

# 《钢结构用耐候钢高强度螺栓连接副》编制说明

(征求意见稿)

## 一、 工作简况

### 1. 任务来源

本项目根据国家标准化委员会下发的“国标委发[2020]53号”文《关于下达2020年第四批推荐性国家标准计划及相关标准外文版计划的通知》要求，由全国紧固件标委会负责归口并组织相关单位制定，项目名称为《紧固件机械性能 耐候钢紧固件》(项目编号：20204711-T-604)。计划应完成时间为2022年。

### 2. 主要工作过程

**起草(草案、论证)阶段：**

#### (1) 预研

##### ——《耐候钢紧固件》国标项目研讨会

全国紧固件标准化技术委员会秘书处于2017年5月26日在北京市组织召开了《耐候钢紧固件》国标项目研讨会。参加会议的有中机生产力促进中心、钢铁研究总院、邢台钢铁有限责任公司、晋亿实业股份有限公司、燕山大学、南京钢铁股份有限公司、中铁山桥集团高强度紧固器材有限公司、首钢技术研究院(技术中心)特殊钢研究所、镍资源国际控股有限公司、郑州永通特钢有限公司、河北信德电力配件有限公司、马鞍山钢铁股份有限公司、上海宝献金属线材有限公司、杭州大通风能动力有限公司和鞍钢集团钢铁研究院，共计25人。

与会代表听取了丁宝平秘书长对《耐候钢紧固件》国标项目前期调研工作开展情况、立项工作程序的介绍，各参会单位按团队对耐候钢紧固件的研发、生产、试验、应用及市场前景进行了交流。与会代表经讨论一致形成以下意见：尽快提出《耐候钢紧固件》国家标准申请，于2017年全国紧标委年会向全体委员提交项目立项建议；《耐候钢紧固件》国家标准材料成分参考ASTM A325和ASTM A490；各钢材厂尽量统一耐候钢紧固件材料成分；由全国紧标委与全国钢标委协调，建议同时开展耐候钢材料和紧固件产品国标立项工作；尽快成立《耐候钢紧固件》国标项目预研工作组。

##### ——《紧固件机械性能 耐候钢螺栓、螺钉和螺柱》国标项目预研工作组会

全国紧固件标准化技术委员会秘书处于2018年7月5日在北京市组织召开了该国标项目预研工作组会。参加会议的有中国机械通用零部件工业协会、中机生产力促进中心、钢铁研究总院、中国铁道科学研究院铁道建筑研究所、邢台钢铁有限责任公司、晋亿实业股份有限公司、燕山大学、南京钢铁股份有限公司、中铁山桥集团高强度紧固器材有限公司、中国电力科学研究院、首钢集团有限公司技术研究院、镍资源国际控股有限公司、郑州永通特钢有限公司、河北信德电力配件有限公司、马鞍山钢铁股份有限公司、上海宝献金属线材有限公司、杭州华凌钢结构高强螺栓有限公司、宁波宁力高强度紧固件有限公司、山东中兴电动工具有限公司、机械工业通用零部件产品质量监督检测中心、北京国网富达科技发展有限公司，共计29人。

会上，丁宝平主任委员介绍了国标项目的草案编制情况、立项工作程序，各参会单位按团队交流了自2017年5月26日耐候钢紧固件项目研讨会以来，耐候钢紧固件的研发、生产、试验、使用状况。参考中国电力企业联合会团标《架空输电线路杆塔及电力金具用耐候螺栓与螺母--送审稿》和杭州华凌钢结构高强螺栓有限公司的企标 Q/LZ-002:2015《铁路及桥梁钢结构连接用耐风化型预载荷高强度螺栓连接副》，对会前

发出的《耐候钢紧固件标准草稿》逐条进行审议修改。与会代表经讨论一致，形成《紧固件机械性能 耐候钢螺栓、螺钉和螺柱》草稿的框架，7月25日前将确定化学成分范围、适用性能等级、产品规格、适用环境条件，12.9S级钢结构连接副机械性能和延迟断裂试验方法。

## **(2) 立项**

本项目在2018年全国紧固件标准化技术委员会第六届二次年会上提请全体参会人员表决，全票通过，技术委员会委员总数100人/参与投票人数87人/赞成票数87人，超过委员总人数的3/4，符合相关规定要求。全国紧标委及时上报了国家标准制定计划建议，国标委于2020年12月下达本项计划，项目编号：20204711-T-604，项目周期24个月。

## **(3) 工作组会议**

为提高征求意见稿质量，于2022年8月4日-8月15日在工作组内对征求意见稿草稿征集意见，发出单位30家，回函并有意见单位10家，返回意见共计72条。并于2022年8月31日召开线上《钢结构用耐候钢高强度螺栓连接副》国标意见讨论会，参会单位20余家，共计30余人。会上围绕72条意见开展了讨论并给出了处理意见（附件1）。鉴于耐候钢产品多用于偏远/无人地区、免维护的应用场景，要求与被夹紧件材料配套使用，会议讨论确定标准名称修改为《钢结构用耐候钢高强度螺栓连接副》。

## **(4) 起草**

计划下达后，在全国紧标委秘书处的组织下组建了耐候钢紧固件工作组，确定了工作方案，提出了进度安排。对国内外耐候钢紧固件产品和技术的现状与发展情况进行了全面调研，同时广泛搜集和检索了国内外的技术资料。经过大量的研究分析、资料查证工作，结合实际应用经验，全面地总结和归纳，在此基础上编制了《钢结构用耐候钢高强度螺栓连接副》标准草案初稿，并组织专家对标准中的主要内容进行多次研讨和认真修改。于2022年9月1日形成标准征求意见稿，经组长审核后报至秘书处。

### **征求意见阶段：**

2022年9月，标委会秘书处通过电子邮件、微信群推送等方式公开征求意见，共向150家行业有关单位、科研院所、大专院校及有代表性的标准利益方发函征求意见。

## **3. 主要参加单位和工作组成员**

本标准起草单位：中机生产力促进中心有限公司等。

主要起草人：

## **二、标准编制原则和主要内容**

### **1. 标准编制原则**

本标准在制定工作中遵循“面向市场、服务产业、自主制定、适时推出、及时修订、不断完善”的原则，标准制定与技术创新、试验验证、产业推进、应用推广相结合，统筹推进。

本标准在结构编写和内容编排等方面依据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》进行编写。在确定本标准主要技术性能指标时，综合考虑生产企业的能力和用户的利益，寻求最大的经济、社会效益，充分体现了标准在技术上的先进性和技术上的合理性。

### **2. 标准主要内容**

本文件规定了性能等级8.8SNH/8SNH和10.9SNH/10SNH钢结构用耐候钢高强度螺栓连接副的型式尺寸、技术要求、试验方法、验收检查、标志、质量保证、包装、运输和贮存。

### 3. 解决的主要问题

螺栓连接因具有施工工艺简单、安装拆卸方便等技术特点，作为一种重要的连接方法，仍不可替代，广泛应用于板梁桥、衍梁桥和箱梁桥，单桥平均用量多达数十万至数百万套。不仅在桥梁领域，耐候高强螺栓在铁道系统中也有着广泛的应用前景，目前，我国铁路总里程在 10 万公里以上，算上仍在修建和规划当中的铁路建设，则铁路总里程远大于此。按照我国目前一公里铁路线路用 1520~1840 根混凝土轨枕，每根轨枕配 4 套螺栓，则按最低数量计算，每公里配套螺栓有 6080 套，铁路总的配套螺栓数量有 6 亿多套，若再加上铁路桥梁和隧道用螺栓，则配套螺栓数量更多。在桥梁上常用的 10.9S 级和 8.8S 级高强螺栓，产品技术条件一般执行 GB/T 1231 标准，材质主要选用牌号为 20MnTiB、35VB、35CrMo、40Cr、45 的中碳合金钢或碳素钢，经调质和表面处理后使用。这类普通高强螺栓的材质并不具备典型的耐大气腐蚀钢（或耐候钢）的特征，即使是经过了表面磷化处理，当长期在乡村、工业、海洋等各种大气环境中使用时，仍然存在较为严重的均匀腐蚀、缝隙腐蚀等锈蚀现象。

耐候钢是在普通低合金钢的基础上，同时添加适量的 Cu、Cr、Ni 等合金元素，通过在表面形成致密稳定的保护锈层，阻止大气环境中的氧、水、盐分和酸液所形成的  $H^+$ 、 $O_2^-$ 、 $Cl^-$  等离子的渗透，发挥“止锈”作用，显著提高耐大气腐蚀性能。耐候钢在“通风排水、干湿交替、低盐分、弱酸性”等必要的环境条件下，允许“免涂装”使用。与传统的“普通钢结构+涂装”方案相比，“耐候钢结构+免涂装”方案具有综合成本降低、建造周期缩短、绿色环保明显等优势，经济效益和社会效益均十分显著。作为高性能钢材的发展方向，耐候钢在国外已得到广泛应用。美国免涂装耐候钢桥已经超过一万座，在每年新增的近 30 座钢桥中大部分采用耐候桥梁钢制造，已形成了系统的耐候钢材、耐候焊材、耐候高强螺栓、设计、选材、制造、维护等成熟技术和标准规范。日本、加拿大、西欧也广泛发展和应用了类似技术。

