

CECS

T/CECS XXX-20XX

中国工程建设标准化协会标准

耐候桥梁钢板及其焊接接头防腐性能检测标准

Standard for Testing the Corrosion Resistance of Weathering Bridge Steel

Plates and Welded Joints

（征求意见稿）

二〇二五年三月

中国工程建设标准化协会标准

耐候桥梁钢板及其焊接接头防腐性能检测标准

Standard for Testing the Corrosion Resistance of Weathering Bridge Steel

Plates and Welded Joints

T/CECS XXX—202X

主编单位：中冶建筑研究总院有限公司

中冶检测认证有限公司

批准单位：中国工程建设标准化协会

施行日期：20XX 年 XX 月 XX 日

前 言

《耐候桥梁钢板及其焊接接头防腐性能检测标准》（以下简称标准）是根据中国工程建设标准化协会《关于印发<2024 年第一批协会标准制订、修订计划>的通知》（建标协字〔2024〕15 号）的要求进行编制。标准编制组经深入调查研究，认真总结实践经验，参考国内外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，制定本标准。

本标准共分为 6 个章节和 2 个附录，主要内容包括：总则、术语和符号、基本规定、原材检查、耐候钢板检测与焊接接头检测等。

本标准的某些内容可能直接或间接涉及专利，本标准的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准由中国工程建设标准化协会结构焊接专业委员会归口管理，由中冶建筑研究总院有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中，如有意见或建议，请反馈给中冶建筑研究总院有限公司（地址：北京市海淀区西土城路 33 号，邮编：100088，邮箱：191607093@qq.com）。

主编单位： 中冶建筑研究总院有限公司
中冶检测认证有限公司

参编单位： 略

主要起草人： 略

主要审查人： 略

目 次

1 总 则.....	(1)
2 术 语.....	(2)
3 基本规定.....	(3)
4 原材检查.....	(5)
4.1 一般规定	(5)
4.2 耐候钢材料	(5)
4.3 焊接材料	(6)
5 耐候钢板检测.....	(7)
5.1 一般规定	(7)
5.2 外观质量检测	(8)
5.3 氧化层厚度检测	(8)
6 焊接接头检测.....	(9)
6.1 一般规定	(9)
6.2 外观质量检测	(9)
6.3 氧化层厚度检测	(9)
附录 A 耐候指数评估方法	(11)
附录 B 耐候钢板厚减薄量计算	(12)
引用标准名录.....	(13)
附：条文说明.....	(14)

Contents

1	General provisions	(1)
2	Terms.....	(2)
3	Basic test requirements	(3)
4	Raw material inspection.....	(5)
4.1	General requirements	(5)
4.2	Weathering steel material	(5)
4.3	Welding materials	(6)
5	Weathering steel plate inspection.....	(7)
5.1	General requirements	(7)
5.2	Appearance quality inspection	(8)
5.3	Oxide layer thickness inspection.....	(8)
6	Welding joint inspection	(9)
6.1	General requirements	(9)
6.2	Appearance quality inspection	(9)
6.3	Oxide layer thickness inspection.....	(9)
Appendix A	Formula for calculating the weathering index	(11)
Appendix B	Thickness reduction calculation of weathering steel plate	(12)
List of quoted standards		(13)
Addition: Explanation of provisions		(14)

1 总 则

1.0.1 为规范耐候桥梁钢板及其焊接接头防腐性能检测，统一检测标准，做到技术先进、经济合理、安全适用、确保质量、节能环保，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于铁路、公路等领域桥梁结构用耐候钢板和焊接接头的防腐性能检测。

1.0.3 耐候桥梁钢板及其焊接接头防腐性能检测除应符合本标准外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

【说明】本标准参考了现行国家标准《耐候结构钢》GB/T 4171、《结构用耐候焊接钢管》YB/T 4112 等标准中耐候钢材料相关内容并进行细化和完善，引入和补充国内外相关试验研究成果和标准，以满足工程实际需要。

