



中华人民共和国国家标准

GB/T 3098.24—2020

紧固件机械性能 高温用不锈钢和镍合金螺栓、螺钉、 螺柱和螺母

Mechanical properties of fasteners—Stainless steel and nickel alloys bolts,
screws, studs and nuts for high temperature applications

2020-11-19 发布

2021-06-01 实施

国家市场监督管理总局 发布
国家标准化管理委员会

目 次

前言 III

引言 IV

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 2

4 代号 3

5 标记制度 4

6 材料和加工 4

 6.1 化学成分 4

 6.2 紧固件热处理 8

 6.3 表面精饰 8

 6.4 螺栓和螺母连接副设计 9

 6.5 耐高温环境 9

 6.6 紧固件使用温度 9

7 机械性能..... 10

 7.1 螺栓、螺钉和螺柱机械性能 10

 7.2 螺母机械性能 14

8 试验方法和检验的适用性..... 16

 8.1 试验方法适用性 16

 8.2 制造者的检验 16

 8.3 供应商的检验 16

 8.4 需方的检验 16

 8.5 试验结果交付 16

9 环境温度条件下试验方法..... 17

 9.1 螺栓、螺钉和螺柱实物拉力试验 17

 9.2 螺栓、螺钉和螺柱硬度试验 22

 9.3 螺母保证载荷试验 23

 9.4 螺母硬度试验 25

10 高温条件下试验方法 26

 10.1 螺栓、螺钉和螺柱拉伸试验 26

 10.2 螺栓、螺钉、螺柱和螺母的应力破坏试验 29

 10.3 螺栓、螺钉、螺柱和螺母的应力松弛试验 30

 10.4 蠕变试验 33

11 标志 33

 11.1 通则 33

11.2 制造者识别标志 33

11.3 紧固件标志 33

11.4 包装标志 35

附录 A（资料性附录） 紧固件用高温不锈钢和镍合金国标牌号及化学成分表 36

附录 B（资料性附录） 马氏体不锈钢回火 40

参考文献 42



前 言

GB/T 3098《紧固件机械性能》包括以下部分：

- GB/T 3098.1 紧固件机械性能 螺栓、螺钉和螺柱；
- GB/T 3098.2 紧固件机械性能 螺母；
- GB/T 3098.3 紧固件机械性能 紧定螺钉；
- GB/T 3098.5 紧固件机械性能 自攻螺钉；
- GB/T 3098.6 紧固件机械性能 不锈钢螺栓、螺钉和螺柱；
- GB/T 3098.7 紧固件机械性能 自挤螺钉；
- GB/T 3098.8 紧固件机械性能 —200℃～+700℃使用的螺栓连接零件；
- GB/T 3098.9 紧固件机械性能 有效力矩型钢锁紧螺母；
- GB/T 3098.10 紧固件机械性能 有色金属制造的螺栓、螺钉、螺柱和螺母；
- GB/T 3098.11 紧固件机械性能 自钻自攻螺钉；
- GB/T 3098.12 紧固件机械性能 螺母锥形保证载荷试验；
- GB/T 3098.13 紧固件机械性能 螺栓与螺钉的扭矩试验和破坏扭矩公称直径1～10 mm；
- GB/T 3098.14 紧固件机械性能 螺母扩孔试验；
- GB/T 3098.15 紧固件机械性能 不锈钢螺母；
- GB/T 3098.16 紧固件机械性能 不锈钢紧定螺钉；
- GB/T 3098.17 紧固件机械性能 检查氢脆用预载荷试验 平行支承面法；
- GB/T 3098.18 紧固件机械性能 盲铆钉试验方法；
- GB/T 3098.19 紧固件机械性能 抽芯铆钉；
- GB/T 3098.20 紧固件机械性能 蝶形螺母 保证扭矩；
- GB/T 3098.21 紧固件机械性能 不锈钢自攻螺钉；
- GB/T 3098.22 紧固件机械性能 细晶非调质钢螺栓、螺钉和螺柱；
- GB/T 3098.23 紧固件机械性能 M42～M72 螺栓、螺钉和螺柱；
- GB/T 3098.24 紧固件机械性能 高温用不锈钢和镍合金螺栓、螺钉、螺柱和螺母；
- GB/T 3098.25 紧固件机械性能 不锈钢和镍合金紧固件选用指南。

本部分为 GB/T 3098 的第 24 部分。

本部分按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本部分由中国机械工业联合会提出。

本部分由全国紧固件标准化技术委员会(SAC/TC 85)归口。

本部分起草单位：中机生产力促进中心、河北五维航电科技股份有限公司、奥展实业有限公司、山东高强紧固件有限公司、机械工业通用零部件产品质量监督检测中心、上海群力紧固件制造有限公司、浙江国检检测技术股份有限公司、湖南中亿机械应用研究院有限公司、舟山市 7412 工厂、河北信德电力配件有限公司、吉利汽车研究院(宁波)有限公司、眉山中车紧固件科技有限公司、上海高强度螺栓厂有限公司、山东美陵化工设备股份有限公司、江苏佳杰特种螺钉有限公司、江苏耀德科技发展有限公司。

本部分由全国紧固件标准化技术委员会负责解释。



引 言

高温应用的不锈钢和镍合金紧固件的性能取决于材料的化学成分、热处理工艺和紧固件的制造工艺。环境温度条件下的静态或动态特性,如抗拉强度、硬度或抗疲劳性,并不是设计高温应用紧固件的全部。

事实上,在 300 °C 以上的高温下,还会出现其他现象,例如:拉伸性能和硬度下降、热氧化、应力松弛和蠕变。这些现象对紧固件的耐久性和使用寿命都有重要影响。因此,选择合适的材料类别是避免高温氧化的关键,并应通过专门的测试对紧固件产品进行确认。

本部分在立项制定过程中,ISO/TC 2 紧固件技术委员会也开展了相应项目的工作,为今后标准应用过程中能够最大限度地与国际标准形成互换性,在标准制定过程中,尽量与 ISO/TC 2 各成员国已确认的技术内容保持一致。



紧固件机械性能

高温用不锈钢和镍合金螺栓、螺钉、螺柱和螺母

1 范围

GB/T 3098 的本部分规定了由耐腐蚀不锈钢和镍合金制造的、在高温至 800℃ 条件下使用的螺栓、螺钉、螺柱和螺母在环境温度为 10℃～35℃ 条件下进行测试时机械性能要求。

注：本部分中规定的紧固件也适用于在低温下使用，通常至 -50℃。更多信息，请参见 GB/T 3098.25。

本部分规定了三类材料紧固件性能：马氏体不锈钢、奥氏体沉淀硬化不锈钢和镍合金。GB/T 3098.25 提供了适用的不锈钢和镍合金及其性能的通用规则和附加技术信息。

本部分适用的紧固件：

- 符合 GB/T 192 规定的普通螺纹；
- 符合 GB/T 193 规定的直径与螺距组合；
- 符合 GB/T 197 和 GB/T 9145 规定的公差；
- 粗牙螺纹 M3～M39；细牙螺纹 M8×1～M39×3；
- 任何形状的全承载能力紧固件。

本部分规定也适用于尺寸超出适用范围、但满足所有使用要求的紧固件。

本部分不涉及降低承载能力紧固件（如：薄螺母和由于头部、杆部强度低于螺纹部分的螺栓、螺钉和螺柱）。

本部分未规定以下性能要求：

- 扭矩-夹紧力性能；
- 剪切强度；
- 耐疲劳性；
- 可焊接性；
- 锁紧性能。

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 90.3 紧固件 质量保证体系

GB/T 192 普通螺纹 基本牙型

GB/T 196 普通螺纹 基本尺寸

GB/T 228.1 金属材料 拉伸试验 第 1 部分：室温试验方法

GB/T 230.1 金属材料 洛氏硬度试验 第 1 部分：试验方法

GB/T 231.1 金属材料 布氏硬度试验 第 1 部分：试验方法

GB/T 1800.2 产品几何技术规范（GPS） 线性尺寸公差 ISO 代号体系 第 2 部分：标准公差带

代号和孔、轴极限偏差表

- GB/T 3098.2—2015 紧固件机械性能 螺母
GB/T 3098.6 紧固件机械性能 不锈钢螺栓、螺钉和螺柱
GB/T 3098.25 紧固件机械性能 不锈钢和镍合金紧固件选用指南
GB/T 4340.1 金属材料 维氏硬度试验 第1部分:试验方法
GB/T 5277 紧固件 螺栓和螺钉通孔
GB/T 12160 金属材料 单轴试验用引伸计系统的标定
GB/T 16823.3 紧固件 扭矩-夹紧力试验
GB/T 16825.1 静力单轴试验机的检验 第1部分:拉力和(或)压力试验机测力系统的检验与校准
GB/T 39310 紧固件 检查文件类型
ISO 7961 航空航天 螺栓 试验方法(Aerospace—Bolts—Test methods)
ISO/TS 4949 基于字母代号的钢材名称(Steel names based on letter symbols)
EN 10319-2 金属材料 拉伸应力松弛试验 第2部分:螺栓连接(Metallic materials—Tensile stress relaxation testing—Part 2:Procedure for bolted joint models)

3 术语和定义

GB/T 3098.25 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

不锈钢 stainless steel

以不锈、耐蚀性为主要特性,且铬(Cr)含量至少为10.5%,碳(C)含量最大不超过1.2%的钢。

3.2

马氏体不锈钢 martensitic stainless steel

基体为马氏体组织,有磁性,通过热处理可调整其力学性能的不锈钢。

3.3

沉淀硬化不锈钢 precipitation hardening stainless steel

基体为奥氏体或马氏体组织,并能通过沉淀硬化(又称时效硬化)处理使其强(硬)化的不锈钢。

3.4

镍合金 nickel alloy

镍含量不小于50%的合金。

3.5

保温时间 soaking time

工件在工艺规定温度下保持的时间。

3.6

全承载能力螺栓和螺钉 bolt and screw with full loadability

头部强度大于螺纹部分和无螺纹杆部($d_s \approx d_2$ 或 $d_s > d_2$),且满足最小极限拉力载荷的螺栓和螺钉或全螺纹螺钉。

3.7

全承载能力螺柱 stud with full loadability

无螺纹杆径 $d_s \approx d_2$ 或 $d_s > d_2$,且满足最小极限拉力载荷的螺柱。

3.8

全承载能力螺母 nut with full loadability

保证载荷符合 GB/T 3098.15 规定,最小高度不小于 $0.8D$ 的标准螺母或高螺母。

3.9

蠕变 creep

因施加应力而产生的应变随时间的增大。

3.10

松弛 relaxation

总应变保持不变,应力随时间逐渐丧失的现象。

4 代号

下列代号适用于本文件。

A 紧固件实物断后伸长量,单位为毫米(mm);

$A_{s,nom}$ 螺纹公称应力截面积,单位为平方毫米(mm²);

A_T 紧固件实物高温断后伸长量,单位为毫米(mm);

b 螺纹长度,单位为毫米(mm);

D 内螺纹公称直径,单位为毫米(mm);

D_2 内螺纹基本中径,单位为毫米(mm);

d 外螺纹公称直径,单位为毫米(mm);

d_h 外螺纹紧固件拉伸试验装置或螺母保载试验装置孔径,单位为毫米(mm);

d_s 无螺纹杆径,单位为毫米(mm);

d_1 外螺纹基本小径,单位为毫米(mm);

d_2 外螺纹基本中径,单位为毫米(mm);

d_3 外螺纹小径(应力截面积计算用),单位为毫米(mm);

F_{mf} 极限拉力载荷,单位为牛(N);

$F_{mf,T}$ 高温极限拉力载荷,单位为牛(N);

$F_{n,T}$ 螺母高温极限脱扣载荷,单位为牛(N);

F_p 螺母保证载荷,单位为牛(N);

F_{pf} 紧固件实物规定塑性延伸率为 0.2%时的载荷,单位为牛(N);

$F_{pf,T}$ 紧固件实物高温规定塑性延伸率为 0.2%时的载荷,单位为牛(N);

H 螺纹原始三角形高度,单位为毫米(mm);

h 螺母保载试验装置厚度,单位为毫米(mm);

L_0 施加载荷前紧固件的总长度,单位为毫米(mm);

L_1 断后紧固件的总长度,单位为毫米(mm);

L_2 拉伸试验前的夹紧长度,单位为毫米(mm);

l 外螺纹紧固件公称长度,单位为毫米(mm);

l_t 螺柱的总长度,单位为毫米(mm);

l_{th} 在试验夹具中紧固件未旋合螺纹的长度,单位为毫米(mm);

m 螺母高度,单位为毫米(mm);

P 螺距,单位为毫米(mm);

R_{mf} 紧固件实物抗拉强度,单位为兆帕(MPa);

$R_{mf,T}$ 紧固件实物高温抗拉强度,单位为兆帕(MPa);

$R_{n,T}$ 螺母高温极限脱扣强度,单位为兆帕(MPa);

R_{pf} 紧固件实物规定塑性延伸率为 0.2%时的应力,单位为兆帕(MPa);

$R_{pf,T}$ 紧固件实物高温规定塑性延伸率为 0.2%时的应力,单位为兆帕(MPa);

S_p 保证应力,单位为兆帕(MPa)。

5 标记制度

本部分中规定的所有不锈钢和镍合金属于三种不同的类别:

——马氏体不锈钢:CH0,CH1,CH2,V,VH,VW;

——奥氏体沉淀硬化不锈钢:SD;