我国自 1991 年首次在京广铁路巡司河桥使用耐候桥梁钢以来，受相关技术和材料的限制，采用的是“耐候钢+涂装”方案。据前期与中国钢结构协会桥梁钢结构分会、中铁大桥设计院、中铁二院、中铁三院、中铁建五院、广州市政院、上海市政院等单位的交流，主管部门、行业协会和设计部门均非常重视且积极推动免涂装耐候钢桥在中国的发展。中铁二院设计的川藏线拉灵段藏木大桥拟建成免涂装耐候钢桥，方案已通过中铁总公司的核准；中铁大桥院设计的成康段大渡河大桥拟采用“耐候钢+免涂装”方案。为此，要求相关单位尽快解决高性能耐候钢材、耐候焊材和耐候高强螺栓的材料配套，掌握相关生产、制造、施工和安装技术。目前耐候钢螺栓已经在合川桥、拉林藏木桥、黑河桥等十余座桥梁上得到了广泛的应用。

本项目是国家标准体系建设中紧固件领域提出的制定项目之一，进一步完善现有紧固件国家标准，为耐候钢紧固件产品的设计选用和生产制造提供技术依据。

本标准规定了耐候钢紧固件的机械和物理性能要求，对长期受到所处环境中的水、氧、盐分及酸液所形成的  $H^+$ 、 $O_2^-$ 、 $Cl^-$  等离子渗透的高强紧固件解决了耐大气腐蚀和延迟断裂问题，增加了紧固件连接的可靠性，满足了钢结构桥梁、电塔等基础设施建设等行业的使用要求。

### 4. 主要技术内容确定依据

#### （1）型式

目前，耐候钢产品多用于偏远/无人地区、免维护的应用场景，要求与被夹紧件材料配套使用，多用于钢结构桥梁、电塔等基础设施建设行业，因此，将产品型式缩小为钢结构用耐候钢高强度螺栓连接副，性能等级 8.8SNH/8SNH 和 10.9SNH/10SNH。钢结构用耐候钢高强度螺栓连接副包括 1 个螺栓、1 个螺母和 1 个/2 个垫圈，型式尺寸按 GB/T 1231、GB/T 3632、GB/T 32076.3~GB/T 32076.6、GB/T 32076.8 和 GB/T 32076.9

等产品标准。

(2) 材料

标准草案阶段，材料化学成分按国内某些钢材生产单位自主研发的低碳合金耐候钢，见表 1。

在国家标准研制过程中，钢铁工业协会、钢结构协会、电力企业联合会等团体相继发布耐候钢材料、耐候钢紧固件相关团体标准，考虑到标准应用广泛性，拟纳入团体标准中材料体系，见表 2。

考虑到不同团体标准所采用的材料体系差异，以及材料应用实践可靠性等因素，多数工作组成员特别是铁路桥梁等领域用户同意采用 ASTM F3125/F3125M-2022type 3 基于耐腐蚀指数的化学成分要求，耐腐蚀指标采用 *I* 指数，见表 3。在 C 含量上下限符合 GB/T 3098.1 的基本要求前提下，整合 T/CISA 193、T/CEC 305.4-2020 等团体标准中耐候钢紧固件材料要求，将国内耐候钢高强度螺栓连接副其他材料化学成分作为附录给出信息。

表 1 草案阶段材料化学成分

性能等级	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni
8.8/8.8S	0.15~0.25	0.10~0.35	0.60~1.00	≤0.020	≤0.005	0.50~0.90	0.25~0.50
10.9/10.9S	0.20~0.35	0.10~0.35	0.50~0.90	≤0.015	≤0.005	0.60~1.00	0.35~0.60
12.9/12.9S <sup>a</sup>	0.35~0.45	0.10~0.35	0.30~0.70	≤0.012	≤0.005	0.80~1.20	0.60~1.00
性能等级	Cu	Nb	V	Ti	Mo	B	Al
8.8S	0.20~0.50	0.01~0.05	0.02~0.07	≤0.03	≤0.20	≤0.003	0.015~0.035
10.9S	0.20~0.50	0.01~0.05	0.03~0.07	≤0.03	≤0.25	≤0.003	0.015~0.035
12.9S <sup>a</sup>	0.20~0.40	0.01~0.05	0.10~0.40	≤0.03	0.20~0.50	≤0.003	0.015~0.035

表 2 T/CISA 081-2021《耐候钢结构 紧固件用热轧盘条及圆钢》材料

牌号	化学成分(质量分数)/%								
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Cu
BWR8-I	0.35~0.40	0.10~0.30	0.50~0.80	≤0.040	≤0.020	0.30~1.20	0.20~0.65	≤0.30	0.20~0.60
BWR10-I	0.33~0.38	0.10~0.30	0.50~0.80	≤0.035	≤0.020	0.60~1.20	0.20~0.65	≤0.30	0.20~0.60
BWR8-O	0.35~0.40	0.10~0.30	0.50~0.80	≤0.035	≤0.020	≤1.20	≤2.0	≤0.30	0.20~0.60
BWR10-O	0.33~0.38	0.10~0.30	0.50~0.80	≤0.025	≤0.020	≤1.20	≤2.0	≤0.30	0.20~0.60
BWR8-OT	0.35~0.40	0.10~0.30	0.50~0.80	≤0.035	≤0.020	≤1.20	2.0~3.50	≤0.30	0.20~0.60
BWR10-OT	0.33~0.38	0.10~0.30	0.50~0.80	≤0.025	≤0.020	≤1.20	2.0~3.50	≤0.30	0.20~0.60

牌号	化学成分(质量分数)/%										
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu	B	Alt	Ti
BWRB8-I	0.15~ 0.25	0.10~ 0.30	0.60~ 0.90	≤0.040	≤0.020	0.30~ 1.20	0.20~ 0.60	0.20~ 0.55	0.0008~ 0.0035	≥0.020	0.02~ 0.10
BWRB10-I	0.20~ 0.30	0.10~ 0.30	0.70~ 1.20	≤0.030	≤0.020	0.60~ 1.20	0.20~ 0.60	0.20~ 0.55	0.0008~ 0.0035	≥0.020	0.02~ 0.10
BWRB8-O	0.15~ 0.25	0.10~ 0.30	0.60~ 0.90	≤0.035	≤0.020	≤1.20	≤2.0	0.20~ 0.60	0.0008~ 0.0035	≥0.020	0.02~ 0.10
BWRB10-O	0.20~ 0.30	0.10~ 0.30	0.70~ 1.20	≤0.025	≤0.020	≤1.20	≤2.0	0.20~ 0.60	0.0008~ 0.0035	≥0.020	0.02~ 0.10
BWRB8-OT	0.15~ 0.25	0.10~ 0.30	0.60~ 0.90	≤0.035	≤0.020	≤1.20	2.0~ 3.50	0.20~ 0.60	0.0008~ 0.0035	≥0.020	0.02~ 0.10
BWRB10-OT	0.20~ 0.30	0.10~ 0.30	0.70~ 1.20	≤0.025	≤0.020	≤1.20	2.0~ 3.50	0.20~ 0.60	0.0008~ 0.0035	≥0.020	0.02~ 0.10

表 3 ASTM F3125/F3125M-2022 材料化学成分

Heat Analysis	120 ksi/830 MPa Minimum				150 ksi/1040 MPa Minimum	
	Grade A325, A325M, F1852				Grade A490, A490M, F2280	
	Type 1	Type 3			Type 1	Type 3
	Carbon or Alloy Steel with or without Boron	Composition A	Composition B	Based on Corrosion Index <sup>B</sup>	Alloy Steel with or without Boron	Based on Corrosion Index <sup>B</sup>
Carbon	0.30 - 0.52	0.33 - 0.40	0.38 - 0.48	0.30 - 0.52 max	0.30 - 0.48 <sup>C</sup>	0.30 - 0.53
Manganese	0.60 min	0.90 - 1.20	0.70 - 0.90	0.60 min	0.60 min	0.60 min
Phosphorus, max	0.035	0.035	0.035	0.035	0.035	0.035
Sulfur, max	0.040	0.040	0.040	0.040	0.040	0.040
Silicon	0.15 - 0.30	0.15 - .30	0.30 - 0.50	<sup>D</sup>	<sup>D</sup>	<sup>D</sup>
Boron	0.003 max	<sup>D</sup>	<sup>D</sup>	<sup>D</sup>	0.003 max	<sup>D</sup>
Copper	<sup>D</sup>	0.25 - 0.45	0.20 - 0.40	0.20 - 0.60	<sup>D</sup>	0.20 - 0.60
Nickel	<sup>D</sup>	0.25 - 0.45	0.50 - 0.80	0.20 <sup>E</sup> min	<sup>D</sup>	0.20 <sup>E</sup> min
Chromium	<sup>D</sup>	0.45 - 0.65	0.50 - 0.75	0.45 min	<sup>D</sup>	0.45 min
Vanadium	<sup>D</sup>	<sup>D</sup>	<sup>D</sup>	<sup>D</sup>	<sup>D</sup>	<sup>D</sup>
Molybdenum	<sup>D</sup>	<sup>D</sup>	0.06 max	0.10 <sup>E</sup> min	<sup>D</sup>	0.10 <sup>E</sup> min
Titanium	<sup>D</sup>	<sup>D</sup>	<sup>D</sup>	<sup>D</sup>	<sup>D</sup>	<sup>D</sup>

<sup>A</sup> Based on heat analysis.  
<sup>B</sup> See 6.3.  
<sup>C</sup> Carbon requirement is 0.35-0.53 for 1-½ in. and M36 diameter bolts.  
<sup>D</sup> Not Specified.  
<sup>E</sup> Material that satisfies the criteria for either Nickel or Molybdenum shall be considered as satisfying the requirements for both elements.

