



中华人民共和国国家标准

GB 150.2—2011
部分代替 GB 150—1998

压力容器 第2部分：材料

Pressure vessels—Part 2: Materials

2011-11-21 发布

2012-03-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 发布
中国国家标准化管理委员会

目 次

前言 37

1 范围 39

2 规范性引用文件 39

3 总则 40

4 钢板 42

5 钢管 51

6 钢锻件 58

7 螺柱(含螺栓)和螺母用钢棒 63

附录 A (规范性附录) 材料的补充规定 70

附录 B (资料性附录) 钢材高温性能参考值 76

附录 C (资料性附录) 高合金钢钢号近似对照 85

附录 D (规范性附录) Q235 系列钢板的使用规定 87

前 言

本标准在本部分中附录 B、附录 C 为推荐性的,其余为强制性。

本标准 GB 150《压力容器》分为四个部分:

- 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。

本部分为 GB 150 的第 2 部分:材料。本部分按照 GB/T 1.1—2009《标准化工作导则》给出的规则起草。

本部分代替 GB 150—1998 的材料部分(第 4 章、附录 A、附录 F 和附录 H)。

本部分依据 GB 150—1998 实施以来我国压力容器用钢的技术进展成果,并按照 TSG R0004—2009《固定式压力容器安全技术监察规程》的相关规定进行了修订。与 GB 150—1998 相比,主要变动内容如下:

- 第 2 章引用文件中的钢材标准全部进行了更新。复合板增加了镍-钢、钛-钢和铜-钢 3 个标准(NB/T 47002.2、NB/T 47002.3 和 NB/T 47002.4)。不锈钢无缝钢管增加了奥氏体-铁素体型钢管标准(GB/T 21833)。不锈钢焊接钢管增加了锅炉和热交换器用奥氏体不锈钢管标准(GB/T 24593)和奥氏体-铁素体型钢管标准(GB/T 21832)。不锈钢棒增加了冷加工钢棒标准(GB/T 4226)。
- 第 3 章总则中碳素钢和低合金钢钢材(钢板、钢管和钢锻件)的冲击功最低值按 TSG R0004 的规定提高了指标。
- 按 TSG R0004 所规定的安全系数重新确定了钢板、钢管和钢锻件的许用应力。
- 第 4 章钢板中增加了 7 个低合金钢钢板(12Cr1MoVR、12Cr2Mo1VR、12MnNiVR、15MnNiNbDR、07MnNiMoDR、08Ni3DR 和 06Ni9DR),6 个高合金钢钢板(S11972、S30409、S31008、S39042、S22253 和 S22053)。
- 第 4 章钢板中提高了碳素钢和低合金钢钢板的超声检测要求,将钢板的使用温度下限作了详细规定。
- 第 5 章钢管中增加了 2 个低合金钢钢管(09MnNiD 和 08Cr2AlMo),2 个奥氏体型高合金钢无缝钢管(1Cr19Ni9 和 0Cr25Ni20),4 个奥氏体-铁素体型高合金钢无缝钢管(S21953、S22253、S22053 和 S25073),高合金钢焊接钢管列入 5 个奥氏体型钢号(S30408、S30403、S31608、S31603 和 S32168)和 3 个奥氏体-铁素体型钢号(S21953、S22253、S22053)。
- 第 5 章钢管中列入了用钢棒加工的接管,并做出了相关规定。
- 第 6 章钢锻件中增加了 4 个低合金钢钢锻件(20MnNiMo、12Cr2Mo1V、12Cr3Mo1V 和 08Ni3D),4 个奥氏体型高合金钢钢锻件(S30409、S31008、S31703 和 S39042),2 个奥氏体-铁素体型高合金钢钢锻件(S22253 和 S22053)。
- 第 7 章螺柱(含螺栓)用钢棒中调整了 35CrMoA 和 40CrNiMoA 低温用螺柱的最低冲击试验温度,提高了 30CrMoA、35CrMoA 和 40CrNiMoA 螺柱的低温冲击功指标,增加了 S31008 高温用高合金钢螺柱和应变强化处理的 S30408 低温用高合金钢螺柱。
- 附录 A 中增加了 4 个低合金钢钢板(12Cr2Mo1VR、15MnNiNbDR、08Ni3DR 和 06Ni9DR)的技术要求,以及 2 个低合金钢钢管(09MnNiD 和 08Cr2AlMo)的技术要求。

- 附录 B 中列入了新增钢号的相关性能数据参考值。
- 附录 C 中列出了高合金钢统一数字代号和牌号的对照表。
- 附录 D 中列出了 Q235 系列钢板的使用规定。

本部分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。

本部分起草单位:合肥通用机械研究院、中国通用机械工程总公司、中国特种设备检测研究院、合肥市质量技术监督局、中国石化工程建设公司、国家质检总局特种设备安全监察局、江苏省特种设备安全监督检验研究院。

本部分主要起草人:秦晓钟、章小浒、张勇、杨国义、顾先山、段瑞、常彦衍、缪春生、尹立军。

本部分所代替标准的历次版本发布情况为:

- GB 150—1989、GB 150—1998。

压力容器 第2部分:材料

1 范围

GB 150 的本部分规定了压力容器受压元件用钢材允许使用的钢号及其标准,钢材的附加技术要求,钢材的使用范围(温度和压力)和许用应力。

本部分适用于设计温度 $-253\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 800\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、设计压力不大于 35 MPa 的压力容器。

本部分不适用的范围为:GB 150.1 规定的不适用范围;制冷、造纸行业的容器,搪玻璃容器和简单压力容器;TSG R0004 中 1.4 条所规定的范围。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

