



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 3098.25—2020

---

## 紧固件机械性能 不锈钢和镍合金紧固件选用指南

Mechanical properties of fasteners—Guidance for the selection of stainless  
steels and nickel alloys for fasteners

2020-11-19 发布

2021-06-01 实施

国家市场监督管理总局  
国家标准化管理委员会 发布

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 ..... 1

4 不锈钢类别和组别 ..... 2

    4.1 通则 ..... 2

    4.2 A类不锈钢(奥氏体组织) ..... 2

    4.3 C类不锈钢(马氏体组织) ..... 3

    4.4 F类不锈钢(铁素体组织)——F1组别 ..... 4

    4.5 D类不锈钢(奥氏体-铁素体组织) ..... 4

    4.6 高温和超高温下不锈钢和镍合金组别 ..... 4

5 不锈钢和镍合金成分 ..... 4

6 耐应力腐蚀裂痕 ..... 8

7 耐点蚀和缝隙腐蚀 ..... 8

8 晶间腐蚀 ..... 8

9 对形成金属间化合物的敏感性 ..... 9

10 不锈钢磁导率性能 ..... 10

附录 A (资料性附录) 紧固件用不锈钢的常用牌号 ..... 11

附录 B (资料性附录) 索氏体高强不锈钢结构钢的特性 ..... 17

附录 C (资料性附录) QN1803 高强度含氮奥氏体不锈钢的特性 ..... 19

参考文献 ..... 21



## 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 25 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、奥展实业有限公司、江苏百德特种合金有限公司、机械工业通用零部件产品质量监督检测中心、河北五维航电科技股份有限公司、山东高强紧固件有限公司、江苏新迅达不锈钢制品有限公司、郑州永通特钢有限公司、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、河北信德电力配件有限公司、眉山中车紧固件科技有限公司、湖南申亿机械应用研究院有限公司、浙江东明不锈钢制品股份有限公司、上海高强度螺栓厂有限公司、浙江海力股份有限公司、无锡安士达五金有限公司、浙江东辉金属制品有限公司。

本部分由全国紧固件标准化技术委员会负责解释。

## 引 言

已发布的不锈钢紧固件机械性能系列标准 GB/T 3098.6、GB/T 3098.15、GB/T 3098.16 和 GB/T 3098.21 的附录内容重复,为了简化标准、方便使用,将各部分重复的附录内容进行梳理纳入本部分。结合同期制定的 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》,将高温用不锈钢和镍合金特性纳入本部分。

同时,根据我国不锈钢材料发展趋势和研究成果,将索氏体高强不锈钢结构钢的特性和 QN1803 高强度含氮奥氏体不锈钢的特性纳入本部分。

本部分在立项制定过程中,ISO/TC 2 紧固件技术委员会亦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

## 不锈钢和镍合金紧固件选用指南

### 1 范围

GB/T 3098 的本部分规定了不锈钢和镍合金紧固件选用指南,并提供了有关不锈钢和镍合金及其性能的技术信息,这些信息对其他不锈钢紧固件机械性能标准的使用很重要。本部分包括适用于紧固件制造的耐腐蚀不锈钢和镍合金的技术条件。

本部分适用于奥氏体不锈钢、马氏体不锈钢、铁素体不锈钢和双相(奥氏体-铁素体)不锈钢以及镍合金紧固件。

附录 A 给出了不锈钢和镍合金紧固件常用材料牌号。

附录 B 给出了一种新的索氏体类高强不锈钢结构钢的特性,供选用参考。

附录 C 给出了一种高强度含氮奥氏体不锈钢的特性,供选用参考。

### 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 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 3098.8 紧固件机械性能 —200℃~+700℃使用的螺栓连接零件

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 3098.21 紧固件机械性能 不锈钢自攻螺钉

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 4334—2020 金属和合金的腐蚀 奥氏体及铁素体-奥氏体(双相)不锈钢晶间腐蚀试验方法

ASTM A923 检测双相奥氏体/铁素体不锈钢中有害金属间相的标准试验方法(Standard test methods for detecting detrimental intermetallic phase in duplex austenitic/ferritic stainless steels)

ASTM A1084 检测稀双相奥氏体/铁素体不锈钢中有害相的标准试验方法(Standard test methods for detecting detrimental phases in lean duplex austenitic/ferritic stainless steels)

ASTM G48 用三氯化铁溶液测定不锈钢及相关合金抗点蚀和缝隙腐蚀的试验方法(Test methods for pitting and crevice corrosion resistance of stainless steels and related alloys by use ferric chloride solution)

### 3 术语和定义

GB/T 3098.24 界定的术语和定义适用于本文件。

## 4 不锈钢类别和组别

### 4.1 通则

GB/T 3098 不锈钢机械性能系列标准涉及以下类别和组别：

- 奥氏体不锈钢 A1~A5 和 A8；
- 马氏体不锈钢 C1、C3 和 C4；
- 铁素体不锈钢 F1；
- 双相(奥氏体-铁素体)不锈钢 D2、D4、D6 和 D8；
- 高温不锈钢和镍合金 CH0、CH1、CH2、VH/VW、V、SD、SB、718。

不锈钢涵盖多种材料,提供了不同的耐腐蚀性能和功能特性。由不锈钢制造的特殊紧固件应在考虑螺栓连接件可预见的工作环境条件下谨慎选择。

紧固件表面状态(钝化、表面粗糙度等)可能影响紧固件耐腐蚀能力。

在特殊情况下,建议咨询紧固件制造和/或不锈钢材料专家,以便针对给定应用条件做出正确选择。

腐蚀与紧固件的几个方面有关:螺栓连接设计、应用环境、材料和表面处理、应力状态、温度和不同金属接触引起的腐蚀(电化学腐蚀或接触腐蚀)等。

不同类别不锈钢紧固件使用环境温度范围：

- 奥氏体不锈钢紧固件： $-196\text{ }^{\circ}\text{C}\sim+300\text{ }^{\circ}\text{C}$ ；
- 马氏体不锈钢紧固件： $-40\text{ }^{\circ}\text{C}\sim+230\text{ }^{\circ}\text{C}$ ；
- 铁素体不锈钢紧固件： $-20\text{ }^{\circ}\text{C}\sim+250\text{ }^{\circ}\text{C}$ ；
- 双相(奥氏体-铁素体)不锈钢紧固件： $-40\text{ }^{\circ}\text{C}\sim+280\text{ }^{\circ}\text{C}$ ；
- 高温不锈钢和镍合金紧固件： $-50\text{ }^{\circ}\text{C}\sim+800\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

### 4.2 A 类不锈钢(奥氏体组织)

#### 4.2.1 通则

奥氏体不锈钢 A1~A5 和 A8 组别包括在 GB/T 3098 不锈钢系列标准中。它们通常被归结为铬-镍奥氏体组别(A1~A3)和铬-镍-钼奥氏体组别(A4、A5 和 A8)。

奥氏体不锈钢不能通过淬火硬化,紧固件机械性能通常通过加工硬化获得。为了减少对加工硬化的敏感性,可加入铜(化学成分见 GB/T 3098.6 和 GB/T 3098.15)。

碳含量低于 0.030% 的 A2 和 A4 不锈钢组别,可以在组别中加字母“L”,如 A2L 和 A4L。碳含量大于 0.030% 的 A2 和 A4 和/或暴露在高温环境(制造过程、焊接过程或使用环境)不锈钢组别,其晶间腐蚀敏感性可能会更高,见第 8 章。在这些情况下,需方可以选择 A2L 或 A4L 组别,或含 Ti 或 Nb 的稳定型不锈钢组别 A3 或 A5。

