

ICS 21.060.10

J 13



# ZZB

## 浙 江 制 造 团 体 标 准

T/ZZB 0751—2018

### 压水堆核电厂用核级螺栓、螺柱

Nuclear class bolts and studs for pressurized water reactor nuclear power plants

ZHEJIANG MADE

2018 - 11 - 15 发布

2018 - 12 - 01 实施

浙江省品牌建设联合会 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 .....	2
5 技术要求 .....	5
6 试验方法 .....	10
7 检验规则 .....	12
8 标志、包装、运输和贮存 .....	14
9 质量承诺 .....	16

ZHEJIANG MADE

## 前 言

本标准依据GB/T 1.1—2009给出的规则起草。

本标准由浙江省品牌建设联合会提出并归口。

本标准由浙江国检检测技术股份有限公司牵头组织制定。

本标准主要起草单位：绍兴山耐高压紧固件有限公司。

本标准参与起草单位：宁波宁力高强度紧固件有限公司、中国核电运行管理有限公司、中国核电工程有限公司、浙江迪特高强度螺栓有限公司（排名不分先后）（排名不分先后）。

本标准主要起草人：宋伟栋、孙林峰、孙国峰、何陈兰、徐勇、路晓晖、张维、桂馨宇、李波、顾鸣界、苏友份、邱一帆。

本标准由浙江国检检测技术股份有限公司负责解释。

ZHEJIANG MADE

# 压水堆核电厂用核级螺栓、螺柱

## 1 范围

本标准规定了压水堆核电厂用核级螺栓、螺柱的基本要求、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输贮存及质量承诺。

本标准适用于规格为M6~M64压水堆核电厂用核级螺栓、螺柱。

## 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 2 紧固件 外螺纹末端
- GB/T 90.1 紧固件 验收检查
- GB/T 90.2 紧固件 标志与包装
- GB/T 90.3 紧固件 质量保证体系
- GB/T 150.2 压力容器 第2部分:材料
- GB/T 196 普通螺纹 基本尺寸
- GB/T 197 普通螺纹 公差
- 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
- GB/T 228.2 金属材料 拉伸试验 第2部分:高温试验方法
- GB/T 229 金属材料 夏比摆锤冲击试验方法
- 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)
- GB/T 231.1 金属材料 布氏硬度试验 第1部分:试验方法
- GB/T 699 优质碳素结构钢
- GB/T 898 双头螺柱  $bm=1.25d$
- GB/T 899 双头螺柱  $bm=1.5d$
- GB/T 900 双头螺柱  $bm=2d$
- GB/T 901 等长双头螺柱 B级
- GB/T 1220 不锈钢棒
- GB/T 2975 钢及钢产品力学性能试验取样位置及式样制备
- GB/T 3077 合金结构钢
- GB/T 3098.1 紧固件机械性能 螺栓、螺钉和螺柱
- GB/T 3098.6 紧固件机械性能 不锈钢螺栓、螺钉和螺柱
- GB/T 3103.1 紧固件公差 螺栓、螺钉、螺柱和螺母
- GB/T 4336 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 5267.4 紧固件表面处理耐腐蚀不锈钢钝化处理

- GB/T 5779.1 紧固件表面缺陷 螺栓、螺钉和螺柱 一般要求
- GB/T 5782 六角头螺栓
- GB/T 5783 六角头螺栓 全螺纹
- GB/T 6394 金属平均晶粒度测定方法
- GB/T 6462 金属和氧化物覆盖层 厚度测量显微镜法
- GB/T 6463 金属和其他无机覆盖层厚度测量方法评述
- 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法
- GB/T 11170 不锈钢 多元素含量的测定 火花放电原子发射光谱法（常规法）
- GB/T 14791 螺纹 术语
- GB/T 16823.1 螺纹紧固件应力截面积和承载面积
- GB/T 17569 压水堆核电厂物项分级
- JB/T 9151.1 紧固件测试方法 尺寸与几何精度 螺栓、螺钉、和螺母
- NB/T 20003.2 核电厂核岛机械设备无损检测 第2部分：超声检测
- NB/T 20003.4 核电厂核岛机械设备无损检测 第4部分：渗透检测
- NB/T 20003.5 核电厂核岛机械设备无损检测 第5部分：磁粉检测
- NB/T 20008.12—2010 压水堆核电厂用其他材料 第12部分：1、2、3级设备螺栓、螺母用锻、轧棒
- ASTM A193/193M 高温用合金钢和不锈钢螺栓材料

### 3 术语与定义

GB/T 2、GB/T 90.1、GB/T 90.3、GB/T 196、GB/T 197、GB/T 3098.1、GB/T 14791、GB/T 17569 和 JB/T 9151.1 界定的术语和定义适用于本文件。

#### 3.1

##### 批 batch

指来自同一炉号材料，经相同制造工艺、同公称直径并经同炉热处理（间歇炉）或同一炉期热处理（连续炉）的紧固件。

### 4 基本要求

#### 4.1 设计

应根据核电客户的要求（包括非标螺栓、螺柱技术要求），进行产品成型工艺、热处理工艺的设计，采用三维软件对产品的成型工艺进行动态模拟以及参数合理性验证。

#### 4.2 原材料

##### 4.2.1 原材料化学成分

棒材的制造、订货按NB/T 20008.12—2010 《压水堆核电厂用其他材料 第12部分：1、2、3级设备螺栓、螺母用锻、轧棒》执行：

- 碳钢棒（45 材料）化学成分（熔炼分析和成品分析）见表 1；
- 合金钢棒化学成分（熔炼分析和成品分析）见表 2；
- 不锈钢棒化学成分（熔炼分析和成品分析）化学成分见表 3。

