



T/CECS xxxx-202x

中国工程建设协会标准

耐候桥梁钢与耐候钢-不锈钢复合板构件设计标准

Design standard for weather-resistant bridge steel and
weather-resistant steel-stainless steel composite panel members

(征求意见稿)

202x 年

中国计划出版社

中国工程建设标准化协会标准

耐候桥梁钢与耐候钢-不锈钢复合板构件设计标准

Design standard for weather-resistant bridge steel

and weather-resistant steel-stainless steel composite panel members

T/CECS xxxx-202x

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：2 0 2 x 年 x 月 x 日

中国计划出版社

202x 北京

前 言

《耐候桥梁钢与耐候钢-不锈钢复合板构件设计标准》（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 年第一批工程建设协会标准制定、修订计划的通知》（建标协字〔2024〕15 号）的要求进行编制。

耐候钢具有优异的耐腐蚀性，是桥梁工程领域的一种重要结构材料。为规范和指导桥梁设计及建造中耐候钢的使用，保证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标准。

本标准共分为 9 章，主要内容包括：总则、术语和符号、基本规定、材料、梁式构件设计、桥面和桥面系设计、构建连接设计、防护及维护设计、支座设计。

本标准的某些内容可能直接或间接涉及专利，本规程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	6
2 术语和符号	7
2.1 术 语.....	7
2.2 符 号.....	8
3 基本规定	10
3.1 一般规定.....	10
3.2 适用环境.....	10
4 材料	11
4.1 主体材料.....	11
4.2 连接材料.....	11
5 梁式构件设计	13
5.1 一般规定.....	13
5.2 钢板梁.....	13
5.3 钢箱梁.....	15
5.4 钢桁梁.....	16
6 桥面和桥面系设计	19
7 构件连接设计	21
7.1 一般规定.....	21
7.2 焊接连接.....	21
7.3 栓钉连接.....	22
8 防护及维护设计	24
8.1 防护设计.....	24
8.2 维护设计.....	24
9 支座设计	25
引用标准名录.....	26
附：条文说明.....	29

Contents

1 General provisions	6
2 Terms and symbols	7
2.1 Terms	7
2.2 Symbols	8
3 Basic requirements	10
3.1 General provisions	10
3.2 Applicable environment	10
4 Material	11
4.1 Main material	11
4.2 Connection materials	11
5 Design of beam members	13
5.1 General provisions	13
5.2 Steel plate girder	13
5.3 Steel box girder	15
5.4 Steel truss girder	16
6 Bridge deck and deck system design	19
7 Component connection design	21
7.1 General provisions	21
7.2 Welded connection	21
7.3 Peg connection	22
8 Protection and maintenance design	24
8.1 Protection design	24
8.2 Maintenance design	24
9 Support design	25
List of quoted standards	21
Addition: explanation of provisions	23

1 总 则

1.0.1 为规范和指导耐候桥梁钢与耐候钢-不锈钢复合板构件的设计、施工和维护，保证桥梁工程中应用耐候钢构件的质量，做到安全使用、技术先进、经济合理，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于高海拔、大温差区域道路上新建永久性桥梁的构建设计。

1.0.3 耐候桥梁钢与耐候钢-不锈钢复合板构件的设计除应符合本标准外，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 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。

2.1.2 钢板梁 Steel plate girder

是一种由钢板、角钢等组成的工字形截面梁，它通过焊接或铆接的方式连接而成。

2.1.3 钢箱梁 Steel box girder

指截面为矩形、平行四边形或其它异形的心空钢梁。

2.1.4 钢桁梁 Steel truss girder

是一种常见的金属结构,由多个钢板焊接而成,呈现出桁架结构,其主要作用是支撑建筑物的重量和承受建筑结构中的水平荷载和垂直荷载,具有高强度、轻质、刚性好等特点。

2.1.5 桥面和桥面系 Bridge and bridge floor system

支撑桥面荷载并传递给主梁的桥面结构。

2.1.6 支座 bearing

支撑上部结构并使上部结构固定于一定位置的部件，可根据其材料、变形形态或形状进行分类。按支座所用材料，可分为橡胶支座、钢支座、聚四氟乙烯支座等；按变形形态，可分为滑动支座、固定铰支座等；按形状，可分为弧形支座、球形支座等。