(3) 机械性能

考虑到钢结构用耐候钢高强度螺栓连接副使用场景，机械性能与 GB/T 1231、GB/T 3632、GB/T 32076.3~GB/T 32076.6、GB/T 32076.8 和 GB/T 32076.9 等产品标准协调一致。螺栓机械性能见表 4，参考 ASTM F3125/F3125M-2022, 10.9SNH 级抗拉强度范围为 1040~1190 MPa，上限值未采用 GB/T 1231-2006 中的 1240 MPa；断面收缩率按 GB/T 3098.1，其他按 GB/T 3632；洛氏硬度按抗拉强度查 GB/T 33362-2016 表 A.1 得到，维氏硬度与 GB/T 1231-2006 保持一致。

脱碳层要求按 GB/T 3098.1 中 10.9 级规定，由耐候钢制造的螺栓螺纹未脱碳层高度  $E \geq 2/3H$  ( $H$ ——最大实体条件下外螺纹的牙型高度)；螺纹全脱碳层的深度  $G \leq 0.015\text{mm}$ 。

钢结构用耐候钢高强度大六角头螺栓连接副扭矩系数按 GB/T 1231，同批连接副的扭矩系数平均值为 0.110~0.150，扭矩系数标准偏差应不大于 0.0100。

钢结构用耐候钢高强度扭剪型螺栓连接副紧固轴力给出  $F_{T\min}$  和  $F_{T\text{平均}\min}$ ，与 GB/T 32076.8 一致，计算时  $R_m$  取 GB/T 3098.1 中 10.9 级抗拉强度公称值 1000 MPa，紧固轴力变异系数应小于或等于 0.10(变异系数=标准偏差/平均值)。采用紧固轴力的变异系数判定其离散性，可避免规格对标准偏差的影响。

表 4 螺栓机械性能

性能等级	抗拉强度 $R_m$ / MPa	规定非比例延伸 0.2%的应力	机械加工试件的断后伸	机械加工试件的断面收	吸收能量 $KV_2$ / J	硬度	
						HV30	HRC

		$R_{p0.2}$ / MPa	长率 $A$ / %	缩率 $Z$ / %	-20℃		
8.8SNH	830~1030	660	12	45	27	249~296	24~32
10.9SNH	1040~1190	940	10	42	27	312~367	32~38

#### (4) 扭剪型螺栓连接副紧固轴力

钢结构用耐候钢高强度扭剪型螺栓连接副紧固轴力  $F_{r\min} = (0.7R_m \times A_s)$ ,  $F_{r\text{平均}\min} = (0.77 R_m \times A_s)$ , 其中  $R_m$  取 GB/T 3098.1 中 10.9 级抗拉强度公称值 1000MPa, 与 GB/T 32076.8 中一致。

#### (5) 关于抗氢致延迟断裂性能的考虑

螺栓在服役过程中受力和腐蚀的共同作用下可能会发生应力腐蚀和腐蚀疲劳断裂, 如氢致延迟断裂具脆性断裂特征, 难于事先通过常规检查发现断裂危险源, 给结构安全带来了不可忽视的隐患, 不仅威胁钢结构整体安全, 还大大增加了设计、施工、养护等单位对栓接件设计、检查与维护的难度。某桥 2014 年完工, 2015~2016 年巡查, 发现横联和上下平联位置 33 套高强度螺栓发生断裂。断栓如恰巧掉落到轨面或运行的高速列车车头, 则极有可能会危及行车安全。耐候钢高强度螺栓连接副用耐候钢材料在研发阶段同时兼顾耐腐蚀性能和抗延迟断裂性能。

延迟断裂包括氢致延迟断裂和应力腐蚀造成的延迟断裂, 不仅与材料有关, 还与产品结构等因素有关, GB/T 39039《高强度钢氢致延迟断裂评价方法》评价的是特定条件下材料对氢的敏感性, 不能完全代表紧固件产品在使用环境下的抗氢脆性能, 而 GB/T 3098.17 可在工艺过程测定紧固件内部氢脆性能, 目前尚无完善的紧固件环境氢脆性能试验方法。因此, 本文件中未规定耐候钢紧固件连接副搞氢致延迟断裂性能及试验要求。

### 三、主要试验(或验证)情况

对 4 组耐候钢材料研发团队制成的高强度大六角头螺栓连接副的化学成分, 螺栓抗拉强度、 $R_{p0.2}$ 、断后伸长率  $A$ 、断面收缩率  $Z$  / %, 螺母硬度、保载, 垫圈硬度, 连接副扭矩系数/紧固轴力开展试验验证工作, 相关数据见表 5~表 17。

#### 1. 材料 1——大六角头高强度螺栓连接副 M24×120-10.9SNH/10SNH

表 5 化学成分(质量分数) / %

样品编号	检验项目	研发技术要求	检验结果	判定
2019-135-1 螺栓	碳 C	0.20~0.30	0.22	合格
	硅 Si	0.10~0.25	0.18	合格
	锰 Mn	0.55~0.75	0.66	合格
	磷 P	≤0.012	0.006	合格
	硫 S	≤0.005	0.001	合格
	铜 Cu	0.30~0.45	0.32	合格
	镍 Ni	0.35~0.50	0.39	合格
	铬 Cr	0.70~0.90	0.79	合格
	钒+钛+铌 V+Ti+Nb	0.05~0.15	0.07	合格
	铝 Al	0.015~0.035	0.017	合格
	硼 B	0.0010~0.0030	0.0017	合格
	耐大气指数 I	≥6.5	6.8	合格
2019-135-1 螺母	碳 C	0.20~0.30	0.23	合格
	硅 Si	0.10~0.25	0.18	合格
	锰 Mn	0.55~0.75	0.66	合格
	磷 P	≤0.012	0.006	合格
	硫 S	≤0.005	0.001	合格

	铜 Cu	0.30~0.45	0.32	合格
	镍 Ni	0.35~0.50	0.39	合格
	铬 Cr	0.70~0.90	0.80	合格
	钒+钛+铌 V+Ti+Nb	0.05~0.15	0.07	合格
	铝 Al	0.015~0.035	0.017	合格
	硼 B	0.0010~0.0030	0.0017	合格
	耐大气指数 I	≥6.5	6.8	合格

注：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）<sup>2</sup>

表 6 机械性能

样品编号	检验项目	技术要求	检验结果	判定
拉力试验				
2019-135-2	屈服强度 Rp0.2 (MPa)	≥940	1147	合格
	抗拉强度 Rm (MPa)	1040~1240	1205	合格
	断后伸长率 A (%)	≥10	15.0	合格
	断面收缩率 (%) Z	≥42	64.0	合格
2019-135-3	屈服强度 Rp0.2 (MPa)	≥940	1163	合格
	抗拉强度 Rm (MPa)	1040~1240	1229	合格
	断后伸长率 A (%)	≥10	15.0	合格
	断面收缩率 (%) Z	≥42	62.0	合格
冲击试验				
2019-135-4	-20℃ KV <sub>2</sub>	≥27J	142	合格
2019-135-5			143	合格
2019-135-6			153	合格
平均值			146	合格

项目	技术要求	实测值								判定
		样品 1	样品 2	样品 3	样品 4	样品 5	样品 6	样品 7	样品 8	
螺栓楔负载 kN	367~438	415	415	410	410	412	418	408	406	合格
螺母保证载荷 kN	367	合格	合格	合格	合格	合格	合格	合格	合格	合格
螺母硬度	HRB 98~HRC32	29.0	28.5	29.5	29.0	28.0	28.5	29.0	28.0	合格
垫圈硬度 HRC	35~45	41.0	40.5	40.0	41.5	40.5	41.5	40.0	41.0	合格

表 7 连接副扭矩系数

项目	技术要求	实测值								判定
		样品 1	样品 2	样品 3	样品 4	样品 5	样品 6	样品 7	样品 8	
扭矩系数 K	-	0.124	0.122	0.123	0.118	0.119	0.121	0.127	0.122	-
扭矩系数 K 平均值	0.110~0.150	0.122								合格
标准偏差 σ n-1	≤0.0100	0.0028								合格

## 2. 材料 2——大六角头高强度螺栓连接副 M30-10.9SNH/10SNH

表 8 化学成分（质量分数） / %

材料炉号	化学成分	C	Mn	P	S	Si	Cu	Cr	Ni
331704669	研发技术要求	0.2800-0.3600	0.6000-0.9000	Max 0.0250	Max 0.0200	0.1500-0.2500	0.2000-0.5000	0.6000-1.0000	0.2000-0.5000
	实测值	0.3000	0.7700	0.0130	0.0020	0.2200	0.3600	0.7700	0.4000

耐大气腐蚀性指数（≥6.5）：7.0

表 9 机械性能

项目		抗拉强度 R <sub>m</sub> (Mpa)	屈服强度 R <sub>p0.2</sub> (Mpa)	伸长率 A (%)	收缩率 Z (%)	-20℃冲击吸收功* A <sub>Ku2</sub> (J)
要求值		1040-1240	≥940	≥10	≥42	≥41
实测值	1	1124	1007	14	50	47
	2	1138	1014	15	53	50

		3	1130	1012	15	59	52
项 目		螺栓楔负载试验		螺栓芯部硬度 (HRC)	螺母保证载荷 (KN)	螺母硬度 (HRC)	垫圈硬度 (HRC)
		楔负载 (KN)	断裂位置				
要求值		583-696KN	—	33-39 HRC	583 KN	98HRB-32HRC	35-45 HRC
实 测 值	1	636	螺纹处	—	合格	26	42
	2	621	螺纹处	—	合格	27	41
	3	624	螺纹处	—	合格	25	40

表 10 连接副扭矩系数

项 目		扭矩系数			环境温度 (℃)
		扭矩系数	平 均 值	标准偏差	
要求值		—	0.110-0.150	≤0.0100	—
实 测 值	1	0.143	0.138	0.0061	20
	2	0.134			
	3	0.146			
	4	0.131			
	5	0.145			
	6	0.132			
	7	0.138			
	8	0.133			

