

ICS 21.060.01

J 13



ZZB

制 造 团 体 标 准

T/ZZB 0327—2018

海上风电用高强度螺栓连接副

High strength structural bolting assemblies for offshore wind power

ZHEJIANG MADE

2018 - 03 - 19 发布

2018 - 04 - 01 实施

浙江省浙江制造品牌建设促进会 发布

目 次

前言.....	II
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语与定义.....	2
4 基本要求.....	3
5 技术要求.....	3
6 试验方法.....	9
7 检验规则.....	12
8 标志、包装、运输和贮存.....	16
9 质量承诺.....	16

ZHEJIANG MADE

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

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这些专利的责任。

本标准由浙江省浙江制造品牌建设促进会提出并归口。

本标准由舟山市质量技术监督检测研究院牵头组织制订。

本标准主要起草单位：舟山市正源标准件有限公司。

本标准参与起草单位：舟山市质量技术监督检测研究院、河北工业大学、上海紧固件和焊接材料研究所、北京鉴衡认证中心有限公司、上海电气风电集团有限公司、浙江海洋大学（排名不分先后）。

本标准主要起草人：林仲岳、李存军、陈贤雷、朱海丰、陈科余、徐新霖、王海荣、厉梁、张英、黄树舟、罗露。

本标准由舟山市质量技术监督检测研究院负责解释。

ZHEJIANG MADE

海上风电用高强度螺栓连接副

1 范围

本标准规定了海上风电用高强度螺栓连接副的术语和定义、基本要求、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输和贮存及质量承诺。

本标准中规定的螺栓连接副适用环境温度为 $-45^{\circ}\text{C}\sim 60^{\circ}\text{C}$ ，可使用在恶劣的海洋环境气候中。

本标准适用于公称直径为16mm~64mm的海上风电用的六角头螺栓、双头螺栓、锚固螺栓（以下简称螺栓），六角螺母（以下简称螺母）和垫圈。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是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 90.1 紧固件 验收检查 (ISO 3269, IDT)
- GB/T 90.2 紧固件 标志与包装
- GB/T 90.3—2010 紧固件 质量保证体系 (ISO 16426: 2002, IDT)
- GB/T 97.1 平垫圈 A级 (ISO 7089, EQV)
- GB/T 97.2 平垫圈 倒角型A级 (ISO 7090, EQV)
- GB/T 196 普通螺纹 基本尺寸 (ISO 724, MOD)
- GB/T 197 普通螺纹 公差 (ISO 965-1, MOD)
- GB/T 223 钢铁及合金化学分析方法
- GB/T 226 钢的低倍组织及缺陷酸蚀检验法
- GB/T 228.1 金属材料 拉伸试验 第1部分：室温试验方法 (ISO 6892-1, EQV)
- GB/T 229 金属材料 夏比摆锤冲击试验方法 (ISO 148, MOD)
- GB/T 230.1 金属材料洛氏硬度试验 第1部分：试验方法 (A、B、C、D、E、F、G、H、K、N、T 标尺) (ISO 6508-1, MOD)
- GB/T 699 优质碳素结构钢
- GB/T 898 双头螺柱 $b_m=1.25d$
- GB/T 899 双头螺柱 $b_m=1.5d$
- GB/T 900 双头螺柱 $b_m=2d$
- GB/T 901 等长双头螺柱 B级
- 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
- GB/T 1979 结构钢低倍组织缺陷评级图
- GB/T 3077 合金结构钢
- GB/T 3098.1—2010 紧固件机械性能 螺栓、螺钉和螺柱 (ISO 898-1: 2009, MOD)
- GB/T 3098.2—2015 紧固件机械性能 螺母 粗牙螺纹 (ISO 898-2: 2012, MOD)

