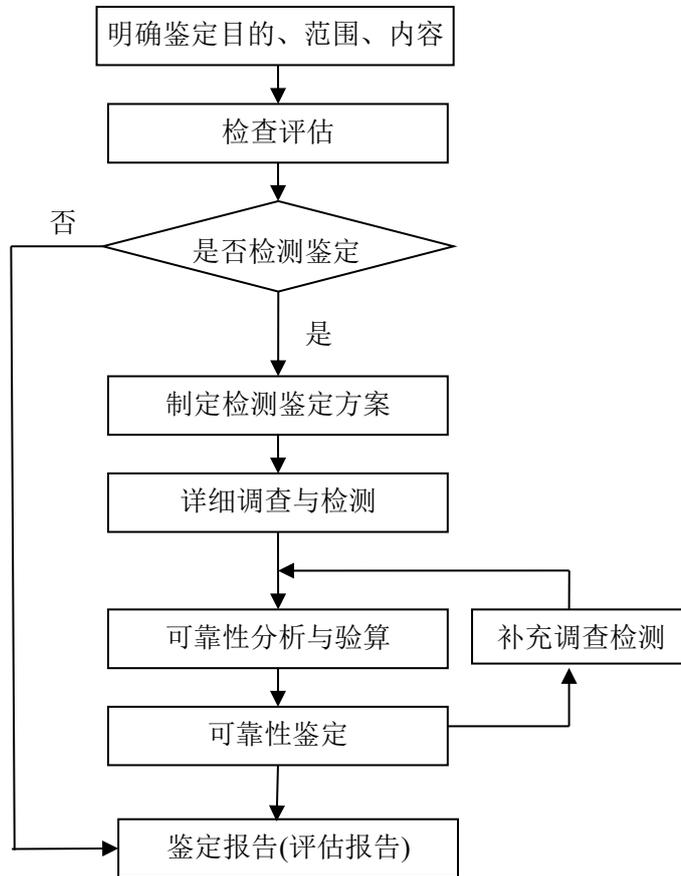


图 3.2.2 可靠性鉴定程序

3.2.3 景观与雕塑钢结构鉴定的目的、范围和内容，应根据委托方提出的鉴定原因和要求，并根据现场调查情况确定。

3.2.4 景观与雕塑钢结构检查评估的基本内容包括：查阅档案资料；勘查现场，调查实际状况、使用条件和环境；对结构存在的问题进行分析，对问题明确者，提出评估结论，对需要进一步检测的结构，确定详细检测鉴定方案。

3.2.5 景观与雕塑钢结构检测鉴定方案的基本内容应包括：检测鉴定目的和范围；检测鉴定的依据；详细调查与检测的工作内容；检测方案和主要检测方法。

3.2.6 景观与雕塑钢结构可靠性鉴定过程中，若发现数据资料不足或不准确时，应及时进行补充调查、检测。

3.2.7 对景观与雕塑钢结构结构受荷状态进行构件取样时，应不影响结构的安全使用。现场检测结束后，应及时修补检测所造成的结构或构件的损伤。

### 3.3 检测与评定标准

3.3.1 景观与雕塑钢结构的检测与评定应按结构构件、节点及结构体系进行。

3.3.2 景观与雕塑钢结构的检测与评定应包括材料、构件、连接与节点、结构体系、围护体系等方面。对有特殊要求的景观与雕塑钢结构还应进行专项检测。

3.3.3 钢构件及节点应按安全性、适用性和耐久性分别评定，并按下列规定标准评定等级：

#### 1 钢构件及节点的安全性等级

$a_u$ 级：在目标使用期内安全，不必采取措施；

$b_u$ 级：在目标使用期内不显著影响安全，可不采取措施；

$c_u$ 级：在目标使用期内显著影响安全，应采取的措施；

$d_u$ 级：危及安全，必须及时采取措施。

#### 2 钢构件及节点的适用性等级

$a_s$ 级：在目标使用期内能正常使用，不必采取措施；

$b_s$ 级：在目标使用期内尚可正常使用，可不采取措施；

$c_s$ 级：在目标使用期内影响正常使用，应采取的措施。

#### 3 钢构件及节点的耐久性等级

$a_d$ 级：在正常维护条件下，能满足耐久性要求，不必采取措施；

$b_d$ 级：在正常维护条件下，尚能满足耐久性要求，可不采取措施；

$c_d$ 级：在正常维护条件下，不能满足耐久性要求，应采取的措施。

3.3.4 钢结构系统(包括结构功能相对独立的子结构)的可靠性应按安全性、适用性和耐久性分别评定，并按下列规定评定等级：

#### 1 钢结构系统的安全性等级

$A_u$ 级：在目标使用期内安全，不必采取措施；

$B_u$ 级：在目标使用期内无显著影响安全的因素，可不采取措施或有少数构件或节点应采取适当措施；

$C_u$ 级：在目标使用期内有显著影响安全的因素，应采取的措施；

$D_u$ 级：有严重影响安全的因素，必须及时采取措施。

## 2 钢结构系统的适用性等级

$A_s$ 级：在目标使用期内能正常使用，不必采取措施；

$B_s$ 级：在目标使用期内尚能正常使用，可不采取措施或有少数构件或节点应采取适当措施；

$C_s$ 级：在目标使用期内有影响正常使用的因素，应采取适当措施。

## 3 钢结构系统的耐久性等级

$A_d$ 级：在正常维护条件下，能满足耐久性要求，不必采取措施；

$B_d$ 级：在正常维护条件下，能满足耐久性要求，可不采取措施或有少数构件或节点应采取适当措施；

$C_d$ 级：在正常维护条件下，不能满足耐久性要求，应采取适当措施。

**3.3.5** 检测与评定应明确景观与雕塑钢结构的后续工作年限。后续工作年限由检测人员按照景观与雕塑已使用年限、历史、现状综合分析后确定。

**3.3.6** 景观与雕塑钢结构的检测应根据本标准的要求和景观与雕塑钢结构评定的需要，合理确定检测方案。

**3.3.7** 对于重要的特大和大型景观与雕塑钢结构，必要时可提出结构安全性监测的建议。

## 3.4 检测内容和抽样方案

**3.4.1** 钢材的检测内容包括钢材力学性能检测与化学成分分析。

**3.4.2** 构件检测与评定主要为构件的外观检测及承载力性能检测。

**3.4.3** 节点检测包括设计复核检测、质量检测、损伤检测和节点连接可靠性检测。设计复核、施工质量和损伤缺陷检测可采用观察与量测方法。

**3.4.4** 围护结构质量检测包括：外观尺寸、表面平整度、外观质量与损伤、连接可靠性等项目。

**3.4.5** 景观与雕塑钢结构专项检测包括结构腐蚀性能检测、结构和节点防火保护层检测、火灾后结构检测。景观桥尚需要疲劳性能检测，必要时进行振动舒适度检测。

**3.4.6** 景观与雕塑钢结构现场检测应根据委托方的检测目的和检测要求确定检

测项目，并根据项目要求采用全数检测或抽样检测。

**3.4.7** 当遇到下列情况之一时，宜采用全数检测：

- 1 外观缺陷或表面损伤的检查；
- 2 受检范围较小或构件数量较少；
- 3 构件质量状况差异较大；
- 4 灾害发生后对结构受损情况的识别；
- 5 委托方要求进行全数检测。

**3.4.8** 抽样检测时，宜采用随机抽样或约定抽样方法。当景观与雕塑钢结构按检验批进行检测时，其抽样检测可根据检测项目的实际情况采用计数抽样方法、计量抽样方法或分层计量抽样方法进行检测；当专项产品标准或相应验收标准的规定适用于现场检测时，也可按相应规定确定的抽样方法进行检测。

**3.4.9** 在建景观与雕塑钢结构按检验批检测时，其抽样检测的比例及合格判定应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 的规定。

**3.4.10** 既有景观与雕塑钢结构计数抽样检测时，每批抽样检测的最小样本容量不应小于表 3.4.10 的限定值。

**表 3.4.10 既有钢结构抽样检测的最小样本容量**

检验批 的容量	最小样本容量			检验批 的容量	最小样本容量		
	A	B	C		A	B	C
3~8	2	2	3	151~280	13	32	50
9~15	2	3	5	281~500	20	50	80
16~25	3	5	8	501~1200	32	80	125
26~50	5	8	13	1201~3200	50	125	200
51~90	5	13	20	3201~10000	80	200	315
91~150	8	20	32	—	—	—	—

注：1 表中 A、B、C 为检测类别，检测类别 A 适用于一般施工质量的检测，检测类别 B 适用于结构质量或性能的检测，检测类别 C 适用于结构质量或性能的严格检测或复检；

2 无特别说明时，样本为构件。

**3.4.11** 既有景观与雕塑钢结构计数抽样检测时，根据检验批中的不合格数，判断检验批是否合格。检验批的合格判定，应符合下列规定：

- 1 计数抽样检测的对象为主控项目时，应按表 3.4.11-1 判定；

2 计数抽样检测的对象为一般项目时，应按表 3.4.11-2 判定。

**表 3.4.11-1 主控项目的判定**

样本容量	合格判定数	不合格判定数	样本容量	合格判定数	不合格判定数
2~5	0	1	80	7	9
8~13	1	2	125	10	11
20	2	3	200	14	15
32	3	4	>315	21	22
50	5	6	—	—	—

**表 3.4.11-2 一般项目的判定**

样本容量	合格判定数	不合格判定数	样本容量	合格判定数	不合格判定数
2~5	1	2	32	7	9
8	2	3	50	10	11
13	3	4	80	14	15
20	5	6	>125	21	22

### 3.5 检测设备和检测人员

**3.5.1** 景观与雕塑钢结构工程检测所用的仪器、设备和量具应有产品合格证、计量检定机构出具的有效期内的检定（校准）证书，仪器设备的精度应满足检测项目的要求。检测所用检测试剂应标明生产日期和有效期，并应具有产品合格证和使用说明书。

**3.5.2** 检测人员应经过培训并取得上岗资格；从事景观与雕塑钢结构工程检测的人员应按现行国家标准《无损检测 人员资格鉴定与认证》GB/T 9445 进行相应级别的培训、考核，并持有相应考核机构颁发的执业资格证书。

**3.5.3** 取得执业资格证书的各等级技术人员不得从事执业资格证书对应范围以外的检测工作。

**3.5.4** 从事射线检测的人员上岗前应进行辐射安全知识的培训，并应取得放射工作人员证。

**3.5.5** 从事景观与雕塑钢结构工程检测的人员，视力应满足下列要求：

- 1 检测人员每年应检查一次视力，双眼矫正后视力需达到 1.0 以上；
- 2 从事磁粉、渗透检测的人员，不得有色盲等辨色能力缺陷。

**3.5.6** 景观与雕塑钢结构工程现场检测工作应同时由两名或两名以上检测人员承担。

## **3.6 检测报告**

**3.6.1** 景观与雕塑钢结构工程检测报告应对所检测的项目作出是否符合设计文件要求或相应验收规范规定的判定，对景观与雕塑钢结构工程各项检测内容报告均应给出项目的检测结论，从而为工程结构的鉴定提供可靠的依据。

**3.6.2** 检测报告应包括下列内容：

- 1 委托单位名称；
- 2 工程概况，包括工程名称、结构类型、工程规模、环境类别、竣工日期及工程现状等；
- 3 建设单位、设计单位、施工单位及监理单位名称；
- 4 检测原因、检测目的，以往检测情况概述；
- 5 检测内容、检测方法、检测工作依据的标准；
- 6 抽样方案及数量；
- 7 检测项目中的主要分类检测数据和汇总结果，检测结论；
- 8 主检、报告审核和报告批准人员的签名；
- 9 检测日期，报告完成日期。

## 4 材料检测与评定

### 4.1 一般规定

4.1.1 景观与雕塑钢结构现场取样时，应根据检测内容和目的确定取样部位、取样数量和样品尺寸，并应保证样品具有代表性。

4.1.2 新建结构钢材质量与性能检测，应按同种构件且同规格为一个检测批；对于既有钢结构无技术资料时，对主受力构件进行现场取样。

4.1.3 钢材质量与性能检测，宜以结构有损伤或破坏部位的材料为主，取样时应避开钢结构在制作、安装过程中有可能受切割火焰、焊接等热影响的部位。

4.1.4 景观与雕塑中钢材发生烧损、变形、断裂、腐蚀或其他形式的损伤，需要确定微观组织是否发生变化时，应进行金相检测。

### 4.2 材料力学性能的检测与评定

4.2.1 钢材的力学性能检验应包括钢材屈服强度、抗拉强度、伸长率或断面收缩率、冷弯性能、冲击韧性等项目，检测所选取项目应根据结构和材料实际情况及委托目的确定。

4.2.2 钢材力学性能检验试件的取样数量、取样方法、试验方法和评定标准应满足下列规定：

1 对钢材屈服强度、抗拉强度、伸长率或断面收缩率、冷弯性能检验时抽样数量为每批至少 2 个，对冲击韧性检验时抽样数量为每批至少 3 个；

2 取样方法按现行国家标准《钢及钢产品力学性能试验取样位置及试样制备》GB/T 2975 执行；

3 试验方法根据检验项目不同，分别按现行国家标准《金属材料拉伸试验 第 1 部分：室温试验方法》GB/T 228.1、《金属材料 弯曲试验方法》GB/T 232、《金属材料 夏比摆锤冲击试验方法》GB/T 229 执行；

4 评定标准按现行国家标准《碳素结构钢》GB/T 700、《低合金高强度结构钢》GB/T 1591 执行。

**4.2.3** 当钢材质量基本信息不确定时，则每个检验批应抽取 3 个试样进行屈服强度、抗拉强度等拉伸试验，并应根据试验结果确定钢材的牌号。当无法根据试验结果确定钢材牌号时，该检验批钢材的强度设计值可按屈服强度试验结果最低值的 0.85 倍确定。

**4.2.4** 当不能确定被检钢结构材料是否按照国家现行产品标准生产制造时，检测结果除提供钢材力学性能指标外，还应补充提供拉伸曲线。

**4.2.5** 当检验结果与钢材质量基本信息不符时应扩大取样，加倍抽样检验。

**4.2.6** 钢结构所用钢材的抗拉强度，可采用表面硬度的方法检测，检测操作应按现行国家标准《黑色金属硬度及强度换算值》GB/T 1172 的规定进行。

**4.2.7** 结构中若有其他类型材料如铝、不锈钢或其他合金材料，其力学性能检验应按现行国家规范执行。

### **4.3 材料化学成分的检测与评定**

**4.3.1** 化学成分分析，可根据检测方法的不同分为无损和半破损检测。无损检测所采用的光谱仪必须满足成品化学成分的精度要求。半破损检测现场取样时，当有与结构同批的钢材时，可以直接对其取样；当没有与结构同批的钢材时，可在成品上取样。

**4.3.2** 化学成分分析取样数量、取样方法、试验方法和评定标准应满足下列规定：

1 抽样数量为每批至少 1 个；

2 取样方法及成品化学分析允许误差应按现行国家标准《钢的成品化学成分允许偏差》GB/T 222、《钢和铁 化学成分测定用试样的取样和制样方法》GB/T 20066 执行；

3 钢材品种应根据所含元素含量，对照现行国家标准《碳素结构钢》GB/T 700、《低合金高强度结构钢》GB/T 1591、《合金结构钢》GB/T 3077、《建筑结构用钢板》GB/T 19879、《厚度方向性能钢板》GB/T 5313、《不锈钢和耐热钢 牌号及化学成分》GB/T 20878、《不锈钢热轧钢板和钢带》GB/T 4237、《不锈钢冷轧钢板和钢带》GB/T 3280 和《耐候结构钢》GB/T 4171 中的化学成分含量进行判别。

4 结构中若有其他类型材料的,其化学成分分析取样数量、取样方法、试验方法和评定标准应按现行国家规范执行。

4.3.3 由于事故火灾等原因,钢材材质可能有变化或某元素含量发生变化,应进行化学成分分析。

#### 4.4 缺陷和损伤构件的检查与检测

4.4.1 景观与雕塑钢构件表面缺陷和损伤检测宜采用低倍放大镜观察、磁粉探伤或渗透探伤等方法;内部缺陷和损伤检测宜采用超声波或 X 射线等无损探伤方法。

4.4.2 厚度小于 4mm 的钢板,可采用表面检测方法检测;厚度大于等于 4mm 的钢板,可按照现行国家标准《钢结构超声波探伤及质量分级法》JG/T 203 的规定检测。抽样数量应根据结构重要性及对钢材缺陷的敏感性确定。

4.4.3 在建景观与雕塑钢结构主要承重构件及节点有缺陷和损伤部位钢材的检测比例不应小于 20%,且必须是同一批钢材。对大型及特大型在建景观与雕塑,检测比例应为 100%。

4.4.4 既有景观与雕塑,应对主要承重构件及节点的缺陷和损伤部位的钢材进行 100%的检测,其余部位进行不小于 20%的检测。

#### 4.5 金相的检测与评定

4.5.1 材料的金相检测可采用现场复膜金相检验法或使用便携式显微镜现场检测,取样部位主要在开裂、应力集中、过热、变形或其他怀疑有材料组织变化的部位。

4.5.2 对于可以现场取样的钢结构构件,在确保安全的条件下,应对有代表性的部位采用现场破损切割的方法取样,进行实验室宏观、微观、断口等金相检验。

4.5.3 金相检验及评定,应按照国家现行标准《金属显微组织检验方法》GB/T 13298、《钢的游离渗碳体、珠光体和魏氏组织的评定方法》GB/T 13299、《钢的低倍组织及缺陷酸蚀检验法》GB/T 226、《结构钢低倍组织缺陷评级图》GB/T 1979、《金属熔化焊接头缺欠分类及说明》GB/T 6417.1 及《钢材断口检验法》GB 1814 的规定执行。