——镍合金:SB 和 718。

6 材料和加工

6.1 化学成分

表 1~表 3 规定了紧固件用不锈钢和镍合金的化学成分极限。化学成分应按相关的国家标准进行评估。国内相应类别材料信息参见附录 A。

除非需方和制造者另有协议,否则在规定的紧固件钢的组别范围内的化学成分由制造者最终选择。

GB/T 3098.25 中规定了选择适用于应用的不锈钢或镍合金的通用指南和信息。

表 1 紧固件用马氏体不锈钢化学成分

材料类别	紧固件代号	ISO 材料牌号 ^a	参考信息 ^b	化学成分(质量分数)/%									
				C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Fe	其他元素
马氏体 不锈钢	CH0	X20Cr13	4021-420-00-1	0.16~0.25	1.00	1.50	0.040	0.030 ^c	12.0~14.0	—	—	余量	—
		X20Cr13	1.4021*	0.16~0.25	1.00	1.50	0.040	0.030 ^c	12.0~14.0	—	—		—
	CH1	X30Cr13	4028-420-00-1	0.26~0.35	1.00	1.50	0.040	0.030 ^c	12.0~14.0	—	—		—
		X30Cr13	1.4028*	0.26~0.35	1.00	1.50	0.040	0.030 ^c	12.0~14.0	—	—		—
	CH2	X17CrNi16-2	4057-431-00-X	0.12~0.22	1.00	1.50	0.040	0.030	15.0~17.0	—	1.50~2.50		—
		X17CrNi16-2	1.4057*	0.12~0.22	1.00	1.50	0.040	0.030	15.0~17.0	—	1.50~2.50		—
	V/VH ^d	X22CrMoV12-1	4923-422-77-E	0.18~0.24	0.50	0.40~0.90	0.025	0.015	11.0~12.5	0.80~1.20	0.30~0.80		—
		X22CrMoV12-1	1.4923***	0.18~0.24	0.50	0.40~0.90	0.025	0.015	11.0~12.5	0.80~1.20	0.30~0.80		V:0.25~0.35
	VW	X19CrMoNbVN11-1	1.4913***	0.17~0.23	0.50	0.40~0.90	0.025	0.015	10.0~11.5	0.50~0.80	0.20~0.60		V:0.10~0.30 Nb:0.25~0.55 B:0.001 5 Al:0.020 N:0.05~0.10

注：表中所列成分除标明范围或最小值外，其余均为最大值。
^a 符合 ISO/TS 4949。
^b 参考信息：“*”表示 EN 10088-3 中包含的成分；“***”表示 EN 10269 中包含的成分；没有“*”的表示 ISO 15510 中包含的成分。
^c 硫质量分数的特定范围可以提供特定性能的改进。对机加工性能，建议硫质量分数控制在 0.015%~0.030%。
^d 符号 V 代表紧固件实物规定塑性延伸率为 0.2%时的应力 $R_{pt} \geq 600$ MPa，符号 VH 代表紧固件实物规定塑性延伸率为 0.2%时的应力 $R_{pt} \geq 700$ MPa，与表 4 一致。

表 2 紧固件用奥氏体沉淀硬化不锈钢化学成分

材料类别	紧固件代号	ISO 材料牌号 ^a	参考信息 ^b	化学成分(质量分数)/%								其他元素	
				C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni		Fe
奥氏体 沉淀硬 化不 锈钢	SD ^d	X6NiCrTiMoVB25-15-2	4980-662-86-X	0.08 ^c	1.00	2.00	0.040	0.030	13.5~16.0	1.00~1.50	24.0~27.0	余量	Ti: 1.90~2.35 Al:0.35 V:0.10 ~0.50 B:0.001~0.010
		X6NiCrTiMoVB25-15-2	1.4980* **	0.03~0.08	1.00	1.00~2.00	0.025	0.015	13.5~16.0	1.00~1.50	24.0~27.0		Ti: 1.90~2.30 Al:0.35 V:0.10 ~0.50 B:0.003~0.010
		X6NiCrTiMoVB25-15-2	合金 660 S66286* **	0.08 ^c	1.00	2.00	0.040	0.030	13.5~16.0	1.00~1.50	24.0~27.0		Ti: 1.90~2.35 Al:0.35 V:0.10 ~0.50 B:0.001~0.010
注: 表中所列成分除标明范围或最小值外,其余均为最大值。													
<div>^a 符合 ISO/TS 4949。</div> <div>^b 参考信息: “* **”表示 UNS 中包含的成分;“* * *”表示 EN 10269 中包含的成分;没有“* **”的表示 ISO 15510 中包含的成分。</div> <div>^c 对特殊用途的,可规定最小碳含量。</div> <div>^d 建议对原材料进行二次熔炼以便紧固件产品得到更好的工作性能。除非另有协议,熔炼过程由紧固件制造者决定。</div>													

表 3 紧固件用镍合金化学成分

材料类别	紧固件代号	ISO 材料牌号 ^a	参考信息 ^b	化学成分(质量分数)/%									
				C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Fe	其他元素
镍合金	SB ^d	NiCr20TiAl	合金 80A N07080**	0.10 ^c	1.00	1.00	0.045	0.015	18.0~21.0	—	余量	3.0	Ti: 1.8~2.7 Al:1.0~1.8 Co:2.0 Cu:0.2 B:0.008
		NiCr20TiAl	2.4952***	0.04~0.10 ^c	1.00	1.00	0.020	0.015	18.0~21.0	—	≥65.0	1.5	Ti: 1.8~2.7 Al:1.0~1.8 Co:1.0 Cu:0.2 B:0.008
	718 ^d	NiCr19NbMo	合金 718 N07718**	0.08 ^c	0.35	0.35	0.015	0.015	17.0~21.0	2.80~3.30	50.0~55.0	余量	Nb:4.75~5.50 Ti:0.65~1.15 Al:0.2~0.8 Co:1.0 Cu:0.3 B:0.006
		NiCr19NbMo	2.4668***	0.02~0.08 ^c	0.35	0.35	0.015	0.015	17.0~21.0	2.80~3.30	50.0~55.0		Nb:4.75~5.50 Ti:0.60~1.20 Al:0.3~0.7 B:0.002~0.006 Co:1.0 Cu:0.3
注: 表中所列成分除标明范围或最小值外,其余均为最大值。													
^a 符合 ISO/TS 4949。 ^b 参考信息:“*”表示 UNS 中包含的成分;“***”表示 EN 10269 中包含的成分。 ^c 对特殊用途的,可规定最小碳含量。 ^d 建议对原材料进行二次熔炼以便紧固件产品得到更好的工作性能。除非另有协议,熔炼过程由紧固件制造者决定。													

6.2 紧固件热处理

按本部分制造的紧固件应进行热处理,机械性能应符合第 7 章规定。

热处理工艺见表 4,马氏体不锈钢的最低回火温度应根据表 4 的规定选择,未规定的保温时间由制造者选择。并考虑表 7 所要求的机械性能及紧固件的实际使用温度。

热处理工艺流程如下:

- SD、SB 和 718:应进行固溶处理(AT),建议在紧固件成型后进行。当外螺纹紧固件抗拉强度 $R_m \geq 1\,100\text{ MPa}$ 时,经供需协议,固溶处理(AT)可以针对原材料进行(在紧固件成型前)。
- 对于冷锻和热锻紧固件,热处理应在紧固件成型后进行。
- 对于由棒材机械加工成型紧固件,热处理可以针对原材料进行或在紧固件加工成型后进行。对外螺纹紧固件,可以在热处理前或后或在固溶处理(AT)和沉淀硬化(P)之间辗制螺纹。

表 4 推荐的紧固件热处理制度

紧固件代号	热处理状态	淬火/固溶处理温度 (和保温时间) ℃	回火/沉淀硬化温度 (和保温时间) ℃
CH0	+QT	950~1 050	$\geq 450^a$
CH1	+QT	950~1 050	$\geq 450^a$
CH2	+QT	950~1 050	$\geq 450^a$
V	+QT	1 020~1 070	≥ 680
VH	+QT	1 020~1 070	≥ 660
VW	+QT	1 100~1 130	≥ 670
SD	+AT+P	970~990($\geq 1\text{ h}$)	710~730 ($\geq 16\text{ h}$)
		890~910 ($\geq 1\text{ h}$)	
SB	+AT+P	1 050~1 080	第 1 步:840~860 ($\geq 24\text{ h}$) 第 2 步:690~710 ($\geq 16\text{ h}$)
718	+AT+P	940~1 010	第 1 步:710~730 ($\geq 8\text{ h}$) 第 2 步:610~630 ($\geq 18\text{ h}$)
QT —— 淬火并回火; AT —— 固溶处理(退火处理); P —— 沉淀硬化。			
^a 应避免 500℃~600℃ 温度区间(韧性损失和晶间腐蚀风险增加),参见附录 B。			

6.3 表面精饰

除非另有规定,符合本部分的紧固件应进行清洁和抛光。

螺栓连接中的紧固件通常通过施加扭矩产生预紧力,因此,推荐对不锈钢和镍合金紧固件进行润滑处理,以避免在紧固过程中出现磨损。

注 1: 在紧固过程中,一些参数可能会增加不锈钢和镍合金紧固件的磨损风险,如螺纹损坏、高预载荷、高拧紧速度等。

注 2: 目前,对于不锈钢和镍合金紧固件的国家标准中没有规定有关表面缺陷和扭矩-夹紧力性能的要求。



通过适当的表面处理(润滑或涂/镀层或带有润滑的涂/镀层)获得可控的不锈钢和镍合金紧固件扭矩-夹紧力关系。在这种情况下,标记和/或标签中紧固件代号后标记字母“Lu”,例如 SD Lu。同时,应选择适当的拧紧措施和方法,以达到所需的预紧力。

当需要特殊要求时,应供需协议。

6.4 螺栓和螺母连接副设计

螺栓、螺钉和螺柱与螺母匹配组合应按照表 5 规定。

表 5 螺栓、螺钉和螺柱与螺母使用组合

螺栓、螺钉 和螺柱	螺母						
	CH0	CH1	CH2	V、VH、VW	SD	SB	718
CH0							
CH1				可能的组合			
CH2							
V、VH、VW							
SD							
SB							
718							

螺母应与相同代号的螺栓、螺钉和螺柱(和垫圈)配合(如 CH0 螺栓与 CH0 螺母)。不同材料的紧固件匹配组合是可能的,但应满足下列条件:

- 应咨询有经验的紧固件材料专家;
- 考虑连接副的最低耐蚀性;
- 磨损风险。

注:在螺栓连接中,当被夹紧部分材料与所使用不锈钢和镍合金紧固件材料不同时,建议考虑使用隔离部件,以避免电化学腐蚀。

6.5 耐高温环境

本部分中规定的紧固件用高温材料主要适用于通常以蠕变强度为尺寸因数且会发生高温氧化的温度下(应注意,SD、SB 和 718 材料也具有良好的耐潮湿环境腐蚀能力)。

6.6 紧固件使用温度

第 7 章给出了在环境温度范围为 10℃~35℃条件下进行测试时紧固件的机械性能。当在高温下使用时,紧固件的机械性能会降低。与紧固件材料相关的建议最高使用温度见表 6,但根据使用条件,使用温度可能会低于最高使用温度。

表 6 建议的紧固件最高使用温度

紧固件代号	最高使用温度 ℃
CH0	400
CH1	400
CH2	450
V	600
VH	600
VW	600
SD	650
SB	800
718	700

当紧固件性能需要针对特定应用进行评估时,应在预期的使用温度下,对紧固件进行高温条件下拉伸试验和/或蠕变试验和/或松弛试验,试验方法按第 10 章规定。试验应在尽可能接近最终组装条件下进行(夹紧部件、夹紧力、使用温度等)。如确有必要按第 10 章进行试验,双方应在签订合同前就所有试验条件达成一致。

7 机械性能

7.1 螺栓、螺钉和螺柱机械性能

按第 9 章规定的方法进行试验时,指定紧固件代号的螺栓、螺钉和螺柱在环境温度条件下,所有机械性能要求应符合表 7~表 11 规定,无论试验在制造过程中进行或对最终成品进行。

表 7 环境温度下螺栓、螺钉和螺柱机械性能

紧固件代号	最小抗拉强度 R_{mf} MPa	紧固件实物规定塑性 延伸率为 0.2% 时的 应力 R_{pf} MPa	最小断后 伸长量 A mm	硬度 HV ($F \geq 98$ N)	硬度 HRC
CH0	800	600	$0.20d$	250~320	22~32
CH1	850	650	$0.20d$	270~380	26~39
CH2	860	690	$0.20d$	260~320	25~32
V	800	600	$0.20d$	250~320	22~32
VH	900	700	$0.20d$	280~360	28~38
VW	900	750	$0.20d$	280~360	28~38
SD	900	600	$0.25d$	250~360	22~38
SB	1000	600	$0.20d$	320~410	32~42
718	1230	1030	$0.20d$	345~480	36~48

表 8 环境温度下最小拉力载荷——粗牙螺纹

螺纹 规格 d	公称应力 截面积 $A_{s,nom}$ mm^2	最小拉力载荷 F_{mf} N								
		CH0	CH1	CH2	V	VH	VW	SD	SB	718
M3	5.03	4 030	4 280	4 330	4 030	4 530	4 530	4 530	5 040	6 190
M3.5	6.78	5 430	5 760	5 830	5 430	6 100	6 100	6 100	6 780	8 340
M4	8.78	7 030	7 470	7 550	7 030	7 910	7 910	7 910	8 780	10 800
M5	14.2	11 350	12 060	12 200	11 350	12 770	12 770	12 770	14 190	17 450
M6	20.1	16 100	17 110	17 310	16 100	18 120	18 120	18 120	20 130	24 760
M7	28.9	23 090	24 540	24 820	23 090	25 980	25 980	25 980	28 860	35 500
M8	36.6	29 200	31 120	31 490	29 200	32 950	32 950	32 950	36 610	45 030
M10	58.0	46 400	49 300	49 800	46 400	52 200	52 200	52 200	57 990	71 330
M12	84.3	67 420	71 630	72 470	67 420	75 840	75 840	75 840	84 270	103 700
M14	115	92 360	98 130	99 280	92 360	103 900	103 900	103 900	115 500	142 000
M16	157	125 400	133 200	134 800	125 400	141 100	141 100	141 100	156 700	192 800
M18	192	154 000	163 700	165 600	154 000	173 300	173 300	173 300	192 500	236 800
M20	245	195 900	208 100	210 600	195 900	220 400	220 400	220 400	244 800	301 100
M22	303	242 800	257 900	261 000	242 800	273 100	273 100	273 100	303 400	373 200
M24	353	282 100	299 700	303 200	282 100	317 300	317 300	317 300	352 600	433 600
M27	459	367 600	390 500	395 100	367 600	413 500	413 500	413 500	459 500	565 100
M30	561	448 500	476 500	482 200	448 500	504 600	504 600	504 600	560 600	689 600
M33	694	554 900	589 600	596 500	554 900	624 200	624 200	624 200	693 600	853 100
M36	817	653 400	694 300	702 400	653 400	735 100	735 100	735 100	816 800	1 004 600
M39	976	780 700	829 400	839 200	780 700	878 200	878 200	878 200	975 800	1 200 200
$F_{mf,min} = A_{s,nom} \times R_{mf,min}$ $A_{s,nom}$ 计算见 9.1.5, 载荷值是根据 $A_{s,nom}$ 进行计算, 100 000 N 内圆整到 10 N, >100 000 N 圆整到 100 N。										