- GB/T 3098.17 紧固件机械性能 检查氢脆用预载荷 平行支承面法 (ISO 15330, IDT)
- GB/T 3103.1 紧固件公差 螺栓、螺钉、螺柱和螺母 (ISO 4759-1, IDT)
- GB/T 3103.3 紧固件公差 平垫圈 (ISO 4759-3, IDT)
- GB/T 4340.1 金属维氏硬度试验 第1部分: 试验方法 (ISO 6507-1, MOD)
- GB/T 5267.2—2002 紧固件 非电解锌片涂层 (ISO 10683: 2000, IDT)
- GB/T 5267.3—2008 紧固件 热浸镀锌层 (ISO 10684: 2004, IDT)
- GB/T 5779.1 紧固件表面缺陷 螺栓、螺钉和螺柱 一般要求 (ISO 6157—1, IDT)
- GB/T 5779.2 紧固件表面缺陷 螺母 (ISO 6157—2, IDT)
- GB/T 5782 六角头螺栓 (ISO 4014, EQV)
- GB/T 5783 六角头螺栓 全螺纹 (ISO 4017, EQV)
- GB/T 6170 1型六角螺母 (ISO 4017, MOD)
- GB/T 6394 金属平均晶粒度测定方法
- GB/T 6478 冷镦和冷挤压用钢 (ISO 4954, MOD)
- GB/T 10125 人造气氛腐蚀试验 盐雾试验 (ISO 9227, IDT)
- GB/T 10561 钢中非金属夹杂物含量的测定标准评级图显微检验方法 (ISO 4967, IDT)
- GB/T 13298 金属显微组织检验方法
- GB/T 15389 螺杆
- GB/T 16823.3 紧固件 扭矩—夹紧力试验 (ISO 16047, IDT)
- GB/T 18684—2002 镀铬涂层技术条件
- GB/T 22028 热镀锌螺纹 在内螺纹上容纳镀锌层 (ISO 965-5, MOD)
- GB/T 22029 热镀锌螺纹 在外螺纹上容纳镀锌层 (ISO 965-4, MOD)
- GB/T 28703 圆柱螺纹检测方法
- GB/T 30790.2 色漆和清漆 防护涂料体系对钢结构的防腐蚀保护 第2部分: 环境分类 (ISO 12944-2, MOD)
- GB/T 32076.3 预载荷高强度栓接结构连接副第3部分: HR型大六角头螺栓和螺母连接副
- GB/T 32076.4 预载荷高强度栓接结构连接副第4部分: HV型大六角头螺栓和螺母连接副
- GB/T 32076.5 预载荷高强度栓接结构连接副第5部分: 平垫圈
- GB/T 32076.6 预载荷高强度栓接结构连接副第6部分: 倒角平垫圈
- GB/T 32076.7 预载荷高强度栓接结构连接副第7部分: M39~M64大六角头螺栓和螺母连接副
- GB/T 33628 风力发电机组高强度螺纹连接副安装技术要求
- GB/T 33943 钢结构用高强度锚栓连接副
- DL/T 284—2012 输电线路杆塔及电力金具用热浸镀锌螺栓与螺母
- NB/T 31082 风电机组塔架用高强度螺栓连接副
- NB/T 47013.3 承压设备无损检测 第3部分: 超声检测
- NB/T 47013.4 承压设备无损检测 第4部分: 磁粉检测
- ASTM A29/A29M 热锻及冷加工碳素钢和合金钢棒

3 术语与定义

GB/T90.1、GB/T90.3、GB/T3098.1、GB/T3098.2、GB/T5267.1、GB/T5267.2、GB/T5267.3、GB/T5779.1、GB/T5779.2界定的术语与定义适用于本文件。

3.1

螺栓连接副

螺栓连接副由螺栓、螺母和垫圈组成。

4 基本要求

4.1 设计及能力

- 4.1.1 制造商至少应具备产品成型、热处理和表面涂覆的工艺设计和装配工艺参数合理性验证的能力。
4.1.2 制造商设计产品机械和功能性参数时应考虑 GB/T33628 中规定的安装方式对螺栓连接副的影响。

4.2 制造及工艺

- 4.2.1 制造商至少应配备与生产能力相匹配的成型设备、螺纹加工设备、碳势可控的热处理设备。
4.2.2 螺栓材料入厂时应进行超声无损检测，满足 NB/T47013.3 标准 I 级要求。
4.2.3 螺栓在表面处理前应进行 100% 表面磁粉无损检测，满足 NB/T47013.4 标准 I 级要求。
4.2.4 螺栓外螺纹应热处理后进行一次碾压成型，不允许车制加工。
4.2.5 热浸镀锌螺栓需根据 GB/T 3098.17 标准要求采用预载荷试验方法检查氢脆，试验完成后在不使用放大镜的条件下检查试件，螺栓若无任何目测可见的裂缝或断裂，则通过该项试验。

4.3 检测能力

制造商至少应具备原材料检测、金相分析、机械性能试验、螺栓连接副功能特性试验、探伤检测、表面质量检验的测试和验证能力。

4.4 环保要求

- 4.4.1 制造商应严格执行国家或地方的各项环境保护法律和法规。
4.4.2 制造商在生产过程中应实施清洁化生产，生产过程中的“三废”应做到达标排放。

5 技术要求

5.1 尺寸和公差要求

螺栓、螺母和垫圈的尺寸和公差应符合表1要求。

表1 螺栓、螺母和垫圈的尺寸和公差

序号	类别	尺寸标准编号	形位公差标准
1	六角头螺栓	GB/T 5782、GB/T 1228	GB/T3103.1
2	六角头螺栓 全螺纹	GB/T 5783	
3	双头螺栓	GB/T 898、GB/T 899、GB/T 900、GB/T 901、GB/T 15389	
4	锚固螺栓	GB/T 33943	
5	预载荷高强度栓接结构连接副	GB/T 32076.3、GB/T 32076.4、GB/T 32076.7、NB/T31082	
6	六角螺母	GB/T 6170、GB/T 32076.3、GB/T 32076.4、GB/T 32076.7、GB/T1229	GB/T3103.1
7	垫圈	GB/T 97.1、GB/T 97.2、GB/T 32076.5、GB/T 32076.6、GB/T 32076.7、GB/T1230	GB/T3103.3