2.1.7 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。

2.1.8 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。

2.1.9 钢梁 steel beam

以钢材作为主要建筑材料的梁。

2.1.10 强度 strength

材料或构件受力时抵抗破坏的能力。

2.1.11 刚度 stiffness; rigidity

结构或构件抵抗变形的能力。

2.1.12 变形 deformation

作用引起的结构或构件中各点间的相对位移。

2.1.13 挠度 deflection

在弯矩作用平面内，结构构件轴线或中面上某点由挠曲引起垂直于轴线或中面方向的线位移。

2.1.14 预拱度 camber

为抵消桥跨结构在荷载作用下产生的挠度，而在制作时所预留的与挠度方向相反的校正量

2.2 符 号

2.2.1 作用和作用效应设计值

M —弯矩；

N —轴心拉力或轴心压力设计值；

V —剪力；

P —高强度螺栓的容许抗滑承载力；

I —截面惯性矩

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；

L_0 —构件计算长度；

r —回转半径；

λ —构件长细比；

A —截面积；

h —构件的高度

b —构件的宽度

h_f —焊脚尺寸

μ_d —局部稳定修正系数；

I —耐候钢耐大气腐蚀性指数。

3 基本规定

3.1 一般规定

3.1.1 耐候钢结构的构件设计宜标准化，使同型构件能互换。结构应便于加工、运输、安装、检查和养护。

3.1.2 当环境不适宜时，耐候钢桥梁构件应加以特殊处理或采用涂装耐候钢桥梁构件。

3.1.3 当设计采用耐候钢桥梁时，应进行环境评估，选择适应的耐候钢材，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 GB/T 714 有关规定。

3.2 适用环境

3.2.1 耐候钢构件所处位置大气腐蚀性等级的评估应按照现行国家标准《金属和合金的腐蚀大气腐蚀性分类》GB/T 19292.1 的有关规定评估耐候钢的适用性。

3.2.2 无涂装耐候桥梁钢构件适用于大多数地区。

3.2.3 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，涂装应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017-2017 和中国工程建设协会标准《钢结构防腐蚀涂装技术规程》CECS 343 的有关规定。

4 材料

4.1 主体材料

4.1.1 当桥梁结构构件采用耐候钢时，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。

4.1.2 桥梁构件用耐候钢材料性能应符合现行国家标准《耐候结构钢》GB/T 4171、《焊接结构用耐候钢》GB/T 4172 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。

4.1.3 耐候钢板尺寸、外形、重量及允许偏差应符合现行国家标准《建筑结构用钢板》GB/T 19879、《冷轧钢板和钢带的尺寸、外形、重量及允许偏差》GB/T 708、《热轧钢板和钢带的尺寸、外形、重量及允许偏差》GB/T 709 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。

4.1.4 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/T 5313 的有关规定。

4.1.5 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。

4.1.6 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

4.2.1 桥梁用耐候钢构件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《非合金钢及细晶粒钢焊条》GB/T5117 有关耐候钢焊条，现行国家标准《不锈钢焊条》GB 983 有关不锈钢焊条的相关规定。

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/T 37612、《耐蚀合金焊带和焊丝通用技术条件》GB/T 37609 有关规定。

4.2.2 桥梁耐候钢构件焊接应满足标准：

1 两种不同强度级别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 桥梁用耐候钢构件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国家标准《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/T 1229、《钢结构用高强度垫圈》GB/T 1230的有关规定执行。

5 梁式构件设计

5.1 一般规定

- 5.1.1** 普通耐候钢焊接板梁应采用三块钢板焊接而成。当板厚不能用其他方法解决时可采用外贴翼缘钢板的形式，外贴翼缘板宜用一块耐候钢板。
- 5.1.2** 应保证足够的翼缘宽度，防止弯扭失稳；应在支点处设置横梁，防止板梁在制作、运输、安装架设过程中出现过大变形和丧失稳定。
- 5.1.3** 应设计构件截面和制作工艺时，宜避免和减少应力集中、残余应力以及次应力。避免不必要的溶透焊，顶底板与腹板应采用角焊缝。
- 5.1.4** 简支耐候钢板梁横向宽度（两主梁中心距）不应小于跨度的 $1/15$ ，且不应小于 2.2m 。
- 5.1.5** 焊接板梁的外层盖板中断时，应伸出理论断点之外，其延伸部分的长度由计算确定。外层盖板中断后，应将板端沿板宽度方向加工成不陡于 $1:4$ 的斜边，厚度方向加工成不陡于 $1:8$ 的斜坡，末端宽度不宜小于 20mm ，厚度可为焊脚高度加 2mm 。
- 5.1.6** 耐候钢或耐候钢-不锈钢复合钢箱梁应设置进入箱内的检修通道和排水孔。
- 5.1.7** 钢桁梁主桁杆件截面可采用 H 形或箱形，上、下平面纵向联结系和横向联结系构件截面可采用 I 形、L 形或 T 形。
- 5.1.8** 钢桁梁简支桁梁及连续桁梁的边跨，其宽度与跨度之比不宜小于 $1/20$ ，连续桁梁中跨的宽跨比不宜小于 $1/25$ 。
- 5.1.10** 钢桁梁箱型杆件盖板宜与腹板顶面齐平，端隔板外易积水处应设置排水孔。