## 5 构件检测与评定

### 5.1 一般规定

- 5.1.1** 钢构件宜划分为柱构件、梁构件、杆构件、钢板构件和柔性构件。
- 5.1.2** 钢结构构件的检测采用观察、测量和常规无损检测方法，必要时可进行取样检测及构件试验检验。
- 5.1.3** 钢构件检测抽样数量可根据检测项目的特点，按下列原则确定：
- 1 构件外部缺陷与损伤、涂装和腐蚀，宜全数普查。
  - 2 构件几何尺寸、制作安装偏差与变形，应根据现场实际情况确定抽样数量与位置。
  - 3 构件的构造与连接，应选择对结构安全影响大的部位进行检测。
- 5.1.4** 下列情况时，检测对象可以是单个构件或部分构件，但检测结论不得扩大到未检测的构件或范围。
- 1 委托方指定的检测对象或范围。
  - 2 因环境侵蚀或火灾、水灾、爆炸、高温以及人为等因素造成部分损伤的构件。
- 5.1.5** 钢结构构件的可靠性应根据现状检测结果、结构验算分析结果和工作形态表现进行综合鉴定。
- 5.1.6** 进行结构构件可靠性分析验算时，应遵守下列规定：
- 1 结构构件验算采用的结构分析方法应符合现行国家设计规范的规定。
  - 2 结构构件验算采用的计算模型应符合其实际受力与构造状况。
  - 3 结构上的荷载和作用应在调查或检测核实后，取最不利情况，按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的规定确定。

### 5.2 构件外观检测与评定

- 5.2.1** 景观与雕塑工程外观质量评价可采用目测方法，检查是否存在明显质量缺陷；对细小缺陷需要鉴别时，可使用 2~7 倍放大镜。

**5.2.2** 检测人员在目视检测前，应了解工程施工图纸和有关标准，熟悉工艺标准，提出目视检测的内容和要求。

**5.2.3** 被测构件表面应有足够的照明，一般情况下光照度不得低于 160lx；对细小缺陷进行鉴别时，光照度不得低于 540lx。目视检测应从多个角度进行观察。

**5.2.4** 检测内容应包括以下内容：

1 构件的外观质量的检测包括夹层、裂纹、非金属夹杂等项目。

2 钢结构焊前目视检测的内容包括焊缝坡口形式、坡口尺寸、组装间隙；焊后目视检测的内容包括焊缝尺寸、焊缝外观质量。

3 对于焊接外观质量的目视检测应在焊缝清理完毕后进行，焊缝及焊缝附近区域不得有焊渣及飞溅物。

**5.2.5** 钢构件尺寸偏差的检测应符合下列规定：

1 构件的几何尺寸应包括：构件轴线或中心线尺寸、主要零部件布置定位尺寸以及零部件规格尺寸；

2 尺寸检测的范围应包括所抽样构件的全部几何尺寸，每个尺寸在构件的 3 个部位测量，取 3 处实测值的平均值作为该尺寸的代表值；

3 钢构件的尺寸偏差应以最终设计文件规定的尺寸为基准进行计算。

**5.2.6** 钢构件变形与安装偏差的检测，应符合下列规定：

1 构件变形检测内容包括垂直度、弯曲变形、扭曲变形、跨中或悬挑端挠度；

2 钢构件垂直度、侧向弯曲矢高、扭曲变形应根据测点间相对位置差计算。

**5.2.7** 钢构件长细比、截面板件宽厚比应按构件实际几何尺寸进行核算。

**5.2.8** 拉索、拉杆的检测应符合下列规定：

1 拉索和拉杆的张力应采用专门的检测仪器检测，并以不少于 3 次测试的平均值作为最终测试值；

2 拉索检测应包括索中断丝数量和最小转弯半径。

**5.2.9** 钢构件缺陷与损伤检测的内容应包括裂纹、局部变形、人为损伤、腐蚀等项目，并应符合下列规定：

1 钢构件表面的裂纹与人为损伤可采用观察和渗透的方法检测，钢构

件的内部裂纹可采用超声波探伤法或射线法检测;

- 2 钢构件的局部变形采用观察和尺量的方法检测;
- 3 钢构件的腐蚀可按本标准第 9.1 节的规定进行检测。

#### 5.2.10 检测结果的评价

1 构件表面的外观质量应符合国家现行有关规范的规定,表面不得有裂纹、折叠,钢材端边或断口处不应有分层、夹渣等缺陷。

2 当构件表面有锈蚀、麻点或划伤等缺陷时,其深度不得大于该钢材厚度负偏差值的 1/2。

3 焊缝坡口形式、坡口尺寸、组装间隙等应符合焊接工艺规程和相关技术标准的要求。

4 焊缝表面不得有裂纹、焊瘤等缺陷。一级焊缝不允许有外观质量缺陷,二、三级焊缝外观质量应符合《钢结构工程施工质量验收标准》GB50205 中附录 A 的要求。

### 5.3 钢构件安全性评定

5.3.1 钢构件安全性鉴定应按承载力、构造两个基本项目分别评定等级,并应取其中的较低等级作为安全性鉴定等级。当构件存在严重缺陷、过大变形、显著损伤和严重腐蚀等状况时,可按其严重程度评定变形与损伤等级,然后取承载力、构造和变形与损伤的最低评定等级,作为安全性鉴定等级。

5.3.2 景观钢结构构件承载力安全等级应根据构件的抗力设计值  $R$  和作用效应组合设计值  $S$  及结构重要性系数  $\gamma_0$ ,按表 5.3.2-1 的规定评定;雕塑钢结构构件承载力安全等级应根据构件的抗力设计值  $R$  和作用效应组合设计值  $S$  及结构重要性系数  $\gamma_0$ ,按表 5.3.2-2 的规定评定。

表 5.3.2-1 景观钢结构构件承载力安全等级

等级	$a_u$	$b_u$	$c_u$	$d_u$
主要构件及连接或节点 $R/\gamma_0 S$	$\geq 1.00$	$< 1.00, \geq 0.95$	$< 0.95, \geq 0.90$	$< 0.90$
一般构件及连接或节点 $R/\gamma_0 S$	$\geq 1.00$	$< 1.00, \geq 0.92$	$< 0.92, \geq 0.87$	$< 0.87$

表 5.3.2-2 雕塑观钢结构构件承载力安全等级

等级	$a_u$	$b_u$	$c_u$	$d_u$
主要构件及连接或节点 $R/\gamma_0 S$	$\geq 1.00$	$< 1.00, \geq 0.92$	$< 0.92, \geq 0.87$	$< 0.87$
一般构件及连接或节点 $R/\gamma_0 S$	$\geq 0.95$	$< 0.95, \geq 0.90$	$< 0.90, \geq 0.85$	$< 0.85$

5.3.3 钢构件的构造安全等级应按表 5.3.3 的规定评定。

表 5.3.3 钢构件构造安全等级

等级	$a_u$ 或 $b_u$	$c_u$ 或 $d_u$
评定内容	构件连接方式正确, 构件和连接构造符合设计要求, 无缺陷或仅有局部表面缺陷, 工作无异常	构件连接方式不当, 构件和连接构造有严重缺陷; 构造或连接有裂缝或锐角切口; 焊缝、螺栓、铆钉有变形、滑移或其他损坏

5.2.4 在下列情况下, 钢构件的安全性可直接评定为  $c_u$  级或  $d_u$  级:

- 1 已确定构件处于危险状态时, 构件的安全性等级应评定为  $d_u$  级;
- 2 构件存在裂纹、脆性断裂或疲劳开裂时, 应视其严重程度, 直接评为  $c_u$  级或  $d_u$  级;
- 3 钢索中有断丝, 若当断丝数不超过索中钢丝总数的 5% 时, 可定为  $c_u$  级; 当断丝数超过 5% 时, 应定为  $d_u$  级; 索构件发生松弛, 应根据其严重程度评定为  $c_u$  级或  $d_u$  级。

5.2.5 下列情况下, 构件宜通过载荷试验进行安全性鉴定:

- 1 按现有计算手段尚不能准确评定构件的安全性;
- 2 构件验算缺少应有的参数。

## 5.4 钢构件适用性评定

5.4.1 构件适用性鉴定应按变形、制作安装偏差、构造、损伤、防火涂层质量等项目分别评定等级, 并应取其中最低等级作为适用性鉴定等级。

5.4.2 钢构件的适用性评级标准应符合表 5.4.2 规定:

5.4.3 钢构件的变形等级, 应按构件变形与国家现行标准《钢结构设计标准》GB 50017 等设计标准规定的符合性和对正常使用的影响程度进行评定。

表 5.4.2 钢构件适用性评级标准

级别	分级标准	是否采取措施
$a_s$	符合国家现行标准规范的正常使用要求，在目标使用年限内能正常使用。	不必采取措施
$b_s$	略低于国家现行标准规范的正常使用要求，在目标使用年限内尚不明显影响正常使用。	可不采取措施
$c_s$	不符合国家现行标准规范的正常使用要求，在目标使用年限内明显影响正常使用。	应采取措施

**5.4.4** 钢构件的偏差应包括施工偏差和使用过程中出现的永久性变形，并按偏差与国家现行标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 规定的符合性和对正常使用的影响程度进行等级进行评定。

**5.4.5** 与构件正常使用性有关的一般构造要求，满足设计规范要求时应评为  $a_s$  级，否则应根据对正常使用的影响程度评为  $b_s$  或  $c_s$  级。

**5.4.6** 钢构件适用性等级按防火涂层检查结果评定时，应根据防火涂层外观质量、涂层完整性、涂层厚度三个基本项目的最低适用性等级确定，三个基本项目适用性等级应按表 5.4.6 规定评定。

**表 5.4.6 钢构件按防火涂层评定适用性等级**

评定项目	$a_s$	$b_s$	$c_s$
外观质量	涂层无空鼓、开裂、脱落、霉变、粉化等现象	涂层局部开裂，薄型涂料涂层裂纹宽度不大于 0.5mm，厚型涂料涂层裂纹宽度不大于 1.0mm，边缘局部脱落，对防火性能无明显影响。	涂层开裂，薄型涂料涂层裂纹宽度大于 0.5mm，厚型涂料涂层裂纹宽度大于 1.0mm，重点防火区域涂层局部脱落，对结构防火性能产生明显影响
涂层完整性	涂层完整	涂层完整程度达到 70%	涂层完整程度低于 70%
涂层厚度	厚度符合设计要求	厚度小于设计要求，但测点数不大于 10%，且测点处实测厚度不小于设计厚度的 90%；厚涂型防火涂料涂层，厚度小于设计厚度的面积不大于 20%，且最薄处厚度不小于设计厚度的 85%，厚度不足部位的连续长度不大于 1m，并在 5m 范围内无类似情况。	达不到 $b_s$ 级要求

**5.4.7** 当同时符合下列条件时，构件的适用性等级可根据实际使用状况评定为  $a_s$  级或  $b_s$  级：

- 1 经检查未发现构件有明显的变形、缺陷、损伤、腐蚀及累积损伤；

2 经长时间使用构件状态仍然良好或基本良好，能够满足目标使用年限内的正常使用要求；

3 在目标使用年限内构件上的作用和环境条件与过去相比未发生变化；

4 构件在目标使用年限内可保证有足够的耐久性能。

## 5.5 钢构件耐久性评定

5.5.1 钢构件耐久性鉴定应根据防腐涂层或外包裹防护质量及腐蚀两个基本项目分别评定等级，并应取其中较低等级作为其耐久性鉴定等级。

5.5.2 钢构件耐久性等级按防腐涂层或外包裹防护质量检测结果评定时，应根据涂层外观质量、涂层完整性、涂层厚度、外包裹防护四个基本项目的最低耐久性等级确定，四个基本项目的耐久性等级应按表 5.5.2 的规定评定。

表 5.5.2 钢构件按防腐涂层或外包裹防护评定耐久性等级

基本项目	$a_d$	$b_d$	$c_d$
防腐涂层 外观质量	涂层无皱皮、流坠、针眼、漏点、气泡、空鼓、脱层；无变色、粉化、霉变、起泡、开裂、脱落，构件无生锈	涂层有变色、失光，起微泡面积小于 50%，局部有粉化、开裂和脱落，构件轻微点蚀	涂层严重变色、失光，起微泡面积超过 50% 并有大气泡，出现大面积粉化，开裂和脱落，涂层大面积失效，构件腐蚀
涂层完整性	涂层完整	涂层完整程度达到 70%	涂层完整程度低于 70%
涂层厚度	厚度符合设计要求	厚度小于设计要求，但小于设计厚度的测点数不大于 10%，且测点处实测厚度不小于设计厚度的 90%	达不到 $b_d$ 级的要求
外包裹防护	满足设计要求，包裹防护无损坏，可继续使用	基本满足设计要，包裹防护有少许损伤，维修后可继续使用	不满足设计要求，包裹防护有损坏，经返修、加固后方可继续使用

5.5.3 钢构件耐久性等级按腐蚀的检测结果评定时，应按表 5.5.3 的规定评定。

表 5.5.3 钢构件按腐蚀评定耐久性等级

基本项目	$a_d$	$b_d$	$c_d$
腐蚀状态	钢材表面 无腐蚀	底层有腐蚀，钢材表面呈麻面状腐蚀，平均腐蚀深度超	钢材严重腐蚀，发生层蚀，坑蚀现象，平均腐蚀深度超

		过 $0.05t$ 但不小于 $0.1t$ , 可不考虑对构件承载力的影响	过 $0.1t$ , 对构件承载力有影响
--	--	---------------------------------------	----------------------

注：表中  $t$  为板件厚度

## 6 连接节点检测和评定

### 6.1 一般规定

6.1.1 景观与雕塑钢结构节点包括连接板节点、梁柱连接节点、铸钢节点、预应力索节点、支座节点及柱脚。

6.1.2 景观与雕塑钢结构连接包括焊接连接、普通螺栓连接、高强螺栓连接及锚栓连接。

6.1.3 景观与雕塑钢结构节点及连接应符合设计要求，做到传力可靠，制作方便、连接简单的构造形式，尽量减少应力集中。具体设计要求应符合国家现行有关标准的规定。

6.1.4 对连接及节点进行检查前应清除表面油污及杂物。

6.1.5 节点及连接的耐久性检测和评定按照本标准 5.5 节执行。

6.1.6 可参照表 6.1.6 确定：

表 6.1.6 节点及连接的可靠性等级确定

可靠性等级	安全性	耐久性	适用性
<i>a</i>	<i>a<sub>u</sub></i>	<i>a<sub>d</sub></i> 或 <i>b<sub>d</sub></i>	<i>a<sub>s</sub></i> 或 <i>b<sub>s</sub></i>
<i>b</i>	<i>a<sub>u</sub></i>	<i>c<sub>d</sub></i>	<i>c<sub>s</sub></i>
	<i>b<sub>u</sub></i>	<i>a<sub>d</sub></i> 或 <i>b<sub>d</sub></i>	<i>a<sub>s</sub></i> 或 <i>b<sub>s</sub></i>
<i>c</i>	<i>b<sub>u</sub></i>	<i>c<sub>d</sub></i>	<i>c<sub>s</sub></i>
	<i>c<sub>u</sub></i>	<i>c<sub>d</sub></i>	<i>c<sub>s</sub></i>

注：耐久性与适用性出现一个为 *c* 时，安全性等级降一级。

### 6.2 节点检测与评定

6.2.1 景观与雕塑钢结构连接节点检测应包括以下内容：几何参数、外观质量、构件定位、节点构造、连接性能、腐蚀与损伤、制作与安装偏差的检测。

6.2.2 景观与雕塑钢结构钢管相贯节点检测应包括：主管与直管的直径、壁厚搭接长度和偏心、焊缝长度和高度、节点板变形、腐蚀情况的检测。

**6.2.3** 景观与雕塑钢结构拉索节点检测应包括：拉索与锚具的材料特性、锚具形状和尺寸、拉索与锚具的滑移、拉索断丝情况、腐蚀情况及节点工作状态检测。

**6.2.4** 景观与雕塑钢结构铸钢节点检验应包括：铸钢节点外部质量、铸钢节点理化性能、铸钢节点无损检测，检测要求应符合国家现行标准《铸钢节点应用技术规程》CECS 235 的规定。

1 铸钢节点外部质量检测应包括表面粗糙度、表面缺陷及清理状、尺寸公差。铸钢节点表面粗糙度评审按现行国家标准《铸造表面粗糙度 评定方法》GB/T 15056 执行。

2 铸钢节点钢材化学分析和试样取样按现行国家标准《钢的成品化学成分允许偏差》GB/T 222 执行。钢材拉伸试验按现行国家标准《金属材料 拉伸试验 第1部分：室温试验方法》GB/T 228.1 执行。钢材冲击试验按现行国家标准《金属材料夏比摆锤冲击试验方法》GB/T 229 执行。

3 铸钢节点超声波检测质量按现行国家标准《铸钢件 超声检测 第1部分：一般用途铸钢件》GB/T 7233.1。

4 铸钢节点磁粉探伤检测质量按现行国家标准《铸钢铸铁件磁粉检测》GB/T 9444 执行。

5 铸钢节点渗透探伤及缺陷显示痕迹的质量检测按现行国家标准《铸钢铸铁件渗透检测》GB/T 9443 执行。

**6.2.5** 景观与雕塑钢结构焊接空心球节点检测应包括：承载力、材料、焊缝质量、焊接空心球几何尺寸、杆件允许偏差、防锈和涂层，检测要求应符合现行国家标准《钢网架焊接空心球节点》JG/T 11 的规定。

1 焊接空心球节点承载力试验包括：焊接空心球极限承载力试验、压弯焊接空心球试验，试件要求和试验方法按国家现行标准《钢网架焊接空心球节点》JG/T 11 执行。

2 焊接空心球钢材化学分析和试样取样按现行国家规范《钢的成品化学成分允许偏差》GB/T 222 执行。钢材拉伸试验按国家现行标准《金属材料 拉伸试验 第1部分：室温试验方法》GB/T 228.1 执行。

3 焊接空心球焊缝超声波探伤及探伤质量等级应符合《钢结构超声波探伤及质量分级法》JG/T 203。焊缝质量等级及缺陷分级按国家现行标准《钢网架焊接空心球节点》JG/T 11 执行。

**6.2.6** 景观与雕塑钢结构螺栓球节点检测项目包括：螺栓球、高强螺栓、套筒、封板和锥头、紧固螺钉、杆件，检测应符合国家现行标准《钢网架螺栓球节点用高强度螺栓》GB/T 16939 的规定。螺栓球节点各构件的材料、外观、允许偏差、力学性能检测试验方法按国家现行标准《钢网架螺栓球节点用高强度螺栓》GB/T 16939 执行。

**6.2.7** 景观与雕塑钢结构嵌入式毂节点检测项目包括：杆端嵌入件、毂体、杆件、压盖及中心螺栓，检测应符合国家现行标准《单层网壳嵌入式毂节点》JG/T 136 的规定。嵌入式毂节点各构件的材料、外观、允许偏差、力学性能检测试验方法按国家现行标准《单层网壳嵌入式毂节点》JG/T 136 执行。

