

ICS 21.060.01

CCS J 10/29

# T/TCMCA

## 中国机械通用零部件工业协会团体 标准

T/TCMCA 0034—2025

### 14.8 级-16.9 级超高强度紧固件 螺栓、螺钉和螺柱

14.8-16.9 Grade ultra-high strength fasteners—Bolts, screws and studs

2025 - 11 - 24 发布

2025 - 12 - 25 实施

中国机械通用零部件工业协会 发布

# 目 次

前 言 .....	II
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 性能等级的标记制度 .....	2
5 技术要求 .....	2
5.1 材料化学成分 .....	2
5.2 金相组织 .....	3
5.3 机械性能 .....	3
5.4 热处理 .....	4
5.5 表面处理 .....	4
5.6 表面缺陷 .....	4
6 试验方法 .....	5
6.1 材料化学成分 .....	5
6.2 金相组织 .....	5
6.3 机械性能 .....	5
6.4 表面缺陷 .....	5
6.5 氢脆敏感性 .....	5
7 验收检查 .....	5
8 标志与包装 .....	5
9 质量检验报告 .....	5
附录 A（资料性） .....	6

## 前 言

本文件按照 GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》给出的规则起草。

本文件由中国机械通用零部件工业协会提出并归口。

本文件起草单位：舟山市7412工厂、浙江利峰智能制造有限公司。

本文件主要起草人：蒋杨英、唐建良、闫洪军、范奇达、张理锋、王杰、徐嘉辉、林志峰、张文波、袁舒鹏、江佶峰、镇晔宇、徐立军、宋维、王政。

全国团体标准信息平台

## 14.8级-16.9级超高强度紧固件

### 螺栓、螺钉和螺柱

#### 1 范围

本文件规定了 14.8 至 16.9 性能等级的普通螺纹或 MJ 螺纹超高强度螺栓、螺钉和螺柱（以下简称“超高强度螺栓”）的标记制度、技术要求、试验方法、验收检查及标志与包装和质量检验报告。

本文件适用于汽车、轨道交通、风电、工程机械和机床设备等领域的超高强度连接与紧固。

本文件适用的工作温度范围是-50℃至+200℃。若温度超出此范围，客户需咨询拥有丰富经验的紧固件材料专家，以确保适用性。

本文件建议在低腐蚀环境中应用。与传统高强度材料相同，超高强度材料对氢脆的敏感性也随强度提高而增加。

#### 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 90.1-2023 紧固件 验收检查

GB/T 90.2 标志与包装

GB/T 3098.1-2010 紧固件机械性能 螺栓、螺钉和螺柱

GB/T 3098.17-2000 紧固件机械性能 检查氢脆用预载荷试验 平行支撑面法

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 13298 金属显微组织检验方法

#### 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

##### 3.1 超高强度螺栓 Ultra-high strength bolts

抗拉强度大于等于 1400Mpa 的螺栓。

##### 3.2 氢脆敏感性 hydrogen embrittlement susceptibility

由于钢紧固件中存在游离的氢，在承受相应等级的拉应力，并处于不利的服役条件下，钢紧固件表现出一种脆性破坏特性。

[来源：GB/T 3098.17-2000, 3.1]

##### 3.3 机械加工试件 machined test piece

为评定材料性能由紧固件成品机械加工的试件。

[来源：GB/T 3098.1-2010, 3.2]

### 3.4 脱碳 decarburization

通常指黑色金属材料（钢）表面碳的损耗。

[来源：GB/T 3098.1-2010，3.6]

### 3.5 不完全脱碳 partial decarburization

由于碳的损耗已使回火后金相组织轻度变色，且硬度明显地比相邻基体硬度低的脱碳。

[来源：GB/T 3098.1-2010，3.7]

### 3.6 全脱碳 complete decarburization

由于碳全部损耗，在金相检查中只能看到铁素体组织的脱碳。

[来源：GB/T 3098.1-2010，3.8]

### 3.7 增碳 carburization

使基体金属表面增加碳含量的结果。

[来源：GB/T 3098.1-2010，3.9]