5.2 钢板梁

5.2.1 翼缘设计应满足以下要求：

1 板梁翼缘的拼接板净面积应较被拼接部分的净面积增大 10% 。板梁腹板拼接时，应将拼接板成对地设置在腹板的两侧，拼接板总厚度应大于被拼接腹板的厚度，拼接板净截面抵抗矩应大于被拼接腹板的净截面抵抗矩。

2 支承桥枕的铆接或焊接板梁，上翼缘宽度不宜小于 240mm 。焊接板梁翼缘板的伸出长度（从腹板中心算起）与厚度之比不应超过 10 。

3 焊接板束的侧面角焊缝宜采用自动焊或半自动焊，由宽板至窄板的边缘距离，不应小于 50mm 。相互叠合的翼缘板侧面角焊缝尺寸应相等。

4 翼缘板与腹板的连接可采用角焊缝，腹板两侧有效焊缝厚度之和应大于腹板的厚度；也可将翼缘板与腹板的连接采用全焊透焊缝。

5 翼缘拼接焊缝与腹板拼接焊缝错开距离不宜小于 10 倍腹板厚度，且拼接不应布置在应力最大位置。

5.2.2 设计焊接板梁加劲肋时，在构造上应满足以下要求：

1 与腹板对接焊缝平行的加劲肋，应设在距对接焊缝不小于 $10t_w$ 或不小于 100mm 的位置；

2 与腹板对接焊缝相交的加劲肋，加劲肋及其焊缝应连续通过腹板焊缝纵向加劲肋与横向加劲肋相交时，横向加劲肋宜连续通过；

3 横向加劲肋与梁的翼缘板焊接时，应将加劲肋切出不大于 5 倍腹板厚度的斜角；

4 纵向加劲肋与横向加劲肋的相交处，宜焊接或栓接。

5.2.3 板梁应在端支承和其他传递集中外力处设置成对的竖向加劲肋，加劲肋的伸出肢应与梁的支承翼缘磨光顶紧。加劲肋的设置还应符合下列规定：

1 支承加劲肋的伸出肢宽厚比不应大于 12。

2 支承加劲肋应按压杆设计，其截面为加劲肋加每侧不大于 15 倍腹板厚的腹板，计算长度为支承处横向联结系上、下两节点间距的 0.7 倍。

3 支承加劲肋应检算其伸出肢与翼板顶紧部分的支承压力。

5.2.4 承加劲肋应按压杆设计。对由两块板或角钢组成的加劲肋，承压截面为加劲肋及填板的截面加每侧由加劲肋中轴算起不大于 12 倍板厚的腹板截面；对由四块板或角钢组成的加劲肋，承压截面为四块加劲肋及填板截面所包围的腹板面积（铆接梁仅为加劲角钢和填板），另加上不大于 24 倍板厚的腹板截面。