**6.2.8** 连接节点的安全性、适用性评定按照本标准 5.3 至 5.4 节执行。

### **6.3 焊接连接的检测与评定**

**6.3.1** 焊接连接检测应包括：焊缝外观质量、焊缝构造与尺寸、焊缝内部缺陷、锈蚀损伤项目。

**6.3.2** 景观与雕塑钢结构在建工程焊缝质量检测应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 和《钢结构焊接规范》GB 50661 的规定；既有工程焊缝检测尚应符合现行国家标准《钢结构现场检测技术标准》GB/T 50621 的规定。

**6.3.3** 焊缝检测的抽样应符合下列规定：

- 1 结构关键部位焊缝的检测，应全数普查和目测外观质量；
- 2 对外观质量检查有疑问的焊缝，应进行无损探伤，主要焊缝抽样比率不应少于 10%，一般焊缝抽样比率不应少于 5%，且均不应少于 3 处；
- 3 焊缝长度每 300mm 定义为 1 处，小于或等于 300mm 者，每条焊缝为 1 处；
- 4 其他部位焊缝的检测，焊缝抽样比率不宜小于 2%，且不少于 3 处；
- 5 抽样位置应覆盖结构的关键部位、大部分区域以及不同焊缝形式。

**6.3.4** 焊缝尺寸包括焊缝长度、焊缝余高，角焊缝尚应包括焊脚尺寸，可采用焊缝检验尺和卡规测量。测量焊缝余高和焊脚尺寸时，应沿每处焊缝长度方向均匀量测至少 3 点，取其算术平均值作为实际尺寸。焊缝的细部构造可采用目测检

查。

**6.3.5** 严重腐蚀的焊缝（平均锈蚀量超过厚度 10%），应测量其剩余长度和剩余有效厚度。计算焊缝承载能力时，应考虑焊缝受力条件改变以及腐蚀损失的不利影响。

**6.3.6** 焊缝质量检测内容应包括焊缝的外观质量和内部缺陷。检测应按下列要求进行：

1 焊缝外观质量检测，宜采用辅以 5 倍放大镜的目测，如对目测结果不太确定时，可采用磁粉探伤或渗透探伤；

2 焊缝应冷却到环境温度后方可进行外观检测，无损检测应在外观检测合格后进行，具体检测时间应符合现行国家标准《钢结构焊接规范》GB 50661 的规定；

3 对接焊缝内部质量检测，宜采用超声波无损检测法，设计要求为一、二级焊缝的应进行内部缺陷的无损检测，且一、二级焊缝的质量等级和检测要求与焊缝内部缺陷的无损检测应符合《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 的相关规定。如对超声波无损检测有异议时，可采用射线探伤检测进行复测。

**6.3.7** 焊缝的安全性应按承载力和构造两个项目的评定等级，并应取其中的较低等级作为安全性的鉴定等级。

**6.3.8** 焊缝的承载力验算应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 的规定，当承载力不满足要求时，焊缝的承载力项直接评为  $c_u$  或  $d_u$  级，且应符合下列规定：

1 当焊缝存在锈蚀时，应按实测剩余厚度计算承载力；

2 焊缝或热影响区母材出现裂纹、焊缝出现锈蚀量超过厚度 10% 的严重锈蚀时，承载力应评定为  $d_u$  级；

3 焊缝存在锈坑时，承载力项根据锈坑深度和分布范围可评定为  $c_u$  级或  $d_u$  级。

**6.3.9** 焊缝构造评级应按照表 6.3.9 规定的内容和要素，根据其与现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 要求的符合程度、与现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 要求的缺陷偏差和损伤的严重程度，进行综合评定等级。当焊缝存在下列情况之一时，焊缝构造项可评定为  $c_u$  或  $d_u$  级：

- 1 受疲劳作用的焊缝，存在未熔合、咬边、表面夹渣、未焊满缺陷，出现不符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 规定的质量要求的缺陷；
- 2 焊缝检测部位出现明显裂纹或外观质量低于现行国家标准《钢结构设计标准》GB50017 规定的三级焊缝的要求；
- 3 最小焊脚尺寸或最小焊缝长度不符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 的规定；
- 4 焊缝质量等级不符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 的规定。

**表 6.3.9 焊缝构造评级规定的内容和要素**

检查项目	评级项
接头	接头形式，接头板拼接偏差，加强焊脚尺寸及偏差，工作状态
外观缺陷	裂缝、锈蚀损伤，未焊满、咬边、电弧擦伤和表面夹渣缺陷
焊缝尺寸	焊缝余高、错边、焊脚尺寸和焊缝高差的尺寸，工作状态

**6.3.10** 焊缝的适用性评定应根据其变形和损伤状况，按表 6.3.10 的规定评定等级。

**表 6.3.10 焊缝的适用性等级评定**

等级	$a_s$	$b_s$	$c_s$
说明	无变形；无损伤，无裂纹	变形不明显；轻微损伤，无裂纹	有变形；损伤明显，有裂纹

## 6.4 螺栓和铆钉连接检测与评定

**6.4.1** 新建景观与雕塑钢结构普通螺栓和铆钉连接检测内容应包括：螺栓与铆钉的型号规格、质量复检，被连接钢板成孔排列布置、间距、孔径尺寸公差、垂直度和外观质量，螺栓和铆钉安装质量与紧固密贴性，检测要求应符合国家现行标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 的规定。

**6.4.2** 既有景观与雕塑钢结构普通螺栓和铆钉连接检测内容应包括：外观与紧固状况，锈蚀损伤、松动与脱落，连接区钢板、螺栓或铆钉形变，检测要求尚应符合现行国家标准《钢结构现场检测技术标准》GB/T 50621 的规定。

6.4.3 普通螺栓和铆钉连接检查数量：检测的比例不应少于同类节点的 10%，且不少于三个节点，每一规格螺栓应抽查 3 个。

6.4.4 在建景观与雕塑钢结构高强度螺栓连接检测内容应包括：高强度螺栓连接副的型号规格、摩擦面抗滑移系数复检，被连接钢板成孔排列布置、间距、孔径尺寸公差、垂直度和外观质量，大六角高强度螺栓连接副终拧扭矩或扭剪型高强度螺栓连接副拧掉梅花头，安装拧紧后的外观质量与丝扣外露数量。

6.4.5 在建景观与雕塑钢结构高强度螺栓连接检测要求应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205、《钢结构用高强度大六角头螺栓、大六角螺母、垫圈技术条件》GB/T 1231、《钢结构用扭剪型高强度螺栓连接副》GB/T 3632、《钢网架螺栓球节点用高强度螺栓》GB/T 16939 的规定。

6.4.6 既有景观与雕塑钢结构高强度螺栓连接检测内容应包括：外观与紧固状况，锈蚀损伤、松动与脱落，连接区钢板、螺栓形变，终拧扭矩。

6.4.7 既有景观与雕塑钢结构高强度螺栓检测要求尚应符合现行国家标准《钢结构现场检测技术标准》GB/T 50621 的规定。

6.4.8 高强度螺栓连接按节点数抽查 10%，且不少于 10 个，每个被抽查到的节点，按螺栓数抽查 10%，且不少于 3 个。

6.4.9 螺栓和铆钉连接的安全性应按承载力和构造两个项目分别评定等级，并应取其中的较低等级作为安全性等级。

6.4.10 螺栓和铆钉的承载力验算应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 的规定。当承载力不满足要求时，承载力可直接评定为  $c_u$  或  $d_u$  级，且应符合下列规定：

1 当普通螺栓和铆钉有松动、变形和锈蚀损伤时，承载力应按其损伤程度予以折减；

2 当高强螺栓有松动、变形和严重锈蚀时，高强螺栓连接失效，应按无终拧扭矩考虑。

6.4.11 螺栓和铆钉连接的构造等级，应按表 6.4.11 评定：

表 6.4.11 螺栓和铆钉连接的构造等级

等级	$a_u$ 或 $b_u$	$c_u$ 或 $d_u$
----	---------------	---------------

评定内容	螺栓和铆钉与钢板紧固密贴、排列整齐，螺栓丝扣外露数符合或基本符合施工验收规范要求，连接方式符合或基本符合国家现行设计标准要求；无缺陷或仅有局部的表面缺陷，工作无异常	螺栓和铆钉与钢板之间有缝隙，螺栓丝扣外露数不符合施工验收标准要求，连接方式不当，构造有明显缺陷；部分螺栓或铆钉有松动、变形、断裂、脱落；连接板有裂纹和变形、滑移、翘曲或部分栓孔挤压破坏；已影响或显著影响正常工作
------	------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------

**6.4.12** 螺栓的适用性评定应根据其变形和损伤状况，按表 6.4.12 的规定评定等级。

**表 6.4.12 螺栓的适用性等级评定**

等级	$a_s$	$b_s$	$c_s$
普通螺栓	无变形；无损伤，无松动或脱落	有不明显变形；有轻微损伤，无松动或脱落	有变形；有明显损伤，有松动或脱落
高强螺栓	无变形；无损伤，无滑移或松动	有不明显变形；有轻微损伤，无滑移或松动	有变形；有明显损伤，有松动或滑移或个别脱落

## 7 体系检测与评定

### 7.1 一般规定

7.1.1 景观和雕塑钢结构可按照结构类型采用安全可靠、受力合理的单一结构体系或者组合结构体系。

7.1.2 钢结构景观塔可采用钢框架体系、钢桁架体系、钢筋混凝土核心筒+竖向网格结构、空间网格结构及其组合体系；钢结构景观桥可按照人行天桥相关的钢架桥、索桥、斜拉桥及组合等体系；摩天轮结构采用转向的轮辐式钢结构体系；钢结构雕塑工程可以采用型钢骨架体系、钢管桁架骨架体系等。

7.1.3 景观和雕塑钢结构体系检测应结合现场条件，采用现场调查、现场量测、结构分析等多种检测手段进行，必要时进行静力测试、动力测试及取样分析。

7.1.4 景观和雕塑钢结构体系评定应根据现场检测结果、构造合理性与结构分析综合确定，给出明确的意见或建议。

7.1.5 采用框架结构的景观塔钢结构，根据工程等级采用相应的重要性系数，并符合《钢结构设计标准》GB 50017 和《高耸结构设计标准》GB 50135 的规定。

7.1.6 采用空间网架结构的景观钢结构工程除满足《钢结构设计标准》GB 50017 的规定外，还应符合《空间网格结构技术规程》JGJ 7 的要求。

7.1.7 景观钢结构桥梁工程应符合《城市人行天桥与人行地道技术规范》CJJ 69 的规定，并应符合《钢结构设计标准》GB 50017 的规定。

7.1.8 摩天轮式钢结构工程应符合《大型游乐设施安全规范》GB 8408 的规定，并应符合《钢结构设计标准》GB 50017 的规定。

### 7.2 检测内容与评定标准

7.2.1 结构体系的检测，应对照图纸进行核查。当无图纸时应进行现场实测，并绘制结构平面、立面图，检查结构体系、构件布置、支撑布置、构件截面尺寸、连接构造的合理性。

7.2.2 结构体系的安全性鉴定应包括结构整体性、主要构件的承载力和稳定性、主要节点的强度、结构整体变形、结构整体稳定性的鉴定。

**7.2.3** 结构体系的适用性鉴定应分别对结构整体变形、主要构件变形进行等级评定。

**7.2.4** 结构体系的耐久性鉴定应分别对钢结构的防护现状和腐蚀状况进行等级评定。

**7.2.5** 若发生基础沉降时，需要选取有代表性的位置挖开，测量基础埋置深度和截面尺寸，进行基础材料强度等检测。

**7.2.6** 当结构体系有明显的外观质量缺陷或损伤，应作为重点检查的对象。

**7.2.7** 对结构体系进行承载力评定、耐久性评定时，需要明确结构所处的环境类别以及灾后作用等，包括如下检测内容：

- 1 永久荷载检测；
- 2 可变荷载确定；
- 3 设备荷载计算；
- 4 抗震设防烈度和灾害作用等的确定；
- 5 环境调查。

**7.2.8** 结构体系评定应遵循结构可靠度设计理论，评定过程应符合下述规定：

1 对结构体系进行改建、扩建、加固的在设计时，承载能力极限状态验算应符合现行设计规范的要求；

2 对于改变结构用途或延长结构使用年限的再设计，承载能力极限状态验算宜符合现行设计规范的要求；

3 正常使用极限状态的验算及构造要求宜符合现行设计规范的要求；

4 荷载可按现行荷载规范的规定确定，也可根据使用功能作适当调整；

5 材料强度及性能确定根据实测值确定，符合原设计要求时，可按原设计的规定取值；

6 验算时应考虑实际几何尺寸、连接构造和已有缺陷的影响。

**7.2.9** 结构体系的检测与评定的判断依据主要分为两类，一是设计文件要求，二是施工质量验收规范要求。

**7.2.10** 结构体系的评定标准应包括以下内容：

- 1 结构体系的完整性和合理性评定；
- 2 结构体系中各种形式或种类之间的匹配性评定；

- 3 结构连接锚固与传递作用能力评定；
- 4 结构中构件自身的稳定性和承载力评定；
- 5 结构外观质量和结构损伤评定。

**7.2.11** 结构的安全性评定是给出结构目前状态和评定结论，结构安全符合要求时可以继续使用，对于安全性不完全满足评定标准的情况，为便于委托方作最后的决策，建议可分为下述四种：

- 1 为经济的理由接受目前状况；
- 2 减轻结构荷载，减轻静载或使用中控制活荷载；
- 3 对安全性不足的结构，采取加固措施；
- 4 存在严重安全隐患时，通过经济技术综合分析比较，加固代价很高且可继续使用年限很短时，可以考虑拆除重建。

**7.2.12** 对既有结构体系进行检测与评定时，结构上的荷载应根据建筑物的实际状态和使用环境确定。

**7.2.13** 结构体系的承载安全性评级，应根据结构体系的特点、空间作用性能、损伤程度以及结构上的荷载等，按现行国家标准规定的结构分析原则和方法，建立合理的计算模型，对结构抗力与作用效应进行分析，按结构构件及节点的安全性等级标准综合评定结构系统的承载安全性等级。当体系为大跨度结构时，应同时计算结构的整体稳定性并进行综合评定。

**7.2.14** 结构系统的安全性评定标准，应按结构整体性和结构承载安全性两个项目分别评定等级，并应取其中的较低等级作为安全性鉴定等级。

**7.2.15** 结构整体性等级，应根据结构体系及支撑布置、主要构件形式、主要节点构造、主要支座节点构造四项标准进行评定：

- 1  $A_u$ 级：四个项目均符合设计要求；
- 2  $B_u$ 级：有一项或多项不符合设计要求，但不影响安全使用；
- 3  $C_u$ 级：有一项或多项不符合设计要求，影响安全使用；
- 4  $D_u$ 级：有一项或多项不符合设计要求，严重影响安全使用。

**7.2.16** 结构体系承载安全性评级，应根据理论计算结果，按主要构件及主要节点的评定等级以及结构整体稳定性评定等级中的较低等级确定，当根据结构整体稳定性计算结果评定等级时，整体稳定极限承载系数不小于设计规定值时，可评

定为  $A_u$  级；否则评定为  $C_u$  级或  $D_u$  级。

**表 7.2.16 景观与雕塑钢结构体系的安全性评级标准**

级别	分级标准	是否采取措施
$A_u$ 级	符合国家现行标准规范的安全性要求，不影响整体安全。	不必采取措施或有个别次要构件宜采取适当措施
$B_u$ 级	略低于国家现行标准规范的安全性要求，尚不明显影响整体安全。	可不采取措施或有极少数构件应采取适当措施
$C_u$ 级	不符合国家现行标准规范的安全性要求，影响整体安全。	应采取措施或有极少数构件必须立即采取措施
$D_u$ 级	极不符合国家现行标准规范的安全性要求，已严重影响整体安全。	必须立即采取措施

**7.2.17** 结构体系的适用性评级，应根据其所含构件的适用性等级和结构整体变形等级进行评定。当结构使用要求对振动有限制时，还应对结构振动进行鉴定，并取其中的较低等级作为结构系统的正常适用性等级。

**表 7.2.17 景观与雕塑钢结构体系的适用性评级标准**

级别	分级标准	是否采取措施
$A_s$ 级	符合国家现行标准规范的正常使用要求，在目标使用期限内不影响整体正常使用。	不必采取措施或有个别次要构件宜采取适当措施
$B_s$ 级	略低于国家现行标准规范的正常使用要求，在目标使用期限内尚不明显影响整体正常使用。	可能有少数构件应采取适当措施
$C_s$ 级	不符合国家现行标准规范的正常使用要求，在目标使用期限内明显影响整体正常使用。	应采取适当措施

**7.2.18** 结构体系整体变形评级，应根据现场实测和理论模型计算结果，对结构整体挠曲变形、支座变形或位移两个项目按表 7.2.18 规定分别评定等级，并应取其中的较低等级作为适用性鉴定等级，且应符合下列规定：

- 1 当有实测结果时，应依据实测结果进行评定；
- 2 计算结构挠曲变形的荷载条件应为恒荷载为主的标准组合。

**表 7.2.18-1 景观钢结构整体变形评级**

等级	$A_s$	$B_s$	$C_s$
整体挠曲变形 ( $w$ )	$w \leq [w]$	$[w] < w \leq 1.15[w]$	$w > 1.15[w]$
支座变形或位移	不明显	明显, 但不影响使用功能	过大, 影响使用功能

注:  $[w]$ 表示设计规定的最大变形。

**表 7.2.18-2 雕塑结构整体变形评级**

等级	$A_s$	$B_s$	$C_s$
整体挠曲变形 ( $w$ )	$w \leq 1.05[w]$	$1.05[w] < w \leq 1.2[w]$	$w > 1.2[w]$
支座变形或位移	不明显	明显, 但不影响使用功能	过大, 影响使用功能

注:  $[w]$ 表示设计规定的最大变形。

**7.2.19** 结构体系的耐久性评级, 应按构件及连接节点的表面防护现状与防火现状分别评定等级, 并应取其中的较低等级作为耐久性鉴定等级。

**表 7.2.19 钢结构的耐久性评级标准**

级别	分级标准	是否采取措施
$A_d$ 级	符合国家现行标准规范的耐久性要求, 不影响整体安全, 可正常使用。	不必采取措施或有个别次要构件宜采取适当措施
$B_d$ 级	略低于国家现行标准规范的耐久性要求, 尚不明显影响整体安全, 不影响正常使用。	可不采取措施或有极少数构件应采取适当措施
$C_d$ 级	不符合国家现行标准规范的耐久性要求, 或影响整体安全, 或影响正常使用。	应采取适当措施, 或有极少数构件必须立即采取适当措施