3. 材料 3——大六角头高强度螺栓连接副 M24、M30-10.9SNH/10SNH

表 11 山桥团队抗延迟断裂耐候钢螺栓连接副化学成分设计目标值（质量分数） / %

性能等级	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu	Nb	V	Ti	Mo	B	Al	适用规格	
10.9S NH	0.20	0.13	0.55	≤	≤	0.70	0.35	0.30	≤0.04	0.040	0.010		0.0010	0.015	M12	
	~	~	~	0.012	0.005	~	~	~		~	~		~	~	~	~
	0.25	0.25	0.75			0.90	0.50	0.45		0.060	0.030		0.0030	0.040	M30	
注：① Nb、V、Ti 可组合、单独加入，无论组合或单独加入均需满足表中规定。																
②材料的耐候指数 I≥6.5。																
$I=26.01(\%Cu)+3.88(\%Ni)+1.20(\%Cr)+1.49(\%Si)+17.28(\%P)-7.29(\%Cu)(\%Ni)-9.10(\%Ni)(\%P)-33.39(\%Cu)^2$																

表 12 化学成分实测（质量分数） / %

实测结果	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu	Nb	V	Ti	Mo	B	Al	I
1#	0.22	0.19	0.68	0.010	0.005	0.72	0.40	0.36	0.020	0.050	0.020	0.020	0.0020	0.025	6.82
2#	0.22	0.20	0.67	0.009	0.005	0.70	0.41	0.35	0.021	0.049	0.020	0.019	0.0018	0.026	6.82
3#	0.21	0.20	0.70	0.011	0.004	0.71	0.41	0.35	0.021	0.049	0.022	0.020	0.0018	0.026	6.86
4#	0.21	0.18	0.70	0.011	0.005	0.73	0.40	0.36	0.021	0.049	0.022	0.019	0.0018	0.026	6.83
5#	0.22	0.20	0.67	0.012	0.004	0.70	0.41	0.37	0.019	0.052	0.018	0.020	0.0019	0.026	6.84
6#	0.21	0.20	0.67	0.009	0.005	0.71	0.39	0.35	0.021	0.052	0.019	0.020	0.0021	0.026	6.80

表 13 机械性能

螺栓实物拉伸性能（室温拉伸）

项 目	屈服强度 $R_{p0.2}$ MPa	抗拉强度 $R_m$ MPa	断后伸长率 A %	断面收缩率 Z %	芯部硬度 HRC
目标值	≥940	1040~1240	≥10	≥42	33~39
实测值 1	1093	1147	16	64	36.1、35.8、36.2



实测值 2	1105	1180	17	63	35.1、35.1、35.2
实测值 3	1088	1167	16	65	34.9、35.1、34.8
实测值 4	1074	1150	16	64	33.7、34.0、33.8
实测值 5	1069	1132	17	65	36.2、36.0、36.3
实测值 6	1058	1175	16	65	36.1、35.9、36.2

实物冲击试验

项 目	室温 KU <sub>2</sub>	-20℃ KV <sub>2</sub>	-40℃ KV <sub>2</sub>
目标值	≥47J	≥41J	≥27J
实测值	163、158、140、113、103、98、104、112、167、142	115、109、132、104、98、127、114、103、121、102、111、124、86、78、105、85、107、118、120、96	112、105、98、116、101、108、76、65、119、103、111、89、76、105、114、120、98、86、120、115
实测范围	98~167	78~124	65~120
上述实测结果是在不同规格，不同批次，不同生产时期随机收集的数据，数据之间没有进行比较的意义。			

螺栓楔负载

项 目	M22	M24	M27	M30
目标值	315~376	367~438	477~569	583~696
实测值	342、338、347、344、325、329、348、347	402、408、409、413、420、420、411、415	523、509、534、528、537、533、541、528	632、640、639、629、633、639、625、633

螺母硬度

项 目	M24	M30
目标值	98HRB~32HRC	98HRB~32HRC
实测值	30.5、29.5、30.0、29.5、28.5、29.0、28.5、29.0	24.5、24.0、25.0、23.0、23.5、25.0、24.0、23.5

垫圈硬度

项 目	M24	M30
目标值	35~45HRC	
实测值	42.5、41.0、43.0、42.0、41.5、42.5、41.5、43.0	41.0、41.5、42.0、39.5、41.0、42.0、42.5、41.0

表 14 连接副扭矩系数

规格	M30×90		M30×120		M30×150		M30×180		M30×210	
温度	K	偏差	K	偏差	K	偏差	K	偏差	K	偏差
5℃	0.122	0.0056	0.124	0.0030	0.125	0.0023	0.124	0.0061	0.122	0.0053
8℃	0.119	0.0051	0.125	0.0024	0.128	0.0063	0.121	0.0062	0.113	0.0036
11℃	0.122	0.0042	0.127	0.0022	0.125	0.0051	0.125	0.0048	0.111	0.0057
14℃	0.126	0.0041	0.126	0.0025	0.122	0.0065	0.122	0.0068	0.113	0.0037
17℃	0.118	0.0031	0.122	0.0027	0.122	0.0045	0.122	0.0050	0.115	0.0040
20℃	0.123	0.0034	0.126	0.0033	0.116	0.0045	0.119	0.0024	0.115	0.0027
23℃	0.122	0.0057	0.120	0.0061	0.119	0.0051	0.120	0.0048	0.113	0.0036
26℃	0.123	0.0048	0.118	0.0048	0.125	0.0024	0.115	0.0085	0.113	0.0027
29℃	0.125	0.0043	0.119	0.0083	0.124	0.0023	0.113	0.0084	0.115	0.0034
32℃	0.122	0.0012	0.122	0.0047	0.125	0.0028	0.119	0.0062	0.119	0.0083
规格	M24×80		M24×100		M24×130		M24×160		M24×200	
温度	K	偏差	K	偏差	K	偏差	K	偏差	K	偏差
5℃	0.131	0.0050	0.133	0.0076	0.128	0.0059	0.131	0.0064	0.120	0.0059
8℃	0.126	0.0018	0.135	0.0018	0.125	0.0030	0.127	0.0045	0.125	0.0063
11℃	0.126	0.0032	0.136	0.0066	0.121	0.0074	0.120	0.0048	0.135	0.0029
14℃	0.125	0.0063	0.130	0.0038	0.125	0.0045	0.122	0.0042	0.121	0.0053
17℃	0.135	0.0018	0.136	0.0066	0.120	0.0059	0.126	0.0053	0.135	0.0018
20℃	0.130	0.0046	0.130	0.0046	0.131	0.0048	0.121	0.0053	0.125	0.0030

23℃	0.123	0.0059	0.135	0.0018	0.131	0.0064	0.125	0.0045	0.136	0.0066
26℃	0.131	0.0037	0.135	0.0029	0.133	0.0076	0.121	0.0074	0.130	0.0038
29℃	0.135	0.0029	0.125	0.0063	0.131	0.0048	0.128	0.0059	0.133	0.0076
32℃	0.136	0.0066	0.120	0.0059	0.135	0.0029	0.125	0.0030	0.118	0.0036

#### 4. 材料 4——大六角头高强度螺栓连接副 M24-10.9SNH/10SNH

表 15 化学成分实测（质量分数）/%

化学成分	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cu	Mo	Cr	V	Ti	B	N	H
要求值	≤ 0.40	≤ 0.60	≤ 1.50	≤ 0.025	≤ 0.010	≤ 0.60	≤ 0.60	≤ 0.60	≤ 1.0	≤ 0.10	≤0.10	≤ 0.0030	≤ 0.0080	≤ 0.00015
实测值	0.3	0.29	1.03	0.005	0.0028	0.35	0.28	0.2	0.48	0.005	0.0037	0.0006	0.0038	0.00005

表 16 机械性能

项目	抗拉强度 Rm			屈服强度 Rp0.2			断后伸长率 A			断面收缩率 Z			(-20℃)冲击吸收功 Akv2		
	(MPa)			(MPa)			(%)			(%)			(J)		
要求值	1040-1240			≥940			≥10			≥42			≥27		
实测值	1142	1166	1186	1080	1085	1088	12	13	13	60	60	61	97	105	105

项目	螺栓楔负载试验			螺栓芯部硬度			螺母保证载荷			螺母硬度			垫圈硬度		
	楔负载 (kN)			(HRC)			(kN)			(HV30)			(HRC)		
要求值	367-438			33-39			367			222-304			35-45		
实测值	416 螺纹处 断裂	419 螺纹处 断裂	410 螺纹处 断裂	36.2	37.4	36.9	合格	合格	合格	266	280	275	38.9	39.2	39.5

表 17 连接副扭矩系数

项目		扭矩系数	平均值	标准偏差	环境温度 (℃)
要求值		/	0.11-0.15	≤0.0100	
实测值	1	0.151	0.147	0.0060	23
	2	0.139			
	3	0.152			
	4	0.153			
	5	0.141			
	6	0.139			
	7	0.153			
	8	0.145			

## 四、标准中涉及专利的情况

本标准不涉及专利问题。

## 五、预期达到的社会效益、对产业发展的作用等情况

耐候钢即耐大气腐蚀钢，是介于普通钢和不锈钢之间的低合金钢系列，具有良好的耐大气腐蚀性能、综合机械性能，主要用于铁路、桥梁、塔架、光伏、高速工程等长期暴露在大气中使用的钢结构。与普通碳钢相比，耐候钢在大气中具有更优良的抗蚀性能。与不锈钢相比，耐候钢只有微量的合金元素，价格较为

