



中华人民共和国国家标准

GB/T 150.2—2024

代替 GB/T 150.2—2011

压力容器 第2部分：材料

Pressure vessels—Part 2: Materials

2024-07-24 发布

2025-02-01 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 总体要求 2

5 钢板 6

6 钢管..... 11

7 钢锻件..... 14

8 螺柱(含螺栓)和螺母用钢棒..... 16

9 焊接材料..... 19

附录 A(规范性) 钢材的补充规定 21

附录 B(规范性) 钢材纳入本文件应满足的技术要求 23

附录 C(规范性) 钢材的许用应力 26

附录 D(规范性) Q235 系列钢板的使用规定..... 51

附录 E(资料性) 钢材的高温屈服强度、高温持久强度极限平均值、弹性模量和平均线膨胀系数 ... 52

附录 F(资料性) 高合金钢牌号近似对照 66

参考文献 68

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件是 GB/T 150 的第2部分，GB/T 150 已经发布了以下部分：

- 第1部分：通用要求；
- 第2部分：材料；
- 第3部分：设计；
- 第4部分：制造、检验和验收。

本文件代替 GB/T 150.2—2011《压力容器 第2部分：材料》，与 GB/T 150.2—2011 相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- a) 更改了总体要求中压力容器材料的相关技术要求(见第4章，2011年版的第3章)；
- b) 删除了1个低合金钢钢板(15MnNiDR)(见2011年版的表2、表4)，增加了9个低合金钢钢板(Q460R、Q420DR、Q460DR、13MnNiDR、11MnNiMoDR、07Ni5DR、06Ni7DR、Q580R 和 Q580DR)(见表2、表3、表C.1、表E.1)，20个高合金钢钢板(S22153、S22294、S22553、S23043、S25554、S25073、S30450、S30453、S30458、S30478、S30859、S30908、S31252、S31609、S31653、S31658、S32169、S34778、S34779 和 S35656)(见表C.2、表E.2、表F.1)；
- c) 更改了钢管标准及钢管的使用规定(见第6章、表C.3、表C.4，2011年版的第5章)；
- d) 增加了10个低合金钢和合金钢锻件(08Cr2AlMo、09CrCuSb、12CrMo、15NiCuMoNb、10Cr9Mo1VNbN、10Cr9MoW2VNbBN、30CrMo、35CrNi3MoV、36CrNi3MoV 和 06Ni9D)(见表5、表C.5、表E.6)，13个高合金钢锻件(S11348、S23043、S25554、S25073、S30453、S30458、S31252、S31653、S31658、S32169、S34778、S34779 和 S51740)(见表C.6、表E.6、表F.1)；
- e) 增加了焊接材料(见第9章)；
- f) 增加了钢材纳入本文件应满足的技术要求(见附录B)；
- g) 增加了钢材的许用应力(见附录C)。

本文件由全国锅炉压力容器标准化技术委员会(SAC/TC 262)提出并归口。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件起草单位：合肥通用机械研究院有限公司、中国特种设备检测研究院、中国石化工程建设有限公司、中石化广州工程有限公司、江苏省特种设备安全监督检验研究院、南京钢铁股份有限公司、二重(德阳)重型装备有限公司。

本文件主要起草人：章小浒、杨国义、段瑞、张国信、常彦衍、缪春生、陈涛、陈志伟、陆戴丁、洪君、沈国勋。

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为：

- 1989年首次发布为 GB 150—1989，1998年第一次修订；
- 2011年第二次修订时分为部分出版，本文件对应 GB/T 150.2—2011《压力容器 第2部分：材料》；
- 本次为第三次修订。

引 言

压力容器是涉及公共安全的特种设备之一,是石油化工、能源装备、生物医药等领域的重要设备。为了提高压力容器的经济性和安全性,我国在 1967 年发布了《钢制化工容器设计规定》,1989 年发布了 GB 150《钢制压力容器》,1998 年对 GB 150 进行了修订,其作为压力容器法规的配套标准,规范了钢制压力容器的建造要求。GB/T 150 系列标准自 2011 年发布实施已十余年,在此期间《固定式压力容器安全技术监察规程》于 2016 年进行了修改,其引用的材料、零部件和无损检测标准也进行了修订。鉴于此,确有必要修订完善 GB/T 150,以不断适应经济发展对该标准的新需求,更好地促进压力容器产品的高质量发展。

本文件是压力容器建造方法通用技术标准之一,用以规范在中国境内建造或使用的压力容器设计、制造、检验和验收的相关技术要求。GB/T 150《压力容器》由四个部分构成。

- 第 1 部分:通用要求。目的在于给出压力容器建造的基本要求。
- 第 2 部分:材料。目的在于给出压力容器选材的基本要求和设计制造过程用到的材料数据。
- 第 3 部分:设计。目的在于给出容器的设计方法和设计技术要求。
- 第 4 部分:制造、检验和验收。目的在于给出压力容器制造过程中的要求以及检验和验收规定。

本文件的技术条款包括了压力容器建造过程(即指设计、制造、检验和验收)中需遵循的技术要求。本文件没有必要,也不可能囊括适用范围内压力容器建造中的所有技术细节。

本文件不限制实际工程设计和建造中采用先进的技术方法,但工程技术人员采用先进的技术方法时需能做出可靠的判断,确保其满足本文件规定,特别是关于强度或稳定性设计公式等设计规定。本文件既不要求也不限制设计人员使用计算机程序实现压力容器的分析或设计。

对于未经委员会书面授权或认可的其他机构对标准的宣贯或解释所产生的理解歧义和由此产生的任何后果,委员会不承担任何责任。

压力容器 第2部分:材料

1 范围

本文件规定了钢制压力容器受压元件用钢材允许使用的牌号及其标准,钢材的附加技术要求,钢材的使用范围(温度和压力),钢材的许用应力,焊接材料的基本要求。

本文件适用于设计温度 $-269\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 800\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、设计压力不大于 35 MPa 的压力容器。

本文件不适用于GB/T 150.1规定的适用范围。

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 150.1 压力容器 第1部分:通用要求
- GB/T 150.3 压力容器 第3部分:设计
- 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 699 优质碳素结构钢
- GB/T 700 碳素结构钢
- GB/T 709 热轧钢板和钢带的尺寸、外形、重量及允许偏差
- GB/T 713.7 承压设备用钢板和钢带 第7部分:不锈钢和耐热钢
- GB/T 1220 不锈钢棒
- GB/T 1221 耐热钢棒
- GB/T 3077 合金结构钢
- GB/T 3965 熔敷金属中扩散氢测定方法
- GB/T 4226 不锈钢冷加工钢棒
- GB/T 4334 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
- GB/T 6394 金属平均晶粒度测定方法
- GB/T 6479 高压化肥设备用无缝钢管
- GB/T 6803 铁素体钢的无塑性转变温度落锤试验方法
- GB/T 7735—2016 无缝和焊接(埋弧焊除外)钢管缺欠的自动涡流检测
- GB/T 9948 石油裂化用无缝钢管
- GB/T 13305 不锈钢中 α -相面积含量金相测定法
- GB/T 20878 不锈钢和耐热钢 牌号及化学成分
- GB/T 21433 不锈钢压力容器晶间腐蚀敏感性检验
- GB/T 31935 金属和合金的腐蚀 低铬铁素体不锈钢晶间腐蚀试验方法
- GB/T 32571 金属和合金的腐蚀 高铬铁素体不锈钢晶间腐蚀试验方法
- GB/T 39255 焊接与切割用保护气体

JB/T 4756 镍及镍合金制压力容器
NB/T 47002.1 压力容器用复合板 第1部分:不锈钢-钢复合板
NB/T 47002.2 压力容器用复合板 第2部分:镍-钢复合板
NB/T 47002.3 压力容器用复合板 第3部分:钛-钢复合板
NB/T 47002.4 压力容器用复合板 第4部分:铜-钢复合板
NB/T 47010 承压设备用不锈钢和耐热钢锻件
NB/T 47013.2—2015 承压设备无损检测 第2部分:射线检测
NB/T 47013.3 承压设备无损检测 第3部分:超声检测
NB/T 47013.4 承压设备无损检测 第4部分:磁粉检测
NB/T 47013.5 承压设备无损检测 第5部分:渗透检测
NB/T 47014 承压设备焊接工艺评定
NB/T 47018.1 承压设备用焊接材料订货技术条件 第1部分:采购通则
NB/T 47018.2 承压设备用焊接材料订货技术条件 第2部分:钢焊条
NB/T 47018.3 承压设备用焊接材料订货技术条件 第3部分:气体保护电弧焊丝和填充丝
NB/T 47018.4 承压设备用焊接材料订货技术条件 第4部分:埋弧焊钢焊丝和焊剂
NB/T 47018.5 承压设备用焊接材料订货技术条件 第5部分:堆焊用不锈钢焊带和焊剂
NB/T 47019.1 锅炉、热交换器用管订货技术条件 第1部分:通则
NB/T 47019.4 锅炉、热交换器用管订货技术条件 第4部分:低温用低合金钢
TSG 21 固定式压力容器安全技术监察规程

3 术语和定义

GB/T 150.1 界定的术语和定义适用于本文件。

4 总体要求

- 4.1 本文件对压力容器受压元件用钢板、钢管、钢锻件、螺柱(含螺栓)用钢材和焊接材料做出了相关规定。
- 4.2 压力容器受压元件用钢材应是焊接性良好的钢材,与受压元件相焊接的非受压元件用钢材也应是焊接性良好的钢材。
- 4.3 允许采用未列入本文件但已列入 GB/T 20878 和 GB/T 713.7 中的奥氏体型不锈钢钢材,但其技术要求(如磷、硫含量,强度指标)不应低于本文件所列入相应钢材标准中化学成分相近牌号的规定。
- 4.4 采用未列入本文件的钢材(符合 4.3 规定的钢材除外)时,其技术要求均应符合附录 A 的有关规定。
- 4.5 压力容器受压元件用钢材应附有钢材制造单位的钢材质量证明书,质量证明书的内容(需要时应包括钢材交货状态的热处理工艺参数)应齐全、清晰,并且印刷可以追溯的信息化标识,加盖材料制造单位质量检验章。可追溯的信息包括钢材制造单位名称、钢材标准号、牌号、规格、炉批号、交货状态、热处理工艺参数(需要时)、质量证明书签发日期等内容。可追溯的信息化标记包括二维码或条码等。
- 4.6 容器制造单位应按质量证明书对钢材进行验收。如无钢材制造单位的钢材质量证明书原件,应在钢材质量证明书原件的复印件上加盖材料经营单位公章和经办负责人签字(章)。
- 4.7 选择压力容器受压元件用钢材应依据容器的使用条件(如设计温度、设计压力、介质特性和操作特点等),钢材的化学成分、微观组织、性能(力学性能、工艺性能、化学性能和物理性能),容器的制造工艺以及经济合理性来确定。

4.8 压力容器受压元件用钢应采用氧气转炉或者电炉冶炼,也可采用电渣重熔法冶炼。对标准抗拉强度下限值大于 540 MPa 的低合金钢钢板和低合金钢锻件、奥氏体-铁素体型不锈钢钢板,以及使用温度低于 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的低温钢钢板、低温钢锻件和低温钢钢管,还应采用炉外精炼。

4.9 压力容器受压元件用钢材的使用温度上限应符合下列规定。

- a) 钢材的使用温度上限为附录 C 中表 C.1~表 C.8(许用应力表中粗线右侧的许用应力由钢材的 10^5 h 高温持久强度极限平均值所确定)各牌号钢材许用应力所对应的最高温度。如因工艺过程要求,钢材需短时在高于使用温度上限操作时,由设计文件规定。
- b) 非合金钢和碳锰钢钢材在高于 $425\text{ }^{\circ}\text{C}$ 温度下长期使用时,应注意钢中碳化物相的石墨化倾向。
- c) 奥氏体型不锈钢钢材的使用温度高于 $525\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,钢中含碳量应不小于 0.04% 。

4.10 压力容器受压元件用钢的使用温度下限应符合下列规定。

- a) 钢材的使用温度下限按第 5 章~第 8 章的相关规定。
- b) 奥氏体型不锈钢钢材的使用温度下限为 $-269\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。使用温度高于或等于 $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,可免做冲击试验。使用温度低于 $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$,应进行压力容器设计温度下的低温冲击试验,3 个标准试样冲击吸收能量平均值 $\overline{KV_2} \geq 54\text{ J}$,且侧膨胀值平均值 $\overline{LE} \geq 0.53\text{ mm}$ 。奥氏体-铁素体型不锈钢钢材可进行最低冲击试验温度为 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的冲击试验,3 个标准试样冲击吸收能量平均值 $\overline{KV_2} \geq 47\text{ J}$,且侧膨胀值平均值 $\overline{LE} \geq 0.53\text{ mm}$ 。冲击试验其他要求应按 4.11b) 的规定。
- c) 低温液氢、液氮压力容器用奥氏体型不锈钢钢材(钢板、钢管、钢锻件)的专项技术要求符合下列规定。
 - 1) 奥氏体型不锈钢钢材按 GB/T 13305 进行铁素体含量测定,铁素体含量应不大于 3% 。
 - 2) 奥氏体型不锈钢钢材质量证明书中化学成分实测值计算的奥氏体稳定性系数 $\Delta \geq 0$,其中 $\Delta = \text{Ni} + 0.5\text{Mn} + 35\text{C} - 0.083\ 3(\text{Cr} + 1.5\text{Mo} - 20)^2 - 12$ 。
 - 3) 奥氏体型不锈钢钢材质量证明书中化学成分实测值的低温马氏体自转变温度 $M_s \leq -253\text{ }^{\circ}\text{C}$ 或 $\leq -269\text{ }^{\circ}\text{C}$,其中 $M_s(\text{ }^{\circ}\text{C}) = \{75(14.6 - \text{Cr}) + 110(8.9 - \text{Ni}) + 60(1.33 - \text{Mn}) + 50(0.47 - \text{Si}) + 3\ 000 \times [0.068 - (\text{C} + \text{N})] - 32\} / 1.8$ 。
 - 4) 液氢压力容器用奥氏体型不锈钢钢材应进行 $-253\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的冲击试验,液氮压力容器用奥氏体型不锈钢钢材应进行 $-269\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的冲击试验,冲击性能指标应符合 4.10b) 的规定。液氢压力容器和液氮压力容器用奥氏体型不锈钢钢材也可进行 $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的冲击试验,3 个标准试样冲击吸收能量平均值 $\overline{KV_2} \geq 70\text{ J}$,且侧膨胀值平均值 $\overline{LE} \geq 0.76\text{ mm}$ 。冲击试验其他要求应按 4.11b) 的规定。
- d) 对用于低温低应力工况的钢材,其使用温度下限按 GB/T 150.3 的规定。

4.11 非合金钢和合金钢钢材的冲击试验应符合下列规定。

- a) 非合金钢和合金钢钢材(钢板、钢管、钢锻件)的冲击性能指标应符合表 1 的规定。对标准抗拉强度下限值随厚度增大而降低的钢材,表 1 中标准抗拉强度下限值是钢材最小厚度的标准抗拉强度下限值。

表 1 非合金钢和合金钢钢材的冲击性能指标

钢材标准抗拉强度下限值(R_m) MPa	3 个标准试样冲击吸收能量 平均值($\overline{KV_2}$) J	3 个标准试样侧膨胀值平均值($\overline{LE}$) mm
≤ 450	≥ 20	—
$> 450 \sim 510$	≥ 24	—
$> 510 \sim 570$	≥ 31	—

表 1 非合金钢和合金钢钢材的冲击性能指标 (续)

钢材标准抗拉强度下限值(R_m) MPa	3 个标准试样冲击吸收能量 平均值($\overline{KV_2}$) J	3 个标准试样侧膨胀值平均值($\overline{LE}$) mm
>570~630	≥ 34	—
>630~690	≥ 38	≥ 0.53
>690	≥ 47	≥ 0.53

- b) 夏比 V 型缺口冲击试样的取样部位和试样方向应符合相应钢材标准的规定并优先选择厚度为 10 mm 的标准试样。冲击试验每组取 3 个标准试样,允许 1 个标准试样的冲击吸收能量数值和侧膨胀值低于表 1 的规定值,但不应低于表 1 规定值的 70%。当冲击试验结果不符合上述规定时,应从钢材的同样部位和同样方向上再取 3 个标准试样进行复验,前后两组 6 个标准试样的冲击吸收能量平均值和侧膨胀值平均值不应低于表 1 的规定值,允许有 2 个标准试样低于规定值,但低于规定值的 70%的试样只允许有 1 个。
- c) 当钢材无法制备标准试样时(钢材厚度小于 11 mm),则应依次制备厚度为 7.5 mm 或 5 mm 的小尺寸试样,冲击吸收能量平均值分别为标准试样冲击吸收能量平均值的 75%或 50%,单个标准试样冲击吸收能量数值的要求按照 4.11b)的规定。当钢材可制备标准试样时而制备厚度为 7.5 mm 或 5 mm 的小尺寸试样,其冲击试验温度应分别降低 5 °C 和 10 °C(冲击试验温度低于-100 °C 的钢材除外),冲击吸收能量平均值分别为标准试样冲击吸收能量平均值的 75%或 50%,单个标准试样冲击吸收能量数值的要求应按 4.11b)的规定。
- d) 钢材标准中,钢材的冲击吸收能量平均值和侧膨胀值平均值高于表 1 规定的,其冲击吸收能量平均值和侧膨胀值平均值还应符合相应钢材标准的规定。
- e) 夏比冲击试样的侧膨胀值测定按 GB/T 229 的规定,冲击试样的侧膨胀值合格指标与冲击试样尺寸无关。
- f) 冲击试验温度为-40 °C~-100 °C 的低合金钢钢板和锻件可按 GB/T 229 测定转变温度 T_i (如:指定吸收能量值 47 J 确定的转变温度 T_{i47} 、指定吸收能量上平台的百分数 50%确定的转变温度 $T_{i50\%US}$ 、指定侧膨胀值 0.53 mm 确定的转变温度 $T_{i0.53}$ 或指定剪切断面率 50%确定的转变温度 $T_{i50\%SFA}$)。
- g) 钢板的冲击试验要求按第 5 章的相关规定。对 Q245R、Q345R 和 13MnNiMoR 钢板,如需进行-20 °C 冲击试验,应在设计文件中注明。如需提高钢板的冲击吸收能量指标和侧膨胀值,应在设计文件中规定。
- h) 钢管的冲击试验要求按第 6 章的相关规定。
- i) 钢锻件的冲击试验要求按第 7 章的相关规定。对 20、16Mn、20MnMo 和 20MnMoNb 钢锻件,如需进行-20 °C 冲击试验,应在设计文件中注明。如需提高钢锻件的冲击吸收能量指标和侧膨胀值,应在设计文件中规定。
- j) 非合金钢、低合金钢和耐热钢钢棒的冲击试验要求按第 8 章的相关规定。
- k) 焊接材料的冲击试验要求按第 9 章的相关规定。
- 4.12 钢材可按 GB/T 15970.1~GB/T 15970.9 或 GB/T 4157 进行应力腐蚀试验,也可按 GB/T 17897 进行点腐蚀试验,具体试验方法和合格指标应在设计文件中规定。
- 4.13 奥氏体-铁素体型不锈钢钢板、锻件和钢管应按 GB/T 13305 的规定进行相比例测定,金相组织应为奥氏体-铁素体,奥氏体含量应在 40%~60%(铁素体应在 60%~40%)。
- 4.14 对钢材有特殊技术要求时(如要求特殊冶炼方法、严格的化学成分、较高的冲击吸收能量指标或

侧膨胀值、附加保证高温屈服强度和抗拉强度、提高无损检测合格等级、增加力学性能检验率等),应在设计文件中规定。

4.15 主要受压元件使用的钢材中,未列入本文件,也未列入压力容器(承压设备)专用钢板国家标准、专用锻件行业标准、专用复合钢板行业标准的钢材,应按照 TSG 21 的规定进行技术评审后,钢材可用于制造压力容器。

注:压力容器(承压设备)专用钢板国家标准包括 GB/T 713.1、GB/T 713.2、GB/T 713.3、GB/T 713.4、GB/T 713.6 和 GB/T 713.7,专用锻件行业标准包括 NB/T 47008、NB/T 47009 和 NB/T 47010,专用复合钢板行业标准包括 NB/T 47002.1、NB/T 47002.2、NB/T 47002.3 和 NB/T 47002.4。

4.16 主要受压元件使用的钢材(奥氏体型不锈钢钢材除外),未列入本文件,但已列入压力容器(承压设备)专用钢板国家标准、专用锻件行业标准、专用复合钢板行业标准的,材料研制单位应制定企业标准并且按照相关规定向社会公示,提供必要的材料数据(包括化学成分、拉伸性能、疲劳试验数据、断裂韧性以及其他满足该材料使用范围要求的相应性能参数)。材料应经压力容器用材料(钢板、锻件)型式试验机构的试验验证,证明其各项性能指标满足本文件要求的,可用于制造压力容器。