表1 碳钢棒化学成分

牌号	类型	化学成分(质量分数)/%								
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Cr+Mo+Ni
45	熔炼分析	0.42~0.50	≤0.40	0.50~0.80	≤0.030	≤0.035	≤0.40	≤0.10	≤0.40	—
	成品分析	0.40~0.52	≤0.43	0.46~0.84	≤0.035	≤0.040	≤0.45	≤0.13	≤0.45	≤0.63

表2 合金钢棒化学成分(熔炼分析和成品分析)

牌号	化学成分(质量分数)/%								
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	V	
42CrMo (B7)	0.38~0.48	0.10~0.40	0.75~1.00	≤0.025	≤0.015	0.80~1.15	0.15~0.30	—	—
40CrMoV (B16)	0.36~0.44	0.20~0.35	0.45~0.70	≤0.025 <sup>a</sup>	≤0.015 <sup>a</sup>	0.80~1.15	0.50~0.65	0.25~0.35	—

注：B7和B16是参考ASTM A193标准的规定机械性等级，此处表示为对应材料（参考）。

<sup>a</sup> 对于2、3级螺栓、螺柱，其最大允许值可到0.030%。

表3 不锈钢棒化学成分

牌号	化学成分(质量分数)/%								
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	其它元素
12Cr13	0.08~0.15	≤1.00	≤1.00	≤0.030	≤0.030	11.50~13.50	—	—	—
05Cr17Ni4Cu4Nb	≤0.07	≤1.00	≤1.00	≤0.025	≤0.020	15.5~17.5	3.00~5.00	—	Cu:3.00~5.00 Nb:0.15~0.45
06Cr19Ni10	≤0.08	≤1.00	≤2.00	≤0.030	≤0.015	17.00~20.00	8.00~12.00	—	—
06Cr17Ni12Mo2	≤0.08	≤1.00	≤2.00	≤0.030	≤0.015	16.00~19.00	10.00~14.00	2.00~2.50	—
06Cr15Ni25Ti2 MoAlVB	0.03~0.08	≤1.00	1.00~2.00	≤0.025	≤0.015	13.50~16.00	24.00~27.00	1.00~1.50	Al≤0.35 B:0.001~0.010 V:0.10~0.50 Ti:1.90~2.30

#### 4.2.2 进货要求

4.2.2.1 45、42CrMo (B7)、40CrMoV (B16)、12Cr13材料以退火状态交货，热处理由制造厂进行。

4.2.2.2 06Cr19Ni10、06Cr17Ni12Mo2材料以固溶状态或固溶+硬化处理状态交货。

4.2.2.3 05Cr17Ni4Cu4Nb、06Cr15Ni25Ti2MoAlVB以固溶状态或固溶+时效处理状态交货。

4.2.2.4 各类非金属夹杂物，A、B类（粗系和细系）应分别不大于1.5级，C、D类（粗系和细系）、DS类应分别不大于1.0。

4.2.2.5 对于1级棒材，一般疏松、中心疏松、偏析均不大于1级。对于2、3级棒材，一般疏松、中心疏松、偏析均不大于2级。所有棒材不应有肉眼可见的缩孔、气泡、翻皮、夹杂、裂纹、白点、折叠等缺陷。

#### 4.2.3 原材料检验

4.2.3.1 棒材的入厂检验项目有：化学成分、机械性能、非金属夹杂物、酸浸低倍检验、目视检查、尺寸检查。

4.2.3.2 每批棒材抽取一个化学分析试样，试验方法可按GB/T 223、GB/T 4336、GB/T 11170进行。

4.2.3.3 对于交货时已完成热处理的棒材，可按5.1进行机械性能检查。

4.2.3.4 在每批棒材上取一个试样，按GB/T 10561中的A法检验非金属夹杂物，并按GB/T 10561附录A中评级图谱进行评定，按GB/T 226进行酸浸低倍检验。