5.2.5 端加劲肋设计应符合以下要求：

1 端部加劲肋伸出的宽度应为厚度的 12.5 倍；

2 在对端加劲肋受压状态的检算中，加劲肋与腹板为焊接连接构造的情况下，取腹板厚度的 24 倍的范围作为由腹板与端加劲肋组成的立柱的有效截面积。

5.2.6 翼缘的上下平面内宜设纵向联结系。

5.2.7 钢板梁间应设置横向联结系，并满足以下要求：

1 宜与梁的上、下翼缘连接，间距不宜大于受压翼缘宽度的 30 倍；

2 支承处必须设置端横梁；

3 下承式钢板梁桥的横梁宜设置肱板与腹板加劲肋连接。

5.3 钢箱梁

5.3.1 正交异性钢桥面板最小板厚应符合下列规定：

1 行车道部分的钢桥面板顶板板厚不应小于 14mm，加劲肋的最小板厚不应小于 8mm。(钢桥面板具有足够的刚度)；

2 人行道部分的钢桥面板顶板板厚不应小于 10mm。

5.3.2 正交异性钢桥面板承载能力极限状态设计冲击系数应取 0.4。

5.3.3 正交异性钢桥面板纵向加劲肋应满足以下要求：

1 宜等间距布置；不等间距布置时，最大间距不宜超过最小间距的 1.2 倍；

2 应连续通过横向加劲肋或横隔板，加劲肋与顶板焊缝的过焊孔宜采用堆焊填实，焊缝应平顺；

3 闭口纵向加劲肋与顶板焊接熔透深度不得小于加劲肋板厚的 80%，焊缝有效喉高不得小于加劲肋板厚；

4 闭口纵向加劲肋应完全封闭。

5.3.4 正交异性钢桥面板横向加劲肋间距应满足以下要求：

1 闭口纵向加劲肋，横向加劲肋或横隔板的间距不宜大于 4m；

2 开口纵向加劲肋，横向加劲肋或横隔板的间距不宜大于 3m。

5.3.5 在车辆荷载作用下，正交异性桥面顶板的挠跨比 D/L 不应大于 $1/700$ 。

5.3.6 箱梁悬臂部分不设加劲肋时，受压翼缘的伸出肢宽不宜大于其厚度的 12 倍，受拉翼缘的伸出肢宽不宜大于其厚度的 16 倍。

5.3.7 翼缘板应按以下规定设置纵向加劲肋：

1 腹板间距大于翼缘板厚度的 80 倍或翼缘悬臂宽度大于翼缘板厚度的 16 倍时，应设置纵向加劲肋；

2 受压翼缘加劲肋间距不宜大于翼缘板厚度的 40 倍，应力很小和由构造控制设计的情况下可以放宽到 80 倍。受拉翼缘加劲肋间距应小于翼缘板厚度的 80 倍；

3 受压翼缘悬臂部分的板端外缘加劲肋应为刚性加劲肋。

5.3.8 支点处横隔板应符合下列规定：

1 支点处必须设置横隔板，形心宜通过支座反力的合力作用点；

2 横隔板支座处应成对设置竖向加劲肋；

- 3 横隔板与底板的焊缝应完全熔透；
- 4 人孔宜设置在支座范围以外的部分。

5.3.9 非支点处横隔板应符合下列规定：

- 1 横隔板应有足够的刚度和强度；
- 2 横隔板与顶底板和腹板可采用角焊缝连接。

5.4 钢桁梁

5.4.1 桁架杆件重心线应在各节点处交会于节点中心，否则应考虑偏心影响。支座铰点和弦杆中心线不在同一高程时，应考虑纵向力对节点的偏心影响。

5.4.2 主桁杆件的计算应符合下列规定：

- 1 构件节点可假定为铰接进行计算；
- 2 当主桁杆件截面高度与其节点中心间距之比，非整体节点的简支桁梁大于 1/10，连续梁支点附近的杆件及整体节点钢桁梁杆件大于 1/15 时，应计算其节点刚性的影响；由该节点刚性引起的次力矩应乘以 0.8，与轴向力一并进行承载能力极限状态的强度检算。

5.4.3 作为桥门架腿杆的主桁斜杆或竖杆，应计算桥门架受横向力时产生的轴向力和弯矩。计算时应视桥门架为下端固定的框架。由于风力作用使桥门架斜腿所产生的轴向力的水平分力，应计入下弦杆杆力之内。

5.4.4 多腹杆系桁架中的竖杆兼作横向联结系的组成杆件时，在桁高中部的连接部分应满足横向联结系平面内所需的抗弯刚度要求。

5.4.5 桁架杆件的轴向力可按节点为铰接的假定计算。当主桁杆件截面高度与节长之比在连续桁梁中大于 1/15，简支桁梁中大于 1/10 时，应计算由于节点刚性引起的次应力。

