

团 体 标 准

T/CCTAS XX—2021

公路耐候钢桥梁技术规程

Technical Specification For Highway Weathering Steel Bridges

（征求意见稿）

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX – XX – XX 发布

XXXX – XX – XX 实施

中国交通运输协会 发 布

目 次

前 言..... III

1 范围 0

2 规范性引用文件 0

3 术语和定义 1

4 总体要求 1

 4.1 一般规定 1

 4.2 适用环境 2

5 材料 2

 5.1 钢材 2

 5.2 耐候高强螺栓 3

 5.3 焊接材料 4

6 设计 4

 6.1 一般规定 5

 6.2 锈蚀裕量设计 5

 6.3 截面设计 5

 6.4 构造设计 5

7 制造与安装 8

 7.1 一般规定 8

 7.2 工厂制造 8

 7.3 施工安装 9

8 质量验收 9

 8.1 一般规定 9

 8.2 外观检测 9

 8.3 无损检测 9

9 运营维护 10

 9.1 一般规定 10

9.2 检查 10

9.3 评估 10

9.4 维护 11

附 录 A 耐候钢桥的可视病害及其可能原因 12

附 录 B 耐候钢外观锈蚀等级评估 13

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国交通运输协会新技术促进分会提出。

本文件由中国交通运输协会标准化技术委员会归口。

本文件起草单位：安徽省交通规划设计研究总院股份有限公司、辽宁省交通规划设计院有限公司、辽宁顺通装配建造有限责任公、中铁山桥（南通）有限公司、安徽省七星工程测试有限公司、自贡市城市规划设计研究院有限责任公司、江西省宏发路桥建筑工程有限公司、中交路桥建设有限公司、上海市政交通设计研究院有限公司、中铁十一局集团第一工程有限公司、中交路桥南方工程有限公司、中铁建大桥工程局集团有限公司、中铁十一局集团第一工程有限公司、中交路桥华东工程有限公司、中交一公局一公司

本文件主要起草人：

公路耐候钢桥梁技术规程

1 范围

本文件规定了公路耐候钢桥梁的总体要求、材料、设计、制造与安装、检测与验收、运营维护的技术要求。

公路耐候钢桥梁的技术要求除应符合本文件外，尚应符合国家及行业现行有关标准的规定。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 714	桥梁用结构钢
GB/T 1228	钢结构用高强度大六角头螺栓
GB/T 1229	钢结构用高强度大六角螺母
GB/T 1230	钢结构用高强度垫圈
GB/T 1231	钢结构用大六角头螺栓、大六角螺母、垫圈技术条件
GB/T 3323	金属熔化焊焊接接头射线照相
GB/T 4171	耐候结构钢
GB/T 5117	碳钢焊条
GB/T 5118	低合金钢焊条
GB/T 5293	埋弧焊用碳钢焊丝和焊剂
GB/T 8110	气体保护电弧焊用碳钢、低合金钢焊丝
GB/T 8923.1	涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的目视评定
GB/T 10045	碳钢药芯焊丝
GB/T 11345	焊缝无损检测超声检测 技术、检测等级和评定。
GB/T 12470	埋弧焊用低合金钢焊丝和焊剂
GB/T 14957	熔化焊用钢丝
GB/T 17493	低合金钢药芯焊丝
GB/T 26952	焊缝无损检测 焊缝磁粉检测 验收等级
GB/T 26951	焊缝无损检测 磁粉检测
JTG/T 3651	公路钢结构桥梁制造和安装施工规范
JTG/T 3310	公路工程混凝土结构耐久性设计规范

JTG D64	公路钢结构桥梁设计规范
JTG/T 3650	公路桥涵施工技术规范
JT/T 722	公路桥梁钢结构防腐涂装技术条件
JTG 5120	公路桥涵养护规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1 耐大气腐蚀钢 atmospheric corrosion resistant steel