4.2.3.5 抽取每批棒材数量的5%进行目视检查，棒材表面不应有目视可见的裂纹、结疤、折叠及夹杂。

4.2.3.6 抽取每批棒材数量的5%进行尺寸检查 棒材尺寸应符合订货合同规定。

#### 4.3 工艺和装备

4.3.1 应具备完善的质保体系，根据质保大纲、技术规范、标准和合同要求等制定质量计划，设置质量控制点，确定工艺步骤所遵循的文件、检查方法。

4.3.2 应配备可控温度热锻成型的设备。

4.3.3 应配备具有螺纹自动化加工能力的设备。外螺纹成型可用辗压（或滚压）或机械加工的方法，优先选用辗压（或滚压）成型工艺。

4.3.4 应配备自动匀速送料、自动恒温控制且温度均匀、自动控制碳势的热处理设备和规范热处理工艺。

4.3.5 应具备无酸表面清洗、均匀涂敷、恒温烘烤、连续输送、自动控制的表面处理能力。

4.3.6 热处理工艺参照核电技术规范执行，宜采用以下热处理工艺：

- a) 45：840℃~860℃水淬，然后大于或等于600℃回火；
- b) 42CrMo 和 B7：840℃~860℃水淬或油淬，然后大于或等于600℃回火；
- c) 40CrMoV 和 B16：840℃~860℃水淬或油淬，然后大于或等于650℃回火；
- d) 12Cr13：奥氏体化处理，水淬或油淬，然后大于或等于600℃回火；
- e) 06Cr19Ni10 和 06Cr17Ni12Mo2：1050℃~1150℃固溶处理；
- f) 05Cr17Ni4Cu4Nb：1020℃~1060℃奥氏体化处理，空冷到常温，然后在585℃~630℃时效硬化处理，硬化处理保温温度的最大允许偏差为±10℃，保温4h，空冷；
- g) 06Cr15Ni25Ti2MoAlVB：980℃±15℃软化处理，保温不少于1h，水冷或油冷，然后在715℃~735℃时效硬化处理，保温不少于16h，空冷。

4.3.7 对所有热处理后的螺栓或螺柱进行逐个编号和硬度试验，在每批硬度最低和最高的螺栓或螺柱上各作一组或多组试验（取同炉热处理紧固件数量的4%作为试验件）。

4.3.8 对直径不小于50mm的1、2级设备用棒材，应在最终热处理状态下进行100%超声检测。检测方法和验收准则按NB/T 20003.2的规定。成品螺栓、螺柱上不再进行超声波检测。

4.3.9 对于规格>M24的1、2级螺栓或螺柱，应在螺纹加工后、表面处理前逐个进行100%表面的渗透检测或磁粉检测，检测方法和验收准则按NB/T 20003.4或NB/T 20003.5的规定。

#### 4.4 检测能力

- 4.4.1 具备产品尺寸、机械性能、化学成分、金相分析、无损探伤、镀层质量的测试及验证能力。
- 4.4.2 理化检验人员应具备能力并持证上岗，无损探伤人员应取得资格证书。

#### 5 技术要求

##### 5.1 机械性能

##### 5.1.1 机加工试样机械性能

5.1.1.1 碳钢棒（45 材料）机加工试样机械性能见表 4。

表4 碳钢棒（45 材料）机械性能

试验项目	试验温度	力学性能	规定值（紧固件公称直径 d）		
			$d \leq 16 \text{ mm}$	$16 \text{ mm} < d \leq 40 \text{ mm}^b$	$40 \text{ mm} < d \leq 65 \text{ mm}^b$
拉伸试验	室温	规定塑性延伸强度 $R_{p0.2}/\text{MPa}$	$\geq 490$	$\geq 430$	$\geq 370$
		抗拉强度 $R_m/\text{MPa}$	700~850	650~800	630~780
		断后伸长率 $A/\%$	$\geq 14$	$\geq 16$	$\geq 17$
		断面收缩率 $Z^a/\%$	$\geq 35$	$\geq 40$	$\geq 45$
	350℃	$R_{p0.2}/\text{MPa}$	符合订货要求		
冲击试验	0℃	吸收能量 KV <sub>2</sub> /J	单个值 $\geq 41$		
保载试验	室温	保证应力/MPa	$0.91 \times 490$	$0.91 \times 430$	$0.91 \times 370$
硬度试验	室温	布氏硬度 HBW	201~285		
		洛氏硬度 HRC	20~30		
注：每批紧固件的硬度偏差应符合技术要求。					
<sup>a</sup> 仅对 1 级设备用螺栓、螺柱棒材。					
<sup>b</sup> 为保证产品机械性能，建议公称直径 $d > 24 \text{ mm}$ 的螺栓、螺柱选用合金钢 42CrMo 材料。					

5.1.1.2 42CrMo（B7）和 40CrMoV（B16）材料机加工试样机械性能见表 5。

表5 42CrMo（B7）和 40CrMoV（B16）材料机械性能

试验项目	试验温度	力学性能		规定值（紧固件公称直径 d）
				$d \leq 65 \text{ mm}$
拉伸试验	室温	规定塑性延伸强度 $R_{p0.2}/\text{MPa}$	42CrMo（B7）	$\geq 720$
			40CrMoV（B16）	$\geq 722$
		抗拉强度 $R_m/\text{MPa}$	42CrMo（B7）	860~1060
			40CrMoV（B16）	865~1065
	断后伸长率 $A/\%$		$\geq 14$	
	断面收缩率 $Z/\%$		$\geq 50$	
	350℃	规定塑性延伸强度 $R_{p0.2}/\text{MPa}$	42CrMo（B7）	$\geq 570$
			40CrMoV（B16）	$\geq 620$

表5 (续)

试验项目	试验温度	力学性能		规定值 (紧固件公称直径 $d$ )	
				$d \leq 65$ mm	
核 1 级冲击试验	0℃	冲击吸收能量 $KV_2/J$		单个值 $\geq 60$	
		侧膨胀值 $LE/mm$		单个值 $\geq 0.64$	
核 2、3 级冲击试验	0℃	冲击吸收能量 $KV_2/J$		单个值 $\geq 40$	
保载试验	室温	保证应力 MPa	42CrMo (B7)	0.91×720	
			40CrMoV (B16)	0.91×722	
硬度试验	室温	布氏硬度 $HBW$		248~352	
		洛氏硬度 $HRC$		27~35	