5.4.6 杆件拼接应符合下列规定：

- 1 受拉杆件的拼接板净面积应较被拼接部分的净面积大 10%；
- 2 受压杆件的拼接板有效面积（ A_m ）应大于被拼接压杆有效面积的 10%。

当在节点内拼接时，拼接板的受压容许应力折减系数可采用 0.9；在节点外拼接时，可与压杆的受压容许应力折减系数相同；

- 3 受压杆件接头采用磨光顶紧时，接头处拼接板的毛面积可按被拼接部分的毛面积 50% 计算。

5.4.7 节点板任何连接截面的撕破强度应较各被连接杆件的强度大 10%。在检算

时，其净面积上的容许应力应符合下列规定：

1 垂直于被连接杆件中线的截面部分应采用基本容许应力 $[\sigma]$ ；

2 与被连接杆件中线倾斜相交或平行的截面部分应采用 $0.75[\sigma]$ 。

5.4.8 节点板应与杆件的接触面全部密贴。在支承处，节点板宜低于桁梁下弦 10mm~15mm，下缘应磨光与支承垫板顶紧。

5.4.9 主桁拼接板的总净截面面积应较被拼接杆件的净截面面积大 10%。被拼接的两弦杆的截面不等时，拼接板应按截面较大的弦杆来计算。

5.4.10 拼接式节点板构造应满足以下要求：

1 对焊接 H 形截面杆件，当采用高强度螺栓或铆钉固接于节点板上时，应栓接或铆接于翼缘板。拼接用高强度螺栓或铆钉的数量，应考虑腹板面积。此时杆件腹板伸入节点板中的长度，不应小于腹板宽度的 1.5 倍。连接杆件的高强度螺栓或铆钉应和杆件的轴线相对称；

2 按轴向力和节点刚性弯矩共同作用进行验算时，应验算仅受轴向力作用下杆件的受力；

3 直接承受荷载的弦杆，当在节点外作用有竖向荷载时，除作为桁架的杆件承受轴向力外，还应同时作为杆件计算竖向荷载所产生的弯矩，此时应考虑该弦杆的节点刚性作用。

5.4.11 整体节点构造应满足以下要求：

1 节点板圆弧半径宜大于二分之一弦杆高度；

2 节点板与弦杆竖板对接焊缝宜在弧端以外 100mm 以上，该对接焊缝与相邻横隔板的间距也应在 100mm 以上；

3 节点内应设置横隔板，当存在横梁时应与横梁腹板相对应。

5.4.12 钢桁梁应设置上、下平面纵向联结系。纵向联结系不宜采用三角形或菱形桁架。当桥面置于纵、横梁体系上时，平面内可不设纵向联结系。

5.4.13 上承式桁梁应在两端及跨间设横向联结系。下承式桁梁应在两端设桥门架，跨间设门架式横向联结系，其间距不宜超过两个节间。开口式桁架应在每个横梁竖向平面内设置半框架。

5.4.14 当桥面板置于纵横梁体系上时，应考虑桥面板与桁架最大温差效应及纵向水平力的影响（纵向水平力含建造安装时桥面板横向焊缝所产生的纵向力）。

5.4.15 直接承受汽车荷载的横梁，其下翼缘宜在距离节点板 10cm 处切断。

6 桥面和桥面系设计

6.0.1 钢桥宜采用整体桥面，时速 160km/h 及以下客货共线及重载铁路可采用明桥面。明桥面纵梁的中心距不得小于 2m，桥枕与纵（板）梁应采用可靠的连接方式，不宜采用钩头螺栓连接。

6.0.2 纵横梁腹板之间采用角钢连接时，应符合下列规定：

1 当设有鱼形板、牛腿或其他能承受支点弯矩的结构时，则纵梁与横梁的连接应能承受全部纵梁纵向力和支点弯矩，该弯矩可按纵梁跨中弯矩的 0.6 倍计算，而连接纵横梁腹板的角钢肢上的栓（钉）数量应按简支反力增加 10% 计算。

2 当不设承受支点弯矩的结构时，在连接于纵梁的竖角钢肢上的栓（钉）数量应按简支反力增加 20% 计算。在连接于横梁的竖角钢肢上的栓（钉）数量应按简支反力增加 40% 计算。

6.0.3 横梁与主梁（主桁）采用角钢连接时，应符合下列规定：

1 当不设承受支点弯矩的结构时，在连接于横梁的竖角钢肢上的栓（钉）数量，应按简支反力增加 10% 计算，在连接于主梁（主桁）的竖角钢肢上的栓（钉）数量，按支点反力增加 20% 计算；双线和公铁两用梁应根据计算确定；

2 当设有能承受支点弯矩的结构时，则全部弯矩由该结构承受，而连接横梁和主梁（主桁）的竖角钢肢上的栓（钉）数量仍按支点反力增加 10% 计算。

6.0.4 横梁参与横向框架计算时，应符合下列规定：

1 横梁作为框架或半框架的一部分时，所承受的支点弯矩可按附录 B 的规定计算；

2 对于半穿式钢梁的横梁，应计入横向半框架的水平抗力所产生的附加弯矩，并按主力组合进行验算。该水平抗力系作用于受压翼缘（或弦杆）的截面重心处，方向朝半框架内；大小为受压翼缘（或受压弦杆）纵向力的 1%；

