 CECSxxx : 202x

中国工程建设协会标准

园林景观工程耐候钢应用技术规程

Technical specification for application of weathering steel

in landscape engineering

（征求意见稿）

2024年01月

中国计划出版社

中国工程建设标准化协会标准

园林景观工程耐候钢应用技术规程

Technical specification for application of weathering steel

in landscape engineering

**CECS xxx : 2023**

主编单位：中国船舶集团国际工程有限公司

中冶建筑研究总院有限公司

批准单位: 中国工程建设标准化协会标准

施行日期: 202x年x月x日

中国计划出版社

**2024**  北 京

**前 言**

根据中国工程建设标准化协会（2020）建标协字第014号文《关于印发2020年第一批工程建设协会标准制定、修订计划的通知》的要求，制定本规程。

耐候钢具有优异的耐腐蚀性，是未来园林景观工程领域的一种重要结构材料。为规范和指导景观工程中应用耐候钢的部品设计和施工，保证景观工程中应用耐候钢的质量，做到安全使用、技术先进、经济合理，规程编制组通过开展广泛的调研和科研工作，总结和采用了国内外近期的研究成果和有关工程设计经验，并在广泛征求意见的基础上制定了本规程。

本规程共8章，主要内容是：总则、术语和符号、总体要求、材料及设计指标、部品设计、部品构件连接、防腐蚀设计、制造、安装、验收与维护。

根据国家计委计标[1986]1649号文《关于请中国工程建设标准化委员会负责组织推荐性工程建设标准试点工作的通知》的要求，推荐给工程建设设计、施工和使用单位采用。

本规程由中国工程建设标准化协会结构焊接专业委员会CECS/ TC-15归口管理，由中国船舶集团国际工程有限公司（北京市朝阳区双桥中路北院1号，邮编：100121）负责解释。在使用中如发现需要修改或补充之处，请将意见和资料径寄解释单位。

主 编 单 位：中国船舶集团国际工程有限公司

中冶建筑研究总院有限公司

参 编 单 位：暂略

主要起草人： 暂略

中国工程建设标准化协会

202x年x月x日

**目 次**

[1 总 则 1](#_Toc155165335)

[2 术语和符号 2](#_Toc155165336)

[2.1 术 语 2](#_Toc155165337)

[2.2 符 号 3](#_Toc155165338)

[3 总体要求 4](#_Toc155165339)

[3.1 一般规定 4](#_Toc155165340)

[3.2 适用环境 4](#_Toc155165341)

[4 材料与设计指标 5](#_Toc155165342)

[4.1 主体材料及选用标准 5](#_Toc155165343)

[4.2 连接材料及选用标准 5](#_Toc155165344)

[4.3 材料设计指标与力学性能 6](#_Toc155165345)

[5 部品设计 8](#_Toc155165346)

[5.1 一般规定 8](#_Toc155165347)

[5.2 景观设计 8](#_Toc155165348)

[5.3 电气设计 9](#_Toc155165349)

[5.4 结构设计 10](#_Toc155165350)

[5.5 防脆断设计 14](#_Toc155165351)

[6 部品构件连接 15](#_Toc155165352)

[6.1 一般要求 15](#_Toc155165353)

[6.2 焊缝连接计算 15](#_Toc155165354)

[6.3 焊缝连接构造要求 18](#_Toc155165355)

[6.4 紧固件连接计算 20](#_Toc155165356)

[6.5 紧固件连接构造要求 23](#_Toc155165357)

[7 防腐蚀设计 25](#_Toc155165358)

[7.1 一般规定 25](#_Toc155165359)

[7.2 防腐措施及要求 25](#_Toc155165360)

[8 制作、安装、验收与维护 27](#_Toc155165361)

[8.1 一般规定 27](#_Toc155165362)

[8.2 制作、运输与安装 27](#_Toc155165363)

[8.3 验收和维护 29](#_Toc155165364)

[附录A 景观耐候钢材料力学性能、强度设计参数 31](#_Toc155165365)

[附录B 耐候钢景观部品类型及设计要求 33](#_Toc155165366)

[附录C 角钢构件长细比修正系数*K* 34](#_Toc155165367)

[引用标准名录 35](#_Toc155165368)

[附：条文说明 37](#_Toc155165369)

**Contents**

[1 General provisions 1](#_Toc152747796)

[2 Terms and symbols 2](#_Toc152747797)

[2.1 Terms 2](#_Toc152747798)

[2.2 Symbols 3](#_Toc152747799)

[3 Basic requirements 4](#_Toc152747800)

[3.1 General provisions 4](#_Toc152747801)

[3.2 Applicable environment 4](#_Toc152747802)

[4 Material and design indicators 5](#_Toc152747803)

[4.1 Main material and selection standard 5](#_Toc152747804)

[4.2 Connection materials and selection standards 5](#_Toc152747805)

[4.3 Material design index and mechanical properties 6](#_Toc152747806)

[5 Part design 8](#_Toc152747807)

[5.1 General provisions 8](#_Toc152747808)

[5.2 Landscape design 8](#_Toc152747809)

[5.3 Electrical design 9](#_Toc152747810)

[5.4 Structural design 10](#_Toc152747811)

[5.5 Anti-brittle design 14](#_Toc152747817)

[6 Part component connection 16](#_Toc152747818)

[6.1 General provisions 16](#_Toc152747819)

[6.2 Weld joint calculation 16](#_Toc152747820)

[6.3 Weld joint construction requirements 19](#_Toc152747821)

[6.4 Fastener connection calculation 21](#_Toc152747823)

[6.5 Fastener connection construction requirements 24](#_Toc152747824)

[7 Anti-corrosion design 26](#_Toc152747825)

[7.1 General provisions 26](#_Toc152747826)

[7.2 Anti-corrosion measures and requirements 26](#_Toc152747827)

[8 Production, installation, acceptance and maintenance 28](#_Toc152747828)

[8.1 General provisions 28](#_Toc152747829)

[8.2 Fabrication, transportation and installation 28](#_Toc152747830)

[8.3 Acceptance and maintenance 30](#_Toc152747831)

[Appendix A Mechanical properties and strength design parameters of landscape weathering steel materials 32](#_Toc152747832)

[Appendix B Types and design requirements of weathering steel landscape parts 34](#_Toc152747833)

[Appendix C Correction factor *K* for the slenderness ratio of Angle steel members 35](#_Toc152747834)

[List of quoted standards 36](#_Toc152747835)

[Addition: explanation of provisions 38](#_Toc152747836)

# 1 总 则

**1.0.1** 为规范和指导景观工程中应用耐候钢景观工程的部品设计、施工和维护，保证景观工程中应用耐候钢的质量，做到安全使用、技术先进、经济合理，制定本规程。

**1.0.2** 景观工程中的耐候钢部品设计应结合工程实际，合理选用材料、结构方案、构造及安装要求，保证部品在安装和使用过程中满足强度、刚度和耐久性要求。

**1.0.3** 景观工程中的耐候钢部品设计及安装，除应符合本规程外，尚应符合国家和行业现行有关标准的规定。

# 2 术语和符号

2.1 术 语

**2.1.1** 景观工程部品 Landscape engineering components

是指景观工程中的休息、装饰、展示和管理及方便游人使用的小型设施或构筑物。包括：景观墙、座椅、廊架、构架、雕塑、水池、洗手池、垃圾箱、布告栏、导游图、指路牌、说明牌、花池、花台挡板，照明灯架等。