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

3.2 耐大气腐蚀性指数 atmospheric corrosion resistance index

用于评价钢的耐大气腐蚀性能，根据钢材含有的各化学成分的比例及其抵抗腐蚀的程度进行计算。

3.3 耐候钢桥梁 weathering steel bridge

全部或主要受力构件采用耐候钢材的桥梁，分为无涂装耐候钢桥梁和涂装耐候钢桥梁。

3.4 无涂装耐候钢桥梁 bridge with atmospheric corrosion resistance for non-coating use

指利用耐候钢的耐大气腐蚀性能，直接裸露使用或经锈层稳定化后直接使用的耐候钢桥梁。

3.5 稳定锈层 stable rust layer

在良好的环境下，耐候钢材的表面形成的锈层由红褐色、褐色到暗褐色变化，腐蚀速度减缓，最终在钢材表面形成紧贴致密的保护锈层。

3.6 锈蚀裕量 design margin considering the effect of rust

无涂装耐候钢桥梁因形成稳定锈层板厚会损失，在结构设计时，应增加考虑锈蚀影响的板厚损失量，即考虑锈蚀影响的设计裕量。

3.7 锈层稳定化处理 rust layer stabilization treatment

通过周期水浸法、周期稳定剂喷淋法或其他方法使构件表面生成均匀的稳定锈层的过程。

4 总体要求

4.1 一般规定

4.1.1 桥梁用耐候钢在无涂装使用的情况下，其耐大气腐蚀性指数应不小于 6.0，耐大气腐蚀性指数计算方法参考《桥梁用结构钢》（GB/T 714）有关规定。

4.1.2 当桥梁结构采用无涂装耐候钢时，其焊接材料、高强螺栓以及节点拼接钢板均应达到与母材相同的耐候性能

4.1.3 耐候钢桥梁在进行施工之前，应根据现场条件进行必要的焊接工艺试验，以确定相关施工工艺。

4.2 适用环境

4.2.1 在以下情况，不宜采用无涂装耐候钢桥梁：

- a) 距离海岸线5公里以内或空气中氯化物水平超过0.05mdd的区域；
- b) 重腐蚀性工业大气或三氧化硫含量超过2.1mdd区域；
- c) 大量使用融雪剂（除冰盐）且有大量盐分聚集的区域；
- d) 频繁降雨、高湿度、持续大雾以及年平均湿度大于60%区域；
- e) 在水上净空高度小于2.5m的区域；
- f) 钢埋在土壤中的区域。
- g) 通风性条件差或者“类隧道”跨线桥。

4.2.2 无涂装耐候钢在不同的腐蚀环境下，腐蚀速率应小于等于 $5 \mu\text{m}/\text{年}$ 。

4.2.3 当环境不适宜采用无涂装耐候钢桥梁，应加以特殊处理或采用涂装耐候钢桥梁。

5 材料

5.1 钢材

5.1.1 耐候钢的材料、交货状态、力学性能、化学成分等技术标准须符合《桥梁用结构钢》（GB/T 714）的规定。其化学成分应符合表 1 的规定，其力学性能应符合表 2 的规定。

表 1 耐大气腐蚀钢化学成分

牌号	质 量 等 级	化学成分 ^{a,b,c} (质量分数)/%											
		C	Si	Mn ^d	Nb	V	Ti	Cr	Ni	Cu	Mo	N	Als ^e
											不大于		
Q345qNH	D E F	≤ 0.11	0.15 ~ 0.50	1.10 ~ 1.50	0.010 ~ 0.100	0.010 ~ 0.100	0.006 ~ 0.030	0.40 ~ 0.70	0.30 ~ 0.40	0.25~ 0.50	0.10	0.008	0.0 15~ 0.0 50
Q370qNH											0.15		
Q420qNH								0.20					
Q460qNH													
Q500qNH								0.25					
Q550qNH									0.45 ~ 0.70	0.30 ~ 0.45	0.25~ 0.55		

a 铌 、 钒 、 钛 、 铝可单独或组合加入 ， 组合加入时 ， 应至少保证一种合金元素含量达到表中下限规定；Nb+V+Ti ≤0.22%。

b 为控制硫化物形态要进行 Ca 处理 。

c 对耐候钢耐腐蚀性的评定， 参见附录 C。

d 当卷板状态交货时 Mn 含量下限可到 0.50%。

e 当采用全铝 (Alt) 含量计算时 ， 全铝含量应为 0.020%~0.055%。

f NH 表示钢材具有耐候性能。

表 2 耐候钢的力学性能

牌 号	质量等级	拉伸试验 ^{a, b}					冲击试验 ^c	
		下屈服强度 R _{eL} /MPa			抗拉强度 R _m /MPa	断后伸长 率 A/%	温度 ℃	冲击吸收能量 KV ₂ /J
		厚度 ≤50mm	50mm<厚度 ≤100mm	100mm<厚度 ≤150mm				
		不小于						不小于
Q345qNH	D	345	335	305	490	20	-20	120
	E						-40	
Q370qNH	D	370	360	—	510	20	-20	120
	E						-40	
Q420qNH	D	420	410	—	540	19	-20	120
	E						-40	
	F						-60	47
Q460qNH	D	460	450	—	570	18	-20	120
	E						-40	
	F						-60	47
Q500qNH	D	500	480	—	630	18	-20	120
	E						-40	
	F						-60	47
Q550qNH	D	550	530	—	660	16	-20	120
	E						-40	
	F						-60	47