### 7.3 结构计算模型与分析方法

**7.3.1** 结构构件及其连接的作用效应通过考虑了力学平衡条件、变形协调条件、材料时变特性以及稳定性等因素的结构分析方法确定。

**7.3.2** 景观与雕塑钢结构的分析和校核应分别按承载能力极限状态和正常使用极限状态进行计算。

**7.3.3** 结构分析采用的计算模型应能合理反映结构在相关因素作用下的作用效应。分析所采用的简化或假定, 应以理论和工程实践为基础, 无成熟经验时应通过试验验证其合理性。分析时设置的边界条件应符合结构的实际情况。

**7.3.4** 结构分析时应根据结构类型、材料性能和受力特点等因素，选用线性或非线性分析方法。当动力作用对结构影响显著时，尚应采用动力响应分析或动力系数等方法考虑其影响。

**7.3.5** 当结构构件受到不可忽略的温度、地基变形等附加作用时，应在结构分析中考虑附加作用对结构变形的影响。

**7.3.6** 结构荷载作用和作用组合应符合现行国家标准《工程结构通用规范》GB 55001 的规定；现行国家标准《工程结构通用规范》GB 55001 未规定或按实际情况难以直接选用时，可根据现行国家标准《工程结构可靠性设计统一标准》GB 50153 的有关规定确定；根据不同期间内具有相同超越概率的原则，可对风荷载、雪荷载的荷载分项系数按目标使用年限予以适当折减。

**7.3.7** 当材料的种类和性能符合原设计要求时，可根据原设计取值；当材料的种类和性能与原设计不符，或材料性能已显著退化时，应根据实测数据按现行国家标准《建筑结构检测技术标准》GB/T 50344 的规定确定；

**7.3.8** 结构或构件的几何参数应取实测值，并应考虑结构实际的变形、施工偏差以及缺陷、损伤、腐蚀等影响确定；

**7.3.9** 当需要通过结构构件载荷试验检验其承载性能和使用性能时，应按现行国家标准《建筑结构检测技术标准》GB/T 50344 的规定进行试验。

## **7.4 检测结果的评定**

**7.4.1** 景观与雕塑钢结构的可靠性鉴定评级应对地基基础、主体钢结构的安全性等级、适用性和耐久性等级分别进行评定。

**7.4.2** 景观与雕塑钢结构的可靠性鉴定评级层次应符合本标准 3.1.11 条的规定。

**7.4.3** 主体钢结构的可靠性鉴定评级应按下列规定评定：

- 1 主体钢结构的安全性评级标准应符合表 7.2.16 规定；
- 2 主体钢结构的适用性评级标准应符合表 7.2.17 规定；
- 3 主体钢结构的耐久性评级标准应符合表 7.2.19 规定。

**7.4.4** 主体钢结构的安全性等级，应按结构整体性和结构承载功能两个项目评定，并取其中较低等级作为主体结构的安全性等级。当结构出现过大大水平位移或

明显振动时，应考虑位移或振动对结构或其中部分结构安全性的影响。

**7.4.5** 主体钢结构整体性等级评定可分为结构布置与构造评定、支撑系统与抗侧力系统评定，应按其与国家现行标准《钢结构设计标准》GB 50017 等设计标准规定的符合性、质量状况、损伤缺陷和实际工作状况进行综合评定。

**7.4.6** 主体钢结构承载功能的评定等级，当根据承载能力极限状态分析结果评定时，可按构件与节点位置和对结构整体安全性的影响程度分为主要构件与节点、一般构件与节点，依据表 7.2.16 规定的等级标准综合评定。

**7.4.7** 主体钢结构的适用性等级评定应按结构使用状况和结构变形两个项目评定，并取其中较低的评定等级作为结构的适用性等级，尚应考虑振动对该结构或其中部分结构正常使用性的影响。

**7.4.8** 主体钢结构适用状况的评定等级，可按构件系统、节点及连接子系统内的最低适用性等级确定；每个子系统的适用性等级应根据其所含构件与节点适用性等级按表 7.2.17 进行评定。

**7.4.9** 主体钢结构整体变形可按国家现行标准《钢结构设计标准》GB 50017 等设计标准的限值要求和实际使用的影响程度综合评定。当结构整体变形过大时，尚应考虑整体变形引起的附加内力对结构承载能力的影响，并应参与相关结构的承载功能等级评定。

**7.4.10** 主体结构系统耐久性评定应对钢结构的防护现状和腐蚀状况分别进行等级评定，并应取其中较低等级作为结构系统耐久性等级防护现状和腐蚀状况等级评定应符合下列规定：

1 钢结构防护现状等级应根据构件及连接节点防护评级结果，按其对接结构耐久性的影响范围和程度进行综合评定，并取其中较低等级作为楼层子结构防护等级；

2 钢结构防火现状等级，应根据防火措施是否符合国家现行标准规定的要求或基于系统抗火分析结果是否符合要求进行评定，符合要求时可评定为  $A_d$  级；否则，应根据不符合程度评定为  $B_d$  级或  $C_d$  级。

## 8 围护结构检测与鉴定

### 8.1 一般规定

**8.1.1** 景观与雕塑钢结构的围护体系的检测与鉴定包括支承龙骨、面板及相应的连接。支承龙骨包括檩条、墙梁等；金属面板包括镀层或涂层钢板、铝合金板、不锈钢板、铜合金板、锌合金板等。

**8.1.2** 景观与雕塑围护体系检测前，应对其在整体结构中的作用进行界定，应复核现场实际状态和设计图纸的一致性。

**8.1.3** 景观与雕塑钢结构的可靠性应根据现场检测结果、结构分析及工作形态综合确定。

**8.1.4** 围护结构构件及节点的腐蚀的检测与评定方法参照本标准 5.5 进行。

### 8.2 围护体系材料基本要求

**8.2.1** 采用钢材的支承龙骨，其钢材牌号和等级应符合现行国家标准《碳素结构钢》GB/T 700 和《低合金高强度结构钢》GB/T 1591 的规定。

**8.2.2** 支承结构构件用碳素结构钢和低合金高强度结构钢应采取有效的防腐处理，当支承龙骨采用热浸镀锌防腐处理时，镀层厚度应符合现行国家标准《金属覆盖层 钢铁制件热浸镀锌层技术要求及试验方法》GB/T 13912 的规定。

**8.2.3** 采用铝合金材料的支承龙骨，其型材壁厚不应小于 2.5mm，宜采用 5×××系列和 6×××系列铝合金，并应符合现行国家标准《铝合金建筑型材 第 1 部分：基材》GB 5237.1 的规定。

**8.2.4** 支承龙骨用铝合金表面可采用阳极氧化、电泳涂漆、粉末喷涂或氟碳漆喷涂等处理方式，并应满足设计要求。

**8.2.5** 压型钢板材料应符合国家现行标准《彩色涂层钢板及钢带》GB/T 12754、《建筑用压型钢板》GB/T 12755、《压型金属板工程应用技术规范》GB 50896 和《冷轧高强度建筑结构用薄钢板》JG/T 378 的规定。

**8.2.6** 压型铝合金板材料应符合现行国家标准《变形铝及铝合金化学成分》

GB/T 3190、《一般工业用铝及铝合金板、带材》GB/T 3880 和现行行业标准《铝及铝合金彩色涂层板、带材》YS/T 431 的规定。

**8.2.7** 压型不锈钢板材料应符合现行国家标准《建筑屋面和幕墙用冷轧不锈钢钢板和钢带》GB/T 34200 和《建筑用不锈钢压型板》GB/T 36145 的规定。

**8.2.8** 压型铜合金板材应符合现行国家标准《铜及铜合金板材》GB/T 2040 的规定，宜选用 TP2、QSn4、H90 牌号的铜及铜合金产品。

### 8.3 支承龙骨与面板的检测与评定

**8.3.1** 支承龙骨的检测应包括：龙骨的几何尺寸、制作安装偏差、变形、腐蚀及损伤；龙骨连接节点的构造、尺寸、变形、腐蚀及损伤。

**8.3.2** 支承龙骨的抽检数量应为总体数量的 5%，且每个检测项目不少于 3 处。有损伤或严重腐蚀的部位，应全数检测。

**8.3.3** 面板的检测应包括材质、平面外变形、几何尺寸、制作安装偏差、损伤及腐蚀、连接节点的构造、螺钉的材质与数量、规格尺寸、抗拉强度、抗剪强度。

**8.3.4** 面板系统的检测单元，可按变形缝、面板区格进行划分。每个检验单元内面板的抽检数量为 2%，且不少于 10 处；连接节点的抽检数量为节点数的 1%，且不少于 5 个。对于出现损伤或破坏的部位，应增加抽检数量，且必须检测已破坏的节点。

**8.3.5** 围护体系的可靠性评定按表 8.3.5 进行安全性、适用性和耐久性评级。

**表 8.3.5 围护体系可靠性等级划分**

序号	可靠性与评定内容		等级	备注
1	安全性	承载能力、构造、连接	$A_u$ 、 $B_u$ 、 $C_u$ 、 $D_u$	
2	适用性	变形、制作安装偏差、构造、损伤	$A_s$ 、 $B_s$ 、 $C_s$	
3	耐久性	防腐涂层、腐蚀	$A_d$ 、 $B_d$ 、 $C_d$	

**8.3.6** 围护体系的安全性鉴定，应按承载安全性、节点构造以及损伤现状三个项目分别评定等级，取其中的最低等级作为安全性鉴定等级。

**8.3.7** 支承龙骨的安全性应按照本标准 5.3 节计算，围护结构的连接节点构造等级应根据连接构造的合理性评定，当合理且无损伤时，评定为  $a_u$  级；当有损伤

但不影响继续承载时，评定为  $b_u$  级；当有损伤且影响继续承载时，评定为  $c_u$  级。

**8.3.8** 围护体系的适用性应根据龙骨及面板的变形评定。龙骨和面板的变形可根据实测结果及计算结果，按表 8.3.8 的规定。当有实测结果时，以实测结果评定。当按较小的实测变形评定出较高的等级、而按较大的计算变形评定出较低等级时，则按照不利条件，以较低等级为准。

**表 8.3.8 龙骨与面板变形的等级**

构件类别		$a_s$	$b_s$	$c_s$
支承 龙骨	高度不超过 30 米景观与雕塑钢结构工程的支承龙骨	$\leq l/120$	略大于 $a_s$ 级变形，功能无影响。	大于 $a_s$ 级变形，功能有影响。
	高度不超过 50 米景观与雕塑钢结构工程的支承龙骨	$\leq l/150$		
	高度不超过 100 米景观与雕塑钢结构工程的支承龙骨	$\leq l/200$		
围护 面板	高度不超过 30 米的景观与雕塑钢结构围护面板	$\leq l/100$		
	高度不超过 50 米的景观与雕塑钢结构围护面板	$\leq l/150$		
	高度不超过 100 米的景观与雕塑钢结构围护面板	$\leq l/200$		

注：1.  $l$  为受弯构件跨度，悬臂梁为悬臂长度的 2 倍。

2. 表中  $a_s$  级不带括号的数值为永久和可变荷载标准值产生的变形值，当有起拱或下挠时，应减去或加上制作起拱或下挠值；带括号数值为可变荷载标准值产生的变形值。

3. 对于高度超过 100 米的景观与雕塑钢结构工程参照建筑结构标准执行。

**8.3.9** 围护体系的适用性应根据围护体系的使用状况和使用功能两个项目评定，并取其中较低评定等级作为该围护结构系统的适用性等级。

**8.3.10** 围护体系的耐久性评定应按照防腐涂层或外包装防护质量及腐蚀两个项目分别进行评定，并应取其中的最低耐久性等级作为构件的耐久性等级。防腐涂层或外包装防护质量等级应根据涂层外观质量、涂层完整性、涂层厚度、外包装防护四个基本项目分别进行评定。腐蚀等级可按钢材表面腐蚀程度、腐蚀深度和

腐蚀对承载力的影响综合评定。

## 8.4 围护体系计算

**8.4.1** 景观与雕塑工程的围护体系的支承龙骨应分别按承载能力极限状态和正常使用极限状态进行计算。

**8.4.2** 围护体系的支承龙骨分析验算方法，应符合现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 和《钢结构设计标准》GB 50017 的规定。

**8.4.3** 当围护体系受到不可忽略的温度、地基变形等作用时，应考虑附加作用效应。

**8.4.4** 围护体系计算的几何参数应取实测值，并应考虑结构实际的变形、施工偏差以及缺陷、损伤、腐蚀等影响。

**8.4.5** 围护体系计算的材料种类和性能应根据实测数据确定；当钢结构表面温度高于 150℃时，应考虑其强度和刚度的降低。

## 9 专项检测与评定

### 9.1 结构性能腐蚀检测与评定

9.1.1 钢结构腐蚀检测的内容应包括腐蚀环境调查、腐蚀现状检测、腐蚀程度等级评定、腐蚀趋势推断。

9.1.2 钢结构腐蚀环境，宜根据建筑物所处区域的生产或生活环境结合钢材腐蚀(或防腐涂层老化剥落)程度确定。钢结构所处区域内曾经发生防腐涂层老化剥落、钢材腐蚀以及钢结构构件节点连接死角发生潮湿、浸水、杂物聚积现象的均应属腐蚀环境。

9.1.3 位于腐蚀环境中的构件(包括节点连接)应全数检测腐蚀情况，并按表 9.1.3 评定腐蚀等级。

表 9.1.3 钢构件及节点的腐蚀等级评定

等级	$a_c$	$b_c$	$c_c$	$d_c$
说明	防腐涂膜面层及底层均完好，面层涂膜尚有光泽，钢材表面无腐蚀。	防腐涂膜面层局部脱落或鼓起(普通钢结构不超过 15%，薄壁钢结构不超过 10%)，底层基本完好，钢材表面有轻度少量点状腐蚀，对结构承载能力无影响。	防腐涂层大面积剥落或鼓起(普通钢结构超过 15%，薄壁钢结构超过 10%)，底层膜层有锈蚀，钢材表面呈麻面状锈蚀，平均锈蚀深度超过 0.05t 但小于 0.1t，可不考虑对结构承载能力的影响。	防腐涂层完全剥落，钢材严重腐蚀，发生层蚀、坑蚀现象，平均锈蚀深度超过 0.1t，对结构构件承载能力有影响。

注：表中的 t 为板件厚度

9.1.4 检测腐蚀损伤程度，应先清除待测表面积灰、油污、锈皮等。对需要量测的部位，可采用钢丝刷、砂轮等工具进行清理，直到露出金属光泽。

9.1.5 对全面均匀腐蚀情况，测量腐蚀损伤板件的厚度时，应沿其长度方向至少选取 3 个腐蚀较严重的区段，每个区段选取 8~10 个测点，采用测厚仪测量构件厚度。腐蚀严重时，测点数应适当增加。取各区段算术平均量测厚度的最小值作为该板件实际厚度。

**9.1.6** 对局部腐蚀情况，测量腐蚀损伤板件的厚度时，应在其最严重腐蚀部位选取 1~2 个截面，每个截面选取 8~10 个测点，采用测厚仪测量板件厚度。腐蚀严重时，测点数可适当增加。取各截面算术平均测量厚度的最小值作为板件实际厚度，并记录测点的位置。

**9.1.7** 对角焊缝腐蚀情况，测量焊缝焊脚高度时，应根据焊缝的腐蚀状况，沿焊缝长度均匀布点 3~10 个，逐点测量焊缝厚度，取算术平均测量厚度作为焊缝实际厚度，并记录焊缝长度。

**9.1.8** 板件腐蚀损伤量为初始厚度减去实际厚度。初始厚度为板件未腐蚀部分实测厚度。初始厚度应取下列两个计算值的较大者：

- 1 所有区段全部测点的算术平均值加上 3 倍的标准差。
- 2 公称厚度减去允许负公差的绝对值。

**9.1.9** 腐蚀损伤对钢材性能的影响应按下列规定评定：

1 若腐蚀损伤量不超过初始厚度的 25%且残余厚度大于 5mm，可不考虑腐蚀对钢材性能的影响，但应考虑腐蚀损伤对构件截面造成的削弱。

2 对于一般钢结构，腐蚀后的残余厚度不大于 5mm 或腐蚀损伤超过初始厚度的 25%时，不仅应考虑对构件截面的削弱，还应考虑对钢材塑性和韧性的影响。

3 对于薄壁钢结构，若截面腐蚀大于 10%时，不仅应考虑对构件截面的削弱，还应考虑对钢材性能的影响。

**9.1.10** 钢构件(节点)腐蚀后的承载能力应按现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 中的规定计算，其截面积和抵抗矩的取值应考虑腐蚀损伤对截面的削弱，稳定系数可不考虑腐蚀损伤的影响。对于均匀腐蚀，进行构件(节点)承载能力计算时，截面积  $A$  可按式(9.1.10)计算：

$$A = \left(1 - \frac{\Delta t}{t_0}\right) \cdot A_0 \quad (9.1.10)$$

式中： $\Delta t$ ——腐蚀损伤量，为初始厚度减去实际厚度。

$t_0$ ——构件初始厚度，按(9.1.8)条的规定确定。对于槽钢、工字钢和 H 型钢，可取翼缘和腹板初始厚度的平均值。

$A_0$ ——未腐蚀截面的公称面积。

对复杂截面，可分开板件计算后累加。

**9.1.11** 疲劳验算时，若腐蚀损伤量不超过初始厚度的 5%，可不考虑腐蚀的影响；若腐蚀损伤量超过初始厚度的 5%但不超过 25%时，构件疲劳计算类别应提高一级；若腐蚀损伤量超过初始厚度的 25%，构件疲劳计算类别应提高二级。

**9.1.12** 腐蚀趋势可根据构件已发生的腐蚀程度、受腐蚀的时间，以及最近的腐蚀环境扰动(变动)等因素，综合判断构件后期的腐蚀速度，结合结构的目标使用期，判断构件在目标使用期内的腐蚀残余厚度。

**9.1.13** 对于均匀腐蚀情况，且目标使用期腐蚀环境基本保持不变时，构件的剩余耐久年限可根据剩余腐蚀牺牲层厚度、过去年腐蚀速度由式(9.1.13)推定：

$$Y=a t / v \quad (9.1.13)$$

式中： $Y$ ——构件的剩余耐久年限。

$a$ ——与腐蚀速度有关的修正系数，年腐蚀量为 0.01~0.05mm 时取 1.0，小于 0.01mm 时取 1.2，大于 0.05mm 时取 0.8。

$t$ ——剩余腐蚀牺牲层厚度(mm)，设计规定（或结构承载能力鉴定分析）允许的腐蚀牺牲层厚度扣减已经腐蚀厚度。

$v$ ——过去年腐蚀速度 (mm/年)