A8 是高合金奥氏体不锈钢,比 A1~A5 具有更好的耐腐蚀性。

奥氏体钢在退火状态通常无磁性,然而冷锻过程中也许会产生一些残余磁性,见第 10 章。当低导磁率是关键因素时,应咨询不锈钢专家。

#### 4.2.2 A1 组别

A1 组别不锈钢是专为机械加工设计的。由于硫含量高,比相应标准硫含量不锈钢的耐腐蚀性能低。该组别钢不适用于非氧化酸类介质中或带氯化物成分的环境(如游泳池用氯化物作清洁介质,或海洋环境)。

#### 4.2.3 A2 组别

A2 组别不锈钢是最广泛使用的不锈钢。该组别钢不适用于非氧化酸类介质中或带氯化物成分的环境(如游泳池用氯化物作清洁介质,或海洋环境)。

#### 4.2.4 A3 组别

A3 组别不锈钢的性能与 A2 组别不锈钢类似,但耐热性能高(通常可达 350℃)。通过添加 Ti 或 Nb 与碳结合,生成碳化钛或碳化铌,形成稳定型不锈钢。该组别钢不适用于非氧化酸类介质中或带氯化物成分的环境(如游泳池用氯化物作清洁介质,或海洋环境)。

#### 4.2.5 A4 组别

A4 组别不锈钢是“耐酸钢”,含有 Mo 元素,能提供相当好的耐腐蚀性。该组别钢可用于一些含氯化物的环境,但仍然不适用于用氯化物作清洗介质的游泳池或海洋环境中。

#### 4.2.6 A5 组别

A5 组别不锈钢是性能与 A4 组别钢相同的稳定型“耐酸钢”,能耐多种酸,但耐热性能高(通常可达 350℃)。通过添加 Ti 或 Nb 与碳结合,生成碳化钛或碳化铌,形成稳定型不锈钢。该组别钢可用于一些含氯化物的环境,但仍然不适用于用氯化物作清洗介质的游泳池或海洋环境中。

#### 4.2.7 A8 组别

A8 组别不锈钢被称为“6%Mo”不锈钢,对各种形式的腐蚀具有高的耐腐蚀性,包括点蚀、缝隙腐蚀、应力腐蚀开裂。适用于用氯化物作清洗介质的游泳池,也适用于海洋环境。但用于特殊要求和/或规定的建筑物和构筑物时应进行咨询。



### 4.3 C 类不锈钢(马氏体组织)

#### 4.3.1 通则

马氏体不锈钢 C1、C3 和 C4 组别包括在 GB/T 3098 不锈钢系列标准中,可通过淬火并回火进行强化。随着碳含量增加,机械性能提高,随着 Cr 含量提高,达到合适的耐腐蚀性。

C1、C3 和 C4 组别马氏体不锈钢通常比奥氏体钢的耐腐蚀性差。提高耐腐蚀性的马氏体钢也可用于特殊紧固件制造(参见表 A.2)。

由于马氏体不锈钢在低温下冲击强度和延展性低,所以在零度以下时应谨慎使用。

马氏体不锈钢通常具有很强的磁性。

#### 4.3.2 C1 组别

C1 组别不锈钢耐腐蚀性能有限。

#### 4.3.3 C3 组别

C3 组别不锈钢耐腐蚀性虽然比 C1 组钢好,但仍是有限的。

#### 4.3.4 C4 组别

C4 组别不锈钢与 C1 组钢相似,但由于硫含量不同,耐腐蚀性比 C1 组钢更差,但有利于机加工。

#### 4.4 F 类不锈钢(铁素体组织)——F1 组别

铁素体不锈钢 F1 组别包括在 GB/T 3098 不锈钢系列标准中,F1 组别钢可通过加工硬化(冷加工)强化其机械性能,但冷加工效率没有奥氏体不锈钢高。F1 组别钢是有磁性的。

对于腐蚀性低于 A2 或 A3 组别钢的环境,使用 F1 组别钢具有更好的经济性。但由于铁素体钢在低温下冲击强度和延展性低,F1 组别钢不适用于 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以下的环境。

#### 4.5 D 类不锈钢(奥氏体-铁素体组织)

##### 4.5.1 通则



双相不锈钢具有铁素体和奥氏体双相组织,铁素体的体积分数在 $40\%\sim 60\%$ 之间。

在退火条件下,双相不锈钢的强度明显高于奥氏体不锈钢,并可以通过冷作硬化进一步提高,但延展性可能降低。

双相不锈钢 D2、D4、D6 和 D8 组别包括在 GB/T 3098 不锈钢系列标准中。数字越大,耐腐蚀性越好,双相不锈钢族被描述为:

- 低双相(D2、D4),低合金含量(特别是 Ni 和 Mo);
- 标准双相(D6);
- 超级双相(D8),高合金含量。

与奥氏体不锈钢 A1~A5 组别相比,双相钢对耐应力腐蚀开裂有了很大改进。

##### 4.5.2 D2 和 D4 组别

D2 和 D4 组别由于 Mo 含量低于 $2\%$ ,甚至低于 $1\%$ ,因此被称为低双相钢。

关于点蚀和缝隙腐蚀,D2 与 A2、D4 与 A4 相当。

##### 4.5.3 D6 和 D8 组别

D6 组别的 Mo 含量高于 $2.5\%$ ,被称为标准双相钢。与 A1~A5 和 D4 组别相比,具有更好的耐腐蚀性,尤其是耐点蚀和缝隙腐蚀。

D8 组别被称为高双相钢,耐腐蚀性与 A8 相当。

#### 4.6 高温和超高温下不锈钢和镍合金组别

高温一般指温度范围为 $300\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 550\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,超高温一般指温度高于 $550\text{ }^{\circ}\text{C}$ :

- 对于高温应用,随时间变化的性能没有作为关键因素考虑;
- 对于超高温应用,紧固件需要足够的抗氧化性能和抗高温腐蚀性能,以及使用温度下抗长期蠕变性能。

用于高温和超高温下应用的不锈钢和镍合金见 GB/T 3098.24。

### 5 不锈钢和镍合金成分

GB/T 3098.6 规定了不锈钢螺栓、螺钉和螺柱、GB/T 3098.8 规定了 $-200\text{ }^{\circ}\text{C}\sim +700\text{ }^{\circ}\text{C}$ 使用的螺栓连接零件、GB/T 3098.15 规定了不锈钢螺母、GB/T 3098.16 规定了不锈钢紧定螺钉、GB/T 3098.21 规定了不锈钢自攻螺钉、GB/T 3098.24 规定了高温应用特殊紧固件化学成分。表 1~表 3 给出了应用最为广泛的标准材料,涉及 ISO 15510 和 EN 10269。



表 1 奥氏体不锈钢化学成分  
(GB/T 3098.6、GB/T 3098.15、GB/T 3098.16、GB/T 3098.21)