低廉。钢结构用耐候钢高强度螺栓连接副与耐候钢钢结构配套使用，具有防腐、免涂装、免维护、省工节能等特点，可减少环境污染，具有较好的抗氢致延迟断裂性能。已成功应用于拉林铁路大桥、合川渠江耐候钢桥、中俄黑河黑龙江耐候钢公路特大桥等一大批国家重点工程。

本标准的制定为完善和优化紧固件标准体系、引领紧固件专业化生产、提高产品档次和满足市场需求起到积极的作用，填补高强耐候钢紧固件技术规范领域的空白，带动相关行业的技术进步和产业建设，提高桥梁服役及高速列车运行的安全性，助推川藏线等国家重点铁路及公路的桥梁工程建设。

## 六、与国际、国外对比情况

美、日等国在耐候钢桥中强制性要求使用耐候高强螺栓，并制订了相应的材料和使用规范。美国耐候钢桥常用的、强度等级与中国标准 8.8S 级和 10.9S 级相当的耐候高强螺栓，其化学成分、力学性能和连接性能应符合 ASTM F3125/F3125M-2020《经热处理的最小抗拉强度为 120ksi（830MPa）和 150ksi（1040MPa）且具有英制和米制尺寸的钢和合金钢制高强度结构螺栓标准规格》的要求。该标准特别要求耐候高强螺栓用钢应添加足量的 Cu（0.17~0.63wt%）、Cr（0.42~1.05wt%）、Ni（0.17~0.83wt%），使耐候性能符合 ASTM A709 标准对高性能耐候桥梁钢 HPS 50/70W 的相关规定。耐候高强螺栓的安装施工方法还应符合美国钢结构协会结构连接理事会制定的《使用 ASTM A325 或 A490 螺栓的结构接头规范》。此外，针对耐候螺栓在不同环境的使用，推荐下述表面处理方案：在气候温和干燥的地区可选用免表面处理的耐候螺栓；免涂装耐候钢桥允许选用经发黑处理的耐候螺栓；气候条件复杂地区建议选用经表面处理、达克罗涂覆或高分子涂装后的耐候螺栓。

日本虽然没有关于钢结构耐候螺栓的国家标准，但是各大钢企均开发了钢结构用耐候螺栓，钢桥常用的耐候高强螺栓对成分和性能的要求与 ASTM F3125/F3125M-2020 相当。日本耐候螺栓研发主要依据标准 JIS B 1186《摩擦夹紧接头用高强度六角螺栓、六角螺母及平垫圈组件》，近年来研究开发了具有耐候性能和抗延迟断裂的高强螺栓，其中耐候性能优异的有新日铁的 NWB110、神钢的 KHB10W 和 JFE 的耐候高强螺栓用钢，抗延迟断裂性能优良的有住友金属的 ADS 系列、神钢的 KNDS 系列，其强度级别为 10.9 级。

本标准为国内先进水平。

## 七、在标准体系中的位置，与现行相关法律、法规、规章及相关标准，特别是强制性标准的协调性

本标准属于紧固件标准体系“产品”大类“组合件-连接副”小类。

本标准与现行相关法律、法规、规章及相关标准协调一致。

## 八、重大分歧意见的处理经过和依据

无重大分歧意见。

## 九、标准性质的建议说明

建议按推荐性国家标准发布。

## 十、贯彻标准的要求和措施建议

建议本标准批准发布 6 个月后实施。

## 十一、废止现行相关标准的建议

无。

## 十二、其他应予说明的事项

鉴于耐候钢产品多用于偏远/无人地区、免维护的应用场景，要求与被夹紧件材料配套使用，2022 年 8 月 31 日召开的线上《钢结构用耐候钢高强度螺栓连接副》国标意见讨论会确定标准名称修改为《钢结构用耐候钢高强度螺栓连接副》。

耐候钢紧固件国标工作组  
2022-9

---

附件 1:

征求意见稿草稿意见汇总处理表

标准名称：GB/T 钢结构用耐候钢高强度螺栓连接副

第 1 页共 8 页

负责起草单位：中机生产力促进中心有限公司

承办人：陈艳玲

电话： 010-88301031

2022 年 8 月 31 日填写

序号	标准章 条编号	意见内容	提出单位 或委员	处理意见
1.	题目	建议标准还是采用立项题目《紧固件机械性能 耐候钢紧固件》，里面只涉及紧固件的耐候性能，其余性能参看现行其他标准，便于与其他标准一致协调。	铁科院	不采纳。目前，耐候钢产品多用于偏远/无人地区、免维护的应用场景，要求与被夹紧件材料配套使用，暂定标准名称为《钢结构用耐候钢高强度螺栓连接副》
2.	名称	建议改为“钢结构用高强度耐候钢螺栓连接副”，相关条款中同样表述一并修改。	南京福贝尔 马金锁	见意见 1
3.	1	范围中的第三段：“钢结构用耐候钢高强度螺栓连接副型式尺寸按 GB/T 1231、GB/T 3632、GB/T 32076.3、GB/T 32076.4、GB/T 32076.7~GB/T 32076.9 等产品标准。” 本部分属要求，规定的本标准的螺栓连接副的型式尺寸，不可列入范围。建议单独作为第 4 章。	国网富达 李光	采纳，增加“4 型式尺寸 钢结构用耐候钢高强度螺栓连接副包括一个螺栓、一个螺母和一个垫圈，型式尺寸按 GB/T 1231、GB/T 3632、GB/T 32076.3~GB/T 32076.6、GB/T 32076.8 和 GB/T 32076.9 等产品标准。”
4.	章 1	耐候钢高强度螺栓连接副适用的环境等级与范围，需要明确 耐候的等级要求是什么？工业大气是多少？海岸环境是多少？海洋环境是多少？适用于什么环境？	明阳 王铎	不采纳，耐候等级很难给出，本文件通过耐大气腐蚀性指数 I 供设计选用时作参考
5.	1	GB/T1231 是技术条件，而 GB/T1228、GB/T1229、GB/T1230 才是型式尺寸（按新标准若还是用 1231，就不只是技术条件了，而是连接副）	铁科院	GB/T 1229~1231 同期被整合修订为《钢结构用高强度大六角头螺栓连接副》，引用最终确定的整合后标准号
6.	2	T/CSCS 017—2021 耐候钢高强度螺栓连接技术标准，不适用于需要进行疲劳计算的连接（桥梁、风电以及工业厂房等很多都不适用），采用其中的内容是否能适用于整个钢结构行业请考虑。	铁科院	采纳，经 8-31 会议讨论确定第 5 章材料化学成分采用 ASTM F3125/F3125M-2022type 3 基于耐腐蚀指数的数据，耐腐蚀指标采用 I 指数。 黄耀牵头首钢、国网富达、中铁山桥整合 T/CISA 193、T/CEC 305.4-2020 等团体标准中耐候钢紧固件材料要求，放附录中作参考，简述使用场合（C 含量上下限应符合 GB/T 3098.1 的基本要求）
7.	2	1) 添加：ASTM F3125/F3125M-2022 由钢和合金钢制造、经热处理、英寸制尺寸最小抗拉强度 120KSI 和 150KSI、公制尺寸最小抗拉强度 830MPa 和 1040MPa 的高强度结构螺栓和组件的规	江苏甬怡	1) 内容可参考，如在标准正文中规范性引用，则列入第 2 章中；

序号	标准章 条编号	意见内容	提出单位 或委员	处理意见
		范。 因美国标准中规定了 3 型耐候钢的材料元素要求，可借鉴。 2) 添加：ASTM G101 低合金钢耐大气腐蚀性评估指南 此美国标准中讲到耐大气腐蚀性指数的评定规则，因 GB/T 4171 的评定指数源头均从此标准来，可借鉴。		2) GB/T 4171 附录 D、ASTM G101 中 6.3、T/CISA 081—2021 附录 B 中耐大气腐蚀性评价内容基本一致
8.	2	增加“GB/T 39039 高强度钢氢致延迟断裂评价方法”，为具有抗延迟断裂性能的螺栓提供试验依据。	中铁山桥 顾晓勇	如在标准正文中规范性引用，则列入第 2 章中
9.	3	术语和定义偏少，且基本都是其他标准已有的，建议考虑本标准的术语特点，增加一些专业术语的定义，如完全脱碳层深度、顶锻、低倍等相关的术语	铁科院	不采纳，根据使用需要确定应界定的术语和定义，全脱碳在 GB/T 3098.1 中已规定，顶锻、低倍为材料加工和金相组织术语
10.	3	在术语和定义的描述中，一般不必增加来源的备注	铁科院	不采纳，按 GB/T 1.1-2020 可以给出来源
11.	3.2	关于 I 的专业性描述在文中没有统一，如在术语中为耐大气腐蚀性指数，在第 4 部分为耐大气腐蚀系数，在附录 A 和附录 B 中也存在不同。	铁科院	采纳，统一为“耐大气腐蚀性指数”
12.	4	耐大气腐蚀系数 I 有一定的化学成分适用范围，对表 1 所列钢材的化学成分是否适用请考虑。	铁科院	采纳，经 8-31 会议讨论确定第 5 章材料化学成分采用 ASTM F3125/F3125M-2022type 3 基于耐腐蚀指数的数据，耐腐蚀指标采用 I 指数。“根据材料的化学成分依据 GB/T 4171 计算得到的连接副用耐候钢耐大气腐蚀性指数 I 应不小于构件钢材的耐大气腐蚀性指数，且应不小于 6.0。” GB/T 4171 附录 D、ASTM G101 中 6.3、T/CISA 081—2021 附录 B 中耐大气腐蚀性评价内容基本一致，要求合金元元素的含量在一定范围内 $w(\text{Cu})=0.012\%\sim0.510\%$ ; $w(\text{Ni})=0.05\%\sim1.10\%$ ; $w(\text{Cr})=0.10\%\sim1.30\%$ ; $w(\text{Si})=0.10\%\sim0.64\%$ ; $w(\text{P})=0.01\%\sim0.12\%$ 。  8-25 发出草案中化学成分来自 T/CISA 081—2021，Cu 含量稍有超出，Ni 含量差