注：每批紧固件的硬度偏差应符合技术要求。

5.1.1.3 12Cr13 材料机加工试样机械性能见表 6。

表6 12Cr13 材料机械性能

试验项目	试验温度	力学性能	规定值 (紧固件公称直径 $d \leq 65$ mm)
拉伸试验	室温	规定塑性延伸强度 $R_{p0.2}/MPa$	$\geq 590$
		抗拉强度 $R_m/MPa$	760~960
		断后伸长率 $A/\%$	$\geq 15$
		断面收缩率 $Z/\%$ (仅 1 级紧固件)	$\geq 50$
	350℃	规定塑性延伸强度 $R_{p0.2}/MPa$	$\geq 490$
硬度试验	室温	布氏硬度 $HBW$	228~285
		洛氏硬度 $HRC$	20~30
冲击试验	0℃	冲击吸收能量 $KV_2/J$	单个值 $\geq 40$

注：每批紧固件的硬度偏差应符合技术要求。

5.1.1.4 05Cr17Ni4Cu4Nb 材料机加工试样机械性能见表 7。

表7 05Cr17Ni4Cu4Nb 材料力学性能

试验项目	试验温度	力学性能	规定值 (紧固件公称直径 $d \leq 65$ mm)	
			固溶热处理后	沉淀硬化后 A级
拉伸试验	室温	规定塑性延伸强度 $R_{p0.2}/MPa$	—	$\geq 790$
		抗拉强度 $R_m/MPa$	—	$\geq 960$
		断后伸长率 $A/\%$	—	$\geq 14$
		断面收缩率 $Z/\%$ <sup>a</sup>	—	$\geq 45$
	350℃	规定塑性延伸强度 $R_{p0.2}/MPa$	—	$\geq 630$
核1级冲击试验	0℃	冲击吸收能量 $KV_2/J$	—	单个值 $\geq 60$
		侧膨胀值 $LE/mm$	—	单个值 $\geq 0.64$

表7 (续)

试验项目	试验温度	力学性能	规定值 (紧固件公称直径 $d \leq 65$ mm)	
			固溶热处理后	沉淀硬化后
				A级
核2、3级冲击试验	0 °C	冲击吸收能量 $KV_2/J$	—	单个值 $\geq 40$
布氏硬度	室温	HBW ( $d \geq 12$ mm)	$\leq 363$	$\geq 302$
洛氏硬度	室温	HRC ( $d < 12$ mm)	$\leq 38$	$\geq 32$

注：每批紧固件的硬度偏差应符合技术要求。

5.1.1.5 经加工硬化的 06Cr19Ni10、06Cr17Ni12Mo2 材料机加工试样机械性能见表 8。

表8 经加工硬化的 06Cr19Ni10、06Cr17Ni12Mo2 材料机械性能

试验项目	试验温度	力学性能	规定值 (紧固件公称直径 $d$ )			
			$d \leq 20$ mm	$20 \text{ mm} < d \leq 25$ mm	$25 \text{ mm} < d \leq 35$ mm	$35 \text{ mm} < d \leq 40$ mm
拉伸试验	室温	规定塑性延伸强度 $R_{p0.2}/\text{MPa}$	$\geq 655$	$\geq 550$	$\geq 450$	$\geq 350$
		抗拉强度 $R_m/\text{MPa}$	$\geq 760$	$\geq 690$	$\geq 655$	$\geq 620$
		断后伸长率 $A/\%$	$\geq 15$	$\geq 20$	$\geq 25$	$\geq 30$
		断面收缩率 $Z/\%$	$\geq 45$	$\geq 45$	$\geq 45$	$\geq 45$
	350 °C	规定塑性延伸强度 $R_{p0.2}/\text{MPa}$	$\geq 510$	$\geq 440$	$\geq 350$	$\geq 270$
冲击试验	室温	冲击吸收能量 $KV_2/J$	单个值 $\geq 50$			
布氏硬度试验	室温	布氏硬度 $HBW$	$\leq 320$			

注：每批紧固件的硬度偏差应符合技术要求。

5.1.1.6 经固溶处理的 06Cr19Ni10、06Cr17Ni12Mo2 材料机加工试样机械性能见表 9。

表9 经固溶处理的 06Cr19Ni10、06Cr17Ni12Mo2 材料机械性能

试验项目	试验温度	力学性能	规定值 (紧固件公称直径 $d \leq 65$ mm)
拉伸试验	室温	规定塑性延伸强度 $R_{p0.2}/\text{MPa}$	$\geq 210$
		抗拉强度 $R_m/\text{MPa}$	$\geq 520$
		断后伸长率 $A/\%$	$\geq 45$
		断面收缩率 $Z/\%$	$\geq 50$
	350 °C	规定塑性延伸强度 $R_{p0.2}/\text{MPa}$	不含钼钢, $\geq 125$
含钼钢, $\geq 130$			
布氏硬度试验	室温	布氏硬度 $HBW$	126~192