## 4 性能等级的标记制度

按照本文件中性能等级的技术要求规定，螺栓的命名和标识应符合 GB/T 3098.1-2010 的示例：XX.Y。

——点左边的数字（XX）表示公称抗拉强度（ $R_{m, \text{公称}}$ ）的 1/100，以 MPa 计。

——点右边的数字（Y）表示公称屈服强度（ $R_{cL, \text{公称}}$ ）或规定非比例延伸 0.2% 的公称应力（ $R_{p0.2, \text{公称}}$ ）与公称抗拉强度（ $R_{m, \text{公称}}$ ）比值的 10 倍（见表 1）。

表 1 屈强比

点右边的数字	. 8	. 9
$\frac{R_{cL, \text{公称}}}{R_{m, \text{公称}}}$ 或 $\frac{R_{p0.2, \text{公称}}}{R_{m, \text{公称}}}$	0. 8	0. 9

## 5 技术要求

### 5.1 材料化学成分

用于淬火和回火的钢材，其化学成分应符合表 2 规定：

表 2 化学成分（质量分数%）

元素	C	P	S	备注
范围	0. 3-0. 55	≤0. 02	≤0. 015	其它合金元素，如铬、钼、镍、钒等可以按实际需求添加

## 5.2 金相组织

### 5.2.1 组织结构

超高强度螺栓的金相组织可以由 90% 的下贝氏体组成，也可以是由 90% 的回火索氏体组成。

### 5.2.2 $\delta$ -铁素体

紧固件的表面不允许有金相能测出的白色磷化物聚集层（ $\delta$ -铁素体层）。

### 5.2.3 表面脱碳状态

若存在全脱碳或不完全脱碳，且碳当量的减少导致显微组织着色比基体金属更浅、硬度比基体金属更低，则应符合表 3 中的规定。

表 3 未脱碳层和完全脱碳层深度要求

螺纹未脱碳层最小高度 E (mm)	7/8H <sub>1</sub>
最大完全脱碳层深度 G (mm)	0.015
注：E、G、H <sub>1</sub> 依据标准 GB/T 3098.1-2010	

不允许存在增碳。在通过硬度测定评估表面碳状态时，必须谨慎区分硬度升高是由于增碳所致，还是源于表面冷作硬化（例如，滚压成型螺纹）。

## 5.3 机械性能

采用等温淬火工艺的紧固件，机械性能应符合表 4 中的规定。

表 4 机械性能

机械性能	性能等级					
	14.8	14.9	15.8	15.9	16.8	16.9
最小抗拉强度 R <sub>m, min</sub> (MPa)	1400		1500		1600	
最大抗拉强度 R <sub>m, max</sub> (MPa)	1550		1650		1750	
最小规定非比例延伸 0.2% 的应力 R <sub>p0.2, min</sub> (MPa) <sup>1)</sup>	1120	1260	1200	1350	1280	1440
最小断后伸长率 A min (%) <sup>1) 5)</sup>	10		9		8	
最小断面收缩率 Z min. (%) <sup>1) 5)</sup>	50		48		44	
最小维氏硬度 HV min (F≥98N) <sup>3)</sup>	425		455		480	
最大维氏硬度 HV max (F≥98N) <sup>3) 4)</sup>	475		505		530	
表面硬度/HV0.3	不应比芯部硬度高出 30HV 单位					
楔负载拉伸试验楔角 (°) <sup>2)</sup>	6/4					
保证应力 (MPa)	985	1110	1050	1185	1115	1255