3 当横梁兼作支承处横向联结系撑杆时，还应考虑其作为撑杆所受的力。

6.0.5 桥面系计算时，除必须按纵横梁单独受载的情况计算外，还应计算与主桁弦杆或主梁翼缘共同受力引起的纵梁轴向力和横梁弯矩，并应符合下列规定：

1 按共同受力情况计算时，可不考虑各构件不在同一高程的偏心影响，并可假定纵梁铰接于横梁、横梁固接于主梁（主桁）节点中心；

2 桥跨的平面纵向联结系不宜与纵梁直接连接；

3 纵梁的容许应力提高系数可采用 1.2；横梁的容许应力提高系数可采用 1.7；

4 当桥面系与主桁弦杆采用同一钢种而其连续长度又不超过 80m 时，可不考虑桥面系与主桁共同作用的影响。

6.0.6 耐候钢梁应加强纵横向联结，非整体桥面应设置上、下平面纵向联结系。

主桁（主梁）的纵向联结系，不宜采用三角形桁架，其杆件宜采用工型截面。

6.0.7 桁式联结系的计算可假定节点为铰接以确定杆件的内力。纵向联结系杆件应计算自重引起的弯矩，该弯矩应按跨径等于杆件长度的简支梁计算。

6.0.8 当采用纵横梁体系的桥面结构时，跨度大于 48m 的耐候钢梁应在跨度的中部设制动联结系。跨度大于 80m 的简支梁宜在跨间设置可使纵梁纵向移动的活动支承，其间距不宜大于 80m。当纵梁连续长度大于 48m 时，还应在其中部设制动联结系。

7 构件连接设计

7.1 一般规定

7.1.1 板件间的连接应优先选用焊接，杆件或梁段之间的连接可选用焊接、螺栓或焊接与螺栓的混合连接。

7.1.2 螺栓连接可分为普通螺栓连接和高强度螺栓连接。对主要受力结构，应采用高强度螺栓摩擦型连接；对次要构件、结构构造性连接和临时连接，可采用普通螺栓连接。

7.1.3 接头处各杆件轴线宜相交于一点。不能交于一点时，应考虑偏心的影响。

7.1.4 桥面板块划分宜避开轮迹线。

7.1.5 焊接和高强度螺栓摩擦型连接同时并存的连接应慎用，当必须使用时，其所采用的工艺应保证接触面不变形，该混合连接所传递的力应由两种连接按各自的承载力依比例分担，且使混合接头的内力设计值不大于其二者承载力总和的90%。

7.2 焊接连接

7.2.1 焊接材料应与母材相适应。当不同强度的钢材连接时，可采用与较低强度钢材牌号相适应的焊接材料。

7.2.2 焊接接头的屈服强度、低温冲击功、延伸率不应低于母材的标准值。

7.2.3 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。

7.2.4 焊件厚度大于 20mm 的角接接头，应采用不易引起层状撕裂的焊接接头构造。

7.2.5 角焊缝的焊脚边比例宜为 1:1。当焊件厚度不等时，可采用不等的焊脚尺寸。在承受动荷载的结构中，角焊缝焊脚边比例，对正面角焊缝宜为 1:1.5（长边顺内力方向）；对侧面角焊缝可为 1:1。角焊缝表面应做成凹形或直线形。

7.2.6 角焊缝 h_f 尺寸应符合下列规定：

1 对搭接角焊缝，当材料厚度小于 8mm 时，最大尺寸应取材料的厚度；当材料厚度大于或等于 8mm 时，最大尺寸应取材料厚度减去 2mm；

2 对角接和 T 型连接角焊缝，焊缝最大尺寸不应超过较薄连接部件厚度的 1.2 倍。

7.2.6 用于受力连接的角焊缝，两焊角边的夹角应在 60° 至 120° 间，且宜采用 90° 直角焊缝。而部分焊透的对接和 T 形对接与角接组合的角焊缝，其两焊角边的夹角可小于 60° ，但应详细注明坡口细节。

7.2.7 杆件与节点板的连接焊缝宜采用两面侧焊，也可用三面围焊。承受静荷载的结构宜采用两面侧焊，承受动荷载的结构宜采用围焊。围焊的转角处必须连续施焊。

7.2.8 在对接焊缝的拼接处，当焊件宽度不等或厚度相差 4mm 以上时，应分别在宽度方向或厚度方向将一侧或两侧做成坡度不大于 1:5 的斜角；当厚（或宽）差不超过 4mm 时，可采用焊缝表面斜度来过渡。