4.17 对本文件中标准抗拉强度下限值大于 540 MPa 或者用于设计温度低于 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的合金钢钢板及锻件(奥氏体型不锈钢钢材除外),材料制造单位首次制造时应同时满足 a) 和 b) 的要求,证明其各项性能指标满足本文件要求的,可用于制造压力容器。

a) 钢材制造单位应向钢材使用单位提供材料焊接性试验报告和焊后热处理工艺等技术资料,并且根据设计需要提供钢材高温短时拉伸性能、疲劳试验数据、断裂韧性,以及确定落锤试验(DWT)、韧脆转变温度($T_{150\%US}$)结果的系列试验数据。对使用温度高于材料蠕变温度的,钢材制造单位应提供钢材的高温性能试验数据(屈服强度、持久强度、蠕变极限等)。

b) 钢材应经压力容器材料(钢板、锻件)型式试验机构的试验验证。

4.18 用于压力容器主要受压元件的钢板及锻件,已列入本文件但板材厚度或者锻件公称厚度超出本文件规定范围的,其各项性能应不低于本文件中已规定厚度范围内的最低要求。压力容器设计单位应提出上述钢材满足设计要求的材料订货技术条件,压力容器制造单位应进行材料复验,证明材料各项性能均符合合同牌号材料标准规定厚度范围内的最低要求和材料订货技术条件,可用于制造压力容器。

4.19 设计单位在选用符合本文件 4.15、4.16 和 4.18 规定的钢材时,应在设计文件中提供选材满足 TSG 21 基本安全要求的具体说明,包括材料的力学性能、物理性能、工艺性能和与介质相容性等,同时提出具体的材料订货技术条件,明确压力容器制造、使用、检验等相关技术要求,并且对设计选材负责。

4.20 选用符合 4.15、4.16 和 4.18 规定的钢材用于压力容器主要受压元件时,压力容器制造单位应对其进行化学成分(按炉号)、力学性能(按批号)的验证性复验,复验结果经监督检验机构确认合格后,可以投料使用,材料复验报告应纳入产品质量证明文件。

4.21 主要受压元件使用的钢材,已列入本文件但未列入压力容器(承压设备)专用钢板国家标准、专用锻件行业标准、专用复合钢板行业标准、钢管国家标准或者行业标准的钢材(符合 4.3 规定的钢材除外)以及境外牌号钢材的使用规定,其技术要求应按附录 A 的规定。

4.22 压力容器制造或现场组焊单位对受压元件用钢材的代用,应取得原设计单位的书面批准,并在竣工图上做详细记录。

4.23 钢材纳入本文件应满足的技术要求按附录 B 的规定。

4.24 各钢材的许用应力按 TSG 21 和 GB/T 150.1 确定,各钢材的许用应力应按表 C.1~表 C.8 的规定。各钢材许用应力表中间温度的许用应力可用内插法求得。

4.25 Q235 系列钢板的使用规定应按附录 D 的规定。

4.26 钢材的高温屈服强度见附录 E 中表 E.1~表 E.8、高温持久强度极限平均值见表 E.9~表 E.12、弹性模量见表 E.13、平均线膨胀系数见表 E.14。

4.27 高合金钢牌号近似对照见附录 F 中表 F.1。

5 钢板

5.1 非合金钢和合金钢钢板

5.1.1 GB/T 713.1、GB/T 713.2、GB/T 713.3、GB/T 713.4 和 GB/T 713.6 中钢板的使用状态、厚度、使用温度上限及许用应力按表 C.1 的规定。

5.1.2 表 C.1 中所有用连铸坯或钢锭轧制的钢板，压缩比应不小于 3.0，用定向凝固钢坯轧制的钢板，压缩比应不小于 2.4。用电渣重熔钢坯轧制的钢板，压缩比应不小于 2.0。

5.1.3 钢板制造单位交货的钢板应按表 C.1 中的使用状态进行供货。

5.1.4 下列非合金钢和低合金钢钢板，应在正火状态下使用：

- a) 用于多层容器内筒的 Q245R、GB/SA516 Gr 485 和 Q345R；
- b) 用于壳体厚度大于 36 mm 的 Q245R、GB/SA516 Gr 485 和 Q345R；
- c) 用于其他受压元件（法兰、管板、平盖等）厚度大于 60 mm 的 Q245R、GB/SA516 Gr485 和 Q345R；
- d) 厚度大于 50 mm 的 Q345R 钢板，其正火加回火状态可代替正火状态。

5.1.5 下列非合金钢和合金钢钢板应逐热处理张进行拉伸和 V 型缺口冲击试验（冲击试验温度按照相应钢板标准）：

- a) 调质热处理钢板；
- b) 多层容器的内筒钢板；
- c) 壳体厚度大于 60 mm 的钢板。

5.1.6 对厚度大于 36 mm 调质状态、厚度大于 80 mm 正火或正火加回火状态的壳体用钢板可增加一组在厚度 1/2 处取样的冲击试验，冲击试验温度按照相应钢板标准的规定，冲击性能指标应符合表 1 的规定。GB/T 713.1、GB/T 713.2、GB/T 713.3、GB/T 713.4 和 GB/T 713.6 中 1/2 处取样的冲击性能指标高于表 1 规定的，还应符合相应钢材标准的规定。

5.1.7 对厚度大于 50 mm 调质状态、厚度大于 100 mm 正火或正火加回火状态的壳体用钢板，应规定较严格的冲击试验要求，设计文件可选用下列方法：

- a) 冲击试验温度按照相应钢板标准的规定，冲击性能指标高于相应钢板标准的规定；
- b) 冲击试验温度低于相应钢板标准规定的试验温度，冲击性能指标符合相应钢板标准的规定。

5.1.8 对设计温度低于 -20 ℃ 且厚度大于 36 mm 调质状态的钢板和设计温度低于 -40 ℃ 且厚度大于 40 mm 的正火或正火加回火状态的钢板可增加落锤试验(DWT)。试验按 GB/T 6803 进行，采用 P-2 型试样，无塑性转变温度(NDTT)不高于相应钢板标准规定的冲击试验温度加 15 ℃。

5.1.9 壳体用钢板（不包括多层压力容器的层板）应按表 2 的规定逐张进行超声检测，超声检测方法和质量分级按 NB/T 47013.3 的规定。

表 2 壳体用钢板超声检测要求

钢板	钢板厚度 mm	容器使用条件	质量等级
Q245R GB/SA516 Gr485 Q345R GB/SA537 Cl 1	>30~36	无限制条件	不低于Ⅲ级
	>36	无限制条件	不低于Ⅱ级

表 2 壳体用钢板超声检测要求（续）

钢板	钢板厚度 mm	容器使用条件	质量等级
Q370R	>25	无限制条件	不低于Ⅱ级
Q420R、Q460R	>5		
Mn-Mo 系	>25		
Cr-Mo 系（含 GB/SA387 Gr12 Cl 2）	>25		
Cr-Mo-V 系	>25		
16MnDR	>20	无限制条件	不低于Ⅰ级
15MnNiNbDR	>20		
Q420DR、Q460DR	>5		
13MnNiDR	>20		
09MnNiDR	>20		
08Ni3DR、07Ni5DR	>20		
11MnNiMoDR	>12	无限制条件	不低于Ⅰ级
06Ni7DR、06Ni9DR	>12		
Q490R、Q490DRL1	>16		
Q490DRL2	>16		
Q490RW	>12		
Q580R、Q580DR	>16		
多层压力容器内筒钢板	≥12	无限制条件	不低于Ⅰ级
所有牌号	≥12	盛装毒性危害程度为极度危害、高度危害介质；在湿 H ₂ S 腐蚀环境中使用（不包括多层压力容器的层板）	不低于Ⅱ级
所有牌号	≥12	设计压力大于或者等于 10 MPa（不包括多层压力容器的层板）	不低于Ⅱ级

5.1.10 用于设计温度高于 350 ℃ 的 Q370R、18MnMoNbR、13MnNiMoR 和 12Cr2Mo1VR 钢板，可按批进行设计温度下的高温拉伸试验（测定屈服强度和抗拉强度），试验按 GB/T 228.2 进行，其高温屈服强度值见表 E.1。

5.1.11 压力容器受压元件用钢板，其使用温度下限按表 3 的规定。

表 3 钢板的使用温度下限

牌号	钢板厚度 mm	使用状态	冲击试验要求	使用温度下限 ℃
中常温用钢板				
Q245R	<6	热轧、正火轧制、正火	免冲击试验	—20
	6~12		0 ℃ 冲击	—20
	>12~16			—10

表 3 钢板的使用温度下限（续）

牌号	钢板厚度 mm	使用状态	冲击试验要求	使用温度下限 ℃
中常温用钢板				
Q245R	>16~250	热轧、正火轧制、正火	0℃冲击	0
	>12~250		-20℃冲击 ^a	-20
GB/SA516 Gr485	3~200	热轧、正火轧制、正火	0℃冲击	0
			-20℃冲击 ^a	-20
Q345R	<6	热轧、正火轧制、正火、 正火加回火	免冲击试验	-20
	6~20		0℃冲击	-20
	>20~25			-10
	>25~250			0
	>20~250		-20℃冲击 ^a	-20
GB/SA537 Cl 1	3~100	正火	0℃冲击	0
			-20℃冲击 ^a	-20
Q370R	6~100	正火	-20℃冲击	-20
Q420R	5~30	正火	-20℃冲击	-20
Q460R	5~20	正火	-20℃冲击	-20
18MnMoNbR	30~100	正火加回火	0℃冲击	0
13MnNiMoR	30~150	正火加回火	0℃冲击	0
			-20℃冲击 ^a	-20
15CrMoR	6~200	正火加回火	20℃冲击	20
GB/SA387 Gr12 Cl 2	6~150	正火加回火	20℃冲击	20
14Cr1MoR	6~200	正火加回火	20℃冲击	20
12Cr2Mo1R	6~200	正火加回火	20℃冲击	20
12Cr2Mo1VR	6~200	正火加回火	-20℃冲击	-20
12CrMo1VR	6~100	正火加回火	20℃冲击	20
Q490R	10~60	调质	-20℃冲击	-20
Q490RW	10~60	调质	-20℃冲击	-20
Q580R	10~60	调质	-20℃冲击	-20
低温用钢板				
16MnDR	6~120	正火、正火加回火	-40℃冲击	-40
Q420DR	5~30	正火、正火加回火	-40℃冲击	-40
Q460DR	5~20	正火、正火加回火	-40℃冲击	-40
15MnNiNbDR	10~60	正火、正火加回火	-50℃冲击	-50
13MnNiDR	6~100	正火、正火加回火	-60℃冲击	-60

表 3 钢板的使用温度下限（续）

牌号	钢板厚度 mm	使用状态	冲击试验要求	使用温度下限 ℃
低温用钢板				
09MnNiDR	6~80	正火、正火加回火	-70℃冲击	-70
	>80~120		-60℃冲击	-60
11MnNiMoDR	6~100	调质	-70℃冲击	-70
08Ni3DR	6~100	正火、正火加回火、调质	-100℃冲击	-100
07Ni5DR	6~50	正火、正火加回火、调质	-120℃冲击	-120
06Ni7DR	5~12	两次正火加回火、调质	-196℃冲击	-196
	>12~50	调质	-196℃冲击	-196
06Ni9DR	5~12	两次正火加回火、调质	-196℃冲击	-196
	>12~50	调质	-196℃冲击	-196
Q490DRL1	10~60	调质	-40℃冲击	-40
Q490DRL2	10~60	调质	-50℃冲击	-50
Q580DR	10~50	调质	-50℃冲击	-50
* 按供需双方协议。				

5.1.12 允许使用 ASME BPVC. II .A-2021 SA-516/SA-516M、ASME BPVC. II .A-2021 SA-537/SA-537M、ASME BPVC. II .A-2021 SA-387/SA-387M 中的 SA516 Gr485(GB/SA516 Gr485)、SA537 Cl 1 (GB/SA537 Cl 1)和 SA387 Gr12 Cl 2(GB/SA387 Gr12 Cl 2)钢板,其使用状态、厚度和使用温度范围、许用应力分别按表 C.1 中相应规定,钢板的超声检测要求、使用温度下限应分别符合表 2、表 3 的规定,钢板质量证明书中 C 含量、P 含量、S 含量,断后伸长率(A)、KV₂ 值等指标还应分别满足本文件对 Q345R、Q345R 和 15CrMoR 的相关要求。

5.2 高合金钢钢板和钢带

5.2.1 GB/T 713.7 中高合金钢钢板和钢带的统一数字代号、厚度、使用温度上限及许用应力应按表 C.2 的规定。

5.2.2 表 C.2 中的所有钢板和钢带均应由经炉外精炼的钢轧制而成。用连铸坯或钢锭轧制的钢板其压缩比应不小于 3.0。

5.2.3 钢板和钢带的交货状态应按 GB/T 713.7 的相应规定。铁素体型不锈钢钢板和钢带以退火状态交货,奥氏体-铁素体型不锈钢钢板和钢带以及奥氏体型不锈钢钢板和钢带以固溶热处理状态交货。

5.2.4 GB/T 713.7 中热轧厚钢板、热轧钢板及钢带的尺寸精度分为厚度普通精度(代号 PT.A)和厚度较高精度(代号 PT.B)2 个等级,压力容器用钢板和钢带宜采用厚度普通精度,如需采用厚度较高精度时,应在设计文件中注明。

5.2.5 GB/T 713.7 中钢板的表面加工类型,热轧产品分为 1E(热轧、热处理、机械除氧化皮)和 1D(热轧、热处理、酸洗),冷轧产品分为 2D(冷轧、热处理、酸洗或除鳞)、2B(冷轧、热处理、酸洗或除鳞、光亮加工)和 BA(冷轧、光亮退火),设计文件中应注明钢板的表面加工类型。压力容器钢板的热轧产品宜采用 1D,冷轧产品宜采用 2B。

5.2.6 用于腐蚀环境中的奥氏体型不锈钢钢板、奥氏体-铁素体型不锈钢钢板应按 GB/T 4334 或者

GB/T 21433 进行晶间腐蚀试验,铁素体型不锈钢钢板应按 GB/T 31935 或 GB/T 32571 进行晶间腐蚀试验,评价指标应在设计文件中规定。

5.2.7 当使用温度高于 600 °C 时,统一数字代号为 S30409、S31609、S32169、S34779 的不锈钢钢板应按 GB/T 6394 进行晶粒度检验,平均晶粒度级别应为 3 级~7 级。

5.2.8 奥氏体-铁素体型不锈钢钢板的冲击试验结果应按 4.10b) 的规定。奥氏体型不锈钢钢板的冲击试验结果应按 GB/T 713.7 和 4.10b)、4.10c) 的规定。冲击试验其他要求应按 4.11b) 和 4.11c) 的规定。

5.2.9 用于壳体的钢板,使用温度下限按下列规定:

- a) 铁素体型不锈钢钢板为 0 °C;
- b) 奥氏体-铁素体型不锈钢钢板为 -40 °C;
- c) 奥氏体型不锈钢钢板为 -269 °C。

5.2.10 设计文件可按 GB/T 713.7 提出对奥氏体型不锈钢钢板附加检验 $R_{pl,0}$ 的要求,并用标准规定值按 GB/T 150.1 的规定确定钢板的许用应力。

5.3 复合板

5.3.1 不锈钢-钢复合板符合下列规定:

- a) 不锈钢-钢复合板的技术要求应按 NB/T 47002.1 的规定,对不计入强度计算的奥氏体型不锈钢覆材,可选用 GB/T 20878 中的钢材,其技术要求(如磷含量、硫含量,强度指标等)允许低于 GB/T 713.7 中化学成分相近牌号的规定(耐腐蚀性能除外);
- b) 不锈钢-钢复合板级别为 1 级或 2 级,未结合率应不大于 2%,设计文件中应注明不锈钢-钢复合板的级别;
- c) 不锈钢-钢复合板的使用温度范围应同时符合本文件对基材和覆材使用温度范围的规定(见 4.9、4.10);
- d) 不锈钢-钢复合板的复合界面的结合剪切强度应不小于 210 MPa。

5.3.2 镍-钢复合板符合下列规定:

- a) 镍-钢复合板的技术要求应符合 NB/T 47002.2 的规定;
- b) 镍-钢复合板级别为 1 级或 2 级,未结合率应不大于 2%,设计文件中应注明镍-钢复合板的级别;
- c) 镍-钢复合板的使用温度范围应同时符合本文件对基材和覆材使用温度范围的规定,其中基材的使用温度范围应符合 4.9 的规定,覆材的使用温度范围应符合 JB/T 4756 的规定;
- d) 镍-钢复合板的复合界面的结合剪切强度应不小于 210 MPa。

5.3.3 钛-钢复合板符合下列规定:

- a) 钛-钢复合板的技术要求应符合 NB/T 47002.3 的规定;
- b) 钛-钢复合板级别为 1 级或 2 级,未结合率应不大于 2%,设计文件中应注明钛-钢复合板的级别;
- c) 钛-钢复合板的使用温度下限应符合 4.9 对基材的规定,使用温度上限为 350 °C;
- d) 钛-钢复合板的复合界面的结合剪切强度应不小于 140 MPa。

5.3.4 铜-钢复合板符合下列规定:

- a) 铜-钢复合板的技术要求应符合 NB/T 47002.4 的规定;
- b) 铜-钢复合板级别为 1 级或 2 级,未结合率应不大于 2%,设计文件中应注明铜-钢复合板的级别;
- c) 铜-钢复合板的使用温度下限应符合 4.9 对基材的规定,使用温度上限为 200 °C;
- d) 铜-钢复合板的复合界面的结合剪切强度应不小于 100 MPa。

6 钢管

6.1 非合金钢和合金钢钢管

6.1.1 钢管标准、使用状态、壁厚、使用温度上限及许用应力按表 C.3 的规定。对壁厚大于 30 mm 的钢管和使用温度低于 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的钢管,表中的正火不应采用终轧温度符合正火温度的热轧来代替。

6.1.2 表 C.3 中用于设计温度低于 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的钢管用钢应采用电弧炉或氧气转炉加炉外精炼并经真空精炼处理,或采用电渣重熔法冶炼。

6.1.3 GB/T 8163 中 10、20 和 Q345D 钢管的使用规定如下。

- a) 钢管用钢应采用电弧炉或氧气转炉加炉外精炼并经真空处理。
- b) 不应用于管壳式换热器的换热管。
- c) 钢中硫含量应不大于 0.020%。
- d) 设计压力不大于 4.0 MPa。
- e) 外径不小于 76 mm 且壁厚不小于 6.5 mm 的 10、20 和 Q345D 钢管,应进行纵向冲击试验,冲击试验温度分别为 $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$,3 个标准试样的冲击吸收能量平均值分别不小于 34 J、34 J 和 41 J,1 个标准试样的最低值以及小尺寸试样的冲击吸收能量指标按 4.11b) 和 4.11c) 的规定,冲击试样应优先选用较大尺寸的试样。
- f) 10、20 和 Q345D 钢管的使用温度下限分别为 $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。
- g) 10、20 钢管壁厚不大于 10 mm, Q345D 钢管壁厚不大于 16 mm。
- h) 不应用于毒性危害程度为极度、高度危害的介质。
- i) 钢管应逐根进行液压试验。供需双方协议,也可按 GB/T 7735—2016 进行钢管(逐根)的涡流检测替代液压试验,对比样管人工缺陷应符合 GB/T 7735—2016 中验收等级 E4H 或 E4、E5 的规定。

6.1.4 GB/T 6479 中各牌号钢管的使用规定如下:

- a) 钢管用钢应采用电弧炉或氧气转炉加炉外精炼并经真空精炼处理或采用电渣重熔法冶炼;
- b) 外径不小于 76 mm 且壁厚不小于 6.5 mm 的 10、20、Q345D 和 Q345E 钢管,应分别进行 $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的纵向冲击试验,3 个标准试样的冲击吸收能量平均值分别不小于 40 J、40 J、41 J 和 47 J,1 个试样的最低值以及小尺寸试样的冲击吸收能量指标按 4.11b) 和 4.11c) 的规定,冲击试样应优先选用较大尺寸的试样;
- c) 10、20、Q345D 和 Q345E 钢管的使用温度下限分别为 $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- d) 供需双方协议,10、20 钢管可进行 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的纵向冲击试验,3 个标准试样的冲击吸收能量平均值不小于 40 J,此时 10、20 钢管的使用温度下限为 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- e) 外径不小于 76 mm 且壁厚不小于 6.5 mm 的 12CrMo、15CrMo、12Cr2Mo 和 12Cr5Mo 钢管,应进行 $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的纵向冲击试验,3 个标准试样的冲击吸收能量平均值分别不小于 47 J、47 J、60 J 和 47 J,1 个标准试样的最低值以及小尺寸试样的冲击吸收能量指标按 4.11b) 和 4.11c) 的规定,冲击试样应优先选用较大尺寸的试样;
- f) 钢管应逐根进行液压试验。供需双方协议,也可按 GB/T 7735—2016 进行钢管(逐根)的涡流检测替代液压试验,对比样管人工缺陷应符合 GB/T 7735—2016 中验收等级 E4H 或 E4、E5 的规定。