a 当屈服不明显时，可测量 Rp0.2 代替下屈服强度。

b 拉伸试验取横向试样。

c 冲击试验取纵向试样。

5.1.2 耐候钢材应符合设计文件和相关标准的规定，进场材料除应有质量证明文件外，制造厂还应按相关标准进行抽样检验，检验合格后方可使用。

5.2 耐候高强螺栓

5.2.1 耐候高强螺栓副应符合国家标准《钢结构用高强度大六角头螺栓》（GB/T1228）、《钢结构用高强度大六角螺母》（GB/T1229）、《钢结构用高强度垫圈》（GB/T1230）、《钢结构用大六角头螺栓、大六角螺母、垫圈技术条件》（GB/T1231）的规定。

a) 耐候钢桥用螺栓、螺母和垫圈的使用配合可参照表3。

表 3 螺栓、螺母、垫圈的使用配合

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
备注： GB/T 1228《钢结构用高强度大六角头螺栓》、 GB/T 1229《钢结构用高强度大六角头螺母》、 GB/T 1230《钢结构用高强度垫圈》			

b) 耐候高强螺栓的力学性能不应低于同等级的高强螺栓，可参照表4。

表 4 耐候高强螺栓的力学性能要求

螺栓等级	抗拉强度 Rm/MPa	非比例延 伸强度 Rp0. 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
备注：当螺栓的材料直径≥16mm时，根据用户要求，进行常温冲击试验							

5.2.2 耐候高强螺栓、螺母和垫片均采用耐候热轧盘条，耐候高强螺栓的耐大气腐蚀指数与母材相同，要求 $I \geq 6.0$ 。

5.2.3 从耐候高强螺栓产品取样，以同等级普通高强螺栓作为对比试样，进行典型酸性腐蚀环境下的缺口拉伸试验，试验结果应符合“耐候高强螺栓的抗延迟断裂高于普通高强螺栓”的要求。

5.2.4 在气候温和干燥的地区可选用无表面处理的耐候高强螺栓，气候复杂地区应选用表面处理（磷皂化、发黑）的耐候高强螺栓。

5.3 焊接材料

5.3.1 耐候钢焊接所用焊接材料应与主体钢材的性能和成分相匹配，焊接接头应满足无涂装使用的要求，焊接材料的耐大气腐蚀指数不低于母材，并具有产品质量证明书和检验报告。

5.3.2 焊接接头的屈服强度、低温冲击功、延伸率不应低于主体钢材的标准值。

5.3.3 手工焊接采用的焊条应符合现行《碳钢焊条》（GB/T 5117）或《低合金钢焊条》（GB/T 5118）的规定。

5.3.4 自动焊和半自动焊采用的焊丝和焊剂应符合现行《熔化焊用钢丝》（GB/T 14957）、《气体保护电弧焊用碳钢、低合金钢焊丝》（GB/T 8110）、《碳钢药芯焊丝》（GB/T 10045）、《低合金钢药芯焊丝》（GB/T 17493）、《埋弧焊用碳钢焊丝和焊剂》（GB/T 5293）或《埋弧焊用低合金钢焊丝和焊剂》（GB/T 12470）的规定。