注：每批紧固件的硬度偏差应符合技术要求。

5.1.1.7 经沉淀硬化的 06Cr15Ni25Ti2MoAlVB 材料机加工试样机械性能见表 10。

表10 经沉淀硬化的 06Cr15Ni25Ti2MoAlVB 材料机械性能

试验项目	试验温度	力学性能	规定值
拉伸试验	室温	规定塑性延伸强度 $R_{p0.2}$ /MPa	$\geq 600$
		抗拉强度 $R_m$ /MPa	900~1200
		断后伸长率 $A$ /%	$\geq 15$
		断面收缩率 $Z$ /%	$\geq 35$
	350 °C	规定塑性延伸强度 $R_{p0.2}$ /MPa	$\geq 555$
冲击试验 <sup>a</sup>	0 °C	冲击吸收能量 $KV_2$ /J	单个值, $\geq 50$
硬度试验	室温	布氏硬度 $HBW$	248~341
注: 每批紧固件的硬度偏差应符合技术要求。			

### 5.1.2 成品紧固件机械性能

5.1.2.1 成品紧固件机械性能取样数量按表12进行。

5.1.2.2 螺栓的成品机械性能包括楔负载试验和保证载荷试验; 螺柱的成品机械性能包括实物拉力试验和保证载荷试验。

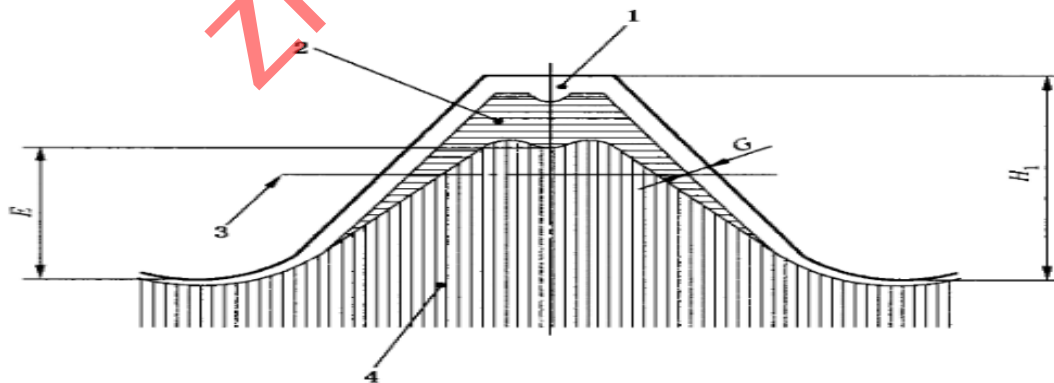
5.1.2.3 如因产品规格长度原因, 不能进行楔负载试验、实物拉力试验或保证载荷试验时, 可采用机加工试样进行试验, 可用同批原材料, 同一热处理工艺(跟螺栓同炉生产)的专用加长试样进行试验。

### 5.1.3 金相要求

螺栓、螺柱成品后, 应在每批产品上取一个试样检查奥氏体晶粒度, 对45、42CrMo螺栓或螺柱, 晶粒度应为5级或更细; 对06Cr15Ni25Ti2MoAlVB、06Cr19Ni10、06Cr17Ni12Mo2、05Cr17Ni4Cu4Nb螺栓或螺柱, 晶粒度应为3级或更细; 对12Cr13螺栓或螺柱不要求进行晶粒度检查。

### 5.1.4 脱碳层

5.1.4.1 45、42CrMo、40CrMoV 螺栓或螺柱每批产品上进行脱碳试验, 不允许出现全脱碳层G, 螺纹未脱碳层的高度E按表11中的12.9级紧固件要求进行验收。



说明:

- 1——全脱碳;
- 2——不完全脱碳;
- 3——中径线;
- 4——基体金属;

- E——螺纹未脱碳层的高度；  
 G——螺纹全脱碳层的深度；  
 H<sub>i</sub>——最大实体条件下外螺纹的牙型高度。

图1 脱碳层

5.1.4.2 螺纹未脱碳层的高度 E 按表 11 中的 12.9 级紧固件要求进行验收

表11 最大实体条件下，螺纹不完全脱碳层的最小高度 E<sub>min</sub>

螺距P		1	1.25	1.5	1.75	2	2.5	3	3.5	4	
性能等级	10.9	E <sub>min</sub>	0.460	0.575	0.690	0.806	0.920	1.151	1.380	1.610	1.841
注：螺距P<1.25 mm，仅用金相法。											

### 5.1.5 尺寸要求

- 5.1.5.1 应符合设计方或客户提供的图纸或标准规定的尺寸要求。  
 5.1.5.2 未注尺寸、公差应按 GB/T 3103.1 的 A 级或 B 级规定执行。