5.2 表面粗糙度要求

5.2.1 外螺纹牙侧、牙底的表面粗糙度 $Ra \leq 3.2 \mu\text{m}$ ，内螺纹牙侧、牙底的表面粗糙度 $Ra \leq 6.3 \mu\text{m}$ 。

5.2.2 支承面、无螺纹杆径和螺栓过渡圆角的表面粗糙度 $Ra \leq 6.3 \mu\text{m}$ 。

5.3 螺纹精度要求

5.3.1 热浸镀锌螺栓、螺母的螺纹精度

为容纳热浸镀锌层，规定两种不同的方法和螺纹基本偏差：

——第一种方法：是在内螺纹上扩孔镀后攻丝所留大间隙用于容纳热浸镀锌层，内螺纹采用 GB/T 22028 中 6AZ 的规定，与其配合的外螺纹镀前采用 GB/T 197 中 6g 的规定；

——第二种方法：是在外螺纹镀前所留大间隙用于容纳热浸镀锌层，外螺纹采用 GB/T 22029 中 6az 的规定，与其配合的内螺纹镀后攻丝采用 GB/T 197 中 6H 的规定。

两种方法的螺母或螺栓只能与对应的螺栓或螺母互配。

注：螺母必须热浸镀锌后攻丝，且不允许重复攻丝。

5.3.2 非电解锌片涂层加封闭型螺栓、螺母的螺纹精度

针对非电解锌片涂层加封闭型，涂覆前外螺纹采用 GB/T 197 中 6g 的规定，与其配合的内螺纹涂覆后采用 GB/T 197 中 6H 的规定。涂覆后，螺栓用 6h 通规检验外螺纹，螺母用 6H 通规检验内螺纹，且螺栓与螺母互配。

5.4 原材料要求

5.4.1 螺栓、螺母和垫圈的牌号要求

螺栓原材料需符合 GB/T 3098.1—2010 中表 2 要求，螺母原材料需符合 GB/T 3098.2—2015 中表 3 要求，本标准推荐采用表 2 所规定的材料牌号。

表2 螺栓、螺母和垫圈的牌号要求

类别	性能等级	适用规格	材料牌号	材料标准编号
螺栓	10.9	$d \leq M24$	35CrMo、ML35CrMo	GB/T 3077、GB/T 6478
		$M24 < d \leq M48$	42CrMo、4140	GB/T 3077、ASTM A29/A29M
		$M52 \leq d \leq M64$	42CrMo、40CrNiMo、4140	GB/T 3077、ASTM A29/A29M
	8.8	所有规格	35CrMo、ML35CrMo、42CrMo、4140	GB/T 3077、GB/T 6478、ASTM A29/A29M
螺母	10	$d \leq M24$	45、ML45	GB/T 699、GB/T 6478
		$d > M24$	35CrMo、42CrMo、4140	GB/T 3077、ASTM A29/A29M
	8	$d \leq M24$	45、ML45	GB/T 699、GB/T 6478
		$d > M24$	45	GB/T 699
垫圈	300HV	所有规格	45	GB/T 699
	200HV	所有规格	45	GB/T 699

5.4.2 低倍组织

中心疏松、一般疏松、方形偏析 ≤ 1.5 级，不允许存在白点、缩孔、气泡、翻皮等缺陷。

5.4.3 非金属夹杂物

硅酸盐类夹杂物 ≤ 1.5 级，球状氧化物类夹杂物 ≤ 1.5 级。

5.4.4 晶粒度

晶粒度应 ≥ 6 级。

5.5 机械性能

5.5.1 螺栓机械性能

5.5.1.1 螺栓机械加工试件机械性能

制造商从螺栓实物中取样，并制成试件进行拉力试验、冲击试验和硬度试验。螺栓机械加工试件机械性能指标应符合表3要求。

表3 螺栓机械加工试件机械性能指标

性能等级	抗拉强度 R_m MPa	规定非比例延伸强度 $R_{p0.2}$	断后伸长率 A	断后收缩率 Z	冲击吸收功 KV_2 (-45°C)	硬度 HRC
		MPa	%	%	J	
		不小于				
10.9	1040~1170	950	10	48	27	33~38
8.8	830~1030	670	13	52	27	24~33

5.5.1.2 螺栓实物机械性能

5.5.1.2.1 六角头螺栓楔负载试验时，楔垫角度按照 GB/T 3098.1 规定，拉力载荷指标应符合表 4 的要求，且断裂应发生在螺纹部分或螺纹与螺杆交接处。