- GB 150.1—2011 压力容器 第1部分:通用要求
- GB 150.3—2011 压力容器 第3部分:设计
- GB/T 228 金属材料 室温拉伸试验方法
- 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 713 锅炉和压力容器用钢板
- GB/T 1220 不锈钢棒
- GB/T 1221 耐热钢棒
- GB/T 3077 合金结构钢
- GB 3531 低温压力容器用低合金钢钢板
- GB/T 4226 不锈钢冷加工钢棒
- GB/T 4334 金属和合金的腐蚀 不锈钢晶间腐蚀试验方法
- GB 5310 高压锅炉用无缝钢管
- GB 6479—2000 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 钢管涡流探伤检验方法
- GB/T 8163 输送流体用无缝钢管
- GB 9948 石油裂化用无缝钢管
- GB/T 12771 流体输送用不锈钢焊接钢管
- GB 13296 锅炉、热交换器用不锈钢无缝钢管
- GB/T 14976 流体输送用不锈钢无缝钢管
- GB 19189 压力容器用调质高强度钢板
- GB/T 20878 不锈钢和耐热钢 牌号及化学成分
- GB/T 21832 奥氏体-铁素体型双相不锈钢焊接钢管
- GB/T 21833 奥氏体-铁素体型双相不锈钢无缝钢管

GB 24511 承压设备用不锈钢钢板及钢带

GB/T 24593 锅炉和热交换器用奥氏体不锈钢焊接钢管

NB/T 47002.1 压力容器用爆炸焊接复合板 第1部分:不锈钢-钢复合板

NB/T 47002.2 压力容器用爆炸焊接复合板 第2部分:镍-钢复合板

NB/T 47002.3 压力容器用爆炸焊接复合板 第3部分:钛-钢复合板

NB/T 47002.4 压力容器用爆炸焊接复合板 第4部分:铜-钢复合板

NB/T 47008 承压设备用碳素钢和合金钢锻件

NB/T 47009 低温承压设备用低合金钢锻件

NB/T 47010 承压设备用不锈钢和耐热钢锻件

JB/T 4730.3 承压设备无损检测 第3部分:超声检测

JB/T 4756 镍及镍合金制压力容器

TSG R0004 固定式压力容器安全技术监察规程

ISO 9328-2:2004 承压设备用钢板及钢带 供货技术条件 第2部分:规定高温性能的非合金钢和合金钢(Steel flat products for pressure purposes—Technical delivery conditions—Part 2:Non-alloy and alloy steels with specified elevated temperature properties)

3 总则

3.1 本标准对压力容器受压元件所采用的钢板、钢管、钢锻件和螺柱(含螺栓)用钢材做出了相关规定。与受压元件相焊接的非受压元件用钢应是焊接性良好的钢材。

3.2 采用本标准未列入钢号的钢材时,除奥氏体型钢材外均应符合附录A的有关规定。允许采用已列入国家标准中的奥氏体型钢材,但其技术要求(如磷、硫含量,强度指标)不应低于本标准所列入相应钢材标准中化学成分相近钢号的规定。

3.3 压力容器受压元件用钢应附有钢材生产单位的钢材质量证明书原件,容器制造单位应按质量证明书对钢材进行验收。如无钢材生产单位的钢材质量证明书原件时,则应按TSG R0004中2.1的规定。对符合TSG R0004中2.11所规定的情况,压力容器制造单位应对钢材进行复验。

3.4 选择压力容器受压元件用钢时应考虑容器的使用条件(如设计温度、设计压力、介质特性和操作特点等)、材料的性能(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。

3.5 压力容器受压元件用钢应当是氧气转炉或者电炉冶炼的镇静钢。对标准抗拉强度下限值大于或者等于540 MPa的低合金钢钢板和奥氏体-铁素体型不锈钢钢板,以及用于使用温度低于 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的低温钢板和低温钢锻件,还应当采用炉外精炼工艺。

3.6 压力容器受压元件用钢材的使用温度上限

3.6.1 钢材的使用温度上限(相应受压元件的最高设计温度)为本标准各许用应力表中各钢号许用应力所对应的最高温度。如在工艺过程中,钢材需短时在高于使用温度上限操作时,由设计文件规定。许用应力表中粗线右侧的许用应力系由钢材10万小时的高温持久强度极限所确定。

3.6.2 碳素钢和碳锰钢钢材在高于 $425\text{ }^{\circ}\text{C}$ 温度下长期使用时,应考虑钢中碳化物相的石墨化倾向。

3.6.3 奥氏体型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% 。

3.7 压力容器受压元件用钢材的使用温度下限

3.7.1 钢材(奥氏体型钢材除外)的使用温度下限(相应受压元件的最低设计温度)按第4章至第7章相关条文的规定。

3.7.2 奥氏体型钢材的使用温度高于或等于 $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,可免做冲击试验。低于 $-196\text{ }^{\circ}\text{C}\sim-253\text{ }^{\circ}\text{C}$,

由设计文件规定冲击试验要求。

3.7.3 对用于低温低应力工况的钢材,其使用温度下限按 GB 150.3—2011 附录 E 的规定。

3.8 碳素钢和低合金钢钢材的冲击试验要求

3.8.1 碳素钢和低合金钢钢材(钢板、钢管、钢锻件及其焊接接头)的冲击功最低值按表 1 的规定。

表 1 碳素钢和低合金钢钢材的冲击功最低值

钢材标准抗拉强度下限值 R_m /MPa	3 个标准试样冲击功平均值 KV_2 /J
≤ 450	≥ 20
$> 450 \sim 510$	≥ 24
$> 510 \sim 570$	≥ 31
$> 570 \sim 630$	≥ 34
$> 630 \sim 690$	≥ 38
注:对 R_m 随厚度增大而降低的钢材,按该钢材最小厚度范围的 R_m 确定冲击功指标。	

3.8.2 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。冲击试验每组取 3 个标准试样,允许 1 个试样的冲击功数值低于表 1 的规定值,但不得低于表 1 规定值的 70%。当钢材尺寸无法制备标准试样时,则应依次制备宽度为 7.5 mm 或 5 mm 的小尺寸冲击试样,其冲击功指标分别为标准试样冲击功指标的 75%或 50%。

3.8.3 钢板的冲击试验要求分别按 GB 713、GB 3531 和 GB 19189 的规定。如需提高冲击功指标,应在设计文件中注明。对 Q245R、Q345R 和 13MnNiMoR 钢板,如需规定进行 -20℃ 冲击试验时,应在设计文件中注明。