序号	标准章 条编号	意见内容	提出单位 或委员	处理意见
				异较大。
13.	章 4	耐大气腐蚀系数 $I \geq 6.5$ ，对应的环境等级是多少？应按照 GB/T 19292.2-2018 对应	明阳 王铎	耐候等级很难给出，本文件通过耐大气腐蚀性指数 $I$ 供设计选用时作参考。 GB/T 19292 适用于大气环境，非工业大气环境
14.	4	建议删除“耐大气腐蚀系数 $I \geq 6.5$ ”， $I$ 指数为美国实际环境挂片曝晒经验公式，不是什么理论公式，不一定完全适应我国不同地区的环境。建议把化学成分范围加严控制。	南京福贝尔 马金锁	不采纳，见意见 6
15.	表 1、2	1、关于耐海洋大气腐蚀螺栓，应严格控制 Cr 含量，因为 Cr 含量的加入对后期锈层稳定化有影响，参见提供的文献资料。如果加入，参考日本新日铁耐海洋大气腐蚀螺栓钢的成分，建议将 Cr 含量控制在 0.10% 以下。 适当的添加 Nb、V、Ti 进行微合金化处理，可以提高抗延迟断裂性能的稳定化，因此建议增加备注“如进行微合金化处理，可以适当添加 Nb、V、Ti 一种或组合添加”。	中铁山桥 顾晓勇	现有研究发现：在高 Cl 环境中，随着 Cr 含量增加，后期耐腐蚀性能下降。 但 GB/T 3098.1-2010 中淬火并回火紧固件 Cr 含量最小值 0.30%；ASTM F3125/F3125M-2022 中 3 型耐候钢紧固件材料 Cr 含量也超出了 0.10%。后期应用中应给予关注
16.	4	“调质型和含硼调质型”建议修改为“无硼型和含硼型”。相关条款中同样表述一并修改。同时建议最好优化为一套成分，不区分含硼不含硼。同时，同一类钢材分成两个成分，难以组织生产，未指明其不同的应用场合，容易给设计选用和生产造成困惑。成分代号中的数字没有解释，和后面螺栓等级是否一一对应？	南京福贝尔 马金锁	部分采纳，见意见 6
17.	4	建议钢材的牌号按照现有相关国标中的惯用表示方法，以汉语拼音字母由来代表“螺栓 L”、“耐候 NH”等。	南京福贝尔 马金锁	不采纳，8-31 会议确定仅给出化学成分，不给材料牌号，性能等级用 8.8SNH 标记
18.	4 表 1	牌号 BWR10-I，的成分，C 含量建议由“0.33-0.38”调整为“0.28-0.40%”；Mn 含量“0.50-0.80%”调整为“0.60-0.90%”。建议与我公司起草的发明专利一致，我公司专利号为 ZL201811137358.3，是已经授权的有效专利。 调整的理由，Mn0.60-0.90% 是大多数钢种的标准范围；为了得到较高的腐蚀指数 I，实际成分含量较高，Mn、Cr、Ni 等都处于标准上限，此时 C 含量 0.30% 已经达到 10.9 级的强度要求。又如国标 GB/T 3098.1 《紧固件机械性能 螺栓、螺钉和螺柱》中 10.9 级螺栓要求 C 含量 0.20-0.55%。并且 BWR10-I 和下表的 BWRB10-I 的碳含量相差较大，B 对材料硬度强度无多大影响，容易引起误解。	邢钢 王宁涛	部分采纳，见意见 6
19.	4	表 1 中增加材料 XG835NH，材料成分：	晋亿 张军	部分采纳，见意见 6

序号	标准章 条编号	意见内容	提出单位 或委员	处理意见																													
		<div><div>表 1 化学成分要求, wt%</div><table><tr><th rowspan="2">牌号</th><th colspan="9">化学成分, %</th></tr><tr><th>C</th><th>Si</th><th>Mn</th><th>P</th><th>S</th><th>Cr</th><th>Ni</th><th>Mo</th><th>Cu</th></tr><tr><td>XG835NH</td><td>0.28-0.36</td><td>0.15-0.30</td><td>0.60-0.90</td><td>≤0.025</td><td>≤0.025</td><td>0.60-1.00</td><td>0.20-0.50</td><td>≤0.30</td><td>0.20-0.50</td></tr></table></div>	牌号	化学成分, %									C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Cu	XG835NH	0.28-0.36	0.15-0.30	0.60-0.90	≤0.025	≤0.025	0.60-1.00	0.20-0.50	≤0.30	0.20-0.50		
牌号	化学成分, %																																
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Cu																								
XG835NH	0.28-0.36	0.15-0.30	0.60-0.90	≤0.025	≤0.025	0.60-1.00	0.20-0.50	≤0.30	0.20-0.50																								
20.	4	<p>征求意见稿中“材料”正文中，不可给出具体牌号。目前，耐候钢紧固件的研发与应用仅处于起步阶段，作为紧固件标准，宜给上游钢厂创造耐候钢材料的开发空间，因各个钢厂的资源与开发路线是有差异的。</p> <p>建议给出耐候螺栓连幅用钢化学成分碳、硅、锰、磷、硫、铬、镍、钼、铜、硼及钒、铌、钛、铝的化学成分限，明确给出 I 指数不低于 6.5 的要求。再给出本标准螺栓幅副材料可按附录中的牌号与要求执行。表 1 与表 2 中的牌号及化学成分直接并入附录 A。</p> <p>建议参照T/CISA 193—2021《输电铁塔用耐候钢螺栓与螺母》。</p>	国网富达 李光	部分采纳，见意见 6																													
21.	4	<p>征求意见稿中“材料”中，建议补充回火温度不低 425℃要求。因含硼的低碳牌号耐候钢材，采用低温回火（低于 425℃），金相组织属低碳回火马氏体。此类钢材的弹性松弛倾向较大，不利于紧固件防松。</p> <p>紧固件在各类震动条件下松动后，螺栓幅内部封闭性遭到破坏，导致螺纹锈蚀，诱发电偶腐蚀。</p>	国网富达 李光	确认合适的最低回火温度 不低于 425℃																													
22.	5	<p>表 3—表 6 中，性能等级 NH 无出处。</p> <p>建议将现有材料、机械性能、连接副功能特性、耐候性、抗氢脆性合并成第 5 章“技术要求”，并补充性能等级与标记制度。</p>	国网富达 李光	部分采纳，给出性能等级和材料化学成分 的对应关系（参考 GB/T 1231） 钢结构用耐候钢高强度螺栓连接副性能等 级用 8.8SNH/8SNH、10.9 SNH/10SNH 标 记																													
23.	5	5.1 表 3~表 6 中，耐候钢都表示为“NH”，机械性能不与相应牌号对应。11.1 标志中也存在类似问题。	南京福贝 尔 马金锁	部分采纳，见意见 22																													
24.	5	性能要求和试验项目不全。	明阳 王铎	参考 GB/T 1231 或 GB/T 3632 技术要求和 试验方法																													
25.	5.1	螺栓机械性能 提及 螺纹全脱碳层的深度 是全脱碳层还是完全脱碳层深度 建议统一表述	铁科院	采纳，统一为全脱碳层																													
26.	5.1	<p>由耐候钢制造的螺栓螺纹未脱碳层高度 <math>E \geq 2/3H_1</math> (<math>H_1</math>——最大实体条件下外螺纹的牙型高度)；螺纹全脱碳层的深度 <math>G \leq 0.015\text{mm}</math>。改：</p> <p>由耐候钢制造的螺栓螺纹未脱碳层高度 <math>E \geq 3/4H</math> (<math>H</math>——最大实体条件下外螺纹的牙型高度)； 螺纹全脱碳层的深度 <math>G= 0</math>。</p>	南京福贝 尔 马金锁	不采纳，与 GB/T 3098.1 保持一致																													
27.	5.1	表 3 冲击吸收能量应设计温度-20℃。	南京福贝	采纳																													