5.5.1.2.2 螺栓实物拉力试验时，拉力载荷应符合表 4 要求，且断裂应发生在螺纹部分或螺纹与螺杆交接处。

表4 螺栓实物拉力试验时拉力载荷指标

螺纹规格 (d)	螺纹公称应力截面积 A_s mm^2	性能等级	
		8.8	10.9
		最小拉力载荷 kN	
M16	157	130	163
M20	245	203	255
M22	303	252	315
M24	353	293	367
M27	459	381	477
M30	561	466	583
M33	694	576	721
M36	817	678	849
M39	976	810	1015
M42	1121	930	1166
M45	1306	1084	1358
M48	1473	1223	1532

表4 (续)

螺纹规格 (d)	螺纹公称应力截面积 A_s mm^2	性能等级	
		8.8	10.9
		最小拉力载荷 kN	
M52	1758	1459	1828
M56	2030	1685	2111
M60	2362	1960	2457
M64	2676	2221	2783

5.5.1.2.3 螺栓实物保证载荷应符合表5要求。

表5 螺栓实物保证载荷指标

螺纹规格 (d)	螺纹公称应力截面积 A_s mm^2	性能等级	
		8.8	10.9
		保证载荷 kN	
M16	157	94.5	163
M20	245	147	203
M22	303	182	252
M24	353	212	293
M27	459	275	381
M30	561	337	466
M33	694	416	576
M36	817	490	678
M39	976	586	810
M42	1121	672	931
M45	1306	784	1084
M48	1473	884	1223
M52	1758	1055	1460
M56	2030	1218	1685
M60	2362	1418	1961
M64	2676	1606	2222

5.5.1.3 螺栓螺纹脱碳

螺栓螺纹脱碳层深度符合GB/T 3098.1要求；对于标准中未规定的牙底脱碳按如下要求执行：牙底不得出现完全脱碳层，不完全脱碳层深度不得大于0.05mm。

5.5.1.4 螺栓金相组织

螺栓使用的材料，应有足够的淬透性，以确保螺栓的螺纹截面的芯部在“淬硬”状态、回火前获得 $\geq 90\%$ 的马氏体组织。

5.5.1.5 螺栓表面缺陷

螺栓表面缺陷符合GB/T 5779.1要求。

5.5.2 螺母机械性能

5.5.2.1 螺母的保证载荷应符合表6要求。

表6 螺母的保证载荷指标

螺纹规格 (d)	性能等级	
	8	10
	保证载荷 kN	
M16	138.2	164.9
M20	225.4	259.7
M22	278.8	321.2
M24	324.8	374.2
M27	422.3	486.5
M30	516.1	594.7
M33	638.5	735.6
M36	751.6	866
M39	897.9	1035
M42	1031	1188
M45	1206	1389
M48	1353	1559
M52	1618	1864
M56	1868	2152
M60	2173	2504
M64	2462	2837

5.5.2.2 螺母的硬度应符合表7要求。

表7 螺母的硬度指标

性能等级	洛氏硬度		维氏硬度	
	min	max	min	max
10	26 HRC	36 HRC	272 HV30	353 HV30
8	98 HRB	36 HRC	233 HV30	353 HV30

5.5.2.3 螺母螺纹脱碳

螺母螺纹脱碳层深度符合GB/T 3098.1要求。

5.5.2.4 螺母金相组织

螺母使用的材料,应有足够的淬透性,以确保螺母的螺纹截面的芯部在“淬硬”状态、回火前获得 $\geq 90\%$ 的马氏体组织。

5.5.2.5 螺母表面缺陷

螺母表面缺陷应符合GB/T 5779.2要求。

5.5.3 垫圈机械性能

5.5.3.1 垫圈的硬度应符合表8要求。

5.5.3.2 垫圈表面缺陷应符合GB/T 97.2要求。

表8 垫圈的硬度指标

性能等级	维氏硬度	
	min	max
200HV	200 HV30	300 HV30
300HV	300 HV30	370 HV30

5.6 螺栓连接副功能特性

5.6.1 热浸镀锌螺栓连接副

热浸镀锌螺栓连接副的扭矩系数平均值0.10~0.20，变异系数 $V_k \leq 0.1$ ；每一螺栓副包括螺栓、螺母、垫圈，并应分属于同批制造。扭矩系数为涂抹润滑剂实验结果，涂抹位置包括螺栓旋合段、螺母或螺栓头部（旋拧的部件）与垫圈贴合面。

5.6.2 非电解锌片涂层加封闭型螺栓连接副

非电解锌片涂层加封闭型螺栓连接副的扭矩系数平均值0.110~0.150（或按客户要求），变异系数 $V_k \leq 0.06$ 。每一螺栓副包括螺栓、螺母、垫圈，并应分属于同批制造。扭矩系数为涂抹润滑剂后的实验结果，涂抹位置包括螺栓旋合段、螺母或螺栓头部（旋拧的部件）与垫圈贴合面。