7.2.9 为避免焊缝集中而产生的不利影响，有关焊缝位置宜错开。受疲劳控制的焊缝应错开孔群和圆弧起点 100mm 以上。

7.3 栓钉连接

7.3.1 栓、钉连接应符合下列规定：

1 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。钢板容易与型钢密贴；

2 沉头和半沉头铆钉不得用于沿其杆轴方向受拉的连接。

7.3.2 被拼接部件的两面都应有拼接板，拼接板的配置应使杆件能传递截面各部分所分担的作用。

7.3.3 受力构件节点上连接的栓、钉数量和构造应符合下列规定：

1 受力构件在节点连接的螺栓（或铆钉）或接头一边的螺栓（或铆钉），最少数量：

1) 一排螺栓时 2 个，一排铆钉时 3 个；

2) 二排及二排以上螺栓（或铆钉）时，每排 2 个。

2 角钢在连接或接头处采用交叉布置的螺栓（或铆钉）时，第一个螺栓（或铆钉）应排在靠近边角钢背处。

3 螺栓（或铆钉）连接接头的栓（或钉）数量，对主桁架杆件或板梁翼缘宜按与被连接杆件等强度的要求进行计算；对联结系和次要受力构件可按实际内力计算，并假定纵向力在栓（钉）群上是平均分布的。

7.3.4 销接接头中，带销孔的受拉构件，其销孔各部尺寸应满足以下规定：

1 垂直杆轴方向并通过销孔中心的净截面积应比构件计算所需的净截面大

40%；

2 由杆端到销孔边的截面积不应小于构件计算的截面积；

3 当销钉直径不大于 12mm 时，销钉孔直径与销钉直径之差不得大于 0.5mm；
当钉直径大于 12mm 时，销钉孔直径与销钉直径之差不得大于 0.8mm；

4 销子精加工部分的长度，应比被连接的杆件两外侧面间的距离长 6mm 以上。销子的两端应使用帽形螺母或带垫圈的螺母。

7.3.5 主桁杆件及板梁翼缘用高强度螺栓或铆钉连接时，其栓（钉）数量应按连接杆件的承载能力计算，并应符合下列规定：

1 当腹杆为最小截面控制时，其连接栓（钉）数量可按 1.1 倍的杆件内力与 75% 的杆件净面积强度的较大值进行计算；

2 对于桥面系、联结系、缀板以及所有考虑安装影响的杆件可按内力计算并假定纵向力在栓（钉）群上是平均分布的；

3 板梁腹板拼接采用栓（钉）连接时，栓（钉）群的强度不应小于拼接处腹板净截面抗弯强度与该处最大剪力的组合强度。

7.3.6 铆钉最大铆合厚度不应大于钉孔直径的 4.5 倍。当用双铆钉枪、冲击式风顶或马蹄形铆钉机铆合时，则铆合厚度可增至孔径的 5.5 倍。超过上述厚度，每加厚 2mm，铆钉数量应增加 1%。

8 防护及维护设计

8.1 防护设计

- 8.1.1** 在沿海地区或其他极端情况下的腐蚀环境会导致耐久性问题，耐候钢桥梁构件与耐候钢-不锈钢复合板构件不宜用于富盐空气环境。
- 8.1.2** 耐候钢桥梁构件与耐候钢-不锈钢复合板构件防腐措施宜符合现行行业标准《建筑钢结构防腐技术规程》JGJ/T 251-2011的有关规定。
- 8.1.3** 热喷涂金属材料宜选用锌、铝、铝镁合金或锌铝合金、稀土铝。
- 8.1.4** 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。
- 8.1.5** 热喷涂防腐涂层体系应符合现行国家标准《热喷涂金属和其他无机覆盖层锌、铝及其合金》GB/T 9793的有关规定。
- 8.1.6** 热镀锌附着量应根据构件的使用寿命确定。
- 8.1.7** 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。
- 8.1.8** 进行涂装的耐候钢钢材，都应进行表面处理涂层。
- 8.1.9** 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/T 17850的有关规定。
- 8.1.10** 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。

8.2 维护设计

- 8.2.1** 耐候钢桥梁构件与耐候钢-不锈钢复合板构件的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。
- 8.2.2** 对耐候钢桥梁构件与耐候钢-不锈钢复合板构件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。

9 支座设计

9.1.1 耐候钢钢梁宜采用耐候钢钢支座，支座应便于检查维护。

9.1.2 支座构造应符合下列规定：

1 支座应根据温度变化范围设置横向伸缩间隙以适应钢梁横向伸缩要求，并能限制梁的横向移动；

2 为使荷载反力均匀分布于支座及支承垫石上，支座顺桥方向及横桥方向从钢梁支承底面起至支座控制截面、支座控制截面至支承垫石顶间应具有足够的传力厚度，反力的传布角度均不应大于 45° ，且活动支座底板厚度不应小于 40mm。对大吨位支座反力的传布角度和底板厚度可另行确定；