ISO 代号		化学成分(质量分数) <sup>a</sup> / %										对应的紧固件组别 <sup>b</sup>	
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Cu	N		
奥氏体不锈钢													
4305-303-00-I	0.120	1.00	2.00	0.060	≥0.15	17.0~19.0	—	8.0~10.0	1.0	0.10	—	—	A1
4301-304-00-I	0.070	1.00	2.00	0.045	0.030	17.5~19.5	—	8.0~10.5	—	0.10	—	—	A2
4307-304-03-I	0.030	1.00	2.00	0.045	0.030	17.5~19.5	—	8.0~10.5	—	0.10	—	—	A2L
4311-304-53-I	0.030	1.00	2.00	0.045	0.030	17.5~19.5	—	8.0~11.0	—	0.12~0.22	—	—	A2L
4567-304-98-X	0.080	1.00	2.00	0.045	0.030	17.0~19.0	—	8.0~10.5	1.0~3.0	—	—	—	A2
4567-304-30-I	0.040	1.00	2.00	0.045	0.030	17.0~19.0	—	8.0~10.5	3.0~4.0	0.10	—	—	A2
4541-321-00-I	0.080	1.00	2.00	0.045	0.030	17.0~19.0	—	9.0~12.0	—	—	5×C~0.70	—	A3
4550-347-00-I	0.080	1.00	2.00	0.045	0.030	17.0~19.0	—	9.0~12.0	—	—	10×C~1.00	—	A3
4401-316-00-I	0.080	1.00	2.00	0.045	0.030	16.0~18.0	2.00~3.00	10.0~13.0	—	0.10	—	—	A4
4404-316-03-I	0.030	1.00	2.00	0.045	0.030	16.5~18.5	2.00~3.00	10.0~13.0	—	0.10	—	—	A4L
4406-316-53-I	0.030	1.00	2.00	0.045	0.030	16.5~18.5	2.00~3.00	10.0~12.5	—	0.12~0.22	—	—	A4L
4578-316-76-E	0.040	1.00	2.00	0.045	0.015	16.5~17.5	2.00~2.50	10.0~11.0	3.0~3.5	0.10	—	—	A4
4571-316-35-I	0.080	1.00	2.00	0.045	0.030	16.5~18.5	2.00~2.50	10.5~13.5	—	—	5×C~0.7	—	A5
4529-089-26-I	0.020	0.75	2.00	0.035	0.015	19.0~21.0	6.0~7.0	24.0~26.0	0.5~1.5	0.15~0.25	—	—	A8
4547-312-54-I	0.020	0.70	1.00	0.035	0.015	19.5~20.5	6.0~7.0	17.5~18.5	0.50~1.00	0.18~0.25	—	—	A8
4478-083-67-U	0.030	1.00	2.00	0.040	0.030	20.0~22.0	6.0~7.0	23.5~25.5	0.75	0.18~0.25	—	—	A8
注：表中列成分除标明范围或最小值外，其余均为最大值。													
<sup>a</sup> 未经买方同意，不宜将未规定的元素加入钢材中，除非为了完成冶炼。应采取一切合理的预防措施，以防止从制造中使用的废料或其他材料中添加影响淬透性、机械性能和适用性的元素。													
<sup>b</sup> 钢的组别与 GB/T 3098.6 和 GB/T 3098.15 规定的成分范围最接近，但是，本表中包含的不一定完全符合。													

表2 马氏体、铁素体和双相钢化学成分  
(GB/T 3098.6、GB/T 3098.15、GB/T 3098.16、GB/T 3098.21)

ISO 代号	化学成分(质量分数) <sup>a</sup> /%										对应的紧固件组别 <sup>b</sup>	
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Cu	N	Nb	Ti
马氏体不锈钢												
4006-410-00-I	0.08~0.15	1.00	1.50	0.040	0.030	11.5~13.5	—	0.75	—	—	—	—
4021-420-00-I	0.16~0.25	1.00	1.50	0.040	0.030	12.0~14.0	—	—	—	—	—	—
4028-420-00-I	0.26~0.35	1.00	1.50	0.040	0.030	12.0~14.0	—	—	—	—	—	—
4057-431-00-X	0.12~0.22	1.00	1.50	0.040	0.030	15.0~17.0	—	1.50~2.50	—	—	—	—
4005-416-00-I	0.08~0.15	1.00	1.50	0.040	≥0.15	12.0~14.0	0.60	—	—	—	—	—
铁素体不锈钢												
4016-430-00-I	0.08	1.00	1.00	0.040	0.030	16.0~18.0	—	—	—	—	—	—
双相不锈钢												
4482-320-01-X	0.030	1.00	4.0~6.0	0.035	0.030	19.5~21.5	0.10~0.60	1.50~3.50	1.0	0.05~0.20	—	—
4362-323-04-I	0.030	1.00	2.00	0.035	0.015	22.0~24.5	0.10~0.60	3.5~5.5	0.10~0.60	0.05~0.20	—	—
4062-322-02-U	0.030	1.00	2.00	0.040	0.010	21.5~24.0	0.45	1.00~2.90	—	0.16~0.28	—	—
4162-321-01-E	0.040	1.00	4.0~6.0	0.040	0.015	21.0~22.0	0.10~0.80	1.35~1.90	0.10~0.80	0.20~0.25	—	—
4662-824-41-X	0.030	0.70	2.50~4.0	0.035	0.005	23.0~25.0	1.00~2.00	3.0~4.5	0.10~0.80	0.20~0.30	—	—
4462-318-03-I	0.030	1.00	2.00	0.035	0.015	21.0~23.0	2.5~3.5	4.5~6.5	—	0.10~0.22	—	—
4481-312-60-J	0.030	1.00	1.50	0.040	0.030	24.0~26.0	2.5~3.5	5.5~7.5	—	0.08~0.30	—	—
4410-327-50-E	0.030	1.00	2.00	0.035	0.015	24.0~26.0	3.0~4.5	6.0~8.0	—	0.24~0.35	—	—
4501-327-60-I <sup>c</sup>	0.030	1.00	1.00	0.030	0.010	24.0~26.0	3.0~4.0	6.0~8.0	0.5~1.0	0.20~0.30	—	—
4507-325-20-I	0.030	0.70	2.00	0.035	0.015	24.0~26.0	3.0~4.0	6.0~8.0	1.0~2.5	0.20~0.30	—	—
注：表中所列成分除标明范围或最小值外，其余均为最大值。												
<sup>a</sup> 未经买方同意，不宜将未规定的元素加入钢材中，除非为了完成冶炼。应采取一切合理的预防措施，以防止从制造中使用的废料或其他材料中添加影响淬透性、机械性能和适用性的元素。												
<sup>b</sup> 钢的组别与 GB/T 3098.6 和 GB/T 3098.15 规定的成分范围最接近，但是，本表中包含的不一定完全符合。												
<sup>c</sup> 钨的含量应为 0.5%~1.0%。												
<sup>d</sup> 当 $w_{Cr}+3.3w_{Mo}+16w_{N} \geq 24$ 和符合 GB/T 3098 不锈钢系列标准时，可被认同为 D4。												

表 3 高温不锈钢和镍合金化学成分  
(GB/T 3098.24)

ISO 代号	化学成分(质量分数) <sup>a</sup> / %											对应的紧固件组别 <sup>b</sup>	
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Cu	N	Nb		Ti
马氏体不锈钢													
4021-420-00-I	0.16~0.25	1.00	1.50	0.040	0.030	12.0~14.0	—	—	—	—	—	—	CH0
4028-420-00-I	0.26~0.35	1.00	1.50	0.040	0.030	12.0~14.0	—	—	—	—	—	—	CH1
4057-431-00-X	0.12~0.22	1.00	1.50	0.040	0.030	15.0~17.0	—	1.50~2.50	—	—	—	—	CH2
4923-422-77-E <sup>c</sup>	0.18~0.24	0.50	0.40~0.90	0.025	0.015	11.0~12.5	0.8~1.2	0.30~0.80	—	—	—	—	V 或 VH
1.4913 <sup>d</sup>	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	—	0.05~0.10	0.25~0.55	—	VW
奥氏体沉淀硬化不锈钢和镍合金													
4980-662-86-X <sup>e</sup>	0.08	1.00	2.00	0.040	0.030	13.5~16.0	1.0~1.5	24.0~27.0	—	—	—	1.90~2.35	SD
2.4952 <sup>f</sup>	0.04~0.10	1.00	1.00	0.020	0.015	18.0~21.0	—	≥65	0.20	—	—	1.80~2.70	SB
2.4668 <sup>g</sup>	0.02~0.08	0.035	0.035	0.015	0.015	17.0~21.0	2.80~3.30	50.00~55.00	0.30	—	—	0.60~1.20	718
注：表中所列成分除标明范围或最小值外，其余均为最大值。													
<sup>a</sup> 未经买方同意，不宜将未规定的元素加入钢材中，除非为了完成冶炼。应采取一切合理的预防措施，以防止从制造中使用的废料或其他材料中添加影响淬透性、机械性能和适用性的元素。													
<sup>b</sup> 钢的组别与 GB/T 3098.24 规定的成分范围最接近，但是，本表中包含的不一定完全符合。													
<sup>c</sup> 此外，钒的含量应为 0.25%~0.35%。													
<sup>d</sup> 化学成分与 EN 10269 一致；此外，铝含量应≤0.020%，钒含量应为 0.10%~0.30%，硼含量≤0.001 5%。													
<sup>e</sup> 此外，铝含量应≤0.35%，钒含量应为 0.10%~0.50%，硼含量 0.001%~0.010%。													
<sup>f</sup> 化学成分与 EN 10269 一致；此外，铝含量应为 1.00%~1.80%，钴含量应≤1.00%，铁含量≤1.50%，硼含量≤0.008%。													
<sup>g</sup> 化学成分与 EN 10269 一致；此外，铝含量应为 0.30%~0.70%，钴含量应≤1.00%，硼含量 0.002%~0.006%，钒含量应为 4.70%~5.50% (其余为铁)。													