5.6.3 防腐层

其他防腐层的要求应由供需双方协议。

5.7 表面防腐层要求

螺栓连接副应符合GB/T 30790.2中腐蚀等级C5-M类别要求。

5.7.1 热浸镀锌螺栓连接副表面处理要求

5.7.1.1 镀层厚度应符合GB/T 5267.3要求。

5.7.1.2 附着强度应符合GB/T 5267.3要求。

5.7.1.3 热浸镀锌层应均匀附着在基体金属表面，均匀性测定采用硫酸铜溶液浸蚀的试验方法，试验时耐浸蚀次数4次，基体不露铁。

注：性能等级为10.9级的螺栓热浸镀锌过程中不应采用酸洗工艺。

5.7.2 非电解锌片涂层加封闭型螺栓连接副表面处理要求

5.7.2.1 涂层厚度 $\geq 11 \mu\text{m}$ 。

5.7.2.2 附着强度应符合GB/T 18684—2002中8.6条要求，附着强度检测后，涂层不得剥落和露底。

5.7.2.3 中性盐雾试验应符合GB/T 10125要求，1440h后基体无红锈。

5.7.3 防腐层

其他防腐层的要求应由供需双方协议。

6 试验方法

6.1 尺寸和公差检测

尺寸、公差应按GB/T 3103.1和GB/T 3103.3的规定执行。

6.2 表面粗糙度检测

采用表面粗糙度检测仪进行检测。

6.3 螺纹精度检测

外螺纹大径及中径、内螺纹小径及中径应按GB/T 28703的规定执行。

6.4 原材料检测

6.4.1 螺栓、螺母和垫圈原材料化学成分分析

按GB/T 223的规定执行。

6.4.2 低倍组织检测

按GB/T 226的规定执行，并按GB/T 1979标准规定评级。

6.4.3 非金属夹杂物检测

按GB/T 10561的规定执行。

6.4.4 晶粒度检测

按GB/T 6394的规定执行。

6.5 机械性能检测

6.5.1 螺栓机械性能试验

6.5.1.1 螺栓机械加工试件机械性能试验

6.5.1.1.1 螺栓机械加工试件拉力试验

6.5.1.1.1.1 拉力试样应经同批次的螺栓成品经机加工制取，也可直接用合格的成品进行全尺寸拉力试验。

6.5.1.1.1.2 对于规格 \leq M39的高强度螺栓按GB/T 3098.1标准执行；对于规格 $>$ M39的高强度螺栓采取偏心取样，在螺栓直径的四分之一处(1/4d)进行取样，试样直径按螺栓原始直径的八分之三(3/8d)计算，测试试样平行长度为6倍试样直径，测试长度为5倍试样直径。试样进行拉伸试验后，当螺栓实物与试件试验结果有差异时，应以实物试验结果为准。

6.5.1.1.1.3 螺栓试棒应符合GB/T 228.1标准。

注：当螺栓由于尺寸、结构等方面的原因导致不能满足试样制取要求时，应使用同批原材料、同一热处理工艺的专

用试样进行试验。

6.5.1.1.2 螺栓机械加工试件冲击试验

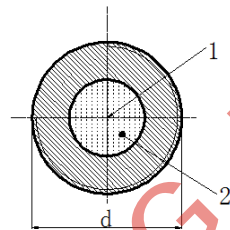
冲击试样应在尺寸检验合格的同批次的螺栓成品进行取样，按 GB/T 229 中缺口深度为 2mm 的标准夏比 V 型缺口冲击试件的规定制成标准试样，冲击试样取样位置在螺栓杆部靠近近表面处，缺口开槽应避开在近表面处，三个试样为一组，取平均值。

注：当螺栓由于尺寸、结构等方面的原因导致不能满足试样制取要求时，应使用同批原材料、同一热处理工艺的专用试样进行试验。

6.5.1.1.3 螺栓机械加工试件硬度试验

按 GB/T 3098.1 规定执行。

试验在距螺栓末端等于螺纹直径 d 的截面上进行，对该截面距离中心的二分之一螺纹半径处，任测 4 点，取后 3 点试验值的平均值为螺栓的硬度值，试验点位置见图 1，试验方法按 GB/T 230.1 或 GB/T 4340.1 的规定执行。如有争议，以维氏硬度（HV30）试验为准。



说明：

1——紧固件轴线；

2——1/2 半径区域

图1 硬度试验点位置

6.5.1.2 螺栓实物机械性能

6.5.1.2.1 六角头螺栓楔负载试验

按 GB/T 3098.1 的规定执行。

6.5.1.2.2 螺栓实物拉力试验

按 GB/T 3098.1 的规定执行。

6.5.1.2.3 螺栓实物保证载荷试验

按 GB/T 3098.1—2010 标准中 9.6 条款的规定执行。

6.5.1.3 螺栓螺纹脱碳检测

按 GB/T 3098.1—2010 中 9.10 条款的规定执行。

6.5.1.4 螺栓金相组织试验

按 GB/T 13298 的规定执行。

6.5.1.5 螺栓表面缺陷检查

采用目视检查。

6.5.2 螺母机械性能试验

6.5.2.1 螺母保证载荷试验

按GB/T 3098.2—2015中9.1条款的规定执行。

6.5.2.2 螺母硬度试验

常规检查，去除表面镀层或涂层，并对试件适当处理后，在螺母的一个支承面上实施硬度试验。试验时测4点硬度，取间隔为120°的后三点试验值的平均值作为螺母的硬度值。试验方法按GB/T 230.1或GB/T 4340.1的规定执行。如有争议，应在通过螺母轴心线的纵向截面上，并尽量靠近螺纹大径处进行硬度试验。