3.8.4 钢管的冲击试验要求按第 5 章相关条文的规定。

3.8.5 钢锻件的冲击试验要求分别按 NB/T 47008 和 NB/T 47009 的规定。如需提高冲击功指标,应在设计文件中注明。对 20、16Mn 和 20MnMo 钢锻件,如需规定进行 -20℃ 冲击试验时,应在设计文件中注明。

3.8.6 低合金钢螺柱的冲击试验要求按 7.1.3 和 7.1.4 的规定。

3.9 根据设计文件要求,钢材可按 GB/T 4334 进行晶间腐蚀试验,也可按有关标准进行应力腐蚀试验、点腐蚀试验,具体试验方法和合格指标在设计文件中规定。

3.10 对钢材有特殊技术要求时(如特殊冶炼方法、严格的化学成分、较高的冲击功指标、附加保证高温屈服强度、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。

3.11 对已列入本标准的标准抗拉强度下限值大于或等于 540 MPa 的和用于压力容器设计温度低于 -40℃ 的低合金钢钢板,如钢板制造单位无该钢板在压力容器中的应用业绩,则钢板制造单位仍应按 TSG R0004 的规定通过技术评审。

3.12 钢材的高温屈服强度、持久强度极限、弹性模量和平均线膨胀系数参考值参见附录 B。

3.13 高合金钢钢号近似对照参见附录 C。

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

3.15 本标准中各钢材的许用应力按 GB 150.1 的原则确定,各钢材许用应力表中中间温度的许用应力可用内插法求得。

4 钢板

4.1 碳素钢和低合金钢钢板

4.1.1 钢板的标准、使用状态及许用应力按表 2 的规定。

4.1.2 表 2 中所有用连铸坯轧制的钢板,压缩比应不小于 3。

4.1.3 对容器制造过程中需进行正火、正火加回火或调质热处理的碳素钢和低合金钢钢板,钢板制造单位的交货状态可不同于表 2 中的使用状态。钢板制造单位出厂检验和容器制造单位复验钢板力学性能时,应从热处理的样坯上取样进行试验。样坯厚度为钢板厚度,样坯长度和宽度均不小于 3 倍钢板厚度。试样的轴线应位于离样坯表面 1/4 厚度处,试样所处的位置离样坯各个侧面的距离应不小于样坯厚度,但拉伸试样的头部(或夹持部位)不受此限制。

4.1.4 下列碳素钢和低合金钢钢板,应在正火状态下使用:

- a) 用于多层容器内筒的 Q245R 和 Q345R;
- b) 用于壳体的厚度大于 36 mm 的 Q245R 和 Q345R;
- c) 用于其他受压元件(法兰、管板、平盖等)的厚度大于 50 mm 的 Q245R 和 Q345R。

表 2 碳素钢和低合金钢板许用应力

钢号	钢板 标准	使用 状态	厚度 mm	室温 强度指标		在下列温度(℃)下的许用应力/MPa															注	
				R _m MPa	R _{eL} MPa	≤20	100	150	200	250	300	350	400	425	450	475	500	525	550	575		600
Q245R	GB 713	热轧,控 轧,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						
Q345R	GB 713	热轧,控 轧,正火	3~16	510	345	189	189	189	183	167	153	143	125	93	66	43						
			>16~36	500	325	185	185	183	170	157	143	133	125	93	66	43						
			>36~60	490	315	181	181	173	160	147	133	123	117	93	66	43						
			>60~100	490	305	181	181	167	150	137	123	117	110	93	66	43						
			>100~150	480	285	178	173	160	147	133	120	113	107	93	66	43						
Q370R	GB 713	正火	>150~200	470	265	174	163	153	143	130	117	110	103	93	66	43						
			10~16	530	370	196	196	196	196	190	180	170										
			>16~36	530	360	196	196	196	193	183	173	163										
			>36~60	520	340	193	193	193	180	170	160	150										
18MnMoNbR	GB 713	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 713	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									

表 2 (续)

钢号	钢板 标准	使用 状态	厚度 mm	室温 强度指标		在下列温度(℃)下的许用应力/MPa															注	
				R _m MPa	R _{el} MPa	≤20	100	150	200	250	300	350	400	425	450	475	500	525	550	575		600
15CrMoR	GB 713	正火 加回火	6~60	450	295	167	167	167	160	150	140	133	126	122	119	117	88	58	37			
			>60~100	450	275	167	167	157	147	140	131	124	117	114	111	109	88	58	37			
			>100~150	440	255	163	157	147	140	133	123	117	110	107	104	102	88	58	37			
14Cr1MoR	GB 713	正火 加回火	6~100	520	310	193	187	180	170	163	153	147	140	135	130	123	80	54	33			
			>100~150	510	300	189	180	173	163	157	147	140	133	130	127	121	80	54	33			
12Cr2Mo1R	GB 713	正火 加回火	6~150	520	310	193	187	180	173	170	167	163	160	157	147	119	89	61	46	37		
12Cr1MoVR	GB 713	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	—	正火 加回火	30~120	590	415	219	219	219	219	219	219	219	219	219	193	163	134	104	72		1	
16MnDR	GB 3531	正火,正 火加回火	6~16	490	315	181	181	180	167	153	140	130										
			>16~36	470	295	174	174	167	157	143	130	120										
			>36~60	460	285	170	170	160	150	137	123	117										
			>60~100	450	275	167	167	157	147	133	120	113										
			>100~120	440	265	163	163	153	143	130	117	110										
15MnNiDR	GB 3531	正火,正 火加回火	6~16	490	325	181	181	181	173													
			>16~36	480	315	178	178	178	167													
			>36~60	470	305	174	174	173	160													

表 2 (续)