附录 A 给出了适用于紧固件,但未列入 GB/T 3098 不锈钢紧固件机械性能系列标准中的不锈钢材料,对这些材料,不能使用 GB/T 3098 不锈钢紧固件机械性能系列标准中规定的标记制度。

## 6 耐应力腐蚀裂痕

奥氏体不锈钢 A1~A5 易发生应力腐蚀开裂。

使用双相钢,特别是 D6 和 D8 或高合金奥氏体 A8 组别,可显著降低氯离子引起的应力腐蚀。

铁素体组别 F1 和马氏体组别通常具有良好的耐应力腐蚀开裂性能。

不锈钢结构构件在泳池中应力腐蚀开裂的具体情况可参见 EN 13451-1。在这种应用下唯一被推荐可以使用的紧固件组别为 A8。

## 7 耐点蚀和缝隙腐蚀

点蚀和缝隙腐蚀是局部形式的腐蚀,暴露于特定环境的结果,特别是含有氯化物的环境。在大多数结构应用中,点蚀的程度是在表面的,对零件尺寸的影响可以忽略。然而,腐蚀物会给建筑物带来瑕疵。对于输送管、管道和壳体结构,对点蚀应采用相对严格的要求。如果存在已知点蚀危险,则要求使用含 Mo 不锈钢。

抗点蚀当量(PREN)是比较不同类型不锈钢耐点蚀性和耐缝隙腐蚀性能的理论方法。

**警告:**PREN(PRE)数一般用于不同组别的分类和比较。但是不能用来预测某一特定组别是否适用于可能存在点蚀危险的特定应用。

计算时通常要考虑 Cr、Mo 和 N 的含量,按式(1)计算:

$$\text{PREN} = w\text{Cr} + 3.3w\text{Mo} + 16w\text{N} \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中:

$w$ ——质量分数,用%表示(例如,如果不锈钢含有 18“重量”百分比的 Cr,则  $w\text{Cr}=18$ )。

当在含钨超级双相钢中,钨也被包括在钼-评级因子中以确认其对点蚀的影响,对于 1.4501 型,按式(2)调整为:

$$\text{PREN} = w\text{Cr} + 3.3(w\text{Mo} + 0.5w\text{W}) + 16w\text{N} \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中:

$w$ ——质量分数,用%表示。

**注:**耐点蚀性随着硫、磷含量增加而急剧降低。

## 8 晶间腐蚀

由热敏制造的紧固件(或如果发生焊接)可能对晶间腐蚀敏感。当同时具备下列三个条件时可能会发生晶间腐蚀:制造中不适当的温度、碳含量高于 0.03%和潮湿或腐蚀应用环境。

当存在晶间腐蚀风险时,推荐使用下列不锈钢组别:

- A3 或 A5,稳定型;
- A2 或 A4,碳含量不超过 0.030%;
- A8;
- 所有双相(奥氏体-铁素体)不锈钢组别。

在这种情况下,可以按照 GB/T 4334—2020 进行测试。

图 1 给出不同碳含量 A2 组别奥氏体不锈钢在温度区间 550 °C~925 °C,发生晶间腐蚀前的大概时间。

碳含量越低,耐晶间腐蚀能力会提高。  
晶间腐蚀风险存在于曲线右侧区域。

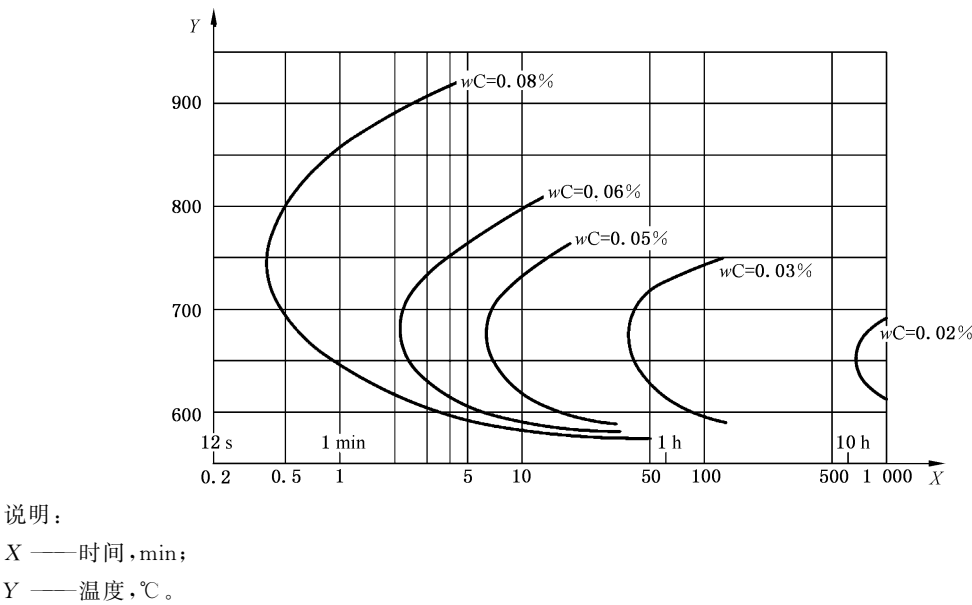


图 1 A2 组别奥氏体不锈钢的晶间腐蚀时间-温度曲线

图 1 中,碳含量 0.08% 的 A2 组别不锈钢,在 800 °C 环境下 30 s 可能导致脆化(这种情况尤其发生在进行焊接作业时)。

图 2 所示为碳含量 0.036% 不锈钢 4301-304-00-I 的晶间腐蚀结果,晶间腐蚀试验按 GB/T 4334—2020 方法 E,在 650 °C 退火处理 2 h 后进行。