6.5.2.3 螺母螺纹脱碳检测

按GB/T 3098.1—2010中9.10条款的规定执行。

6.5.2.4 螺母金相组织试验

按GB/T 13298的规定执行。

6.5.2.5 螺母表面缺陷检查

采用目视检查。

6.5.3 垫圈机械性能试验

6.5.3.1 垫圈硬度试验

在垫圈的表面上任测4点，取后3点试验值的平均值作为垫圈的硬度值。试验方法按GB/T 230.1或GB/T 4340.1的规定执行。

6.5.3.2 垫圈表面缺陷检查

垫圈表面缺陷采用目视检查。

6.6 螺栓连接副功能特性试验

螺栓连接副扭矩系数试验在扭矩试验机上进行，每一连接副只能试验一次，不得重复使用。组装连接副时，螺母下的垫圈有倒角的一侧应朝向螺母支承面。试验时，垫圈不得发生转动，否则该组连接副试验无效。

进行螺栓连接副扭矩系数试验时，按GB/T 16823.3标准设定夹紧力的方法进行试验，试验时的夹紧力（紧固轴力）应为试验螺栓保证载荷的75%设定或按客户要求。

试验时，拧紧速度为5r/min~15r/min，匀速旋转。

6.7 表面防腐层质量检测

6.7.1 热浸镀锌层螺栓连接副表面镀层检测

6.7.1.1 镀层厚度检测

按GB/T 5267.3—2008中8.3条款的规定执行。

6.7.1.2 附着强度检测

螺栓连接副表面采用热浸镀锌时应有足够的附着强度，检验附着强度采用刀划痕法，具体按GB/T 5267.3—2008中附录E的规定执行。

6.7.1.3 热浸镀锌层均匀性试验

热浸镀锌层应均匀附着在基体金属表面，均匀性测定采用硫酸铜溶液浸蚀的试验方法，试验时耐浸蚀次数不少于4次，具体按DL/T 284—2012中附录D规定执行。

6.7.2 非电解锌片涂层加封闭型螺栓连接副表面质量检测

6.7.2.1 涂层厚度检测

按GB/T 5267.2—2002中第5条款的规定执行。

6.7.2.2 附着强度检测

按GB/T 18684的规定进行。

6.7.2.3 耐盐雾试验

中性盐雾试验方法按GB/T 10125的规定进行。

6.7.3 防腐层

其他防腐层的试验方法应由供需双方协议。

7 检验规则

7.1 总则

7.1.1 产品检验分为出厂检验和型式试验。

7.1.2 每批产品出厂前，制造商均应经检验合格，并附有产品质量合格证方能出厂。

7.1.3 型式试验应在下列情况之一时进行：

- a) 新产品或老产品转厂生产的试制定型鉴定；
- b) 正式生产后，如结构、材料、工艺有较大改变，可能影响产品性能时；
- c) 正常生产时，每年最少从同材料、同工艺产品中抽取一个批次产品进行试验；
- d) 产品长期停产后，恢复生产时；
- e) 出厂检验结果与上次型式试验有较大差异时；
- f) 国家质量监督机构提出进行型式试验要求时。

7.2 检验批的组成

7.2.1 同一材料、炉号、螺纹规格、长度（当螺栓长度 $\leq 100\text{mm}$ 、长度相差 $\leq 15\text{mm}$ ，螺栓长度 $> 100\text{mm}$ 、长度相差 $\leq 20\text{mm}$ ，可视为同一长度）、机械加工、热处理工艺及表面处理工艺的螺栓，数量不超过 5000 件的为同批螺栓。数量超过 5000 件的以 5000 件为上限分成若干批。

7.2.2 同一材料、炉号、螺纹规格、机械加工、热处理工艺及表面处理工艺的螺母，数量不超过 10000 件的为同批螺母。数量超过 10000 件的以 10000 件为上限分成若干批。