6.1.5 GB/T 9948 中各牌号钢管的使用规定如下:

- a) 钢管用钢应采用电弧炉或氧气转炉加炉外精炼并经真空精炼处理,或采用电渣重熔法冶炼;
- b) 外径不小于 76 mm 且壁厚不小于 6.5 mm 的 10 和 20 钢管,应进行纵向冲击试验,冲击试验温度分别为 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$,3 个标准试样的冲击吸收能量平均值不小于 40 J,1 个标准试样的

最低值以及小尺寸试样的冲击吸收能量指标按 4.11b)和 4.11c)的规定,冲击试样应优先选用较大尺寸的试样;

- c) 10 和 20 钢管的使用温度下限分别为-20 ℃和 0 ℃;
- d) 经供需双方协商,并在合同中注明,20 钢管可进行-20 ℃的纵向冲击试验,3 个标准试样的冲击吸收能量平均值不小于 40 J,此时 20 钢管的使用温度下限为-20 ℃;
- e) 外径不小于 76 mm 且壁厚不小于 6.5 mm 的 12CrMo、15CrMo、12Cr1MoV、12Cr2Mo 和 12Cr5MoI(I 为完全退火或等温退火)钢管,应进行 20 ℃的纵向冲击试验,3 个标准试样的冲击吸收能量平均值分别不小于 47 J、47 J、47 J、60 J 和 47 J,1 个标准试样的最低值以及小尺寸试样的冲击吸收能量指标按 4.11b)和 4.11c)的规定,冲击试样应优先选用较大尺寸的试样;
- f) 钢管应逐根进行液压试验;
- g) 供需双方协议,可按 GB/T 7735—2016 进行钢管(逐根)的涡流检测替代液压试验,对比样管人工缺陷应符合 GB/T 7735—2016 中验收等级 E4H 或 E4、E5 的规定。

6.1.6 GB/T 5310 中各牌号钢管的使用规定如下:

GB/T 5310 中的 20G、12CrMoG、15CrMoG 和 12Cr2MoG 钢管可分别代用 GB/T 6479 中的 20、12CrMo、15CrMo 和 12Cr2Mo 钢管,GB/T 5310 中的 20G、12CrMoG、15CrMoG、12Cr1MoVG 和 12Cr2MoG 钢管可分别代用 GB/T 9948 中的 20、12CrMo、15CrMo、12Cr1MoV 和 12Cr2Mo 钢管,但冲击吸收能量指标应符合 6.1.4 和 6.1.5 的规定。

6.1.7 使用温度低于-20 ℃的钢管,其牌号、化学成分、交货状态和拉伸性能应分别符合 GB/T 6479 和 NB/T 47019.1、NB/T 47019.4 的规定,其钢管标准、使用状态、壁厚、冲击试验温度、冲击吸收能量平均值和使用温度下限按表 4 的规定,1 个标准试样的最低值以及小尺寸试样的冲击吸收能量指标按 4.11b)和 4.11c)的规定。冲击试样应优先选用较大尺寸的试样。

表 4 钢管的壁厚、冲击试验和使用温度下限

牌号	钢管标准	使用状态	壁厚 mm	冲击试 验温度 ℃	3 个标准试样冲击吸收 能量平均值($\overline{KV_2}$) J	使用温度下限 ℃
Q345E	GB/T 6479	正火	≤50	-40	≥47	-40
	NB/T 47019.4		≤16			
09MnD	NB/T 47019.4	正火	≤16	-50	≥60	-50
09MnNiD	NB/T 47019.4	正火	≤16	-70	≥60	-70
08Ni3MoD	NB/T 47019.4	正火加回火	≤16	-100	≥60	-100

6.2 高合金钢钢管

6.2.1 钢管标准、壁厚、使用温度上限及许用应力按表 C.4 的规定。钢管的交货状态应按表 C.4 中相应钢管标准的规定。表 C.4 中,GB/T 13296、GB/T 14976、GB/T 21832.1、GB/T 21832.2、GB/T 21833.1 和 GB/T 21833.2 中牌号的统一数字代号应按 GB/T 20878 的规定。

6.2.2 GB/T 14976 中的钢管不应用于管壳式换热器的换热管。

6.2.3 GB/T 12771—2019 中的 I 类、II 类、III 类、IV 类(按制造方法和射线检测的分类代号)钢管允许使用,但不应用于管壳式换热器的换热管。设计图样上应注明所选钢管的分类代号和自动电熔焊接方法。I 类钢管的许用应力可选用 GB/T 14976 中相应牌号无缝钢管的许用应力,II 类、III 类、IV 类钢管的许用应力按表 C.4 中 GB/T 12771—2019 相应焊接钢管的许用应力。

I类、II类钢管应按照 NB/T 47013.2—2015 进行 100% 射线检测, III类、IV类钢管应按照 NB/T 47013.2—2015 进行不低于 20% 的局部(至少应包含两个管端)射线检测, 射线检测的结果评定和质量等级应不低于 NB/T 47013.2—2015 中 II 级的规定。

I类、II类、III类、IV类钢管应逐根进行液压试验。供需双方协议, 也可按 GB/T 7735—2016 进行钢管(逐根)的涡流检测替代液压试验, 对比样管人工缺陷应符合 GB/T 7735—2016 中验收等级 E4H 或 E4 的规定。

III类、IV类钢管的使用规定如下:

- a) 设计压力小于 10.0 MPa;
- b) 不应用于毒性危害程度为极度、高度危害的介质。

6.2.4 GB/T 21833.1、GB/T 21833.2 中钢管的使用规定如下。

- a) 应逐根进行液压试验。供需双方协议, 也可按 GB/T 7735—2016 进行钢管(逐根)的涡流检测替代液压试验, 对比样管人工缺陷应符合 GB/T 7735—2016 中验收等级 E4H 或 E4 的规定。
- b) 钢管应按照 GB/T 13305 进行相比例测定, 金相组织应为奥氏体-铁素体, 奥氏体含量应为 40%~60%。
- c) GB/T 21833.2 中钢管不应用于管壳式换热器的换热管。

6.2.5 GB/T 21832.1、GB/T 21832.2 中钢管的使用规定如下。

- a) 钢管应逐根进行液压试验。供需双方协议, 也可按 GB/T 7735—2016 进行钢管(逐根)的涡流检测替代液压试验, 对比样管人工缺陷应符合 GB/T 7735—2016 中验收等级 E4H 或 E4 的规定。
- b) 钢管应按照 GB/T 13305 进行相比例测定, 金相组织应为奥氏体-铁素体, 母材的奥氏体含量应为 40%~60%, 焊缝区域(含热影响区)的奥氏体含量应为 35%~65%。
- c) 设计压力小于 10.0 MPa。
- d) 不应用于毒性危害程度为极度、高度危害的介质。
- e) GB/T 21832.2 中钢管不应用于管壳式换热器的换热管。

6.2.6 GB/T 24593 中钢管的使用规定如下。

- a) 钢管应逐根进行液压试验。供需双方协议, 也可按 GB/T 7735—2016 进行钢管(逐根)的涡流检测替代液压试验, 对比样管人工缺陷应符合 GB/T 7735—2016 中验收等级 E4H 或 E4 的规定。
- b) 设计压力小于 10.0 MPa。
- c) 不应用于毒性危害程度为极度、高度危害的介质。

6.2.7 钢管的使用温度下限应按下列规定:

- a) 铁素体型钢管为 0 °C;
- b) GB/T 21833.1、GB/T 21833.2、GB/T 21832.1、GB/T 21832.2 中奥氏体-铁素体型双相不锈钢为 -40 °C;
- c) GB/T 13296、GB/T 14976、GB/T 12771 和 GB/T 24593 中奥氏体型不锈钢钢管为 -269 °C。

6.2.8 允许选用 GB/T 1220 中直径不大于 50 mm 的 S30403、S30408、S32168、S31603、S31608、S31703 和 S31008 钢棒制造接管。具体规定如下:

- a) 接管厚度不大于 10 mm;
- b) 接管应在固溶(或稳定化)处理状态下使用;
- c) 各牌号接管的许用应力可选用表 C.4 中 GB/T 14976 相应钢号的许用应力;
- d) 各牌号接管的使用温度下限为 -269 °C;
- e) 接管的硬度(或拉伸)试验、无损检测要求在设计文件中规定。

7 钢锻件

7.1 非合金钢和合金钢锻件

- 7.1.1 钢锻件标准、使用状态、公称厚度、使用温度上限及许用应力按表 C.5 的规定。
- 7.1.2 20MnNiMo、12Cr2Mo1V 和 12Cr3Mo1V 钢锻件用钢以及 NB/T 47009 中所有低温钢锻件用钢,均应采用炉外精炼加真空精炼处理。
- 7.1.3 钢锻件的类型和级别由设计文件规定,并应在图样上注明(在牌号后附级别符号,如 16MnⅡ、09MnNiDⅢ)。下列钢锻件应选用Ⅲ级或Ⅳ级锻件:
- a) 用作容器筒体、封头的筒形、环形、碗形锻件;
 - b) 公称厚度大于 200 mm 的合金钢锻件;
 - c) 标准抗拉强度下限值大于 540 MPa 且公称厚度大于 100 mm 的合金钢锻件;
 - d) 公称厚度大于 100 mm 的低温钢锻件;
 - e) 做疲劳分析的容器用锻件。
- 7.1.4 用于设计温度高于 350 ℃ 的 20MnMoNb、20MnNiMo、12Cr2Mo1V 和 12Cr3Mo1V 钢的Ⅲ级或Ⅳ级钢锻件,应按批(Ⅲ级)或逐件(Ⅳ级)进行设计温度下的高温拉伸试验(测定屈服强度和抗拉强度),其屈服强度值见表 E.5。
- 7.1.5 对于 12Cr2Mo1、12Cr2Mo1V 和 12Cr3Mo1V 钢锻件,设计文件应注明其化学成分和力学性能(包括模拟焊后热处理之后的性能)的特殊要求。
- 7.1.6 对于外购的第Ⅲ类容器用Ⅳ级锻件应按照相应的锻件标准进行复验。
- 7.1.7 钢锻件的使用温度下限按表 5 的规定。

表 5 钢锻件的使用温度下限

牌号	公称厚度 mm	冲击试验要求	使用温度下限 ℃
中常温用钢锻件			
20	≤300	0 ℃ 冲击	0
		−20 ℃ 冲击 ^a	−20
35	≤100	20 ℃ 冲击	0
	>100~300		20
16Mn	≤300	0 ℃ 冲击	0
		−20 ℃ 冲击 ^a	−20
08Cr2AlMo	≤200	20 ℃ 冲击	20
09CrCuSb	≤200	20 ℃ 冲击	20
20MnMo	≤850	0 ℃ 冲击	0
		−20 ℃ 冲击 ^a	−20
20MnMoNb	≤500	0 ℃ 冲击	0
		−20 ℃ 冲击 ^a	−20
20MnNiMo	≤500	−20 ℃ 冲击	−20
15NiCuMoNb	≤500	20 ℃ 冲击	20

表 5 钢锻件的使用温度下限（续）

牌号	公称厚度 mm	冲击试验要求	使用温度下限 ℃
中常温用钢锻件			
12CrMo	≤100	20 ℃ 冲击	20
15CrMo	≤500	20 ℃ 冲击	20
14Cr1Mo	≤500	20 ℃ 冲击	20
12Cr2Mo1	≤500	20 ℃ 冲击	20
12Cr2Mo1V	≤500	－20 ℃ 冲击	－20
12Cr3Mo1V	≤500	－20 ℃ 冲击	－20
12Cr1MoV	≤500	20 ℃ 冲击	20
12Cr5Mo	≤300	20 ℃ 冲击	20
10Cr9Mo1VNbN	≤300	20 ℃ 冲击	20
10Cr9MoW2VNbBN	≤300	20 ℃ 冲击	20
30CrMo	≤300	0 ℃ 冲击	0
35CrMo	≤500	0 ℃ 冲击	0
35CrNi3MoV	≤300	－20 ℃ 冲击	－20
		－40 ℃ 冲击 ^a	－40
36CrNi3MoV	≤300	－20 ℃ 冲击	－20
		－40 ℃ 冲击 ^a	－40
低温钢锻件			
16MnD	≤100	－45 ℃ 冲击	－45
	>100～300	－40 ℃ 冲击	－40
20MnMoD	≤300	－40 ℃ 冲击	－40
	>300～700	－30 ℃ 冲击	－30
08MnNiMoVD	≤300	－40 ℃ 冲击	－40
10Ni3MoVD	≤300	－50 ℃ 冲击	－50
09MnNiD	≤300	－70 ℃ 冲击	－70
08Ni3D	≤300	－100 ℃ 冲击	－100
06Ni9D	≤125	－196 ℃ 冲击	－196
^a 按供需双方协议。			

7.2 高合金钢锻件

7.2.1 钢锻件标准、公称厚度、使用温度上限及许用应力按表 C.6 的规定。钢锻件的交货状态应按 NB/T 47010 的规定。

7.2.2 高合金钢锻件用钢均应采用炉外精炼处理。

7.2.3 钢锻件的类型和级别由设计文件规定，并应在图样上注明（在牌号后附级别符号，如 S30408 II）。

用作容器筒体和封头的筒形、环形、碗形锻件应选用Ⅲ级或Ⅳ级锻件。

7.2.4 钢锻件的使用温度下限应按下列规定：

- a) 铁素体型不锈钢锻件为 0℃；
- b) 奥氏体-铁素体型不锈钢锻件为-40℃；
- c) 奥氏体型不锈钢锻件为-269℃。

8 螺柱(含螺栓)和螺母用钢棒

8.1 非合金钢、低合金钢和耐热钢钢棒

8.1.1 钢棒标准、使用状态、螺柱规格、使用温度上限及许用应力按表 C.7 的规定。

8.1.2 非合金钢 20 钢、35 钢螺柱用钢棒应符合 GB/T 699 的规定,螺柱用毛坯应进行正火热处理。

8.1.3 低合金钢螺柱用钢棒应符合 GB/T 3077 的规定,选用 40MnB、40MnVB、40Cr、30CrMo、35CrMo、35CrMoV、25Cr2MoV 和 40CrNiMo 时应选用高级优质钢(牌号后加“A”)或特级优质钢(牌号后加“E”),螺柱用毛坯应按表 6 的规定进行调质热处理。

表 6 非合金钢、低合金钢和耐热钢螺柱用钢棒的力学性能

牌号	热处理状态/调质 状态的回火温度 ℃	规格 mm	R_m MPa	$R_{eL}(R_{p0.2})$ MPa	A %	0℃冲击吸收能 量平均值($\overline{KV_2}$) J
20	正火	≤M22	≥410	≥245	≥25	≥41
		M24~M48	≥410	≥245		
35	正火	≤M22	≥530	≥315	≥20	≥47
		M24~M48	≥530	≥315		
40MnB	≥550	≤M22	≥805	≥685	≥14	≥54
		M24~M48	≥765	≥635		
40MnVB	≥550	≤M22	≥835	≥735	≥13	≥54
		M24~M48	≥805	≥685		
40Cr	≥550	≤M22	≥805	≥685	≥14	≥54
		M24~M48	≥765	≥635		
30CrMo	≥600	≤M22	≥700	≥550	≥16	≥60
		M24~M80	≥660	≥500		
35CrMo	≥560	≤M22	≥835	≥735	≥14	≥54
		M24~M80	≥805	≥685		
		M85~M105	≥735	≥590		
35CrMoV	≥630	M52~M105	≥835	≥735	≥13	≥54
		M110~M180	≥785	≥665		
25Cr2MoV	≥640	≤M48	≥835	≥735	≥14	≥54
		M52~M105	≥805	≥685		
		M110~M180	≥735	≥590		

表 6 非合金钢、低合金钢和耐热钢螺柱用钢棒的力学性能（续）

牌号	热处理状态/调质 状态的回火温度 ℃	规格 mm	R_m MPa	$R_{el.}(R_{p0.2})$ MPa	A %	0℃冲击吸收能 量平均值($\overline{KV_2}$) J
40CrNiMo	≥600	M52~180	≥930	≥825	≥13	≥60
12Cr5Mo (S45110)	≥650	≤M48	≥590	≥390	≥18	≥54
括号中的统一数字代号应按 GB/T 20878 的规定						

8.1.4 耐热(合金)钢 12Cr5Mo(S45110)螺柱用钢棒应符合 GB/T 1221 的规定,螺柱用毛坯应按表 6 的规定进行调质热处理。

8.1.5 正火热处理后的非合金钢、调质热处理后的低合金钢、调质热处理后的耐热钢钢棒(螺柱用毛坯)的拉伸(拉伸试验方法按 GB/T 228.1 的规定,拉伸试样采用 $d_0=10\text{ mm}$, $L_0=50\text{ mm}$ 的试样)和冲击试验结果应符合表 6 的规定,1 个标准试样的最低值以及小尺寸试样的冲击吸收能量指标按 4.11b) 的规定。

8.1.6 非合金钢、低合金钢和耐热钢螺柱的使用温度下限及相关技术要求应按下列规定。

- a) 20 钢螺柱为 -20℃, 35、40MnB、40MnVB 和 40Cr 钢螺柱为 0℃, 其他牌号螺柱为 -20℃。
- b) 当使用温度为 -20℃~-70℃时, 30CrMo 和 35CrMo 钢棒用钢, 其化学成分(熔炼分析)中磷含量应小于或等于 0.020%, 硫含量应小于或等于 0.010%。当使用温度为 -20℃~-50℃时, 40CrNiMo 钢棒用钢, 以及当使用温度为 -70℃~-100℃时, 30CrMo 钢棒用钢, 其化学成分(熔炼分析)中磷含量应小于或等于 0.015%, 硫含量应小于或等于 0.008%。
- c) 30CrMo、35CrMo 和 40CrNiMo 钢螺柱使用温度低于 -20℃时, 应进行使用温度下的低温冲击试验, 此时表 6 中的冲击试验温度由 0℃改为使用温度, 低温冲击吸收能量平均值指标按表 7 的规定。

表 7 低温螺柱用钢棒的冲击吸收能量指标

牌号	螺柱规格 mm	最低冲击试验温度 ℃	冲击吸收能量平均值($\overline{KV_2}$) J
30CrMo	≤M80	-100	≥54
35CrMo	≤M80	-70	≥54
40CrNiMo	M52~M80	-50	≥54

8.1.7 与螺柱用钢组合使用的螺母用钢可按表 8 选取, 也可选用有使用经验的其他螺母用钢。调质状态使用的螺母用钢其回火温度应高于组合使用的螺柱用钢的回火温度。

表 8 非合金钢、低合金钢和耐热钢螺母用钢

螺柱用钢牌号	螺母用钢			使用温度范围 ℃
	牌号	钢材标准	使用状态	
20	10、15	GB/T 699	正火	-20~350
35	20、25	GB/T 699	正火	0~350

表 8 非合金钢、低合金钢和耐热钢螺母用钢（续）

螺柱用钢牌号	螺母用钢			使用温度范围 ℃
	牌号	钢材标准	使用状态	
40MnB	40Mn、45	GB/T 699	正火	0～400
40MnVB	40Mn、45	GB/T 699	正火	0～400
40Cr	40Mn、45	GB/T 699	正火	0～400
30CrMo	40Mn、45	GB/T 699	正火	0～400
	30CrMo	GB/T 3077	调质	－100～500
35CrMo	40Mn、45	GB/T 699	正火	0～400
	30CrMo、35CrMo	GB/T 3077	调质	－70～500
35CrMoV	35CrMo、35CrMoV	GB/T 3077	调质	－20～425
25Cr2MoV	30CrMo、35CrMo	GB/T 3077	调质	－20～500
	25Cr2MoV	GB/T 3077	调质	－20～550
40CrNiMo	35CrMo、40CrNiMo	GB/T 3077	调质	－50～350
12Cr5Mo (S45110)	12Cr5Mo (S45110)	GB/T 1221	调质	－20～600
括号中的统一数字代号应按 GB/T 20878 的规定				

8.2 高合金钢钢棒

- 8.2.1 钢棒标准、使用状态、螺柱规格、使用温度上限及许用应力按表 C.8 的规定。
- 8.2.2 各牌号螺柱用钢棒应按批进行拉伸试验，同一牌号、同一冶炼炉号、同一断面尺寸、同一热处理制度、同期制造的钢棒（螺柱用毛坯）组成一批，每批抽取一件进行试验。试验要求和结果应符合 GB/T 1220 的规定。
- 8.2.3 高合金钢螺柱的使用温度下限按下列规定：
- a) 马氏体型不锈钢 S42020 螺柱为 0℃；
 - b) 奥氏体型不锈钢螺柱为－269℃。
- 8.2.4 与螺柱用钢组合使用的螺母用钢可按表 9 选取，也可选用有使用经验的其他螺母用钢。调质状态使用的螺母用钢，其回火温度应高于组合使用的螺柱用钢的回火温度。