钢号	钢板 标准	使用 状态	厚度 mm	室温 强度指标		在下列温度(℃)下的许用应力/MPa															注		
				R_m MPa	R_{el} MPa	≤20	100	150	200	250	300	350	400	425	450	475	500	525	550	575		600	
15MnNiNbDR	—	正火,正 火加回火	10~16	530	370	196	196	196	196	196	196	196	196	196	196	196	196	196	196	196	196	196	1
			>16~36	530	360	196	196	196	196	196	196	196	196	196	196	196	196	196	196	196	196	196	
			>36~60	520	350	193	193	193	193	193	193	193	193	193	193	193	193	193	193	193	193	193	
09MnNiDR	GB 3531	正火,正 火加回火	6~16	440	300	163	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											
08Ni3DR	—	正火,正 火加回 火,调质	6~60	490	320	181	181															1	
			>60~100	480	300	178	178																
06Ni9DR	—	调质	6~30	680	560	252	252															1	
			>30~40	680	550	252	252																
07MnMoVR	GB 19189	调质	10~60	610	490	226	226	226	226	226	226	226	226	226	226	226	226	226	226	226	226		
07MnNiVDR	GB 19189	调质	10~60	610	490	226	226	226	226	226	226	226	226	226	226	226	226	226	226	226	226		
07MnNiMoDR	GB 19189	调质	10~50	610	490	226	226	226	226	226	226	226	226	226	226	226	226	226	226	226	226		
12MnNiVR	GB 19189	调质	10~60	610	490	226	226	226	226	226	226	226	226	226	226	226	226	226	226	226	226		
注 1: 该钢板的技术要求见附录 A。																							

- 4.1.5 下列碳素钢和低合金钢钢板,应每张热处理钢板(热处理后钢板被切割成数张时仍按1张考虑)进行拉伸和V型缺口冲击试验:
- 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。
- 4.1.6 根据设计文件要求,对厚度大于36 mm的调质状态使用的钢板和厚度大于80 mm的正火或正火加回火状态使用的钢板,可增加一组在钢板厚度1/2处取样的冲击试验,其冲击功指标在设计文件中规定。
- 4.1.7 根据设计文件要求,对厚度大于36 mm的标准抗拉强度下限值大于或等于540 MPa的钢板和用于设计温度低于-40℃的钢板,可附加进行落锤试验。试验按GB/T 6803进行,采用P-2型试样,无塑性转变(NDT)温度的合格指标在设计文件中规定。
- 4.1.8 壳体用钢板(不包括多层容器的层板)应按表3的规定逐张进行超声检测,钢板超声检测方法和质量等级按JB/T 4730.3的规定。
- 4.1.9 公称容积大于或等于50 m³的球形储罐,其球壳板厚度不宜大于50 mm。
- 4.1.10 用于设计温度高于200℃的Q370R钢板,以及用于设计温度高于300℃的18MnMoNbR、13MnNiMoR和12Cr2Mo1VR钢板,应在设计文件中要求钢板按批进行设计温度下的高温拉伸试验,其屈服强度值参见附录B。
- 4.1.11 受压元件用钢板,其使用温度下限按表4的规定,表4中Q245R和Q345R钢板的使用状态还应符合4.1.4的规定。对厚度大于100 mm的壳体用钢板及其焊接接头,应规定较严格的冲击试验要求,设计单位可选用下列方法:
- a) 冲击试验温度按最低设计温度,但冲击功指标高于表1的规定;
 - b) 冲击试验温度低于最低设计温度,冲击功指标按表1的规定。

表3 壳体用钢板超声检测要求

钢号	钢板厚度 mm	容器使用条件	质量等级
Q245R	>30~36	—	不低于Ⅲ级
Q345R	>36	—	不低于Ⅱ级
Q370R Mn-Mo系 Cr-Mo系 Cr-Mo-V系	>25	—	不低于Ⅱ级
16MnDR Ni系低温钢 (调质状态除外)	>20	—	不低于Ⅱ级
调质状态 使用的钢号	>16	—	I级
多层容器 内筒钢板	≥12	—	I级
—	≥12	介质毒性程度为极度或高度危害; 在湿H ₂ S环境中使用; 设计压力大于或等于10 MPa	不低于Ⅱ级

表 4 钢板的使用温度下限

钢 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、控轧、正火	免做冲击	—20
	6~12		0℃冲击	—20
	>12~16			—10
	>16~150			0
	>12~20	热轧、控轧	—20℃冲击 (协议)	—20
	>12~150	正火		—20
Q345R	<6	热轧、控轧、正火	免做冲击	—20
	6~20		0℃冲击	—20
	>20~25			—10
	>25~200			0
	>20~30	热轧、控轧	—20℃冲击 (协议)	—20
	>20~200	正火		—20
Q370R	10~60	正火	—20℃冲击	—20
18MnMoNbR	30~100	正火加回火	0℃冲击	0
			—10℃冲击 (协议)	—10
13MnNiMoR	30~150	正火加回火	0℃冲击	0
			—20℃冲击 (协议)	—20
07MnMoVR	10~60	调质	—20℃冲击	—20
12MnNiVR	10~60	调质	—20℃冲击	—20
低温用钢板				
16MnDR	6~60	正火，	—40℃冲击	—40
	>60~120	正火加回火	—30℃冲击	—30
15MnNiDR	6~60	正火，正火加回火	—45℃冲击	—45
15MnNiNbDR	10~60	正火，正火加回火	—50℃冲击	—50
09MnNiDR	6~120	正火，正火加回火	—70℃冲击	—70
08Ni3DR	6~100	正火，正火加回火， 调质	—100℃冲击	—100
06Ni9DR	6~40 (6~12)	调质(或两次 正火加回火)	—196℃冲击	—196
07MnNiVDR	10~60	调质	—40℃冲击	—40
07MnNiMoDR	10~50	调质	—50℃冲击	—50

4.1.12 允许使用 ISO 9328-2 中的 P265GH 和 P355GH 钢板,其使用状态、厚度和使用温度范围、以及许用应力分别按 Q245R 和 Q345R 钢板的相应规定。当钢板按 4.1.11 的规定需进行 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 冲击试验时,P265GH 和 P355GH 钢板的冲击功指标(3 个标准试样冲击功的平均值)应分别提高到 31 J 和 34 J。