序号	标准章 条编号	意见内容	提出单位 或委员	处理意见																					
			尔 马金锁																						
28.	5.1 表 3	1) 断面收缩率, 应该是 8.8NH: 45%; 10.9NH: 42%; 2)冲击功 27J 是室温测还是-20℃测, 未明确清楚? 之前我们所供产品的冲击功是按 41J(-20℃) 的指标, 请评估是否需要调整? 3) 洛氏硬度增加: 24-31HRC (8.8NH) ;33-39HRC (10.9NH)	晋亿 张军	1) 断面收缩率按 GB/T 3098.1, 其他按 GB/T 3632 2) -20℃, 27J; 3) 采纳,核实硬度值, 与 GB/T 1231 保持一致																					
29.	表 3	断面收缩率参照标准是什么? 3098.1 或 32076 都比草案高 如是常温下, 草案中吸收能量太低。单位 $K_{v2}$ /J 错位, 冲击试验要注明缺口尺寸要求, 可改为 $K_{v2}$ /J。 确定是否硬度 HV30, 3098.1 要求不小于 98N。 硬度范围是如何确定的, 参考的标准或文献? 硬度需要明确试验的检测位置区间, 不严谨。 常温冲击下, 吸收能量 27J 太小了	明阳 王铎	-20℃, 吸收能量 $KV_2$ 采用 HV30, 试验力值大于 98N 硬度值与 GB/T 1231 一致																					
30.	表 3 机 械性能	<div><div>表 3 机械性能</div><table><tr><th>性能等级</th><th>抗拉强度 <math>R_m</math> / MPa</th><th>规定非比例延 伸 0.2%的应力 <math>R_{p0.2}</math> / MPa</th><th>机械加工试 件的断后伸 长率 <math>A</math> / %</th><th>机械加工试 件的断面收 缩率 <math>Z</math> / %</th><th>吸收能量 <math>K_v</math> /J</th><th>硬度/ HV30</th></tr><tr><td>8.8NH</td><td>830~1030</td><td>660</td><td>12</td><td>42~ 52</td><td>27</td><td>249~296 255~335</td></tr><tr><td>10.9NH</td><td>1040~1240 1040~1190</td><td>940</td><td>10</td><td>45</td><td>27</td><td>312~367 320~380</td></tr></table></div> 1) 控制 10.9NH 的上限强度, 可减少和降少脆性的风险。现国内风电行业的 10.9 级的上限强度是 1170Mpa。 2) 建议其它的性能指标尽可能与 ISO 898-1 保持一致。	性能等级	抗拉强度 $R_m$ / MPa	规定非比例延 伸 0.2%的应力 $R_{p0.2}$ / MPa	机械加工试 件的断后伸 长率 $A$ / %	机械加工试 件的断面收 缩率 $Z$ / %	吸收能量 $K_v$ /J	硬度/ HV30	8.8NH	830~1030	660	12	42~ 52	27	249~296 255~335	10.9NH	1040~1240 1040~1190	940	10	45	27	312~367 320~380	江苏甬怡	部分采纳, 10.9SNH 级抗拉强度改为 1040~1190; 断面收缩率按 GB/T 3098.1, 其他按 GB/T 3632
性能等级	抗拉强度 $R_m$ / MPa	规定非比例延 伸 0.2%的应力 $R_{p0.2}$ / MPa	机械加工试 件的断后伸 长率 $A$ / %	机械加工试 件的断面收 缩率 $Z$ / %	吸收能量 $K_v$ /J	硬度/ HV30																			
8.8NH	830~1030	660	12	42~ 52	27	249~296 255~335																			
10.9NH	1040~1240 1040~1190	940	10	45	27	312~367 320~380																			
31.	5.1 表 3	8.8NH 抗拉强度上限建议取消或改为 930MPa,因为后面的硬度 HV296 根据合金钢常用的硬度与强度对照大约为 950 MPa。而且屈强比 660/1030 为 0.64%, 是否快要达到了 10.9 级水平, 是否会与性能等级 8.8 与 10.9 级命名造成冲突。	永通特钢 张超华	不采纳, 8.8SNH 级抗拉强度不变, 钢结构设计规范中要求强度规定上限值; 屈强比按最小抗拉强度计算																					
32.	5.1 表 3	10.9NH 上限建议取消或改为 1180MPa,因为后面的硬度 HV367 根据合金钢常用的硬度与强度对照大约为 1180MPa。	永通特钢 张超华	部分采纳, 10.9SNH 级抗拉强度改为 1040~1190; 不同材料抗拉强度与硬度指标对应关系存在不同																					
33.	表 3	“吸收能量 $K_v$ /J”修改为“吸收能量-20℃ $KV_2$ /J”, 应该明确冲击试验温度, 建议和 GB/T 3098.1 及 GB/T 3632 的要求一致, 均为-20℃冲击; 符号表示和 GB/T 229 规定不一致, $K_v$ 应修改为 $KV_2$ 。	中铁山桥 顾晓勇	采纳, -20℃, 吸收能量 $KV_2$																					

序号	标准章 条编号	意见内容	提出单位 或委员	处理意见
34.	表 4	10.9NH 等级中的上限拉力极限载荷按 1190Mpa <sub>max</sub> 进行修正。	江苏甬怡	采纳
35.	表 4	拉力载荷：按 GB/T 1231 的说明补充 进行螺栓实物楔负载试验时，拉力载荷应在表 4 规定的范围内，且断裂应发生在螺纹部分或螺 纹与螺杆交接处。 当螺栓 $l/d \leq 3$ 时，如不能做楔负载试验，允许做拉力载荷试验或芯部硬度试验。拉力载荷应符 合表 4 的规定，芯部硬度应符合表 3 的规定。	晋亿 张军	采纳，参考 GB/T 1231 细化
36.	表 4、表 5	螺纹的应力截面积和螺距有关，这个表里是粗牙的，如果这里是参考 GB/T 1231，GB/T1231 里能只直接写，是因为还有相匹配的 1228 等标准规定了紧固件的尺寸，此单独的标准，建议 引用标准就可，或需要注明螺距	明阳 王铎	采纳，补充螺距，并对表中未给出的规格 引用相关产品标准
37.	表 6	HV30 的使用问题同序 3。 洛氏硬度最小值单位取 HRB，需要解释，GB/T 1231 也有相同问题。一般硬度操作不会用 HRB 和 HRC 打两次硬度。	明阳 王铎	采用 HV30；不是同时进行 HRB 和 HRC 试验， 以 HV 硬度为基准进行换算时，低硬度情 况下 HRB 比 HRC 换算值更准确。 “98HRB ” 改为 “20HRC”
38.	6	“紧固轴力变异系数应小于或等于 0.10。” 修改为 “紧固轴力变异系数应小于或等于 0.10 或满 足 GB/T 3632 中对紧固轴力标准偏差的要求。”，以满足 GB/T 3632 的要求。	中铁山桥 顾晓勇	采用紧固轴力变异系数，与 GB/T 32076 中保持一致
39.	1 6	1) 钢结构用耐候钢高强度大六角头螺栓连接副的紧固轴力是多少？是 70%的抗拉强度进行计 算？还是参照 GB/T 1231 的轴力进行设置，约 65~68%？，文中还没有明确提到。 2) 钢结构用耐候钢高强度扭剪型螺栓连接副紧固轴力符合表 7 规定，同意！	江苏甬怡	1) 不采纳，标准中大六角头螺栓连接副规 定扭矩系数，不规定紧固轴力。
40.	6	表 7 扭剪型高强度螺栓紧固轴力最小值较 GB/T3632 的下限值高出许多，紧固轴力平均值接近 或高出 GB/T3632 的上限值。紧固轴力没有上限值，这样容易螺栓施工造成超拧且易后续发生 螺栓断裂问题。	铁科院	现表 7 中紧固轴力计算 $R_m$ 取的是 GB/T 3098.1 中 10.9 级公称值 1000，与 GB/T 32076.8 一致
41.	6	扭矩系数试验的条件，注明如何才能达到 0.11-0.15 的条件，GB/T 1231 也存在使有条件问题	明阳 王铎	不采纳，由制造商根据生产条件确定，标 准中不做规定
42.	7	建议删除 “钢的耐大气腐蚀指数 $I$ 应不小于 6.5，计算方法见附录 B。”	南京福贝 尔 马金锁	不采纳，耐腐蚀指标采用 $I$ 指数
43.	7	细化耐候等组，海洋气候能不能满足？	明阳 王铎	不采纳，耐腐蚀指标采用 $I$ 指数，供设计 选用参考
44.	8	抗氢脆性能采用目测手段观察是否有目测可见裂纹有无不妥请考虑。	铁科院	8-31 会议确定删去抗氢脆性能要求
45.	8-9	增加 “9 抗延迟断裂性能 钢结构用耐候钢高强度螺栓按 GB/T 39039 进行试验，其断裂应力 比应不小于 0.80。” 增加该项检验要求的理由：1、第 8 条款 抗氢脆试验只能在生产制造厂中 进行，不能作为验收技术条件，理由 GB/T 3098.17 1 范围；2、目前很多螺栓制造厂为了避免	中铁山桥 顾晓勇	不采纳，8-31 会议确定删去抗氢脆性能要 求。 延迟断裂包括氢致延迟断裂和应力腐蚀造 成的延迟断裂，不仅与材料有关，还与产