表 9 高合金钢螺母用钢

螺柱用钢统一数字代号	螺母用钢			使用温度范围 ℃
	统一数字代号	钢材标准	使用状态	
S42020(20Cr13)	S42020	GB/T 1220	调质	0～400
S30408	S30408	GB/T 1220	固溶	－269～700
S31008	S31008	GB/T 1220	固溶	－269～800

表 9 高合金钢螺母用钢（续）

螺柱用钢统一数字代号	螺母用钢			使用温度范围 ℃
	统一数字代号	钢材标准	使用状态	
S31608	S31608	GB/T 1220	固溶	—269～700
S32168	S32168	GB/T 1220	固溶	—269～700
括号中的 20Cr13 为牌号				

8.2.5 固溶处理后经应变强化处理的 S30408 螺柱用钢棒应符合 GB/T 4226 的规定。同一冶炼炉号、同一断面尺寸、同一固溶处理制度、同一应变强化工艺的钢棒（螺柱用毛坯）组成一批，每批抽取一件进行试验。每件毛坯上取 1 个拉伸试样，3 个冲击试样（当需要时）。试样取样方向为纵向，试样的纵轴应靠近螺柱毛坯半径的 1/2 处。螺柱毛坯的力学性能应符合下列规定。

a) 螺柱毛坯的拉伸性能和螺柱的许用应力按表 10 的规定。

表 10 应变强化处理的螺柱用钢拉伸性能和许用应力

钢号	螺柱规格 mm	R_m MPa	$R_{p0.2}$ MPa	A %	≤100 ℃ 的许用应力 MPa
S30408	≤M22	≥800	≥600	≥13	171
	M24～M80	≥750	≥510	≥15	170

b) 使用温度低于－100 ℃时，螺柱用钢棒应进行使用温度下的低温冲击试验，3 个试样冲击吸收能量平均值 $KV_2 \geq 54$ J，1 个试样的最低值以及小尺寸试样的冲击吸收能量指标按 4.11b) 的规定。

8.3 螺柱无损检测要求

8.3.1 螺柱粗加工后（螺纹加工前），对规格大于或等于 M36 的螺柱应按 NB/T 47013.3 进行 100% 的超声检测，合格级别为Ⅰ级，同时应按 NB/T 47013.4 或 NB/T 47013.5 进行表面检测，线性缺陷磁迹和圆形缺陷磁迹质量等级均为Ⅰ级。

8.3.2 螺柱的螺纹宜采用滚制方法加工。螺纹加工后应按 NB/T 47013.4 或 NB/T 47013.5 进行表面检测，不应有任何裂纹显示和任何横向缺陷显示。

9 焊接材料

9.1 压力容器受压元件用焊接材料应符合 NB/T 47018.1～NB/T 47018.5 的规定。

9.2 压力容器受压元件用焊接材料，其熔敷金属的抗拉强度不宜低于钢材标准规定的下限值。

9.3 压力容器受压元件用材料，其熔敷金属冲击吸收能量不宜低于相应钢材标准的规定值。当冲击吸收能量低于相应钢材标准的规定值时，应按 NB/T 47014 的方法制作焊接试件，其焊缝金属冲击吸收能量指标应按表 1 的规定。

9.4 用于焊后热处理压力容器受压元件用焊接材料，其熔敷金属的焊后热处理保温温度宜与压力容器焊后热处理的保温温度相同，保温时间不少于压力容器制造过程中累计保温时间的 80%。

9.5 标准抗拉强度下限值大于 540 MPa 的钢材或使用温度低于－40 ℃的压力容器用焊接材料熔敷金属化学成分中磷含量应小于或等于 0.020%，硫含量应小于或等于 0.010%。

9.6 厚度大于 36 mm 的标准抗拉强度下限值大于 540 MPa 钢材用焊接材料的熔敷金属扩散氢含量不

大于 5 mL/100 g,熔敷金属扩散氢含量的测量按照 GB/T 3965 进行。

9.7 厚度大于 60 mm 的正火或正火加回火状态的钢材用焊接材料的熔敷金属可附加落锤试验,试验按 GB/T 6803 进行,采用 P-2 型试样,无塑性转变温度(*NDTT*)的合格指标在设计文件中规定。

9.8 对厚度大于 50 mm 调质状态、厚度大于 100 mm 正火或正火加回火状态的壳体用钢板,其产品焊接试件的焊接接头,应规定较严格的冲击试验要求,设计文件应选用下列 a)、b)之一:

a) 焊接接头(包括焊缝和热影响区)冲击试验温度按设计温度,冲击性能指标高于表 1 规定的最低要求;

b) 焊接接头(包括焊缝和热影响区)冲击试验温度低于设计温度,冲击性能指标应按表 1 的规定。

9.9 压力容器受压元件用焊接材料,其熔敷金属的高温拉伸性能、耐蚀(应力腐蚀)性能等不宜低于对钢材的相关规定。

9.10 焊接用保护气体应符合 GB/T 39255 的规定。

附录 A
(规范性)
钢材的补充规定

A.1 总体要求

A.1.1 本附录作为文件正文的补充,包括下列钢材:

- a) 已列入本文件但未列入压力容器(承压设备)专用钢板国家标准、专用锻件行业标准、钢管国家标准或者行业标准的钢材(5.1.12 中的钢材除外);
- b) 未列入本文件正文部分的钢材。

A.1.2 选用已列入本文件但未列入压力容器(承压设备)专用钢板国家标准、专用锻件行业标准、钢管国家标准或者行业标准的钢材(符合 4.3 规定的钢材除外),应符合本附录的规定。同时钢材研制单位在完成试验研究工作的基础上,应制定企业标准并且按照相关规定向社会公示,提供必要的材料数据(包括化学成分、拉伸性能、疲劳试验数据、断裂韧性以及其他满足该材料使用范围要求的相应性能参数)。钢材应经压力容器材料(钢板、锻件)型式试验机构的试验验证,证明各项性能指标能够满足本附录和相关压力容器材料标准要求的,方可用于制造压力容器。

A.1.3 选用境外牌号的钢材,应符合 TSG 21 的规定。

A.2 低合金钢钢管

A.2.1 08Cr2AlMo 钢管的技术要求如下:

- a) 钢的化学成分(熔炼分析)按表 A.1 的规定;

表 A.1 08Cr2AlMo 钢的化学成分

C/%	Si/%	Mn/%	P/%	S/%	Cr/%	Al/%	Mo/%
0.05~0.10	0.15~0.40	0.20~0.50	≤0.025	≤0.015	2.00~2.50	0.30~0.70	0.30~0.40

- b) 钢管以正火加回火热处理状态交货,回火温度不低于 680 °C;
- c) 钢管的力学性能按表 A.2 的规定;

表 A.2 08Cr2AlMo 钢管的力学性能

公称壁厚 mm	拉伸试验(纵向)		
	R_m MPa	R_{el} MPa	A %
≤16	400~540	≥250	≥25

- d) 钢管的分类、代号、尺寸、外形、重量、试验方法、检验规则、包装、标志和质量证明书均按 GB/T 9948 的规定。

A.2.2 09CrCuSb 钢管的技术要求如下。

- a) 钢的化学成分(熔炼分析)按表 A.3 的规定。

表 A.3 09CrCuSb 钢的化学成分

C/%	Si/%	Mn/%	P/%	S/%	Cr/%	Cu/%	Sb/%
≤0.12	0.20~0.40	0.35~0.65	≤0.025	≤0.015	0.70~1.10	0.25~0.45	0.04~0.10

- b) 钢管以正火热处理状态交货。
- c) 钢管的力学性能按表 A.4 的规定。

表 A.4 09CrCuSb 钢管的力学性能

公称壁厚 mm	拉伸试验(纵向)		
	R_m MPa	R_{eL} MPa	A %
≤16	390~550	≥245	≥25

- d) 钢管应进行耐腐蚀性能试验,每批在 2 根钢管上各取 1 个试样,每个试样为长 10 mm 的管段。在质量分数为 50%的 H_2SO_4 溶液中,70 °C ±2 °C 的恒温条件下浸泡 24 h。2 个试样腐蚀速率的平均值不大于 60 g/(m² · h)或 100 g/(m² · h),具体指标在订货合同中注明。
- e) 钢管的分类、代号、尺寸、外形、重量、试验方法、检验规则、包装、标志和质量证明书均按 GB/T 9948 的规定。

附录 B

(规范性)

钢材纳入本文件应满足的技术要求

B.1 一般规定

钢材纳入本文件应符合以下内容：

- a) 已经纳入压力容器(承压设备)专用钢材国家标准、行业标准的钢材；
- b) 未纳入国家标准、行业标准的,但有压力容器应用需求且具备一定工程应用经验的；
- c) 境外压力容器现行标准规范允许使用并且境外已经有实际使用经验的钢材,纳入本文件时应按照本附录执行。

B.2 文件和性能数据要求

B.2.1 文件要求

B.2.1.1 钢材纳入本文件应至少包括以下内容。

- a) 钢材所依据的标准、牌号、产品类型、交货状态和实际产品的化学成分、力学性能和工艺性能。
- b) 钢材的生产工艺文件至少包括:冶炼方法、制造方法、热处理工艺参数范围、交货状态、检验方法、合格指标和不同规格产品的常规力学性能等,以及与国内外类似材料技术要求的对比分析。
- c) 钢材的专项研究内容,包含焊接性能、焊后热处理工艺和冷热成形性能等。针对氢环境、高温氧化、特定腐蚀等特殊环境用材料,还需要提供相应的专项研究内容。

B.2.1.2 应建立钢材的生产工艺文件,内容包括钢材的冶炼、制造、化学成分、力学和工艺性能、表面质量、标记、检验和验收等要求。

B.2.1.3 钢材的推荐适用范围:产品的规格范围、使用温度范围、特定耐腐蚀的环境条件范围、高温蒸汽氧化条件、氢环境条件范围和相应的使用要求等。

B.2.2 性能数据的要求

B.2.2.1 炉号数量

应具有不少于 3 个炉号(至少 1 个炉号为工业化生产)材料相应数据。

B.2.2.2 化学成分设计(熔炼分析值,成品分析值)

应列出详细的化学成分,所规定化学成分上、下限,还应包括:与金相组织的关系(例如组织种类、沉淀相及其形态对析出物及其形貌、晶粒度和相组成的影响);热处理效果(例如强化机制及其稳定性);对力学性能等的影响。使用条件下对材料强度、延展性、韧性、可焊性和服役行为有显著影响的元素及其含量,应予以严格控制。

B.2.2.3 金相组织和热处理

应提供金相组织,且应提供能够获得该金相组织并满足力学性能要求及使用条件下的热处理参数(包括最高加热温度范围、加热速率范围、保温时间范围以及冷却速率范围)。

应提供与热处理相关的参数,包括提供连续冷却组织转变(CCT)曲线或等温(TTP)时间-温度析出图、相变点、主要相析出条件等。

如果服役条件或制造过程热处理的特定温度范围、冷却速率以及制造加工和热处理可能导致控制持久蠕变性能的显微组织发生显著变化,应提供金相组织稳定性和长期在高温下的性能演化规律。

B.2.2.4 常规力学性能

常规力学性能包括屈服强度($R_{eL}/R_{p0.2}$)、抗拉强度(R_m)、断后伸长率(A)、断面收缩率(Z)、硬度、弹性模量(E)、剪切强度(τ)、冲击吸收能量(KV_2)、侧膨胀值(LE)、无塑性转变温度($NDTT$)、应变时效敏感性系数。

若材料的使用温度超过 100 °C,则屈服强度、抗拉强度数据的试验温度范围应为:从室温开始,至最高使用温度以上 50 °C,试验温度间隔 50 °C。

B.2.2.5 物理性能数据

应提供材料热膨胀系数(瞬时、平均和线性)、导热系数和扩散系数、弹性模量、泊松比和密度等数据,应覆盖材料的最低到最高使用温度,各试验点温度间隔为 50 °C。

B.2.2.6 焊接接头性能数据

材料的焊接性试验结果,包括与时间无关的焊接接头强度和韧性数据,与时间相关的焊接接头高温强度数据等。若材料进行焊后消除应力热处理,则应提供相应试验结果。

材料对焊接方法和焊接位置的适用性、对应焊接方法和焊接位置所用焊接材料及其焊接参数的匹配性,典型规格材料所焊接的焊接接头的性能数据。性能数据包括熔敷金属、焊件(焊缝和热影响区)的强度、韧性数据。

为确认材料分类和组别号,还应提供相近的材料分类和组别号,以及材料的焊接工艺(WPS)和焊接工艺评定(PQR)数据。

B.2.2.7 附加要求

针对以下不同用途应满足的附加要求:

a) 高温(时间相关温度)服役专项要求

当材料使用条件将持久蠕变性能作为设计的控制因素时,应提供时间相关数据。

试验温度区间从比时间相关特性控制的温度低约 25 °C 开始,直至比最高使用温度高 50 °C。

对于金相组织稳定的材料(例如固溶强化材料),试验温度的间隔应不大于 50 °C;对于可能存在金相组织不稳定性、在预期服役温度范围内强度随温度下降明显的材料(例如沉淀强化材料),试验温度间隔应不大于 25 °C。

对每个炉号的每个试验温度,应至少进行 4 个不同应力的持久试验,且分布合理。其中,最短断裂时间应不小于 1 000 h,最长断裂时间应不少于 10 000 h(例如 1 000 h、2 200 h、5 000 h、10 000 h)。

应提供至少 3 个炉次的持久试验数据,包括施加应力、试验温度、断裂时间,以及伸长率或断面收缩率。提供测试后试样的宏观照片(例如氧化、颈缩、晶间断裂等),以及试样断口的宏观和微观形貌、显微照片等。

应提供至少 2 个炉次的蠕变试验数据,每个试验温度下至少 2 个试验应力的应变-时间曲线或最小蠕变速率(MCR)数据,每种材料至少一个应力的 MCR 低于 $3 \times 10^{-4} \%$ /h。

b) 高温服役条件对焊接数据的要求

若材料相配套的焊材已经列入现行的焊接材料国家标准或行业标准中,具有良好可焊性,且熔敷金属和焊接接头在预期服役温度下的强度不低于母材时,可不提供时间相关的数据。

若相关标准中没有与材料相匹配的焊材,则需提供以下试验数据。

- 1) 焊材熔敷金属的化学成分。若不同焊接工艺的熔敷金属的化学成分不同,则应提供适用于每个工艺的熔敷金属化学成分范围。
- 2) 至少进行 1 个批号焊材的焊接试板持久强度试验,其中,温度间隔不超过 100 °C,温度范围从时间相关特性控制的许用应力的开始温度到高于该材料最高使用温度 50 °C;
- 3) 每个温度下至少 4 个应力,断裂时间约为 1 000 h、2 500 h、4 500 h,以及 6 000 h 以上,包括试验温度、加载应力、断裂时间、试样尺寸和焊接接头位置、失效位置(母材、焊缝金属或热影响区)。

B.2.2.8 低温服役(使用温度低于 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$)的技术要求

如果材料的使用温度低于 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$,则应提供从室温($20\text{ }^{\circ}\text{C}$)至最低使用温度加 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的试验数据,试验的温度点不少于 8 个。包括系列温度冲击试验(包括冲击吸收能量、侧膨胀值)。还应提供相应的材料断裂韧性相关试验数据,包括预期的最低使用温度和材料厚度范围的试验结果。

B.2.2.9 外压载荷技术要求

应提供 3 个炉号的应力-应变曲线,温度范围从室温到高于最高使用温度加 $50\text{ }^{\circ}\text{C}$,以 $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ 为温度间隔,应力-应变数据应以图形和数字化表格数据的形式提供。试验的最大应变不小于 1.2% ,采样间隔应不大于 0.01% 应变。应力-应变数据应通过高精度引伸计获得,不应通过测量载荷-位移获得。

B.2.2.10 循环载荷技术要求

如果材料使用条件包括循环载荷工况,则应提供材料在设计温度范围内的疲劳设计(如 S-N 或 ϵ -N 曲线)和裂纹扩展速率曲线。疲劳曲线应覆盖 10^3 周次 $\sim 10^6$ 周次循环的数据。裂纹扩展速率曲线应覆盖 $10^{-5}\text{ mm/周}\sim 10^{-3}\text{ mm/周}$ 的试验数据,并给出 Paris 拟合公式和裂纹扩展速率门槛值。

B.2.2.11 其他试验数据

根据材料的使用条件,还应进行步冷试验、剥离试验、腐蚀试验、高温蒸汽氧化试验等。

附录 C
(规范性)
钢材的许用应力

非合金钢和合金钢板许用应力,高合金钢板许用应力,非合金钢和合金钢管许用应力,高合金钢管许用应力,高合金钢管管许用应力,非合金钢和合金钢锻件许用应力,高合金钢锻件许用应力,非合金钢、低合金钢、低合金钢和耐热钢螺栓许用应力,高合金钢螺栓许用应力见表 C.1~表 C.8。

表 C.1 非合金钢和合金钢板许用应力

牌 号	钢 板 标 准	使 用 状 态	厚 度 mm	室 温 强 度 指 标 下 限 值		在下列温度(℃)下的许用应力 MPa															
				R_m MPa	R_{el} MPa	≤20	100	150	200	250	300	350	400	425	450	475	500	525	550	575	600
Q245R	GB/T 713.2	热轧、正火 轧制、正火	3~16	400	245	148	147	140	131	117	108	98	91	85	61	41					
			>16~36	400	235	148	140	133	124	111	102	93	86	84	61	41					
			>36~60	400	225	148	133	127	119	107	98	89	82	80	61	41					
			>60~100	390	205	137	123	117	109	98	90	82	75	73	61	41					
			>100~150	380	185	123	112	107	100	90	80	73	70	67	61	41					
			>150~250	370	175	117	107	100	97	87	77	70	67	64	60	41					
Q345R	GB/T 713.2	热轧、正火 轧制、正火、 正火加回火	3~16	510	345	189	189	183	167	153	143	125	93	66	43						
			>16~36	500	325	185	183	170	157	143	133	125	93	66	43						
			>36~60	490	315	181	173	160	147	133	123	117	93	66	43						
			>60~100	490	305	181	167	150	137	123	117	110	93	66	43						
			>100~150	480	285	178	160	147	133	120	113	107	93	66	43						
			>150~250	470	265	174	163	143	130	117	110	103	93	66	43						
GB/SA 516 Gr485	ASME BPVC. Ⅱ.ASA-516M	热轧、正火 轧制、正火	3~200	485	260	173	163	153	143	130	117	110	103	93	66	43					

表 C.1 非合金钢和合金钢板许用应力 (续)

牌号	钢板 标准	使用 状态	厚度 mm	室温强度 指标下限值		在下列温度(℃)下的许用应力 MPa															
				R_m MPa	R_{el} MPa	≤20	100	150	200	250	300	350	400	425	450	475	500	525	550	575	600
GB/SA 537 Cl 1	ASME BPVC, II .ASA -537M	正火	≤60	485	340	173	163	153	143	130	117	110									
			>60~100	450	310	158	150	140	131	119	107	101									
Q370R	GB/T 713.2	正火	10~16	530	370	196	196	196	196	190	180	170	160								
			>16~36	530	360	196	196	196	193	183	173	163	153								
			>36~60	520	340	193	193	193	183	173	167	157	147								
			>60~100	510	330	189	189	187	177	167	163	153	143								
Q420R	GB/T 713.2	正火	6~20	590	420	219	219	219	219	203	187	177	167								
			>20~30	570	400	211	211	211	210	193	180	170	160								
Q460R	GB/T 713.2	正火	6~20	630	460	233	233	233	233	217	200										
18MnMoNbR	GB/T 713.2	正火加 回火	30~60	570	400	211	211	211	211	211	211	211	207	195	177	117					
			>60~100	570	390	211	211	211	211	211	211	211	203	192	177	117					
13MnNiMoR	GB/T 713.2	正火加回火	30~100	570	390	211	211	211	211	211	211	211	203								
			>100~150	570	380	211	211	211	211	211	211	211	200								
15CrMoR	GB/T 713.2	正火加 回火	6~60	450	295	167	167	167	160	150	140	133	126	123	119	118	88	58	37		
			>60~100	450	275	167	167	157	147	140	131	124	117	114	111	110	88	58	37		
			>100~200	440	255	163	157	147	140	133	123	117	110	107	104	102	88	58	37		
GB/SA387 Gr12 Cl.2	ASME BPVC, II .ASA-387M	正火加回火	≤150	450	275	163	157	147	140	133	123	117	110	107	104	102	88	58	37		
14Cr1MoR	GB/T 713.2	正火加回火	6~100	520	310	193	187	180	170	163	153	147	140	135	130	124	80	54	33		
			>100~200	510	300	189	180	173	163	157	147	140	133	130	127	121	80	54	33		

表 C.1 非合金钢和合金钢板许用应力 (续)