6 设计

6.1 一般规定

6.1.1 耐候钢桥梁的结构分析应符合《公路钢结构桥梁设计规范》（JTG D64）的规定，并应充分考虑环境腐蚀对构件和结构性能的影响。

6.1.2 结构受力分析可按线弹性理论进行，即钢结构构件未进入塑性受力状态。当极限状态下结构的变形不能被忽略时，应考虑几何非线性对结构受力的影响。

6.1.3 无涂装耐候钢桥梁在结构设计时，截面板厚应考虑锈蚀裕量；涂装耐候钢桥梁可根据涂装方案确定锈蚀裕量。

6.2 锈蚀裕量设计

6.2.1 无涂装耐候钢桥梁设计，应针对不同腐蚀环境增加耐候钢截面板厚。锈蚀裕量的取值应符合表 5 的规定。

表 5 桥梁用耐候钢在不同腐蚀环境的锈蚀裕量

腐蚀环境分类（根据 ISO9223）	设计增加厚度（mm）	
	外表面	箱梁内部
C1	1	0.5
C2	1	
C3	1	
C4	1.5	
C5	1.5	

6.2.2 无涂装耐候钢桥梁结构整体计算分析（内力、反力计算）时，截面板厚可不扣除锈蚀裕量。

6.2.3 无涂装耐候钢桥梁结构应力计算、挠度计算和整体、局部稳定分析时，截面板厚应扣除锈蚀裕量。

6.3 截面设计

6.3.1 板件宽厚比应满足《公路钢结构桥梁设计规范》（JTG D64）的相关要求。对无涂装耐候钢结构构件，在计算板件宽厚比时应扣除锈蚀裕量。

6.3.2 受压加劲板设计应满足《公路钢结构桥梁设计规范》（JTG D64）的相关要求。对无涂装耐候钢结构构件，在进行受压加劲板设计时，被加劲板及纵、横向加劲肋各板件厚度均应扣除锈蚀裕量。

6.3.3 有效截面计算应满足《公路钢结构桥梁设计规范》（JTG D64）的相关要求。对无涂装耐候钢结构构件，在进行有效截面计算时，截面各相关板件厚度应扣除锈蚀裕量。

6.3.4 耐候钢桥梁在疲劳设计时，可以不考虑腐蚀，但宜加强疲劳细节设计。

6.4 构造设计

6.4.1 钢结构构造

- a) 应将焊缝表面磨平，以防积水。
- b) 主梁间距设置合理，不宜太密以便通风。
- c) 主梁间宜使用K型斜撑，防止水分进入交叉处缝隙。
- d) 工字梁下翼缘宜设置排水坡（图1），防止积水。