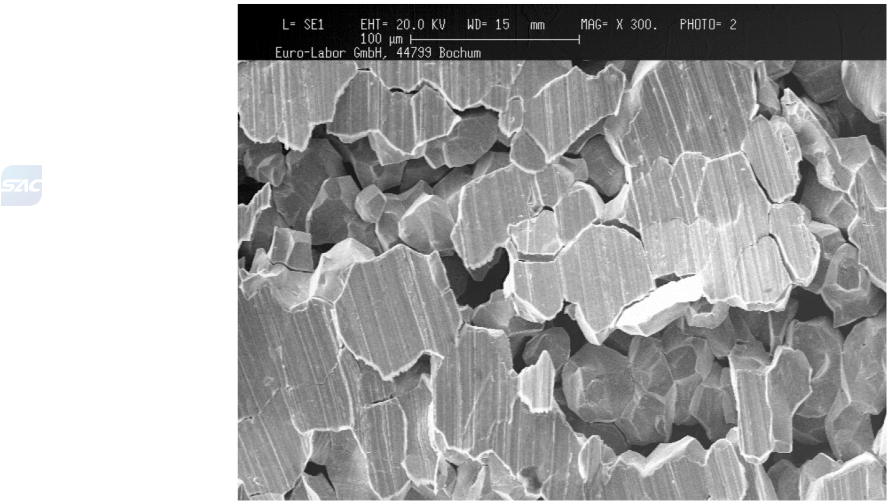


图 2 碳含量 0.036% 不锈钢 4301-304-00-I 晶间腐蚀

9 对形成金属间化合物的敏感性

双相不锈钢在温度范围 300 °C ~ 950 °C (575 °F ~ 1750 °F) 易形成化合物,如碳化物、氮化物、sigma 相(σ 相)和其他金属间化合物相。这些相的存在可能会削弱耐腐蚀性和机械性能。

正确的热处理可最小化或避免这些有害相。快速冷却可最大程度地防止热量释放过程中有害相的形成。符合化学和机械性能要求的产品不一定表明没有有害相。

用这些组别材料热锻生产的紧固件,可通过以下方法之一确定没有大量存在这些会影响产品使用的有害相。

- GB/T 3098.1 中规定的 V 形缺口夏比冲击试验;
- ASTM A923 检测奥氏体-铁素体双相不锈钢有害金属间相的标准试验方法;
- ASTM A1084 检测奥氏体-铁素体低双相不锈钢有害金属间相的标准试验方法;
- ASTM G48 使用氯化铁溶液测定不锈钢和合金钢耐点蚀和缝隙腐蚀的试验方法。

## 10 不锈钢磁导率性能

材料的磁导率与其受永久磁铁吸引或磁场影响的能力有关。

铁素体不锈钢、马氏体不锈钢、双相不锈钢和非奥氏体沉淀硬化不锈钢通常被归类为“磁性”不锈钢,因为它们对磁场有很强的响应(或拉力),例如手持式磁铁。

相比之下,奥氏体不锈钢被归类为“非磁性”不锈钢,然而,在紧固件制造过程中的冷作硬化可能会产生一些剩磁。这些剩磁可以通过特定的热处理过程予以降低。

在某些应用中,需要使用磁导率很低的不锈钢。通常会规定顺磁性材料的最低相对磁导率趋于1.0(即:材料的磁响应与“自由空间”——没有重力场和电磁场的空间或完全真空一样)。

低磁导率应用的最佳奥氏体不锈钢类型是具有高奥氏体稳定性的不锈钢,在退火或冷作硬化条件下都具有低的磁导率。例如,含氮钢如 4311-304-53-I (A2L)和 4406-316-53-I (A4L)或高镍钢如 1.4845 (参见附录 A)被认为是合适的。当要求特殊非磁性性能时,签订供需协议前应咨询不锈钢材料专家。

附录 A  
(资料性附录)  
紧固件用不锈钢的常用牌号

按照 GB/T 3098 中不锈钢机械性能系列标准,本部分规定了用于制造紧固件的不同组别不锈钢和镍合金材料的化学成分范围。表 A.1 和表 A.2 中材料没有完全涵盖紧固件用不锈钢和镍合金组别。表 1 和表 2 给出了最常见组别不锈钢的化学成分。

表 A.1、表 A.2 分别给出奥氏体不锈钢和镍合金、铁素体不锈钢、马氏体不锈钢和双相钢在国际和国家标准体系中常用牌号的信息,包括可用于特殊应用的不锈钢,如冷敏用不锈钢或用于高耐腐蚀紧固件的不锈钢组别。

表 1~表 3 中已包含的代号以黑体字显示。

表 A.1 冷敏紧固件用主要不锈钢常用牌号—奥氏体等级<sup>a</sup>

类别	组别 <sup>b</sup>	ISO 15510 代号	欧洲材料		ASTM 标准中代号	美国常用 牌号	GB/T 3098 系列 标准中位置	GB/T 20878 中代号	相关标准
			代号	牌号					
加硫 奥氏体	A1	<b>4305-303-00-I</b>	1.4305	X8CrNiSi18-9	S30300	303	第 5 章,表 1	S30317	ASTM A959,EN 10088-3
	A1	4570-303-31-I	1.4570	X6CrNiCuSi18-9-2	S30331	303Cu	GB/T 3098.6 GB/T 3098.15	—	EN 10088-3
一般用途 奥氏体	A2L	<b>4307-304-03-I</b>	1.4307	X2CrNi18-9	S30403	304L	第 5 章,表 1	S30403	ASTM A959,EN 10088-3, EN 10263-5,EN 10269
	A2L	4306-304-03-I	1.4306	X2CrNi19-11	S30403	304L	GB/T 3098.6 GB/T 3098.15	S30403	ASTM A959,EN 10088-3, EN 10263-5
	A2L	<b>4311-304-53-I</b>	1.4311	X2CrNi18-9	S30453	304LN	第 5 章,表 1	S30453	ASTM A959,EN 10088-3
	A2	<b>4301-304-00-I</b>	1.4301	X5CrNi18-10	S30400	304	第 5 章,表 1	S30408	ASTM A959,EN 10088-3, EN 10263-5,EN 10269
	A2	<b>4567-304-30-I</b>	1.4567 <sup>c</sup>	X3CrNiCu18-9-4	S30430	304Cu	第 5 章,表 1	S30488	ASTM A959,EN 10088-3, EN 10263-5,EN 10269
	A2	4560-304-75-E	1.4560	X3CrNiCu19-9-2	—	304Cu	GB/T 3098.6 GB/T 3098.15	—	EN 10088-3,EN 10263-5

表 A.1 (续)

类别	组别 <sup>b</sup>	ISO 15510 代号	欧洲材料		ASTM 标准代号	美国常用 牌号	GB/T 3098 系列 标准中位置	GB/T 20878 中代号	相关标准
			代号	牌号					
一般用途 奥氏体	A2	4303-305-00-I	1.4303	X4CrNi18-12	S30500	305	GB/T 3098.6 GB/T 3098.15	S30510	ASTM A959, EN 10088-3, EN 10263-5, EN 10269
	A3	<b>4550-347-00-I</b>	1.4550	X6CrNiNb18-10	S34700	347	第 5 章, 表 1	S34778	EN 10088-1
	A3	<b>4541-321-00-I</b>	1.4541	X6CrNiTi18-10	S32100	321	第 5 章, 表 1	S32168	ASTM A959, EN 10088-3, EN 10263-5
	<sup>d</sup>	4615—201-75-E	1.4615	X3CrMnNiCu15-8-5-3	—	201Cu	—	—	EN 10088-3
	<sup>d</sup>	4310-301-00-I	1.4310	X10CrNi18-8	S30100	301	—	S30110	ASTM A959, EN 10088-3, EN 10263-5
含钼 奥氏体	A4	<b>4401-316-00-I</b>	1.4401	X5CrNiMo17-12-2	S31600	316	第 5 章, 表 1	S31608	ASTM A959, EN 10088-3, EN 10263-5, EN 10269
	A4L	<b>4404-316-03-I</b>	1.4404	X2CrNiMo17-12-2	S31603	316L	第 5 章, 表 1	S31603	ASTM A959, EN 10088-3, EN 10263-5, EN 10269
	A4L	<b>4406-316-53-I</b>	1.4406	X2CrNiMoNi17-11-2	S31653	316LN	第 5 章, 表 1	S31653	ASTM A959, EN 10088-3
	A4L	4432-316-03-I	1.4432	X2CrNiMo17-12-3	S31603	316L	GB/T 3098.6 GB/T 3098.15	S31603	ASTM A959, EN 10088-1, EN 10263-5
	A4L	4435-316-91-I	1.4435	X2CrNiMo18-14-3	S31603	316L	GB/T 3098.6 GB/T 3098.15	S31603	ASTM A959, EN 10088-3
	A4	4436-316-00-I	1.4436	X3CrNiMo17-13-3	S31600	316	GB/T 3098.6 GB/T 3098.15	S31608	GB/T 20878, ASTM A959, EN 10088-3, EN 10263-5
	A4	<b>4578-316-76-E</b>	1.4578	X3CrNiCuMo17-11-3-2	—	—	第 5 章, 表 1	—	EN 10088-3, EN 10263-5
	A5	<b>4571-316-35-I</b>	1.4571	X6CrNiMoTi17-12-2	S31635	316Ti	第 5 章, 表 1	S31668	ASTM A959, EN 10088-3, EN 10263-5