2 术 语

2.0.1 耐候钢 Weathering Steel

通过添加一定量 Cu、P、Cr、Ni 或 Ni、Mo、Nb、Ti 等合金元素制成的一种耐大气腐蚀性能良好的低合金钢。

【说明】耐候钢可分为高耐候钢（代号：GNH）与焊接耐候钢（代号：NH）。高耐候钢以 Cu-P 系为主，由于含 P 量较高（0.07%~0.15%）使得其焊接性能较差、韧性降低，仅限于焊接要求不高的条件使用；焊接耐候钢以 Cu-Cr-Ni 系为主，含 P 量较低（<0.04%），焊接性能和低温韧性较好。

2.0.2 氧化层 Oxide layer

耐候钢暴露于大气后表面氧化形成的致密性的具有保护性的结构层。

2.0.3 耐候性 Atmospheric corrosion resistance

指在大气环境腐蚀介质作用下的耐腐蚀性能。

2.0.4 耐候指数 Weathering index

用于评价钢材的耐候性能，一般用 I 表示，I 越大，耐候性越好。

【说明】耐候指数一般基于钢材的化学成分进行加权计算，详见附录 A 耐候指数评估方法，适用钢材的化学成分范围如下：Cu 0.012~0.510%；Ni 0.05~1.10%；Cr 0.10~1.30%；Si 0.10~0.64%；P 0.01~0.12%。依据此公式及适用化学成分范围，计算出的钢材耐候指数均大于 6.0。

2.0.5 无涂装耐候钢 Non-coating weathering steel

在稳定锈层的附着状态或消除锈层再经稳定化处理的状态下即可使用的耐候钢，无需防腐涂装处理。

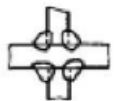
2.0.6 稳定锈层 Stable rust layer

良好干湿交替环境下，耐候钢材表面形成的生成的保护性锈层，由红褐色、褐色向暗褐色变化，腐蚀速度比普通碳钢大大减小，此时钢材表面紧贴着致密的锈层，这种具有保护性质的致密锈层称为稳定锈层。

3 基本规定

3.0.1 常用的焊接接头如表 3.0.1 所示，包含：对接接头、T 形接头、角形接头、搭接接头。

表 3.0.1 常见的焊接接头形式

名称	焊接接头
对接接头	
T 形接头	
角接头	
搭接接头	

【说明】本条参考了现行国家标准《钢结构焊接规范》GB 50661 中接头分类及适用范围，耐候钢接头形式选择需优先保证锈层自愈性与结构耐久性。

3.0.2 所有检测应使用计量检定、校准合格的计量器具。工程见证取样送样应由具有资质的检测机构完成。

3.0.3 在下列所述环境中，不宜使用免涂装耐候钢：

- 1 年平均湿度大于 80%；
- 2 距海岸线 5 公里以内，或者大气中的盐分大于 0.05mdd(mg/dm²/day)；
- 3 重腐蚀工业大气或硫酸盐(SO₃)含量超过 2.0mdd；
- 4 “类隧道”跨线桥或通风性差的地区；
- 5 距离静水位线 3 米以内或者流水 2.5 米以内；
- 6 大量使用融雪剂且有大量盐分聚集。

【说明】本条参考《耐候钢桥梁技术规程》DB14/T 1864-2019 中 4.3.3 的内容。耐候钢的耐腐蚀性由氧化层决定，与传统的钢结构腐蚀保护有本质的区别。氧化层的厚度和稳定性决定了耐候钢的耐久性及使用寿命。不同的环境会破坏耐候钢表面的氧化层，进而影响其使用寿命，因此如需在特殊或较恶劣的

环境下不建议使用耐候钢，可酌情考虑涂装耐候钢或其他材料。

3.0.4 工程用耐候桥梁钢应按下列规定进行检测：

1 原材料及成品应进行进场验收，凡涉及安全、功能的原材料及成品应进行复验，并经有监理工程师见证取样送样；

2 各工序应按施工技术标准进行质量控制，每道工序完成后进行现场检查。

3.0.5 耐候钢桥梁在进行施工前，应根据现场条件进行焊接工艺试验，以确定相关焊接工艺。

【说明】焊接工艺试验是为了验证焊接参数（电流、电压、热输入）对耐候钢接头锈层形成的影响，确定最佳工艺窗口；同时评估接头区域的耐蚀性均匀性，避免因焊接残余应力导致局部腐蚀加速。