牌 号	钢 板 标 准	使 用 状 态	厚 度 mm	室 温 强 度 指 标 下 限 值		在 下 列 温 度 (℃) 下 的 许 用 应 力 MPa															
				R_m MPa	R_{el} MPa	≤20	100	150	200	250	300	350	400	425	450	475	500	525	550	575	600
12Cr2Mo1R	GB/T 713.2	正火加回火	6~200	520	310	193	187	180	173	170	167	163	160	157	153	128	89	64	45	30	
12Cr1MoVR	GB/T 713.2	正火加回火	6~60	440	245	163	150	140	133	127	117	111	105	103	100	98	95	82	59	41	
			>60~100	430	235	157	147	140	133	127	117	111	105	103	100	98	95	82	59	41	
12Cr2Mo1VR	GB/T 713.2	正火加回火	6~200	590	415	219	219	219	219	219	219	219	219	219	205	173	143	104	72		
16MnDR	GB/T 713.3	正火、正 火加回火	6~16	490	315	181	181	180	167	153	140	130									
			>16~36	470	295	174	167	157	143	130	120										
			>36~60	460	285	190	160	150	137	123	117										
			>60~100	450	275	167	157	147	133	120	113										
15MnNiNbDR	GB/T 713.3	正火、正 火加回火	>100~120	440	265	163	163	153	143	130	117	110									
			6~16	530	370	196	196	196	190	180											
			>16~36	530	360	196	196	193	183	173											
Q420DR	GB/T 713.3	正火、正 火加回火	>36~60	520	350	193	193	193	187	177	167										
			6~20	590	420	219	219	219	203	187											
Q460DR	GB/T 713.3	正火、正火 加回火	>20~30	570	400	211	211	211	210	193	180										
			6~20	630	460	233	233	233	217	200											
13MnNiDR	GB/T 713.3	正火、正火 加回火	5~36	490	345	181	181	181	181	173	160										
			>36~60	490	335	181	181	180	167	153											
			>60~100	490	325	181	181	181	173	160	147										

表 C.1 非合金钢和合金钢板许用应力 (续)

牌 号	钢 板 标 准	使 用 状 态	厚 度 mm	室 温 强 度 指 标 下 限 值		在下列温度(℃)下的许用应力 MP _a															
				R_m MPa	R_{el} MPa	≤20	100	150	200	250	300	350	400	425	450	475	500	525	550	575	600
09MnNiDR	GB/T 713.3	正火、正火 加回火	6~16	440	300	163	163	163	160	153	147	137									
			>16~36	430	280	159	159	157	150	143	137	127									
			>36~60	430	270	159	159	150	143	137	130	120									
			>60~120	420	260	156	156	147	140	133	127	117									
11MnNiMoDR	GB/T 713.3	调质	5~60	560	440	207	207	207	207	207	207										
			>60~80	560	400	207	207	207	207	207	207										
			>80~100	560	380	207	207	207	207	207	203										
08Ni3DR	GB/T 713.4	正火、正火 加回火、调质	6~60	490	320	181	181	181	181	180	167										
			>60~100	480	300	178	178	178	173	167	157										
			5~30	530	370	196	196	196	196	187	173	167	173								
07Ni5DR	GB/T 713.4	正火、正火 加回火、调质	>30~50	530	360	196	196	196	193	180	167										
06Ni7DR	GB/T 713.4	正火、正火 加回火、调质	5~30	680	560	252	252	252	252												
			>30~60	680	550	252	252	252	252												
06Ni9DR	GB/T 713.4	正火、正火 加回火、调质	5~30	680	560	252	252	252	252												
			>30~60	680	550	252	252	252	252												
Q490R	GB/T 713.6	调质	10~60	610	490	226	226	226	226	226	226										
Q490DRL1	GB/T 713.6	调质	10~60	610	490	226	226	226	226	226	226										
Q490DRL2	GB/T 713.6	调质	10~60	610	490	226	226	226	226	226	226										

表 C.1 非合金钢和合金钢板许用应力（续）

牌号	钢板 标准	使用 状态	厚度 mm	室温强度 指标下限值		在下列温度(℃)下的许用应力 MPa															
				R_m MPa	R_{el} MPa	≤20	100	150	200	250	300	350	400	425	450	475	500	525	550	575	600
Q490RW	GB/T 713.6	调质	10~60	610	490	226	226	226	226	226	226	226									
Q580R	GB/T 713.6	调质	10~60	690	580	256	256	256	256	256	256	256									
Q580DR	GB/T 713.6	调质	10~50	690	580	256	256	256	256	256	256	256									
注：空白栏表示材料不适用于此温度。																					

表 C.2 高合金钢板许用应力

统一数 字代号	钢板 标准	厚度 mm	室温强度 指标下限值		在下列温度(℃)下的许用应力 MPa																					
			R_m MPa	$R_{p0.2}$ MPa	≤ 20	100	150	200	250	300	350	400	450	500	525	550	575	600	625	650	675	700	725	750	775	800
S11306	GB/T 713.7	1.5~30	415	205	137	126	123	120	119	117	112	109														
S11348	GB/T 713.7	1.5~30	415	170	113	104	101	100	99	97	95	90														
S11972	GB/T 713.7	1.5~12	415	275	154	154	149	142	136	131	125	119														
S21953	GB/T 713.7	1.5~100	630	440	233	233	223	217	210	203	197															
S22153	GB/T 713.7	1.5~100	655	450	243	243	238	211	207	203																
S22253	GB/T 713.7	1.5~100	640	450	237	237	223	210	200																	
S22053	GB/T 713.7	1.5~100	620	450	230	230	223	210	200																	
S22294	GB/T 713.7	1.5~100	650	450	241	241	237	227	223																	
S23043	GB/T 713.7	1.5~100	600	400	222	222	210	203	200	197	187															
S25554	GB/T 713.7	1.5~100	760	550	281	281	281	277	270	267	267															

表 C.2 高合金钢板许用应力 (续)

统一数字代号	钢板标准	厚度 mm	室温强度 指标下限值		在下列温度(℃)下的许用应力 MPa																					
			R_m MPa	$R_{p0.2}$ MPa	≤20	100	150	200	250	300	350	400	450	500	525	550	575	600	625	650	675	700	725	750	775	800
S25073	GB/T 713.7	1.5~100	800	550	296	296	296	280	267	263	260															
S30408	GB/T 713.7	1.5~100	520	230	153	153	140	130	122	114	111	107	103	100	98	95	67	62	52	42	32	27				
					153	114	103	96	90	85	82	79	76	74	73	71	67	62	52	42	32	27				
S30403	GB/T 713.7	1.5~100	500	220	147	132	118	110	103	98	94	91	88													
					147	98	87	81	76	73	69	67	65													
S30409	GB/T 713.7	1.5~100	520	220	147	147	140	130	122	114	111	107	103	100	98	95	67	62	52	42	32	27				
					147	114	103	96	90	85	82	79	76	74	73	71	67	62	52	42	32	27				
S30450	GB/T 713.7	1.5~100	600	290	193	180	167	149	144	135	131	125	122	117	115	113	111	108								
					193	133	123	110	107	100	97	93	90	87	85	83	82	80								
S30458	GB/T 713.7	1.5~100	550	240	160	160	155	141	131	125	121	117	113	108	104	98	71	69	52	42						
					160	129	115	105	97	93	89	87	83	80	77	73	71	69	52	42						
S30453	GB/T 713.7	1.5~100	515	205	137	137	137	130	122	116	111	106	103	99												
					137	113	103	96	90	86	82	79	76	73												
S30478	GB/T 713.7	1.5~100	585	275	183	183	158	141	131	125	121	117	113	108												
					183	137	117	105	97	93	89	87	83	80												
S30859	GB/T 713.7	1.5~100	600	310	207	207	185	167	158	153	149	144	140	135	133	131	129	126								
					207	153	137	123	117	113	110	107	103	100	99	97	95	93								
S30908	GB/T 713.7	1.5~100	515	205	137	137	137	137	135	131	127	124	121	117	85	59	44	32								
					137	119	111	105	100	97	94	92	89	87	85	59	44	32								

表 C.2 高合金钢板许用应力 (续)

统一数字代号	钢板标准	厚度 mm	室温强度 指标下限值		在下列温度(℃)下的许用应力 MPa																					
			R_m MPa	$R_{p0.2}$ MPa	≤20	100	150	200	250	300	350	400	450	500	525	550	575	600	625	650	675	700	725	750	775	800
S31008	GB/T 713.7	1.5~100	520	205	137	137	137	137	134	130	125	122	119	115	114	112	109	61	43	31	23	19	15	12	10	8
					137	121	111	105	99	96	93	90	88	85	84	83	81	61	43	31	23	19	15	12	10	8
S31252	GB/T 713.7	1.5~100	655	310	207	207	203	190	179	172	167	165	163													
					207	167	151	141	133	127	124	122	121													
S31608	GB/T 713.7	1.5~100	520	220	147	147	145	134	125	118	113	111	109	107	106	105	76	73	65	50	38	30				
					147	117	107	99	93	87	84	82	81	79	79	78	76	73	65	50	38	30				
S31603	GB/T 713.7	1.5~100	520	210	140	132	117	108	100	95	90	86	84													
					140	98	87	80	74	70	67	64	62													
S31609	GB/T 713.7	1.5~100	515	220	147	147	145	134	125	118	113	111	109	107	106	105	77	75	66	50	39	30				
					147	117	107	99	93	87	84	82	81	79	78	78	77	75	66	50	39	30				
S31653	GB/T 713.7	1.5~100	515	205	137	137	137	131	122	115	110	104	100	97												
					137	116	105	97	91	85	81	77	74	72												
S31658	GB/T 713.7	1.5~100	550	240	160	160	160	160	155	148	140	135	130	126	124	122	84	80	65	51						
					160	141	131	122	115	109	104	100	97	93	92	91	84	80	65	51						
S31668	GB/T 713.7	1.5~100	520	205	137	137	137	134	125	118	113	111	109	107	106	105	76	73	65	50	38	30				
					137	117	107	99	93	87	84	82	81	79	79	78	76	73	65	50	38	30				
S31708	GB/T 713.7	1.5~100	520	205	137	137	137	134	125	118	113	111	109	107	106	105	76	73	65	50	38	30				
					137	117	107	99	93	87	84	82	81	79	79	78	76	73	65	50	38	30				
S31703	GB/T 713.7	1.5~100	520	205	137	137	137	134	125	118	113	111	109													
					137	117	107	99	93	87	84	82	81													

表 C.2 高合金钢板许用应力 (续)

统一数字代号	钢板标准	厚度 mm	室温强度 指标下限值		在下列温度(℃)下的许用应力																				
					MPa																				
			R_m MPa	$R_{p0.2}$ MPa	≤20	100	150	200	250	300	350	400	450	500	525	550	575	600	625	650	675	700	725	750	775
S32168	GB/T 713.7	1.5~100	520	205	137	137	137	130	122	114	111	108	105	103	102	100	58	44	33	25	18	13			
					137	114	103	96	90	85	82	80	78	76	75	74	58	44	33	25	18	13			
S32169	GB/T 713.7	1.5~100	515	205	137	137	137	137	135	128	122	119	115	113	112	111	78	59	46	37	29	23			
					137	123	114	107	100	95	91	88	85	84	83	82	78	59	46	37	29	23			
S34778	GB/T 713.7	1.5~100	515	205	137	137	137	137	137	135	131	127	125	125	123	120	77	58	40	30	23	16			
					137	126	118	111	105	100	97	94	93	93	91	89	77	58	40	30	23	16			
S34779	GB/T 713.7	1.5~100	515	205	137	137	137	137	137	135	131	127	125	125	123	120	119	77	70	54	42	32			
					137	126	118	111	105	100	97	94	93	93	91	89	88	77	70	54	42	32			
S35656	GB/T 713.7	1.5~100	650	355	237	237	234	207	198	185	167														
					237	197	173	153	147	137	123														
S39042	GB/T 713.7	1.5~100	490	220	147	147	147	147	144	131	122														
					147	137	127	117	107	97	90														

对于奥氏体型不锈钢钢板,同一统一数字代号钢板第一行的许用应力仅适用于允许产生微量永久变形之元件,不适用于法兰、平盖或其他有微量永久变形就引起泄漏或故障的场合

注:空白栏表示材料不适用于此温度。

表 C.3 非合金钢和合金钢管许用应力

牌号	钢管 标准	使用 状态	壁厚 mm	室温强度 指标下限值		在下列温度(℃)下的许用应力 MPa																
				R_m MPa	R_{el} MPa	≤20	100	150	200	250	300	350	400	425	450	475	500	525	550	575	600	
10	GB/T 8163	热轧、冷拔	≤16	335	205	124	121	115	108	98	89	82	75	70	61	41						
20	GB/T 8163	热轧、冷拔	≤16	410	245	152	147	140	131	117	108	98	88	83	61	41						
Q345D	GB/T 8163	正火	≤16	470	345	174	174	174	174	167	153	143	125	93	66	43						
10	GB/T 6479	正火	≤16	335	205	124	121	115	108	98	89	82	75	70	61	41						
			>16~40	335	195	124	117	111	105	95	85	79	73	67	61	41						
10	GB/T 9948	正火	≤60	335	205	124	121	115	108	98	89	82	75	70	61	41						
20	GB/T 6479	正火	≤16	410	245	152	147	140	131	117	108	98	88	83	61	41						
			>16~40	410	235	152	140	133	124	111	102	93	83	78	61	41						
			>40~80	410	225	150	133	127	117	105	97	88	79	74	61	41						
20	GB/T 9948	正火	≤80	410	245	152	147	140	131	117	108	98	88	83	61	41						
Q345D Q345E	GB/T 6479	正火	≤16	490	345	181	181	181	180	167	153	143	125	93	66	43						
			>16~40	490	335	181	181	181	177	160	147	137	125	93	66	43						
			>40~80	490	325	181	181	180	170	153	140	130	120	93	66	43						
12CrMo	GB/T 6479	正火加回火	≤16	410	205	137	121	115	108	101	95	88	82	80	79	77	74	50				
			>16~40	410	195	130	117	111	105	98	91	85	79	77	75	74	72	50				
12CrMo	GB/T 9948	正火加回火	≤60	410	205	137	121	115	108	101	95	88	82	80	79	77	74	50				
15CrMo	GB/T 6479	正火加回火	≤16	440	235	157	140	131	124	117	108	101	95	93	91	90	88	58	37			
			>16~40	440	225	150	133	124	117	111	103	97	91	89	87	86	85	58	37			
			>40~60	440	215	143	127	117	111	105	97	92	87	85	84	83	81	58	37			
15CrMo	GB/T 9948	正火加回火	≤80	440	235	157	140	131	124	117	108	101	95	93	91	90	88	58	37			

表 C.3 非合金钢和合金钢管许用应力 (续)

牌 号	钢 管 标 准	使 用 状 态	壁 厚 mm	室 温 强 度 指 标 下 限 值		在下列温度(℃)下的许用应力 MPa															
				R_m MPa	R_{el} MPa	≤20	100	150	200	250	300	350	400	425	450	475	500	525	550	575	600
12Cr1MoV	GB/T 9948	正火加回火	≤80	470	255	170	153	143	133	127	117	111	105	102	100	97	95	82	59	41	
12Cr2Mo	GB/T 6479	正火加回火	≤60	450	280	167	167	163	157	153	150	147	143	140	137	128	89	64	45	30	
	≤80																				
12Cr5Mo	GB/T 6479	退 火	≤16	390	195	130	117	111	108	105	101	98	95	93	91	83	62	46	35	26	18
			>16~40	405	195	130	111	105	101	98	95	91	88	86	85	82	62	46	35	26	18
12Cr5MoI	GB/T 9948	退 火	≤60	415	205	137	117	111	108	105	101	98	95	93	91	83	62	46	35	26	18
08Cr2AlMo	本文件附录 A	正 火	≤16	400	250	148	148	140	130	123	117										
09CrCuSb	本文件附录 A	正 火	≤16	390	245	144	144	137	127	120	113										
16MnD	NB/T 47019.4	正 火	≤16	490	325	181	181	181	170	153	140	130									
09MnD	NB/T 47019.4	正 火	≤16	420	270	156	156	150	143	130	120	110									
09MnNiD	NB/T 47019.4	正 火	≤16	440	280	163	163	157	150	143	137	127									
08Ni3MoD	NB/T 47019.4	正 火	≤16	450	260	167	157	153	147	140	130										
注：空白栏表示材料不适用于此温度。																					

表 C.4 高合金钢管管许可应力

统一数字代号	钢管标准	壁厚 mm	室温强度 指标下限值		在下列温度(℃)下的许用应力																			其他		
			R_m MPa	$R_{p0.2}$ MPa	MPa																					
					≤20	100	150	200	250	300	350	400	450	500	525	550	575	600	625	650	675	700	725		750	775
S11348	GB/T14976	≤30	415	170	113	104	101	100	99	97	95	90														
S11972	GB/T14976	≤30	415	275	154	154	149	142	136	131	125	119														
S41008	GB/T 13296	≤30	410	210	137	126	123	120	119	117	112	109														
	GB/T 14976																									
S30408	GB/T 13296	≤40	520	205	137	137	137	130	122	114	111	107	103	100	98	95	67	62	52	42	32	27				
	GB/T 14976	≤30			137	114	103	96	90	85	82	79	76	74	73	71	67	62	52	42	32	27				
S30403	GB/T 13296	≤40	480	175	117	117	117	110	103	98	94	91	88													
	GB/T 14976	≤30			117	98	87	81	76	73	69	67	65													
S30409	GB/T 13296	≤40	520	205	137	137	137	130	122	114	111	107	103	100	98	95	67	62	52	42	32	27				
	GB/T 14976	≤30			137	114	103	96	90	85	82	79	76	74	73	71	67	62	52	42	32	27				
S30458	GB/T 13296	≤40	550	240	160	160	155	141	131	125	121	117	113	108	104	98	71	69	52	42						
	GB/T 14976	≤30			160	129	115	105	97	93	89	87	83	80	77	73	71	69	52	42						
S30453	GB/T 13296	≤40	515	205	137	137	137	130	121	116	111	106	103	99												
	GB/T 14976	≤30			137	113	103	96	90	86	82	79	76	73												
S30478	GB/T 14976	≤30	585	275	183	183	158	141	131	125	121	117	113	108												
		183			137	117	105	97	93	89	87	83	80													
S30908	GB/T 13296	≤40	520	205	137	137	137	137	135	130	127	124	121	117	79	59	44	32								
	GB/T 14976	≤30			137	119	111	105	100	97	94	92	89	87	79	59	44	32								
S31008	GB/T 13296	≤40	520	205	137	137	137	137	134	130	125	122	119	115	114	112	109	61	43	31	23	19	15	12	10	8
	GB/T 14976	≤30			137	121	111	105	99	96	93	90	88	85	84	83	81	61	43	31	23	19	15	12	10	8

表 C.4 高合金钢管许用应力 (续)

统一数字代号	钢管标准	壁厚 mm	室温强度 指标下限值		在下列温度(℃)下的许用应力																				其他	
					MPa																					
			R_m MPa	$R_{p0.2}$ MPa	≤20	100	150	200	250	300	350	400	450	500	525	550	575	600	625	650	675	700	725	750		775
S31608	GB/T 13296	≤40	520	205	137	137	137	134	125	118	113	111	109	107	106	105	76	73	65	50	38	30				
	GB/T 14976	≤30			137	117	107	99	93	87	84	82	81	79	79	78	76	73	65	50	38	30				
S31603	GB/T 13296	≤40	480	175	117	117	117	108	100	95	90	86	84													
	GB/T 14976	≤30			117	98	87	80	74	70	67	64	62													
S31609	GB/T 13296	≤40	515	205	137	137	137	134	125	118	113	111	109	107	106	105	77	75	65	50	38	30				
	GB/T 14976	≤30			137	117	107	99	93	87	84	82	81	79	78	78	77	75	65	50	38	30				
S31653	GB/T 13296	≤40	515	205	137	137	137	131	122	115	110	104	100	97												
	GB/T 14976	≤30			137	116	105	97	91	85	81	77	74	72												
S31658	GB/T 13296	≤40	550	275	160	160	160	160	155	148	140	135	130	126	124	122	84	80	65	51						
	GB/T 14976	≤30			160	141	131	122	115	109	104	100	97	93	92	91	84	80	65	51						
S31668	GB/T 13296	≤40	530	205	137	137	137	134	125	118	113	111	109	107												
	GB/T 14976	≤30			137	117	107	99	93	87	84	82	81	79												
S39042	GB/T13296	≤40	490	220	147	147	147	147	144	131	122															
		≤30			147	137	127	117	107	97	90															
S31703	GB/T 13296	≤40	480	175	117	117	117	117	117	117	113	111	109													
	GB/T 14976	≤30			117	117	107	99	93	87	84	82	81													
S31708	GB/T 13296	≤40	520	205	137	137	137	134	125	118	113	111	109	107	106	105	76	73	65	50	38	30				
	GB/T 14976	≤30			137	117	107	99	93	87	84	82	81	79	78	78	76	73	65	50	38	30				
S32168	GB/T 13296	≤40	520	205	137	137	137	130	122	114	111	108	105	103	101	100	58	44	33	25	18	13				
	GB/T 14976	≤30			137	114	103	96	90	85	82	80	78	76	75	74	58	44	33	25	18	13				

表 C.4 高合金钢管许用应力 (续)