**2.1.2** 耐候钢 Weathering steel

指在普通钢中加入一定数量的合金元素，如Cu、P、Cr、Ni、Mo等，使其在金属基体表面形成保护层，以提高耐大气腐蚀性能的钢。耐候钢代号：NH。

**2.1.3** 高耐候钢 High atmospheric corrosion resistance steel

具有良好的耐大气腐蚀性能的耐候钢。高耐候钢代号：GNH

**2.1.4** 焊接耐候钢 Welded weathering steel

具有良好的焊接性能的耐候钢。焊接耐候钢代号：WNH

**2.1.5** 无涂装耐候钢材 Structural steels with atmospheric corrosion resistance for Non-coating use

不做涂装处理，直接裸露使用或消除黑皮再经锈层稳定化处理后直接使用的耐候钢。

**2.1.6** 耐大气腐蚀性Atmospheric corrosion resistance

钢材在大气中的耐腐蚀性能。

**2.1.7** 耐大气腐蚀指数Atmospheric corrosion resistance index

评价钢材耐大气腐蚀性能的指数，耐大气腐蚀性指数大于6.0的钢材为耐候钢。

**2.1.8** 保护性锈层 Protective rust layer

耐候钢表面自然形成的致密保护膜，能够阻挡锈蚀向内部进一步扩散和发展，有效减缓腐蚀速度，保护锈层下的基体。

**2.1.9** 锈层稳定化处理 Rust layer stabilization treatment

耐候钢表面经洒水、喷涂锈层处理液等方法，加快耐候钢表面保护性锈层形成的处理措施。

**2.1.10** 耐候钢计算厚度 Calculation thickness of weathering steel

根据国家或行业标准的相关计算或有限元分析得到的耐候钢板厚度。

**2.1.11** 耐候钢设计厚度 Design thickness of weathering steel

无涂装耐候钢的计算厚度加上耐候钢腐蚀裕量厚度得到的耐候钢板厚度。

**2.1.12** 耐候焊接材料 Weathering resistant welding materials

耐大气腐蚀性指数大于6.0的焊接材料。

**2.1.13** 耐候高强度螺栓 Weathering resistant high-strength bolts

耐大气腐蚀性指数大于6.0的高强度螺栓。

2.2 符 号

**2.2.1** 作用和作用效应设计值

*M*\_x、*M*\_y—绕x轴和y轴的弯矩设计值；

*N*—轴心拉力或轴心压力设计值；

*V*s—轴心受压构件的剪力；

*W*x、*W*y—绕x轴和y轴的截面抵抗距；

*f*—钢材的强度设计值；

*E*—钢材的弹性模量；

*f*y—钢材的强度标准值；

*φ*—轴心受压构件稳定系数；

*K*—构件长细比修正系数；

*L*0—构件计算长度；

*r*—回转半径；

*λ*x—构件绕x-x轴的长细比；

*N*EX—参数。

*A*n—净截面面积；

*μ*d—局部稳定修正系数；

*D/t*—径厚比；

1. 耐候钢耐大气腐蚀性指数。

# 3 总体要求

3.1 一般规定

**3.1.1** 景观用耐候钢分为高耐候钢和焊接耐候钢两大类。

**3.1.2** 景观耐候钢设计宜兼顾外观与气候适应性，拆除时可回收利用，遵循绿色环保、可持续发展、经济等设计原则。

**3.1.3** 耐候钢景观部品使用宜减少防火涂料和防火包覆的使用，达到减少污染、缩短工期、降低成本、减少维护的效果。

**3.1.4** 耐候钢使用应配合环境中地形、水体、建筑与道路、植物设计，保持整体环境协调一致。

**3.1.5** 景观构筑物中的座椅、廊架、构架、雕塑、水池、洗手池、垃圾箱、布告栏、导游图、指路牌、说明牌、花池、花台挡板，照明灯架等，宜选取耐候钢材料；景观设计中，景观耐候钢板宜与防腐木、石材等材料结合使用。

**3.1.6** 耐候钢景观部品在设计时应做好排水，减缓凹位的腐蚀速率，保证景观部品的视觉和材料特性，增强用材寿命。

**3.1.7** 耐候钢景观廊架、装饰柱、照明灯罩、栏板等部品设计应配合电气设计，保证装饰照明系统与耐候钢景观部品的协调统一。

**3.1.8** 景观耐候钢部品构件的结构设计应考虑风荷载、雪载荷等荷载条件。

**3.1.9** 景观耐候钢的使用应考虑后期维护处理。

3.2 适用环境

**3.2.1** 耐候钢景观部品所处位置大气腐蚀性等级的评估应按照现行《金属和合金的腐蚀大气腐蚀性分类》GB/T19292.1的有关规定评估耐候钢的适用性。

**3.2.2** 无涂装耐候钢景观部品适用于大多数地区。

**3.2.3** 耐候钢景观部品不宜应用于富盐空气环境。

**3.2.4** 无涂装耐候钢使用受到3.2.1条限制时，仍可以使用耐候钢，但应对耐候钢整体或某些部分进行涂装保护，涂装应符合现行《钢结构设计标准》GB 50017-2017；《钢结构防腐蚀涂装技术规程》CECS343的有关规定，涂装颜色应与无涂装耐候钢的最终预期颜色相协调。

# 4 材料与设计指标

4.1 主体材料及选用标准

**4.1.1** 景观用耐候钢材料性能应符合现行国家标准《耐候结构钢》GBT4171、《焊接结构用耐候钢》GB／T4172的有关规定，可采用牌号为Q265GNH、Q295GNH、Q310GNH、Q355GNH，Q235NH、Q295NH、Q355NH、Q415NH、Q460NH、Q500NH；当有可靠依据时，可采用其他型号的耐候钢。

**4.1.2** 耐候钢板尺寸、外形、重量及允许偏差应符合现行标准《建筑结构用钢板》GB/T19879、《冷轧钢板和钢带的尺寸、外形、重量及允许偏差》GB/T708、《热轧钢板和钢带的尺寸、外形、重量及允许偏差》GB/T709等的有关规定，并应具有钢厂出具的产品质量合格证明书或检验报告。

**4.1.3** 结构用直缝耐候焊接钢管，其质量应符合现行标准《结构用耐候焊接钢管》 [YB/T4112](http://www.jianbiaoku.com/webarbs/book/72001/1480444.shtml)的规定。

**4.1.4** 焊接承重结构为防止耐候钢材的层状撕裂而采用Z向钢时，其质量应符合现行国家标准《厚度方向性能钢板》GB/T5313的规定。

**4.1.5**当采用本标准未列出的其他牌号钢材时，宜按照现行国家标准《建筑结构可靠度设计统一标准》GB 50068进行统计分析，研究确定其设计指标及适用范围。

**4.1.6** 景观用耐候钢，应根据重要性、荷载特性、结构形式、应力状态、钢材厚度、成型方法、工作环境、表面要求等因素合理选用耐候钢型号和性能指标，并在设计中明确。

**4.1.7** 当结构工作温度不高于-40度时，耐候钢材质量等级应满足不低于C级钢质量要求，当采用Q460以上耐候钢质量等级应满足不低于D级钢的质量要求。

**4.1.8** 承重结构采用的耐候钢材料应具有名义屈服强度、抗拉强度、伸长率和铜Cu、磷P、铬Cr、镍Ni等含量的合格保证。

4.2 连接材料及选用标准

**4.2.1** 景观用耐候钢的焊接材料应符合下列规定：

**1** 焊接材料应与母材性能和成分相匹配，应保证焊接接头满足无涂装使用的要求。焊接材料应由权威机构认证其耐候性。

**2** 耐候钢焊接用焊条应符合现行国家标准《非金属钢及细晶粒钢焊条》 GB/T5117有关耐候钢焊条，现行国家标准《不锈钢焊条》GB983有关不锈钢焊条。

**3** 耐候钢焊接用焊丝应符合现行国家标准《耐蚀合金焊丝》GB/T37612、《耐蚀合金焊带和焊丝通用技术条件》GB/T37609有关规定。

**4.2.2** 景观耐候钢焊接应满足标准：

**1** 两种不同强度级别的同类耐候钢相焊接时，宜采用与主体金属强度较低一种耐候钢先适应的焊条或焊丝。

**2** 不宜将不同类别的耐候钢材料焊接，不宜将耐候钢与普通钢材焊接。

**3** 耐候钢的焊接，选用的焊条或焊丝和相应的焊剂型号及性能应与选用的耐候钢力学性能相适应，其熔敷金属的力学性能应符合设计规定，且不应低于相应耐候钢母材标准的下限值，并应符合现行国家标准《钢结构焊接规范》GB 50661的规定。

**4.2.3**景观用耐候钢的连接紧固件应符合下列规定：

**1** 气候温和干燥地区可选用无表面处理的耐候高强螺栓，气候复杂地区宜选用处理（磷皂化、发黑）的耐候高强螺栓。

**2** 耐候钢螺栓、螺母和垫圈的配合宜按照现行标准《[钢结构用高强度大六角头螺栓》](http://www.baidu.com/link?url=orBrKKa2eeWV3gdZHB6ClIOeSY3eSgFHpW91o1bfuGRUmoiD3Yn2Ib2feKSGz2FmEgH6Y_54cjNC55zQascZvSipMZsMGDSbj6IzqKYJpVG" \t "https://www.baidu.com/_blank)GB/T1228、《[钢结构用高强度大六角螺母](http://www.baidu.com/link?url=jYlLg8GwA-rpStRrYixJ1WOinR4e1RMloYXqpQe5_fq67boZ8nPBdzLja4izAezDDKw-XAyBdi8WYFVtFlw4b_" \t "https://www.baidu.com/_blank)》GB/T1229、《[钢结构用高强度垫圈](http://www.baidu.com/link?url=eC5QZLbiPCKPFxp71VeaA51Swf29hv99DyFdAwlvlZVOeLvhcnuVDQWeuzTz3jxoCsE5xdw7HweLYf8ad1DF9a" \t "https://www.baidu.com/_blank)》GB/T1230的有关规定执行。

**4.2.3**景观用耐候钢叠合部位、接缝部位宜采用密封胶封严，密封胶应与基材相匹配*。*

4.3 材料设计指标与力学性能

**4.3.1** 景观用耐候钢的性能指标应符合现行标准《耐候结构钢》GB/T4171、《焊接结构用耐候钢》GB／T4172的有关规定，应按表4.3.1采用。

表4.3.1耐候钢的物理性能指标

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 弹性模量 *E*（N/mm2） | 剪变模量 *G*（N/mm2） | 线膨胀系数 *α*（以每℃计） | 质量密度 *ρ*（kg/m3） |
| 206×103 | 79×103 | 12×10-6 | 7850 |

**4.3.2** 耐候钢及其连接材料（焊缝连接、螺栓连接等）的强度设计值应按现行国家标准《钢结构设计规范》GB50017的有关规定执行。

**4.3.3** 耐候高强力学性能不应低于同等级的高强螺栓。

**4.3.4** 耐候钢材的力学性能、工艺性能和强度设计值及耐候钢高强螺栓的力学性能均应符合附录A的有关规定。

**4.3.5** 大气环境对钢结构长期的环境腐蚀性分类可按表4.3.5进行确定。

表4.3.5 钢材暴露第一年的腐蚀速率进行环境腐蚀性分类

|  |  |
| --- | --- |
| 腐蚀性级别 | 钢材的腐蚀速率 |
| 单位 | 钢材 |
| C1 | g/（m2·a） | *r*corr≤10 |
| *u*m/a | *r*corr≤1.3 |
| C2 | g/（m2·a） | 10*<r*corr≤200 |
| *u*m/a | 1.3*<r*corr≤25 |
| C3 | g/（m2·a） | 200*<r*corr≤400 |
| *u*m/a | 25*<r*corr≤50 |
| C4 | g/（m2·a） | 400*<r*corr≤650 |
| *u*m/a | 50*<r*corr≤80 |
| C5 | g/（m2·a） | 650*<r*corr≤1500 |
| *u*m/a | 80*<r*corr≤200 |

# 5 部品设计

5.1 一般规定

**5.1.1** 景观耐候钢结构体系的选用应结合体系的适用性、结构的合理性、施工工艺的可行性及结构的经济性等因素综合确定。

**5.1.2** 扶手不应使用耐候钢，应避免耐候钢与电镀异种金属部件直接连接。

**5.1.3** 园林景观工程耐候钢的结构设计应符合《钢结构设计标准》GB50017-2017，《钢结构工程施工质量验收标准》GB50205-2020的规定，并应充分考虑环境腐蚀对于构件美观和结构性能的影响。

**5.1.4** 结构受力分析可按线弹性理论进行，当极限状态下结构的变形不可忽略时，应考虑几何非线性对结构受力的影响。

**5.1.5** 免涂装耐候钢景观部品适用于大多数地区，免涂装园林景观工程耐候钢在设计时，截面板厚应考虑腐蚀裕量；涂装园林景观工程耐候钢景观可根据涂装方案确定腐蚀裕量。

**5.1.6** 景观部品构造应尽量轻薄，大面积部品构件结构需考虑风荷载、雪荷载作用。

**5.1.7** 景观工程耐候钢部品应做好排水设计，不宜直接浸入水中、接触土壤及被植被覆盖。埋设在土壤中或处于水中的耐候钢应进行涂装处理。

**5.1.8** 耐候钢部品的装配需专业厂家进行二次深化设计、施工。

**5.1.9** 景观耐候钢廊架、装饰柱、照明灯罩、栏板等部品设计应预留电气照明管线通道或电路布设空间。

**5.1.10** 未特别标明，金属构件之间采用焊接固定，做防腐防锈处理。

**5.1.11** 耐候钢部品的结构安全等级和设计使用年限应符合现行《建筑结构可靠度设计统一标准》GB50086和《工程结构可靠性设计统一标准》GB50153的规定。耐候钢部品的安全等级不得低于三级，当用于建筑物时应与整个建筑结构的安全等级相同。设计使用年限不宜低于10年。