4 原材检查

4.1 一般规定

4.1.1 桥梁工程用主要材料、成品件、标准件等产品应进行进场验收。

4.1.2 进场验收的检验批划分宜与各分项工程检验批一致，也可根据工程规模及进场实际情况划分检验批。

4.2 耐候钢材料

4.2.1 耐候钢的牌号和化学成分（熔炼分析）应符合现行国家标准《耐候结构钢》GB/T 4171 的有关规定并满足设计要求。耐候钢成品化学成分的允许偏差应符合现行国家标准《钢的成品化学成分允许公差》GB/T 222 的有关规定。

4.2.2 耐候钢母材应进行拉伸试验，其屈服强度、抗拉强度、断后伸长率应符合现行国家标准《耐候结构钢》GB/T 4171 的有关规定。

4.2.3 耐候钢母材检验项目、试样数量、取样方法和试验方法应符合表 4.2.3 的有关规定。

表 4.2.3 耐候钢母材检验项目、取样数量、取样方法和试验方法

序号	检验项目	取样数量	取样方法	试验方法
1	化学成分 (熔炼分析)	1 个/炉	《钢和铁 化学成分测定用试样的取样和制样方法》GB/T 20066	《金属材料顶锻试验方法》GB/T 233、 《碳素钢和中低合金钢多元素含量的测定火花放电原子发射光谱法(常规法)》GB/T 4336、 《低合金钢多元素含量的测定 电感耦合等离子体原子发射光谱法》GB/T 20125
2	拉伸试验	1 个/批	《钢及钢产品 力学性能	《计数抽样检验程序》GB/T 288.1(5.4.1)

			试验取样位置及试样制备》GB/T 2975	
--	--	--	-----------------------	--

4.2.4 耐候钢的耐候性能复验应符合下列规定：

1 实验室加速腐蚀实验方法应符合现行国家标准《金属和合金的腐蚀 盐溶液周浸试验》GB/T 19746 的有关规定；

2 耐候钢无涂装使用时相对腐蚀速率不应大于 $5\mu\text{m/a}$ ，涂装或局部涂装时相对腐蚀速率不应大于 $5.5\mu\text{m/a}$ 。

4.2.5 耐候钢长期腐蚀减薄量不应大于 0.1mm，长期腐蚀减薄量预测可参考本规程附录 B 进行计算。

4.3 焊接材料

4.3.1 耐候钢焊接材料的选择应符合下列规定：

1 焊接材料宜优先与母材成分匹配，同时满足性能匹配；

2 耐候钢焊接材料宜按照等强原则与母材进行匹配，在性能满足条件下，也可采用更高 Ni 含量的高性能耐候钢焊接材料；

4 免涂装耐候钢用焊接材料的耐候指数不应小于 6.5；涂装或局部涂装使用的耐候钢用焊接材料耐候指数不应小于 6.0。

4.3.2 耐候钢焊接材料应进行化学成分复验并计算耐候指数，且耐候指数不应低于母材标准规定的下限值。

4.3.3 焊接材料应由生产厂提供熔敷金属化学成分、扩散氢含量、性能鉴定资料或质量证明文件及指导性焊接工艺参数。

4.3.4 气体保护焊使用的气体应符合现行国家标准《焊接与切割用保护气体》GB/T 39255 的规定。

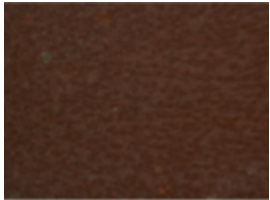
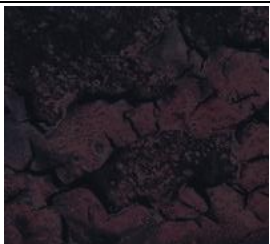
5 耐候钢板检测

5.1 一般规定

5.1.1 耐候钢工程可按结构制作或者安装分项工程检验批的划分原则，划分成一个或者若干个检验批。

5.1.2 耐候钢板的锈蚀等级宜根据外观质量、氧化层厚度等进行评估，锈蚀等级评估方法可参考表 5.1.2。

表 5.1.2 耐候钢锈蚀等级评估

等级	参考照片	外观质量	氧化层厚度
1		锈蚀量少、氧化层未稳定，呈橙黄色。	$<20\mu\text{m}$
2		锈斑大小在 1mm^2 以下，细小均匀，呈棕色。	$<50\mu\text{m}$
3		锈斑大小在 $1\text{mm}^2\sim 5\text{mm}^2$ ，粗糙，呈褐色	$<200\mu\text{m}$
4		锈斑大小在 $5\text{mm}^2\sim 25\text{mm}^2$ ，呈暗褐色鳞片状	$<800\mu\text{m}$
5		腐蚀层有剥离现象，呈黑色	$>800\mu\text{m}$