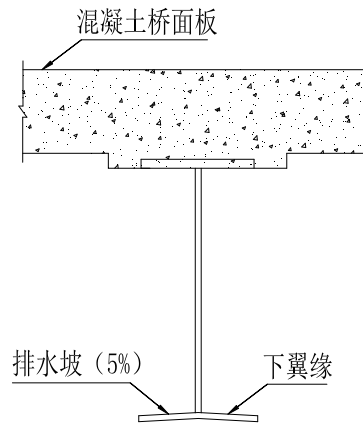


图 1 工字梁下翼缘横坡

- e) 箱梁下翼缘伸出宽度在满足焊接构造要求的前提下宜减小，或者腹板延伸超出下翼缘下表面（图2），防止积水。

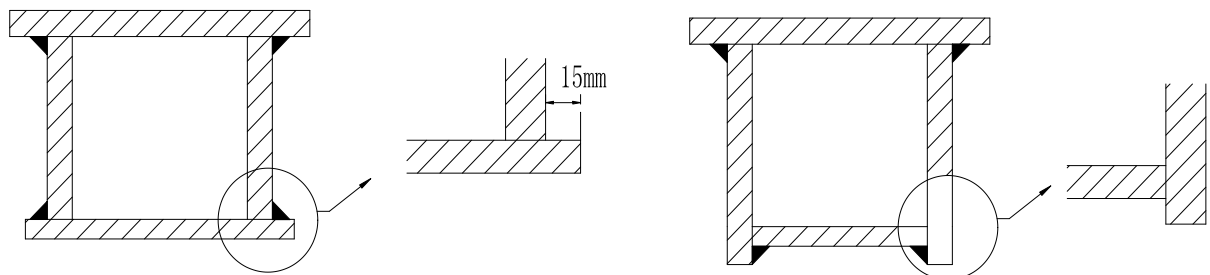


图 2 箱梁下翼缘构造细节

- f) 箱梁内侧宜施以涂装。
- g) 与下翼缘焊接的竖向加劲肋应设计排水通路，不与下翼缘焊接的竖向加劲肋应在翼缘以上至少 30mm 切断（图3）。

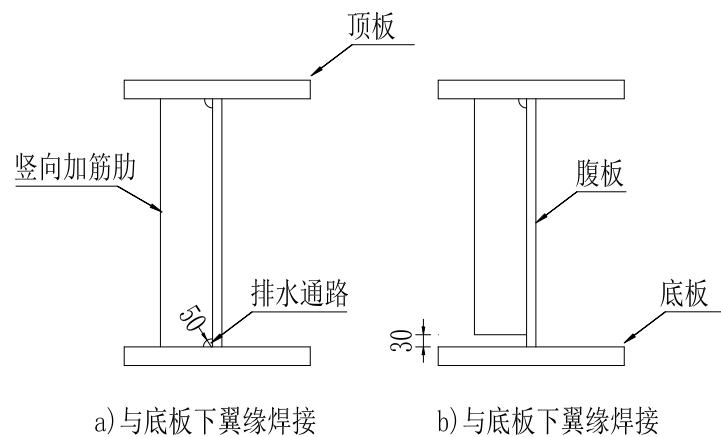


图 3 竖向加劲肋排水构造细节

h) 设置挡水板或者挡水托盘，避免锈水沿外表面流淌，污染桥墩。

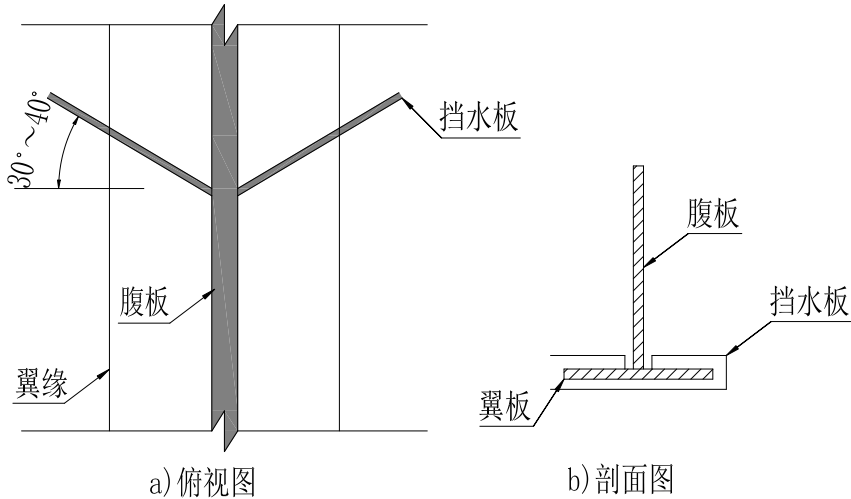


图 4 挡水板构造细节

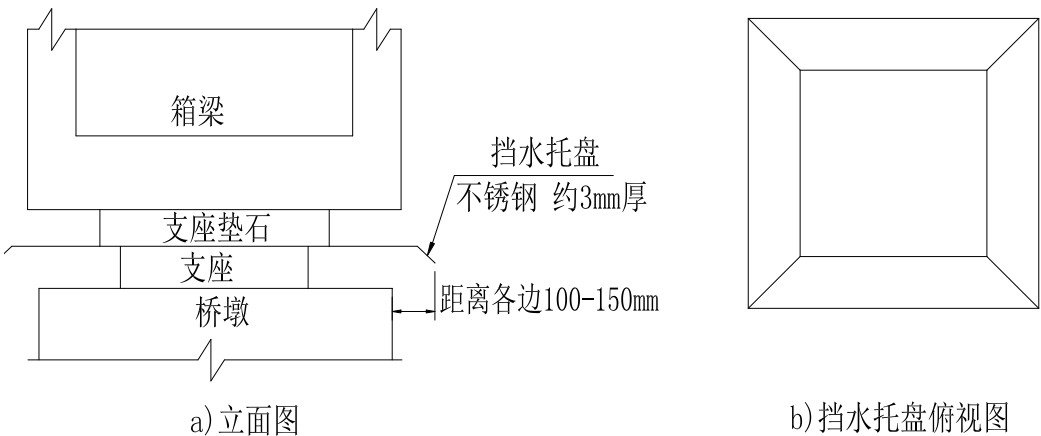


图 5 挡水托盘构造细节

i) 耐候钢与混凝土接触面应进行底漆处理，涂层厚度不应低于100um。底漆宜采用无机富锌底漆或环氧富锌底漆。

6.4.2 梁端部构造

- a) 安装在梁端部的伸缩装置、支座及四周，应进行涂装。
- b) 钢梁端部涂装范围应大于梁高的1.5倍，涂料颜色应匹配耐候钢锈层稳定后的最终颜色。
- c) 支座周围宜通风良好、易于干燥。如在支座下设混凝土垫石，应在盖梁顶面设排水坡。
- d) 梁端背墙宜通风良好、易于干燥，并留有检修空间。
- e) 箱梁梁端下翼缘宜用沥青等适当填料在翼缘上表面设置排水坡。