5.2 景观设计

**5.2.1** 景观构筑物部品设计应按以下规定进行：

**1** 耐候钢景观构筑物部品及设计可按附录B（表B.0.1）进行确定。

**2** 耐候钢景观构筑物部品在景观设计中应创造轻松自然的空间氛围，形成立体景观协调的空间效果。

**3** 在耐候钢的使用上要配合其他材质使用，注重与混凝土、木材、玻璃、不锈钢等各材质的配合衔接。

**5.2.2** 耐候钢地面铺装部品设计应满足以下要求：

**1** 耐候钢台阶踏步应满足基本规范要求，高≤0.15m，宽≥0.3m,平台宽≥1.5m，附近应设置无障碍坡道。

**2** 耐候钢地面铺装部品应考虑与建筑、植物环境、地下管线、高压电线等设施的关系，保持空间的流畅实用。

**3** 耐候钢可作为道路金属收边，可配合碎石和鹅卵石的排水作用使用。

**5.2.3** 耐候钢墙部品设计应按以下规定进行：

 **1** 耐候钢侧壁挡墙部品及设计可按附录B（表B.0.2）进行确定。

 **2** 耐候钢侧壁挡墙部品应以场地总平面的控制高程为依据进行竖向设计。

**3** 耐候钢侧壁挡墙部品的使用除创造微地形景观外，还应考虑植物的种植和给排水条件。

**5.2.4** 耐候钢雕塑部品设计应满足以下要求：

**1** 耐候钢雕塑部品的设置宜发挥其艺术价值，与景观环境配合尺度适宜。

**2** 耐候钢雕塑部品的选取应与景观的整体规划主题一致。

**3** 应保证安全性、经济性和可持续性，考虑部品全生命周期的维护。

5.3 电气设计

**5.3.1** 景观耐候钢部品电路设计应满足夜间照明需求，白天应处于断电状态。

**5.3.2** 景观照明光源宜采用 LED 灯。根据照明方式及照明场所，泛光照明和重点照明可采用金属卤化物灯、高压钠灯，内透光照明可采用荧光灯。

**5.3.3** 耐候钢景观部品设计应平衡灯具选择和照明效果之间的关系，在保证环境照明水平的情况下，最大化达成高效的节能效果，宜采用太阳能等可再生能源或可回收材料的照明灯具，并与耐候钢景观构件配合使用。

**5.3.4**耐候钢景观照明系统中灯具的选择会配合景观设计的相应场景。庭院灯用于道路和活动场地的照明、景观灯用于核心区域的耐候钢雕塑、地埋灯用于耐候钢花坛、照树灯置于草坪和乔木灌木附近。

**5.3.5** 耐候钢景观照明效果设计应满足以下要求：

**1** 景观耐候钢部品照明设计前必须明确设计主题，结合环境条件选择合适的光色，创造舒适的光环境，满足场景和视觉氛围的需求。

**2** 耐候钢景观照明设计应确保符合安全设计标准，安装和使用保证安全稳固，设计避免眩光阴影和不必要反射。

**3** 景观照明设计中的灯光应配合设计层次，选择不同的强度和明暗程度，在关键节点提高光强，弱化次要部分。

**4** 照明设计应降低光污染程度，考虑光照对周边地块的干扰，协调好各个功能区之间的关系，尽量减少对周边居民生活的影响，通过技术和设计做好光污染防治。

**5.3.6** 耐候钢景观照明的安全防护应设计符合下列规定：

 **1** 安装在人员易触及的耐候钢花架、廊道等场所上的照明装置必须采用特低电压供电，否则应采取防意外触电的保护措施。

 **2** 照明设备所有正常运行带电部分应采用绝缘、遮拦或外护物保护，距地面2.8m 以下的照明设备应使用工具才能打开外壳进行光源维护。

 **3** 有坠落危险的灯具及其支架均应采取独立有效的防坠落设计。

5.4 结构设计

**5.4.1** 对于承受疲劳动力作用的景观结构应进行抗疲劳设计。

**5.4.2** 中重冰区各景观部品在覆冰工况下，均应计入构件覆冰对结构的影响。

**5.4.3** 耐候钢与混凝土交接处应用聚氨酯密封胶密封，防止水分进入，密封胶应与基材相匹配。

**5.4.4** 耐候钢水平面板应向外侧设排水坡，坡度不应小于5%。

**5.4.5** 耐候钢杆件节点部位应采用排水、通气较好的构造，存在较大倾斜角度及其他容易积水的部位应在最低部位设置排水孔。

**5.4.6** 景观杆件之间应设置直径50mm排水孔，或设置20mm间隙，以便雨水排出。

**5.4.7** 景观耐候钢管内部应确保密封，如不能密封，应在内部最低点设置排水孔，使渗入的雨水及时排出。

**5.4.8** 宜使用格栅或网格防止鸟类和啮齿动物进入钢构件的内部腔室。

**5.4.9** 景观耐候钢构件厚度应满足以下要求：

**1** 承重立柱壁厚不应小于3.5mm。

**2** 承重横梁壁厚不应小于3.5mm。

**3** 立柱与横梁连接件截面厚度不应小于3.5mm，且不小于被连接横梁和立柱中较大者的壁厚。

**4** 面板为平板时壁厚不应小于2mm，面板为压型板时壁厚不应小于2mm

**5** 面板加强肋厚度不应小于3.5mm。

**6** 挂件截面厚度不应小于2mm。

**5.4.10** 耐候钢景观部分的部品附属照明结构应满足以下构造要求：

 **1** 当无围栏保护时，耐候钢落地式或立杆式灯具距地面高度必须大于2.5m，金属架构及金属保护管应分别与保护导体采用焊接或螺栓连接，连接处必须设置接地标识。

 **2** 耐候钢装饰墙面灯具的边框应紧贴安装面，固定用螺钉不应少于4个。

 **3** 耐候钢景观雨棚的吸顶或墙面安装灯具固定螺栓或螺钉不应少于2个。

 **4** 在耐候钢结构上安装灯具时，灯具不宜直接与钢结构接触，需增加隔热措施，避免灯具工作温度过高破坏耐候钢结构面层涂料。

**5.4.11** 耐候钢景观部品轴心受弯构件计算应符合以下要求：

**1** 符合现行标准《钢结构设计标准》GB50017-2017的有关规定。

**2** 受弯构件的计算：

 $\frac{M\_{x}}{W\_{x}}$+$\frac{M\_{y}}{W\_{y}}$≤*f*  （5.4.11）

式中：$M\_{x}$、$M\_{y}$—绕x轴和y轴的弯矩设计值（N•mm）；

$W\_{x}$、$W\_{y}$—绕x轴和y轴的截面抵抗距（N•mm）；

$f$—钢材的强度设计值（N/mm2）。

**5.4.12** 耐候钢景观部品轴心受力构件计算应符合以下要求：

 **1** 轴心受力构件的强度、强度折减系数计算及轴心受压构件的稳定性计算、构件的计算长度应符合现行标准《钢结构设计标准》GB50017-2017的有关规定。

**2** 轴心受压构件的剪力计算：

$V\_{s}=\frac{N}{85φ}\sqrt{\frac{f\_{y}}{235}}$ （5.4.12）

式中：$V\_{s}$—轴心受压构件的剪力（*N*）；

$N$—轴心拉力或轴心压力设计值（*N*）；

$f\_{y}$—钢材的强度标准值（*N*/mm2）；

$φ$—轴心受压构件稳定系数，按《钢结构设计标准》GB50017-2017的有关规定确定。

**3**景观构件允许最大长细比应符合表5.4.12的规定：

**表5.4.12 构件允许最大长细比**

|  |  |
| --- | --- |
| **项目** | **允许最大长细比** |
| 受压主材 | *L*0/*r* ≤ 150 |
| 受压材 | *K*•*L*0/*r* ≤ 200 |
| 辅助材 | *K*•*L*0/*r* ≤250 |
| 受拉材（预应力的拉杆可不受长细比限制） | *L*0/*r* 400 |

 注：*K*为构件长细比修正系数，由**附录C**计算确定；*L*0为构件计算长度；*r*为回转半径。

**5.4.13** 耐候钢景观部品压弯、拉弯构件计算应符合以下要求：

**1** 压弯构件弯矩平面内的稳定性计算、拉弯构件的弯矩平面内强度计算应符合现行标准《钢结构设计标准》GB50017-2017的有关规定。

**2** 压弯构件弯矩作用平面内的稳定性计算：

$\frac{N}{φ∙m\_{N}∙A}+\frac{M}{W∙(1-0.8\frac{N}{N\_{EX}})}\leq f$ （5.4.13-1）

 $N\_{EX}$= $π^{2}$EA/(1.1$λ\_{x}^{2}$) （5.4.13-2）

式中：*M*—弯矩设计值（N•mm）；

*W*—截面抵抗拒（mm3）；

*E*—钢材的弹性模量（N/mm2）；

$λ\_{x}$—构件绕*x*-*x*轴的长细比；

$N\_{EX}$—参数。

**3** 拉弯构件弯矩平面内的强度计算：

$\frac{N}{m∙A\_{n}}\pm \frac{M}{W}\leq f$ （5.7.3）

式中：*M*—弯矩设计值（N•mm）；

*W*—截面抵抗拒（mm3）；

$A\_{n}$—净截面面积。

**5.4.14** 耐候钢景观部品局部稳定计算应符合以下要求：

**1** 景观耐候钢局部稳定计算应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017的有关规定。

**2** 景观耐候钢构件进行受弯和压弯构件计算时，截面板件宽厚比等级及限值应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB50017的有关规定，其中参数*α*0应按式5.8.2计算：

 *α*0=(*α*max-*α*min)/ *α*max （5.8.2）

式中：*α*max——腹板计算边缘的最大压应力(N/mm2)；

*α*min——腹板计算高度另一边缘相应的应力(N/mm2)，压应力取正值，拉应力取负值。

**3** 景观耐候钢钢管或多边形钢管构件径厚比D/t不宜大于400。

**4** 景观耐候钢构件进行抗震性能优化计算时，截面板件宽厚比等级及限值应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB50017的有关规定。

**5** 景观耐候钢构件截面形状宜采用矩形、圆形、T形等。

**5.4.15** 耐候钢景观部品柱脚设计应符合以下要求：

**1** 景观工程用耐候钢构件等柱脚节点设计应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB50017、《钢-混凝土组合结构设计规程》DL/T5085-1999的有关规定。

**2** 耐候钢柱与混凝土接触的范围内不得涂刷油漆；柱脚安装时，应将钢柱表面的泥土、油污、铁锈和焊渣等用砂轮清刷干净。

**3** 景观工程用耐候钢结构的柱脚宜采用插入式或平板式柱脚。

**4** 插入式柱脚设计中H形钢实腹柱宜设柱底板，钢管柱应设柱底板，柱底板应设排气孔或浇筑孔；实腹柱柱底至基础杯口底的距离不应小于50mm，当有柱底板时，其距离可采用150mm；实腹柱、双肢格构柱杯口基础底板应验算柱吊装时的局部受压和冲切承载力；宜采用便于施工时临时调整的技术措施；杯口基础的杯壁应根据柱底部内力设计值作用于基础顶面配置钢筋，杯壁厚度不应小于现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007的有关规定。