【说明】表 5.1.2 关于锈蚀等级评估参考现行地方标准《公路桥梁耐候钢焊

接技术规程》 DB21/T 3616 中表 8 的规定。

5.2 外观质量检测

5.2.1 耐候钢板外观质量应采用目测方法进行全数检查，表面应均匀一致，不应有尘土、油脂、不均匀锈斑、氧化层局部剥落、裂纹或疏松区域等。

5.2.2 耐候钢外观质量检测宜包括宏观形貌、锈层致密性与锈层颜色均匀性检测，并应符合下列规定：

1 宏观形貌放大倍数 50 倍，参考本规程表 5.1.2 进行评估。

2 将宽 12.7 mm 或 19 mm、长度不小于 50 mm、黏结强度为 3.93 N/10 mm²、粘力恒定的透明胶带粘贴在待检测耐候钢板表面并压紧，然后将胶带快速撕下；肉眼观察被粘贴构件表面，若构件表面无金属基体漏出，表示锈层致密；若构件表面有金属基体漏出，表示锈层疏松。

3 采用色差仪对耐候桥梁钢锈层颜色均匀性检测，选取待检测部位某一点锈层为标准样，测量构件 10 个点锈层色差并计算平均色差值，平均色差值小于 3 视为颜色均匀。

5.3 氧化层厚度检测

5.3.1 耐候钢表面氧化层厚度采用磁感应法时，测量方法和仪器要求应符合现行国家标准《磁性基体上非磁性覆盖层 覆盖层厚度测量 磁性法》GB/T 4956 的有关规定。

5.3.2 耐候钢表面氧化层厚度检测数量应按照构件数抽查 10%，且同类构件不应少于 3 件；每个构件应检测 5 处，每处的数值为 3 个相距 50mm 以上测点氧化层厚度的平均值。

5.3.3 耐候钢氧化层厚度除应满足相应产品标准要求外，还宜满足以下规定：

1 母材区氧化层厚度宜为 30~80μm；

2 焊缝及热影响区氧化层厚度与母材偏差不宜大于±20%，且最小值不宜小于 25μm；

3 单试样各检测点厚度极差不宜大于 15μm。

5.3.4 耐候钢氧化层厚度检测报告应包含以下内容：1) 试样编号、检测位置

及环境参数（温度、湿度）；2）检测方法及仪器型号；3）各检测点厚度数据、极差及平均值；4）氧化层形貌特征描述并附典型区域显微照片。

5.3.5 对于锈蚀等级为第5级的耐候钢，应测量板厚减薄量以替代氧化层厚度作为最终的检测值。

【说明】锈蚀等级为第5级的耐候钢由于氧化层已出现剥离现象，应直接测量板厚，通过计算板厚减薄量以替代氧化层厚度作为最终的检测值。

6 焊接接头检测

6.1 一般规定

6.1.1 耐候钢焊接接头应进行外观质量、焊缝无损检测与氧化层厚度检测，焊缝无损检测应在外观检测合格后进行。

6.1.2 焊缝无损检测的质量分级、检验方法、检验部位的等级应符合现行国家标准《钢结构焊接规范》GB 50661的有关规定，无损检测方法与合格标准应符合国家现行相关标准的规定。

6.2 外观质量检测

6.2.1 耐候钢焊接接头应冷却到环境温度后方可进行外观质量检测，免涂装耐候钢焊接接头的外观质量应满足本规程5.2节的有关规定。

6.2.2 耐候钢焊接接头应无裂纹、未熔合、焊瘤、夹渣、未填满弧坑及漏焊等焊接缺陷；焊缝外形尺寸要求应符合现行国家标准《钢结构焊接规范》GB 50661的有关规定。

6.2.3 耐候钢焊接接头应进行锈层稳定化处理，形成稳定锈层；对于腐蚀状况严重或结构关键受力部位的焊接接头可采用环氧树脂进行表面涂装，其表面涂装方法与质量要求应符合国家现行相关标准的规定。