## 9.2 防火保护层检测评定

**9.2.1** 本节适用于钢结构厚型防火涂层厚度检测。

**9.2.2** 防火涂层厚度的检测应在涂层干燥后方可进行。

**9.2.3** 楼板和墙体的防火涂层厚度检测，可选两相邻纵、横轴线相交的面积为一个构件，在其对角线上，按每米长度选 1 个测点，每个构件不应少于 5 个测点。

**9.2.4** 梁、柱及桁架杆件的防火涂层厚度检测，在构件长度内每隔 3m 取一个截面，且每个构件不应少于两个截面进行检测。对梁、柱及桁架杆件的测试截面按图 9.2.4 所示布置测点。

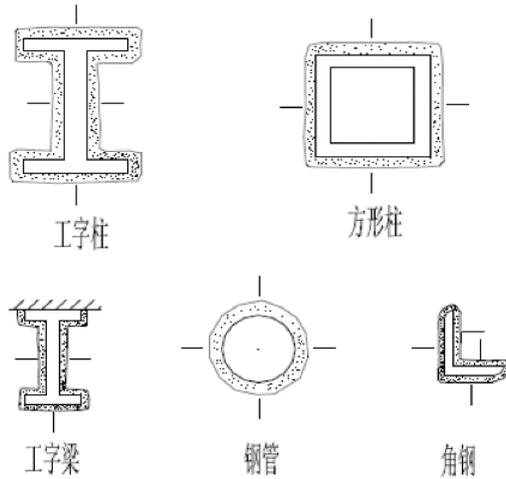


图 9.2.4 测点示意图

9.2.5 以同一截面测点的平均值作为该截面涂层厚度的代表值，以构件所有测点厚度的平均值作为该构件防火涂层厚度的代表值。

9.2.6 防火涂层厚度检测，应经外观检查无明显缺陷后进行。防火涂料不应有涂、漏涂，涂层应闭合无脱层、空鼓、明显凹陷、粉化松散和浮浆等外观缺陷。当有乳突存在时，尚应剔除乳突后方可进行检测。

9.2.7 对防火涂层的厚度可采用探针和卡尺进行检测，用于检测的卡尺尾部应有可外伸的窄片。测量设备的量程应大于被测的防火涂层厚度。

9.2.8 检测设备的分辨率不应低于 0.5mm。

9.2.9 检测前应清除测试点表面的灰尘、附着物等，并应避免构件的连接部位。

9.2.10 在测点处，应将仪器的探针或窄片垂直插入防火涂层直至钢材防腐涂层表面，并记录标尺读数，测试值精确到 0.5mm。

9.2.11 当探针不易插入防火涂层内部时，可采取防火涂层局部剩除的方法进行检测。剥除面积不宜大于 15mm × 15mm。

9.2.12 检测结果的评价：同一截面上各测点厚度的平均值不应小于设计厚度的 85%，构件上所有测点厚度的平均值不应小于设计厚度。

### 9.3 结构和节点火灾后检测评定

9.3.1 火灾后钢结构检测的范围应为结构单元或受火灾影响区内的结构或构件。

9.3.2 火灾后钢结构检查评估应包括下列内容：

1 勘查火灾现场，确定危险结构及构件的分布范围，提出应急安全处置建议；

2 勘查、评估结构的烧灼损伤状况；

3 调查火灾过程及温度分布，确定火灾影响的区域范围；

4 提出检查评估结论，或进一步详细调查、检测与鉴定的方案。

5 进行受火灾钢结构及构件的检测、分析与校核；

6 进行受火灾钢结构的可靠性鉴定评级；

7 提出火灾后处理意见及建议。

**9.3.3** 火灾过程调查应包括火灾概况调查和火作用调查分析，并应符合下列规定：

1 火灾概况调查，应了解火灾的规模、火灾引燃、蔓延、熄灭的过程和时间以及火灾燃烧物种类、灭火方法及手段；

2 火作用调查，可根据火场残留物状况、结构构件烧灼损伤状况按本标准附录 A 判断结构所受的温度和推定火灾作用影响程度；

3 基于主要构件的升温程度，绘制火灾作用等温线示意图。

**9.3.4** 火灾后钢构件烧灼损伤状况勘查、检测、鉴定的内容应包括构件及节点连接的外观变形损伤、结构材料性能的劣化损伤、结构受力性能的劣化损伤、防护措施损坏或损伤。

**9.3.5** 构件及节点连接的外观变形损伤勘查、检测应符合下列规定：

1 检测并复核火灾影响区域支座节点及结构其他特征点的相对位置，检查结构的整体变形状况。

2 对直接遭受火焰或高温烟气作用的构件及节点，应全数检查其烧灼变形损伤程度；一般构件可采用外观目测、尺量、锤击回声等方法检查，大型构件宜采用仪器观测。

3 对承受温度应力作用的构件及节点，应检查其变形、裂损状况。对于不便观察或仅通过观察难以发现问题的构件，可辅以温度作用应力分析判断。

**9.3.6** 结构材料性能劣化损伤的检测与评估应符合下列规定：

1 火灾后钢材性能可能发生明显改变时，应通过现场抽样检验或模拟试验确定材料的性能指标。检测项目应根据鉴定要求确定，包括屈服点、抗拉强

度、伸长率、冲击韧性、弹性模量以及化学成分、金相组织。

2 现场取样应考虑钢材品种及烧灼程度的代表性，取样应避免构件的主要受力位置和截面应力最大处。

3 模拟试验可采用同种钢材加温冷却试样，试样的升降温度过程及冷却方式应正确反映实际火灾情况。

4 对于热轧结构钢材，如果火灾前材料性能明确，可根据构件所受的升温幅度按本标准附录 A 确定火灾后材料的屈服强度。

### 9.3.7 结构受力性能劣化损伤的分析评估应符合下列规定：

1 应考虑杆件、板件的屈曲或扭曲对结构承载力及刚度产生的不利影响；

2 应考虑焊缝连接的残余应力对构件性能的不利影响；

3 对普通螺栓及铆钉连接节点，应考虑螺栓或铆钉松动、连接板变形对结构性能的影响；

4 对高强度螺栓连接节点，应考虑火灾可能引起的螺栓预拉力损失、接触面抗滑移系数下降等对结构性能的影响。

### 9.3.8 防护措施损伤程度勘查、检测应符合下列规定：

1 防护措施勘查、检测的内容应包括防腐涂层炭化、剥落，防火涂层开裂、剥落、发泡及防火设施破损；

2 防护措施勘查、检测的方法可包括：对于防腐、防火涂层，可采用锤击回声、铲刀刮除、砂纸打磨等方法，对于装配式防火设施，可采用锤击检查方法。

### 9.3.9 火灾后钢结构的鉴定校核分析，应符合下列规定：

1 火灾后的结构分析应考虑火灾后结构残余状态材料的力学性能、连接状态、结构几何形状变化和构件的变形和损伤；

2 结构内力分析模型可根据下列实际情况，在满足安全的条件下进行简化：

1) 局部火灾未造成整体结构明显变位、损伤时，可仅考虑局部作用；

2) 支座没有明显变位的连续结构如板、梁、框架等，可不考虑

支座变位的影响。

3 进行火灾后结构构件的抗力校核验算时，应考虑火灾作用对结构材料性能、结构受力性能的不利影响。

9.3.10 火灾后钢结构的安全性鉴定应按承载力和变形损伤两个项目分别评定等级，并应取其中的较低等级作为安全性鉴定等级。

9.3.11 火灾后钢构件承载力等级，应按本标准第 5.3.2 条的规定评定。对于材料有冲击韧性要求的钢构件，尚应进行冲击韧性复核，当不满足要求时，应根据不满足程度评定为  $c_u$  级或  $d_u$  级。

9.3.12 火灾后钢结构或构件的变形损伤等级，应根据整体或构件变形状况、节点连接变形损坏状况、零部件变形损坏状况，按表 9.3.12 的规定评定，并按其中的最低等级确定结构或构件的变形损伤等级。

表 9.3.12 火灾后钢结构或构件外观变形损伤等级

评定项目	$a_u$	$b_u$	$c_u$	$d_u$
整体挠曲、倾斜	现状变形及计算变形均在设计允许范围内	现状变形或计算变形略大于设计规定，对使用性能无明显影响	现状变形大于设计规定，对使用性能有明显影响，对结构承载力有显著影响	现状变形大于设计规定，对结构承载力有严重影响或丧失承载力
节点连接变形、损伤	无	轻度残余变形，对承载力无明显影响	节点或节点板变形现象明显，对结构承载力有显著影响	存在节点板变形、螺栓松动、焊缝撕裂现象.主要节点连接性能下降，对结构承载力有严重影响或已丧失承载力
零部件变形、损伤	无	轻度残余变形，对承载力无明显影响	存在屈曲、扭曲等变形现象.对结构承载力有显著影响	主要零部件存在屈曲、扭曲、撕裂现象，对结构承载力有严重影响或已丧失承载力

**9.3.13** 火灾后钢结构或构件的适用性鉴定应按表 9.3.13 中的防腐涂装、防火涂装、防火保护三个项目分别评定等级，并应取其中的最低等级作为适用性鉴定等级。

**表 9.3.13 火灾后钢结构或构件防护损伤等级**

评定项目	$a_s$	$b_s$	$c_s$
防腐涂装	未受烟气熏烤，涂装层完好	受烟气熏烤，但涂膜无碳化，裂损	受高温烟气熏烤，涂膜表层碳化或裂损、剥落，需安维修或重涂
防火涂装	未收高温烟气直接熏烤，涂装层完好	受高温烟气熏烤，涂层未发泡，局部开裂，但无脱落	防火涂层发泡或裂损、剥落，需要维修或重涂
防火保护	未受火焰直接灼烤，防火保护设施完好	轻度或短时火焰灼烤，防火保护设施基本完好	防火保护局部损坏，需要维修或更新

## 9.4 结构疲劳性能检测与评定

**9.4.1** 常规性结构疲劳性能检测内容：

1 既有钢结构构件尺寸与规格符合性判定应符合现行国家标准《建筑结构检测技术标准》GB/T 50344 的规定。

2 当工程尚有与结构同批的钢材时，可将其加工成试件进行钢材力学性能检验；当工程没有与结构同批的钢材时，可在构件上截取试样，进行钢材力学性能检验。

3 既有构件取样难度较大时，钢材的强度等级和钢材的品种可采用表面硬度、直读光谱法或材料化学成分分析法进行辅助检测。钢材表面硬度的检测操作应符合现行国家标准《建筑结构检测技术标准》GB/T 50344 附录 N 的规定。

**9.4.2** 直接承受动力荷载的钢构件及其连接，在服役期内应定期进行疲劳性能检测。

**9.4.3** 钢构件疲劳性能检测的位置应包括构件上应力幅较大的部位、构造复杂的部位、应力集中部位、出现裂纹的部位。

**9.4.4** 钢构件疲劳检测方法：疲劳损伤可采用辅以放大镜的目测检查以及磁粉、渗透或超声波探伤检测。

**9.4.5** 既有钢构件疲劳损伤的检测可按现行国家标准《高耸与复杂钢结构检测与鉴定标准》GB 51008 的有关规定执行。

**9.4.6** 评估构件的疲劳性能时，应确定其实际应力谱。应力谱可由结构或构件控制部位的应力-时间变化曲线得到。应力-时间变化曲线，可在结构正常使用情况下通过现场测试绘制。

**9.4.7** 下列条件下的钢结构构件及其连接的疲劳评定，应经过专门的试验确定：

- 1 构件表面温度高于 150°C；
- 2 处于海水腐蚀环境；
- 3 焊后经热处理消除残余应力；
- 4 构件处于低周-高应变疲劳状态。

**9.4.8** 钢构件疲劳性能等级应按下列规定评定：

1 构件疲劳强度验算满足要求时，可评定为  $a_u$  级，否则，可根据不满足的程度评定为  $c_u$  或  $d_u$  级；

2 当构件剩余疲劳寿命不小于构件后续目标使用寿命时，可评定为  $a_u$  级，否则，可根据不满足的程度评定为  $c_u$  或  $d_u$  级。

**9.4.9** 对于受力状态复杂或者无法确定疲劳连接类型的构件，可进行构件模型疲劳试验。重要建筑物的重要部分，尚应采用断裂力学方法分析结构或构件的裂纹是否稳定，当裂纹不稳定时，则可根据裂纹是否发展评定为  $c_u$  或  $d_u$  级。

**9.4.10** 疲劳性能评定评级应符合现行国家标准《高耸与复杂钢结构检测与鉴定技术标准》GB 51008 的规定。

## 9.5 结构抗震性能评定

**9.5.1** 景观与雕塑钢结构遇到下列情况之一时，应进行抗震性能鉴定：

- 1 达到或超过设计使用年限并继续使用的景观与雕塑钢结构；
- 2 原设计未考虑抗震设防或抗震设防要求提高的景观与雕塑钢结构；
- 3 需要改变建筑用途、使用环境条件发生变化或需要对结构进行改造的景观与雕塑钢结构；
- 4 材料、隔震、减震体系的性能出现老化或退化的景观与雕塑钢结构；
- 5 其他有必要进行抗震鉴定的景观与雕塑钢结构。

**9.5.2** 景观与雕塑钢结构的抗震设防类别和抗震设防标准，应按现行国家标准《建筑工程抗震设防分类标准》GB 50223 的规定确定。结构所在地区的抗震设

防烈度，应按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的规定确定。

**9.5.3** 在进行景观与雕塑钢结构抗震性能鉴定时，应按照《钢结构检测与鉴定通用标准》T/CSCS 036 明确建筑物的后续工作年限。

**9.5.4** 景观与雕塑钢结构的抗震鉴定应按两个项目分别进行。第一项目鉴定以抗震措施鉴定为主，包括材料性能、整体布置与抗震构造措施核查；第二项目鉴定以抗震验算鉴定为主，包括多遇地震作用下承载力和结构变形验算，对有一定要求的景观与雕塑钢结构，同时包括罕遇地震作用下抗倒塌性能分析评定。

**9.5.5** 进行抗震性能鉴定的景观与雕塑钢结构，其材料性能应符合《钢结构检测与鉴定通用标准》T/CECS 036 的规定。

**9.5.6** 景观与雕塑钢结构整体布置抗震性能鉴定应检查下列内容：

- 1 结构体系与结构布置的合理性；
- 2 重力荷载与水平作用传递路径的合理性；
- 3 承受三向地震作用的能力；
- 4 支承体系的抗震性能；
- 5 主要构件和节点以及支座的抗震构造措施；
- 6 结构材料的适用性；
- 7 非结构构件与主体钢结构连接的抗震构造措施；
- 8 钢结构构件是否出现明显的弯曲变形与损伤。

**9.5.7** 当景观与雕塑钢结构出现下列情况之一时，其整体布置应鉴定为不满足：

- 1 整个结构会因部分结构、构件或节点破坏而丧失抗震能力或对重力荷载的承载能力；
- 2 结构布置不能形成具有抵抗三向地震作用能力的结构体系；
- 3 结构的主要构件、主要节点或支座等存在明显的失稳弯曲、裂缝、严重腐蚀和损伤，严重影响钢结构的抗震能力；
- 4 结构有严重的不均匀沉降，出现明显的具有危险的倾斜；
- 5 出现其他对结构整体抗震性能有严重不利影响的情况。

**9.5.8** 在进行景观与雕塑钢结构抗震构造措施鉴定时，应分别对构件、节点和结构的抗震性能进行核查鉴定。当符合下列规定时，应鉴定为满足，否则应鉴定为不满足：

1 构件的截面尺寸规格符合相应的设计规范。

2 后续使用年限大于或等于 50 年时，构件的长细比不应超过表 9.5.8-1 规定的限值，后续使用年限小于 50 年时，构件的长细比不应超过表 9.5.8-2 规定的限值；

**表 9.5.8-1 杆件长细比限值**

杆件类型	轴拉、拉弯	轴压	压弯
一般构件	250	180	150
主要构件	200	150 (120)	150 (120)

注：表列数据不适用于拉索等柔性构件；8 度、9 度时为括号内的数值。

**表 9.5.8-2 杆件长细比限值**

结构形式	杆件类型	杆件受压与压弯	杆件受拉与拉弯
单层网壳	所有杆件	150	250
其他网格结构	支座附近杆件、直接承受动力荷载杆件	180	250
	一般杆件		300
其他空间结构	柱、桁架构件及柱的缀条	150	250
	支撑	180	250

注：表中数据不适用于拉索等柔性构件。

3 杆件或杆件轴线宜相交于节点中心；

4 连接各杆件的节点板厚度不宜小于连接杆件最大壁厚的 1.2 倍；

5 相贯节点，内力较大方向的杆件贯通，贯通杆件的壁厚不应小于焊于其上各杆件的壁厚；

6 焊接球节点，球体壁厚不应小于相连接杆件最大壁厚的 1.3 倍，空心球的外径与主钢管外径之比不宜大于 3，空心球径厚比不宜大于 45，空心球壁厚不宜小于 4mm；

7 螺栓球节点，球体不应出现裂缝，套筒不应偏心受力，螺栓轴线应通过螺栓球中心；

8 支座应具有足够的强度和刚度，在荷载作用下不应先于杆件和其他节点破坏，也不得产生不可忽略的变形。支座节点构造传力可靠、连接简单、符

合计算假定，未产生不可忽略的变形。

**9.5.9** 景观与雕塑钢结构的抗震承载力和变形验算应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的规定，当承载力和变形的验算结果符合要求时，可鉴定为满足，否则鉴定为不满足。