5.5 防脆断设计

**5.5.1** 景观耐候钢结构设计时应符合以下规定：

 **1**钢结构连接构造和加工工艺的选择应减少结构的应力集中和焊接约束应力，焊接构件宜采用较薄的板件组成。

 **2** 应避免现场低温焊接。

 **3** 减少焊缝的数量和降低焊缝尺寸，同时避免焊缝过分集中或多条焊缝交汇。

**5.5.2** 在工作温度等于或低于-30℃的地区，焊接构件宜采用实腹式构件，避免采用手工焊接的格构式构件。

**5.5.3** 在工作温度等于或低于-20℃的地区，焊接连接的构造应符合下列规定：

**1** 在桁架节点板上，腹杆与弦杆相邻焊缝焊趾间净距不宜小于2.5t，t为节点板厚度。

 **2** 节点板与构件主材的焊接连接处宜做成半径r不小于60mm的圆弧并予以打磨，使之平缓过渡。

 **3** 在构件拼接连接部位，应使拼接件自由段的长度不小于5t，t为拼接件厚度。

**5.5.4** 在工作温度等于或低于-20℃的地区，结构设计及施工应符合下列规定：

 **1** 承重构件和节点的连接宜采用螺栓连接，施工临时安装连接应避免采用焊缝连接。

 **2** 受拉构件的钢材边缘宜为轧制边或自动气割边，对厚度大于10mm的钢材采用手工气割或剪切边时，应沿全长刨边。

 **3** 板件制孔应采用钻成孔或先冲后扩钻孔。

 **4** 受拉构件或受弯构件的拉应力区不宜使用角焊缝。

 **5** 对接焊缝的质量等级不得低于二级。

**5.5.5** 对于特别重要或特殊的结构构件和连接节点，如板厚大于50mm的厚板或超厚板构件和节点、承受较大冲击荷载的构件和节点、低温和疲劳共同作用的构件和节点、强腐蚀或强辐射环境中的构件和节点等，可按现行国家标准《金属材料准静态断裂韧度的统一试验方法》GB/T21143进行断裂力学和损伤力学的方法对其进行抗脆断验算。

# 6 部品构件连接

6.1 一般要求

**6.1.1** 景观耐候钢结构构件的连接应根据施工环境条件和作用力的性质选择其连接方法。

**6.1.2** 耐候钢主体结构的连接可采用焊接或耐候高强螺栓连接等形式，对于构件、螺栓、焊缝等计算和构造要求应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB50017、《钢结构焊接规范》GB50661和《钢结构高强度螺栓连接技术规程》JGJ82的有关规定。

**6.1.3** 受力构件焊接不得采用圆孔或槽孔塞焊，必要时应采用特殊的坡口并制定专门的焊接工艺。

**6.1.4** 景观工程用耐候钢构件焊接应注意美观度，焊缝外观成形且光滑美观，不得有任何焊接缺陷，如气孔、咬边、流淌、包角不完整、未封口等现象。

**6.1.5** 对于易承受较大风荷载等动力荷载的耐候钢景观构件应采取耐候高强螺栓连接，例如路牌、照明灯架等。

6.2 焊缝连接计算

**6.2.1** 全熔透对接焊缝、对接与角接组合焊缝应按下列规定进行强度计算：

 **1** 在对接和T形连接中，垂直于轴心拉力或轴心压力的对接焊接或对接与角接组合焊缝，其强度应按下式计算：

  (6.2.1-1)

式中：N——轴心拉力或轴心压力(N)；

 lw——焊缝长度(mm)；

 he——对接焊缝的计算厚度(mm)，在对接连接节点中取连接件的较小厚度，在T形连接节点中取腹板的厚度；

 fwt、fwc——对接焊缝的抗拉、抗压强度设计值(N/mm2)。

**2** 在对接和T形连接中，承受弯矩和剪力共同作用的对接焊缝或对接与角接组合焊缝，其正应力和剪应力应分别进行计算。但在同时受有较大正应力和剪应力处(如梁腹板横向对接焊缝的端部)应按下式计算折算应力：

  (6.2.1-2)

**6.2.2** 直角角焊缝应按下列规定进行强度计算：

**1** 在通过焊缝形心的拉力、压力或剪力作用下,正面角焊缝（作用力垂直于焊缝长度方向）：

  (6.2.2-1)

侧面角焊缝（作用力平行于焊缝长度方向）：

 (6.2.2-2)

**2** 各种力综合作用下，σf和τi共同作用处：

 (6.2.2-3)

式中：σf——按焊缝有效截面(helw)计算，垂直于焊缝长度方向的应力(N/mm2)；

 τf——按焊缝有效截面计算，沿焊缝长度方向的剪应力(N/mm2)；

 he——直角角焊缝的计算厚度(mm)，当两焊件间隙b≤1.5mm时，he＝0.7hf；1.5mm＜b≤5mm时，he＝0.7(hf—b)，hf为焊脚尺寸;

 lw——角焊缝的计算长度(mm)，对每条焊缝取其实际长度减去2hf；

 fwf——角焊缝的强度设计值(N/mm2);

 βf——正面角焊缝的强度设计值增大系数，对承受静力荷载和间接承受动力荷载的结构，βf＝1.22；对直接承受动力荷载的结构，βf＝1.0。

**6.2.3** 两焊脚边夹角为60°≤α≤135°的T形连接的斜角角焊缝，其强度应按本标准式(6.2.2-1)～式(6.2.2-3)计算，但取βf＝1.0，其计算厚度he的计算应符合下列规定：

**1** 当根部间隙b、b1或b2≤15mm时：



 **2** 当根部间隙b、b1或b2≥15mm时：



**3** 当30°≤α≤60°或α＜30°时，斜角角焊缝计算厚度he应按现行国家标准《钢结构焊接规范》GB 50661的有关规定计算取值。

**6.2.4** 部分熔透的对接焊缝和T形对接与角接组合焊缝的强度，应按式(6.2.2-1)～式(6.2.2-3)计算，当熔合线处焊缝截面边长等于或接近于最短距离s时，抗剪强度设计值应按角焊缝的强度设计值乘以0.9。在垂直于焊缝长度方向的压力作用下，取βf＝1.22，其他情况取βf＝1.0，其计算厚度he宜按下列规定取值，其中s为坡口深度，即根部至焊缝表面(不考虑余高)的最短距离(mm)；α为V形、单边V形或K形坡口角度：

**1** V形坡口：当α≥60°时，he＝s；当α＜60°时，he＝0.75s；

 **2** 单边V形和K形坡口：当α＝45°±5°时，he＝s-3；

 **3** U形和J形坡口：当α＝45°±5°时，he＝s。

**6.2.5** 圆形塞焊焊缝和圆孔或槽孔内角焊缝的强度应分别按式(6.2.5-1)和式(6.2.5-2)计算：

 (6.2.5-1)

 (6.2.5-2)

式中：Aw——塞焊圆孔面积；

 lw——圆孔内或槽孔内角焊缝的计算长度。

**6.2.6** 角焊缝的搭接焊缝连接中，当焊缝计算长度lw超过60hf时，焊缝的承载力设计值应乘以折减系数αf，αf＝1.5—lw/120hf，并不小于0.5。

**6.2.7** 焊接截面工字形梁翼缘与腹板的焊缝连接强度计算应符合下列规定：

 **1** 双面角焊缝连接，其强度应按下式计算，当梁上翼缘受有固定集中荷载时，宜在该处设置顶紧上翼缘的支承加劲肋，按式(6.2.7)计算时取F＝0。

 (6.2.7-1)

式中：Sf——所计算翼缘毛截面对梁中和轴的面积矩(mm3)；

 I—梁的毛截面惯性矩(mm4)；

**2** 当腹板与翼缘的连接焊缝采用焊透的T形对接与角接组合焊缝时，其焊缝强度可不计算。

**6.2.8** 圆管与矩形管T、Y、K形相贯节点焊缝的构造与计算厚度取值应符合现行国家标准《钢结构焊接规范》GB 50661的相关规定。

6.3 焊缝连接构造要求

**6.3.1** 焊缝布置应避免立体交叉和部分集中在一起，并尽可能对称于构件中心，设计中不应任意加大焊缝。

**6.3.2** 承受疲劳动力作用且受拉或高频振动的对接焊缝及角接焊缝，宜采用一级焊缝；其他对接焊缝及角接焊缝可采用二级焊缝。所有对接焊缝宜与较薄母材等厚。对于操作空间狭小，无法按二级焊缝要求焊接的位置，允许采用熔透焊并按二级焊缝做外观检查。次要结构的焊缝可采用角焊缝，按二级焊缝做外观检查。

**6.3.3** 承受疲劳动力荷载的景观部件结构应按现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017对焊缝相邻处的母材进行疲劳验算。

**6.3.4** 对接焊缝的坡口形式，宜根据板厚和施工条件按现行国家标准《钢结构焊接规范》GB 50661要求选用。

**6.3.5** 受力和构造焊缝可采用对接焊缝、角接焊缝、对接与角接组合焊缝、塞焊焊缝、槽焊焊缝，重要连接或有等强要求的对接焊缝应为熔透焊缝，较厚板件或无需焊透时可采用部分熔透焊缝。

**6.3.6** 不同厚度和宽度的材料对接时，应作平缓过渡，其连接处坡度值不宜大于1:25。

**6.3.7** 承受动荷载不需要进行疲劳验算的构件，采用塞焊、槽焊时，孔或槽的边缘到构件边缘在垂直于应力方向上的间距不应小于此构件厚度的5倍，且不应小于孔或槽宽度的2倍；构件端部搭接连接的纵向角焊缝长度不应小于两侧焊缝间的垂直间距a，且在无塞焊、槽焊等其他措施时，间距a不应大于较薄件厚度t的16倍。