表 9 环境温度下在 R_{pf} 下最小拉力载荷——粗牙螺纹

螺纹 规格 d	公称应力 截面积 $A_{s,nom}$ mm^2	紧固件实物规定塑性延伸率为 0.2% 时的载荷 F_{pf} N								
		CH0	CH1	CH2	V	VH	VW	SD	SB	718
M3	5.03	3 020	3 280	3 480	3 020	3 530	3 780	3 020	3 020	5 190
M3.5	6.78	4 070	4 410	4 680	4 070	4 750	5 090	4 070	4 070	6 980
M4	8.78	5 270	5 710	6 060	5 270	6 150	6 590	5 270	5 270	9 050
M5	14.2	8 510	9 220	9 790	8 510	9 930	10 640	8 510	8 510	14 610

表 9 (续)

螺纹 规格 d	公称应力 截面积 $A_{s,nom}$ mm^2	紧固件实物规定塑性延伸率为 0.2% 时的载荷 F_{pf} N								
		CH0	CH1	CH2	V	VH	VW	SD	SB	718
M6	20.1	12 080	13 090	13 890	12 080	14 090	15 100	12 080	12 080	20 730
M7	28.9	17 320	18 760	19 920	17 320	20 210	21 650	17 320	17 320	29 730
M8	36.6	21 970	23 800	25 260	21 970	25 630	27 460	21 970	21 970	37 710
M10	58.0	34 800	37 700	40 020	34 800	40 600	43 500	34 800	34 800	59 730
M12	84.3	50 560	54 780	58 150	50 560	58 990	63 200	50 560	50 560	86 800
M14	115	69 270	75 040	79 660	69 270	80 810	86 580	69 270	69 270	119 000
M16	157	94 010	101 900	108 200	94 010	109 700	117 600	94 010	94 010	161 400
M18	192	115 500	125 200	132 900	115 500	134 800	144 400	115 500	115 500	198 300
M20	245	146 900	159 200	169 000	146 900	171 400	183 600	146 900	146 900	252 200
M22	303	182 100	197 300	209 400	182 100	212 400	227 600	182 100	182 100	312 600
M24	353	211 600	229 200	243 300	211 600	246 800	264 400	211 600	211 600	363 100
M27	459	275 700	298 700	317 000	275 700	321 600	344 600	275 700	275 700	473 200
M30	561	336 400	364 400	386 900	336 400	392 500	420 500	336 400	336 400	577 500
M33	694	416 200	450 900	478 600	416 200	485 500	520 200	416 200	416 200	714 400
M36	817	490 100	530 900	563 600	490 100	571 800	612 600	490 100	490 100	841 300
M39	976	585 500	634 300	673 300	585 500	683 100	731 900	585 500	585 500	1 005 100
$F_{pf,min} = A_{s,nom} \times R_{pf,min}$ $A_{s,nom}$ 计算见 9.1.5, 载荷值是根据 $A_{s,nom}$ 进行计算, 100 000 N 内圆整到 10 N, >100 000 N 圆整到 100 N。										

表 10 环境温度下最小拉力载荷——细牙螺纹

螺纹 规格 $d \times P$	公称应力 截面积 $A_{s,nom}$ mm^2	最小拉力载荷 F_{mf} N								
		CH0	CH1	CH2	V	VH	VW	SD	SB	718
M8×1	39.2	31 340	33 300	33 690	31 340	35 260	35 260	35 260	39 170	48 180
M10×1.25	61.2	48 960	52 020	52 640	48 960	55 080	55 080	55 080	61 200	75 280
M10×1	64.5	51 600	54 820	55 470	51 600	58 050	58 050	58 050	64 500	79 330
M12×1.5	88.1	70 510	74 910	75 790	70 510	79 320	79 320	79 320	88 130	108 400
M12×1.25	92.1	73 660	78 270	79 190	73 660	82 870	82 870	82 870	92 080	113 300
M14×1.5	125	99 640	105 900	107 200	99 640	112 100	112 100	112 100	124 600	153 200
M16×1.5	167	133 800	142 200	143 900	133 800	150 600	150 600	150 600	167 300	205 800
M18×1.5	216	173 000	183 800	186 000	173 000	194 700	194 700	194 700	216 300	266 000

表 10 (续)

螺纹 规格 $d \times P$	公称应力 截面积 $A_{s,nom}$ mm^2	最小拉力载荷 F_{mf} N								
		CH0	CH1	CH2	V	VH	VW	SD	SB	718
M20×1.5	272	217 300	230 800	233 500	217 300	244 400	244 400	244 400	271 600	334 000
M22×1.5	333	266 500	283 100	286 500	266 500	299 800	299 800	299 800	333 100	409 700
M24×2	384	307 600	326 800	330 600	307 600	346 000	346 000	346 000	384 500	472 900
M27×2	496	396 600	421 400	426 400	396 600	446 200	446 200	446 200	495 800	609 800
M30×2	621	497 000	528 100	534 300	497 000	559 100	559 100	559 100	621 300	764 100
M33×2	761	608 700	646 700	654 300	608 700	684 800	684 800	684 800	760 800	935 800
M36×3	865	692 000	735 200	743 900	692 000	778 500	778 500	778 500	865 000	1 063 900
M39×3	1 030	822 800	874 200	884 500	822 800	925 600	925 600	925 600	1 028 400	1 265 000
$F_{mf,min} = A_{s,nom} \times R_{mf,min}$ $A_{s,nom}$ 计算见 9.1.5, 载荷值是根据 $A_{s,nom}$ 进行计算, 100 000 N 内圆整到 10 N, >100 000 N 圆整到 100 N。										

表 11 环境温度下在 R_{pf} 下最小拉力载荷——细牙螺纹

螺纹 规格 $d \times P$	公称应力 截面积 $A_{s,nom}$ mm^2	紧固件实物规定塑性延伸率为 0.2% 时的载荷 F_{pf} N								
		CH0	CH1	CH2	V	VH	VW	SD	SB	718
M8×1	39.2	23 510	25 460	27 030	23 510	27 420	29 380	23 510	23 510	40 350
M10×1.25	61.2	36 720	39 780	42 230	36 720	42 840	45 900	36 720	36 720	63 040
M10×1	64.5	38 700	41 930	44 510	38 700	45 150	48 380	38 700	38 700	66 430
M12×1.5	88.1	52 880	57 290	60 810	52 880	61 690	66 100	52 880	52 880	90 770
M12×1.25	92.1	55 250	59 850	63 530	55 250	64 460	69 060	55 250	55 250	94 840
M14×1.5	125	74 730	80 960	85 940	74 730	87 190	93 410	74 730	74 730	128 300
M16×1.5	167	100 400	108 800	115 500	100 400	117 100	125 500	100 400	100 400	172 300
M18×1.5	216	129 800	140 600	149 300	129 800	151 400	162 200	129 800	129 800	222 800
M20×1.5	272	163 000	176 500	187 400	163 000	190 100	203 700	163 000	163 000	279 700
M22×1.5	333	199 900	216 500	229 900	199 900	233 200	249 800	199 900	199 900	343 100
M24×2	384	230 700	249 900	265 300	230 700	269 100	288 400	230 700	230 700	396 000
M27×2	496	297 500	322 300	342 100	297 500	347 100	371 900	297 500	297 500	510 700
M30×2	621	372 800	403 800	428 700	372 800	434 900	466 000	372 800	372 800	639 900
M33×2	761	456 500	494 600	525 000	456 500	532 600	570 600	456 500	456 500	783 700
M36×3	865	519 000	562 300	596 900	519 000	605 500	648 800	519 000	519 000	890 900
M39×3	1 030	617 100	668 500	709 600	617 100	719 900	771 300	617 100	617 100	1 059 300
$F_{mf,min} = A_{s,nom} \times R_{mf,min}$ $A_{s,nom}$ 计算见 9.1.5, 载荷值是根据 $A_{s,nom}$ 进行计算, 100 000 N 内圆整到 10 N, >100 000 N 圆整到 100 N。										

7.2 螺母机械性能

按第9章规定的方法进行试验时,指定紧固件代号的螺母在环境温度条件下,保证载荷和硬度要求应符合表12~表14规定,无论试验在制造过程中进行或对最终成品进行。

表 12 环境温度下螺母硬度

紧固件代号	保证载荷下应力 S_p MPa	硬度 HV ($F \geq 98N$)	硬度 HRC
CH0	800	250~320	22~32
CH1	850	270~380	26~39
CH2	860	260~320	25~32
V	800	250~320	22~32
VH	900	280~360	28~38
VW	900	280~360	28~38
SD	900	250~360	22~38
SB	1 000	320~410	32~42
718	1 230	345~480	36~48

表 13 环境温度下螺母保证载荷——粗牙螺纹

螺纹 规格 D	公称应力 截面积 $A_{s,nom}$ mm^2	保证载荷 F_p N								
		CH0	CH1	CH2	V	VH	VW	SD	SB	718
M5	14.2	11 350	12 060	12 200	11 350	12 770	12 770	12 770	14 190	17 450
M6	20.1	16 100	17 110	17 310	16 100	18 120	18 120	18 120	20 130	24 760
M7	28.9	23 090	24 540	24 820	23 090	25 980	25 980	25 980	28 860	35 500
M8	36.6	29 290	31 120	31 490	29 290	32 950	32 950	32 950	36 610	45 030
M10	58.0	46 400	49 300	49 880	46 400	52 200	52 200	52 200	57 990	71 330
M12	84.3	67 420	71 630	72 470	67 420	75 840	75 840	75 840	84 270	103 700
M14	115	92 360	98 130	99 280	92 360	103 900	103 900	103 900	115 500	142 000
M16	157	125 400	133 200	134 800	125 400	141 100	141 100	141 100	156 700	192 800
M18	192	154 000	163 700	165 600	154 000	173 300	173 300	173 300	192 500	236 800
M20	245	195 900	208 100	210 600	195 900	220 400	220 400	220 400	244 800	301 100
M22	303	242 800	257 900	261 000	242 800	273 100	273 100	273 100	303 400	373 200
M24	353	282 100	299 700	303 200	282 100	317 300	317 300	317 300	352 600	433 600

表 13 (续)

螺纹 规格 D	公称应力 截面积 $A_{s,nom}$ mm^2	保证载荷 F_p N								
		CH0	CH1	CH2	V	VH	VW	SD	SB	718
M27	459	367 600	390 500	395 100	367 600	413 500	413 500	413 500	459 500	565 100
M30	561	448 500	476 500	482 200	448 500	504 600	504 600	504 600	560 600	689 600
M33	694	554 900	589 600	596 500	554 900	624 200	624 200	624 200	693 600	853 100
M36	817	653 400	694 300	702 400	653 400	735 100	735 100	735 100	816 800	1 004 600
M39	976	780 700	829 400	839 200	780 700	878 200	878 200	878 200	975 800	1 200 200
$F_p = A_{s,nom} \times S_p$ $A_{s,nom}$ 计算见 9.1.5, 载荷值是根据 $A_{s,nom}$ 进行计算, 100 000 N 内圆整到 10 N, >100 000 N 圆整到 100 N。										



表 14 环境温度下螺母保证载荷——细牙螺纹

螺纹 规格 $D \times P$	公称应力 截面积 $A_{s,nom}$ mm^2	保证载荷 F_p N								
		CH0	CH1	CH2	V	VH	VW	SD	SB	718
M8×1	39.2	31 340	33 300	33 690	31 340	35 260	35 260	35 260	39 170	48 180
M10×1.25	61.2	48 960	52 020	52 640	48 960	55 080	55 080	55 080	61 200	75 280
M10×1	64.5	51 600	54 820	55 470	51 600	58 050	58 050	58 050	64 500	79 330
M12×1.5	88.1	70 510	74 910	75 790	70 510	79 320	79 320	79 320	88 130	108 400
M12×1.25	92.1	73 660	78 270	79 100	73 660	82 870	82 870	82 870	92 080	113 300
M14×1.5	125	99 640	105 900	107 200	99 640	112 100	112 100	112 100	124 600	153 200
M16×1.5	167	133 800	142 200	143 900	133 800	150 600	150 600	150 600	167 300	205 800
M18×1.5	216	173 000	183 800	186 000	173 000	194 700	194 700	194 700	216 300	266 000
M20×1.5	272	217 300	230 800	233 500	217 300	244 400	244 400	244 400	271 600	334 000
M22×1.5	333	266 500	283 100	286 500	266 500	299 800	299 800	299 800	333 100	409 700
M24×2	384	307 600	326 800	330 600	307 600	346 000	346 000	346 000	384 500	472 900
M27×2	496	396 600	421 400	426 400	396 600	446 200	446 200	446 200	495 800	609 800
M30×2	621	497 000	528 100	534 300	497 000	559 100	559 100	559 100	621 300	764 100
M33×2	761	608 700	646 700	654 300	608 700	684 800	684 800	684 800	760 800	935 800
M36×3	865	692 000	735 200	743 900	692 000	778 500	778 500	778 500	865 000	1 063 900
M39×3	1 030	822 800	874 200	884 500	822 800	925 600	925 600	925 600	1 028 400	1 265 000
$F_p = A_{s,nom} \times S_p$ $A_{s,nom}$ 计算见 9.1.5, 载荷值是根据 $A_{s,nom}$ 进行计算, 100 000 N 内圆整到 10 N, >100 000 N 圆整到 100 N。										

8 试验方法和检验的适用性

8.1 试验方法适用性

试验方法适用性见表 15。

表 15 环境温度下紧固件试验方法适用性

紧固件代号	性能和试验方法					
	螺栓、螺钉和螺柱 ^{a,b}			螺母		
	最小抗拉强度 ^c R_{mf}	紧固件实物规定 塑性延伸率为 0.2%时的应力 R_{pf}	断后伸长量 A	硬度	保证载荷	硬度
	拉力试验 9.1			硬度试验 9.2	保证载荷试验 9.3	硬度试验 9.4
SD、SB、718	$d \geq 3\text{ mm}$ $l \geq 2.5d$ $b \geq 2.0d$			适用	适用	适用
CH0、CH1、CH2、 V、VH、VW	$d \geq 3\text{ mm}$ $l \geq 2.5d$ $b \geq 2.0d$			适用	适用	适用
^a 全螺纹螺柱 $l_t \geq 3.5d$ 。						
^b 当 $l < 2.5d$ (或全螺纹螺柱 $l_t < 3.5d$) 时, 试验和试验方法由供需协议。						
^c 最小抗拉强度 R_{mf} 也可以通过楔负载试验进行测试(试验方法见 GB/T 3098.6)。						