**9.5.10** 在进行钢结构构件和节点的抗震承载力验算时，承载力抗震调整系数  $\gamma_{RE}$  应根据不同后续工作年限进行调整，并应符合国家现行标准《高耸与复杂钢结构检测与鉴定标准》GB 51008 的规定。

**9.5.11** 下列景观与雕塑钢结构应进行罕遇地震作用下的弹塑性变形验算：

- 1 9 度区的景观与雕塑钢结构；
- 2 采用隔震和消能减振设计的景观与雕塑钢结构。

**9.5.12** 下列景观与雕塑钢结构宜进行罕遇地震作用下的弹塑性变形验算：

- 1 体型复杂的景观与雕塑钢结构；
- 2 7 度区 III、IV 类场地和 8 度区的乙类景观与雕塑钢结构。

**9.5.13** 进行景观与雕塑钢结构地震作用效应分析时，应考虑自振周期的折减，折减系数可取 0.9。

**9.5.14** 景观与雕塑钢结构抗震性能可按下列规定进行鉴定：

- 1 第一个与第二个鉴定项目均鉴定为满足，可鉴定为抗震性能满足；
- 2 符合下列情况之一，可鉴定为抗震性能不满足：（
  - 1) 第一个项目鉴定为不满足；
  - 2) 第二个项目鉴定为不满足。

**9.5.15** 抗震性能鉴定为不满足的钢结构或钢结构部分，应根据其不满足的程度以及对结构整体抗震性能的影响，结合后续使用要求，提出相应的维修、加固、改造或更新等抗震减灾措施。

## 附录 A 常见材料的燃点、变态温度

A.0.1 玻璃、金属材料、塑料的变态温度，应按表 A.0.1 取值。

表 A.0.1 玻璃、金属材料、塑料的变态温度

分类	名称	代表制品	形态	温度 (°C)
玻璃	模制玻璃	玻璃砖、缸、杯、瓶，玻璃装饰物	软化或黏着	700 ~ 750
			变圆	750
			流动	800
	片状玻璃	门窗玻璃、玻璃板、增强玻璃	软化或黏着	700 ~ 750
			变圆	800
			流动	850
金属材料	铅	铅管子、蓄电池、玩具等	锐角变圆，有滴状物	300 ~ 350
	锌	锚固件、镀锌材料	有滴状物形成	400
	铝及其合金	机械部件、门窗及配件、支架、装饰材料、厨房用具	有滴状物形成	650
	银	装饰物、餐具、银币	锐角变圆，有滴状物形成	950
	黄铜	门拉子、锁、小五金等	锐角变圆，有滴状物形成	950
	青铜	窗框，装饰物	锐角变圆，有滴状物形成	1000
	紫铜	电线、铜币	方角变圆，有滴状物形成	1100
	铸铁	管子、暖气片、机器支座等	有滴状物形成	1100 ~ 1200
	低碳钢	管子、家具、支架等	扭曲变形	>700

	聚乙烯	地面、壁纸等	软化	50 ~ 100
	聚丙烯	装饰材料、涂料	软化	60 ~ 95
	聚苯乙烯	隔热材料	软化	60 ~ 100
	硅	防水材料	形态	80 ~ 135
	氟化塑料	配管	软化	150 ~ 290
	聚乙烯	隔热、防潮材料	软化	80 ~ 135
	聚酯树脂	地面材料	软化	120 ~ 230
	聚氨酯	防水、热材料, 涂 料	软化	90 ~ 120
	环氧树脂	地面材料、涂料	软化	95 ~ 290

A. 0. 2 常见材料的燃点，应按表 A. 0. 2 取值。

**表 A. 0. 2 部分材料燃点**

材料名称	燃点温度 (°C)	材料名称	燃点温度 (°C)
木材	240~270	聚氯乙烯	454
纸	130	粘胶纤维	235
棉花	150	涤纶纤维	390
棉布	200	橡胶	130
麻绒	150	尼龙	424
酚醛树脂	571	聚四氟乙烯	550
聚乙烯	312	乙烯丙烯共聚	454

A. 0. 3 涂装用油漆在不同温度下的烧损状况，可按表 A. 0. 3 确定。

**表 A. 0. 3 油漆烧损状况**

温度 (°C)		<100	100~300	300~600	>600
烧损状况	一般油漆	表面附着黑 烟	有裂缝和脱皮	变黑、脱落	烧光
	防锈油漆	完好	完好	变色	烧光

A. 0. 4 普通热轧结构钢在高温下及高温过火冷却后的屈服强度降低系数，应按表 A. 0. 4 取值。

**表 A. 0. 4 普通热轧结构钢在高温下及高温过火冷却后的屈服强度降低系数**

构件表面温度 (°C)	屈服强度降低系数	
	高温下	高温过火冷却后
20	1.000	1.000
100	1.000	1.000
200	1.000	1.000
300	1.000	1.000
350	0.977	1.000
400	0.914	1.000
450	0.821	0.987
500	0.707	0.972
550	0.518	0.953
600	0.453	0.932
700	0.226	0.880
800	0.100	0.816
900	0.050	—
1000	0.000	—

## 附录 B 常用铝合金参数

表 B.0.1 常用铝合金系列

	代号	成分	密度 (g/cm <sup>3</sup> )	泊松比	强度 (MPa)	屈服强 度(MPa)	弹性模 量(GPa)	防火 等级
3xxx	AA3003 -H112	Al≥98.6%, Mn≤1.5%	2.73	0.33	100- 115	≥41	70	A2
	AA3003 -H12				115- 160	≥83	68.9	
	AA3003 -H14				140- 180	≥115	68.9	
	AA3003 -H16				165- 205	≥145	68.9	
	AA3003 -H18				≥185	≥165	68.9	
	AA3004 -H19	Al≥97.7%, Mn≤1.5%	2.72	0.35	295	285	69	
	AA3004 -H32				195- 240	≥145	68.9	
	AA3004 -H34				220- 260	≥170	68.9	
	AA3004 -H36				240- 285	≥195	68.9	
	AA3004 -H38				≥260	≥215	68.9	

## 附录 C 常用不锈钢材料参数

表 C.0.1 常用不锈钢基本参数

不锈钢类型	成分	普通牌号	抗拉强度 (MPa)	屈服强度 (MPa)	伸长率 (%)	硬度 (HB)	密度 (g/cm <sup>3</sup> )	热导率 (W/m·K)	腐蚀性
铁素体不锈钢	Cr≥10.5% C≤0.08%	1.4003	410-620	≥270	≥20	≤230	7.7	15	一般
铬锰不锈钢	Cr≥12% Mn≤13%	201	655-860	≥310	≥40	≤250	7.7	21	一般
奥氏体不锈钢	Cr≥16% Ni≥8% C≤0.08%	304	515-1030	≥205	≥40	≤201	8	16	良好
双相不锈钢	Cr≥20% Ni≥5% Mo≥2%	2205	620-930	≥450	≥25	≤310	7.8	20	优良
马氏体不锈钢	Cr≥10.5% C≤0.08%	410	480-760	≥275	≥16	≤240	7.7	24	一般
高温合金钢	Cr≥25% Ni≥20%	RA330	610-730	≥275	≥15	≤235	7.9	13	优良

## 本标准用词说明

1 为便于在执行本规范条文时区别对待,对要求严格标准不同的用词说明如下:

表示很严格,非这样做不可得用词:

正面词采用“必须”;反面词采用“严禁”;

表示严格,在正常情况下均应这样做的用词:

正面词采用“应”;反面词采用“不应”或“不得”;

表示允许稍有选择,在条件许可时首先这样做的用词:

正面词采用“宜”;反面词采用“不宜”;

表示有选择,在一定条件下可以这样做的,采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准、规范执行的,写法为“应符合的……规定”或“应按……执行”

## 引用标准名录

- 《城市雕塑工程技术规程》 JGJ/ T 399
- 《建筑结构可靠度设计统一标准》 GB 50068
- 《工程结构设计基本术语标准》 GB/T 50083
- 《建筑结构荷载规范》 GB 50009
- 《建筑抗震设防分类标准》 GB 50223
- 《钢结构设计标准》 GB 50017
- 《冷弯薄壁型钢结构技术规范》 GB 50018
- 《建筑抗震设计规范》 GB 50011
- 《高耸结构设计规范》 GB 50135
- 《构筑物抗震设计规范》 GB 50191
- 《高耸与复杂钢结构检测与鉴定标准》 GB 51008
- 《建筑抗震鉴定标准》 GB 50023
- 《民用建筑可靠性鉴定标准》 GB 50292
- 《工业建筑可靠性鉴定标准》 GB 50144
- 《钢结构工程施工质量验收规范》 GB 50205
- 《钢结构焊接规范》 GB 50661
- 《焊接接头拉伸试验方法》 GBT 2651
- 《焊接接头弯曲试验方法》 GBT 2653
- 《焊接接头冲击试验方法》 GBT 2650
- 《工业构筑物抗震鉴定标准》 GBJ 117
- 《金属显微组织检验方法》 GB/T 13298
- 《钢的显微组织评定方法》 GB/T 13299
- 《钢的低倍组织及缺陷酸蚀检验法》 GB/T 226
- 《结构钢低倍组织缺陷评级图》 GB/T 1979
- 《金属熔化焊接头缺欠分类及说明》 GB/T 6417.1
- 《钢材断口检验法》 GB/T 1814
- 《碳素结构钢》 GB/T 700
- 《低合金高强度结构钢》 GB/T 1591
- 《钢结构现场检测技术标准》 GB/T 50621
- 《建筑结构检测技术标准》 GB/T 50344
- 《建筑金属围护系统工程技术标准》 JGJ/T 473
- 《住宅建筑室内振动限制及其测量方法标准》 GB/T 50355
- 《厚钢板超声波检验方法》 GB/T 2970

《交错桁架钢结构设计技术规程》 JGJ/T 329  
《建筑抗震试验方法规程》 JGJ 101  
《高层民用建筑钢结构技术规程》 JGJ 99  
《空间网格结构技术规程》 JGJ 7  
《建筑钢结构防火技术规范》 CECS 200  
《门式刚架轻型房屋钢结构技术规程》(2012 版) CECS 102  
《压型金属板设计施工规程》 YBJ 216  
《钢结构检测评定及加固技术规程》 YB 9257  
《拱形钢结构技术规程》 JGJT 249  
《城市人行天桥与人行地道技术规范》 CJJ 69  
《铸钢节点应用技术规程》 CESC 235

# 钢结构检测与鉴定技术标准

Specification for inspection and appraisal of steel structures

(条文说明)

# 目次

1	总则.....	65
2	术语和符号.....	66
2.1	术语.....	66
3	基本规定.....	67
3.1	一般规定.....	67
3.2	基本工作程序.....	67
3.3	检测与评定标准.....	67
3.4	检测内容和抽样方案的选用.....	68
3.5	检测设备和检测人员.....	68
3.6	检测报告.....	68
4	材料检测与评定.....	70
4.1	一般规定.....	70
4.2	材料化学成分的检测与评定.....	70
4.3	材料力学性能的检测与评定.....	71
4.4	缺陷和损伤构件的检查与检测.....	72
4.5	金相的检测与评定.....	72
5	构件检测与评定.....	73
5.1	一般规定.....	73
5.2	检测内容与评定标准.....	73
5.3	构件外观检测与评定.....	75
5.6	构件承载力性能检测与评定.....	75
5.7	检测结果的评定.....	76
6	节点及连接的检测和评定.....	77
6.1	一般规定.....	77
6.3	焊缝连接的检测与评定.....	78
6.5	螺栓和铆钉连接检测与评定.....	78
7	体系检测和评定.....	80
7.1	一般规定.....	80
7.2	检测内容与评定标准.....	80
7.3	结构计算模型与分析方法.....	80
7.4	检测结果的评定.....	81
8	围护结构检测和评定.....	82
8.1	一般规定.....	82
8.2	围护体系材料基本要求.....	82

8.3	支承龙骨与面板的检测与评定.....	82
8.4	围护体系计算.....	83
9	专项检测与评定.....	84
9.1	结构性能腐蚀检测与评定.....	84
9.2	结构和节点防火性能检测及火灾后检测评定.....	85
9.3	结构疲劳性能检测与评定.....	87
附录 A	常见材料的燃点、变态温度.....	88
附录 B	常用板材介绍.....	89

# 1 总则

**1.0.1** 近年来景观与雕塑钢结构在园林景观、城市街景等工程中得到了广泛应用，例如广场灯光塔、小区标志构架、雕塑骨架等。此类结构在使用过程中由于自然环境、灾害和事故等因素会出现影响结构安全和使用的问题。为了保证钢结构的正常安全使用，就需要了解钢结构的工作状态，必要时应对钢结构体系进行合理、正确的检测、鉴定，以正确评估结构的安全性、工作性能，并为维护、加固或拆除提供依据。为了使钢结构的检测与鉴定有章可循，制定本标准。

**1.0.3** 本标准重点在于对景观与雕塑钢结构有明确说明，实际工作中本标准应和现行国家相关标准同时使用。

## 2 术语和符号

### 2.1 术语

**2.1.1** 景观钢结构主要指用于城市或旅游景点的、以满足建筑景观造型为主并采用钢结构作为承重结构的建筑或构筑物；景观钢结构工程通常包括钢结构建造的景观塔、景观桥、摩天轮及景区特殊造型构筑物等。雕塑钢结构主要指用于城市或旅游景点、用于艺术观赏或具有纪念意义的艺术造型，采用钢结构骨架的构筑物。

## 3 基本规定

### 3.1 一般规定

**3.1.1** 景观与雕塑钢结构工程包括用于采用钢结构建造景观工程及雕塑工程造型的骨架体系与维护体系，相关要求与各类钢结构工程相同。对于没有人员活动且处于空旷场地的景观与雕塑钢结构工程可不考虑抗震。

**3.1.6** 景观与雕塑钢结构工程等级参照《高耸结构设计规范》及 GB 50135 和《城市雕塑工程技术规程》JGJ/T 399 进行划分，主要按照尺寸确定。景观钢结构等级划分中根据单项指标确定，雕塑钢结构第二列采用 2 项尺寸数据确定。

### 3.2 基本工作程序

**3.2.2** 本标准列出的基本工作程序可根据实际情况适当调整，对于超高、超大工程可提高要求，对于次要的不影响安全的钢结构工程可适当简化程序。

**3.2.4** 景观与雕塑钢结构工程对于出现明显变形或严重损坏，可定义为危险构筑物，可不进行详细鉴定。

### 3.3 检测与评定标准

**3.3.1~3.3.4** 景观与雕塑钢结构的检测与评定应按结构构件、节点及结构体系的基本分类与检测按照《高耸与复杂钢结构检测与鉴定标准》GB 51008 进行。

**3.3.5** 景观与雕塑钢结构的后续工作年限由检测人员按照景观与雕塑已使用年限、历史、现状综合分析后确定。

**3.3.6** 景观与雕塑钢结构的检测方案可根据结构的重要性由检测技术人员确定，若是超过规定范围，宜进行专家论证。

**3.3.7** 重要的特大和大型景观与雕塑钢结构是指结构的重要性，例如有大量人员的景观工程，这时结构的安全性非常重要，必要时应进行安全性监测。

### 3.4 检测内容和抽样方案的选用

**3.4.3** 节点设计复核包括：材料使用、节点尺寸、螺栓或铆钉数量及焊缝质量要求等。钢结构连接检测包括：焊接连接检测、普通螺栓连接检测、高强螺栓连接检测、铆钉连接检测和锚具连接检测。

### 3.5 检测设备和检测人员

**3.5.1** 本条对实施景观与雕塑钢结构工程检测的仪器设备提出具体要求。

**3.5.2~3.5.3** 本条对实施景观与雕塑钢结构工程检测的人员提出了执业资格方面的要求。

常用的钢结构无损检测方法有超声波检测(UT)、射线检测(RT)、磁粉检测(MT)、渗透检测(PT)。在各种方法中,对检测人员分为三个等级:Ⅰ级(初级)、Ⅱ级(中级)、Ⅲ级(高级)。

以机械工程学会超声波检测培训为例,各等级的差别如下:

Ⅰ级——报考人员需要接受40小时的培训,通过理论考试、实际操作考试、Ⅰ级持证人员能进行检测,但不能编写检测报告,不能对检测结果做评定。

Ⅱ级——报考人员需要接受120小时的培训,通过理论考试、实际操作考试、Ⅱ级持证人员既能进行检测,又能编写检测报告。

Ⅲ级——要求报考人员已取得Ⅱ级证,再接受40小时的培训,通过理论(含专门技术、通用技术)考试、编制工艺考试。Ⅲ级持证人员能检测,编写检测技术报告,可对技术问题做解释。

**3.5.5** 从事钢结构无损检测的人员,根据无损检测方法的不同,对检测人员的视力及辨色能力要求亦不相同。

### 3.6 检测报告

**3.6.1** 本条对规定了景观与雕塑钢结构工程检测报告所应达成的目标以及检测报告的用途。

**3.6.2** 景观与雕塑钢结构工程的检测报告应按照条文内容完整表示,检测报告

的技术内容（检测项目）主要包括：1、材料性能；2、构件与连接：构件尺寸及平整度、表面缺陷、连接（焊接、螺栓连接）性能、涂层厚度、构件锈蚀情况；3、结构体系；4、围护体系等内容。

## 4 材料检测与评定

### 4.1 一般规定

**4.1.1** 既有钢结构检测时，经常由于原始资料缺失而需确定钢材品类。本章通过化学成分分析及力学性能检测判断钢材品类。

**4.1.2** 钢结构用材料应按制作安装批次、结构构件种类、板件和零部件规格及结构现状情况进行抽样检测。钢结构用材料现场取样按照本标准执行，若现场取样有难度时，可根据需要适当调整。

**4.1.3** 在钢结构构件上取样时，应确保受检构件和结构的安全。钢材截取位置宜选在应力较小的部位，钢材试件的尺寸和数量应满足试验方法的要求，同时还应记录取样的具体位置、样品尺寸、构件表面原始状态等信息。

**4.1.4** 当钢材受切割火焰、焊接等热影响时，钢材化学成分和力学性能可能会发生变化，因此需要进行材料的金相检测；对于腐蚀情况严重时微观组织可能发生变化，因此需进行金相检测。

### 4.2 材料化学成分的检测与评定

**4.2.1** 主要化学成分分析至少应包括 C、Mn、Si、S、P 五种元素或 C、Mn、Si、S、P、V、Nb、Ti 八种元素。

**4.2.3** 规定了现场取样进行钢材化学成分分析时检验批的最小样本量。钢材化学成分可以通过化学的、物理的多种方法来分析测定，目前应用较广的是化学分析法和光谱分析法。检测机构应根据委托方要求、检测能力、检测方法的准确度等选择适宜的方法。

从现行国家标准《碳素结构钢》GB/T 700 和《低合金高强度结构钢》GB/T 1591 中所规定的 Mn 元素含量来看，碳素结构钢与低合金高强度结构钢两者的 Mn 元素含量有较大差别。因此，可根据 Mn 元素含量较易区分碳素结构钢和低合金高强度结构钢。当 Mn 元素含量为 0.03%~0.08% 时，可判断该钢材属于碳素结构钢；当 Mn 元素含量为 1.00%~1.70% 时，可判断该钢材属于低合金高强度结构钢。