表 A.1 (续)

类别	组别 <sup>b</sup>	ISO 15510 代号	欧洲材料		ASTM 标准代号	美国常用 牌号	GB/T 3098 系列 标准中位置	GB/T 20878 中代号	相关标准
			代号	牌号					
高钼超级 奥氏体	A8	<b>4478-083-67-U</b>	1.4478	X2NiCrMoN25-21-7	N08367	—	第 5 章,表 1	—	ASTM A959,EN 10088-1
	A8	<b>4529-089-26-I</b>	1.4529	X1NiCrMoCuN25-20-7	N08926	926	第 5 章,表 1	—	ASTM A959,EN 10088-1
	A8	<b>4547-312-54-I</b>	1.4547	X1CrNiMoCuN20-18-7	S31254	F44	第 5 章,表 1	S31252	ASTM A959,EN 10088-1
特殊用途 高合金 奥氏体	SD <sup>e,f</sup>	<b>4980-662-86-X</b>	1.4980	X6NiCrTiMoVB25-15-2	S6286	A286 合金 660	GB/T 3098.8 GB/T 3098.24 第 5 章,表 3	S51525 GH2132 (GB/T 14992)	ASTM A959,EN 10088-3, EN 10269,DIN 267-13
	S <sup>e</sup>	—	1.4986	X7CrNiMoBNb16-16	—	—	GB/T 3098.8	—	EN 10088-1, EN 10269, DIN 267-13
	d	4539-089-04-I	1.4539	X1NiCrMoCu25-20-5	N08904	904L	—	S39042	ASTM A959,EN 10088-3
	d	4841-314-00-E	1.4841	X15CrNiSi25-21	S31400	314	—	—	ASTM A959,EN 10088-1
	d	4828-305-09-I	1.4828	X15CrNiSi20-12	—	—	—	—	ASTM A959,EN 10088-1
高锰超级 奥氏体	d	4845-310-08-E	1.4845	X8CrNi25-21	S31008	310S	—	S31008	ASTM A959,EN 10088-1
	d	4020-241-00-X	1.4020	X13CrMnNiN18-13-2	S24100	XM28	—	—	ASTM A959,EN 10088-3
	d	4378-240-00-X	1.4378	X6CrMnNiN18-13-3	S24000	XM29	—	—	ASTM A959,EN 10088-3
高镍超级 奥氏体	SB <sup>e,f</sup>	—	2.4952	NiCr20TiAl	N07080	合金 80A	GB/T 3098.24	GH4080A (GB/T 14992)	ASTM B637, EN 10269, DIN 267-13
	718 <sup>f</sup>	—	2.4668	NiCr19NbMo	N07718	合金 718	GB/T 3098.24	GH4169 (GB/T 14992)	ASTM B637, EN 10269, DIN 267-13
<p><sup>a</sup> 各种标准的组成之间没有确切的对应关系,但多数重叠。</p> <p><sup>b</sup> 组别符合 GB/T 3098 中不锈钢机械性能系列标准规定。</p> <p><sup>c</sup> 根据 EN 10263-5,镍最低含量通常为 8%。</p> <p><sup>d</sup> 特殊等级,在 GB/T 3098.6、GB/T 3098.15 或 GB/T 3098.8 中未规定。</p> <p><sup>e</sup> 代号符合 GB/T 3098.8。</p> <p><sup>f</sup> 由 GB/T 3098.24 规定的。</p>									

表 A.2 冷镦紧固件用主要不锈钢常用牌号—铁素体、马氏体和双相钢等级<sup>a</sup>

类别	组别 <sup>b</sup>	ISO 15510 代号	欧洲材料		ASTM 标准代号	美国常用 牌号	GB/T 3098 系列 标准中位置	GB/T 20878 中代号	相关标准
			代号	牌号					
一般用途 马氏体钢	C1	<b>4006-410-00-I</b>	1.4006	X12Cr13	S41000	410	第 5 章,表 2	S41010	ASTM A959,EN 10088-3, EN 10263-5
	C1	4000-410-08-I	1.4000	X6Cr13	S41008	410S	GB/T 3098.6 GB/T 3098.15	S41008	ASTM A959,EN 10088-3
	C1, CH <sup>c</sup>	<b>4021-420-00-I</b>	1.4021	X20Cr13	S42000	420	第 5 章,表 2 GB/T 3098.6 GB/T 3098.15 GB/T 3098.24	S42020	ASTM A959,EN 10088-3
	C1, CH <sup>c</sup>	<b>4028-420-00-I</b>	1.4028	X30Cr13	S42000	420	第 5 章,表 2 GB/T 3098.6 GB/T 3098.15 GB/T 3098.24	S42030	ASTM A959,EN 10088-3
	C1	4034-420-00-I	1.4034	X46Cr13	S42000	420	GB/T 3098.6 GB/T 3098.15	S42040	ASTM A959,EN 10088-3
	<sup>d</sup>	4003-410-77-I	1.4003	X2CrNi12	S41003	—	—	S11213	ASTM A959,EN 10088-1
	VW <sup>c,e</sup>	—	<b>1.4913</b>	X19CrMoNbVN11-1	—	—	GB/T 3098.8 GB/T 3098.24	—	EN 10088-1, EN 10269, DIN 267-13
	V 或 VH <sup>c,e</sup>	<b>4923-422-77-E</b>	1.4923	X22CrMoV12-1	—	—	第 5 章,表 3 GB/T 3098.8 GB/T 3098.24	—	EN 10088-1,EN 10269, DIN 267-13
	C3, CH <sup>c</sup>	<b>4057-431-00-X</b>	1.4057	X17CrNi16-2	S43100	431	第 5 章,表 3 GB/T 3098.24	S43120	ASTM A959,EN 10088-3
	<sup>d</sup>	4542-174-00-I	1.4542 <sup>f</sup>	X5CrNiCuNb16-4	S17400	17-4PH	—	S51740	ASTM A959,EN 10088-3
高铬 马氏体	<sup>d</sup>	4418-431-77-E	1.4418	X4CrNiMo16-5-1	—	—	—	—	EN 10088-3
	<sup>d</sup>	4122-434-09-I	1.4122	X39CrMo17-1	—	—	—	—	EN 10088-3

表 A.2 (续)