4.1.13 Q235 系列钢板(Q235B 和 Q235C)的使用规定见附录 D。

4.2 高合金钢钢板

4.2.1 钢板的标准、厚度范围及许用应力按表 5 的规定。

4.2.2 表 5 中的所有钢板均应由经炉外精炼的钢轧制而成。用连铸坯轧制的钢板其压缩比应不小于 3。

4.2.3 钢板的交货状态应按 GB 24511 的相应规定。铁素体型($S1\times\times\times\times$)钢板以退火状态交货,奥氏体-铁素体型($S2\times\times\times\times$)钢板和奥氏体型($S3\times\times\times\times$)钢板以固溶热处理状态交货。

4.2.4 GB 24511 标准中热轧厚钢板、热轧钢板及钢带的厚度允许偏差分为普通精度和较高精度两个等级,压力容器一般采用普通精度,如需采用较高精度(代号 PT)时,应在设计文件中规定。

4.2.5 GB 24511 标准中钢板的表面加工类型,热轧产品分为 1E 级(热轧、热处理、机械除氧化皮)和 1D 级(热轧、热处理、酸洗),冷轧产品分为 2D 级(冷轧、热处理、酸洗或除鳞)和 2B 级(冷轧、热处理、酸洗或除鳞、光亮加工),设计文件中应规定表面加工类型。压力容器热轧产品一般采用 1D 级,冷轧产品一般采用 2B 级。

4.2.6 受压元件用钢板,使用温度下限按下列规定:

- a) 铁素体型钢板为 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- b) 奥氏体-铁素体型钢板为 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- c) 奥氏体型钢板按 3.7.2 规定。

4.2.7 设计文件可按 GB 24511 标准提出对奥氏体型钢板附加检验 $R_{p1.0}$ 的要求,并用标准规定值按 GB 150.1—2011 中 4.4 确定钢板的许用应力。

表 5 高合金钢板许用应力

钢号	钢板标准	厚度 mm	在下列温度(℃)下的许用应力/MPa																			注			
			≤20	100	150	200	250	300	350	400	450	500	525	550	575	600	625	650	675	700	725		750	775	800
S11306	GB 24511	1.5~25	137	126	123	120	119	117	112	109															
S11348	GB 24511	1.5~25	113	104	101	100	99	97	95	90															
S11972	GB 24511	1.5~8	154	154	149	142	136	131	125																
S21953	GB 24511	1.5~80	233	233	223	217	210	203																	
S22253	GB 24511	1.5~80	230	230	230	230	223	217																	
S22053	GB 24511	1.5~80	230	230	230	230	223	217																	
S30408	GB 24511	1.5~80	137	137	137	130	122	114	111	107	103	100	98	91	79	64	52	42	32	27					1
			137	114	103	96	90	85	82	79	76	74	73	71	67	62	52	42	32	27					
S30403	GB 24511	1.5~80	120	120	118	110	103	98	94	91	88														1
			120	98	87	81	76	73	69	67	65														
S30409	GB 24511	1.5~80	137	137	137	130	122	114	111	107	103	100	98	91	79	64	52	42	32	27					1
			137	114	103	96	90	85	82	79	76	74	73	71	67	62	52	42	32	27					
S31008	GB 24511	1.5~80	137	137	137	137	134	130	125	122	119	115	113	105	84	61	43	31	23	19	15	12	10	8	1
			137	121	111	105	99	96	93	90	88	85	84	83	81	61	43	31	23	19	15	12	10	8	
S31608	GB 24511	1.5~80	137	137	137	134	125	118	113	111	109	107	106	105	96	81	65	50	38	30					1
			137	117	107	99	93	87	84	82	81	79	78	78	76	73	65	50	38	30					

表 5 (续)

钢号	钢板标准	厚度 mm	在下列温度(℃)下的许用应力/MPa																				注		
			≤20	100	150	200	250	300	350	400	450	500	525	550	575	600	625	650	675	700	725	750		775	800
S31603	GB 24511	1.5~80	120	120	117	108	100	95	90	86	84														1
			120	98	87	80	74	70	67	64	62														
			137	137	137	134	125	118	113	111	109	107													1
S31668	GB 24511	1.5~80	137	117	107	99	93	87	84	82	81	79													
			137	137	137	134	125	118	113	111	109	107	106	105	96	81	65	50	38	30					1
			137	117	107	99	93	87	84	82	81	79	78	78	76	73	65	50	38	30					
S31708	GB 24511	1.5~80	137	137	137	134	125	118	113	111	109													1	
			137	117	107	99	93	87	84	82	81	79	78	78	76	73	65	50	38	30					
			137	137	137	134	125	118	113	111	109														
S31703	GB 24511	1.5~80	137	117	107	99	93	87	84	82	81														
			137	137	137	134	122	114	111	108	105	103	101	83	58	44	33	25	18	13					1
			137	117	107	99	93	87	84	82	81														
S32168	GB 24511	1.5~80	137	137	137	130	122	114	111	108	105	103	101	83	58	44	33	25	18	13					
			137	114	103	96	90	85	82	80	78	76	75	74	58	44	33	25	18	13					
			147	147	147	147	144	131	122																1
S39042	GB 24511	1.5~80	147	137	127	117	107	97	90																
			147	137	127	117	107	97	90																
			注 1: 该行许用应力仅适用于允许产生微量永久变形的元件,对于法兰或其他有微量永久变形就引起泄漏或故障的场合不能采用。																						

4.3 复合钢板

4.3.1 不锈钢-钢复合板

- a) 不锈钢-钢复合板的技术要求应符合 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 24511 以外的国家标准中的钢号,该覆材钢号的技术要求(如磷、硫含量,强度指标等)允许低于 GB 24511 相应钢号的规定;
- b) 复合板的未结合率不应大于 5%,设计文件中应规定复合板的级别;
- c) 不锈钢-钢复合板的使用温度范围应同时符合本标准对基材和覆材使用温度范围的规定;
- d) 设计文件也可选用其他复合钢板标准,但其技术要求和使用温度范围应符合 a)~c) 的规定,其中复合界面的结合剪切强度应不小于 210 MPa。