依据现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017, 碳素结构钢主要是指 Q235 钢, 低合金高强度结构钢主要有 Q355 钢、Q390 钢、Q420 钢和 Q460 钢。但是, 仅从钢材中 C、Mn、Si、S、P 五种元素或 C、Mn、Si、S、P、V、Nb、Ti 八种元素的大小仅能验证钢材是否符合某钢材牌号的化学成分要求, 难以准确判定是何种钢材牌号。对于未知牌号的钢材, 根据国内、外相关资料, 钢材的抗拉强度与钢材的化学元素含量间存在一定的相关性( $\sigma_b=285+7C+2Si+0.06Mn+7.5P$ , 以 0.01% 计), 可从该公式进一步大致了解钢材的强度范围。

### 4.3 材料力学性能的检测与评定

**4.3.1** 规定了钢材力学性能的检测项目, 对于具体的钢结构工程, 可根据检测目的、结构和材料的实际情况及委托方的要求确定。

**4.3.3** 对于经过调查未获得材料品质信息的钢材, 需要试验确定其力学性能指标。根据钢材生产标准《碳素结构钢》GB/T 700 和《低合金高强度结构钢》GB/T 1591, 钢材合格的重要力学指标是屈服点不低于规定值, 抗拉强度应在规定范围内。“0.85 倍”是基于《钢结构检测评定与加固技术规程》YB 9257-96 中 3.1.5 条规定钢材非标时“由试验结果最低值确定屈服强度或抗拉强度, 按钢材屈服强度确定强度设计值时, 抗力分项系数取 1.2; 需要由钢材抗拉强度确定强度设计值时, 抗力分项系数取 1.5”。

对于根据试验结果仍然无法确定钢材牌号的钢材, 为保证应用安全可靠, 其强度应折减。

**4.3.4** 对于不能通过试验确定被检钢结构材料是否符合国家标准时, 检测实验报告应给出被检钢结构材料力学性能拉伸曲线, 以便计算鉴定时使用。

**4.3.5** 对于钢结构施工质量检测, 应按现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 中规定抽样检验, 若材料不满足要求时, 宜加倍抽样检验, 并应在报告中明确说明。

**4.3.6** 当被检钢结构不适宜或无法直接取样, 则可采用表面硬度法等非破损或维破损方法进行检测。可依据现行国家标准《黑色金属硬度及强度换算值》GB/T 1172 中的规定确定钢材的换算抗拉强度, 但测试仪器和检测操作应符合相关标准的规定, 并应对标准提供的换算关系进行验证。

## 4.4 缺陷和损伤构件的检查与检测

**4.4.1** 钢结构材料中，缺陷和损伤的类别和形式很多，当缺陷和损伤的尺寸达到一定数值时，会影响构件或零部件的受力性能或安全性，有时甚至危及结构的安全使用。另外，有些缺陷或损伤如裂纹即使尺度很小，也会严重影响构件的受力性能或安全性，因此，对钢构件材料进行探伤检测非常必要。

**4.4.2** 用于景观与雕塑中的不同厚度钢板，其对钢板中缺陷的检查方法不同。

**4.4.3** 对城市雕塑中大型及特大型分类标准应参照现行国家规范《城市雕塑工程技术规程》JGJT 399-2016 执行。

**4.4.4** 本条提到的主要构件（节点），是指钢结构支撑系统中处于主要传力路线上的构件（节点），这类构件和节点一旦发生破坏，将导致结构发生整体失稳或倒塌破坏。承重钢结构系统中主要构件（节点）的确定原则如下：

- 1 位于结构支撑系统中主要传力路径上的构件（节点）；
- 2 连接于主要传力支座和柱脚的受力构件；
- 3 主要传力支座和柱脚。

## 4.5 金相的检测与评定

**4.5.1** 本条规定了钢结构需要进行金相检测的条件。

**4.5.2** 现场复膜金相检测是通过既对既有景观与雕塑中的钢材料表面进行打磨、抛光、腐蚀、复膜取样，然后进行金相组织分析的一种检测手段。

**4.5.3** 金相检测取样、检验及评定方法按照相关规定执行，内容包括宏观、微观、断口。

## 5 构件检测与评定

### 5.1 一般规定

**5.1.1** 钢结构检测应先进行构件检测，再进行结构检测。为了统一，按照构造单元构件划分为柱构件、梁构件、杆构件、板构件和柔性构件。

**5.1.2~5.1.3** 这两条说明了钢结构构件的检测原则，尤其是数量和位置的选取，对于特定条件的情况应根据具体情况适当增加。

**5.1.5** 本条中所谓工作形态表现，指对结构或建（构）筑物使用功能影响程度的表现，也属于现状检测结果的范畴。

**5.1.6** 钢结构检测与鉴定的验算，不同于传统常规的设计验算，是对已存在的结构或部分结构进行鉴定计算，应根据结构实际检测结果建立模型且施加实际状态的荷载，不能仅按原设计图进行复核计算，因此需要特别规定。

### 5.2 检测内容与评定标准

#### 5.2.1

1 根据检测目的的不同，检测要求有较大的差别，对于施工质量检测与鉴定，目的是检测施工误差，测量精度要求较高。而对于结构可靠性鉴定，检测的目的是复核实际结构与图纸资料的相符性，即使是进行结构测绘，对精度的要求也不一定很高，通常是采用一些模数，如钢材规格模数、结构跨度模数等。构件的轴线(或中心线)尺寸可采用构件轮廓尺寸和零部件规格尺寸推定。尺寸检测部位的选择，应包含最小尺寸部位。

3 钢结构在使用过程中往往会出现损伤，如构件的永久变形、锈蚀等，另外，还会有人为的损伤，例如不合理的加固改造、在结构上随意焊接、随意拆除一些零部件等，直接影响结构的安全。根据钢结构的特点，这类损伤以观测检查为主，应不放过任何对结构安全有较大影响的隐患。

4 复杂构件的检测包含其连接的检测，连接的检测应按本标准第6章的有关规定执行。钢构件由于材料强度高，截面尺寸相对较小，容易产生失稳破坏，

因此，应保证各类钢结构杆件长细比、板件宽厚比满足设计要求。钢结构的长细比、板件宽厚比，应根据构件的实测结果、按照设计标准的计算方法进行复核算，而不能直接按原设计图纸尺寸进行验算。构件端部构造直接与节点理论计算模型有关，当不能断定构件端部为何种约束条件时，应根据实测构造结果进行数值分析验证。

5 拉索、拉杆检测的目的，是检查实际构件工作状况与图纸资料的符合程度，并判定实际状态的合理性。

### 5.2.2

1 钢构件安全性鉴定等级，应按承载力、构造两个项目评定，结构抗力分析中应考虑缺陷和损伤的影响。同时，评定时应考虑构件存在的严重缺陷、过大变形、显著损伤和严重腐蚀等现实状况。

2 钢构件的承载力项目，根据构件的抗力  $R$  和荷载作用效应  $S$  及结构构件重要性系数  $\gamma_0$  评定等级。构件的抗力  $R$  按照现行国家《钢结构设计标准》GB 50017、《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018 等确定。与设计新构件不同，在计算已有构件抗力时，应考虑实际的材料性能和结构构造以及缺陷、损伤、腐蚀、过大变形和偏差的影响。荷载作用效应  $S$ ，按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 和相关设计标准结合实测结果计算确定，结构构件重要性系数  $\gamma_0$  按现行国家标准《建筑结构可靠度设计统一标准》GB 50068 确定。

3 对于钢构件的构造，如果设计规定不明确，则应参照国家现行相关设计规范进行评定。

4 钢构件安全性鉴定评级，设置了按构件变形与损伤状态进行安全性评级这一项目，其目的是避免分析计算可能存在的不足。有些构件存在裂纹或发生部分断裂，与设计、施工及使用条件有很大关系，但又很难准确判别出究竟由哪种原因引起，为此，可以直接根据构件变形与损伤状态进行评级。一些工程通过对挠度的异常发展检查，采取支顶等应急措施，避免了倒塌事故的发生，因此，通过对过大挠度的检查，以评估该结构构件是否适于继续承载，有较大的实用价值。

### 5.2.3

6 将防火涂层的评定纳入钢结构构件适用性评定的范围，从防火涂层外

观质量(包括涂层裂纹)、涂层完整性、涂层厚度三方面评定钢结构构件适用性等级。当设计对涂层厚度没有明确规定时,应按相应的国家现行标准确定。

#### 5.2.4

1 钢构件的耐久性,应根据目前的使用环境状况进行鉴定。鉴定内容应从构件涂层或外包装防护的质量以及构件腐蚀(锈蚀)程度两个方面分别评定各自的鉴定等级,然后再根据两者中的较低等级确定构件的耐久性等级。涂层质量包括:涂层外观质量、涂层完整性、涂层厚度、外包装防护状态四个方面;构件的腐蚀(锈蚀),指涂层损坏后构件基材的锈蚀。

2 当设计对涂层厚度没有明确规定时,应按相应的国家现行标准确定。

### 5.3 构件外观检测与评定

5.3.1~5.3.2 在对钢结构进行目视检测时,除了检测人员应具备正常的视力外,保证适当的视角及足够的照明是必不可少的。本标准的规定是参考美国 ASME 《锅炉及压力容器规范》和英国 BS 《焊缝的目视检验实验规范》的要求。

5.3.2 放大镜的放大倍数愈大,其焦距愈小,在现场目视检测时,过小焦距不宜于观察,因此,放大镜的放大倍数不宜过大。

### 5.6 构件承载力性能检测与评定

5.6.1 本条对应构件承载力相关的检测内容。实际结构的构件承载力受几何尺寸、制作安装偏差、变形、缺陷与损伤等诸多因素影响,为精确分析构件实际承载力,应对以上因素进行检测,获得实际数值,为构件承载力评定提供依据。

5.6.4 构件外形尺寸是承载力检测的重要内容之一,对构件承载力评定具有较大影响,因此应在多个位置进行量测,并偏安全的取其中最小值作为代表值。

5.6.6 本条第1款直接量测的方法包括卷尺、直尺、卡尺和红外测距仪等。

5.6.8 在构件加工、制作和安装等过程中,不可避免的会产生缺陷和损伤,降低构件承载力,因此,应对此类内容进行检测。

## 5.7 检测结果的评定

**5.7.2** 钢结构构件安全性的评定等级，应按承载力和构造两个项目评定，结构抗力分析中应考虑缺陷和损伤的影响。同时，评定时，应考虑构件存在的严重缺陷、过大变形、显著损伤和严重腐蚀等显示状况。

**5.7.3** 景观与雕塑钢结构构件承载力项目，根据构件的抗力  $R$  和荷载作用效应  $S$  及结构构件重要性系数  $\gamma_0$  评定等级。构件的抗力  $R$  按照现行国家钢结构设计标准（包括《钢结构设计标准》GB 50017、《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018 等）确定。与设计新构件不同，在计算已有构件抗力时，应考虑实际的材料性能和结构构造以及缺陷、损伤、腐蚀、过大变形和偏差的影响，也就是说，在建立结构分析模型时就要考虑这些影响。荷载作用效应  $S$ ，按照现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 和相关设计标准结合实测结果计算确定，结构构件重要性系数  $\gamma_0$  按现行国家标准《建筑结构可靠度设计统一标准》GB 50068 确定。构件的疲劳强度与静力承载力相比有很大不同，对于构件疲劳性能的评级，应根据疲劳强度验算结果、已使用的年限和构件的损伤程度进行评级。

**5.7.4** 对于景观与雕塑钢结构构件的构造，如果设计规定不明确，则应参照国家现行相关设计规范进行评定。

## 6 节点及连接的检测和评定

### 6.1 一般规定

**6.1.1** 景观与雕塑钢结构连接节点包括：焊缝连接节点、螺栓连接节点、预应力索节点，铸钢节点、焊接空心球节点、螺栓球节点、嵌入式毂节点；拼接节点包括：梁柱连接节点、钢管连接节点、连接板节点；支座节点包括：平板支座、弧形支座、辊轴支座、铰轴支座、板式橡胶支座、立体管桁架支座、拱脚支座。

**6.1.3** 景观与雕塑钢结构焊缝连接节点应符合国家现行有关标准的规定，参考表 6.1.3。

**表 6.1.3 节点与连接执行的国家现行标准**

节点类型	国家现行标准
焊接节点	《钢结构设计标准》GB 50017； 《钢结构焊接规范》GB 50661
螺栓连接节点	《钢结构设计标准》GB 50017； 《钢结构高强度螺栓连接技术规程》JGJ 82
铸钢节点	《铸钢节点应用技术规程》CECS 235； 《钢结构设计标准》GB 50017； 《空间网格结构技术规程》JGJ 7
焊接空心球节点、螺栓球节点、嵌入式毂节点、销轴式节点	《钢结构设计标准》GB 50017； 《空间网格结构技术规程》JGJ 7
预应力索节点	《钢结构设计标准》GB 50017； 《预应力钢结构技术规程》CECS 212； 《索结构技术规程》JGJ 257； 《空间网格结构技术规程》JGJ 7
拼接节点	《钢结构设计标准》GB 50017
连接板节点	《钢结构设计标准》GB 50017； 《交错桁架钢结构设计技术规程》JGJ/T 329
支座节点	《钢结构设计标准》GB 50017；

	<p>《空间网格结构技术规程》JGJ 7;</p> <p>《拱形钢结构技术规程》JGJT 249;</p> <p>《铸钢节点应用技术规程》CECS 235</p>
--	-----------------------------------------------------------------------------------

**6.1.5** 节点、螺栓连接及焊缝连接的耐久性检测和评定均按照本标准 5.5 节执行。

### 6.3 焊缝连接的检测与评定

**6.3.1~6.3.2** 焊缝连接必须基于焊缝的实际几何尺寸、构造形式、施工质量和损伤退化程度进行安全性和可靠性评定,准确检测焊缝现状是评定焊缝质量的前提条件和基础。

**6.3.3** 焊缝检测的抽样应保证具有代表性,焊缝检测的抽样要求符合《钢结构焊接规范》GB 50661 关于焊缝质量检验的抽样规定。

**6.3.4~6.3.5** 焊缝尺寸包含的内容、测量方法和测量时的基本要求。同时规定了特殊情况下,焊缝的测量项目以及承载力计算时应考虑的因素。

**6.3.5** 焊缝的外观质量和内部缺陷检测方法符合《钢结构焊接规范》GB 50661 规定的要求。

**6.3.7~6.3.9** 根据实际检测的焊缝连接的几何尺寸、构造形式、工作状态和质量,焊缝的安全性等级评定根据焊缝承载力和构造两个项目的评定等级综合评定,焊缝的承载力验算应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 的规定,焊缝构造评级根据现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 和《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 综合评定。焊缝质量和构造要求不符合现行规范要求的焊缝直接认定为失效焊缝。

**6.3.10** 焊缝的适用性评定综合其变形和损伤状况来定。

### 6.5 螺栓和铆钉连接检测与评定

**6.5.1~6.5.2** 分别为在建及既有普通螺栓和铆钉连接检测内容。

**6.5.3** 普通螺栓和铆钉的抽样应保证具有代表性,抽样要求符合《钢结构工程

施工质量验收标准》GB 50205 的规定。

**6.5.4~6.5.7** 分别为在建及既有高强度螺栓连接检测内容。

**6.5.8** 高强度螺栓的抽样应保证具有代表性，抽样要求符合《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 的规定。

**6.5.9~6.5.11** 根据实际检测的螺栓和铆钉连接的几何尺寸、构造形式、工作状态和施工质量，螺栓和铆钉连接的安全性等级评定根据承载力和构造两个项目的评定等级综合评定，承载力验算应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 的规定，构造评级根据现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 和《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 综合评定。

## 7 体系检测和评定

### 7.1 一般规定

**7.1.1** 景观钢结构工程结构体系选择工程实际进行方案选择，同时考虑最佳传力途径，力求简单。

**7.1.2** 景观钢结构工程根据功能可分为钢结构景观塔、景观桥、摩天轮及景区特殊造型构筑物等。钢结构景观塔可采用钢框架体系、参照图 7.1.2；钢桁架体系、钢筋混凝土核心筒+竖向网格结构、空间网格结构及其它组合体系；钢结构景观桥可按照人行天桥相关的钢架桥、索桥、斜拉桥及组合等体系；摩天轮结构采用转向的轮辐式钢结构体系；钢结构雕工程可以采用型钢骨架体系、钢管桁架骨架体系等。

### 7.2 检测内容与评定标准

**7.2.1** 结构体系检测时，鉴定人员需到现场了解结构实际情况，考虑各种因素综合分析，结合设计图纸和现场实际情况得出科学、合理、可靠、准确的鉴定结论和处理意见。

**7.2.4** 当结构体系有明显的外观质量缺陷或损伤，应作为重点检查的对象。如易受潮湿环境影响的部位，易受动荷载和疲劳荷载影响的部位，连接部位，易受磨损、冲撞损伤的部位等。

### 7.3 结构计算模型与分析方法

**7.3.1** 结构构件及其连接的作用效应综合考虑各种因素的影响。

**7.3.2** 景观与雕塑钢结构的分析和校核参照两种极限状态设计法进行。

**7.3.3** 对于常规的结构分析可按照现行设计方法进行分析，对于特殊体系的特殊工况可补充特殊环境下的分析，如抗冲击、非线性分析及抗连续倒塌分析等。

**7.3.4** 结构分析时应根据结构类型、材料性能和受力特点等因素，选用线性或非线性分析方法。当动力作用对结构影响显著时，尚应采用动力响应分析或动力

系数等方法考虑其影响。

**7.3.5** 当结构构件受到不可忽略的温度、地基变形等附加作用时，应在结构分析中考虑附加作用对结构变形的影响。

**7.3.6** 结构荷载作用和作用组合应符合现行国家标准执行。

**7.3.7** 实测材料的种类和性能与原设计不符，或材料性能已显著退化时，应根据实测数据调整材料参数；

**7.3.8** 结构或构件的几何参数应进行核实取值；

**7.3.9** 特殊情况需要通过结构构件载荷试验检验其承载性能时，应考虑必要性和可行性，同时不得损伤结构。

## **7.4 检测结果的评定**

**7.4.1** 景观与雕塑钢结构的可靠性鉴定应包括地基基础、主体钢结构进行。

**7.4.2~7.4.3** 主体钢结构的可靠性鉴定评级及评级层次参照相关规定。

**7.4.4** 主体钢结构的安全性等级，考虑结构整体性和结构承载两个方面，并取其中较低等级作为主体结构的安全性等级。

**7.4.5** 主体钢结构整体性等级评定主要是概念设计部分，可按照国家《钢结构设计标准》GB 50017 等标准规定进行综合评定。

**7.4.6** 主体钢结构承载功能的评定等级，当根据承载能力极限状态分析结果评定时，可综合考虑构件及节点的承载力综合评定。

**7.4.7** 主体钢结构的适用性等级评定应按结构使用状况和结构变形两个项目评定，并考虑振动舒适度及动力响应。

**7.4.8** 主体钢结构可按构件、节点及连接统中的最低适用性等级确定。

**7.4.9** 主体钢结构整体变形构整体变形过大时，尚应考虑整体变形引起的附加内力对结构承载能力的影响。

**7.4.10** 主体结构系统耐久性评定应对钢结构的防护现状和腐蚀状况分别进行等级评定，并应取其中较低等级作为结构系统耐久性等级。

## 8 围护结构检测和评定

### 8.1 一般规定

**8.1.1** 景观与雕塑钢结构围护体系一般可分为支承结构构件和金属面板。支承结构构件包括墙梁、檩条等。金属面板包括镀层或涂层钢板、铝合金板、不锈钢板、铜合金板、锌合金板等。对于不在本标准规定范围内的围护结构体系如玻璃幕墙、石材幕墙等，按照相应的专业标准执行。