3 与支座相连的钢结构支承底面应保持平整；

4 支座支承垫石混凝土强度等级不宜低于 C50，垫石高度应考虑安装、养护和支座更换的需要，垫石顶面四角高差不应大于 2mm。

9.1.3 计算受拔力锚栓的锚固时，应按其内力增加 50% 计算。

用词说明

为便于在执行本规程条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1 表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2 表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

引用标准名录

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。

- 《建筑地基基础设计规范》 GB 50007
- 《建筑抗震设计规范》 GB 50011
- 《钢结构设计标准》 GB 50017
- 《建筑结构可靠度设计统一标准》 GB 50068
- 《建筑结构制图标准》 GB/T 50105
- 《工程结构可靠性设计统一标准》 GB 50153
- 《钢结构工程施工质量验收标准》 GB 50205
- 《钢结构焊接规范》 GB 50661
- 《钢结构工程施工规范》 GB50755
- 《焊缝符号表示法》 GB/T 324
- 《冷轧钢板和钢带的尺寸、外形、重量及允许偏差》 GB/T 708
- 《热轧钢板和钢带的尺寸、外形、重量及允许偏差》 GB/T 709
- 《耐候结构钢》 GBT 4171
- 《焊接结构用耐候钢》 GB/T 4172
- 《非金属钢及细晶粒钢焊条》 GB/T 5117
- 《涂装前钢材表面锈蚀等级和除锈等级》 GB 8923
- 《热喷涂金属和其他无机覆盖层锌、铝及其合金》 GB/T 9793
- 《热喷涂涂层厚度的无损测量方法》 GB 11374
- 《非金属磨料技术要求》 GB/T 17850
- 《金属磨料金属要求》 GB/T 18838
- 《金属和合金的腐蚀大气腐蚀性分类》 GB/T 19292.1
- 《耐蚀合金焊带和焊丝通用技术条件》 GB/T 37609
- 《钢结构高强度螺栓连接技术规程》 JGJ 82
- 《建筑钢结构防腐蚀技术规程》 JGJ/T 251
- 《结构用耐候焊接钢管》 YB/T 4112

《铁路桥梁钢结构设计规范》 TB 10091

《城市桥梁工程施工与质量验收规范》 CJJ2-2008

《城市桥梁设计规范》 CJ11-2011

《公路耐候钢桥梁设计与施工指南》 DB34

《钢-混凝土组合结构设计规程》 DL/T 5085-1999

《钢结构防腐涂装技术规程》 CECS 343

附：条文说明

中国工程建设标准化协会标准

耐候桥梁钢与耐候钢-不锈钢复合板构件设计标准

Design standard for weather-resistant bridge steel

and weather-resistant steel-stainless steel composite panel members

CECS xxx : **202x**

条文说明

目 次

3 基本规定	31
3.2 适用环境	31
4 材料	32
4.1 主体材料	32
4.2 连接材料	32
5 梁式构件设计	13
5.1 一般规定	13
6 桥面和桥面系设计	34
7 构件连接设计	35
7.1 一般规定	35
7.2 焊接连接	35
8 防护及维护设计	36
8.1 防护设计	36
9 支座设计	37

3 基本规定

3.2 适用环境

3.2.2 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) 通风性条件差的桥梁。

4 材料

4.1 主体材料

4.1.2 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。

4.1.3 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。

4.2 连接材料

4.2.3 耐候桥梁刚构件的耐候钢叠合部位、接缝部位宜采用密封胶封严，密封胶应与基材相匹配。

5 梁式构件设计

5.1 一般规定

5.1.2 受运输、安装架设条件的限制，耐候钢箱梁尺寸不宜过大。

5.1.6 钢桁梁 H 型杆件的排水孔直径不宜小于 50mm。

6 桥面和桥面系设计

6.0.7 计算由单个角钢组成的联结系压杆应力，当仅以一个肢与节点板相连，且采用最小回转半径计算其长细比时，可不考虑杆件连接的偏心影响。

7 构件连接设计

7.1 一般规定

7.1.1 必要时可采用铆钉连接。

7.2 焊接连接

7.2.1 对于主要构件，不应使用间断焊接、塞焊和槽焊。

8 防护及维护设计

8.1 防护设计

8.1.2 耐候钢桥梁构件与耐候钢-不锈钢复合板构件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。

8.1.4 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。

9 支座设计

9.1.2 活动支座的移动量不应小于容许应力提高 20%后的活载（包括冲击力）所产生的变形与温度变化影响之和。非滑动侧支座板宜与钢梁相连。