4.3.2 镍-钢复合板

- a) 镍-钢复合板的技术要求应符合 NB/T 47002.2 的规定;
- b) 复合板的未结合率不应大于 5%,设计文件中应规定复合板的级别;
- c) 镍-钢复合板的使用温度范围应同时符合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本标准的规定,覆材的使用温度范围应符合 JB/T 4756 的规定;
- d) 设计文件也可选用其他复合钢板标准,但其技术要求和使用温度范围应符合 a)~c) 的规定,其中复合界面的结合剪切强度应不小于 210 MPa。

4.3.3 钛-钢复合板

- a) 钛-钢复合板的技术要求应符合 NB/T 47002.3 的规定;
- b) 复合板的未结合率不应大于 5%,设计文件中应规定复合板的级别;
- c) 钛-钢复合板的使用温度下限按本标准对基材的规定,使用温度上限为 350 °C;
- d) 设计文件也可选用其他复合钢板标准,但其技术要求和使用温度范围应符合 a)~c) 的规定,其中复合界面的结合剪切强度应不小于 140 MPa。

4.3.4 铜-钢复合板

- a) 铜-钢复合板的技术要求应符合 NB/T 47002.4 的规定;
- b) 复合板的未结合率不应大于 5%,设计文件中应规定复合板的级别;
- c) 铜-钢复合板的使用温度下限按本标准对基材的规定,使用温度上限为 200 °C;
- d) 设计文件也可选用其他复合钢板标准,但其技术要求和使用温度范围应符合 a)~c) 的规定,其中复合界面的结合剪切强度应不小于 100 MPa。

5 钢管

5.1 碳素钢和低合金钢钢管

5.1.1 钢管的标准、使用状态及许用应力按表 6 的规定。对壁厚大于 30 mm 的钢管和使用温度低于 -20 °C 的钢管,表中的正火不允许用终轧温度符合正火温度的热轧来代替。

5.1.2 表 6 中用于设计温度低于 -40 °C 的钢管用钢均应经炉外精炼。

表 6 碳素钢和低合金钢管许用应力

钢号	钢管 标准	使用 状态	壁厚 mm	室温 强度指标		在下列温度(℃)下的许用应力/MPa															注	
				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	≤10	335	205	124	121	115	108	98	89	82	75	70	61	41						
20	GB/T 8163	热轧	≤10	410	245	152	147	140	131	117	108	98	88	83	61	41						
Q345D	GB/T 8163	正火	≤10	470	345	174	174	174	174	167	153	143	125	93	66	43						
10	GB 9948	正火	≤16	335	205	124	121	115	108	98	89	82	75	70	61	41						
			>16~30	335	195	124	117	111	105	95	85	79	73	67	61	41						
20	GB 9948	正火	≤16	410	245	152	147	140	131	117	108	98	88	83	61	41						
			>16~30	410	235	152	140	133	124	111	102	93	83	78	61	41						
20	GB 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						
16Mn	GB 6479	正火	≤16	490	320	181	181	180	167	153	140	130	123	93	66	43						
			>16~40	490	310	181	181	173	160	147	133	123	117	93	66	43						
12CrMo	GB 9948	正火加回火	≤16	410	205	137	121	115	108	101	95	88	82	80	79	77	74	50				
			>16~30	410	195	130	117	111	105	98	91	85	79	77	75	74	72	50				
15CrMo	GB 9948	正火 加回火	≤16	440	235	157	140	131	124	117	108	101	95	93	91	90	88	58	37			
			>16~30	440	225	150	133	124	117	111	103	97	91	89	87	86	85	58	37			
			>30~50	440	215	143	127	117	111	105	97	92	87	85	84	83	81	58	37			
12Cr2Mo1	—	正火加回火	≤30	450	280	167	167	163	157	153	150	147	143	140	137	119	89	61	46	37	1	
1Cr5Mo	GB 9948	退火	≤16	390	195	130	117	111	108	105	101	98	95	93	91	83	62	46	35	26	18	
			>16~30	390	185	123	111	105	101	98	95	91	88	86	85	82	62	46	35	26	18	
12Cr1MoVG	GB 5310	正火加回火	≤30	470	255	170	153	143	133	127	117	111	105	103	100	98	95	82	59	41		
09MnD	—	正火	≤8	420	270	156	156	150	143	130	120	110									1	
09MnNiD	—	正火	≤8	440	280	163	163	157	150	143	137	127									1	
08Cr2AlMo	—	正火加回火	≤8	400	250	148	148	140	130	123	117										1	
09CrCuSb	—	正火	≤8	390	245	144	144	137	127												1	
注 1: 该钢管的技术要求见附录 A。																						

- 5.1.3 GB/T 8163 中 10、20 钢和 Q345D 钢管的使用规定如下：
- a) 不得用于换热管；
 - b) 设计压力不大于 4.0 MPa；
 - c) 10、20 和 Q345D 钢管的使用温度下限相应为－10℃、0℃和－20℃；
 - d) 钢管壁厚不大于 10 mm；
 - e) 不得用于毒性程度为极度或高度危害的介质。
- 5.1.4 GB 9948 中各钢号钢管的使用规定如下：
- a) 换热管应选用冷拔或冷轧钢管，钢管的尺寸精度应选用高级精度；
 - b) 外径不小于 70 mm，且壁厚不小于 6.5 mm 的 10 和 20 钢管，应分别进行－20℃和 0℃的冲击试验，3 个纵向标准试样的冲击功平均值应不小于 31 J。1 个试样的最低值以及小尺寸试样的冲击功指标按 3.8.2 的规定。10 和 20 钢管的使用温度下限分别为－20℃和 0℃。
- 5.1.5 GB 6479 中各钢号钢管的使用规定如下：
- a) 钢中含硫量应不大于 0.020%；
 - b) 换热管应选用冷拔或冷轧钢管，钢管尺寸精度应选用高级精度；
 - c) 外径不小于 70 mm，且壁厚不小于 6.5 mm 的 20 和 16Mn 钢管，应分别进行 0℃和－20℃的冲击试验，3 个纵向标准试样的冲击功平均值应分别不小于 31 J 和 34 J。1 个试样的最低值以及小尺寸试样的冲击功指标按 3.8.2 的规定。20 和 16Mn 钢管的使用温度下限分别为 0℃和－20℃。
- 5.1.6 GB 5310 中的 12Cr1MoVG 钢管用作换热管时，应选用冷拔或冷轧钢管。
- 5.1.7 使用温度低于－20℃的钢管，其钢号、使用状态和冲击试验温度（即钢管的使用温度下限）按表 7 的规定。表中 16Mn 钢的化学成分应符合 $P \leq 0.025\%$ 、 $S \leq 0.012\%$ 的规定，外径不小于 70 mm，且壁厚不小于 6.5 mm 的钢管进行－40℃的冲击试验，3 个纵向标准试样的冲击功平均值应不小于 34 J。1 个试样的最低值以及小尺寸试样的冲击功指标按 3.8.2 的规定。09MnD 和 09MnNiD 钢管的相关规定见附录 A。
- 5.1.8 允许选用 GB/T 699 中直径不大于 50 mm 的 10 钢和 20 钢钢棒制造接管，其使用规定如下：
- a) 接管壁厚不大于 8 mm，且应经正火热处理后使用；
 - b) 10 钢和 20 钢接管的许用应力可选用表 6 中 GB 9948 相应钢号和壁厚的许用应力；
 - c) 10 钢和 20 钢接管的使用温度下限相应为－10℃和 0℃；当 10 钢接管的 $P \leq 0.030\%$ 、 $S \leq 0.020\%$ 时，其使用温度下限为－20℃；
 - d) 接管免做冲击试验。硬度（或拉伸）试验和无损检测要求在设计文件中规定。