6.4.3 混凝土桥面板构造

- a) 混凝土桥面板边缘应设置滴水构造，防止水沿混凝土板下缘流到钢梁。

- b) 耐候钢与混凝土桥面板的交界面应采用密封剂密封。
- c) 混凝土桥面板防水层应采用高性能防水材料，当设有人行道时，防水层应铺满包括人行道的整个桥面，以防止除冰盐渗透到钢构件表面。

6.4.4 焊缝连接

- a) 设计中不得任意加大焊缝，宜避免焊缝立体交叉、重叠和过分集中。焊缝宜对称布置于杆件的轴线。
- b) 焊接设计时宜考虑减少在桥位的焊接作业量，焊接顺序的设计应避免仰焊作业，并宜减少周边构件对焊件的约束。
- c) 受力构件焊接不得采用圆孔和槽口塞焊，必要时应采用特殊的坡口并制定专门的焊接工艺。
- d) 焊缝的其他规定应符合《公路钢结构桥梁设计规范》（JTG D64）的规定。

6.4.5 高强螺栓连接

- a) 为防止由于毛细作用导致水分和溶解污染物进入螺栓连接缝隙，耐候高强螺栓中心和边缘距离应符合下列规定：
 - 1) 靠近边缘的螺栓间距不应超过最薄构件厚度的14倍，且不应超过175毫米。
 - 2) 螺栓中心到板的最近自由边的距离不应超过最薄构件厚度的8倍，且不应超过125毫米。如果螺栓间距不满足上述要求时，应使用合适的密封剂防止螺栓连接缝隙的腐蚀。
- b) 螺母或螺帽与钢板接头处以及耐候钢板之间可能产生毛细现象导致生锈鼓包处，宜用富锌涂料涂覆，周围采用硅酮密封胶密封。
- c) 耐候高强螺栓其他规定应符合《公路钢结构桥梁设计规范》（JTG D64）的规定。

6.4.6 附属物

- a) 泄水管横向引流应保证坡度，并避免在钢结构表面设置接头；泄水管竖向应伸出主梁下翼缘之外，注意防止水流飞溅。
- b) 栏杆、隔离带等部位，不宜使用耐候钢。
- c) 水管管道附挂于桥上时，应采用必要的措施，防止由于管道内外温差产生的结露浸湿钢结构。
- d) 伸缩缝处宜设置非金属排水系统，防止锈蚀影响梁端耐候钢锈层稳定。

7 制造与安装

7.1 一般规定

7.1.1 耐候钢桥梁的制造与安装应符合《公路钢结构桥梁制造和安装施工规范》（JTG/T 3651）的规定，并应充分考虑环境对形成稳定锈层的影响。

7.1.2 耐候钢桥梁在存储、运输、安装过程中应保护各部分免受污染和损坏，避免形成腐蚀陷阱。

7.2 工厂制造

7.2.1 钢材表面处理

- a) 表面除锈等级应达到GB/T 8923.1 规定的Sa2~Sa2½级。
- b) 耐候钢表面应清除表面油、油脂、切削化合物、局部焊接飞溅物或其他焊接残留物、污垢、锈

垢和异物。确保表面颜色均匀，无可见残留物。

7.2.2 锈层稳定化处理

- a) 周期水浸法:喷砂除锈后的钢构件进行洒水处理,须维持干湿交替状态,每天至少干湿循环3次,至少进行3个月,使构件表面生成致密均匀的锈层。
- b) 周期稳定剂喷淋法:喷砂除锈后的钢构件喷淋锈层稳定剂,每天1~3次,至少进行1个月,使构件表面生成致密均匀的锈层。

7.2.3 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0.55,架设时不小于0.45,其摩擦面可采用喷砂除锈后涂无机富锌防锈防滑涂料进行涂装处理。

7.3 施工安装

7.3.1 钢材吊运过程中应避免磕碰和边缘损伤,运输时盐分的附着量须在 $100\text{mg}/\text{m}^2$ 以下,途中不得沾染污物;为避免擦触、碰撞,宜在表面设置防护膜。