7.2.3 分别由同批螺栓、螺母组成的数量不超过 5000 套的连接副为同批螺栓连接副。

7.3 检验项目及抽样方案

7.3.1 产品出厂检验的检验项目及抽样方案推荐按表9规定执行。

表9 产品出厂检验项目及抽样方案

序号	检验项目	标准条款	出厂检验的抽样方案	备注
1	尺寸和公差检测	5.1 6.1	一般水平II, AQL=1.0, 正常一次 n1=125, Ac1=3, Re1=4	螺栓、螺母
2	螺纹精度检测 (外螺纹大径及中径、内螺纹小径及中径检测)	5.3 6.3	试验5件, 均应符合, 否则项目 不合格	螺栓、螺母
3	化学成分分析	5.4.1 6.4.1	1个/炉	螺栓连接副 原材料
4	低倍组织及缺陷酸浸试验	5.4.2 6.4.2	水平D级 n1=2, Ac1=0, Re1=1	螺栓原材料
5	非金属夹杂物检测	5.4.3 6.4.3	水平D级 n1=2, Ac1=0, Re1=1	螺栓原材料
6	晶粒度检测	5.4.4 6.4.4	水平D级 n1=2, Ac1=0, Re1=1	螺栓原材料
7	螺栓机械加工试件拉力试验	5.5.1.1 6.5.1.1.1	水平D级 n1=2, Ac1=0, Re1=1	螺栓
8	螺栓机械加工试件冲击试验	5.5.1.1 6.5.1.1.2	水平D级 n1=1 Ac1=0, Re1=1	螺栓
9	螺栓机械加工试件硬度试验	5.5.1.1 6.5.1.1.3	水平D级 n1=2, Ac1=0, Re1=1	螺栓
10	楔负载拉力试验	5.5.1.2.1 6.5.1.2.1	水平D级 n1=2, Ac1=0, Re1=1	六角头螺栓
11	螺栓实物保证载荷试验	5.5.1.2.3 6.5.1.2.3	水平D级 n1=2, Ac1=0, Re1=1	螺栓
12	螺栓螺纹脱碳试验	5.5.1.3 6.5.1.3	水平D级 n1=2, Ac1=0, Re1=1	螺栓
13	螺栓金相组织试验	5.5.1.4 6.5.1.4	水平D级 n1=2, Ac1=0, Re1=1	螺栓
14	螺栓表面缺陷检查	5.5.1.5 6.5.1.5	水平D级 n1=2, Ac1=0, Re1=1	螺栓
15	螺母保证载荷试验	5.5.2.1 6.5.2.1	水平D级 n1=2, Ac1=0, Re1=1	螺母
16	螺母硬度试验	5.5.2.2 6.5.2.2	水平D级 n1=2, Ac1=0, Re1=1	螺母
17	螺母螺纹脱碳试验	5.5.2.3 6.5.2.3	水平D级 n1=2, Ac1=0, Re1=1	螺母
18	螺母金相组织试验	5.5.2.4 6.5.2.4	水平D级 n1=2, Ac1=0, Re1=1	螺母

表9 (续)

序号	检验项目	标准条款	出厂检验的抽样方案	备注
19	螺母表面缺陷检查	5.5.2.5 6.5.2.5	水平D级 n1=2, Ac1=0, Re1=1	螺母
20	垫圈硬度试验	5.5.3.1 6.5.3.1	水平D级 n1=2, Ac1=0, Re1=1	垫圈
21	垫圈表面缺陷检查	5.5.3.2 6.5.3.2	水平D级 n1=2, Ac1=0, Re1=1	垫圈
22	螺栓连接副功能性试验	5.6 6.6	试验8组	螺栓连接副
23	热浸镀锌镀层厚度检测	5.7.1.1 6.7.1.1	水平B级 n1=13, Ac1=0, Re1=1	所有
24	热浸镀锌镀层附着强度检测	5.7.1.2 6.7.1.2	水平D级 n1=2, Ac1=0, Re1=1	所有
25	热浸镀锌镀层均匀性试验	5.7.1.3 6.7.1.3	水平D级 n1=2, Ac1=0, Re1=1	所有
26	非电解锌片涂层厚度检测	5.7.2.1 6.7.2.1	水平B级 n1=13, Ac1=0, Re1=1	所有
27	非电解锌片涂层附着强度检测	5.7.2.2 6.7.2.2	水平D级 n1=2, Ac1=0, Re1=1	所有
28	非电解锌片涂层耐盐雾试验	5.7.2.3 6.7.2.3	水平D级 n1=2, Ac1=0, Re1=1	所有

7.3.2 产品型式试验的检验项目及抽样方案推荐按表10规定执行。

表10 产品型式试验检验项目、抽样方案及判定

序号	检验项目	标准条款	型式试验抽样方案及判定	备注
1	尺寸和公差检测	5.1 6.1	试验5件, 均应符合, 否则 项目不合格	螺栓、螺母
2	表面粗糙度检测	5.2 6.2	试验5件, 均应符合, 否则 项目不合格	螺栓、螺母 (螺纹加工后)
3	螺纹精度检测 (外螺纹大径及中径、内螺纹小径及中径检测)	5.3 6.3	试验5件, 均应符合, 否则 项目不合格	螺栓、螺母
4	化学成分分析	5.4.1 6.4.1	试验1件, 应符合, 否则 项目不合格	螺栓连接副原 材料
5	低倍组织及缺陷酸浸试验	5.4.2 6.4.2	试验1件, 应符合, 否则 项目不合格	螺栓原材料
6	非金属夹杂物检测	5.4.3 6.4.3	试验1件, 应符合, 否则 项目不合格	螺栓原材料
7	晶粒度检测	5.4.4 6.4.4	试验1件, 应符合, 否则 项目不合格	螺栓原材料