统一数字代号	钢管标准	壁厚 mm	室温强度 指标下限值		在下列温度(℃)下的许用应力																			其他				
			R _m MPa	R _{p0.2} MPa	MPa																							
					≤20	100	150	200	250	300	350	400	450	500	525	550	575	600	625	650	675	700	725		750	775	800	
S32169	GB/T 13296	≤40	520	205	137	137	137	137	135	128	122	119	115	113	112	111	78	59	46	37	29	23						
	GB/T 14976	≤30			137	123	114	107	100	95	91	88	85	84	83	82	78	59	46	37	29	23						
S34778	GB/T 13296	≤40	520	205	137	137	137	137	137	135	131	127	125	125	123	120	77	58	40	30	23	16						
	GB/T 14976	≤30			137	126	118	111	105	100	97	94	93	93	91	89	77	58	40	30	23	16						
S34779	GB/T 13296	≤40	520	205	137	137	137	137	137	135	131	127	125	125	123	120	112	77	70	54	42	32						
	GB/T 14976	≤30			137	126	118	111	105	100	97	94	93	93	91	89	88	77	70	54	42	32						
S21953	GB/T 21833.1 GB/T 21833.2	≤30	630	440	233	233	223	217	210	203	197																	
S22253	GB/T 21833.1 GB/T 21833.2	≤30	620	450	230	230	230	230	223	217	210																	
S22053	GB/T 21833.1 GB/T 21833.2	≤30	620	450	230	230	230	230	223	217	210																	
S23043	GB/T 21833.1 GB/T 21833.2	≤30	600	400	222	222	210	203	200	197	187																	
S25554	GB/T 21833.1 GB/T 21833.2	≤30	760	550	281	281	281	277	270	267	267																	
S25073	GB/T 21833.1 GB/T 21833.2	≤30	800	550	296	296	296	280	267	263	260																	
S11348	GB/T 12771	≤28	415	170	96	88	86	85	84	82	81	77																●
S11972	GB/T12771	≤28	415	275	131	131	127	121	116	111	106	101																●

表 C.4 高合金钢管许用应力 (续)

统一数字代号	钢管标准	壁厚 mm	室温强度 指标下限值		在下列温度(℃)下的许用应力																				其他		
			R_m MPa	$R_{p0.2}$ MPa	MPa																						
					≤20	100	150	200	250	300	350	400	450	500	525	550	575	600	625	650	675	700	725	750		775	800
S30408	GB/T 12771	≤28	515	205	116	116	116	111	104	97	94	91	87	85	83	81	55	53	44	36	27	23					●
	GB/T 24593	≤8			116	97	88	82	77	72	70	67	65	63	62	60	55	53	44	36	27	23					●
S30403	GB/T 12771	≤28	480	175	99	99	99	94	88	83	80	77	75														●
	GB/T 24593	≤8			99	83	74	69	65	62	59	57	55														●
S30409	GB/T 12771	≤28	515	205	116	116	116	111	104	97	94	91	87	85	83	81	55	53	44	36	27	23					●
	GB/T 24593	≤8			116	97	88	82	77	72	70	67	65	63	62	60	55	53	44	36	27	23					●
S30458	GB/T 12771	≤28	550	240	136	136	132	120	111	106	103	99	96	92	88	83	60	59	44	36							●
	GB/T 24593	≤8			136	110	98	89	82	79	76	74	71	68	65	62	60	59	44	36							●
S30453	GB/T 12771	≤28	515	205	116	116	116	111	103	99	94	90	88	84													●
	GB/T 24593	≤8			116	96	88	82	77	73	70	67	65	62													●
S30908	GB/T 12771	≤28	515	205	116	116	116	116	115	111	108	105	103	99	67	50	37	27									●
	GB/T 24593	≤8			116	101	94	89	85	82	80	78	76	74	67	50	37	27									●
S31008	GB/T 12771	≤28	515	205	116	116	116	116	114	111	106	104	101	98	97	95	93	52	36	26	20	16	13	10	9	7	●
	GB/T 24593	≤8			116	103	94	89	84	82	79	77	75	72	71	70	69	52	36	26	20	16	13	10	9	7	●
S31608	GB/T 12771	≤28	515	205	116	116	116	114	107	100	96	94	93	91	90	89	65	62	55	43	32	26					●
	GB/T 24593	≤8			116	99	91	84	79	74	71	70	69	67	67	66	65	62	55	43	32	26					●
S31603	GB/T 12771	≤28	480	175	99	99	99	92	85	81	77	73	71														●
	GB/T 24593	≤8			99	83	74	68	63	60	57	54	53														●
S31609	GB/T 12771	≤28	515	205	116	116	116	114	106	100	96	94	93	91	90	89	65	64	55	43	32	26					●
					116	99	91	84	79	74	71	70	69	67	66	66	65	64	55	43	32	26					●

表 C.4 高合金钢管许用应力 (续)

统一数字代号	钢管标准	壁厚 mm	室温强度 指标下限值		在下列温度(℃)下的许用应力 MPa																		其他					
			R_m MPa	$R_{p0.2}$ MPa	≤20	100	150	200	250	300	350	400	450	500	525	550	575	600	625	650	675	700		725	750	775	800	
S31653	GB/T 12771	≤28	515	205	116	116	116	111	104	98	94	88	85	82														●
	GB/T 24593	≤8			116	99	89	82	77	72	69	65	63	61														●
S31658	GB/T 12771	≤28	550	240	136	136	136	136	132	126	119	115	111	107	105	104	71	68	55	43								●
	GB/T 24593	≤8			136	119	111	104	98	93	88	85	82	79	78	77	71	68	55	43								●
S31668	GB/T 12771	≤28	515	205	116	116	116	114	106	100	96	94	93	91														●
	GB/T 24593	≤8			116	99	91	84	79	74	71	70	69	67														●
S31782	GB/T 12771	≤28	490	220	125	125	125	125	122	111	104																	●
	GB/T 24593	≤8			125	116	108	99	91	82	77																	●
S32168	GB/T 12771	≤28	515	205	116	116	116	111	104	97	94	92	89	88	86	85	49	37	28	21	15	11						●
	GB/T 24593	≤8			116	97	88	82	77	72	70	68	66	65	64	63	49	37	28	21	15	11						●
S32169	GB/T 12771	≤28	515	205	116	116	116	116	115	109	104	101	98	96	95	94	66	49	39	31	25	20						●
					116	105	97	91	85	81	77	75	72	71	71	70	66	49	39	31	25	20						
S34778	GB/T 12771	≤28	515	205	116	116	116	116	116	115	111	108	106	106	105	102	65	49	34	26	20	14					●	
	GB/T 24593	≤8			116	107	100	94	89	85	82	80	79	79	77	76	65	49	34	26	20	14					●	
S34779	GB/T 12771	≤28	515	205	116	116	116	116	116	115	111	108	106	106	105	102	95	65	60	46	36	27					●	
	GB/T 24593	≤8			116	107	100	94	89	85	82	80	79	79	77	76	75	65	60	46	36	27					●	
S21953	GB/T 21832.1	≤8	630	440	198	198	190	184	179	173	167																	●
	GB/T 21832.2																											
S22253	GB/T 21832.1	≤8	620	450	196	196	196	196	190	184	179																	●
	GB/T 21832.2																											

表 C.4 高合金钢管许用应力 (续)

统一数字代号	钢管标准	壁厚 mm	室温强度 指标下限值		在下列温度(℃)下的许用应力																	其他			
					MPa																				
			R_m MPa	$R_{p0.2}$ MPa	≤20	100	150	200	250	300	350	400	450	500	525	550	575	600	625	650	675		700	725	750
S22053	GB/T 21832.1 GB/T 21832.2	≤8	655	485	196	196	196	196	190	184	179														●
S23043	GB/T 21832.1 GB/T 21832.2	≤8	600	400	189	189	179	173	170	167	159														●
S25554	GB/T 21832.1 GB/T 21832.2	≤8	760	550	239	239	239	238	227	218	210														●
S25073	GB/T 21832.1 GB/T 21832.2	≤8	800	550	252	252	252	238	227	218	210														●

对于奥氏体型不锈钢钢管,同一统一数字代号钢管第一行的许用应力仅适用于允许产生微量永久变形的钢管
注 1: “●”代表该行许用应力已乘以焊接接头系数 0.85。
注 2: 空白栏表示材料不适用于此温度。

表 C.5 非合金钢和合金钢锻件许用应力

牌 号	钢锻件 标准	使用 状态	公称厚度 mm	室温强度 指标下限值		在下列温度(℃)下的许用应力															其 他	
						MPa																
				R_m MPa	R_{el} MPa	≤20	100	150	200	250	300	350	400	425	450	475	500	525	550	575	600	
20	NB/T 47008	正火、正火 加回火	≤100	410	235	152	140	133	124	111	102	93	86	83	61	41						
			>100~200	400	225	148	133	127	119	107	98	89	82	80	61	41						
			>200~300	380	205	137	123	117	109	98	90	82	75	73	61	41						

表 C.5 非合金钢和合金钢锻件许用应力 (续)

牌 号	钢锻件 标准	使用 状态	公称厚度 mm	室温强度 指标下限值		在下列温度(℃)下的许用应力															其 他																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
				R_m MPa	R_{el} MPa	MPa																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
						≤20	100	150	200	250	300	350	400	425	450	475	500	525	550	575		600																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
35	NB/T 47008	正火、正火 加回火	≤100	510	265	177	157	150	137	124	115	105	98	85	61	41																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															

表 C.5 非合金钢和合金钢锻件许用应力 (续)

牌 号	钢锻件 标准	使用 状态	公称厚度 mm	室温强度 指标下限值		在下列温度(℃)下的许用应力																其 他
				R_m MPa	R_{el} MPa	MPa																
						≤20	100	150	200	250	300	350	400	425	450	475	500	525	550	575	600	
15CrMo	NB/T 47008	正火加回 火、调质	≤300 ＞300～500	480 470	280 270	178 174	170 163	160 153	150 143	143 137	133 127	127 120	120 113	117 110	113 107	110 103	88 88	58 58	37 37			
14Cr1Mo	NB/T 47008	正火加回 火、调质	≤300 ＞300～500	490 480	290 280	181 178	180 173	170 163	160 153	153 147	147 140	140 133	133 127	130 123	127 120	122 117	80 80	54 54	33 33			
12Cr2Mol	NB/T 47008	正火加回 火、调质	≤300 ＞300～500	510 500	310 300	189 185	187 183	180 177	173 170	170 167	167 163	163 160	160 157	157 153	147 143	128 128	89 89	64 64	45 45	30 30		
12Cr1MoV	NB/T 47008	正火加回 火、调质	≤300 ＞300～500	470 460	280 270	174 170	170 163	160 153	153 147	147 140	140 133	133 127	127 120	123 117	120 113	117 110	113 107	82 82	59 59	41 41		
12Cr2Mo1V	NB/T 47008	正火加回 火、调质	≤300 ＞300～500	590 580	420 410	219 215	219 215	219 215	219 215	219 215	219 215	219 215	219 215	219 215	205 205	173 173	143 143	104 104	72 72			
12Cr3Mo1V	NB/T 47008	正火加回 火、调质	≤300 ＞300～500	590 580	420 410	219 215	219 215	219 215	219 215	219 215	219 215	219 215	219 215	219 215	205 205							
12Cr5Mo	NB/T 47008	正火加回 火、调质	≤500	590	390	219	219	219	219	217	213	210	190	136	107	83	62	46	35	26	18	
10Cr9Mo1VNbN	NB/T 47008	正火加回 火、调质	≤300	585	415	217	217	217	217	217	217	217	217	217	217	215	204	153	102	81	62	
10Cr9MoW2VNbN	NB/T 47008	正火加回 火、调质	≤300	620	440	230	230	230	230	230	230	230	230	230	230	230	227	177	127	107	88	
30CrMo	NB/T 47008	正火加回 火、调质	≤300	620	440	230	230	230	230	230	230	223	213	205	197						●	

表 C.5 非合金钢和合金钢锻件许用应力 (续)

牌 号	钢锻件 标准	使用 状态	公称厚度 mm	室温强度 指标下限值		在下列温度(℃)下的许用应力 MPa														其 他			
				R_m MPa	R_{el} MPa	≤20	100	150	200	250	300	350	400	425	450	475	500	525	550		575	600	
35CrMo	NB/T 47008	调质	≤300	620	440	230	230	230	230	230	230	223	213	197	150	111	79	50					●
			>300~500	610	430	226	226	226	226	226	226	223	213	197	150	111	79	50					
35CrNi3MoV	NB/T 47008	正火加回 火、调质	≤300	1 070	960	396	396	396	396	396	396	396	396									●	
36CrNi3MoV	NB/T 47008	正火加回 火、调质	≤300	1 000	895	370	370	370	370	370	370	370	370									●	
16MnD	NB/T 47009	调质	≤100	480	305	178	178	167	150	137	123	117											
			>100~200	470	295	174	174	163	147	133	120	113											
			>200~300	450	275	167	167	157	143	130	117	110											
20MnMoD	NB/T 47009	调质	≤300	530	370	196	196	196	196	196	190	183											
			>300~500	510	350	189	189	189	189	187	180	173											
			>500~700	490	330	181	181	181	181	180	173	167											
08MnNiMoVD	NB/T 47009	调质	≤300	600	480	222	222	222	222	222	222												
10Ni3MoVD	NB/T 47009	调质	≤300	600	480	222	222	222	222	222	222												
09MnNiD	NB/T 47009	调质	≤200	440	280	163	163	157	150	143	137	127											
			>200~300	430	270	159	159	150	143	137	127	120											
08Ni3D	NB/T 47009	调质	≤300	460	260	170	157	153	147	140	127	120											
06Ni9D	NB/T 47009	调质	≤125	680	550	252	252	252	252	252	252												
注 1：“●”代表该类钢锻件不用于焊接结构。 注 2：空白栏表示材料不适用于此温度。																							

表 C.6 高合金钢锻件许用应力

统一数字 代号	钢锻件 标准	公称 厚度 mm	室温强度 指标下限值		在下列温度(℃)下的许用应力 MPa																					
			R_m MPa	$R_{p0.2}$ MPa																						
					≤20	100	150	200	250	300	350	400	450	500	525	550	575	600	625	650	675	700	725	750	775	800
S11306	NB/T 47010	≤150	410	205	137	126	123	120	119	117	112	109														
S11348	NB/T 47010	≤150	415	170	113	105	102	100	99	97	95	90														
S30408	NB/T 47010	≤150	520	220	147	147	140	130	122	114	111	107	103	100	98	95	67	62	52	42	32	27				
		>150~300	500		147	114	103	96	90	85	82	79	76	74	73	71	67	62	52	42	32	27				
S30403	NB/T 47010	≤150	480	210	140	132	118	110	103	98	94	91	88													
		>150~300	460		140	98	87	81	76	73	69	67	65													
S30409	NB/T 47010	≤150	520	220	147	147	140	130	122	114	111	107	103	100	98	95	67	62	52	42	32	27				
		>150~300	500		147	114	103	96	90	85	82	79	76	74	73	71	67	62	52	42	32	27				
S30453	NB/T 47010	≤150	520	205	137	137	137	130	122	116	111	106	103	99												
					137	113	103	96	90	86	82	79	76	73												
S30458	NB/T 47010	≤150	550	240	160	160	155	141	131	125	121	117	113	108	104	98	71	69	52	42						
					160	129	115	105	97	93	89	87	83	80	76	73	71	69	52	42						
S31008	NB/T 47010	≤150	520	205	137	137	137	137	134	130	125	122	119	115	114	112	109	61	43	31	23	19	15	12	10	8
		>150~300	500		137	121	111	105	99	96	93	90	88	85	84	83	81	61	43	31	23	19	15	12	10	8
S31252	NB/T 47010	≤300	650	300	200	200	199	185	176	168	164	161	159													
					200	163	147	137	130	125	121	119	118													
S31608	NB/T 47010	≤150	520	220	147	147	145	134	125	118	113	111	109	107	106	105	76	73	65	50	38	30				
		>150~300	500		147	117	107	99	93	87	84	82	81	79	78	78	76	73	65	50	38	30				

表 C.6 高合金钢锻件许用应力 (续)

统一数字 代号	钢锻件 标准	公称 厚度 mm	室温强度 指标下限值		在下列温度(℃)下的许用应力 MPa																							
					R_m MPa	$R_{p0.2}$ MPa	≤20	100	150	200	250	300	350	400	450	500	525	550	575	600	625	650	675	700	725	750	775	800
			S31603	NB/T 47010	≤150	480	210	140	132	117	108	100	95	90	86	84												
>150~300	460				140	98	87	80	74	70	67	64	62															
S31609	NB/T 47010	≤150	520	220	147	147	145	134	125	118	113	111	109	107	106	105	77	75	66	50	39	30						
		>150~300	500		147	117	107	99	93	87	84	82	81	79	78	78	77	75	66	50	39	30						
S31653	NB/T 47010	≤150	520	210	140	140	140	131	122	115	110	104	100	97														
					140	116	105	97	91	85	81	77	74	72														
S31658	NB/T 47010	≤150	550	240	160	160	160	160	155	148	140	135	131	126	124	122	84	80	65	51								
					160	141	131	122	115	109	104	100	97	93	92	91	84	80	65	51								
S31668	NB/T 47010	≤150	520	210	140	140	140	134	125	118	113	111	109	107	106	105	76	73	65	50	38	32						
		>150~300	500		140	117	107	99	93	87	84	82	81	79	78	78	76	73	65	50	38	32						
S31703	NB/T 47010	≤150	480	195	130	130	130	130	125	118	113	111	109															
		>150~300	460		130	117	107	99	93	87	84	82	81															
S32168	NB/T 47010	≤150	520	205	137	137	137	130	122	114	111	108	105	103	101	100	58	44	33	25	18	13						
		>150~300	500		137	114	103	96	90	85	82	80	78	76	75	74	58	44	33	25	18	13						
S32169	NB/T 47010	≤150	520	205	137	137	137	137	135	128	122	119	115	113	112	111	78	59	46	37	29	23						
					137	123	114	107	100	95	91	88	85	84	83	82	78	59	46	37	29	23						
S34778	NB/T 47010	≤150	520	205	137	137	137	137	137	135	131	127	125	125	123	120	77	58	40	30	23	16						
					137	126	118	111	105	100	97	94	93	93	91	89	77	58	40	30	23	16						
S34779	NB/T 47010	≤150	520	205	137	137	137	137	137	135	131	127	125	125	123	120	112	77	70	54	42	32						
		>150~300	500		137	126	118	111	105	100	97	94	93	93	91	89	88	77	70	54	42	32						

表 C.6 高合金钢锻件许用应力 (续)

统一数字 代号	钢锻件 标准	公称 厚度 mm	室温强度 指标下限值		在下列温度(℃)下的许用应力																						
					MPa																						
			R_m MPa	$R_{p0.2}$ MPa	≤20	100	150	200	250	300	350	400	450	500	525	550	575	600	625	650	675	700	725	750	775	800	
S39042	NB/T 47010	≤300	490	220	147	147	147	147	144	131	122																
					147	137	127	117	107	97	90																
S21953	NB/T 47010	≤150	590	390	219	210	200	193	187	180																	
S22253	NB/T 47010	≤150	620	450	230	230	230	230	223	217	210																
S22053	NB/T 47010	≤150	620	450	230	230	230	230	223	217	210																
S25554	NB/T 47010	≤150	760	550	281	281	281	279	271	269	267																
S23043	NB/T 47010	≤150	600	400	222	222	213	205	201	195	189																
S25073	NB/T 47010	≤150	800	550	296	296	296	280	269	264	262																
S51740	NB/T 47010	≤100	930	725	344	344	344	344	344	344	344																
对于奥氏体型不锈钢锻件,同一统一数字代号锻件第一行的许用应力仅适用于允许产生微量永久变形之元件,不适用于法兰、平盖或其他有微量永久变形就引起泄漏或故障的场合																											
注:空白栏表示材料不适用于此温度。																											

表 C.7 非合金钢、低合金钢和耐热钢螺栓许用应力

牌号	钢棒 标准	使用 状态	螺栓 规格 mm	室温强度 指标下限值		在下列温度(℃)下的许用应力																
				R_m MPa	R_{el} MPa	MPa																
						≤20	100	150	200	250	300	350	400	425	450	475	500	525	550	575	600	
20	GB/T 699	正火	≤M22	410	245	91	81	78	73	65	60	54										
			M24~M36	410	245	98	87	84	79	70	65	58										
35	GB/T 699	正火	≤M22	530	315	117	105	98	91	82	74	69										
			M24~M36	530	315	126	113	106	98	89	80	75										
40MnB	GB/T 3077	调质	≤M22	805	685	196	176	171	165	162	154	143	126									
			M24~M36	765	635	212	189	183	180	176	167	154	137									
40MnVB	GB/T 3077	调质	≤M22	835	735	210	190	185	179	176	168	157	140									
			M24~M36	805	685	228	206	199	196	193	183	170	154									
40Cr	GB/T 3077	调质	≤M22	805	685	196	176	171	165	162	157	148	134									
			M24~M36	765	635	212	189	183	180	176	170	160	147									
30CrMo	GB/T 3077	调质	≤M22	700	550	157	141	137	134	131	129	124	116	111	107	103	79					
			M24~M48	660	500	167	150	145	142	140	137	132	123	118	113	108	79					
35CrMo	GB/T 3077	调质	M52~M80	660	500	185	167	161	157	156	152	146	137	131	126	111	79					
			≤M22	835	735	210	190	185	179	176	174	165	154	147	140	111	79					
35CrMo	GB/T 3077	调质	M24~M48	805	685	228	206	199	196	193	189	180	170	162	150	111	79					
			M52~M80	805	685	254	229	221	218	214	210	200	189	180	150	111	79					
35CrMoV	GB/T 3077	调质	M85~M105	735	590	219	196	189	185	181	178	171	160	153	145	111	79					
			M52~M105	835	735	272	247	240	232	229	225	218	207	201								
35CrMoV	GB/T 3077	调质	M110~M180	785	665	246	221	214	210	207	203	196	189	183								