### 5.1.6 表面质量

- 5.1.6.1 当设备技术规格书或订货合同中对紧固件有明确规定时，按照规定执行。如果没有相关规定，碳钢或合金钢紧固件表面可进行磷化处理；不锈钢紧固件表面按 GB/T 5267.4 进行钝化处理。  
 5.1.6.2 采用浸渍或浸喷组合方法在工件表面形成磷酸锰覆盖层，磷化层厚度应符合下列要求：  
 a) 公称直径 3 mm~8 mm：镀层厚度 ≥ 5 μm；  
 b) 公称直径 10 mm~16 mm：镀层厚度 ≥ 8 μm；  
 c) 公称直径 d ≥ 18 mm：镀层厚度 ≥ 10 μm。  
 5.1.6.3 应对所有成品螺栓、螺柱进行 100% 目视检查；紧固件的表面粗糙度应符合图纸或相关标准的规定；紧固件不允许有皱纹、裂缝、切痕或其它有损使用的缺陷。如果发现紧固件有缺陷，则该件紧固件应判为不合格。

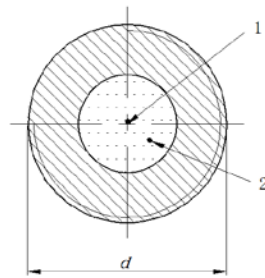
## 6 试验方法

### 6.1 机加工试样检验项目、抽样与判定

#### 6.1.1 机加工试样取样方法：

- a) 当螺柱、螺栓公称直径  $d \leq 25$  mm 时，实验取样位置在中心部位；  
 b) 当螺柱、螺栓公称直径  $25 \text{ mm} < d \leq 50$  mm 时，实验取样位置在距表面 12.5 mm 处；  
 c) 当螺柱、螺栓公称直径  $50 \text{ mm} < d \leq 64$  mm 时，实验取样位置在中心到表面的 2 分之 1 处；  
 d) 当机加工拉伸试样取同轴加工时，加工尺寸按 GB/T 3098.1 中 9.7.5 规定；取偏心加工时，加工尺寸按 GB/T 228.1 中 R2、R4、R7 试样。

6.1.2 硬度试验在距螺杆末端等于螺纹直径 d 的截面上进行，对该截面距离中心的四分之一螺纹直径处，任测 4 点，取后 3 点平均值。试验方法按 GB/T 230.1 或 GB/T 231.1 的规定。



说明:

- 1——紧固件轴线;
- 2——1/2 半径区域。

图2 1/2 半径区域测定硬度

6.1.3 按批进行试验，试验数目按紧固件数量作如下规定:

- a) 批紧固件的数量不超过 500 根，作两组试验;
- b) 批紧固件的数量超过 500 根，作四组试验。

6.1.4 每组力学性能试验包括:

- a) 1 个室温拉伸试验，试验方法按 GB/T 228.1 的规定;
- b) 螺柱、螺栓，一个 350 °C 高温拉伸试验（合同中注明时），试验方法按 GB/T 228.2 的规定;
- c) 对螺纹公称  $d \geq 16$  mm 的螺栓或螺柱，作三个试样为一组的夏比 V 型缺口冲击试验。冲击试验温度按 5.1.1 表中的推荐温度执行。试验方法按 GB/T 229 和 GB/T 3098.1 第 9.14 节的规定，当试样不足以制取  $10\text{ mm} \times 10\text{ mm} \times 55\text{ mm}$  的标准试样时，可以采用  $7.5\text{ mm} \times 10\text{ mm} \times 55\text{ mm}$  或  $5\text{ mm} \times 10\text{ mm} \times 55\text{ mm}$  小尺寸试样，冲击判定值应为原值的 75% 或 50%。

6.1.5 判定要求符合本标准 5.1.1 的要求。

## 6.2 楔负载试验

6.2.1 成品螺栓应按 GB/T 3098.1 中 9.1 节的规定进行楔负载试验，试验时所采用的楔垫角度  $\alpha$  的取值按性能等级参照 10.9 级紧固件的要求执行，试验测得的抗拉强度  $R_m$  还应满足 5.1.1 中对应材料机加工试样机械性能要求的规定值，且螺栓应断裂在未旋合螺纹的长度内或无螺纹杆部。

6.2.2 成品螺栓的抗拉强度按下式计算:

$$R_m = F_m / A_s \dots\dots\dots (1)$$

式中:

- $R_m$ ——抗拉强度值，单位MPa;
- $F_m$ ——极限拉力载荷值，单位N;
- $A_s$ ——螺纹公称应力截面积（见GB/T 16823.1），单位 $\text{mm}^2$ 。

## 6.3 实物拉力试验

6.3.1 成品螺柱应按 GB/T 3098.1 中 9.2 节或 9.5 节的规定进行紧固件成品的实物拉力试验，试验测得的抗拉强度  $R_m$  还应满足 5.1.1 中对应材料机加工试样机械性能要求的规定值。

6.3.2 成品螺柱的抗拉强度按下式计算:

$$R_m = F_m / A_s \dots\dots\dots (2)$$

式中:

- $R_m$ ——抗拉强度值，单位MPa;
- $F_m$ ——极限拉力载荷值，单位N;

$A_s$ ——螺纹公称应力截面积（见GB/T 16823.1），单位 $\text{mm}^2$ 。

## 6.4 保证载荷试验

6.4.1 碳钢及合金钢成品螺栓及螺柱应按 GB/T 3098.1 中 9.6 节的规定进行保证载荷试验保证应力值应符合 5.1.1 中对应材料机械性能规定，试验后成品长度  $L_1$  应与加载前的  $L_0$  相同（其公差 $\pm 12.5 \mu\text{m}$ 为允许的测量误差）。