7.3.2 耐候钢材表面沾染的尘埃或油脂污物应及时去除。

7.3.3 耐候钢桥在铆接、栓接和焊接过程中应确保接头处匹配良好且紧密。

7.3.4 耐候钢桥梁焊接预热温度和道间温度应根据钢材的化学成分、接头的拘束状态、热输入大小及所采用的焊接方法等因素综合考虑确定或仅需焊接试验以确定实际工程结构施焊时的最低预热温度,最大道间温度不宜超过 180°C 。

7.3.5 耐候钢桥梁构件的焊接应符合《公路钢结构桥梁制造和安装施工规范》(JTG/T 3651)的规定。

7.3.6 耐候高强螺栓的安装应符合《公路钢结构桥梁制造和安装施工规范》(JTG/T 3651)和《钢结构高强度螺栓连接技术规程》(JGJ82)的规定。

8 质量验收

8.1 一般规定

8.1.1 耐候钢桥梁应进行质量检验与验收,并应符合《公路工程质量检验评定标准》(JTG F80)的规定。

8.1.2 桥梁耐候钢构件制造完成后应按照《公路钢结构桥梁制造和安装施工规范》(JTG/T 3651)的规定进行检验,出厂前进行验收。

8.2 外观检测

8.2.1 耐候钢桥梁表面应均匀一致,不应有尘土、油脂、不均匀锈斑等。

8.2.2 所有焊缝待焊缝金属冷却后进行外观检查,并填写检查记录。所有焊缝应无裂纹、未熔合、焊瘤、夹渣、未填满弧坑及漏焊等焊接缺陷。外观检查不合格的焊接构件,在未进行处理并满足要求之前,不进入下一道工序。

8.2.3 耐候钢桥梁焊缝外观检测质量标准应符合《公路钢结构桥梁制造和安装施工规范》(JTG/T 3651)的相关规定。

8.3 无损检测

8.3.1 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《公路钢结构桥梁制造和安装施工规范》(JTG/T 3651)的规定。

8.3.2 无损检测应在外观检测合格后进行。耐候钢桥梁钢结构应以焊接完成24h后无损检测结果作为验

收依据；当钢材板厚不小于 40mm 时，以焊接完成 48h 后无损检测结果作为验收依据。

8.3.3 采用超声波、射线、磁粉等多种方法检验的焊缝，应达到各自的质量要求，该焊缝方可认为合格。

8.3.4 超声波检测设备 & 工艺要求应符合现行国家标准《焊缝无损检测超声检测 技术、检测等级和评定》（GB/T 11345）的规定。

8.3.5 射线探伤应符合现行国家标准《金属熔化焊焊接接头射线照相》（GB/T 3323）的规定。

8.3.6 磁粉探伤应符合国家标准《焊缝无损检测磁粉检测》（GB/T 26951）的规定，合格标准应符合《焊缝无损检测焊缝磁粉检测验收等级》GB/T 26952）的规定。

9 运营维护

9.1 一般规定

耐候钢桥梁的运营维护应符合《公路桥涵养护规范》（JTG5120）的规定，并应注重对特殊区域、锈层外观以及板厚的检查、评估。

9.2 检查

9.2.1 对耐候钢桥特殊区域，包括伸缩缝附近、螺栓连接部位、焊接部位、排水通道及混凝土与耐候钢界面密封处，应当间隔不超过1年检测一次。

9.2.2 对耐候钢桥梁日常检查，应当依据锈层外观变化、板厚测定，评估锈层腐蚀状况。锈蚀评价应以外观目测检查为主。

9.2.3 对耐候钢桥目测检查时，应包含桥梁上部构件、下部构件及附属设施，常见病害及可能原因参考附录A。

9.2.4 若目测锈层较差，可采用放大镜等微观检测方法，并用超声波测量在安装阶段标记处的钢板厚度，宜每隔6年测量一次，通过测量钢板厚度的变化来反推锈层厚度，18年后构件的预计损失超过结构寿命的允许值，需要采取处理措施。

9.2.5 宜对耐候钢桥梁腐蚀关键点（如梁端区域、高强螺栓连接部位、焊接部位、混凝土与耐候钢界面密封处、结构受力较大区域等）进行腐蚀速率监测，每隔6年采用超声波测量法测量1次，以验证预留的钢板厚度是否满足要求。不同环境下的腐蚀速率应当满足4.2.2要求。