8.2 制造者的检验

按本部分生产的紧固件, 当按 8.1 和第 9 章规定的适用性试验测试时, 应符合第 6 章和第 7 章规定的所有适用要求。

本部分不要求制造者对每一制造批次都实施试验。但制造者有责任选择合适的方法, 如过程控制或最终检查, 以确保每一制造批均符合所有规定的要求。更多的信息见 GB/T 90.3。

如有争议, 应按 8.1 和第 9 章规定的试验方法。

8.3 供应商的检验

如果符合第 6 章和第 7 章规定的化学成分、机械性能要求, 供方可选择自己的方法来控制和/或检验紧固件(对制造者的定期评估、校核制造者提供的测试结果、紧固件实物检测等)。

如有争议, 应按 8.1 和第 9 章规定的试验方法。

8.4 需方的检验

需方可按第 9 章规定的试验方法来控制和/或检验交付的紧固件。

如有争议, 应按 8.1 和第 9 章规定的试验方法。

8.5 试验结果交付

当需方要求供应商的测试结果时, 应该在订购时达成一致。试验报告应按照 GB/T 39310 的规定编制, 试验报告的类型(F2.2、F3.1 或 F3.2)和任何附加的或特定的测试也应由需方规定, 并在订购时达



成一致。

9 环境温度条件下试验方法

9.1 螺栓、螺钉和螺柱实物拉力试验

9.1.1 通则

本试验用于同时或分别测定以下参数：

- 紧固件实物的抗拉强度 R_m ；
- 紧固件实物规定塑性延伸率为 0.2% 时的应力 R_{pf} ；
- 断后伸长量 A 。

本试验适用于符合以下规定的螺栓、螺钉和螺柱实物：

- 所有不锈钢和镍合金类别；
- $3\text{ mm} \leq d \leq 39\text{ mm}$ ；
- 螺栓、螺钉和螺柱（具有无螺纹杆部）公称长度 $l \geq 2.5d$ ，且螺纹长度 $b \geq 2d$ ；
- 无螺纹杆径 $d_s > d_2$ 或者 $d_s \approx d_2$ ；
- 全螺纹螺柱，长度 $\geq 3.5d$ 。

拉伸试验机应符合 GB/T 16825.1 的规定，达到 1 级精度或以上。装夹紧固件时，应避免斜拉，可使用自动定心装置。

夹具和螺纹夹具应符合以下要求：

- 硬度大于 45 HRC；
- 孔径 d_h 符合表 16 要求；
- 螺纹夹具螺纹公差等级 5H6G，见图 1。

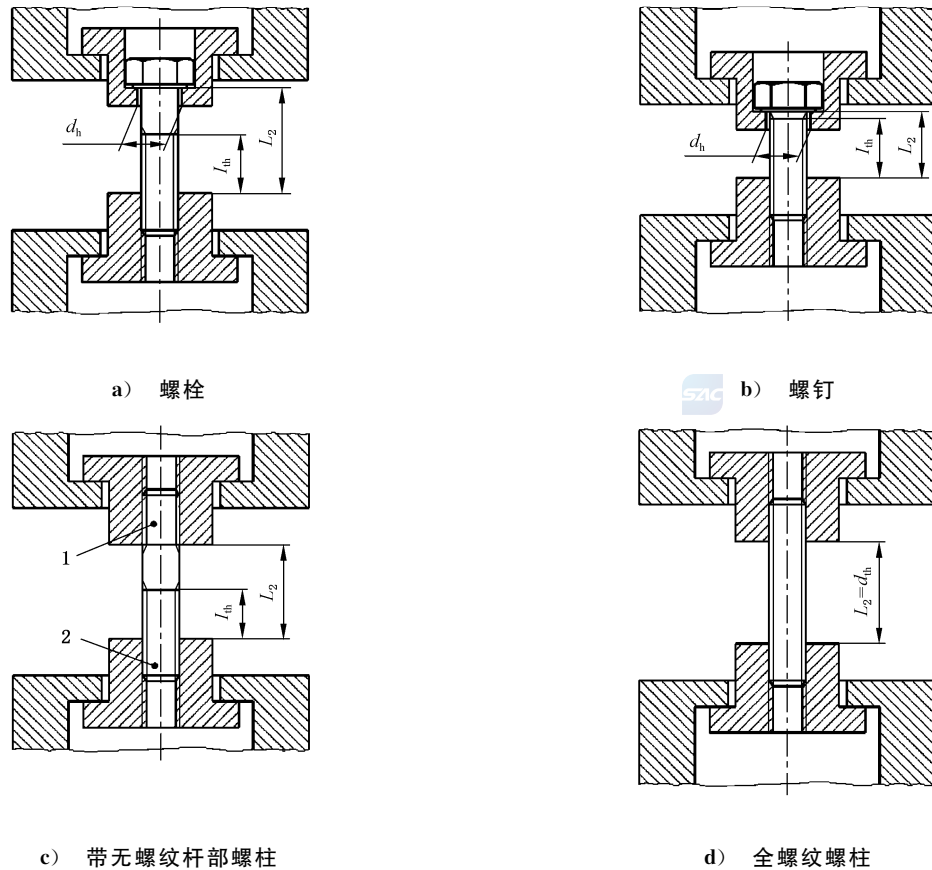
试验装置应具有足够刚度，以避免影响规定塑性延伸率为 0.2% 时的载荷 F_{pf} 或断后伸长量 A 。

所有长度测量精度应不大于 $\pm 0.05\text{ mm}$ 。

表 16 夹具孔径

单位为毫米

螺纹公称直径 d	$d_h^{a,b}$		螺纹公称直径 d	$d_h^{a,b}$	
	min	max		min	max
3	3.40	3.58	16	17.50	17.77
3.5	3.90	4.08	18	20.00	20.33
4	4.50	4.68	20	22.00	22.33
5	5.50	5.68	22	24.00	24.33
6	6.60	6.82	24	26.00	26.33
7	7.60	7.82	27	30.00	30.33
8	9.00	9.22	30	33.00	33.39
10	11.0	11.27	33	36.00	36.39
12	13.50	13.77	36	39.00	39.39
14	15.50	15.77	39	42.00	42.39
^a 符合 GB/T 5277 的中等系列。 ^b 对于方颈螺栓，孔应适用于容纳方颈。					



说明:

1 —— 拧入基体端;

2 —— 拧入螺母端;

d_h —— 孔径;

l_{th} —— 未旋合螺纹长度 $\geq 1d$;

L_2 —— 夹紧长度。

图 1 紧固件实物拉伸试验装置示例

试件应为经尺寸等检验合格的紧固件。

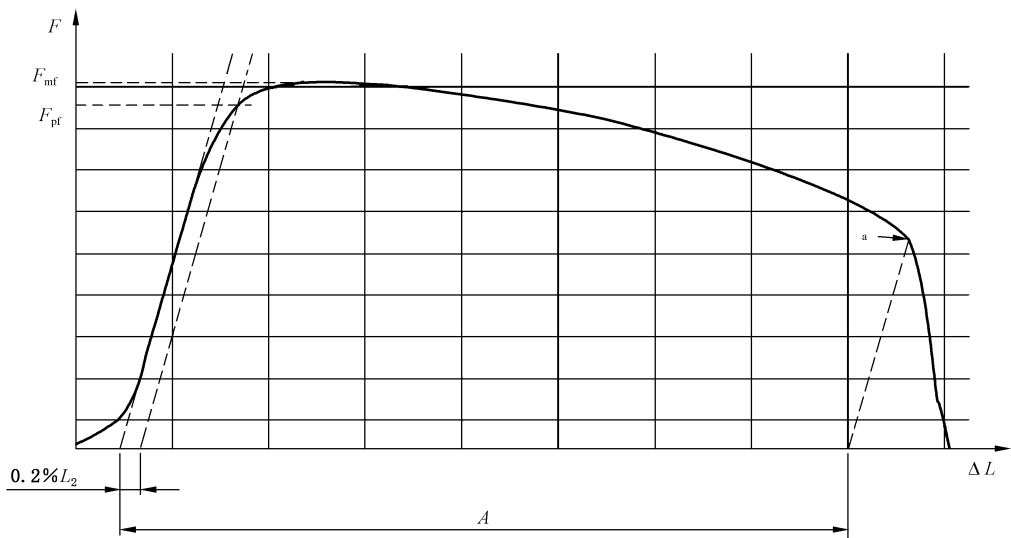
紧固件应安装到夹具中,如图 1 所示。与螺纹夹具螺纹啮合长度为 $1d \pm 1P$ 。承受负载的未旋合螺纹长度 $l_{th} \geq 1d$ 。

应按 GB/T 228.1 的规定进行拉力试验。试验机夹头的分离速度不应超过 10 mm/min,达到 F_{pf} 后分离速度不超过 25 mm/min。

9.1.2 同时确定 R_m 、 R_{pf} 和 A 的试验程序

载荷 F 应连续测量,直到发生断裂,直接利用一个电子装置(如微处理器)或载荷-位移曲线(见 GB/T 228.1),曲线可自动或手动绘制。

可接受的精确图形测量,曲线在弹性范围的斜率(直线部分)相对横坐标是 $30^\circ \sim 45^\circ$ 。



说明：
 ΔL ——位移,单位为毫米(mm)；
 F ——载荷,单位为牛(N)。
^a 断裂点。

图 2 载荷-位移曲线

根据图 2 确定下列内容：

- a) 极限拉力载荷 F_{mf} 。
- b) 在载荷-位移曲线上直接得到在规定塑性延伸率为 0.2%时的载荷 F_{pf} ,步骤如下：
 - 1) 确定弹性范围内的斜率(曲线上直线部分)；
 - 2) 在位移轴(ΔL)上,距离等于 L_2 的 0.2%处画一条平行于载荷-位移曲线弹性范围内斜率的平行线；
 - 3) 平行线与曲线的交点对应为载荷 F_{pf} 。有争议时,弹性范围内的斜率应通过表 9 和表 11 对应的 $0.3F_{pf\ min}$ 和 $0.6F_{pf\ min}$ 与曲线相交的两点连一直线。
- c) 伸长量 A ,按如下确定：
 - 1) 应该通过断裂点画出与弹性范围内的斜率平行的直线(曲线上直线部分),它与位移轴相交点；
 - 2) 伸长量 A 根据图 2 在位移轴上(ΔL)直接确定。

9.1.3 可选择确定规定塑性延伸率为 0.2%时的应力 R_{pf} 试验方法

在承受轴向拉伸载荷时,测量紧固件的载荷和伸长量,见图 3。当本试验还用于测定断裂后的伸长量 A 时,应进行该试验直到拉断。试验机夹头的分离速度不应超过 10 mm/min,达到 F_{pf} 后分离速度不超过 25 mm/min。

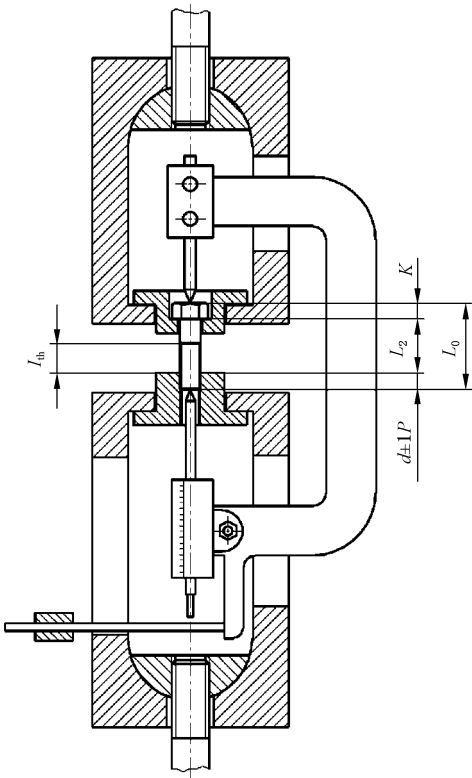
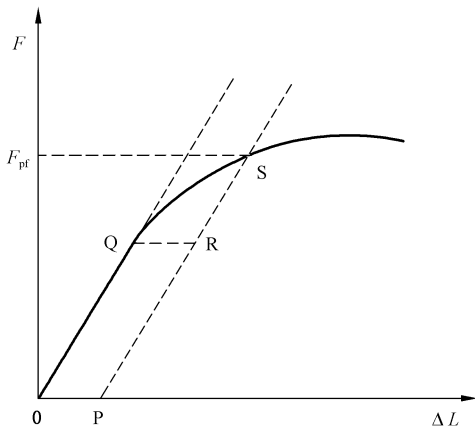


图 3 引伸计测量试验装置示例

伸长量应在紧固件头部顶面到末端测量,或者螺柱两端测量,见图 3 L_0 。当使用引伸计时,应符合 GB/T 12160,达到 2 级或以上。
载荷-伸长量曲线见图 4。



说明:
 ΔL —— 伸长量,单位为毫米(mm);
 F —— 载荷,单位为牛(N)。

图 4 测量规定塑性延伸率为 0.2%时的应力 R_{pf} 的载荷-伸长量曲线

应计算夹紧长度 L_2 :
——对于螺栓和螺钉,应是头部支承面和螺纹夹具接头之间的距离,见图 1a)和图 1b);
——对于带有无螺纹杆部螺柱,应是螺纹夹具接头之间的距离,见图 1c);

——对于全螺纹螺柱,应是螺纹夹具之间的距离,见图 1d)。

L_2 的 0.2% 应按比例缩放至载荷-伸长量曲线 OP 的水平轴上。从曲线的直线部分绘制与 QR 相同的值。通过 P 和 R 绘制一条直线,该线与载荷-伸长量曲线的交点 S 对应于垂直轴上的载荷 F_{pf} 。

9.1.4 可选择的伸长量试验方法

应测量紧固件总长度 L_0 , 见图 5a)。紧固件应按图 1 所示安装在夹具上,并施加轴向载荷直到拉断。试验机夹头的分离速度不应超过 10 mm/min,达到 F_{pf} 后分离速度不超过 25 mm/min。