**6.3.8** 不得采用焊脚尺寸小于5mm的角焊缝；严禁采用断续坡口焊缝和断续角焊缝；承受动荷载需经疲劳验算的连接，当拉应力与焊缝轴线垂直时，严禁采用部分焊透对接焊缝；除横焊位置以外，不宜采用L形和J形坡口。

**6.3.9** 对接与角接组合焊缝和T形连接的全焊透坡口焊缝应采用角焊缝加强，加强焊脚尺寸不应大于连接部位较薄件厚度的1/2，但最大值不得超过10mm。

**6.3.10** 角焊缝的尺寸应符合下列规定：

**1** 角焊缝的最小计算长度应为其焊脚尺寸hf的8倍，且不应小于40mm；焊缝计算长度应为扣除引弧、收弧长度后的焊缝长度。

**2** 断续角焊缝焊段的最小长度不应小于最小计算长度。

**3** 承受动荷载时角焊缝焊脚尺寸不宜小于5mm。

**4** 被焊构件中较薄板厚度不小于25mm时，宜采用开局部坡口的角焊缝。

**5** 采用角焊缝焊接连接，不宜将厚板焊接到较薄板上。

**6.3.11** 搭接连接角焊缝的尺寸及布置应符合下列规定：

**1** 传递轴向力的部件，其搭接连接最小搭接长度应为较薄件厚度的5倍，且不应小于25mm，并应施焊纵向或横向双角焊缝。

**2** 只采用纵向角焊缝连接型钢杆件端部时，型钢杆件的宽度不应大于200mm，当宽度大于200mm时，应加横向角焊缝或中间塞焊；型钢杆件每一侧纵向角焊缝的长度不应小于型钢杆件的宽度。

**3** 型钢杆件搭接连接采用围焊时，在转角处应连续施焊。杆件端部搭接角焊缝作绕焊时，绕焊长度不应小于焊脚尺寸的2倍，并应连续施焊。

**4** 搭接焊缝沿母材棱边的最大焊脚尺寸，当板厚不大于6mm时，应为母材厚度，当板厚大于6mm时，应为母材厚度减去1mm～2mm。、

**5** 用搭接焊缝传递荷载的套管连接可只焊一条角焊缝，其管材搭接长度L不应小于5(t1＋t2)，且不应小于25mm。

**6.3.12** 塞焊和槽焊焊缝的尺寸、间距、焊缝高度应符合下列规定：

**1** 塞焊和槽焊的有效面积应为贴合面上圆孔或长槽孔的标称面积。

**2** 塞焊焊缝的最小中心间隔应为孔径的4倍，槽焊焊缝的纵向最小间距应为槽孔长度的2倍，垂直于槽孔长度方向的两排槽孔的最小间距应为槽孔宽度的4倍。

**3** 塞焊孔的最小直径不得小于开孔板厚度加8mm，最大直径应为最小直径加3mm和开孔件厚度的2.25倍两值中较大者。槽孔长度不应超过开孔件厚度的10倍，最小及最大槽宽规定应与塞焊孔的最小及最大孔径规定相同。

**4** 塞焊和槽焊的焊缝高度：当母材厚度不大于16mm时，应与母材厚度相同；当母材厚度大于16mm时，不应小于母材厚度的一半和16mm两值中较大者。

**5** 塞焊焊缝和槽焊焊缝的尺寸应根据贴合面上承受的剪力计算确定。

6.3.13 在次要构件或次要焊接连接中，可采用断续角焊缝。断续角焊缝焊段的长度不得小于10hf或50mm，其净距不应大于15t(对受压构件)或30t(对受拉构件)，t为较薄焊件厚度。腐蚀环境中不宜采用断续角焊缝。

6.4 紧固件连接计算

**6.4.1** 景观耐候钢主体部品的连接可采用螺栓连接形式，对于构件、高强螺栓等的计算和构造要求应参照现行国家标准《钢结构设计标准》GB50017和《钢结构高强度螺栓连接技术规程》JGJ82的有关规定。

**6.4.2** 耐候钢螺栓、螺母和垫圈的配合宜按照现行标准《钢结构用高强度大六角头螺栓》GB/T 1228、《钢结构用高强度大六角螺母》GB/T1229、《钢结构用高强度垫圈》GB/T 1230的有关规定并参照**表6.4.2**执行。

**表6.4.2** 螺栓、螺母、垫圈的配合使用

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 类别 | 螺栓 | 螺母 | 垫圈 |
| 型式尺寸 | 按GB/T 1228规定 | 按GB/T 1229规定 | 按GB/T 1230规定 |
| 性能等级 | 10.9S | 10H | 35HRC~45HRC |
| 8.8S | 8H | 35HRC~45HRC |

**6.4.3** 10.9S级和8.8S级耐候高强螺栓的化学成分可参照表6.4.3。

**表6.4.3** 10.9s级与8.8s级耐候高强螺栓副的化学成分

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 螺栓、螺母、垫圈 | C | Si | Mn | P | S | Cr | Ni | Cu | Al | Ti | I |
| 0.2—0.3 | ≤0.25 | 0.3—0.75 | ≤0.012 | ≤0.005 | 0.6—0.90 | 0.3—0.5 | 0.3—0.5 | 0.015—0.04 | ≤0.03 | ≥6.5 |

**6.4.4** 全部件所有螺栓应采取防松措施。受拉螺栓及位于等易振动部位的螺栓，宜采取双帽防松措施。

**6.4.5** 在普通螺栓或铆钉抗剪连接中，每个螺栓的承载力设计值应取受剪和承压承载力设计值中的较小者。受剪和承压承载力设计值应分别按式(6.4.5-1)、式(6.4.5-2)和式(6.4.5-3)、式(6.4.5-4)计算。

 普通螺栓：  (6.4.5-1)

 铆钉：  (6.4.5-2)

 普通螺栓：  (6.4.5-3)

 铆钉：  (6.4.5-4)

式中：nv——受剪面数目；

 d——螺杆直径(mm)；

 d0——铆钉孔直径(mm)；

 ∑t——在不同受力方向中一个受力方向承压构件总厚度的较小值(mm)；

 fbv、fbc——螺栓的抗剪和承压强度设计值(N/mm2)；

 frv、frc——铆钉的抗剪和承压强度设计值(N/mm2)。

**6.4.6** 在普通螺栓、锚栓或铆钉杆轴向方向受拉的连接中，每个普通螺栓、锚栓或铆钉的承载力设计值应按下列公式计算：

 普通螺栓：  (6.4.6-1)

 锚栓：  (6.4.6-2)

 铆钉：  (6.4.6-3)

式中：de——螺栓或锚栓在螺纹处的有效直径(mm)；

 fbt、fat、frt——普通螺栓、锚栓和铆钉的抗拉强度设计值(N/mm2)。

**6.4.7** 同时承受剪力和杆轴方向拉力的普通螺栓和铆钉，其承载力应分别符合下列公式的要求：

普通螺栓：  (6.4.7-1)

  (6.4.7-2)

 铆钉：  (6.4.7-3)

  (6.4.7-4)

式中：Nv、Nt——分别为某个普通螺栓所承受的剪力和拉力(N)；

 Nbv、Nbt、Nbc——一个普通螺栓的抗剪、抗拉和承压承载力设计值(N)；

 Nrv、Nrt、Nrc——一个铆钉抗剪、抗拉和承压承载力设计值(N)。

**6.4.8** 高强度螺栓摩擦型连接应按下列规定计算：

在受剪连接中，每个高强度螺栓的承载力设计值按下式计算：

  (6.4.8-1)

式中：Nbv——一个高强度螺栓的受剪承载力设计值(N)；

k——孔型系数，标准孔取1.0；大圆孔取0.85；内力与槽孔长向垂直时取0.7；内力与槽孔长向平行时取0.6；

nf——传力摩擦面数目；

μ——摩擦面的抗滑移系数

P——一个高强度螺栓的预拉力设计值(N)

在螺栓杆轴方向受拉的连接中，每个高强度螺栓的承载力应按下式计算：

  (6.4.8-2)

当高强度螺栓摩擦型连接同时承受摩擦面间的剪力和螺栓杆轴方向的外拉力时，承载力应符合下式要求：

  (6.4.8-3)

式中：Nv、Nt——分别为某个高强度螺栓所承受的剪力和拉力(N)；

 Nbv、Nbt——一个高强度螺栓的受剪、受拉承载力设计值(N)。

**6.4.9** 高强度螺栓承压型连接应按下列规定计算：

承压型连接的高强度螺栓预拉力P的施拧工艺和设计值取值应与摩擦型连接高强度螺栓相同；承压型连接中每个高强度螺栓的受剪承载力设计值，其计算方法与普通螺栓相同，但当计算剪切面在螺纹处时，其受剪承载力设计值应按螺纹处的有效截面积进行计算；在杆轴受拉的连接中，每个高强度螺栓的受拉承载力设计值的计算方法与普通螺栓相同；同时承受剪力和杆轴方向拉力的承压型连接，承载力应符合下列公式的要求：

  (6.4.9-1)

  (6.4.9-2)

式中：Nv、Nt——所计算的某个高强度螺栓所承受的剪力和拉力(N)；

 Nbv、Nbt、Nbc——一个高强度螺栓按普通螺栓计算时的受剪、受拉和承压承载力设计值；

**6.4.10** 在下列情况的连接中，螺栓或铆钉的数目应予增加：

**1** 一个构件借助填板或其他中间板与另一构件连接的螺栓(摩擦型连接的高强度螺栓除外)或铆钉数目，应按计算增加10％；

**2** 当采用搭接或拼接板的单面连接传递轴心力，因偏心引起连接部位发生弯曲时，螺栓(摩擦型连接的高强度螺栓除外)数目应按计算增加10％；

**3** 在构件的端部连接中，当利用短角钢连接型钢(角钢或槽钢)的外伸肢以缩短连接长度时，在短角钢两肢中的一肢上，所用的螺栓或铆钉数目应按计算增加50％；

**4** 当铆钉连接的铆合总厚度超过铆钉孔径的5倍时，总厚度每超过2mm，铆钉数目应按计算增加1％(至少应增加1个铆钉)，但铆合总厚度不得超过铆钉孔径的7倍。

**6.5.7** 在构件连接节点的一端，当螺栓沿轴向受力方向的连接长度l1大于15d0时(d0为孔径)，应将螺栓的承载力设计值乘以折减系数(1.1—l1/150d0)，当大于60d0时，折减系数取为定值0.7。

6.5 紧固件连接构造要求

**6.5.1** 直接承受动力荷载构件的螺栓在抗剪连接时应采用摩擦型高强度螺栓，普通螺栓受拉连接应采用双螺帽或其他能防止螺帽松动的有效措施。

**6.5.2** 高强度螺栓连接设计应符合下列规定：

**1** 高强度螺栓连接均应施加预拉力。

**2** 采用承压型连接时，连接处构件接触面应清除油污及浮锈，仅承受拉力的高强度螺栓连接，不要求对接触面进行抗滑移处理。

**3** 高强度螺栓承压型连接不应用于直接承受动力荷载的结构，抗剪承压型连接在正常使用极限状态下应符合摩擦型连接的设计要求。

**4** 当高强度螺栓连接的环境温度为100℃～150℃时，其承载力应降低10％。

**6.5.3** 当型钢构件拼接采用高强度螺栓连接时，其拼接件宜采用钢板。

**6.5.4** 螺栓连接设计应符合下列规定：

**1** 连接处应有必要的螺栓施拧空间。

**2** 螺栓连接或拼接节点中，每一杆件一端的永久性的螺栓数不宜少于2个；对组合构件的缀条，其端部连接可采用1个螺栓。

**3** 沿杆轴方向受拉的螺栓连接中的端板(法兰板)，宜设置加劲肋。

# 7 防腐蚀设计

## 7.1 一般规定

**7.1.1**景观结构部品在微腐蚀环境下可以采用裸露的耐候钢材，并通过表7.1.1中的腐蚀速率进行结构板材厚度补充计算。

表7.1.1 耐候钢腐蚀速率 um/a

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 使用环境 | 钢种 | 不同腐蚀时间下的速率 |
| 1a | 2a | 5a | 8a |
| 微腐蚀环境C1 | 耐候钢 | 37.0 | 24.0 | 11.0 | 8.0 |