类别	组别 <sup>b</sup>	ISO 15510 代号	欧洲材料		ASTM 标准代号	美国常用 牌号	GB/T 3098 系列 标准中位置	GB/T 20878 中代号	相关标准
			代号	牌号					
加硫 马氏体	C4	<b>4005-416-00-I</b>	1.4005	X12CrS13	S41600	416	第 5 章, 表 2	S41617	ASTM A959, EN 10088-3
	C4	4029-420-20-I	1.4029	X29CrS13	S42020	420F	GB/T 3098.6 GB/T 3098.15	S42037	ASTM A959, EN 10088-3
铁素体	F1	<b>4016-430-00-I</b>	1.4016	X6Cr17	S43000	430	第 5 章, 表 2	S11710	ASTM A959, EN 10088-3, EN 10263-5
	F1	4511-430-71-I	1.4511	X3CrNb17	—	—	GB/T 3098.6 GB/T 3098.15	—	EN 10088-3
	F1	4113-434-00-I	1.4113	X6CrMo17-1	S43400	434	GB/T 3098.6 GB/T 3098.15	S11790	ASTM A959, EN 10088-3, EN 10263-5
	F1	4526-436-00-I	1.4526	X6CrMoNb17-1	S43600	436	GB/T 3098.6 GB/T 3098.15	S11770	ASTM A959, EN 10088-3
	F1	4509-439-40-X	1.4509	X2CrTiNb18	S43940	441	GB/T 3098.6, GB/T 3098.15	S11873	ASTM A959, EN 10088-3
	F1	4521-444-00-I	1.4521	X2CrMoTi18-2	S44400	444	GB/T 3098.6, GB/T 3098.15	S11972	ASTM A959, EN 10088-2
加硫 铁素体	<sup>d</sup>	4004-430-20-I	1.4004	X7CrS17	S43020	430F	—	S11717	ASTM A959, EN 10088-1
	<sup>d</sup>	4019-430-20-I	1.4104	X14CrMoS17	S43020	430F	—	—	ASTM A959, EN 10088-3
双相钢	D2 <sup>e</sup>	<b>4482-320-01-X</b>	1.4482 <sup>h</sup>	X2CrMnNiMoN21-5-3	S32001	2001	第 5 章, 表 2, GB/T 3098.6, GB/T 3098.15	—	ASTM A959, EN 10088-3
	D2 <sup>e</sup>	<b>4362-323-04-I</b>	1.4362 <sup>h</sup>	X2CrNiN23-4	S32304	2304	第 5 章, 表 2, GB/T 3098.6, GB/T 3098.15	—	ASTM A959, EN 10088-3
	D4	<b>4162-321-01-E</b>	1.4162 <sup>h</sup>	X2CrMnNiN21-5-1	S32101	2101	第 5 章, 表 2, GB/T 3098.6, GB/T 3098.15	S23043	ASTM A959, EN 10088-3

表 A.2 (续)

类别	组别 <sup>b</sup>	ISO 15510 代号	欧洲材料		ASTM 标准中代号	美国常用 牌号	GB/T 3098 系列 标准中位置	GB/T 20878 中代号	相关标准
			代号	牌号					
双相钢	D4	<b>4062-322-02-U</b>	1.4062 h	X2CrNiN22-2	S32202	2202	第 5 章,表 2, GB/T 3098.6, GB/T 3098.15	—	ASTM A959,EN 10088-3
	D6	<b>4462-318-03-I</b>	1.4462	X2CrNiMoN22-5-3	S31803 S32205	1803, 2205	第 5 章,表 2, GB/T 3098.6, GB/T 3098.15	S22053	ASTM A959,EN 10088-3, EN 10263-5
	D6	<b>4481-312-60-J</b>	1.4481	X2CrNiMoN25-7-3	S31260	SUS329J4Li	第 5 章,表 2, GB/T 3098.6, GB/T 3098.15	S22583	ASTM A959,EN 10088-1
	D8	<b>4410-327-50-E</b>	1.4410	X2CrNiMoN25-7-4	S32750	2507	第 5 章,表 2, GB/T 3098.6, GB/T 3098.15	S25073	ASTM A959,EN 10088-3
	D8	<b>4501-327-60-I</b>	1.4501	X2CrNiMoCuWN25-7-4	S32760	—	第 5 章,表 2, GB/T 3098.6, GB/T 3098.15	S27603	ASTM A959,EN 10088-3
	D8	<b>4507-325-20-I</b>	1.4507	X2CrNiMoCuN25-6-3	S32520	—	第 5 章,表 2, GB/T 3098.6, GB/T 3098.15	S25554	ASTM A959,EN 10088-3
<p><sup>a</sup> 各种标准的组成之间没有确切的对应关系,但多数重叠。 <sup>b</sup> 组别符合 GB/T 3098 中不锈钢机械性能系列标准规定。 <sup>c</sup> 由 GB/T 3098.24 规定的代号。 <sup>d</sup> 特殊等级,在 GB/T 3098.6、GB/T 3098.15 或 GB/T 3098.8 中未规定。 <sup>e</sup> 代号符合 GB/T 3098.8。 <sup>f</sup> 所谓的沉淀硬化等级(PH)是低碳、改善韧性和耐腐蚀性的马氏体钢。 <sup>g</sup> 当 <math>w_{Cr}+3.3w_{Mo}+16w_{N} \geq 24.0</math> 和符合 GB/T 3098 不锈钢系列标准时,可被认同为 D4。 <sup>h</sup> 所谓的“低双相”钢等级,镍和铜含量较低。 <sup>i</sup> 根据 JIS G 4308。</p>									

附 录 B  
(资料性附录)

索氏体高强不锈钢结构的特性

B.1 索氏体高强不锈钢结构的组别

索氏体高强不锈钢结构是一种类珠光体超细组织的不锈钢材料,它具有较高的淬透性和淬硬性,具有良好的韧性、耐高温性、抗点蚀性和耐腐蚀性。其 Cr、Ni 含量分别为 14%、2.2%左右,屈服强度在 600 MPa~1 130 MPa。

索氏体高强不锈钢结构有一个 S1 组别,能够通过淬火并回火达到不同的机械和物理性能,具有磁性,其耐腐蚀性与奥氏体不锈钢中的 A2 组别相当。

索氏体高强不锈钢结构在-40℃~+60℃具有优良的综合机械和物理性能。

索氏体高强不锈钢结构适用于制造高强度、大直径的紧固件产品,且紧固扭矩系数离散性小,安装紧固时不容易出现“咬死”现象。

B.2 索氏体高强不锈钢结构的成分表

索氏体高强不锈钢结构成分见表 B.1。

表 B.1 索氏体高强不锈钢成分

牌号	代号	化学成分(质量分数)/%									
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Cu	N
12Cr14Ni2	S600	0.05~0.19	≤1.00	≤1.00	≤0.080	≤0.010	13.00~15.00	1.5~2.2	≤0.15	≤0.25	≤0.010

B.3 耐应力腐蚀裂痕

索氏体高强不锈钢结构不易受应力腐蚀裂痕影响。

B.4 耐点蚀

不锈钢的组织类型、晶界、双相不锈钢中的两相比比例、析出相等都会不同程度地影响不锈钢钝化膜的形成过程或性质,从而影响其点蚀性能。索氏体高强不锈钢结构因其具有超细晶粒均匀的组织结构,具有良好的耐点蚀性能。

对于固溶处理的不锈钢,国际上通常采用抗点蚀当量(PREN)值(或点蚀指数)表征材料的耐点蚀性能,但对于不需要固溶处理的索氏体高强不锈钢结构,PREN 值评价是否适用尚待验证。



B.5 晶间腐蚀

索氏体高强不锈钢结构在微沸的硫酸-硫酸铜溶液中煮沸 16 h,弯曲 180°,均未发现晶间腐蚀现象。

## B.6 磁导率性能

材料的磁导率与其受永久磁铁吸引或磁场影响的能力有关。索氏体高强不锈钢结构钢具有磁性,因其对手持磁石存在强烈反应。

## B.7 索氏体高强不锈钢结构钢的物理性能

索氏体高强不锈钢结构钢的物理性能见表 B.2。

表 B.2 索氏体高强不锈钢结构钢物理性能

牌号	密度(20℃)/ (kg·dm <sup>-3</sup> )	线膨胀系数/ 10 <sup>-6</sup> ℃ <sup>-1</sup>			电阻率/ 10 <sup>-7</sup> Ωm	纵向弹性 模量(20℃)/ (kN·mm <sup>-2</sup> )	泊松比μ	剪切模量/ GPa	磁性
		0℃~ 100℃	100℃~ 200℃	200℃~ 300℃					
12Cr14Ni2	7.75	11.95±0.96	12.59±1.01	13.31±1.06	7.22	215±15	0.33±0.03	80.63±6.5	有