断裂后,两部分应对接在一起,并按图 5b)测量长度 L_1 。

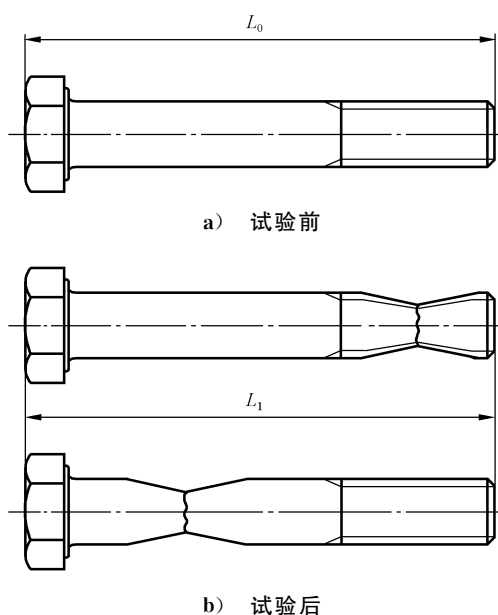


图 5 确定断后伸长量 A

断后伸长量 A 按式(1)计算:

$$A = L_1 - L_0 \quad \dots\dots\dots (1)$$

9.1.5 抗拉强度 R_m 试验结果和要求

抗拉强度是基于公称应力截面积 $A_{s,nom}$ 和试验过程中的极限拉伸载荷 F_{mf} ,按式(2)和式(3)计算:

$$R_m = \frac{F_{mf}}{A_{s,nom}} \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$A_{s,nom} = \frac{\pi}{4} \left(\frac{d_2 + d_3}{2} \right)^2 \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中:

d_2 ——外螺纹的基本中径(GB/T 196);

d_3 ——外螺纹小径,按式(4)计算:

$$d_3 = d_1 - \frac{H}{6} \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中:

d_1 ——外螺纹的基本小径(GB/T 196);

H ——原始三角形高度(GB/T 192)。

表 8 或表 10 给出了圆整到 3 位有效数字的公称应力截面积数值。

当达到极限拉力载荷时,断裂应发生在未旋合螺纹的长度内或无螺纹杆部。对于 CH0、CH1、CH2、V、VH 和 VW 紧固件($d_s > d_2$),断裂应发生在未旋合螺纹长度上;对于 SD、SB 和 718 紧固件,断裂也可发生在无螺纹杆部。

断裂不应发生在头部:

——对于带无螺纹杆部螺栓,断裂不应发生在头部与杆部交接处;

——对于全螺纹螺钉,如断裂始于未旋合螺纹的长度内,允许在拉断前已延伸或扩展到头部与螺纹交接处,或进入头部。

R_{mf} 应符合表 7 中的规定,应达到表 8 或表 10 中规定的最小极限拉伸载荷 $F_{mf, min}$ 。

9.1.6 规定塑性延伸率为 0.2% 时的应力 R_{pf} 试验结果和要求

紧固件实物规定塑性延伸率为 0.2% 时的应力 R_{pf} 是基于公称应力截面积 $A_{s, nom}$ 和试验过程中的规定塑性延伸率为 0.2% 时的载荷 F_{pf} ,按式(5)计算:

$$R_{pf} = \frac{F_{pf}}{A_{s, nom}} \dots\dots\dots (5)$$

表 9 或表 11 给出了 3 位有效数字的公称应力截面积数值。

R_{pf} 应符合表 7 的规定。最小载荷 F_{pf} 应符合表 9 或表 11 的规定。

如有争议,应按 9.1.3 规定的带引伸计的试验方法进行试验。

9.1.7 断后伸长量 A 的试验结果和要求

断后伸长量 A 应符合表 7 的规定。

如有争议,应按 9.1.3 规定的试验方法进行试验。

9.2 螺栓、螺钉和螺柱硬度试验

9.2.1 通则



该试验适用于符合以下条件的螺栓、螺钉和螺柱:

- 所有不锈钢和镍合金类别;
- 所有规格;
- 任何形状。

9.2.2 试验程序

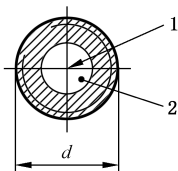
应使用经尺寸等检验合格的紧固件进行硬度试验。

硬度试验应按 GB/T 4340.1、GB/T 230.1 或 GB/T 231.1 的规定。维氏硬度试验用最小载荷为 98 N。布氏硬度试验的载荷应等于 $30D^2$,单位为牛顿(N)。

硬度试验应在距末端 $1d$ 、表面经适当制备的螺纹横截面上进行,不能因过度加热或冷加工/冷作硬化而改变试样硬度。

注:“芯部硬度”一般按本试验方法进行。

在 $1/2$ 半径与轴心线间的区域内测定硬度,见图 6。当尺寸允许时,取间隔为 120° 的三点硬度平均值作为硬度值。



说明：
1——紧固件中心轴；
2——1/2 半径区域(0.25d)。

图 6 1/2 半径区域内测定硬度

9.2.3 试验结果和要求

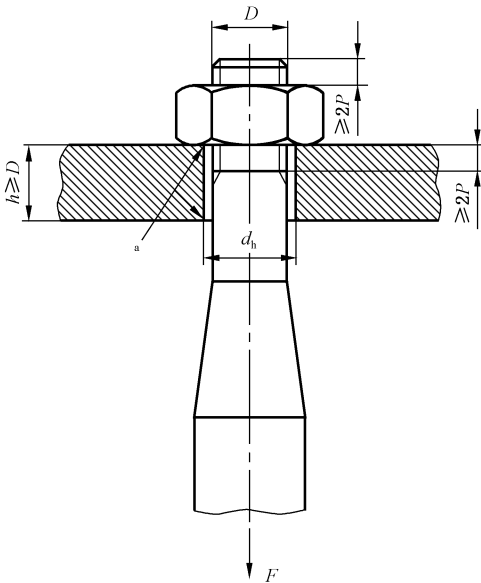
硬度值应符合表 7 规定。
如有争议,维氏硬度 HV10 为仲裁试验方法。



9.3 螺母保证载荷试验

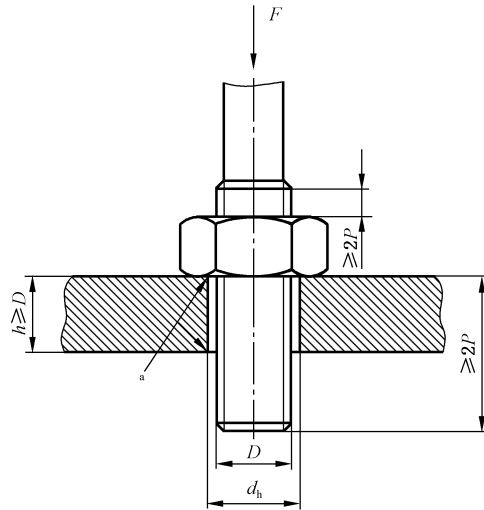
9.3.1 通则

保证载荷试验包含以下两个步骤：
——通过试验心轴施加规定的载荷(见图 7 和图 8)；
——检查由保证载荷引起的螺母的损坏情况(如果有)。



^a 倒锐边。

图 7 轴向拉伸试验



^a 倒锐边。



图 8 轴向压缩试验

9.3.2 适用范围

本试验适用于符合以下规定的螺母：

- 所有不锈钢和镍合金类别；
- 所有性能等级；
- $5\text{ mm} \leq D \leq 39\text{ mm}$ ；
- 任何形状。

9.3.3 试验设备

拉伸试验机应符合 GB/T 16825.1 中 1 级或更高。对紧固件的侧向推力应避免，比如：可使用自动定心装置。

9.3.4 试验装置

夹具和试验芯棒应符合以下规定：

- 夹具硬度： $\geq 45\text{ HRC}$ ；
- 夹具厚度： $h \geq 1D$ ；
- 夹具孔径： d_h 按表 17 规定；
- 芯棒淬硬并回火： $45\text{ HRC} \sim 50\text{ HRC}$ ；
- 试验芯棒外螺纹精度 5h6g，但大径公差应控制在 6g 公差带靠近下限 1/4 的范围内，试验芯棒螺纹尺寸在 GB/T 3098.2—2015 附录 B 中给出。

表 17 夹具孔径 单位为毫米

螺纹公称直径 D	孔径 d_h^a		螺纹公称直径 D	孔径 d_h^a	
	min	max		min	max
M5	5.030	5.115	M20	20.065	20.195
M6	6.030	6.115	M22	22.065	22.195
M7	7.040	7.130	M24	24.065	24.195
M8	8.040	8.130	M27	27.065	27.195
M10	10.040	10.130	M30	30.065	30.195
M12	12.050	12.160	M33	33.080	33.240
M14	14.050	14.160	M36	36.080	36.240
M16	16.050	16.160	M39	39.080	39.240
M18	18.050	18.160			
^a $d_h = D$, 公差为 D11(见 GB/T 1800.2)。					

9.3.5 试验程序



应使用经尺寸等检验合格的螺母进行保证载荷试验。

每次试验前应检查试验芯棒螺纹。如果试验芯棒螺纹损坏,则不应在损坏的螺纹长度内使用,或更换为合格的试验芯棒。

按图 7 或图 8 将螺母装在试验芯棒上。

按 GB/T 228.1 实施轴向拉伸试验或轴向压缩试验。试验机夹头的分离速度,不应超过 3 mm/min。

施加载 13 或表 14 中规定的保证载荷,并保持 15 s,然后卸载。试验时,加载超过保证载荷值应限制在最低程度。

螺母应能用手旋出试验芯棒。可能需要借助扳手旋动螺母,但借助扳手旋出只能在半圈内。也应注意到螺母破裂或螺纹脱扣的发生。

9.3.6 试验结果和要求

螺母应能承受表 13 或表 14 中规定的保证载荷,而无螺纹脱扣或螺母破裂。

卸除保证载荷后,螺母应能用手旋出(如有需要,借助扳手最多不超过半圈)。

有争议时,图 7 规定的轴向拉伸试验应作为验收的仲裁方法。

9.4 螺母硬度试验

9.4.1 通则

本试验适用于符合以下规定的螺母:

- 所有不锈钢和镍合金类别;
- 所有尺寸;
- 任何形状。

9.4.2 试验程序

9.4.2.1 通则

应使用经尺寸等检验合格的螺母进行硬度试验。

硬度试验应按 GB/T 4340.1、GB/T 230.1 或 GB/T 231.1 的规定。维氏硬度试验用最小载荷为 98 N。布氏硬度试验的载荷应等于 $30D^2$ ，单位为牛顿(N)。

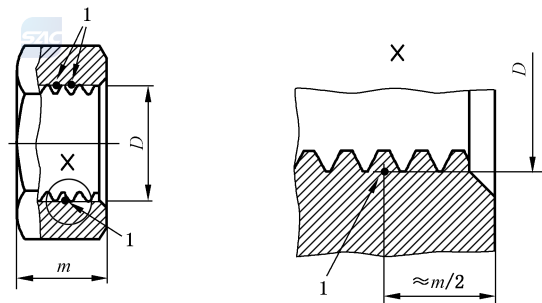
9.4.2.2 在表面测定硬度

常规检查，去除表面镀层或涂层，并对试件适当处理后，在螺母的任一支承面上进行硬度试验。

取间隔为 120° 的三点硬度平均值作为螺母的硬度值。

9.4.2.3 在纵截面测定硬度

应在通过螺母轴心线的纵向截面上、适当准备后进行硬度试验，不应使硬度因过热或冷加工/冷作硬化而改变。按图 9 规定，在 $1/2$ 高度位置 ($m/2 \pm 1P$)，并尽可能接近螺母螺纹大径处测定取三点硬度。



说明：

1——测定硬度的位置。

图 9 测定硬度的位置(纵截面)

9.4.3 试验结果和要求

硬度值应符合表 12 规定。

如有争议，维氏硬度 HV10 为仲裁试验方法。

10 高温条件下试验方法

10.1 螺栓、螺钉和螺柱拉伸试验

10.1.1 通则

当不锈钢或镍合金螺栓、螺钉、螺柱和螺母在螺栓连接中承受拉应力和高温时，设计者或最终用户可能需要有关实际使用温度下的拉伸性能和断裂模式的数据。

本试验方法仅适用于供需双方在订货前明确约定的情况。试验方法参照 GB/T 228.2、ISO 7961、NASM 1312-18 和 ASTM E21。

10.1.2 试验装置

试验装置和试验设备参照 ISO 7961 或 NASM 1312-18 的规定。对于螺栓、螺钉和螺柱试验,相匹配螺母的性能应足以确保试验紧固件失效。或者,也可以使用带螺纹孔的夹具(见图 10)。对于螺母试验,相匹配螺栓/螺钉或芯轴的性能应足以确保试验螺母失效。

螺栓/螺母连接副可参照 NASM 1312-18 进行试验。其中一个零件的失效应视作整个连接副失效。

试验夹具的设计和制造应能承受试验荷载和温度,而不会产生永久变形。表 18 给出了夹具和相匹配紧固件的适当材料示例。

表 18 高温试验的相关材料

紧固件代号	紧固件材料参考	最高试验温度 ℃	夹具或相匹配紧固件用材料
CH0	1.4021	400	2.4668 ^a 或同等材料
CH1	1.4028	400	2.4668 ^a 或同等材料
CH2	1.4057	450	2.4668 ^a 或同等材料
V	1.4923	600	2.4668 ^a 或同等材料
VH	1.4923	600	2.4668 ^a 或同等材料
VW	1.4923	600	2.4668 ^a 或同等材料
SD	1.4980	650 ^b	2.4668 ^a 或同等材料
SB	2.4952	650 ^b	2.4668 ^a 或同等材料
718	2.4668	650 ^b	2.4668 ^a 或同等材料

^a 2.4668 材料应进行固溶处理和沉淀硬化,以提供更好的机械和物理性能。

^b 除非另有协议,高温试验通常在 650 ℃ 下进行,如 ASTM A453/A453M 或 ASTM A1014/A1014M;如果要求在更高的温度下进行试验,夹具和相匹配紧固件的材料宜为 2.4676 或同等材料,可在最高 1 200 ℃ 的温度下使用。