**7.1.2** 耐候钢景观工程的防腐措施宜符合现行国家标准《建筑钢结构防腐蚀技术规程》JGJ/T251-2011的有关规定。

**7.1.3** 园林景观耐候钢工程应根据环境条件、结构形式、使用要求、施工条件和维护管理条件等进行防腐蚀设计计算。

**7.1.4** 园林景观耐候钢工程可采用增加腐蚀裕量、热喷涂金属涂层保护、以及联合保护等防腐蚀措施。

**7.1.5** 耐候钢耐大气腐蚀性指数（*I*）计算公式如下：

$I=26.0（\% Cu）+3.88（\% Ni）+1.20（\% Cr）+1.49（\% Si）+17.28（\% P）-7.29（\% Cu）（\% Ni）-9.10（\% Ni）（\% P）- 33.39（\% Cu）^{2}$ （7.1.5）

## 7.2 防腐措施及要求

**7.2.1**热喷涂金属材料宜选用锌、铝、铝镁合金或锌铝合金、稀土铝。

**7.2.2** 金属热喷涂用的封闭剂应具有较低的黏度，并应与金属涂层具有良好的相容性。

**7.2.3** 热喷涂防腐蚀涂层体系应符合现行标准《热喷涂金属和其他无机覆盖层锌、铝及其合金》GB/T9793的有关规定。

**7.2.4** 热镀锌附着量应根据构件的使用寿命确定。

**7.2.5** 焊条、螺栓、垫圈、节点板等连接构件的耐腐蚀性能，不宜低于主体材料。

**7.2.6** 进行涂装的耐候钢钢材，都应进行表面处理涂层。

**7.2.7** 钢材表面处理喷射用磨料应符合现行国家标准《金属磨料金属要求》GB/T 18838、《非金属磨料技术要求》GB/T17850的有关规定。

**7.2.8** 金属热喷涂的方法可采用火焰喷法、电弧喷法、等离子喷涂法、超音速等离子喷涂法。

**7.2.9** 采用热镀法时，应严格控制镀层的粘附性，控制好镀层液温度、浸镀时间及镀层厚度。

# 8 制作、安装、验收与维护

8.1 一般规定

**8.1.1** 景观耐候钢部品加工、运输、安装技术要求应符合现行标准《钢结构工程施工规范》GB50755、《钢结构焊接规范》GB50661的有关规定。

**8.1.2** 耐候钢景观构件设计制作时，单件重量、长度、宽度应满足加工制造、运输和安装的设备要求。构件宽度不宜超过2m，构件长度设计宜控制在12m以下。

**8.1.3** 景观耐候钢工程施工质量验收以及检测和维护，应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205、《钢结构工程施工规范》GB50755的有关规定。

**8.1.4** 防腐施工前表面处理的验收可按现行国家标准《涂装前钢材表面锈蚀等级和除锈等级》GB8923、金属热喷涂的验收可按现行国家标准《热喷涂涂层厚度的无损测量方法》GB 11374、《金属和其他无机覆盖层热喷涂锌、铝及其合金》GB/T9793的有关规定执行。

**8.1.5** 景观工程耐候钢设计、制作、安装等应符合国家环境保护的有关法律法规。

8.2 制作、运输与安装

**8.2.1** 景观耐候钢构件在制作过程中宜进行表面处理；若制作过程不满足表面处理条件，应在结构全部组焊完成后，应进行喷砂清理，使表面除锈等级达到Sa2级，并不得残留施工过程中的任何杂物，并在喷砂后使用淡水进行浇水，使构件形成统一、稳定的锈蚀层，达到防护效果。