表 7 低温用钢管的使用温度下限

钢号	钢管标准	使用状态	壁厚/mm	冲击试验温度/℃
16Mn	GB 6479	正火	≤40	－40
09MnD	附录 A	正火	≤8	－50
09MnNiD	附录 A	正火	≤8	－70

5.2 高合金钢钢管

- 5.2.1 钢管的标准、壁厚范围及许用应力按表 8 的规定。钢管的交货状态应按表 8 中相应钢管标准的规定。表 8 中 GB 13296 和 GB/T 14976 钢号中的统一数字代号系按 GB/T 20878 的规定。
- 5.2.2 GB/T 14976 中的钢管不得用于换热管。

5.2.3 GB/T 21833 中的钢管如用于换热管时,应选用冷拔或冷轧钢管,钢管的尺寸精度应选用高级精度。

5.2.4 GB/T 12771 中的 I 类~IV 类钢管允许使用,但不得用于换热管,图样上应注明所选用的钢管类别。I 类钢管的许用应力可选用 GB/T 14976 中相应钢号无缝钢管的许用应力。III 类和 IV 类钢管使用规定如下:

- a) 设计压力小于 10.0 MPa;
- b) 不得用于毒性程度为极度或高度危害的介质。

5.2.5 GB/T 24593 中的钢管使用规定如下:

- a) 钢管应逐根进行涡流检测,对比样管人工缺陷应符合 GB/T 7735 中验收等级 B 的规定;
- b) 设计压力小于 10.0 MPa;
- c) 不得用于毒性程度为极度或高度危害的介质。

5.2.6 GB/T 21832 中的 I 类和 II 类钢管允许使用,但不得用于换热管。图样上应注明所选用的钢管类别。I 类钢管的许用应力可选用 GB/T 21833 中相应钢号无缝钢管的许用应力。

5.2.7 GB/T 21832 中的 VI 类钢管仅用于换热管。图样上应注明钢管类别(VI 类)。钢管的外径允许偏差应按高级精度交货。该类钢管的使用规定如下:

- a) 钢管应逐根进行涡流检测,对比样管人工缺陷应符合 GB/T 7735 中验收等级 B 的规定;
- b) 设计压力小于 10.0 MPa;
- c) 不得用于毒性程度为极度或高度危害介质。

5.2.8 钢管的使用温度下限应按下列规定:

- a) GB/T 21832 和 GB/T 21833 各钢号钢管为 -20°C ;
- b) GB 13296、GB/T 14976、GB/T 12771 和 GB/T 24593 各钢号钢管按 3.7.2 的规定。

5.2.9 允许选用 GB/T 1220 中直径不大于 50 mm 的 S30408、S30403、S32168、S31608、S31603、S31703 和 S31008 钢棒制造接管。

- a) 接管壁厚不大于 8 mm,且应在固溶(或稳定化)处理状态下使用;
- b) 各钢号钢管的许用应力可选用表 8 中 GB/T 14976 相应钢号的许用应力;
- c) 各钢号接管的使用温度下限按 3.7.2 的规定;
- d) 接管的硬度(或拉伸)试验和无损检测要求在设计文件中规定。

表 8 高合金钢管管许用应力

钢号	钢管 标准	壁厚 mm	在下列温度(℃)下的许用应力/MPa																				注		
			≤20	100	150	200	250	300	350	400	450	500	525	550	575	600	625	650	675	700	725	750		775	800
0Cr18Ni9 (S30408)	GB 13296	≤14	137	137	137	130	122	114	111	107	103	100	98	91	79	64	52	42	32	27					1
			137	114	103	96	90	85	82	79	76	74	73	71	67	62	52	42	32	27					
0Cr18Ni9 (S30408)	GB/T 14976	≤28	137	137	137	130	122	114	111	107	103	100	98	91	79	64	52	42	32	27					1
			137	114	103	96	90	85	82	79	76	74	73	71	67	62	52	42	32	27					
00Cr19Ni10 (S30403)	GB 13296	≤14	117	117	117	110	103	98	94	91	88														1
			117	97	87	81	76	73	69	67	65														
00Cr19Ni10 (S30403)	GB/T 14976	≤28	117	117	117	110	103	98	94	91	88														1
			117	97	87	81	76	73	69	67	65														
0Cr18Ni10Ti (S32168)	GB 13296	≤14	137	137	137	130	122	114	111	108	105	103	101	83	58	44	33	25	18	13					1
			137	114	103	96	90	85	82	80	78	76	75	74	58	44	33	25	18	13					
0Cr18Ni10Ti (S32168)	GB/T 14976	≤28	137	137	137	130	122	114	111	108	105	103	101	83	58	44	33	25	18	13					1
			137	114	103	96	90	85	82	80	78	76	75	74	58	44	33	25	18	13					
0Cr17Ni12Mo2 (S31608)	GB 13296	≤14	137	137	137	134	125	118	113	111	109	107	106	105	96	81	65	50	38	30					1
			137	117	107	99	93	87	84	82	81	79	78	78	76	73	65	50	38	30					
0Cr17Ni12Mo2 (S31608)	GB/T 14976	≤28	137	137	137	134	125	118	113	111	109	107	106	105	96	81	65	50	38	30					1
			137	117	107	99	93	87	84	82	81	79	78	78	76	73	65	50	38	30					
00Cr17Ni14Mo2 (S31603)	GB/T 13296	≤14	117	117	117	108	100	95	90	86	84														
			117	97	87	80	74	70	67	64	62														
00Cr17Ni14Mo2 (S31603)	GB/T 14976	≤28	117	117	117	108	100	95	90	86	84														1
			117	97	87	80	74	70	67	64	62														
0Cr18Ni12Mo2Ti (S31668)	GB 13296	≤14	137	137	137	134	125	118	113	111	109	107													1
			137	117	107	99	93	87	84	82	81	79													