表 C.7 非合金钢、低合金钢和耐热钢螺栓许用应力（续）

牌号	钢棒 标准	使用 状态	螺栓 规格 mm	室温强度 指标下限值		在下列温度(℃)下的许用应力 MPa															
				R_m MPa	R_{el} MPa	≤ 20	100	150	200	250	300	350	400	425	450	475	500	525	550	575	600
25Cr2MoV	GB/T3077	调质	$\leq M22$	835	735	210	190	185	179	176	174	168	160	156	151	141	131	72	39		
			M24~M48	835	735	245	222	216	209	206	203	196	186	181	176	168	131	72	39		
			M52~M105	805	685	254	229	221	218	214	210	203	196	191	185	176	131	72	39		
			M110~M180	735	590	219	196	189	185	181	178	174	167	164	160	153	131	72	39		
40CrNiMo	GB/T3077	调质	M52~M180	930	825	306	291	281	274	267	257	244									
12Cr5Mo (S45110)	GB/T1221	调质	$\leq M22$	590	390	111	101	97	94	92	91	90	87	84	81	77	62	46	35	26	18
			M24~M48	590	390	130	118	113	109	108	106	105	101	98	95	83	62	46	35	26	18
注：空白栏表示材料不适用于此温度。																					

表 C.8 高合金钢螺栓许用应力

统一数 字代号	钢棒标准	使用 状态	螺栓 规格 mm	室温强度 指标下限值		在下列温度(℃)下的许用应力 MPa															
				R_m MPa	$R_{p0.2}$ MPa	≤20	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800
S42020	GB/T 1220	调质	≤M22	640	440	126	117	111	106	103	100	97	91								
			M24~M48	640	440	147	137	130	123	120	117	113	107								
S30408	GB/T 1220	固溶	≤M22	520	205	128	107	97	90	84	79	77	74	71	69	66	62	42	27		
			M24~M48	520	205	137	114	103	96	90	85	82	79	76	74	71	62	42	27		
S31008	GB/T 1220	固溶	≤M22	520	205	128	113	104	98	93	90	87	84	83	80	78	61	31	19	12	8
			M24~M48	520	205	137	121	111	105	99	96	93	90	88	85	83	61	31	19	12	8

表 C.8 高合金钢螺栓许用应力（续）

统一数字代号	钢棒标准	使用状态	螺栓规格 mm	室温强度指标下限值		在下列温度(℃)下的许用应力 MPa															
				R_m MPa	$R_{p0.2}$ MPa	≤ 20	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800
S31608	GB/T 1220	固溶	$\leq M22$	520	205	128	109	101	93	87	82	79	77	76	75	73	68	50	30		
			M24~M48	520	205	137	117	107	99	93	87	84	82	81	79	78	73	50	30		
S32168	GB/T 1220	固溶	$\leq M22$	520	205	128	107	97	90	84	79	77	75	73	71	69	44	25	13		
			M24~M48	520	205	137	114	103	96	90	85	82	80	78	76	74	44	25	13		
注：空白栏表示材料不适用于此温度。																					

附录 D
(规范性)
Q235 系列钢板的使用规定

- D.1 GB/T 3274—2017 中的 Q235B 和 Q235C 钢板的使用规定如下。
- a) 钢的化学成分(熔炼分析)应符合 GB/T 700 的规定,但钢板质量证明书中的磷含量应小于或等于 0.030%,硫含量应小于或等于 0.025%。
 - b) 厚度等于或大于 6 mm 的 Q235B、Q235C 钢板应分别进行 20℃、0℃ 横向试样的冲击试验,3 个标准试样的冲击吸收能量平均值 $KV_2 \geq 31$ J,冲击试验的其他要求应符合 GB/T 700 的规定。
 - c) 钢板应进行 180°弯曲试验,试样弯曲压头直径应符合 GB/T 700 的规定。
 - d) 容器的设计压力小于 1.6 MPa。
 - e) 使用温度:Q235B 钢板为 20℃~300℃;Q235C 钢板为 0℃~300℃。
 - f) 用于容器壳体的钢板厚度:Q235B 和 Q235C 不大于 16 mm。用于其他受压元件的钢板厚度:Q235B 不大于 30 mm,Q235C 不大于 40 mm。
 - g) 不应用于盛装毒性危害程度为极度危害或高度危害介质的容器。
- D.2 钢板厚度允许偏差按 GB/T 709 的规定。
- D.3 钢板的许用应力按表 D.1 的规定。

表 D.1 钢板的许用应力

牌号	厚度 mm	在下列温度(℃)下的许用应力 MPa					
		≤20	100	150	200	250	300
Q235B	3~16	116	113	108	99	88	81
	>16~30	116	108	102	94	82	75
Q235C	3~16	123	120	114	105	94	86
	>16~40	123	114	108	100	87	79

注: Q235B 钢板的许用应力已乘以质量系数 0.85,Q235C 钢板的许用应力已乘以质量系数 0.90。

附录 E
(资料性)

钢材的高温屈服强度、高温持久强度极限平均值、弹性模量和平均线膨胀系数

非合金钢和合金钢钢板屈服强度,高合金钢钢板规定塑性延伸强度,非合金钢和合金钢钢管屈服强度,高合金钢钢管规定塑性延伸强度,非合金钢和合金钢锻件屈服强度,高合金钢锻件规定塑性延伸强度,非合金钢、低合金钢和耐热钢螺柱屈服强度,高合金钢螺柱规定塑性延伸强度,非合金钢和低合金钢钢板高温持久强度极限平均值,非合金钢和合金钢钢管高温持久强度极限平均值,非合金钢和合金钢锻件高温持久强度极限平均值,低合金钢和耐热钢螺柱高温持久强度极限平均值,钢材弹性模量,钢材平均线膨胀系数见表 E.1~表 E.14。

表 E.1 非合金钢和合金钢钢板屈服强度

牌号	板厚 mm	在下列温度(℃)下的 R_{el} ($R_{p0.2}$) (不小于)									
		MPa									
		20	100	150	200	250	300	350	400	450	500
Q245R	3~16	245	220	210	196	176	162	147	137	127	
	>16~36	235	210	200	186	167	153	139	129	121	
	>36~60	225	200	191	178	161	147	133	123	116	
	>60~100	205	184	176	164	147	135	123	113	106	
	>100~150	185	168	160	150	135	120	110	105	95	
	>150~250	175	160	150	145	130	115	105	100	90	
Q345R	3~16	345	315	295	275	250	230	215	200	190	
	>16~36	325	295	275	255	235	215	200	190	180	
	>36~60	315	285	260	240	220	200	185	175	165	
	>60~100	305	275	250	225	205	185	175	165	155	
	>100~150	285	260	240	220	200	180	170	160	150	
	>150~250	265	245	230	215	195	175	165	155	145	
Q370R	10~16	370	340	320	300	285	270	255	240		
	>16~36	360	330	310	290	275	260	245	230		
	>36~60	340	310	290	275	260	250	235	220		
	>60~100	330	300	280	265	250	245	230	215		
Q420R	6~20	420	380	355	330	305	280	265	250		
	>20~30	400	365	340	315	290	270	255	240		
18MnMoNbR	30~60	400	375	365	360	355	350	340	310	275	
	>60~100	390	370	360	355	350	345	335	305	270	
13MnNiMoR	30~100	390	370	360	355	350	345	335	305		
	>100~150	380	360	350	345	340	335	325	300		

表 E.1 非合金钢和合金钢钢板屈服强度 (续)

牌号	板厚 mm	在下列温度(℃)下的 R_{el} ($R_{p0.2}$) (不小于)									
		MPa									
		20	100	150	200	250	300	350	400	450	500
15CrMoR	6~60	295	270	255	240	225	210	200	189	179	174
	>60~100	275	250	235	220	210	196	186	176	167	162
	>100~200	255	235	220	210	199	185	175	165	156	150
14Cr1MoR	6~100	310	280	270	255	245	230	220	210	195	176
	>100~200	300	270	260	245	235	220	210	200	190	172
12Cr2Mo1R	6~200	310	280	270	260	255	250	245	240	230	215
12Cr1MoVR	6~60	245	225	210	200	190	176	167	157	150	142
	>60~100	235	220	210	200	190	176	167	157	150	142
12Cr2Mo1VR	6~200	415	395	380	370	365	360	355	350	340	325
16MnDR	6~16	315	290	270	250	230	210	195			
	>16~36	295	270	250	235	215	195	180			
	>36~60	285	260	240	225	205	185	175			
	>60~100	275	250	235	220	200	180	170			
	>100~120	265	245	230	215	195	175	165			
15MnNiDR	6~16	325	300	280	260	240	220				
	>16~36	315	290	270	250	230	210				
	>36~60	305	280	260	240	220	200				
15MnNiNbDR	10~16	370	340	320	300	285	270				
	>16~36	360	330	310	290	275	260				
	>36~60	350	320	300	280	265	250				
Q420DR	6~20	420	380	355	330	305	280				
	>20~30	400	365	340	315	290	270				
Q460DR	6~20	460	420	390	355	325	300				
13MnNiDR	6~16	345	320	300	280	260	240				
	>16~36	335	310	290	270	250	230				
	>36~60	330	300	280	260	240	220				
09MnNiDR	6~16	300	275	255	240	230	220	205			
	>16~36	280	255	235	225	215	205	190			
	>36~60	270	245	225	215	205	195	180			
	>60~120	260	240	220	210	200	190	175			
11MnNiMoDR	6~60	440	415	400	385	370	355				
	>60~80	430	405	390	375	360	345				

表 E.1 非合金钢和合金钢钢板屈服强度（续）

牌号	板厚 mm	在下列温度(℃)下的 R_{eL} ($R_{p0.2}$) (不小于)									
		MPa									
		20	100	150	200	250	300	350	400	450	500
08Ni3DR	6~60	320	295	290	280	270	250				
	>60~100	300	275	270	260	250	235				
07Ni5DR	5~50	370	340	320	300	280	260				
06Ni7DR	5~30	560	530	500	470						
	>30~50	550	520	490	460						
06Ni9DR	5~30	560	530	500	470						
	>30~50	550	520	490	460						
Q490R	10~60	490	465	450	435	420	400				
Q490DRL1	10~60	490	465	450	435	420	400				
Q490DRL2	10~60	490	465	450	435	420	400				
Q490RW	10~60	490	465	450	435	420	400				
Q580R	10~60	580	550	530	510	490	470				
Q580DR	10~50	580	550	530	510	490	470				
注：空白栏表示材料不适用于此温度。											

表 E.2 高合金钢钢板规定塑性延伸强度

统一数字代号	板厚 mm	在下列温度(℃)下的 $R_{p0.2}$ (不小于)											
		MPa											
		20	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600
S11306	1.5~30	205	189	184	180	178	175	168	163				
S11348	1.5~30	170	156	152	150	149	146	142	135				
S11972	1.5~12	275	238	223	213	204	196	187	178				
S30408	1.5~100	230	171	155	144	135	127	123	119	114	111	106	
S30403	1.5~100	220	147	131	122	114	109	104	101	98			
S30409	1.5~100	220	171	155	144	135	127	123	119	114	111	106	101
S30450	1.5~100	290	200	185	170	160	150	145	140	135	130	125	120
S30458	1.5~100	240	194	172	157	146	139	134	130	125	120	109	
S30453	1.5~100	205	170	154	144	135	129	123	118	114	110		
S30478	1.5~100	275	205	175	157	146	139	134	130	125	120		
S30859	1.5~100	310	230	205	185	175	170	165	160	155	150	145	140
S30908	1.5~100	205	179	167	157	150	145	141	138	134	130		
S31008	1.5~100	205	181	167	157	149	144	139	135	132	128	124	121

表 E.2 高合金钢钢板规定塑性延伸强度（续）

统一数字代号	板厚 mm	在下列温度(℃)下的 $R_{p0.2}$ (不小于)											
		MPa											
		20	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600
S31252	1.5~100	310	250	226	211	199	191	186	183	181			
S31608	1.5~100	220	175	161	149	139	131	126	123	121	119	117	
S31603	1.5~100	210	147	130	120	111	105	100	96	93			
S31609	1.5~100	220	175	161	149	139	131	126	123	121	119	117	
S31658	1.5~100	240	212	196	183	172	164	156	150	145	140	136	
S31668	1.5~100	205	175	161	149	139	131	126	123	121	119	117	
S31653	1.5~100	205	174	158	146	136	128	122	116	111	108		
S31708	1.5~100	205	175	161	149	139	131	126	123	121	119	117	
S31703	1.5~100	205	175	161	149	139	131	126	123	121			
S32168	1.5~100	205	171	155	144	135	127	123	120	117	114	111	
S32169	1.5~100	205	184	171	160	150	142	136	132	128	126	123	122
S34778	1.5~100	205	189	177	166	157	150	145	141	139	139	133	
S34779	1.5~100	205	189	177	166	158	150	145	141	139	139	133	130
S35656	1.5~100	355	295	260	230	220	205	185					
S39042	1.5~100	220	205	190	175	160	145	135					
S21953	1.5~100	440	355	335	325	315	305	295					
S22153	>5~100	450	385	357	316	310	305						
S22253	1.5~100	450	395	370	350	335	325	315					
S22053	1.5~100	450	395	370	350	335	325	315					
S22294	>5~100	450	400	355	340	335	325	315					
S23043	1.5~100	400	340	315	305	300	295	280					
S25554	1.5~100	550	475	440	415	405	400	400					
S25073	1.5~100	550	480	445	420	400	395	390					
注：空白栏表示材料不适用于此温度。													

表 E.3 非合金钢和合金钢钢管屈服强度

牌号	壁厚 mm	在下列温度(℃)下的 $R_{p0.2}$ (R_{eL}) (不小于)										
		MPa										
		20	100	150	200	250	300	350	400	450	500	
10	≤16	205	181	172	162	147	133	123	113	98		
	>16~40	195	176	167	157	142	128	118	108	93		

表 E.3 非合金钢和合金钢钢管屈服强度（续）

牌号	壁厚 mm	在下列温度(℃)下的 $R_{p0.2}$ (R_{el}) (不小于)									
		MPa									
		20	100	150	200	250	300	350	400	450	500
20	≤16	245	220	210	196	176	162	147	132	117	
	>16~40	235	210	200	186	167	153	139	124	110	
	>40~80	225	200	190	176	158	145	132	118	105	
Q345D Q345E	≤16	345	315	295	275	250	230	215	200	190	
	>16~40	335	305	285	265	240	220	205	190	180	
	>40~80	325	295	275	255	230	210	195	180	170	
12CrMo	≤16	205	181	172	162	152	142	132	123	118	113
	>16~40	195	176	167	157	147	137	127	118	113	108
15CrMo	≤16	235	210	196	186	176	162	152	142	137	132
	>16~40	225	200	186	176	167	154	145	136	131	127
	>40~60	215	190	176	167	158	146	138	130	126	122
12Cr2Mo	≤40	280	255	245	235	230	225	220	215	205	194
12Cr5MoI	≤16	205	176	167	162	157	152	147	142	137	127
	>16~40	195	167	157	152	147	142	137	132	127	118
12Cr1MoV	≤40	255	230	215	200	190	176	167	157	150	142
08Cr2AlMo	≤16	250	225	210	195	185	175				
09CrCuSb	≤16	245	220	205	190	180	170				
16MnD	≤16	325	295	275	255	230	210	195	180	170	
09MnD	≤16	270	240	225	215	195	180	165			
09MnNiD	≤16	280	255	235	225	215	205	195			
08Ni3MoD	≤16	260	235	230	220	210	195				
注：空白栏表示材料不适用于此温度。											

表 E.4 高合金钢钢管规定塑性延伸强度

统一数字代号	在下列温度(℃)下的 $R_{p0.2}$ (不小于)											
	MPa											
	20	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600
S11348	170	156	152	150	149	146	142	135				
S11972	275	238	223	213	204	196	187	178				
S41008	210	189	184	180	178	175	168	163				
S30408	220	171	155	144	135	127	123	119	114	111	106	
S30403	175	147	131	122	114	109	104	101	98			

表 E.4 高合金钢钢管规定塑性延伸强度 (续)

统一数字代号	在下列温度(℃)下的 $R_{p0.2}$ (不小于)											
	MPa											
	20	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600
S30409	220	171	155	144	135	127	123	119	114	111	106	101
S30458	240	194	172	157	146	139	134	130	125	120	109	
S30453	205	170	154	144	135	129	123	118	114	110		
S30478	275	205	175	157	146	139	134	130	125	120		
S30908	205	179	167	157	150	145	141	138	134	130		
S31008	205	181	167	157	149	144	139	135	132	128	124	121
S31608	220	175	161	149	139	131	126	123	121	119	117	
S31603	210	147	130	120	111	105	100	96	93			
S31609	220	175	161	149	139	131	126	123	121	119	117	
S31658	240	212	196	183	172	164	156	150	145	140	136	
S31668	210	175	161	149	139	131	126	123	121	119	117	
S31653	205	174	158	146	136	128	122	116	111	108		
S31708	205	175	161	149	139	131	126	123	121	119	117	
S31703	205	175	161	149	139	131	126	123	121			
S32168	205	171	155	144	135	127	123	120	117	114	111	
S32169	205	184	171	160	150	142	136	132	128	126	123	122
S34778	205	189	177	166	157	150	145	141	139	139	133	
S34779	205	189	177	166	158	150	145	141	139	139	133	130
S39042	220	205	190	175	160	145	135					
S21953	440	355	335	325	315	305	295					
S22253	450	395	370	350	335	325	315					
S22053	450	395	370	350	335	325	315					
S23043	400	340	315	305	300	295	280					
S25554	550	475	440	415	405	400	400					
S25073	550	480	445	420	400	395	390					
注：空白栏表示材料不适用于此温度。												

表 E.5 非合金钢和合金钢锻件屈服强度

牌号	公称厚度 mm	在下列温度(℃)下的 R_{el} ($R_{p0.2}$) (不小于)											
		MPa											
		20	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600
20	≤100	235	210	200	186	167	153	139	129	121			
	>100~200	225	200	191	178	161	147	133	123	116			
	>200~300	205	184	176	164	147	135	123	113	106			
35	≤100	265	235	225	205	186	172	157	147	137			
	>100~300	245	225	215	200	181	167	152	142	132			
16Mn	≤100	305	275	250	225	205	185	175	165	155			
	>100~200	295	265	245	220	200	180	170	160	150			
	>200~300	275	250	235	215	195	175	165	155	145			
08Cr2AlMo	≤200	250	225	210	195	185	175						
09CrCuSb	≤200	245	220	205	190	180	170						
20MnMo	≤300	370	340	320	305	295	285	275	260	240			
	>300~500	350	325	305	290	280	270	260	245	225			
	>500~850	330	310	295	280	270	260	250	235	215			
20MnMoNb	≤300	470	435	420	405	395	385	370	355	335			
	>300~500	460	430	415	405	395	385	370	355	335			
20MnNiMo	≤500	450	420	405	395	385	380	370	355	335			
15NiCuMoNb	≤500	440	422	412	402	392	382	373	343	304			
12CrMo	≤100	255	193	187	181	175	170	165	159	150	140		
15CrMo	≤300	280	255	240	225	215	200	190	180	170	160		
	>300~500	270	245	230	215	205	190	180	170	160	150		
14Cr1Mo	≤300	290	270	255	240	230	220	210	200	190	175		
	>300~500	280	260	245	230	220	210	200	190	180	170		
12Cr2Mo1	≤300	310	280	270	260	255	250	245	240	230	215		
	>300~500	300	275	265	255	250	245	240	235	225	215		
12Cr1MoV	≤300	280	255	240	230	220	210	200	190	180	170		
	>300~500	270	245	230	220	210	200	190	180	170	160		
12Cr2Mo1V	≤300	420	395	380	370	365	360	355	350	340	325		
	>300~500	410	390	375	365	360	355	350	345	335	320		
12Cr3Mo1V	≤300	420	395	380	370	365	360	355	350	340	325		
	>300~500	410	390	375	365	360	355	350	345	335	320		
12Cr5Mo	≤500	390	355	340	330	325	320	315	305	285	255		
10Cr9MoVNbN	≤300	415	384	378	377	377	376	371	358	337	306	260	198