**8.2.2** 耐候钢表面锈层稳定化处理后，可批覆环保罩面，以提高锈层稳定性。

**8.2.3** 当采用相贯焊接时，钢管端部应采用自动相贯线切割机切割以满足加工精度和焊接工艺要求，并且沿全周连续和平滑焊接。

**8.2.4** 景观结构设计时应考虑安装用的施工预埋件、水平拉索和施工挂孔等，以方便施工安装。

**8.2.5** 现场临时存放或卸载运输铁塔构件时，应有防止构件变形损坏、镀锌磨损及表层污损的措施。

**8.2.6** 吊运钢材应避免磕碰和边缘损伤,运输时盐分的附着量须在100mg/m2以下，途中尽量不要沾染污物，表面沾染的尘埃或油脂污物应及时去除。为避免擦触、碰撞，宜在表面设置防护膜。

**8.2.7** 耐候钢构件架设后，宜尽早浇筑混凝土部分。

**8.2.8** 对于安装后不易进行复紧的长构件应在地面完成螺栓紧固，且应验收完毕后方可吊装。

**8.2.9** 景观各构件的组装应牢固，交叉处有空隙，应装设相应厚度的垫圈或垫板。

**8.2.10** 景观部品焊接连接应满足以下规定：

**1** 景观工程耐候钢焊接连接应尽量避免工地焊接。若无法避免，应该采取防护措施造成局部的良好环境，以保证焊接质量。

**2** 施工单位应具备现行国家标准《钢结构焊接规范》GB50661规定的基本条件和人员资质。

**3** 焊接用施工图的焊接符号表示方法，应符合现行国家标准《焊缝符号表示法》GB／T324和《建筑结构制图标准》GB／T50105的有关规定，图中应标明工厂施焊和现场施焊的焊缝部位、类型、坡口形式、焊缝尺寸等内容。

**4** 焊缝坡口尺寸应按现行国家标准《钢结构焊接规范》GB50661的有关规定执行，坡口尺寸的改变应经工艺评定合格后执行。

**5** 耐候钢的焊接，选用的焊条或焊丝和相应的焊剂型号及性能应与选用的耐候钢力学性能相适应，其熔敷金属的力学性能应符合设计规定，且不应低于相应耐候钢母材标准的下限值，并应符合现行国家标准《钢结构焊接规范》GB 50661的规定。

**8.2.11** 配套焊接材料应满足以下规定：

**1** 耐候钢焊接所用焊接材料的选择须与母材性能匹配和成分匹配，并保证焊接接头满足无涂装使用的要求，焊接材料应由权威机构认证其耐候性。

**2** 景观工程用耐候钢配套焊接材料按抗拉强度不同分为490MPa、540MPa、630MPa、770MPa四个级别，分别对应屈服强度为Q345q、Q420q、Q500q、Q690q的耐候钢材。

**3** 气体保护焊使用的二氧化碳应符合GB/T 6052的规定。

**4** 气体保护焊使用的氩气应符合GB/T4842的规定，其纯度不应低于 99.95%。

**5** 气体保护焊使用的富氩混合气应符合 HG/T3728的规定，技术指标不低于Ⅱ类要求。

**6** 结合制造单位的焊接技术水平，耐候钢焊接材料在参照生产厂家的推荐焊材或市场上其它同类焊材进行选择后，必须通过焊接工艺评定试验确定合适的焊材，焊接质量指标达到要求后方可进行焊接施工。

**7** 化学成分不同会导致不同钢材间形成电势差，诱发腐蚀，故耐候钢与普通钢材不宜组焊。

**8.2.12** 施工现场禁止在钢结构上随意焊接其它部件或临时支撑，临时支撑可在工厂加工时焊接完成。

**8.2.13** 螺栓连接摩擦面应根据螺栓安装方法和螺栓厂推荐工艺，保证栓接面抗滑移系数出厂时不小于0.50，架设时不小于0.45。可采用以下处理方法：

**1** 喷砂除锈后自然氧化。

**2** 喷砂除锈后进行锈层稳定化处理。

**3** 喷砂除锈后涂无机富锌防锈防滑涂料。

**8.2.13** 耐候钢与混凝土接触面（如连接件、内衬面等）宜进行底漆处理，涂层的厚度不应低于100μm，宜采用无机富锌底漆或环氧富锌底漆。

**8.2.14** 耐候钢和混凝土下连接部位可直接封胶处理，亦可在上部设置挡板。

**8.2.15** 耐候钢景观部品上景观照明系统的安装应符合下列要求：

 **1** 在耐候钢部品上应设有固定支撑架，照明系统应安装在支撑架上，避免对耐候钢结构的破坏。

 **2** 在耐候钢结构上应隐藏敷设电缆。

 **3** 耐候钢结构上的照明设备应在耐候钢的防雷防护系统内，照明设备的金属外壳应与进行灯具的电源线截面积相同的铜芯软导线与耐候钢结构连接，且灯具外壳不得与配电系统接地连接。

8.3 验收和维护

**8.3.1** 当现行标准对景观耐候钢工程的拟验收项目未做明确规定时，应由建设单位组织设计、施工、监理等相关单位协商制定质量检验与验收要求，质量检验与验收应做好相关记录并存档。

**8.3.2**园林景观耐候钢工程验收应包括下列内容：

**1** 景观部件、构件的规格及组装质量。

**2** 焊接后的焊接弯曲度及焊口焊接质量。

**3** 水池、洗手池、垃圾箱等景观构件表面光滑度。

**4** 结构倾斜度。

**5** 螺栓的紧固程度、穿向等。

**8.3.3** 景观耐候钢工程，应经施工、监理、设计、建设及运行各方共同确认合格后，该工程通过验收。

**8.3.4** 景观耐候钢日常维护可采取以下操作方法：

**1** 灰尘和碎屑造成的表面污染，可用低压水冲洗，注意不要破坏保护锈层。

**2** 受融雪剂沾染的，待冰雪融化后应及时清洗。

**3** 经常检查清理排水系统和伸缩缝，任何排水通路的泄露都应彻底排除。

**8.3.5** 对园林景观耐候钢工程进行检查维护发现危及使用安全的问题时，应及时对危害使用安全的问题和处置情况向主管部门报告。

**8.3.6** 景观耐候钢照明工程全部施工完毕后，中间质量验收合格后，经24小时试运行合格，才可进行竣工质量验收。

# 附录A 景观耐候钢材料力学性能、强度设计参数

**A.0.1** 景观用耐候钢材料应符合表A.0.1-1—A.0.1-3的规定。

表A.0.1-1 耐候钢材的力学性能和工艺性能要求

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 牌号 | 拉伸试验a | 180°弯曲试验弯心直径 |
| 下屈服强度ReL/(N/mm²)不小于 | 抗拉强度Rm/(N/mm²) | 断后伸长率A/%不小于 |
| ≤16 | ＞16~40 | ＞40~60 | ＞60 | ≤16 | ＞16~40 | ＞40~60 | ＞60 | ≤6 | ＞6~16 | ＞16 |
| Q235NH | 235 | 225 | 215 | 215 | 360~510 | 25 | 25 | 24 | 23 | $$a$$ | $$a$$ | 2$a$ |
| Q295NH | 295 | 285 | 275 | 255 | 430~560 | 24 | 24 | 23 | 22 | $$a$$ | 2$a$ | 3$a$ |
| Q295GNH | 295 | 285 | — | — | 430~560 | 24 | 24 | — | — | $$a$$ | 2$a$ | 3$a$ |
| Q355NH | 355 | 345 | 335 | 325 | 490~630 | 22 | 22 | 21 | 20 | $$a$$ | 2$a$ | 3$a$ |
| Q355GNH | 355 | 345 | — | — | 490~630 | 22 | 22 | — | — | $$a$$ | 2$a$ | 3$a$ |
| Q415NH | 415 | 405 | 395 | — | 520~680 | 22 | 22 | 20 | — | $$a$$ | 2$a$ | 3$a$ |
| Q460NH | 460 | 450 | 440 | — | 570~730 | 20 | 20 | 19 | — | $$a$$ | 2$a$ | 3$a$ |
| Q500NH | 500 | 490 | 480 | — | 600~760 | 18 | 16 | 15 | — | $$a$$ | 2$a$ | 3$a$ |
| Q550NH | 550 | 540 | 530 | — | 620~780 | 16 | 16 | 15 | — | $$a$$ | 2$a$ | 3$a$ |
| Q265GNH | 265 | — | — | — | ≥410 | 27 | — | — | — | $$a$$ | — | — |
| Q310GNH | 310 | — | — | — | ≥450 | 26 | — | — | — | $$a$$ | — | — |
| 注：$a$为钢材厚度。a当屈服现象不明显时，可以采用Rp0.2 |

表A.0.1-2 耐候钢高强螺栓力学性能要求

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 螺栓等级 | 抗拉强度Ra/MPa | 非比例延伸强度Ra0.2/MPa | 断后伸长率A/% | 断后收缩率Z/% | 冲击吸收功AKU2/J | 维氏硬度HV30 | 洛氏硬度HRC |
| 国标8.8S级 | 830-~1030 | ≥660 | ≥12 | ≥45 | ≥63 | 249~296 | 24~31 |
| 国标10.9S级 | 1040~1240 | ≥940 | ≥10 | ≥42 | ≥47 | 312~367 | 33~39 |
| 注：当螺栓的材料直径16mm时，根据用户要求，进行常温冲击试验。 |

表A.0.1-3 耐候钢强度设计值（N/mm²）

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 钢号 | 厚度t | 屈服强度 | 抗拉强度 | 抗剪强度 | 承压强度 |
| Q235NH | t≤16 | 235 | 216 | 125 | 295 |
| 16＜t≤40 | 225 | 207 | 120 |
| 40＜t≤60 | 215 | 198 | 115 |
| t＞60 | 215 | 198 | 115 |
| Q295NH | t≤16 | 295 | 271 | 157 | 344 |
| 16＜t≤40 | 285 | 262 | 152 |
| 40＜t≤60 | 275 | 253 | 147 |
| t＞60 | 255 | 235 | 136 |
| Q355NH | t≤16 | 355 | 327 | 189 | 402 |
| 16＜t≤40 | 345 | 317 | 184 |
| 40＜t≤60 | 335 | 308 | 179 |
| t＞60 | 325 | 299 | 173 |
| Q460NH | t≤16 | 460 | 414 | 240 | 451 |
| 16＜t≤40 | 450 | 405 | 235 |
| 40＜t≤60 | 440 | 396 | 230 |
| t＞60 | 430 | 387 | 224 |
| Q295GNH（热轧） | t≤6 | 295 | 271 | 157 | 320 |
| t＞6 | 295 | 271 | 157 |
| Q295GNHL（热轧） | t≤6 | 295 | 271 | 157 | 353 |
| t＞6 | 295 | 271 | 157 |
| Q345GNH（热轧） | t≤6 | 345 | 317 | 184 | 361 |
| t＞6 | 345 | 317 | 184 |
| Q345GNHL（热轧） | t≤6 | 345 | 317 | 184 | 394 |
| t＞6 | 345 | 317 | 184 |
| Q390GNH（热轧） | t≤6 | 390 | 359 | 208 | 402 |
| t＞6 | 390 | 359 | 208 |
| Q295GNH（冷轧） | t≤2.5 | 260 | 239 | 139 | 320 |
| Q295GNHL（冷轧） | t≤2.5 | 260 | 239 | 139 | 320 |
| Q345GNHL（冷轧） | t≤2.5 | 320 | 294 | 171 | 369 |

# 附录B 耐候钢景观部品类型及设计要求

**B.0.1** 耐候钢景观构筑物部品类型及设计要求

表B.0.1 耐候钢景观构筑物部品类型及设计要求

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 类型 | 功能 | 设计要求 | 配合关系 |
| 架 | 廊架 | 界定联系景观空间，提供观赏休息场所。 | 具有安全性和美观性，尺度适宜 | 常于广场和节点空间内设置，结合座椅布置。 |
| 花架 | 供攀藤类植物攀爬和悬挂盆栽类植物 | 满足植物的生长需求，悬挂类连廊花架下方需留够空间供人通行 |
| 桥 | 联系分割空间，与水面互动 | 符合桥梁设计的基本规范要求，近2m范围内水深大于0.5m时，两侧需设置栏杆，过游船的桥底应与常水位直径净空高度不应小于1.5m | 当尺寸较大时，可配合廊、亭和座椅进行设计。 |
| 门 | 分割空间，界定入口 | 设计应形态丰富具有趣味，互动性强 | 可与景观雕塑、景观构筑物呼应形成对景 |
| 装饰柱 | 观赏、标识 | 可单一浮雕或多个阵列排布 | 常位于空间节点，如入口、广场等空间内部。 |
| 座椅 | 休息、观景 | 座高0.35~0.45m，宽0.4~0.6m,座板倾角6°~7° | 结合道路、节点空间、照明灯和绿植布置。 |
| 垃圾箱 | 收集垃圾 | 高度0.6~0.8m，使用清洁便于投放 | 配合座椅设置 |
| 照明灯罩 | 控制光影变化 | 镂空部分滤光，形成空间标识 | 场景多元 |
| 栏杆栏板 | 保护、限定 | 安全坚固，符合规范 | 配合无障碍设计 |
| 标识系统 | 指引、标明 | 用于布告栏、导游图、指路标牌以及说明牌，标志醒目、内容清晰明确 | 置于关键节点和道路交叉口 |

**B.0.2** 耐候钢侧壁挡墙部品类型及设计要求

表B.0.2 耐候钢侧壁挡墙部品类型及设计要求

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 类型 | 功能 | 设计要求 | 配合关系 |
| 墙 | 景观墙 | 分为视觉焦点的独立景墙和形成一系列序列的连续景墙。主要功能为分隔组织空间、引导游览、造景等作用。供人观赏、遮挡视线，形成画面背景。 | 利用耐候钢的延展性和强大的可塑性，在表面绘制笔画、浮雕、镂空。具有主体性、生态性、写意性和文化性。高度根据视觉感受确定。 | 可配合藤蔓植物、进行合理种植，也可结合构筑物、水景，形成生态和美学共存的绿色景墙 |
| 挡土墙 | 支承路基填土或山坡土体、防止填土或土体变形失稳。同时，配合设计师进行景观地形、道路的限定。 | 材质多选用大于5mm的板，一般采用厚度5、6、8、10、12mm。骨架多选用镀锌角钢或方钢。 | 根据高度变化有时也可作为景墙，可与桌椅凳结合。 |
| 围墙 | 围护、限界 | 根据地形设定围护、安全的要求，高度在1.8~2.2m之间。 | 可结合盆花和垂直绿化的要求。 |

# 附录C 角钢构件长细比修正系数*K*

**C.0.1** 角钢构件长细比修正系数*K*：

**1** 两端双肢连接的主材长细比修正系数*K*=1；

**2** 其他受压构件长细比修正系数按表C.0.1-1计算；

表C.0.1-1 受压构件长细比修正系数K

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 杆件端部受力状况 | 长细比 | 长细比修正系数K | 适用构件举例 |
| 1 | 两端中心受压 | 0＜L0/r＜120 | 1 | 双肢连接的构件 |
| 2 | 一端中心另一端偏心受压 | 0＜L0/r＜120 | 0.75+30/(L0/r) | 1.一端双肢连接另端单肢连接的构件；2.交叉斜材 |
| 3 | 两端偏心受压 | 0＜L0/r＜120 | 0.5+60/(L0/r) | 两端单肢连接的构件 |
| 4 | 两端无约束 | 120＜L0/r＜200 | 1 | 单个螺栓连接的交叉斜材和单斜材 |
| 5 | 一端有约束 | 120＜L0/r＜225 | 0.762－28.6/(L0/r) | 两个以上螺栓连接的交叉斜材 |
| 6 | 两端有约束 | 120＜L0/r＜250 | 0.615－46.2/(L0/r) | 两端均有两个以上螺栓连接的构件 |

表C.0.1-2 辅助材长细比修正系数K

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 杆件端部受力状况 | 长细比 | 长细比修正系数K | 适用构件举例 |
| 1 | 两端偏心受压 | 0＜L0/r＜120 | 1 | 两端单肢连接的构件 |
| 2 | 两端无约束 | 120≤L0/r≤250 | 1 | 单个螺栓连接的交叉斜材和单斜材 |
| 3 | 一端有约束 | 120≤L0/r≤290 | 0.762－28.6/(L0/r) | 两个以上螺栓连接的交叉斜材 |
| 4 | 两端有约束 | 120≤L0/r≤330 | 0.615－46.2/(L0/r) | 两端均有两个以上螺栓连接的构件 |