注：1) 材料性能通过机械加工试件测定（标距 L<sub>0</sub>=5d<sub>0</sub>）参见（GB/T 3098.1-2010 标准）；

2) 当 L<sub>s</sub>≥2d 时采用 6°，当 L<sub>s</sub><2d 时采用 4° 参见（GB/T 3098.1-2010 标准）；

3) 若可进行拉伸试验，则以仲裁试验中拉伸试验测得的 R<sub>m</sub> 值为准；

4) 允许滚压螺纹因螺纹区域冷作硬化而超出最大硬度值；

5) 拉伸后的机械加工试件断口形貌和力学性能报告参见附录 A。

采用淬火加回火工艺的紧固件，机械性能应符合表 5 中的规定。

表 5 机械性能

机械性能	性能等级					
	14.8	14.9	15.8	15.9	16.8	16.9
最小抗拉强度 $R_m, \min$ (MPa)	1400		1500		1600	
最大抗拉强度 $R_m, \max$ (MPa)	1550		1650		1750	
最小规定非比例延伸 0.2% 的应力 $R_{p0.2, \min}$ (MPa) <sup>1)</sup> 5)	1120	1260	1200	1350	1280	1440
最小断后伸长率 $A \min$ (%) <sup>1) 5)</sup>	10		9		8	
最小断面收缩率 $Z \min$ (%) <sup>1) 5)</sup>	50		48		44	
最小维氏硬度 $HV \min$ ( $F \geq 98N$ ) <sup>3)</sup>	425		455		480	
最大维氏硬度 $HV \max$ ( $F \geq 98N$ ) <sup>3) 4)</sup>	475		505		530	
表面硬度/HV0.3	不应比芯部硬度高出 30HV 单位					
楔负载拉伸试验楔角 ( $^\circ$ ) <sup>2)</sup>	6/4					
保证应力 (MPa)	985	1110	1050	1185	1115	1255

注：1) 材料性能通过机械加工试件测定（标距  $L_0=5d_0$ ）参见（GB/T 3098.1-2010 标准）；  
2) 当  $L_s \geq 2d$  时采用  $6^\circ$ ，当  $L_s < 2d$  时采用  $4^\circ$  参见（GB/T 3098.1-2010 标准）；  
3) 若可进行拉伸试验，则以仲裁试验中拉伸试验测得的  $R_m$  值为准；  
4) 允许滚压螺纹因螺纹区域冷作硬化而超出最大硬度值；  
5) 拉伸后的机械加工试件断口形貌和力学性能报告参见附录 A。

## 5.4 热处理

5.4.1 热处理可通过等温淬火工艺或淬火加回火工艺完成。

5.4.2 超高强度螺栓在热处理前必须进行脱磷处理。

5.4.3 奥氏体化过程必须在与材料碳含量相适应且受控的炉内保护气氛中或保护气体环境中进行，避免出现脱碳现象。

## 5.5 表面处理

5.5.1 根据本文件的超高强度紧固件，其表面处理工艺和热处理工艺必须符合当前技术发展水平，以避免氢脆断裂。

5.5.2 用于发动机区域（位于油循环系统内）的超高强度螺栓，应优先采用锌磷化+润滑漆/聚合物/油乳液进行涂层处理。经锌磷化处理的紧固件，在磷化后至安装前需至少存放 7 天（氢逸散所需的最短存放时间）。

5.5.3 采用锌片涂层工艺的紧固件，在涂层前原则上应进行碱性除油和机械清理。如果出于功能原因需要进行化学清洗，则预处理/清洗只能使用含有合适缓蚀剂的酸液。

5.5.4 根据本文件，超高强度螺栓不允许采用电镀锌层，严禁采用酸洗、电化学除锈等可能引入氢的前处理工艺，推荐机械除锈（喷丸、抛光）作为优先清洗方式。

5.5.5 其它合适的涂层需与客户协商确定。

## 5.6 表面缺陷

超高强度螺栓表面缺陷应控制在能够接收的范围内。

## 6 试验方法

### 6.1 材料化学成分

按 GB/T 4336 规定进行。

### 6.2 金相组织

按 GB/T 13298 规定进行。

### 6.3 机械性能

按 GB/T 3098.1-2010 规定进行。

### 6.4 表面缺陷

超高强度螺栓的表面缺陷检查应按 GB/T 5779.3 的规定进行。

### 6.5 氢脆敏感性

按 GB/T 3098.17-2000 规定进行，或与客户协商确定。

## 7 验收检查

如无其他协议，超高强度螺栓的检查组批应符合 GB/T 90.1-2023 的规定，抽样应按 GB/T 90.1-2023 表 1 中规定的第 1 类方案进行抽样，并按 GB/T 90.1-2023 表 2 中规定的机械和物理性能类别进行检查。

## 8 标志与包装

超高强度螺栓的标志与包装应符合 GB/T 90.2 的规定。

## 9 质量检验报告

按照客户指定要求提供报告。

附录 A  
(资料性)