表10 (续)

序号	检验项目	标准条款	型式试验抽样方案及判定	备注
8	螺栓机械加工试件拉力试验	5.5.1.1 6.5.1.1.1	试验1件, 应符合, 否则 项目不合格	螺栓
9	螺栓机械加工试件冲击试验	5.5.1.1 6.5.1.1.2	试验1组, 应符合, 否则 项目不合格	螺栓
10	螺栓机械加工试件硬度试验	5.5.1.1 6.5.1.1.3	试验2件, 均应符合, 否则 项目不合格	螺栓
11	楔负载拉力试验	5.5.1.2.1 6.5.1.2.1	试验1件, 应符合, 否则 项目不合格	六角头螺栓
12	螺栓实物拉力试验	5.5.1.2.2 6.5.1.2.2	试验1件, 应符合, 否则 项目不合格	六角头螺栓 双头螺栓
13	螺栓实物保证载荷试验	5.5.1.2.3 6.5.1.2.3	试验1件, 应符合, 否则 项目不合格	螺栓
14	螺栓螺纹脱碳试验	5.5.1.3 6.5.1.3	试验1件, 应符合, 否则 项目不合格	螺栓
15	螺栓金相组织试验	5.5.1.4 6.5.1.4	试验1件, 应符合, 否则 项目不合格	螺栓
16	螺栓表面缺陷检查	5.5.1.5 6.5.1.5	试验2件, 均应符合, 否则 项目不合格	螺栓
17	螺母保证载荷试验	5.5.2.1 6.5.2.1	试验1件, 应符合, 否则 项目不合格	螺母
18	螺母硬度试验	5.5.2.2 6.5.2.2	试验2件, 均应符合, 否则 项目不合格	螺母
19	螺母螺纹脱碳试验	5.5.2.3 6.5.2.3	试验1件, 应符合, 否则 项目不合格	螺母
20	螺母金相组织试验	5.5.2.4 6.5.2.4	试验1件, 应符合, 否则 项目不合格	螺母
21	螺母表面缺陷检查	5.5.2.5 6.5.2.5	试验2件, 均应符合, 否则 项目不合格	螺母
22	垫圈硬度试验	5.5.3.1 6.5.3.1	试验2件, 均应符合, 否则 项目不合格	垫圈
23	垫圈表面缺陷检查	5.5.3.2 6.5.3.2	试验2件, 均应符合, 否则 项目不合格	垫圈
24	螺栓连接副功能性试验	5.6 6.6	试验8组, 均应符合, 否则 项目不合格	螺栓连接副
25	热浸锌镀层厚度检测	5.7.1.1 6.7.1.1	试验3件, 均应符合, 否则 项目不合格	所有
26	热浸锌镀层附着强度检测	5.7.1.2 6.7.1.2	试验1件, 应符合, 否则 项目不合格	所有

表10 (续)

序号	检验项目	标准条款	型式试验抽样方案及判定	备注
27	热浸镀锌层均匀性试验	5.7.1.3 6.7.1.3	试验1件,应符合,否则 项目不合格	所有
28	非电解锌片涂层厚度检测	5.7.2.1 6.7.2.1	试验3件,均应符合,否则 项目不合格	所有
29	非电解锌片涂层附着强度检测	5.7.2.2 6.7.2.2	试验2件,均应符合,否则 项目不合格	所有
30	非电解锌片涂层耐盐雾试验	5.7.2.3 6.7.2.3	试验1件,应符合,否则 项目不合格	所有

7.4 判定规则

7.4.1 出厂检验项目及抽样方案按表9执行,如果所有项目均检验合格或加样试验后均检验合格,则判定该批产品出厂检验合格。否则,判该批产品不合格。

7.4.2 型式试验的判定按表10执行。

7.5 不合格批的处置

出厂检验不合格批的处置应按GB/T 90.3—2010第7章的规定执行。

8 标志、包装、运输和贮存

8.1 标志、包装

螺栓连接副标志和包装应按GB/T 90.2的规定执行。

8.2 运输和贮存

8.2.1 产品在运输过程中,包装箱应按规定朝向安置,不得倾倒或改变方向,不得野蛮装卸,应防雨、防水、防潮、防化学物品侵袭。

8.2.2 螺栓连接副应在清洁通风良好的库房内,周围空气应无腐蚀性气体存在。

8.2.3 贮存场地应平整,产品不得倾斜堆放,堆码不得过高,防止压伤或倒塌损坏。

9 质量承诺

制造商应协助客户进行装配工艺参数合理性分析,实现质量异常的专业分析;同时配备专业团队实现48小时内快速响应,配合客户共同确认产品相关问题,共同进行风险评估并从系统角度寻求问题解决方案。因产品制造质量问题而不能正常使用时,提出免费更换或维修服务。