# 引用标准名录

1《金属和合金的腐蚀大气腐蚀性分类》GB/T19292.1

2《钢结构设计标准》GB 50017；

3《钢结构防腐蚀涂装技术规程》CECS343

4《冷轧钢板和钢带的尺寸、外形、重量及允许偏差》GB/T708

5《热轧钢板和钢带的尺寸、外形、重量及允许偏差》GB/T709

6《耐候结构钢》GBT4171

7《建筑结构可靠度设计统一标准》GB 50068

8《结构用耐候焊接钢管》YB/T4112

9《厚度方向性能钢板》GB/T5313

10《非金属钢及细晶粒钢焊条》 GB/T5117

11《不锈钢焊条》GB983

12《耐蚀合金焊丝》GB/T37612、

13《耐蚀合金焊带和焊丝通用技术条件》GB/T37609

14《钢结构焊接规范》GB 50661

15《钢结构用高强度大六角头螺栓》GB/T1228、

16《钢结构用高强度大六角螺母》GB/T1229

17《钢结构用高强度垫圈》GB/T1230

18《焊接结构用耐候钢》GB／T4172

19《钢结构工程施工质量验收标准》GB50205

20《工程结构可靠性设计统一标准》GB50153

21《建筑抗震设计规范》GB50011

22《钢-混凝土组合结构设计规程》DL/T5085-1999

23《建筑地基基础设计规范》GB 50007

24《金属材料准静态断裂韧度的统一试验方法》GB/T 21143

25《钢结构焊接规范》GB50661

26《钢结构高强度螺栓连接技术规程》JGJ82

27《建筑钢结构防腐蚀技术规程》JGJ/T251

28《热喷涂金属和其他无机覆盖层锌、铝及其合金》GB/T9793

29《金属磨料金属要求》GB/T 18838

30《非金属磨料技术要求》GB/T17850

31《钢结构工程施工规范》GB50755

32《钢结构焊接规范》GB50661

33《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205

34《涂装前钢材表面锈蚀等级和除锈等级》GB8923

35《热喷涂涂层厚度的无损测量方法》GB 11374

36《金属和其他无机覆盖层热喷涂锌、铝及其合金》GB/T9793

37《焊缝符号表示法》GB／T324

38《建筑结构制图标准》GB／T50105

39《焊接用混合气体氩-二氧化碳》HG/T3728

# 附：条文说明

中国工程建设标准化协会标准

园林景观工程耐候钢应用技术规程

**CECS xxx : 2023**

条文说明

**目 次**

[3 总体要求 39](#_Toc156920543)

[3.1 一般规定 39](#_Toc156920544)

[3.2 适用环境 39](#_Toc156920545)

[4 材料与设计指标 40](#_Toc156920546)

[4.1 主体材料及选用标准 40](#_Toc156920547)

[4.2 连接材料及选用标准 40](#_Toc156920548)

[4.3 材料设计指标与力学性能 40](#_Toc156920549)

[5 部品设计 41](#_Toc156920550)

[5.1 一般规定 41](#_Toc156920551)

[5.2 景观设计 41](#_Toc156920552)

[6 部品构件连接 42](#_Toc156920553)

[6.1 一般要求 42](#_Toc156920554)

[7 防腐蚀设计 43](#_Toc156920555)

[7.1 一般规定 43](#_Toc156920556)

[7.2 防腐措施及要求 43](#_Toc156920557)

[8 制作、安装、验收与维护 45](#_Toc156920558)

[8.3 验收和维护 45](#_Toc156920559)

# 3 总体要求

3.1 一般规定

**3.1.1** 景观用耐候钢在国标GB/T 4171-2008《耐候结构钢》中，规定了如下表3.1.1的耐候钢牌号。

表3.1.1 耐候钢牌号

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 类别 | 牌号 | 生产方法 |
| 高耐候钢 | Q295GNH、Q355GNH、 | 热轧 |
| Q265GNH、Q310GNH | 冷轧 |
| 焊接耐候钢 | Q235NH、Q295NH、Q355NH、Q415NH、Q460NH、Q500NH、Q550NH、 | 热轧 |

**3.1.6** 耐候钢板并非不锈钢板，如果耐候钢的景观部品凹位中有积水，该处的腐蚀速率将变快，因此必须做好排水。

**3.1.8** 景观耐候钢部品构件的结构设计应考虑风荷载、雪载荷等荷载条件。

**1**对雪荷载敏感的耐候钢结构，应按照100年重现期雪压和基本雪压的比值，提高其雪荷载取值。

**2** 当采用风荷载放大系数的方法考虑风荷载脉动的增大效应时，主要受力结构的风荷载放大系数应根据地形特征、脉动风特性、结构周期、阻尼比等因素确定，其值不应小于1.2。

3.2 适用环境

**3.2.3** 耐候钢对富盐空气环境敏感。在此环境中，表层保护膜可能阻止不了内部的进一步氧化，应避免在富盐空气地区使用耐候钢景观部品。

# 4 材料与设计指标

4.1 主体材料及选用标准

**4.1.3** 该条文规定了高强度耐候钢焊接钢管的尺寸、外形、质量及允许偏差、技术要求、试验方法、检验规则、包装、标志及质量证明书。

**4.1.4** 耐候钢材的层状撕裂指当耐候钢板承受厚度方向应力时不易沿厚度方向产生层状撕裂的钢。因为耐候钢板厚度方向的力学性能往往比其它方向的性能差，所以当钢板承受厚度方向的应力时易发生层状撕裂。对于景观部品耐候钢构件，为避免耐候钢层状撕裂，应采用合理的焊缝形式及小焊脚焊缝。

**4.1.7** 本条结合国内外工程应用经验及国产耐候钢生产情况，推荐提出了按中国标准生产牌号的耐候钢。当有充分可靠的依据时，也可选用其他牌号的耐候钢。本条也规定了当结构工作温度不高于-40°时钢材质量等级要求。

4.2 连接材料及选用标准

**4.2.2** 景观耐候钢焊接过程中化学成分不同会导致不同钢材间形成电势差，诱发腐蚀，如普通钢材、耐蚀钢等。故耐候钢与其他不同化学成分钢材不宜组焊。

4.3 材料设计指标与力学性能

**4.3.5** 国家标准GB/T19292.1规定了确定金属和合金大气腐蚀的关键因素包括大气潮湿时间、二氧化硫污染物含量和空气盐含量。根据这三个因素，按金属标准试样腐蚀速率，确定大气的腐蚀性分为5个等级，即C1：腐蚀很低；C2：低；C3：中；C4：高；C5：很高。该腐蚀等级直接与ISO12944《钢结构的保护涂层腐蚀防护》标准相对应，C1~C5规定了不同的涂料系统和干膜厚度。

# 5 部品设计

5.1 一般规定

**5.1.5** 腐蚀裕量是指考虑材料在使用期内受到接触介质(包括大气)腐蚀而预先增加的壁厚裕量，又称“腐蚀裕度”。园林景观工程耐候钢景观可根据涂装方案确定腐蚀裕量。

**5.1.7** 耐候钢需要长时间的干湿交替气候条件形成表面致密锈层保护膜，直接浸入水中、接触土壤及被植被覆盖情况下，耐候钢不易形成保护膜。所以在在埋设在土壤中或处于水中的耐候钢应进行涂装处理，预防其生锈。

5.2 景观设计

**5.2.2** 耐候钢作为道路金属收边时，应做防水处理。

# 6 部品构件连接

6.1 一般要求

**6.1.1** 景观耐候钢结构构件的连接方法一般有焊缝连接和螺栓连接。

# 7 防腐蚀设计

## 7.1 一般规定

**7.1.1**园林景观工程可以考虑采用裸露的耐候钢，但是当空气中含有某些特殊的化学物质或结构长时间与水接触、或一直裸露在潮湿空气中、或在海洋性气候中使用时，建议采用表面保护。环境类别C1参考CECS 343《钢结构腐蚀涂装技术规程》。

**7.1.3** 园林景观耐候钢工程防腐设计，应综合考虑结构的重要性、所处腐蚀介质环境、防腐使用年限要求和维护条件等要素，并在全寿命周期成本分析的基础上，选用性价比良好的长效防腐措施。

## 7.2 防腐措施及要求

**7.2.1** 金属热喷涂对钢材的保护机理主要是：隔离腐蚀介质对钢材的侵蚀；通过金属层本身的牺牲起到阴极保护作用。

**7.2.2** 金属热喷涂系统的性能是由高质量的施工，包括表面处理、使用的材料、施工设备以及施工技术等来保证的。

**7.2.4** 热镀锌构件的使用寿命与镀锌层的附着量有直接的关系。在不同地区，若要求相同的使用寿命，对镀锌附着量的要求也不同。

**7.2.5** 构件的连接材料，如焊条、螺栓、节点板等，其耐腐蚀性能（包括防护措施）不宜低于主体材料，以保证结构的整体性。弹簧垫圈（如防松垫圈、齿状垫圈）容易产生缝隙腐蚀。

**7.2.6** 表面处理包括涂装施工时的前道涂层、维修涂装时的旧涂层、特殊的锌涂层表面、热浸锌涂层表面、金属热喷涂表面。

**7.2.7** 磨料的选择是表面清理中的重要环节，喷射清理所用的磨料应清洁、干燥。

**7.2.8** 火焰喷是利用乙炔和氧气进行燃烧融化金属丝并且利用空气作为动力吹覆到钢材表面的原理。电弧喷是利用金属丝电源正负极端部产生电弧而融化，通过位于两个线材喷嘴中间的空气嘴喷出压缩空气，是的融化的线材雾化而喷射到钢材表面。等离子和超音速等离子金属喷涂就是一种压缩电弧，温度可达30000K，而且除了可喷线材外，还可以喷涂金属粉末，速度更快，涂层硬度高，一般在工厂智能化机器人使用较多。

**7.2.9** 构件热镀前，应进行充分酸洗、漂洗。热镀后，应充分烘干。热浸镀简称热镀，是将构件浸在熔融的液态金属中，在工作表面发生一系列物理和化学反应，取出冷却后表面所需的金属镀层。这种涂覆主要用来提高构件的防护能力，延长使用寿命。热镀的质量与镀层的粘附性有关，镀层厚度一般不小于35um。

# 8 制作、安装、验收与维护

8.3 验收和维护

**8.3.2** “工程验收”包括“隐蔽工程验收”、“中间验收”和“竣工验收”3个方式，其中“隐蔽工程验收”和“中间验收”无先后之分。也可分为工厂质量检验与验收、现场质量检验与验收和竣工验收三个阶段。

**8.3.6** 强调工程档案资料是竣工验收的内容之一。