6.3 氧化层厚度检测

6.3.1 耐候钢焊接接头氧化层厚度检测试样应满足以下规定：

1 试样应包含焊缝中心、熔合线外1mm热影响区及母材区，尺寸不小于20mm×20mm；

2 试样表面需经乙醇清洗并干燥，避免人为破坏氧化层；

3 对接接头和搭接接头应沿焊缝长度方向每 200mm 设置 1 组检测点（焊缝、热影响区左右各 1 点，母材 1 点）；T 形接头和角接接头应在角焊缝趾端、根部及过渡区各设置 1 个检测点。

6.3.2 耐候钢焊接接头氧化层厚度应满足本标准 5.3 节的有关规定；若单点厚度超限时，允许在同批次试样中加倍抽样复检，复检合格率不小于 90%可判定批次合格。

附录 A 耐候指数计算公式

A.0.1 基于钢化学成分的计算公式计算钢的耐候指数，可以对各牌号钢耐腐蚀性的相对大小进行评估。指数越大，钢的耐候性能越好。

A.0.2 耐候指数 I 计算公式如下：

$$I = 26.01(\%Cu) + 3.88(\%Ni) + 1.20(\%Cr) + 1.49(\%Si) + 17.28(\%P) - 7.29(\%Cu)(\%Ni) - 9.10(\%Ni)(\%P) - 33.39(\%Cu)^2 \quad (\text{A.0.2})$$

采用本计算公式时，钢的化学成分范围应满足表 A.0.2 规定：

表 A.0.2 耐候指数适用钢的化学成分范围

化学成分	范围
Cu	0.012%~0.51%
Ni	0.05%~1.1%
Cr	0.10%~1.3%
Si	0.10%~0.64%
P	0.01%~0.12%

A.0.3 使用耐候指数类型以及最小允许耐候指数，应由制造商（供应商）和购买商双方协议确定。

【说明】由于世界上有多种耐候指数正在使用，因此当选择一种指数时，考虑到不同的使用环境和钢的化学成分是必要的。基于使用环境和钢的化学成分的不同，任何指数都可能不适用，因此，由供需双方共同来确定使用哪种指数以及在预计的使用环境中该指数的大小是必要的。

附录 B 耐候钢板厚减薄量计算

B. 0. 1 在空气中飘散的盐分作用下，无涂装耐候钢的板厚减少量可由以下公式计算：

$$Y = 0.73 \times \alpha \times C \times \beta \times X \quad (\text{B. 0. 1})$$

式中：Y——钢板板厚减薄量（mm）；

X——耐候钢暴露时间（年）；

α 、 β ——由空气中盐分含量 0.1mdd 以下的数值求得的数据；

C——空气中的盐分含量。

根据该公式，暴露地点的空气中飘散的盐分含量为 0.05mdd 时，耐候钢材在暴露 50 年后的推定板厚减少量分别为 0.24mm~0.25mm（在垂直方向暴露的情况下）、0.29mm~0.30mm（水平方向暴露的情况下）。根据美国和日本相关研究成果，盐分含量在 0.05mdd 以下时的耐候钢板厚减少量为工程上的可接受范围。

引用标准名录

本规程引用下列标准。其中，注日期的，仅对该日期对应的版本适用本规程；不注日期的，其最新版本适用于本规程。

《钢结构焊接规范》GB 50661

《钢的成品化学成品允许公差》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

《低合金钢 多元素含量的测定 电感耦合等离子体原子发射光谱法》GB/T 20125

《金属材料顶锻试验方法》GB/T 233

《计数抽样检验程序》GB/T 288.1

《钢及钢产品 力学性能试验取样位置及试样制备》GB/T 2975

《焊接与切割用保护气体》GB/T 39255

《耐候结构钢》GB/T 4171

《碳素钢和中低合金钢 多元素含量的测定火花放电原子发射光谱法(常规法)》GB/T 4336

《磁性基体上非磁性覆盖层 覆盖层厚度测量 磁性法》GB/T 4956

中国工程建设协会标准

耐候桥梁钢板及其焊接接头防腐性能检测标准

T/CECS XXX—20XX

条文说明