序号	标准章 条编号	意见内容	提出单位 或委员	处理意见
		氢脆，取消了酸洗工艺，螺栓本身的氢含量已经很低；3、在实际工程应用中，多个工程项目中，均有延迟断裂的情况发生，因此评价螺栓抗延迟断裂性能是必要的，也是必须的。		品结构等因素有关，GB/T 39039《高强度钢氢致延迟断裂评价方法》评价的是特定条件下材料对氢的敏感性，不能完全代表紧固件产品在使用环境下的抗氢脆性能。 GB/T 3098.17 可在工艺过程测定紧固件内部氢脆性能，目前尚无完善的紧固件环境氢脆性能试验方法
46.	章 9	试验项目和方法不全	明阳 王铎	参考 GB/T 1231 或 GB/T 3632 细化要求和试验方法
47.	9.1	添加：钢结构高强度垫片机械性能试验方法按 GB/T 3098.26	江苏甬怡	可以增加脱碳层要求和试验。（GB/T 3098.26 中还有增碳试验、再回火试验） <b>“5.2.3.2 脱碳层</b> 由耐候钢制造的垫圈全脱碳层深度 $G$ 不大于垫圈有效高度的 2%或 0.02mm，取较小值。” 暂不增加垫圈脱碳要求。
48.	原 9.5 条款后	增加“9.6 抗延迟断裂试验方法 钢结构用耐候钢高强度螺栓连接副抗延迟断裂试验方法按 GB/T 39039。”与前面增加的内容相呼应。	中铁山桥 顾晓勇	不采纳，8-31 会议确定删去抗氢脆性能要求
49.	9.4	耐候性试验方法 建议修改为 9.4 耐候性评价方法，因为附录 B 仅仅是通过公式来计算 I 值，并非试验。	铁科院	采纳
50.	章 11	细化，原草案太简单	明阳 王铎	采纳，参考 GB/T 1231 改进文本内容
51.	11.2 出厂技术文件	11.2.1 中，其产品质量检验报告除包括 GB/T 1231 中的内容外，还应包括螺栓磁粉探伤结果和耐大气腐蚀系数 I。 1) 除包括 GB/T 1231 或 GB/T 3632 或 GB/T 32076 系列中的内容外，最好还是明确下质量检验报告有哪些报告？ 2) 螺栓磁粉探伤结果，标准中缺少对螺栓磁粉探伤的规定和试验方法。	晋亿 张军	部分采纳， 1) 参考 GB/T 1231 改进文本内容 2) 按照正常生产工艺，没必要进行逐件磁粉探伤，暂不规定螺栓磁粉探伤要求
52.	11.2.2	当原材料化学成分、螺栓处理工艺发生重大变化时，应在工业生产前对耐候钢螺栓连接副进行抗延迟断裂性能进行评价，建议给出具体的抗延迟断裂性能的评价方法或试验方法。	铁科院	不采纳，8-31 会议确定删去抗氢脆性能要求，删去 11.2.2 内容
53.	附录 A	完全脱碳深度 $\leq 0.04$ ，是否应有单位？	铁科院	采纳，mm
54.	附录 A	钢材比较重要，最好按 GB/T 3077 的型式细化，细化适合紧固件的要求。	明阳 王铎	不采纳，目前文本中内容已较全面
55.	A.2.2	冶炼方法： <b>氧气转炉+炉外精炼或电弧炉+炉外精炼，或满足协议要求的其他冶炼方式</b>	南京福贝尔 马金锁	部分采纳，修改为“钢由转炉或电炉冶炼，必要时经炉外精炼和真空脱气处理。除非需方有特殊要求，冶炼方法一般由供方选

序号	标准章 条编号	意见内容	提出单位 或委员	处理意见																												
				择。”																												
56.	A. 2. 3	单边总脱碳层（铁素体+过渡层）深度不应大于公称直径的 0. 7%，完全脱碳层深度≤0. 015mm。	南京福贝尔 马金锁	部分采纳，修改为“单边总脱碳层（铁素体+过渡层）深度不应大于公称直径的 1%，完全脱碳层深度不超过 GB/T 6478 的要求。”																												
57.	A. 2. 4	表面应光滑，不应有肉眼可见的裂纹、结疤、成品麻点、夹杂、耳子和折叠。表面可存在有深度不超过公差之半的个别划痕和麻点，以及深度不超过 0. 10mm 的个别发纹。	南京福贝尔 马金锁	采纳，与 GB/T 6478 中一致																												
58.	A. 2. 6	选择冷顶锻试验的，可不做热顶锻试验。或者改为 5- <30mm 做冷顶锻试验，≥30-200mm 做热顶锻试验。	南京福贝尔 马金锁	不采纳，直径 30 以上的产品可能需要热顶锻试验																												
59.	表 A.1	非金属夹杂物要求，A 类细系、D 类细系均建议由“≤1.5”级调整为“≤2.0”，理由是细系的夹杂物尺寸较小，对性能影响较小，对疲劳影响大的都是大尺寸的夹杂物，根据文献，夹杂物尺寸<10 微米对性能影响不大。	邢钢 王宁涛	不采纳，目前要求基本所有材料厂都可以达到，不需要降低要求																												
60.	A.2.8	<table><tr><td rowspan="2">夹杂类型</td><td colspan="2">A 类</td><td colspan="2">B 类</td><td colspan="2">C 类</td><td colspan="2">D 类</td><td rowspan="2">Ds 类</td></tr><tr><td>细系</td><td>粗系</td><td>细系</td><td>粗系</td><td>细系</td><td>粗系</td><td>细系</td><td>粗系</td></tr><tr><td>合格级别</td><td>≤1. 5</td><td>≤1. 5</td><td>≤1. 0</td><td>≤1. 0</td><td>≤1. 0</td><td>≤1. 0</td><td>≤1. 5</td><td>≤1. 5</td><td>≤1. 5</td></tr></table>	夹杂类型	A 类		B 类		C 类		D 类		Ds 类	细系	粗系	细系	粗系	细系	粗系	细系	粗系	合格级别	≤1. 5	≤1. 5	≤1. 0	≤1. 0	≤1. 0	≤1. 0	≤1. 5	≤1. 5	≤1. 5	南京福贝尔 马金锁	不采纳，GB/T 6478 中对夹杂无具体指标要求，目前文本中要求已可满足生产需要
夹杂类型	A 类			B 类		C 类		D 类		Ds 类																						
	细系	粗系	细系	粗系	细系	粗系	细系	粗系																								
合格级别	≤1. 5	≤1. 5	≤1. 0	≤1. 0	≤1. 0	≤1. 0	≤1. 5	≤1. 5	≤1. 5																							
61.	A. 2. 9	-33. 39(%Cu)2。2 应为上标	永通特钢 张超华、铁科院	采纳																												
62.	A.2.10	材料应有足够的淬透性，以确保紧固件螺纹界面的芯部在“淬硬”状态、回火前获得”。 ≥90%的马氏体组织	南京福贝尔 马金锁	不采纳，实现“≥90%的马氏体组织”，工艺难度大，成本高																												
63.	A.2.10	淬透性试验，可参照 GB/T5216，规定 J1. 5、J3、J9 等的 HRC，末端淬透性试验方法建议按 GB/T225。	南京福贝尔 马金锁	不采纳，目前无末端淬透性试验，推荐的淬火温度为及距淬火端部 9mm 处的洛氏硬度值等相关数据																												
64.	A.3 表	序号 2 行第 4、5 列，这列不是对钢的化学成分的取样方法及部位要求，是否改为 A. 2. 9	永通特钢 张超华	采纳																												

序号	标准章 条编号	意见内容	提出单位 或委员	处理意见
	A.2			
65.	附录 A	建议二：删除“附录 A”，把相关条款与标准正文中的类似条款进行合并。	南京福贝尔 马金锁	不采纳，附录 A 是对耐候钢材的技术要求，而非紧固件产品技术要求，不能合并
66.	附录 A.3	附录 A 试验方法中，顶锻、尺寸两项，取样数量“逐批”表达不正确，应为“逐盘”或“逐根”，又顶锻逐根检验量有些过于多了，建议改为“3 个/批”。	邢钢 王宁涛	部分采纳，根据 GB/T 6478 表 11 进行修改，补充“拉伸”、“末端淬透性”，删去“裂纹深度”
67.	附录 A 4	增加“A.4.1.3 在供需双方约定的热处理工艺条件下，原材料应满足相应螺栓连接副机械性能要求”，为了避免原材料化学成分虽然合格，但机械性能不合格的情况出现。	中铁山桥 顾晓勇	不采纳，本文件规定的是紧固件成品性能，附录 A 仅作为资料性内容，成品机械性能须符合标准正文要求
68.	附录 B	标准正文中明确采用 GB4171 对耐候性指数进行规定，而附录 B 又引用 T/CISA 081-2021，建议统一；并且在前述第 4 款条文中，已明确耐大气腐蚀系数的值，而在附录中耐大气腐蚀性指数的最小允许值由制造商（供应商）和购买商双方协议确定，前后是否存在矛盾请核实。	铁科院	GB/T 4171 附录 D、ASTM G101 中 6.3、T/CISA 081—2021 附录 B 中耐大气腐蚀性评价内容基本一致
69.	附录 B	建议删除“附录 B”	南京福贝尔 马金锁	不采纳，经 8-31 会议讨论确定第 5 章材料化学成分采用 ASTM F3125/F3125M-2022type 3 基于耐腐蚀指数的数据，耐腐蚀指标采用 I 指数
70.	B.3.3	表 1 化学成分与表 2 含硼调质型钢化学成分部分牌号超出 w(Ni)=0.05~1.10% 范围。如：BWRB8-O 的 Ni≤2.0, BWRB8-OT 的 Ni2.0~3.5, 计算耐蚀性能是否影响准确性。	永通特钢 张超华	经 8-31 会议讨论确定第 5 章材料化学成分采用 ASTM F3125/F3125M-2022type 3 基于耐腐蚀指数的数据，耐腐蚀指标采用 I 指数
71.		增加规格尺寸的说明 添加：耐候钢高强度螺栓、螺母和垫片的尺寸及公差按 GB/T 1228、1229、1230 执行。 GB/T 1229 螺母的厚度较厚，约 m=1D，符合钢结构的装配性能要求。	江苏甬怡	采纳，增加“4 型式尺寸 钢结构用耐候钢高强度螺栓连接副包括一个螺栓、一个螺母和一个垫圈，型式尺寸按 GB/T 1231、GB/T 3632、GB/T 32076.3~GB/T 32076.6、GB/T 32076.8 和 GB/T 32076.9 等产品标准。”
72.		Cr、Ni 达到一定量后，需要考虑材料晶间腐蚀的问题，特别是高强度的 Cr、Ni 合金在使用中风险较大。增加高强耐候紧固件的使用要求与设计选择注意事项。	明阳 王铎	材料对各种腐蚀的敏感性应在材料研发阶段完成，选材时由制造企业予以考虑
说明：a.发送“征求意见稿草稿”的单位数：30 个。 b.收到“征求意见稿草稿”后，回函的单位数：11 个。 c.收到“征求意见稿草稿”后，回函并有建议或意见的单位数：10 个。 d.没有回函的单位数：19 个。				