6.4.2 成品螺栓及螺柱类紧固件的保证载荷按下式计算：

$$F_p = S_p \times A_s \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中：

$F_p$ ——保证载荷值，单位N；

$S_p$ ——保证应力值，等于0.91倍最小规定室温屈服强度值，单位MPa；

$A_s$ ——螺纹公称应力截面积（见GB/T 16823.1），单位 $\text{mm}^2$ 。

## 6.5 金相检验

按GB/T 6394的规定检查奥氏体晶粒度。

## 6.6 脱碳层

脱碳试验按GB/T3098.1中9.10的规定。

## 6.7 尺寸检查

6.7.1 对1级紧固件应逐个/根进行尺寸和外形检查，对2、3级紧固件应按表13规定的数量进行随机抽样。

6.7.2 采用投影仪或螺纹通规和止规检查紧固件的尺寸和外形，紧固件的尺寸和外形应满足图纸或相关标准的规定。

## 6.8 表面质量

6.8.1 表面镀层的检验按 GB/T 6462 中要求采用显微法或 GB/T 6463 中的规定，在制造中各个阶段都应仔细地检查表面，以保证紧固件的质量。对所有成品紧固件均应按 GB/T 5779.1 进行表面目视检查。

6.8.2 只允许采用磨削等机加工方法清除表面缺陷，清除后交货价尺寸应符合订货文件的规定，缺陷清除后应与表面平滑过渡；螺纹缺陷及紧固件内部缺陷无法清除时应报废并记录。

6.8.3 不允许对缺陷进行任何焊接修补。打磨后的区域还应进行磁粉或渗透检测。

## 7 检验规则

### 7.1 检验分类

检验分为过程检验、出厂检验和型式试验。检验批次的定义按3.1规定。

### 7.2 检验项目、抽样与判断

7.2.1 产品的过程检验、出厂检验项目和抽样方案应符合表12的规定。

表12 紧固件试验项目及数量

序号	试验项目	标准条款	过程检验抽样	出厂检验抽样	型式试验的抽样	检验时机
1	化学分析	4.2	1个/批	/	/	入厂检验
2	低倍试验	4.2.6	1个/批	/	/	入厂检验
3	非金属夹杂	4.2.6	1个/批	/	/	入厂检验
4	硬度试验	5.1.1	逐个	/	逐个	最终热处理后
5	试样机械性能	5.1.1	产品≤500, 2组; 产品>500, 4组;	/	产品≤500, 2组; 产品>500, 4组;	最终热处理后
6	冲击试验	5.1.1	产品≤500, 2组; 产品>500, 4组;	/	产品≤500, 2组; 产品>500, 4组;	最终热处理后
7	高温拉伸试验	5.1.1	产品≤500, 2组; 产品>500, 4组;	/	产品≤500, 2组; 产品>500, 4组;	最终热处理后
8	楔负载或机加工 试样拉伸试验 <sup>a</sup>	5.1.1	表13, C	/	表13, C	成型时
9	实物拉力或加工 试样拉伸试验 <sup>a</sup>	5.1.1	表13, C	/	表13, C	成型时
10	保证载荷	5.1.1	表13, C	/	表13, C	成型时
11	晶粒度	5.1.3	1个/批	/	1个/批	成型时
12	脱碳试验	5.1.4	表13, C	/	表13, C	成型时
13	尺寸检查	5.1.5	/	按表14抽检	按表14抽检	成型时
14	表面质量检查	5.1.6	100%检查	按表14抽检	按表14抽检	过程到成型

注：a 对实物拉力或楔负载试验或机加工试样拉伸试验，应优先选实物拉力或楔负载试验，当由于试验机的能力无法进行实物拉力或楔负载试验时，可用机加工试样试验进行代替。

## 7.2.2 成品紧固件试验抽样规则见表13。

表13 成品试验抽样规则

批量（件）	每批抽样数量	
	B	C
1~2	1	1
3~15	2	1
16~25	3	1
26~50	4	1
51~90	5	2
91~150	6	2
151~280	7	2
281~500	9	3
501~1200	11	3
1201~3200	13	3
3201~35000	15	4

注：当批量（件）超过35000时，每批抽样数量由供需双方协商确定。

7.2.3 螺栓、螺柱按照表 12 相应的出厂检验项目进行检验，如果所有要求的项目均检验合格，则判定该批产品出厂检验合格。否则，判该批产品不合格。

7.2.4 螺栓、螺柱按照表 12 相应的型式试验项目进行检验，如果所有要求的项目均检验合格，则判定该批产品型式检验合格。否则，判该批产品不合格。

7.2.5 出厂检验不合格批的处置应按 GB/T 90.3 第 7 章的规定执行。

### 7.3 留样要求

螺栓及螺柱的力学性能试验和金相检验的剩余试料及试验后的试样应存档保管，从紧固件验收之日起至少保留 12 个月。

### 7.4 螺栓和螺柱尺寸及外形检查数量

7.4.1 螺栓和螺柱尺寸及外形检查时随机抽样检查的数量按表 14 进行。

表14 螺栓和螺柱尺寸及外形检查时随机抽样检查数量

制造的紧固件数量	检查的紧固件数量
≤100	10
101~500	50
501~2500	100
>2500	200

7.4.2 出厂检验不合格批的处置应按 GB/T90.3 第 7 章的规定。

### 7.5 型式试验

7.5.1 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；
- g) 用户有特殊要求时。

7.5.2 产品的型式试验的试验项目和抽样方案应按表 12 执行。

## 8 标志、包装、运输和贮存

### 8.1 标志

制造者识别标志：制造者识别标志应在生产过程中，在标志产品材料代号的所有紧固件产品上进行标注，允许在螺栓头部顶面用凸字或凹字标志，或在头部侧面进行凹字标志。建议的常用材料牌号缩写标识内容见表 15，标识图样见图 3。