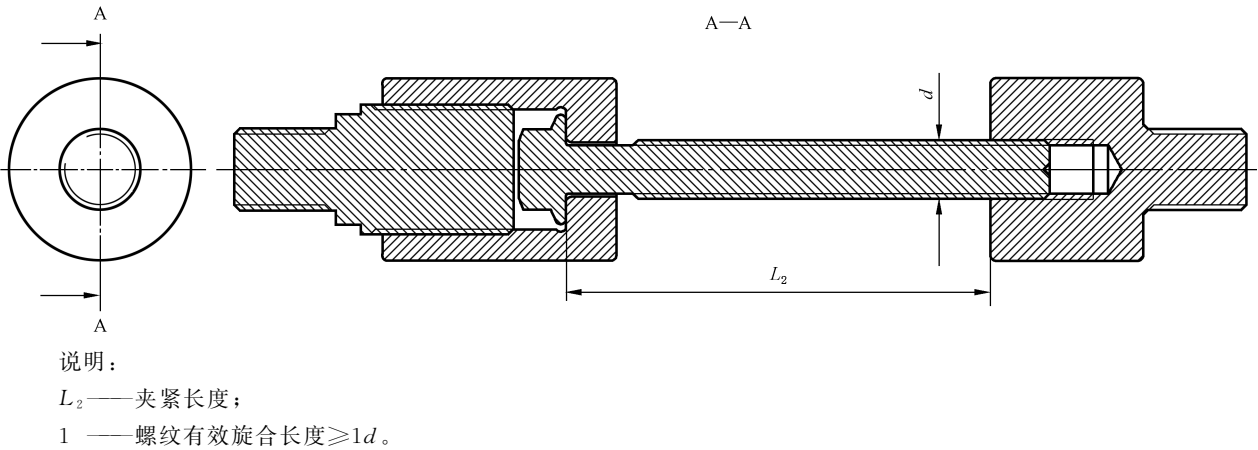


图 10 高温下拉伸试验装置示例

对于螺栓、螺钉和螺柱试验,夹具端的螺纹有效旋合长度应 $\geq 1d$ 。对于螺母试验,相匹配的螺栓/螺钉或芯棒应露出螺母顶面 $\geq 2P$ 。

10.1.3 试验程序

试验前,供需双方至少应达成以下协议:

- 对应于预期使用温度的试验温度;
- 夹紧长度 L_2 (螺栓、螺钉或螺母支承面与夹具之间的距离)。

此外,供需双方还应达成以下协议:

- 在试验温度下的最小抗拉强度 $R_{mf,T}$;
- 高温下规定塑性延伸率为 0.2% 时的应力 $R_{pf,T}$;
- 高温下断裂后最小伸长量 A_T ;
- 螺母高温极限脱扣载荷 $F_{n,T}$ 和/或相应的极限脱扣强度 $R_{n,T}$ 。

试验应按如下进行:

- a) 热电偶应按照 ISO 7961 的规定安装。应根据旋合长度选择热电偶的数量,以确保整个紧固件的温度均匀(通常使用三个热电偶,但对于螺母和短螺栓/螺钉,可减少到两个)。
- b) 按 10.1.2 的规定将待测紧固件装入试验夹具,并记录实际旋合长度和夹紧长度。
- c) 应将试验夹具加热至规定的试验温度,达到此温度的时间应为每 25 mm 紧固件直径最少 60 min。
- d) 在施加载荷之前,试验温度应保持 30 min,以确保试验夹具在加载前加热均匀,温度平衡。
- e) 然后应连续施加载荷;加载速率应符合 ISO 7961 的规定,但运行夹头的速度不宜超过 3 mm/min。
- f) 试验应至少进行到超过极限拉力载荷;或者在应确定伸长量时,在断裂发生之前停止试验(以免损坏热电偶)。

10.1.4 试验报告

报告至少应包含以下信息:

- 紧固件的标记和/或零件号。
- 制造批号。
- 制造者识别标志。
- 材料和热处理标记。
- 旋合长度和夹紧长度。
- 高温拉伸试验的相关标准或技术条件标准。
- 试验温度。
- 试验结果:

- 外螺纹紧固件:极限拉力载荷 $F_{mf,T}$ 、极限拉伸强度 $R_{mf,T}$ 、规定塑性延伸率为 0.2% 时的载荷 $F_{pf,T}$ 和应力 $R_{pf,T}$,以及紧固件断裂后伸长量 A_T ;
- 螺母:极限脱扣载荷 $F_{n,T}$ 和相应的极限脱扣强度 $R_{n,T}$;
- 螺栓/螺母连接副:试验结果应表示为螺栓或螺母(取决于失效部件),但规定塑性延伸率为 0.2% 时的载荷或应力与此无关。

- 失效形式和位置。
- 试验的任何特定条件或说明。
- 试验结论。

10.2 螺栓、螺钉、螺柱和螺母的应力破坏试验

10.2.1 通则

当不锈钢或镍合金螺栓、螺钉、螺柱和螺母承受拉应力和高温时,通常在 400 °C 以上会发生蠕变效应。因此,在设计螺栓连接时,除了经静态载荷计算外,还应考虑蠕变现象,因为其会显著缩短连接的寿命。

由于蠕变试验时间长且成本高,因此紧固件高温应力破坏试验的目的是更快地了解紧固件的性能。

本试验包括在恒定载荷和温度条件下紧固件断裂时间的确定。试验方法参照 GB/T 228.2、ISO 7961、NASM 1312-10 和 ASTM E292。

注:可对特定螺栓连接进行其他蠕变或松弛试验,但不在本文件范围内。

本试验仅适用于供需双方在订货前明确约定的情况。

10.2.2 试验装置和试验设备

试验装置和试验设备参照 ISO 7691 或 NASM 1312-10 的要求。

对于螺栓、螺钉和螺柱试验,应特别选择相匹配螺母的性能,使其能够承受试验温度和持续时间,且破坏应力远高于试验紧固件。或者,可以使用带螺纹孔的夹具(见图 10)。

对于螺母试验,应特别选择相匹配螺栓/螺钉或芯轴的性能,使其能够承受试验温度和持续时间,且破坏应力远高于试验螺母。

参照 NASM 1312-10,也可以测试螺栓/螺母连接副,其中一个零件的失效应视为整个连接副的失效。

试验夹具的设计和制造应能承受试验荷载和温度,而不会产生永久变形。表 18 给出了夹具和相匹配紧固件的适当材料示例。

对于螺栓、螺钉和螺柱试验,旋合长度应至少为全螺纹的 $1d$ 。对于螺母试验,相匹配螺栓/螺钉或芯棒末端的不完全螺纹应伸出螺母外。

10.2.3 试验程序

试验前,供需双方至少应达成以下协议:

- 与预期使用荷载相关的试验荷载:该试验荷载不应超过表 9 或表 11 中规定塑性延伸率为 0.2% 时的荷载的 65%;
- 旋合长度;
- 夹紧长度 L_2 (螺栓、螺钉或螺母支承面与夹具之间的距离);
- 与对应于预期使用温度的试验温度;
- 试验应在规定的最短时间后停止,或继续进行直到发生断裂。

此外,供需双方还应达成以下协议:试验持续时间(断裂前的预期持续时间,通常至少 24 h)。

试验应按如下进行:

- a) 热电偶应按照 ISO 7961 的规定安装。应根据旋合长度选择热电偶的数量,以确保整个紧固件的温度均匀(通常使用三个热电偶,但对于螺母和短螺栓,可减少到两个)。
- b) 将要试验的紧固件装入 10.2.2 规定的试验夹具中,并记录实际夹紧长度和夹紧长度。
- c) 应将试验夹具加热至规定的试验温度,达到此温度的时间应为每 25 mm 紧固件直径最少 60 min。

- d) 在施加荷载前,应将试验温度保持 30 min,以确保试验夹具在加载前加热均匀,温度平衡。
- e) 然后应在不超过 1 min 的时间内施加试验荷载(如果未规定其他荷载速率),并应避免超载和冲击。试验持续时间从达到指定载荷的时间开始计算。
- f) 试验载荷和试验温度应在规定的持续时间(如 24 h)内保持或直到发生断裂。
- g) 试验螺栓、螺钉或螺柱应再次自然冷却至环境温度,并在未断裂或断裂的紧固件上测定伸长量。
- h) 作为一种选择,当在规定的持续时间内未发生失效时,可施加阶梯载荷,直到发生断裂[载荷增加以及每一步之间的时间(以 h 为单位)应事先商定]。

10.2.4 试验报告

报告至少应包含以下信息:

- 紧固件的标记和/或零件号。
- 制造批号。
- 制造者识别标志。
- 材料和热处理标记。
- 旋合长度和夹紧长度。
- 参考文件和/或其他有关高温下应力破坏试验的其他标准或技术条件。
- 试验温度和到达该温度时间。
- 试验载荷和加载速度(或加载时间)。
- 试验结果:
 - 如果在规定的试验时间之前发生断裂,则断裂时间以及(仅适用于外螺纹紧固件)断裂后的总伸长量 A_T ;
 - 如果在规定的试验时间之前没有发生断裂,并且仅对于外螺纹紧固件,则在冷却至环境温度后的伸长量;
 - 当施加了增加的阶跃载荷,破坏载荷、达到试验温度的总时间以及(仅适用于外螺纹紧固件)断裂后的伸长量 A_T ;
 - 对于螺栓/螺母连接副,试验结果应描述螺栓或螺母(取决于失效部件)。
- 试验的任何特定条件或说明。
- 试验结论。

10.3 螺栓、螺钉、螺柱和螺母的应力松弛试验

10.3.1 通则

当不锈钢或镍合金螺栓、螺钉、螺柱和螺母承受拉应力和高温时,通常在高于 400 °C 以上会发生松弛。这种松弛引起连接变松,从而导致连接应力的损失。

该试验的目的是确定在整个试验过程中经受整体应变和恒温条件的螺栓连接模型中张紧的螺栓、螺钉、螺柱和螺母的应力松弛,可参见 EN 10319-2 或 NASM 1312-17、ASTM E328。

该测试仅适用于供需双方在订货前明确约定的情况。

10.3.2 螺栓连接型式

就紧固件而言,应特别选择相匹配紧固件和夹具的性能,使其能够承受测试温度和持续时间,其松

弛特性要远远高于试验紧固件。

表 18 给出了夹具和相匹配紧固件的适当材料示例。

除相匹配螺母外,螺栓连接型式的形状、尺寸和制备应符合 EN 10319-2 的要求,应使用具有以下尺寸的螺纹夹具代替相匹配螺母:

——螺纹孔的最小螺纹长度为 $2d$;

——最小外径或对边宽度为 $2d$ 。

对于螺栓、螺钉和螺柱试验,有效旋合长度应 $\geq 1d$ 。对于螺母试验,相匹配螺栓/螺钉或芯棒末端的不完全螺纹应伸出螺母外。

10.3.3 试验装置和测量设备

试验装置和测量设备应符合 EN 10319-2 的要求。

10.3.4 试验程序

试验前,供需双方至少应达成以下协议:

——试验载荷,对应于外螺纹紧固件规定塑性延伸率为 0.2% 时的应力 R_{pf} (见表 9 或表 11) 的特定百分比,或螺母的弹性载荷的特定百分比 (见表 13 或表 14);

——由预试验确定的试验载荷的精度以及预试验条件;

——旋合长度;

——夹紧长度 L_2 (螺栓、螺钉或螺母支承面与夹具之间的距离);

——试验温度,与预期使用温度相关;

——加热速率;

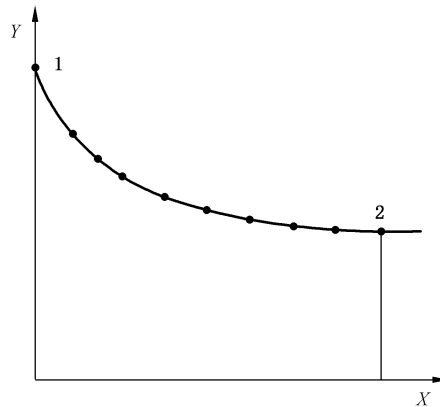
——试验持续时间。

所有长度测量精度均应符合 EN 10319-2 的要求。

试验应按以下程序进行:

- 应进行预试验,以便以可接受的精度达到规定的预紧力;例如,扭矩/夹紧力试验可按 GB/T 16823.3,使用本部分中指定的配合组件以及在同一制造批次的紧固件上进行。
- 对于螺栓、螺钉和螺柱试验,在装配前,应在环境温度下测量总长度 L_{ref} (包括头部)。
- 应在被测紧固件的螺纹和被拧紧部件的支承面上涂上尽可能少的高温用油脂或润滑膏,以避免在拧紧和松开过程中发生磨损。
- 对于螺栓、螺钉和螺柱试验,应通过旋转夹具进行组装。对于螺母试验,应通过旋转试验螺母进行组装。
- 待测紧固件(或相匹配螺栓)应在环境温度下缓慢张紧至规定载荷,并应使用符合 EN 10319-2 的适当装置避免扭转应力。应记录初始拧紧扭矩。
- 该载荷应重复 3 次,即紧固件应在加热组件前拧紧 4 次,并记录最后的拧紧力矩。
- 组装后,应在环境温度下测量待测螺栓、螺钉或螺柱的总长度 L_{t1} 。
- 应按照 EN 10319-2 的要求对组件进行加热、保温和冷却至环境温度,加热时间应从达到规定温度时开始计算。对于螺母,参照 NASM 1312-17 的机械方法,即长度应自动保持恒定,并在试验期间记录载荷的下降。
- 在环境温度下冷却和保持组件 3 h 后,应测量被测螺栓、螺钉或螺柱的总长度 L_{t2} 。
- 最后,松开总成,测量被测螺栓、螺钉或螺柱的总长度 L_{t3} 。

k) 应绘制随时间变化的荷载曲线(见图 11)。



说明:

1 —— F_t (在规定温度下的初始载荷);

2 —— F_t (规定时间之后的最终载荷);

Y —— 载荷,单位为牛(N);

X —— 时间,单位为小时(h)。

图 11 载荷-时间曲线示例

10.3.5 试验结果

对螺栓、螺钉和螺柱:

——拧紧后的残余弹性变形 ϵ_1 按式(6)计算:

$$\epsilon_1 = \frac{L_{t1} - L_{ref}}{L_{ref}} \dots\dots\dots (6)$$

——冷却后但松开前的残余弹性变形 ϵ_2 按式(7)计算:

$$\epsilon_2 = \frac{L_{t2} - L_{ref}}{L_{ref}} \dots\dots\dots (7)$$

——松开后的残余弹性变形 ϵ_3 按式(8)计算:

$$\epsilon_3 = \frac{L_{t3} - L_{ref}}{L_{ref}} \dots\dots\dots (8)$$

对螺母:

载荷损失 F_L 按式(9)计算:

$$F_L = \frac{F_t - F_f}{F_f} \dots\dots\dots (9)$$

10.3.6 试验报告



报告至少应包含以下信息:

——紧固件的标记和/或零件号;

——制造批号;

——制造者识别标志;

——材料和热处理标记;

——对螺栓、螺钉和螺柱的旋合长度和夹紧长度;

——参考文件和/或其他有关高温下应力松弛试验的其他标准或技术条件;

- 试验温度和试验时间；
- 试验载荷确定(例如扭矩/载荷曲线)和记录的扭矩；
- 记录的螺栓、螺钉和螺柱试验长度；
- 记录的螺母试验载荷；
- 符合 10.3.5 的试验结果；
- 测试的任何特定条件或说明；
- 测试结论。

10.4 蠕变试验



ISO 204 或 ASTM E139 规定的蠕变试验可用于不锈钢和镍合金材料。对于紧固件,推荐用应力破坏试验和/或应力松弛试验,见 10.2 或 10.3。

11 标志

11.1 通则

标志包括以下内容:

- 紧固件代号,按 7.1 或 7.2 规定;
- 11.2 中规定的制造者识别标志。

7.1 或 7.2 规定的紧固件代号,只有在符合本部分所有适用要求的情况下,才能按照本章的规定进行标志。

- 化学成分规定见 6.1;
- 热处理规定见 6.2;
- 第 7 章规定的机械特性,按第 8 章和第 9 章的规定进行试验。

紧固件标志(凸字或凹字)应在生产过程中制出:

- 对于螺栓和螺钉,头部顶面凸字标志的高度不应包括在头部高度尺寸范围内;
- 对于螺母,标志应该在非支承面上,凸字标志的高度不应包括在螺母高度尺寸范围内。

11.2 制造者识别标志

制造者识别标志应在生产过程中,在标志紧固件代号的所有紧固件产品上进行标志。

制造者识别标志也推荐在不标志紧固件代号的紧固件产品上进行标志。

紧固件销售者使用自己的识别标志,应视为制造者识别标志。

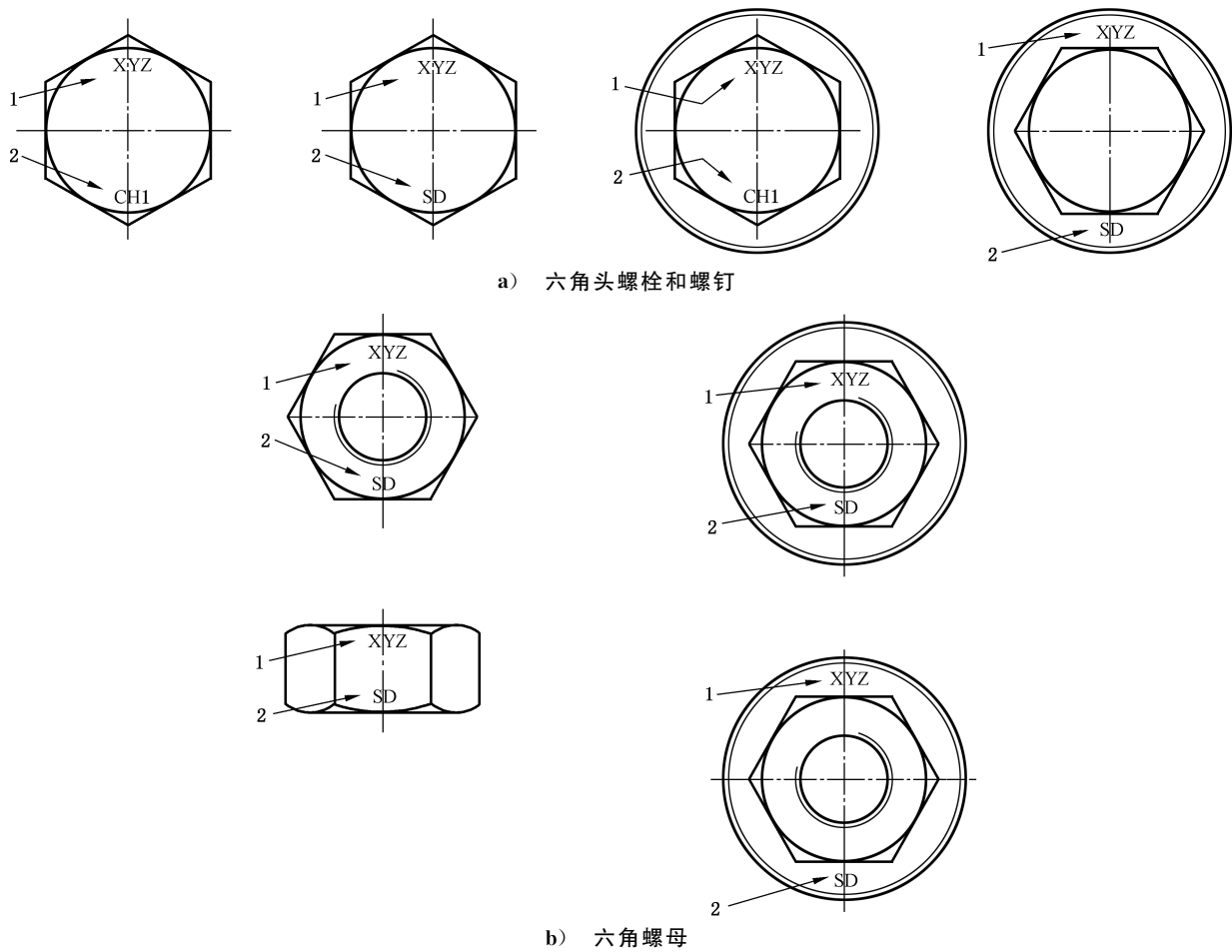
11.3 紧固件标志

11.3.1 六角头螺栓、螺钉和六角螺母

公称直径 $d \geq 5$ mm 的六角头螺栓和螺钉,公称直径 $D \geq 5$ mm 的六角螺母应按 7.1 或 7.2 标志紧固件代号,按 11.2 标志制造者识别标志。

六角头螺栓和螺钉应首选在头部顶面用凹字或凸字标志,或在头部侧面用凹字标志[见图 12a)]。对法兰面螺栓和螺钉,当制造工艺不允许在头部顶面进行标记时,应在法兰上进行标记。

六角螺母应首选非支承面用凹字或凸字标志,或在螺母侧面用凹字标志[见图 12b)]。对法兰面螺母,当制造工艺不允许在螺母顶面进行标记时,应在法兰上进行标记。



说明：

1——制造者识别标志；

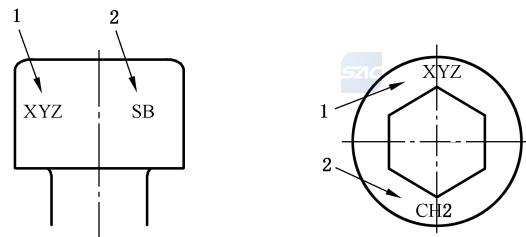
2——紧固件代号。

图 12 六角紧固件标志示例

11.3.2 内六角和内六角花形圆柱头螺钉

公称直径 $d \geq 5$ mm 的内六角头和内六角花形圆柱头或低圆柱头螺钉应按 7.1 标志紧固件代号,按 11.2 标志制造者识别标志。

对于圆柱头和低圆柱头螺钉,应在头部顶面用凹字或凸字标志,或在侧面用凹字标志(见图 13)。



说明：

1——制造者识别标志；

2——紧固件代号。

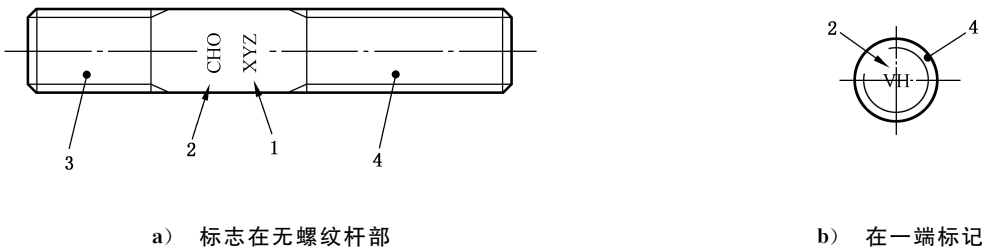
图 13 内六角和内六角花形圆柱头螺钉标志示例

11.3.3 其他螺栓、螺钉和螺母

其他型式的螺栓、螺钉和螺母在可能的情况下可以同样方式，在头部进行标志。

11.3.4 螺柱

公称直径 $d \geq 5$ mm 的螺柱应按 7.1 标志紧固件代号，按 11.2 标志制造者识别标志。
可在螺柱无螺纹杆部进行标志[见图 14a)]。或在螺柱的一端或两端标志紧固件代号[见图 14b)]。



说明：
1——制造者识别标志；
2——紧固件代号；
3——拧入基体端；
4——拧入螺母端。



图 14 螺柱标记示例

11.3.5 左旋螺纹标志

公称直径 $d \geq 5$ mm 的左旋螺纹的螺栓和螺钉和公称直径 $D \geq 5$ mm 的左旋螺纹螺母应增加左旋标志(见图 15)。

螺栓和螺钉应在头部顶面或末端进行标志。带无螺纹杆部螺柱应在螺柱末端进行标志。螺母应标志在非支承面。

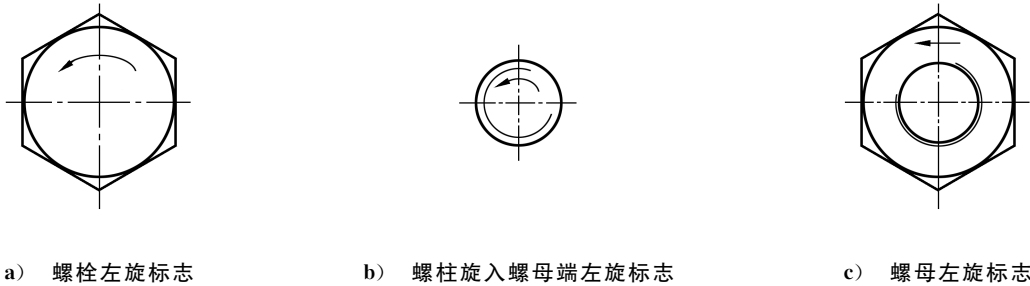


图 15 左旋螺纹紧固件标记示例

11.4 包装标志

在紧固件外包装上，应采用标签进行标志。标志应包括制造者和/或经销者商标(或识别标志)和性能等级标志代号，以及 GB/T 90.3 规定的生产批号，至少包含以下内容：

- 制造者和/或经销者识别标志和/或名称；
- 紧固件代号；
- 按 6.3 规定，当紧固件进行润滑时，在指定的最后位置标志字母“Lu”；
- 生产批号。

附录 A

(资料性附录)

紧固件用高温不锈钢和镍合金国家标准号及化学成分表

紧固件用高温不锈钢和镍合金国家标准号及化学成分表见表 A.1～表 A.3。

表 A.1 马氏体不锈钢国家标准号及化学成分

序 号	GB/T 20878—2007		化学成分(质量分数)/%											ISO 15510:2014
	统一数 字代号	国标新牌号	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Cu	N	其他元素	
1	S40310	12Cr12	0.15	0.50	1.00	0.040	0.030	(0.60)	11.50~13.00	—	—	—	—	—
2	S41010	12Cr13	0.15	1.00	1.00	0.040	0.030	(0.60)	11.50~13.50	—	—	—	—	X12Cr13
3	S42020	20Cr13	0.16~0.25	1.00	1.00	0.040	0.030	(0.60)	12.00~14.00	—	—	—	—	X20Cr13
4	S42030	30Cr13	0.26~0.35	1.00	1.00	0.040	0.030	(0.60)	12.00~14.00	—	—	—	—	X30Cr13
5	S43110	14Cr17Ni2	0.11~0.17	0.80	0.80	0.040	0.030	1.50~2.50	16.00~18.00	—	—	—	—	—
6	S43120	17Cr16Ni2	0.12~0.22	1.00	1.50	0.040	0.030	1.50~2.50	15.00~17.00	—	—	—	—	X17CrNi16-2
7	S45110	12Cr5Mo	0.15	0.50	0.60	0.040	0.030	(0.60)	4.00~6.00	0.40~0.60	—	—	—	—
8	S45610	12Cr12Mo	0.10~0.15	0.50	0.30~0.50	0.040	0.030	0.30~0.60	11.50~13.00	0.30~0.60	(0.30)	—	—	—
9	S45710	13Cr13Mo	0.08~0.18	0.60	1.00	0.040	0.030	(0.60)	11.50~14.00	0.30~0.60	(0.30)	—	—	X13CrMo13
10	S46010	14Cr11MoV	0.11~0.18	0.50	0.60	0.035	0.030	0.60	10.00~11.50	0.50~0.70	—	—	V 0.25~0.40	—
11	S46110	158Cr12MoV	1.45~1.70	0.40	0.35	0.030	0.025	—	11.00~12.50	0.40~0.60	—	—	V 0.15~0.30	—
12	S46020	21Cr12MoV	0.18~0.24	0.10~0.50	0.30~0.80	0.030	0.025	0.30~0.60	11.00~12.50	0.80~1.20	0.30	—	V 0.25~0.35	X22CrMoV12-1
13	S46250	18Cr12MoVNbN	0.15~0.20	0.50	0.50~1.00	0.035	0.030	(0.60)	10.00~13.00	0.30~0.90	—	0.05~0.10	V 0.10~0.40 Nb0.20~0.60	X18CrMnMoNbVN12

表 A.1 (续)