**8.1.2** 景观与雕塑围护结构检测鉴定前，应先明确围护结构对主体结构的影响，主要包括屋面系统、墙面系统的檩条及面板。

**8.1.3** 围护结构的工作形态，主要是指不影响结构的整体安全、但会间接影响部分功能的状态，对于已经影响正常使用的维护结构，如屋面漏水、严重锈蚀、局部破坏等问题，必须进行维修。对于地震、大风及火灾后有严重变形或损伤的围护结构，宜直接拆换。

**8.1.4** 围护结构及其构件属于一般构件，故此，其承载安全性按照一般构件进行评定。围护结构构件及节点的腐蚀与主体结构相同，故检测与鉴定方法参照主体结构进行。

### 8.2 围护体系材料基本要求

**8.2.1~8.2.4** 支承龙骨可用碳素结构钢和低合金高强度结构钢、铝合金材料，需满足相应的行业设计标准，并符合设计要求。

**8.2.5~8.2.8** 围护面板可采用压型钢板、压型铝合金板、压型不锈钢板、压型铜合金板，需满足相应的行业设计标准，并符合设计要求。

### 8.3 支承龙骨与面板的检测与评定

**8.3.1** 国家现行标准关于檩条的制作和安装允许偏差是根据国内外的施工经验和有关资料进行了必要的调整后确定的，因此，检测与鉴定可以此为依据。

**8.3.2** 檩条和墙梁属于基本构件，因此，按照构件的要求进行构件（包括连接

节点)的安全性鉴定与等级评定。檩条与墙梁的数量较多,因此参照现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 的规定进行抽检。而对于有损伤或严重锈蚀的,应 100%检测。

**8.3.3~8.3.4** 面板检测主要包括强度及外观检测,相应的外观范围应保证足够的数量,不致影响美观。

**8.3.5~8.3.8** 围护体系的可靠性评定均应按照体系及构件进行安全性、适用性和耐久性评级。

## **8.4 围护体系计算**

**8.4.1** 景观与雕塑工程的围护体系的支承龙骨应分别按承载能力极限状态和正常使用极限状态进行计算。

**8.4.2** 围护体系的支承龙骨分析验算方法,应符合现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 和《钢结构设计标准》GB 50017 的规定。

**8.4.3** 当围护体系受到不可忽略的温度、地基变形等作用时,应考虑附加作用效应。

**8.4.4** 围护体系计算的几何参数应取实测值,并应考虑结构实际的变形、施工偏差以及缺陷、损伤、腐蚀等影响。

**8.4.5** 围护体系计算的材料的种类和性能应根据实测数据确定;当钢结构表面温度高于 150°C时,应考虑其强度和刚度的降低。

## 9 专项检测与评定

### 9.1 结构性能腐蚀检测与评定

**9.1.3~9.1.3** 这里的腐蚀环境是相对的，主要是根据构件宏观腐蚀情况划分，区分腐蚀环境的目的是为详细检查选点。实际操作中应注意调查防腐维修情况，避免被新近的防腐涂层误导。

**9.1.4** 钢结构腐蚀的影响，除需考虑腐蚀对构件(节点)承载能力、安全性和正常使用性的影响外，还需要考虑的是对构件耐久性的影响，腐蚀程度按构件(节点)表面涂层状况和锈蚀深度分类。

**9.1.5** 钢结构构件全面均匀腐蚀是指在大气条件下相对均匀的腐蚀，构件整个表面具有大致相同的腐蚀速度。

**9.1.6~9.1.8** 钢结构构件腐蚀损伤测量应按板件测量，对于角钢等型钢，应按肢、翼缘等测量，对于角焊缝应考虑沿长度的分布情况综合确定，对于板件腐蚀应考虑实际情况。

**9.1.9** 腐蚀损伤对钢材性能的影响按照腐蚀程度考虑，腐蚀严重考虑强度降低，薄壁构件要求适当严格。

**9.1.10** 钢构件(节点)腐蚀后的承载能力应按现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 中的规定计算，其截面积和抵抗矩的取值应考虑腐蚀损伤对截面的削弱。

**9.1.11~9.1.12** 疲劳验算时，为了考虑损伤的影响，采用提高构件疲劳计算类别的方法。对于腐蚀趋势可根据实际情况进行预估判别。

**9.1.13** 引用《钢铁工业建构筑物可靠性鉴定规程》YBJ 219 的有关规定。所谓的牺牲层是指在设计时预留的钢材板件允许腐蚀削弱的厚度。当用承载能力余量（系数）描述钢材板件允许腐蚀削弱量时应进行承载能力—板件厚度换算；剩余耐久年限，即腐蚀牺牲层腐蚀殆尽所需年限与已经使用年限之差值。

## 9.2 结构和节点防火性能检测及火灾后检测评定

### 9.2.1 结构和节点防火保护层性能检测

1 钢结构防火涂料分膨胀型和非膨胀型，主要有超薄型、薄型、厚型3种。

4 受施工工艺、涂层材料等影响，构件不同位置的防火涂层厚度可能不同，对水平向构件，测点应布置在构件顶面、侧面、底面；对竖向构件，测点应布置在不同高度处。对于桁架或网架结构而言，应将其杆件作为构件，按梁、柱构件的测量方法进行检测。

7 常用防火涂层类型及相应厚度见表 9.2.1。

表 9.2.1 常用防火涂层类型及相对应的厚度

序号	涂层类型	涂层厚度 (mm)
1	超薄型	≤3
2	薄型	3~7
3	厚型	7~45

注：厚型防火涂层通常超出涂层测厚仪的最大量程，一般情况下，用卡尺、探针检测较为适宜。

8 防火除层可抹涂、喷涂施工，其涂层厚度值较离散，过高的检测精度在实际工程中意义不大，同时为方便检测操作，对超薄型、薄型、厚型涂层的检测精度统一规定为不低于 0.5mm。

9 构件的连接部位的涂层厚度可能偏大，检测数据不具代表性。

10 对厚型防火涂层表面凹凸不平的情况，为便于检测，可用砂纸将涂层表面适当打磨平整。

11 检测后，宜修复局部剥除的防火涂层。

### 9.2.2 结构和节点火灾后检测评定

1 火灾后钢结构可靠性鉴定的范围应是整个结构单元，经勘查检测确认结构损伤仅限于局部区域时，结构鉴定的范围可为火灾影响区域内的结构构件。火灾影响区域应是火焰燃烧区域、高温烟气弥漫区域及不可忽略的结构温度应力作用区域的总和，应根据火灾引燃、蔓延、熄火过程、火灾现场状况勘查结果、火灾温度作用分析结果等综合分析确定。如多高层建筑楼层局部火灾的鉴定范围

可以针对受灾楼层；大型钢结构房屋局部火灾的鉴定范围可以仅仅针对火灾影响区域的结构或构件。

3 进行结构火灾后鉴定，火灾概况调查和火作用调查分析是必须的，但调查和分析深度可根据具体情况灵活确定。需要通过火灾温度过程分析推断结构损伤时，调查、分析应适当深入、细致；当受火灾结构全部裸露且便于观察检查时，调查、分析可适当宏观一些。这里所说的受火灾结构，不仅限于遭受火焰灼烤的结构，还包括遭受显著温度应力作用的结构。火灾作用的程度，包括高温灼烤作用的程度和温度应力作用的程度。

当需要确定受火灾结构的温度—时间历程时，可通过调查火荷载密度、燃烧物特性、火场通风条件、受火空间壁面的热传导特性及灭火过程等，按燃烧规律模拟火作用过程，并按热传导规律推定结构所受的温度及作用的程度。

4 火灾后钢结构烧灼损伤状况勘查、检测、评定的内容具体为：结构、构件及节点连接的外观变形损伤勘查检测（整体倾斜、挠曲、扭曲，节点连接变形、扭曲、撕裂等）、结构材料性能的劣化损伤检测评估（强度折减、冲击性能折减）、结构受力性能的劣化损伤分析评估（承载能力、变形性能）及防护措施损坏程度勘查检测。实际火灾中的升降温度过程及冷却方式包括消防喷水冷却和空气自然冷却。由于变形的存在，可能会导致承载力降低、刚度降低等。焊接残余应力对疲劳寿命影响显著，钢结构连接设计多数基于内力分析，过去不考虑抗震时，经常存在强构件弱连接的情况，温度作用常会造成节点超载甚至损坏。温度升高到 300°C 以内时，可不考虑火灾可能引起的螺栓张力松弛、连接面抗滑移系数下降等对结构性能的影响。防火设施主要指防火板。

5 火灾过程中结构反应分析，应考虑火灾过程中的最不利温度条件和结构实际作用荷载组合，针对主要构件及节点连接，进行结构分析与构件校核。本条意图是考虑火灾过程中由于膨胀、收缩等可能造成火灾区域之外结构构件及连接损坏。通过分析及现状勘查，核对判断是否发生超载、断裂、残余应力、变形等损坏。

8 对于火灾后钢结构或构件的变形与损伤，如果设计规定不明确，则应参照国家现行相关设计规范进行评定。

## 9.3 结构疲劳性能检测与评定

**9.3.1** 对承受动力荷载的钢结构或钢构件，疲劳损伤将直接影响其使用寿命和承载能力，钢结构检测鉴定需要考虑这一影响，特别是对于产生拉应力且伴有变幅循环应力的构件，需要检测这类构件的裂纹损伤。一旦发现裂纹后，检测鉴定的时间间隔应缩短，原因在于随着裂纹尺寸扩展，裂纹开展速度加快，对应于同一裂纹扩展量，时间间隔越来越短。

**9.3.2** 对于有裂纹损伤的构件，其疲劳性能等级按考虑裂纹后的构件承载力计算评定。对于无裂纹的构件，按计算疲劳寿命评定。

**9.3.3** 应用疲劳试验结果时，应考虑试件与实际结构间可能存在的差别。对于焊接的构造细节，施工质量对疲劳影响很大，如果试件的加工和焊接都很仔细而且质量高，而实际结构达不到那样的水平，试验结果就不能恰当反映实际结构的性能。还有一个因素为尺寸差别的影响，从弯曲疲劳试验的结果来看，小尺寸试件的疲劳强度较大尺寸试件的稍高，分析中应考虑该因素的影响。对于现场无法进行疲劳损伤检测的情况，则需要进行构件模型疲劳试验。

**9.3.4** 国家标准《高耸与复杂钢结构检测与鉴定标准》GB 51008-2016 规定：钢构件疲劳损伤的检测位置可布置在构件应力幅较大的部位、构造复杂的部位、应力集中部位、存在缺陷或损伤的部位。检测的方法为放大镜目测检查以及磁粉、渗透或超声波探伤。检测的重点为循环应力造成的裂纹。

**9.3.5** 《建筑结构检测技术标准》GB/T 50344 附录 N 提供了里氏硬度法推定钢材强度等级的测定方法。按本条的规定进行钢材里氏硬度测试时，也可不推定钢材的强度等级，只进行钢材里氏硬度的测试，区分钢材的品种。直读光谱法或表面硬度法结合也可用于钢管混凝土和钢-混凝土组合结构钢材强度等级的判定。有了这些无损检测方法的判定，有助于区分钢材的品种，查找存在强度问题的钢材。

## 附录 A 常见材料的燃点、变态温度

**A. 0. 1~A. 0. 3** 该部分资料引自文献“建筑结构的火灾分析和处理”(段文玺,《工业建筑》, 1985.57)

**A. 0. 4** 各种钢材由于化学成分及其所经受的一系列加工过程(包括生产轧制、热处理方式、冷加工工艺等)的不同,其常温性能、高温性能以及高温过火对钢材性能的影响均有较大差别。本附录“结构钢”是指钢结构中最常用的普通热轧结构钢,如 Q235 钢和 Q355 钢。表中结构钢高温下的屈曲强度折减系数,取自现行行业标准《建筑钢结构防火技术规范》GB 51249,高温过火冷却后的屈服强度折减系数,取自文献“损伤累积条件下框架结构火灾反应的分析研究”(曹文衔,同济大学博士学位论文,1998年3月)。

普通热轧结构钢在高温下的力学性能有如下特点:

1 屈服强度和弹性模量随温度升高而降低,且屈服台阶变得越来越小,在温度超过 300°C以后,已无明显的屈服极限和屈服平台;

2 极限强度基本上随温度的升高而降低,但在 180°C~370°C温度区间内,钢材出现蓝脆现象(钢材表面氧化膜呈现蓝色),即极限强度有所提高,而塑性和韧性下降,材料交脆;

3 当温度超过 400°C后,强度与弹性模量开始急剧下降,当温度达到 650°C钢材已基本丧失承载力。

一般地,普通热轧结构钢在高温过火冷却后的强度降低很小,而经过热处理、冷拔加工得到的高强度钢以及冷弯薄壁型钢在高温过火冷却后强度降低较多。

## 附录 B 常用板材介绍

### B.0.1 钢板

#### 1) 冷轧薄钢板

冷轧薄钢板是碳素结构钢冷轧板的简称,它是由碳素结构钢热轧钢带,经过进一步冷轧制成厚度小于 4mm 的钢板。由于在常温下轧制,不产生氧化铁皮,因此,冷板表面质量好,尺寸精度高,再加之退火处理,其机械性能和工艺性能都优于热轧薄钢板。常用的牌号为低碳钢 08F 和 10# 钢,具有良好的落料、折弯性能。

#### 2) 连续电镀锌冷轧薄钢板

连续电镀锌冷轧薄钢板,即“电解板”,指电镀锌作业线上在电场作用下,锌从锌盐的水溶液中连续沉积到预先准备好的钢带表面上得到表面镀锌层的过程,因为工艺所限,镀层较薄。

#### 3) 连续热镀锌薄钢板

连续热镀锌薄钢板简称镀锌板或白铁皮,是厚度 0.25~2.5mm 的冷轧连续热镀锌薄钢板和钢带,钢带先通过火焰加热的预热炉,烧掉表面残油,同时在表面生成氧化铁膜,再进入含有 H<sub>2</sub>、N<sub>2</sub> 混合气体的还原退火炉加热到 710~920℃,使氧化铁膜还原成海绵铁,表面活化和净化了的带钢冷却到稍高于熔锌的温度后,进入 450~460℃ 的锌锅,利用气刀控制锌层表面厚度。最后经铬酸盐溶液钝化处理,以提高耐白锈性。与电镀锌板表面相比,其镀层较厚,主要用于要求耐腐蚀性较强的钣金件。

#### 4) 覆铝锌板

覆铝锌板的铝锌合金镀层是由 55% 铝、43.4% 锌与 1.6% 硅在 600℃ 高温下固化而组成,形成致密的四元晶体保护层,具有优良的耐腐蚀性,正常使用寿命可达 25 年,比镀锌板长 3-6 倍,与不锈钢相当。覆铝锌板的耐腐蚀性来自铝的障碍层保护功能,和锌的牺牲性保护功能。当锌在切边、刮痕及镀层擦伤部分作牺牲保护时,铝便形成不能溶解的氧化物层,发挥屏障保护功能。

上述 2)、3)、4) 钢板统称为涂层钢板,在国内通讯设备上广泛采用,涂层钢板加工后可以不再电镀、油漆,切口不做特殊处理,便可直接使用,也可以进行特殊磷化处理,提高切口耐锈蚀的能力,从成本分析看,采用连续电镀锌薄钢板,加工厂不必将零件送去电镀,节省电镀时间和运输出费用,另外零件喷涂前也不用酸洗,提高了加工效率。

### 二、不锈钢板

不锈钢板具有较强的耐腐蚀能力、良好的导电性能、强度较高等优点,使用非常广泛,但也要充分考虑它的缺点:材料价格很贵,是普通镀锌板的 4 倍;材料强度较高对数控冲床的刀具磨损较大一般不合适数控冲床上加工;不锈钢板的压铆螺母要采用高强度的特种不锈钢材料的压铆螺母,价格很贵;压铆螺母铆接不牢固经常需要再点焊;表面喷涂的附着力不高、质量不宜控制;材料回弹较大,折弯和冲压不易保证形状和尺寸精度。

### 三、铜和铜合金板

常用的铜和铜合金板材主要有两种，紫铜 T2 和黄铜 H62，

紫铜 T2 是最常用的纯铜，外观呈紫色，又称紫铜，具有高的导电、导热性、良好的耐蚀性和成形性，但强度和硬度比黄铜低得多，价格也是非常昂贵，主要用作导电、导热和耐用消费品腐蚀元件，一般用于电源上需要承载大电流的零件。

黄铜 H62，属高锌黄铜，具有较高的强度和优良的冷、热加工性，易用于进行各种形式的压力加工和切削加工，主要用于各种深拉伸和折弯的受力零件，其导电性不如紫铜，但有较好强度和硬度，价格也比较适中，在满足导电要求的情况下，尽可能选用黄铜 H62 代替紫铜，可以大大降低成本。