超高强度螺栓机械加工试件断口形貌和力学性能报告



图 A. 1 断口形貌



图 A. 2 断口形貌

序号	试验日期	R <sub>m</sub> (MPa)	R <sub>p</sub> (MPa)	A (%)	Z (%)
1	2024-10-18	1449	1346	13.5	54
2	2024-10-18	1493	1388	13.0	54
3	2024-10-18	1476	1360	13.5	54
4	2024-10-18	1481	1387	13.0	54

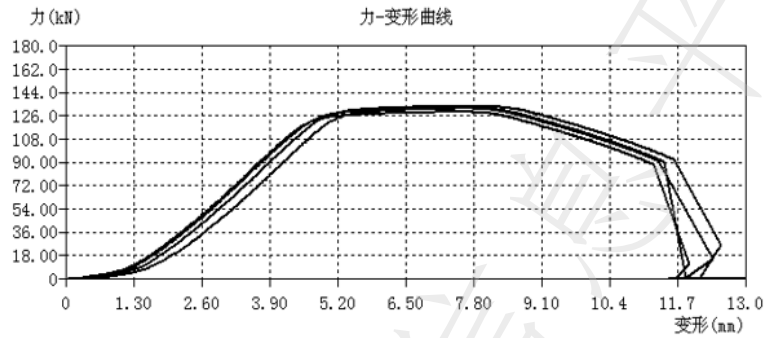


图 A.3 14.9 级螺栓力学性能报告

序号	试验日期	R <sub>m</sub> (MPa)	R <sub>p</sub> (MPa)	A (%)	Z (%)
1	2024-5-14	1565	1491	11.5	53
2	2024-5-14	1542	1489	13.0	52
3	2024-5-14	1569	1496	12.0	54
4	2024-5-14	1551	1492	12.0	54
5	2024-5-14	1532	1464	11.5	54

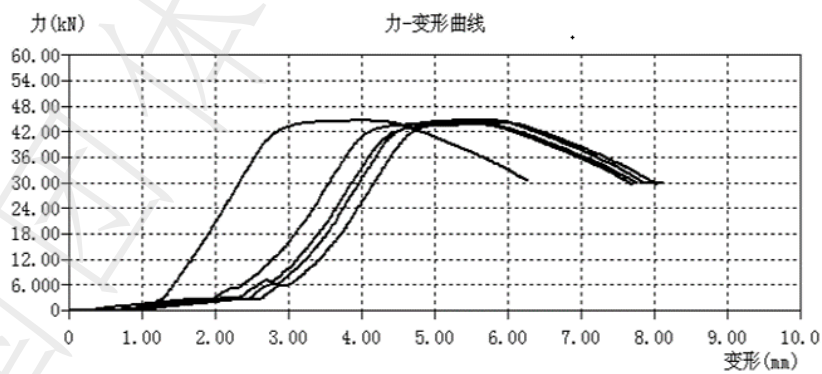


图 A.4 15.9 级螺栓力学性能报告

序号	试验日期	R <sub>m</sub> (MPa)	R <sub>p</sub> (MPa)	A(%)	Z(%)
1	2024-10-26	1688	1554	10.0	51
2	2024-10-26	1695	1568	12.5	49

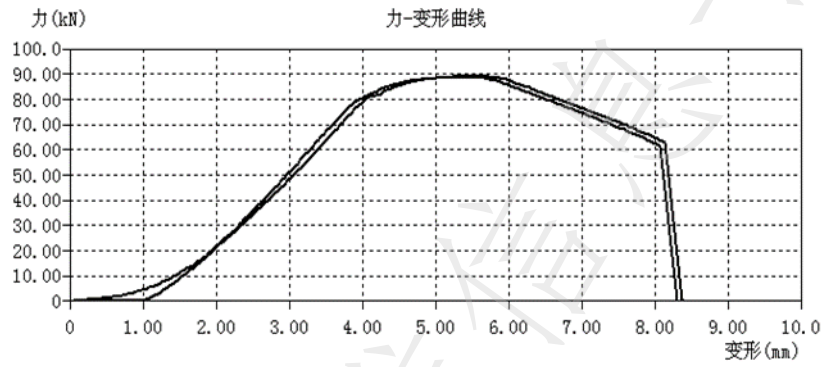


图 A.5 16.9 级螺栓力学性能报告