表15 建议的常用材料牌号缩写标识内容

牌号	45	42CrMo	40CrMoV	06Cr19Ni10 (固溶态)	06Cr17Ni12Mo 2 (固溶态)	06Cr19Ni1 0 (硬化态)	06Cr17Ni12Mo2 (硬化态)
标记	45	42CM	40CMV	304	316	304	316
牌号	12Cr13	05Cr17Ni4Cu4Nb		06Cr15Ni25Ti2MoAlVB			
标记	12Cr13	17-4		660			
注：如42CrMo钢制造的螺栓和螺柱标记应为42CrMo+SN(厂标)+热处理炉号缩写和物项编码							

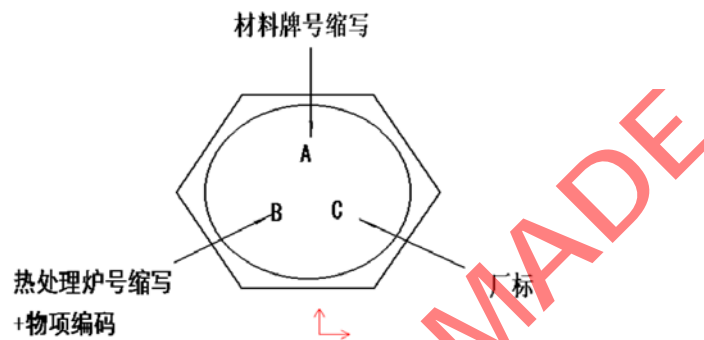


图3 螺栓、螺柱的完整标识图样

## 8.2 包装

8.2.1 产品包装箱、盒、袋等外表应有标志或标签。标志应正确、清晰、安全、牢固，内货与标志一致。标志一般应印刷或标打，也允许拴挂或粘贴，标志不得有褪色、脱落。

8.2.2 标志内容如下：

- a) 制造商名称；
- b) 产品名称；
- c) 产品规格型号；
- d) 产品数量及重量；
- e) 生产批号；
- f) 出厂日期；
- g) 客户名称；
- h) 订单编号；
- i) 项目编号；
- j) 表面处理。

8.2.3 M24 以上紧固件用螺纹保护套进行独立包装，每箱螺栓用塑料袋及纸箱包装，外箱用防水防潮材料进行包装。

8.2.4 与奥氏体不锈钢螺栓螺柱直接接触的包裹材料中应不含氯、氟和硫含量不得超过 0.1%（重量百分比），且氯化物和氟化物的溶滤排出量小于  $50 \times 10^{-6}$ 。

8.2.5 包装内箱、外箱贴上相应标识，其主要包括：

- a) 物项标签：合同号、项目名称、产品信息、追溯号等关键信息；

- b) 唛头：贴在外箱上；
- c) 清单：箱件清单应分别在箱内和箱外放置。

#### 8.2.6 制造厂在交货时应提交下列质量证明文件：

- a) 化学成分报告（钢材的原材料质保书和成品分析）；
- b) 热处理报告(包括重新热处理，如需要)；
- c) 材料常规力学性能试验报告(包括复试，如需要)；
- d) 成品机械性能试验报告；
- e) 脱碳层试验报告(如需要)；
- f) 表面质量检查报告；
- g) 无损检测报告(如需要)；
- h) 尺寸和外形检查报告；
- i) 表面处理报告(如需要)。

这些报告应包括：

- a) 牌号、熔炼炉号、热处理炉号、批号、紧固件编号；
- b) 制造厂名；
- c) 订货合同号；
- d) 检验机构名称(必要时)。

### 8.3 运输贮存

8.3.1 应在运输前由专人进行检查，确保待运产品全部满足要求，附带文件齐备

8.3.2 产品在运输过程中，应防止遭受剧烈碰撞和摔跌，避免雨雪直接淋袭及化学品侵袭。

8.3.3 产品到达后，接收单位和检查人员应一起进行接收检查并做好记录。

8.3.4 产品宜在清洁通风良好的库房内，周围空气应无腐蚀性气体存在。

8.3.5 存储场地应平整，产品不得倾斜堆放，堆码不得过高，防止压伤或倒塌损坏。产品在运输过程中，包装箱应按规定朝向放置，不得倾倒或改变方向，不得野蛮装卸。

8.3.6 避免不锈钢与碳钢、低合金钢存放一起，防止腐蚀。

### 9 质量承诺

9.1 执行质量保证体系，实现产品质量可追溯，并对质量文件资料永久保存。

9.2 在产品质量保证有效期内发生质量问题时，可免费进行返修或更换。

9.3 对客户的投诉或建议，应在 24 h 内作出响应。