表 E.5 非合金钢和合金钢锻件屈服强度（续）

牌号	公称厚度 mm	在下列温度(℃)下的 R_{eL} ($R_{p0.2}$) (不小于)											
		MPa											
		20	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600
10Cr9MoW2VNbBN	≤300	440	420	412	405	400	392	382	372	360	340	300	248
30CrMo	≤300	440	400	380	370	360	350	335	320	295			
35CrMo	≤300	440	400	380	370	360	350	335	320	295			
	>300~500	430	395	380	370	360	350	335	320	295			
35CrNi3MoV	≤300	960	876	857	843	799	777	758	720				
36CrNi3MoV	≤300	895	814	796	783	774	761	742	714				
16MnD	≤100	305	275	250	225	205	185	175					
	>100~200	295	265	245	220	200	180	170					
	>200~300	275	250	235	215	195	175	165					
20MnMoD	≤300	370	340	320	305	295	285	275					
	>300~500	350	325	305	290	280	270	260					
	>500~700	330	310	295	280	270	260	250					
08MnNiMoVD	≤300	480	455	440	425	410	390						
10Ni3MoVD	≤300	480	455	440	425	410	390						
09MnNiD	≤200	280	255	235	225	215	205	190					
	>200~300	270	245	225	215	205	195	180					
08Ni3D	≤300	260	235	230	220	210	195	180					
06Ni9D	≤300	580	525	490	460	430	400						
注：空白栏表示材料不适用于此温度。													

表 E.6 高合金钢锻件规定塑性延伸强度

统一数字代号	公称厚度 mm	在下列温度(℃)下的 $R_{p0.2}$ (不小于)											
		MPa											
		20	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600
S11306	≤150	205	189	184	180	178	175	168	163				
S11348	≤150	170	158	153	150	149	146	142	135				
S30408	≤300	220	171	155	144	135	127	123	119	114	111	106	
S30403	≤300	210	147	131	122	114	109	104	101	98			
S30409	≤300	220	171	155	144	135	127	123	119	114	111	106	101
S30453	≤150	205	170	154	144	135	129	123	118	114	110		
S30458	≤150	240	194	172	157	146	139	132	130	125	120	109	
S31008	≤300	205	181	167	157	149	144	139	135	132	128	124	121

表 E.6 高合金钢锻件规定塑性延伸强度（续）

统一数字代号	公称厚度 mm	在下列温度(℃)下的 $R_{p0.2}$ (不小于)											
		MPa											
		20	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600
S31252	≤300	300	244	221	206	195	187	182	179	177			
S31609	≤300	220	175	161	149	139	131	126	123	121	119	117	
S31608	≤300	220	175	161	149	139	131	126	123	121	119	117	
S31603	≤300	210	147	130	120	111	105	100	96	93			
S31653	≤150	210	174	158	146	136	128	122	116	111	108		
S31658	≤150	240	212	196	183	172	164	156	150	145	140	136	
S31668	≤300	205	175	161	149	139	131	126	123	121	119	117	
S31703	≤300	195	175	161	149	139	131	126	123	121			
S32168	≤300	205	171	155	144	135	127	123	120	117	114	111	
S32169	≤150	205	184	171	160	150	142	136	132	128	126	123	122
S34778	≤150	205	189	177	166	157	150	145	141	139	139	133	
S34779	≤300	205	189	177	166	157	150	145	141	139	139	133	130
S39042	≤300	220	205	190	175	160	145	135					
S21953	≤150	390	315	300	290	280	270						
S22253	≤150	450	395	370	350	335	325						
S22053	≤150	450	395	370	350	335	325						
S25554	≤150	550	479	443	419	406	403	400					
S23043	≤150	400	340	319	308	301	293	283					
S25073	≤150	550	481	445	420	404	396	393					
S51740	≤100	725	666	641	620	603	588	575					
注：空白栏表示材料不适用于此温度。													

表 E.7 非合金钢、低合金钢和耐热钢螺柱屈服强度

牌号	螺栓规格 mm	在下列温度(℃)下的 R_{el} ($R_{p0.2}$) (不小于)										
		MPa										
		20	100	150	200	250	300	350	400	450	500	
20	≤M22	245	220	210	196	176	162	147				
	M24~M36	245	220	210	196	176	162	147				
35	≤M22	315	285	265	245	220	200	186				
	M24~M36	315	285	265	245	220	200	186				
40MnB	≤M22	685	620	600	580	570	540	500	440			
	M24~M36	635	570	550	540	530	500	460	410			

表 E.7 非合金钢、低合金钢和耐热钢螺柱屈服强度（续）

牌号	螺栓规格 mm	在下列温度(℃)下的 R_{eL} ($R_{p0.2}$) (不小于)									
		MPa									
		20	100	150	200	250	300	350	400	450	500
40MnVB	≤M22	735	665	645	625	615	590	550	490		
	M24~M36	685	615	600	585	575	550	510	460		
40Cr	≤M22	685	620	600	580	570	550	520	470		
	M24~M48	635	570	550	540	530	510	480	440		
30CrMo	≤M22	550	495	480	470	460	450	435	405	375	
	M24~M80	500	450	435	425	420	410	395	370	340	
35CrMo	≤M22	735	665	645	625	615	605	580	540	490	
	M24~M80	685	620	600	585	575	565	540	510	460	
	M85~M105	590	530	510	500	490	480	460	430	390	
35CrMoV	M52~M105	735	665	645	625	615	605	590	560	530	
	M110~M180	665	600	580	570	560	550	535	510	480	
25Cr2MoV	≤M48	735	665	645	625	615	605	590	560	530	480
	M52~M105	685	620	600	590	580	570	555	530	500	450
	M110~M180	590	530	510	500	490	480	470	450	430	390
40CrNiMo	M52~M180	825	785	760	740	720	695	660			
12Cr5Mo(S45110)	≤M48	390	355	340	330	325	320	315	305	285	255
注 1：括号中的数字代号是按照 GB/T 20878 的规定。											
注 2：空白栏表示材料不适用于此温度。											

表 E.8 高合金钢螺柱规定塑性延伸强度

统一数字代号	螺柱规格 mm	在下列温度(℃)下的 $R_{p0.2}$ (不小于)										
		MPa										
		20	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550
S42020	≤M48	400	410	390	370	360	350	340	320			
S30408	≤M48	205	171	155	144	135	127	123	119	114	111	106
S31008	≤M48	205	181	167	157	149	144	139	135	132	128	124
S31608	≤M48	205	175	161	149	139	131	126	123	121	119	117
S32168	≤M48	205	171	155	144	135	127	123	120	117	114	111
注：空白栏表示材料不适用于此温度。												

表 E.9 非合金钢和低合金钢钢板高温持久强度极限平均值

牌号	在下列温度(℃)下的 10 ⁵ h 的 R _D (不小于)								
	MPa								
	400	425	450	475	500	525	550	575	600
Q245R	—	127	91	61					
Q345R	188	140	99	64					
18MnMoNbR	—	—	265	176					
15CrMoR	—	—	—	—	132	87	56		
14Cr1MoR	—	—	—	—	120	81	49		
12Cr2Mo1R	—	—	—	192	133	96	68	45	
12Cr1MoVR	—	—	—	—	—	123	88	62	
12Cr2Mo1VR	—	—	308	260	215	156	108		
注 1: “—”表示在此温度下材料的许用应力不受高温持久强度极限平均值控制。									
注 2: 空白栏表示材料不适用于此温度。									

表 E.10 非合金钢和合金钢钢管高温持久强度极限平均值

牌号	在下列温度(℃)下的 10 ⁵ h 的 R _D (不小于)								
	MPa								
	400	425	450	475	500	525	550	575	600
10	—	—	91	61					
20	—	—	91	61					
Q345D、Q345E	188	140	99	64					
12CrMo	—	—	—	—	111	75			
15CrMo	—	—	—	—	—	87	56		
12Cr2Mo	—	—	—	192	133	96	68	45	
12Cr5Mo	—	—	—	125	93	69	53	39	27
12Cr1MoV	—	—	—	—	—	123	88	62	
注 1: “—”表示在此温度下材料的许用应力不受高温持久强度极限平均值控制。									
注 2: 空白栏表示材料不适用于此温度。									

表 E.11 非合金钢和合金钢锻件高温持久强度极限平均值

牌号	在下列温度(℃)下的 10 ⁵ h 的 R _D (不小于)								
	MPa								
	400	425	450	475	500	525	550	575	600
20	—	—	91	61					
35	—	127	91	61					

表 E.11 非合金钢和合金钢锻件高温持久强度极限平均值（续）

牌号	在下列温度(℃)下的 10 ⁵ h 的 R _D (不小于)								
	MPa								
	400	425	450	475	500	525	550	575	600
16Mn	—	140	99	64					
20MnMo	—	—	196	126	74				
20MnMoNb	—	—	265	176					
35CrMo	—	295	225	167	118	75			
12CrMo	—	—	—	—	116				
14Cr1Mo	—	—	—	—	120	81	50		
15CrMo	—	—	—	—	132	87	56		
12Cr2Mo1	—	—	220	192	133	96	68	45	
12Cr1MoV	—	—	—	—	—	123	89	61	
12Cr2Mo1V	—	—	308	260	215	156	108		
12Cr3Mo1V	—	—	308						
12Cr5Mo	285	204	160	125	93	69	53	39	27
10Cr9Mo1VNbN	—	—	—	—	—	230	153	121	93
10Cr9MoW2VNbBN	—	—	—	—	—	266	191	160	132
注 1：“—”表示在此温度下材料的许用应力不受高温持久强度极限平均值控制。									
注 2：空白栏表示材料不适用于此温度。									

表 E.12 低合金钢和耐热钢螺柱高温持久强度极限平均值

牌号	在下列温度(℃)下的 10 ⁵ h 的 R _D (不小于)								
	MPa								
	400	425	450	475	500	525	550	575	600
30CrMo	—	—	—	167	118				
35CrMo	—	—	225	167	118				
25Cr2MoV	—	—	—	—	196	108	59		
12Cr5Mo(S45110)	—	—	—	125	93	69	53	39	27
注 1：“—”表示在此温度下材料的许用应力不受高温持久强度极限平均值控制。									
注 2：空白栏表示材料不适用于此温度。									

表 E.13 钢材弹性模量

钢类	在下列温度下(℃)下的弹性模量(E) 10 ³ MPa																
	-196	-100	-40	20	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700
非合金钢、碳锰钢			205	201	197	194	191	188	183	178	170	160	149				
锰钼钢、镍钢	214	209	205	200	196	193	190	187	183	178	170	160	149				
铬(0.5%~2%)钼 (0.2%~0.5%)钢			208	204	200	197	193	190	186	183	179	174	169	164			
铬(2.25%~3%) 钼(1.0%)钢			215	210	206	202	199	196	192	188	184	180	175	169	162		
铬(5%~9%)钼 (0.5~1.0%)钢			218	213	208	205	201	198	195	191	187	183	179	174	168	161	
铬钢(12%~17%)			206	201	195	192	189	186	182	178	173	166	157	145	131		
奥氏体钢(Cr18Ni8~ Cr25Ni26)	209	203	199	195	189	186	183	179	176	172	169	165	160	156	151	146	140
奥氏体-铁素体钢 (Cr18Ni5~Cr25Ni7)				200	194	190	186	183	180								
注：空白栏表示材料弹性模量在此温度下无数据资料。																	

表 E.14 钢材平均线膨胀系数

钢类	在下列温度(℃)与 20℃之间的平均线膨胀系数 10 ⁻⁶ mm/mm • ℃																	
	-196	-100	-50	0	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700
非合金钢、碳锰钢、 锰钼钢、低铬钼钢		9.89	10.39	10.76	11.12	11.53	11.88	12.25	12.56	12.90	13.24	13.58	13.93	14.22	14.42	14.62		
中铬钼钢 (Cr5Mo~Cr9Mo)			9.77	10.16	10.52	10.91	11.15	11.39	11.66	11.90	12.15	12.38	12.63	12.86	13.05	13.18		
高铬钢 (Cr12~Cr17)			8.95	9.29	9.59	9.94	10.20	10.45	10.67	10.96	11.19	11.41	11.61	11.81	11.97	12.11		
奥氏体钢 (Cr18Ni8~Cr25Ni25)	14.67	15.45	15.97	16.28	16.54	16.84	17.06	17.25	17.42	17.61	17.79	17.99	18.19	18.34	18.58	18.71	18.87	18.97
奥氏体钢 (Cr25Ni20)						15.84	15.98	16.05	16.06	16.07	16.11	16.13	16.17	16.33	16.56	16.66	16.91	17.14
奥氏体-铁素体钢 (Cr18Ni5~Cr25Ni7)						13.10	13.40	13.70	13.90	14.10								
注：空白栏表示材料平均线膨胀系数在此温度下无数据资料。																		

附 录 F
(资料性)
高合金钢牌号近似对照

高合金钢牌号近似对照见表 F.1。

表 F.1 高合金钢牌号近似对照

序号	GB/T 713.7—2023		ASMEA240-2021		EN10028.7-2016	
	统一数字代号	牌号	UNS 代号	型号	数字代号	牌号
1	S11306	06Cr13	S41008	410S	1.4000	X6Cr13
2	S11348	06Cr13Al	S40500	405	1.4002	X6CrAl13
3	S11972	019Cr19Mo2NbTi	S44400	444	1.4521	X2CrMoTi18-2
4	S30408	06Cr19Ni10	S30400	304	1.4301	X5CrNi18-10
5	S30403	022Cr19Ni10	S30403	304L	1.4306	X2CrNi19-11
6	S30409	07Cr19Ni10	S30409	304H	1.4948	X6CrNi18-10
7	S30450	05Cr19Ni10Si2CeN	S30415		1.4818	
8	S30458	06Cr19Ni10N	S30451	304N	1.4315	X5CrNiN19-9
9	S30453	022Cr19Ni10N	S30453	304LN	1.4311	X2CrNi18-10
10	S30478	06Cr19Ni9NbN	S30452	XM-21		
11	S30859	08Cr21Ni11Si2CeN	S30815		1.4835	
12	S30908	06Cr23Ni13	S30908	309S	1.4950	X6CrNi23-13
13	S31008	06Cr25Ni20	S31008	310S	1.4951	X6CrNi25-20
14	S31252	015Cr20Ni18Mo6CuN	S31254		1.4547	X1CrNiMoCuN20-18-7
15	S31608	06Cr17Ni12Mo2	S31600	316	1.4401	X5CrNiMo17-12-2
16	S31603	022Cr17Ni12Mo2	S31603	316L	1.4404	X2CrNiMo17-12-2
17	S31609	07Cr17Ni12Mo2	S31609	316H		
18	S31658	06Cr17Ni12Mo2N	S31651	316N		
19	S31668	06Cr17Ni12Mo2Ti	S31635	316Ti	1.4571	X6CrNiMoTi17-12-2
20	S31653	022Cr17Ni12Mo2N	S31653	316LN	1.4429	X2CrNiMo17-13-3
21	S31708	06Cr19Ni13Mo3	S31700	317		
22	S31703	022Cr19Ni13Mo3	S31703	317L	1.4438	X2CrNiMo18-15-4
23	S32168	06Cr18Ni11Ti	S32100	321	1.4541	X6CrNiTi18-10
24	S32169	07Cr19Ni11Ti	S32109	321H	1.4541	X6CrNiTi18-10
25	S34778	06Cr18Ni11Nb	S34700	347	1.4550	X6CrNiNb18-10
26	S34779	07Cr18Ni11Nb	S34709	347H	1.4912	X7CrNiNb18-10
27	S35656	05Cr19Mn6Ni5Cu2N			1.4372	X12CrMnNiN17-7-5
28	S39042	015Cr21Ni26Mo5Cu2	N08904	904L	1.4539	X1NiCrMoCu25-20-5

表 F.1 高合金钢牌号近似对照（续）

序号	GB/T 713.7—2023		ASMEA240-2021		EN10028.7-2016	
	统一数字代号	牌号	UNS 代号	型号	数字代号	牌号
29	S21953	022Cr19Ni5Mo3Si2N	S31500			
30	S22153	022Cr21Ni3Mo2N	S32003			
31	S22253	022Cr22Ni5Mo3N	S31803		1.4462	X2CrNiMoN22-5-3
32	S22053	022Cr23Ni5Mo3N	S32205	2205		
33	S22294	03Cr22Mn5Ni2MoCuN	S32101		1.4162	X2CrMnNiN21-5-1
34	S23043	022Cr23Ni4MoCuN	S32301	2304	1.4362	X2CrNiN23-4
35	S25554	03Cr25Ni6Mo3Cu2N	S32550	255	1.4507	X3CrNiMoCuN26-6-3-2
36	S25073	022Cr25Ni7Mo4N	S32750	2507	1.4410	X2CrNiMoN25-7-4
注：空白栏表示无对应的 UNS 代号、型号、数字代号及牌号。						

参 考 文 献

- [1] GB/T 713.1 承压设备用钢板和钢带 第1部分:一般要求
- [2] GB/T 713.2 承压设备用钢板和钢带 第2部分:规定温度性能的非合金钢和合金钢
- [3] GB/T 713.3 承压设备用钢板和钢带 第3部分:规定低温性能的低合金钢
- [4] GB/T 713.4 承压设备用钢板和钢带 第4部分:规定低温性能的镍合金钢
- [5] GB/T 713.6 承压设备用钢板和钢带 第6部分:调质高强度钢
- [6] GB/T 4157 金属在硫化氢环境中抗硫化物应力开裂和应力腐蚀开裂的实验室试验方法
- [7] GB/T 5310 高压锅炉用无缝钢管
- [8] GB/T 8163 流体输送用无缝钢管
- [9] GB/T 12771—2019 流体输送用不锈钢焊接钢管
- [10] GB/T 13296 锅炉、热交换器用不锈钢无缝钢管
- [11] GB/T 14976 流体输送用不锈钢无缝钢管
- [12] GB/T 15970.1 金属和合金的腐蚀 应力腐蚀试验 第1部分:试验方法总则
- [13] GB/T 15970.2 金属和合金的腐蚀 应力腐蚀试验 第2部分:弯梁试样的制备和应用
- [14] GB/T 15970.3 金属和合金的腐蚀 应力腐蚀试验 第3部分:U型弯曲试样的制备和应用
- [15] GB/T 15970.4 金属和合金的腐蚀 应力腐蚀试验 第4部分:单轴加载拉伸试样的制备和应用
- [16] GB/T 15970.5 金属和合金的腐蚀 应力腐蚀试验 第5部分:C型环试样的制备和应用
- [17] GB/T 15970.6 金属和合金的腐蚀 应力腐蚀试验 第6部分:恒载荷或恒位移下的预裂纹试样的制备和应用
- [18] GB/T 15970.7 金属和合金的腐蚀 应力腐蚀试验 第7部分:慢应变速率试验
- [19] GB/T 15970.8 金属和合金的腐蚀 应力腐蚀试验 第8部分:焊接试样的制备和应用
- [20] GB/T 15970.9 金属和合金的腐蚀 应力腐蚀试验 第9部分:渐增式载荷或渐增式位移下的预裂纹试样的制备和应用
- [21] GB/T 17897 金属和合金的腐蚀 不锈钢三氯化铁点腐蚀试验方法
- [22] GB/T 21832.1 奥氏体-铁素体型双相不锈钢焊接钢管 第1部分:热交换器用管
- [23] GB/T 21832.2 奥氏体-铁素体型双相不锈钢焊接钢管 第2部分:流体输送用管
- [24] GB/T 21833.1 奥氏体-铁素体型双相不锈钢无缝钢管 第1部分:热交换器用管
- [25] GB/T 21833.2 奥氏体-铁素体型双相不锈钢无缝钢管 第2部分:流体输送用管
- [26] GB/T 24593 锅炉和热交换器用奥氏体不锈钢焊接钢管
- [27] NB/T 47008 承压设备用碳素钢和合金钢锻件
- [28] NB/T 47009 低温承压设备用合金钢锻件
- [29] ASME BPVC. II .A-2021 ASME 锅炉及压力容器规范 第II卷材料 A篇铁基材料 SA-387/SA-387M 压力容器用铬-钼合金钢钢板(Standard Specification for Pressure Vessel Plates, Alloy Steel, Chromium-Molybdenum)
- [30] ASME BPVC. II .A-2021 ASME 锅炉及压力容器规范 第II卷材料 A篇铁基材料 SA-516/SA-516M 中、低温压力容器用碳素钢钢板(Standard Specification for Pressure Vessel Plates, Carbon Steel, for Moderate- and Lower-Temperature Service)

[31] ASME BPVC. II.A-2021 ASME 锅炉及压力容器规范 第Ⅱ卷材料 A 篇铁基材料 SA-537/SA-537M 压力容器用碳-锰-硅钢热处理钢板 (Standard Specification for Pressure Vessel Plates, Heat-Treated, Carbon-Manganese-Silicon Steel)