## B.8 索氏体高强不锈钢结构钢的机械性能与对应的热处理工艺参数

索氏体高强不锈钢结构钢的机械性能与对应的热处理工艺参数见表 B.3(仅供参考)。

表 B.3 索氏体高强不锈钢结构钢的机械性能与对应的热处理工艺参数

钢种 代号	机械性能						热处理参数				冷却 方式
	抗拉强度 $R_m$ /MPa	断后 伸长率 $A/\%$	断面 收缩率 $Z/\%$	实物断 后伸长量 $A_1/\text{mm}$	-40℃ 冲击功/ J	硬度/ HRC	淬火 预热 温度/ ℃	淬火 温度/ ℃	淬火 介质	回火 温度/ ℃	
	min	min	min	min	min		℃	℃		℃	
S600	800	16	56	0.2d	35	23~32	—	—	—	—	—
S600 经热 处理	1 000 <sup>a</sup>	14	52	0.1d	10	32~39	700	980	油	540	风冷
	1 200	12	50	0.2d	35	39~44	700	980	油	240	风冷
	1 400	10	46	0.2d	35	44~48	700	980	油	220	风冷
d——公称直径。 注：为真空炉热处理试验工艺。											
<sup>a</sup> 尽可能不采用该性能等级。											

附 录 C

(资料性附录)

QN1803 高强度含氮奥氏体不锈钢的特性

C.1 高强度含氮奥氏体不锈钢的组别

QN1803 高强度含氮奥氏体不锈钢是一种节镍 Cr-Mn-N 型奥氏体不锈钢,与 A2 组别的奥氏体不锈钢相比具有抗拉强度和抗扭强度高、耐磨损以及弱磁性的特点,同时具有较好的韧性、抗点蚀和耐腐蚀性能。其 Cr 含量 18.1%左右,镍含量 3.05%左右,Cu 含量 2.30%左右,冷加工成型性能良好,拉拔减面率 60%以下可以保持弱磁性,是生产高强度、弱磁性奥氏体不锈钢紧固件的理想材料。

QN1803 高强度含氮奥氏体不锈钢为 A2 组别,一般以热轧态交货,通过固溶处理可以得到更好的冷加工性能,固溶处理后无磁性。QN1803 高强度含氮奥氏体不锈钢的耐点蚀、二氧化硫及中性盐雾腐蚀性能与 A2 组别的其他奥氏体不锈钢相当,在稀盐酸、稀硫酸、醋酸加盐等介质中的耐均匀腐蚀能力均优于 A2 组别的其他奥氏体不锈钢。

QN1803 高强度含氮奥氏体不锈钢在-60℃~+300℃具有优良的综合机械性能和物理性能。

QN1803 高强度含氮奥氏体不锈钢与 A2 组别的奥氏体不锈钢相比,制作的高强度、弱磁性奥氏体不锈钢紧固件产品,其紧固扭矩系数离散性更小,安装紧固时不容易出现“咬死”现象。

C.2 QN1803 高强度含氮奥氏体不锈钢的成分

QN1803 高强度含氮奥氏体不锈钢成分见表 C.1。

表 C.1 QN1803 高强度含氮奥氏体不锈钢成分

牌号	代号	化学成分(质量分数)/%									
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Cu	N
08Cr19Mn6Ni3Cu2N	QN1803	≤0.10	≤1.00	4.00~ 8.00	≤0.050	≤0.005	18.00~ 20.00	2.00~ 3.50	≤0.30	1.50~ 3.50	0.20~ 0.30

C.3 耐应力腐蚀裂痕

QN1803 高强度含氮奥氏体不锈钢有发生应力腐蚀开裂的风险,应避免应力腐蚀的特定环境下使用。

C.4 耐点蚀

抗点蚀当量(PREN)是比较各种不锈钢耐点蚀能力的理论值,取决于化学成分。

$PREN=wCr+3.3wMo+16wN$  (质量分数)是最通用的 PREN 评价式,但随着 Mn 含量的提高,会导致 Cr-Ni-Mn 系不锈钢的耐腐蚀能力降低,因此可调整为式(C.1):

$PREN=wCr+3.3wMo+30wN-wMn$  .....( C.1 )



QN1803 高强度含氮奥氏体不锈钢  $\text{PREN} \geq 19.0$ , 与 A2 组别的奥氏体不锈钢相当。

### C.5 晶间腐蚀

QN1803 高强度含氮奥氏体不锈钢在加有铜屑的硫酸-硫酸铜溶液中保持微沸状态 16 h, 弯曲  $180^\circ$ , 未发现晶间腐蚀现象(试验方法按照 GB/T 4334—2020 的方法 E)。

### C.6 对形成金属间化合物的敏感性

QN1803 高强度含氮奥氏体不锈钢在温度范围  $500^\circ\text{C} \sim 950^\circ\text{C}$  ( $935^\circ\text{F} \sim 1\,750^\circ\text{F}$ ) 缓慢冷却会形成碳化物和氮化物, 这些相的存在可能会削弱耐蚀性和机械性能。

正确的热处理可最小化或避免这些有害相。快速冷却可最大程度地防止热量释放过程中有害相的形成。

### C.7 磁导率性能

QN1803 高强度含氮奥氏体不锈钢可被归类为“非磁性”的, 与 A2 组别的奥氏体不锈钢相比具有更高的奥氏体稳定性, 在紧固件制造过程中的冷作硬化产生剩余磁性的程度更小。

当要求特殊非磁性性能时, 签订供需协议前应咨询不锈钢材料专家。

### C.8 QN1803 高强度含氮奥氏体不锈钢的机械性能

QN1803 高强度含氮奥氏体不锈钢的机械性能见表 C.2。

表 C.2 QN1803 高强度含氮奥氏体不锈钢机械性能

牌号	代号	热处理状态	抗拉强度 $R_m$ / MPa	断后伸长率 $A$ / %	断面收缩率 $Z$ / %	硬度 / HRB
08Cr19Mn6Ni3Cu2N	QN1803	热轧	650~850	$\geq 40$	$\geq 60$	88~98
		固溶	600~800	$\geq 45$	$\geq 65$	85~95





## 参 考 文 献

- [1] GB/T 14992 高温合金和金属间化合物高温材料的分类和牌号
  - [2] GB/T 20878 不锈钢和耐热钢 牌号及化学成分
  - [3] ISO 15510 Stainless steels—Chemical composition
  - [4] ASTM A959 Guide for specifying harmonized standard grade compositions for wrought stainless steels
  - [5] ASTM B637 Standard specification for precipitation-hardening and cold worked nickel alloy bars, forgings, and forging stock for moderate or high temperature service
  - [6] DIN 267-13 Fasteners—Technical specifications—Part 13: Parts for bolted connections with specific mechanical properties for use at temperatures ranging from  $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$  to  $+700\text{ }^{\circ}\text{C}$
  - [7] EN 10088-1 Stainless steels—Part 1: List of stainless steels
  - [8] 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
  - [9] EN 10263-5 Steel rod, bars and steel wire for cold heading and cold extrusion—Part 5: Technical delivery conditions for stainless steels
  - [10] EN 10269 Steels and nickel alloys for fasteners with specified elevated and/or low temperature properties
  - [11] EN 13451-1 Swimming pool equipment—Part 1: General safety requirements and test methods
  - [12] JIS G 4308 Stainless steel wire rods
- 