9.3 评估

9.3.1 耐候钢的锈蚀外观评价应重点观察锈层表面颜色、均匀性、致密度，评估是否稳定，锈蚀外观评估等级可参考附录B。

9.3.2 各类锈蚀等级的处置方法见下表：

表 6 桥梁用耐候钢在不同腐蚀环境的设计裕量（环境分类规范说明）

锈蚀等级	锈层状态说明	处置方法
等级 5	外观：锈蚀量少，呈现相对明亮的颜色 锈蚀厚度：小于约 200 μm	不需要
等级 4	外观：锈蚀大小在 1mm 以下，细小均匀 锈蚀厚度：小于约 400 μm	不需要

等级 3	外观：锈蚀大小在 1~5mm 左右，粗糙 锈蚀厚度：小于约 400 μm	不需要
等级 2	外观：锈蚀大小在 5~25mm 左右，鳞片状 锈蚀厚度：小于约 800 μm	需要观察锈层发展进程今后处置
等级 1	外观：锈蚀有层状剥离 锈蚀厚度：超过约 800 μm	测量板厚，进行维修、涂装或更换

9.4 维护

9.4.1 当耐候钢构件表面锈层呈蓬松状时，表明该区域存在严重的局部性腐蚀问题，应及时确定原因和采取纠正措施。

9.4.2 耐候钢桥可能有水、潮湿以及容易造成积水的部位，如排水管和伸缩缝的漏水等，应当进行重点调查并提出处理措施。

9.4.3 耐候钢结构表面的污垢和碎屑应采用低压力水冲洗，确保构件表面清洁、干净。

9.4.4 当监测表明在设计寿命周期内，桥梁钢板厚度损耗将超过设计锈蚀裕量，应对钢梁采取适当的保护措施，如进行涂装等。

附 录 A
耐候钢桥的可视病害及其可能原因

构件	病害性质	成因
桥台墩柱	底板、墩壁上的锈迹	伸缩缝滴水、排水管掉落。通风不充分
	灰尘、碎屑在桥墩盖梁上的沉积	风吹的灰尘、鸟巢及排泄物
	桥台裂纹	冻害
	主梁穿过混凝土桥墩处的裂缝腐蚀	混凝土收缩及裂缝形成。
支座	水分、灰尘、碎屑的堆积；薄片状锈迹	内部区域，通风不畅，伸缩缝漏水。
主梁	交通面剥落	交通喷雾
	锈屑从腹板掉落至下翼缘并发展成薄层锈迹	长时间潮湿；盐分侵蚀；排水从接缝漏出并沿翼缘流淌
	腹板下方 150mm 剥落	水分由于毛细作用寄居在下翼缘顶面
	加劲肋、翼缘、腹板连接处碎屑堆积	风吹碎屑被凹角截留
横梁	细粒度氧化膜	交通喷雾经常含有除冰盐
	伸缩缝附近有薄片状腐蚀	伸缩缝处漏水
箱梁	箱梁内水分积聚	端部未完全密封。舱门未用垫层密封。没有用填充剂填满缺口
桁架	桁架连接处水分碎屑堆积	桁架交叉处连接板截留
横撑	水平连接板、T 型横撑处水分碎屑堆积	凹角截留
	交叉支撑、连接板之间裂缝侵蚀	存在裂缝；螺栓间距过大；焊缝不连续
隔板	可能出现与横撑相同问题	与横撑相同
螺栓焊缝	螺栓处裂缝腐蚀	螺栓间距大且与边缘距离远
	螺栓焊缝加速腐蚀。	耐候钢构件与不锈钢焊缝螺栓接触腐蚀
	焊缝处裂纹腐蚀。	构件没有四周焊，导致水分进入；焊缝不连续
混凝土下部结构和铺装	锈迹	上部构件滴水 and 流水。

附录 B

耐候钢外观锈蚀等级评估

耐候钢的锈蚀外观评价等级可参考下表：

外观锈蚀等级评估

锈蚀等级	参照图片	说明
等级 5		外观：锈蚀量少，呈现相对明亮的颜色 锈蚀厚度：小于约 200 μm
等级 4		外观：锈蚀大小在 1mm 以下，细小均匀 锈蚀厚度：小于约 400 μm
等级 3		外观：锈蚀大小在 1~5mm 左右，粗糙 锈蚀厚度：小于约 400 μm
等级 2		外观：锈蚀大小在 5~25mm 左右，鳞片状 锈蚀厚度：小于约 800 μm
等级 1		外观：锈蚀有层状剥离 锈蚀厚度：超过约 800 μm