序 号	GB/T 20878—2007		化学成分(质量分数)/%										ISO 15510:2014	
	统一数 字代号	国标新牌号	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Cu	N		其他元素
14	S47010	15Cr12WMoV	0.12~0.18	0.50	0.50~0.90	0.035	0.030	0.40~0.80	11.00~13.00	0.50~0.70	—	—	V 0.15~0.30 W 0.70~1.10	—
15	S47220	22Cr12NiWMoV	0.20~0.25	0.50	0.50~1.00	0.040	0.030	0.50~1.00	11.00~13.00	0.75~1.25	—	—	V: 0.20~0.40 W: 0.75~1.25	X23CrMoWMnNiV 12-1-1
16	S47310	13Cr11Ni2W2 MoV	0.10~0.16	0.60	0.60	0.035	0.030	1.40~1.80	10.50~12.00	0.35~0.50	—	—	V: 0.18~0.30 W: 1.50~2.00	—
17	S47410	14Cr12Ni2W MoVNb	0.11~0.17	0.60	0.60	0.030	0.025	1.80~2.20	11.00~12.00	0.80~1.20	—	—	V: 0.20~0.30 W: 0.70~1.00 Nb: 0.15~0.30	—
18	S47450	18Cr11NiMo NbVN	0.15~0.20	0.50	0.50~0.80	0.020	0.015	0.30~0.60	10.00~12.00	0.60~0.90	0.10	0.04~0.09	V: 0.20~0.30 Al: 0.30 Nb: 0.20~0.60	—
19	S47710	13Cr14Ni3W2VB	0.10~0.16	0.60	0.60	0.300	0.030	2.80~3.40	13.00~15.00	—	—	—	V: 0.18~0.28 W: 1.60~2.20 Ti: 0.05 B: 0.004	—
20	S48140	40Cr10Si2Mo	0.35~0.45	1.90~2.60	0.70	0.035	0.030	0.60	9.00~10.50	0.70~0.90	—	—	—	—
21	S48380	80Cr20Si2Ni	0.75~0.85	1.75~2.25	0.20~0.60	0.030	0.030	1.15~1.65	19.00~20.50	—	—	—	—	X80CrSiNi20-2
注：表中所列成分除标明范围或最小值外，其余均为最大值。括号内的值为允许添加的最大值。														

表 A.2 沉淀硬化不锈钢国标牌号及化学成分

序号	GB/T 20878—2007		化学成分(质量分数)/%										ISO 15510:2014
	统一数字代号	国标新牌号	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Cu	其他元素	
1	S51290	022Cr12Ni9Cu2NbTi	0.030	0.50	0.50	0.040	0.030	7.50~9.50	11.00~12.50	0.50	1.50~2.50	Ti: 0.80~1.40 Nb: 0.10~0.50	—
2	S51740	05Cr17Ni4Cu4Nb	0.070	1.00	1.00	0.040	0.030	3.00~5.00	15.00~17.50	—	3.00~5.00	Nb: 0.15~0.45	X5CrNiCuNb16-4
3	S51770	07Cr17Ni7Al	0.090	1.00	1.00	0.040	0.030	6.50~7.75	16.00~18.00	—	—	Al: 0.75~1.50	X7CrNi17-7
4	S51570	07Cr15Ni7Mo2Al	0.090	1.00	1.00	0.040	0.030	6.50~7.75	14.00~16.00	2.00~3.00	—	Al: 0.75~1.50	X8CrNiMoAl15-7-2
5	S51778	06Cr17Ni7AlTi	0.080	1.00	1.00	0.040	0.030	6.00~7.50	16.00~17.50	—	—	Al: 0.40 Ti: 0.40~1.20	—
6	S51525	06Cr15Ni25Ti2MoAlVB	0.080	1.00	2.00	0.040	0.030	24.00~27.00	13.50~16.00	1.00~1.50	—	Al: 0.35 Ti: 1.90~2.35 B: 0.001~0.010 V: 0.10~0.50	X6NiCrTiMoVB25-15-2
注: 表中所列成分除标明范围或最小值外,其余均为最大值。													

表 A.3 耐高温镍合金国标牌号及化学成分

序 号	GB/T 14992—2005 牌 号	化学成分(质量分数)/%											其他元素		
		C	Cr	Ni	Mo	Al	Ti	Fe	B	Si	Mn	P		S	Cu
												不大于			
1	GH1040	0.12	15.00～ 17.50	24.00～ 27.00	5.50～ 7.00	—	—	余量	—	0.50～ 1.00	1.00～ 2.00	0.030	0.020	0.200	N：0.100～0.200
2	GH2036	0.34～ 0.40	11.50～ 13.50	7.00～ 9.00	1.10～ 1.40	—	0.12	余量	—	0.30～ 0.80	7.50～ 9.50	0.035	0.030	—	V：1.250～1.550 Nb：0.25～0.50
3	GH2132	0.08	13.50～ 16.00	24.00～ 27.00	1.00～ 1.50	0.40	1.75～ 2.35	余量	0.001～ 0.010	1.00	1.00～ 2.00	0.030	0.020	—	V：0.100～0.500
4	GH2901	0.02～ 0.06	11.00～ 14.00	40.00～ 45.00	5.00～ 6.50	0.30	2.80～ 3.10	余量	0.010～ 0.020	0.40	0.50	0.020	0.008	0.200	—
5	GH4080A	0.04～ 0.10	18.00～ 21.00	余量	—	1.00～ 1.80	1.80～ 2.70	1.50	0.008	0.80	0.40	0.020	0.015	0.200	Co：2.00
6	GH4169	0.08	17.00～ 21.00	50.00～ 55.00	2.80～ 3.30	0.20～ 0.80	0.65～ 1.15	余量	0.006	0.35	0.35	0.015	0.015	0.300	Co：1.00 Mg：0.010 Nb：4.75～5.50
7	GH3600	0.15	14.00～ 17.00	≥72.00	—	0.35	0.50	6.00～ 10.00	—	0.50	1.00	0.040	0.015	0.500	Nb：1.00
注：表中所列成分除标明范围或最小值外，其余均为最大值。															

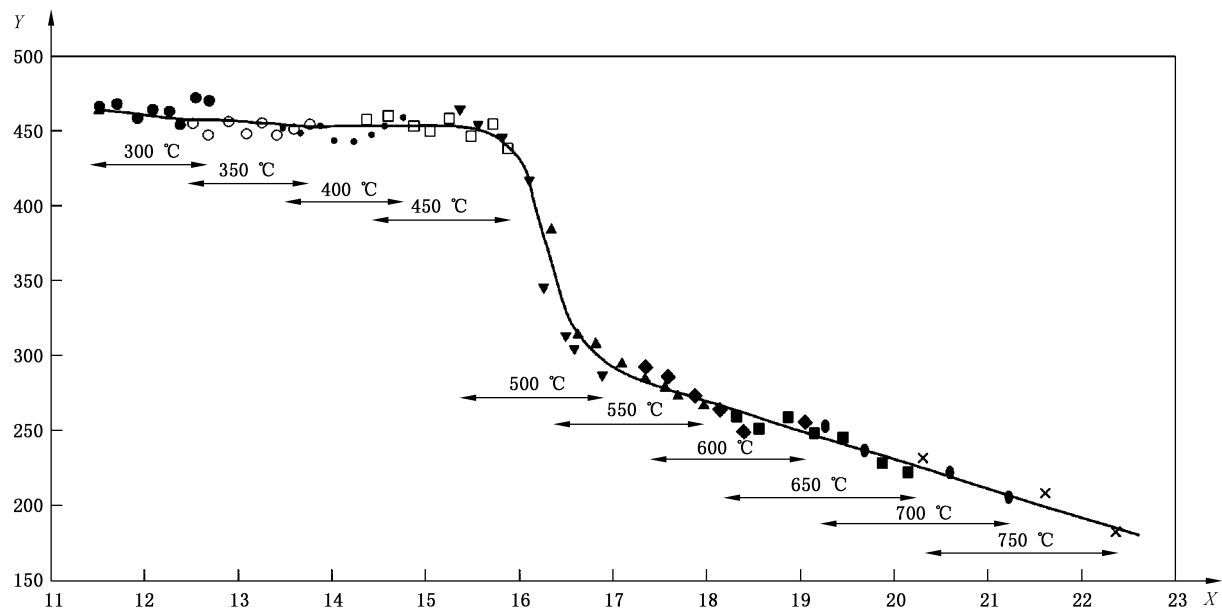


附 录 B
(资料性附录)
马氏体不锈钢回火

马氏体不锈钢(例如 CH1、CH2、CH3、V/VH 和 VW)的机械性能取决于零件的热处理工艺。最常见的热处理分两个步骤进行:

- 在 1 000 °C~1 100 °C 之间进行高温处理(通常称为奥氏体化或固溶处理),然后淬火(使用空气、油或其他介质);
- 较低温度的处理,可以是应力消除处理(200 °C~300 °C)或回火处理(300 °C~700 °C),然后冷却(例如在空气中)。

图 B.1 显示了不同时间和温度条件下回火处理维氏硬度的典型演变。钢中含有 0.14% C 和 12% Cr。拉森-米勒参数 [$LMP = T(20 + \lg t)$, 温度 T 单位为 K, 时间 t 单位为 h] 用于显示所得硬度的时间和温度依赖关系。

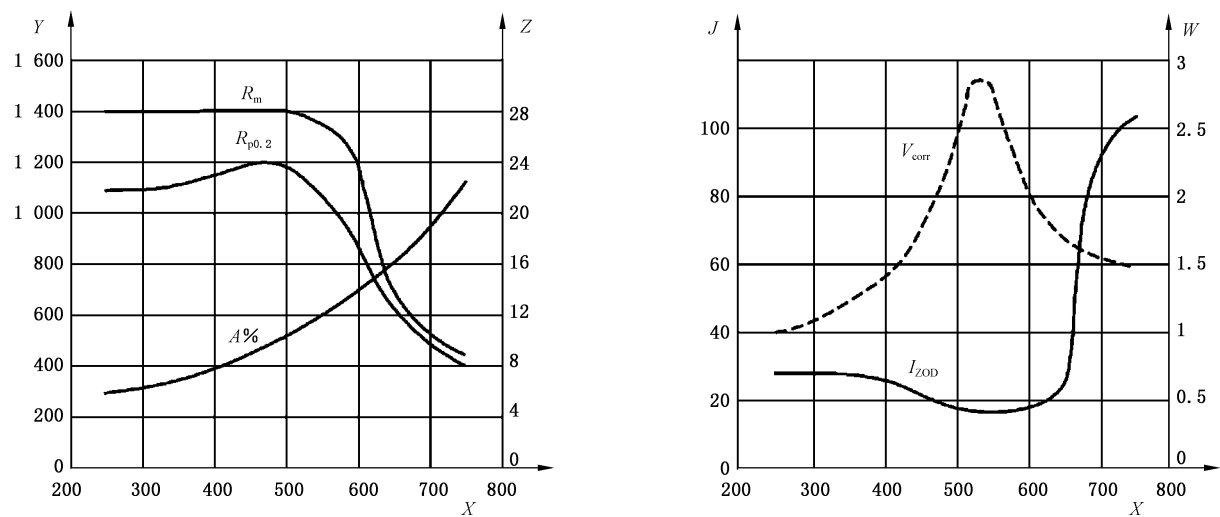


说明:

- — 300 °C;
- — 350 °C;
- — 400 °C;
- — 450 °C;
- ▼ — 500 °C;
- ▲ — 550 °C;
- — 600 °C;
- — 650 °C;
- ◆ — 700 °C;
- × — 750 °C;
- Y — 维氏硬度;
- X — $T(20 + \lg t)10^3$ 。

图 B.1 0.14%C-12%Cr 基钢的回火曲线

可以看出,与 600 ℃以上的处理相比,450 ℃以下的处理会导致较高的机械阻力,而高于 600 ℃的处理会导致碳化物的沉淀从而导致钢的软化。硬度的急剧下降伴随着脆性的增加和耐腐蚀性的降低,如图 B.2 所示。这种效应的强度取决于钢的成分和固溶条件。当在 450 ℃~550 ℃范围内进行处理时,应征询不锈钢专家的意见。



说明:
 Y —— $R_m, R_{p0.2}$, MPa;
 X —— 回火温度, $^{\circ}\text{C}$;
 Z —— $A, \%$;
 J —— 冲击吸收功, J;
 W —— V_{corr} (腐蚀速率), $\text{mg}/(\text{cm}^2 \cdot \text{m})$ 。

图 B.2 X20Cr13(AISI 420A)型不锈钢机械性能和腐蚀速率的演变



参 考 文 献

- [1] GB/T 193 普通螺纹 直径与螺距系列
- [2] GB/T 197 普通螺纹 公差
- [3] GB/T 228.2 金属材料 拉伸试验 第2部分:高温试验方法
- [4] GB/T 3098.15 紧固件机械性能 不锈钢螺母
- [5] GB/T 9145 普通螺纹 中等精度、优选系列的极限尺寸
- [6] GB/T 14992—2005 高温合金和金属间化合物高温材料的分类和牌号
- [7] GB/T 20878—2007 不锈钢和耐热钢 牌号及化学成分
- [8] ISO 204 Metallic materials—Uniaxial creep testing in tension—Method of test
- [9] ISO 15510 Stainless steels—Chemical composition
- [10] EN 10088-3 Stainless steels—Part 3: Technical delivery conditions for semi-finished products, bars, rods, wire, sections and bright products of corrosion resisting steels for general purposes
- [11] EN 10269 Steels and nickel alloys for fasteners with specified elevated and/or low temperature properties
- [12] ASTM A453/A453M Standard Specification for High Temperature Bolting, with Expansion Coefficients Comparable to Austenitic Stainless Steels
- [13] ASTM A1014/A1014M Standard Specification for Precipitation Hardening Bolting Material (UNS N07718) for High Temperature Service
- [14] ASTM E21 Standard Test Methods for Elevated Temperature Tension Tests of Metallic Materials
- [15] ASTM E139 Standard Test Methods for Conducting Creep, Creep-Rupture, and Stress-Rupture Tests of Metallic Materials
- [16] ASTM E292 Standard Test Methods for Conducting Time-for-Rupture Notch Tension Tests of Materials 
- [17] ASTM E328 Standard Test Methods for Stress Relaxation Tests for Materials and Structures
- [18] Metals UNS, Alloys in the Unified Numbering System, 13th Edition, SAE International, Product Code of HS-1086/2017, ISBN 978-0-7680-8421-4
- [19] NASM 1312-10 Fastener Test Methods, Method 10, Stress Rupture
- [20] NASM 1312-17 Fastener Test Methods, Method 17, Stress Relation
- [21] NASM 1312-18 Fastener Test Method 18, Elevated Temperature Tensile Strength