表 8 (续)

钢号	钢管 标准	壁厚 mm	在下列温度(℃)下的许用应力/MPa																				注		
			≤20	100	150	200	250	300	350	400	450	500	525	550	575	600	625	650	675	700	725	750		775	800
0Cr18Ni12Mo2Ti (S31668)	GB/T 14976	≤28	137	137	137	134	125	118	113	111	109	107													1
			137	117	107	99	93	87	84	82	81	79													
0Cr19Ni13Mo3 (S31708)	GB 13296	≤14	137	137	137	134	125	118	113	111	109	107	106	105	96	81	65	50	38	30					1
			137	117	107	99	93	87	84	82	81	79	78	78	76	73	65	50	38	30					
0Cr19Ni13Mo3 (S31708)	GB/T 14976	≤28	137	137	137	134	125	118	113	111	109	107	106	105	96	81	65	50	38	30					1
			137	117	107	99	93	87	84	82	81	79	78	78	76	73	65	50	38	30					
00Cr19Ni13Mo3 (S31703)	GB 13296	≤14	117	117	117	117	117	117	113	111	109														1
			117	117	107	99	93	87	84	82	81														
00Cr19Ni13Mo3 (S31703)	GB/T 14976	≤28	117	117	117	117	117	117	113	111	109														1
			117	117	107	99	93	87	84	82	81														
0Cr25Ni20 (S31008)	GB 13296	≤14	137	137	137	137	134	130	125	122	119	115	113	105	84	61	43	31	23	19	15	12	10	8	1
			137	121	111	105	99	96	93	90	88	85	84	83	81	61	43	31	23	19	15	12	10	8	
0Cr25Ni20 (S31008)	GB/T 14976	≤28	137	137	137	137	134	130	125	122	119	115	113	105	84	61	43	31	23	19	15	12	10	8	1
			137	121	111	105	99	96	93	90	88	85	84	83	81	61	43	31	23	19	15	12	10	8	
1Cr19Ni9 (S30409)	GB 13296	≤14	137	137	137	130	122	114	111	107	103	100	98	91	79	64	52	42	32	27					1
			137	114	103	96	90	85	82	79	76	74	73	71	67	62	52	42	32	27					
S21953	GB/T 21833	≤12	233	233	223	217	210	203																	
S22253	GB/T 21833	≤12	230	230	230	230	223	217																	
S22053	GB/T 21833	≤12	243	243	243	243	240	233																	
S25073	GB/T 21833	≤12	296	296	296	280	267	257																	
S30408	GB/T 12771	≤28	116	116	116	111	104	97	94	91	88	85	83	77	67	54	44	36	27	23					1,2
			116	97	88	82	77	72	70	67	65	63	62	60	57	53	44	36	27	23					2

表 8 (续)

钢号	钢管 标准	壁厚 mm	在下列温度(℃)下的许用应力/MPa																				注		
			≤20	100	150	200	250	300	350	400	450	500	525	550	575	600	625	650	675	700	725	750		775	800
S30403	GB/T 12771	≤28	99	99	99	94	88	83	80	77	75														1,2
			99	82	74	69	65	62	59	57	55														
S31608	GB/T 12771	≤28	116	116	116	114	106	100	96	94	93	91	90	89	82	69	55	43	32	26					1,2
			116	99	91	84	79	74	71	70	69	67	66	66	65	62	55	43	32	26					2
S31603	GB/T 12771	≤28	99	99	99	92	85	81	77	73	71														1,2
			99	82	74	68	63	60	57	54	53														2
S32168	GB/T 12771	≤28	116	116	116	111	104	97	94	92	89	88	86	71	49	37	28	21	15	11					1,2
			116	97	88	82	77	72	70	68	66	65	64	63	49	37	28	21	15	11					2
S30408	GB/T 24593	≤4	116	116	116	111	104	97	94	91	88	85	83	77	67	54	44	36	27	23					1,2
			116	97	88	82	77	72	70	67	65	63	62	60	57	53	44	36	27	23					2
S30403	GB/T 24593	≤4	99	99	99	94	88	83	80	77	75														1,2
			99	82	74	69	65	62	59	57	55														2
S31608	GB/T 24593	≤4	116	116	116	114	106	100	96	94	93	91	90	89	82	69	55	43	32	26					1,2
			116	99	91	84	79	74	71	70	69	67	66	66	65	62	55	43	32	26					2
S31603	GB/T 24593	≤4	99	99	99	92	85	81	77	73	71														1,2
			99	82	74	68	63	60	57	54	53														2
S32168	GB/T 24593	≤4	116	116	116	111	104	97	94	92	89	88	86	71	49	37	28	21	15	11					1,2
			116	97	88	82	77	72	70	68	66	65	64	63	49	37	28	21	15	11					2
S21953	GB/T 21832	≤20	198	198	190	185	179	173																	2
S22253	GB/T 21832	≤20	196	196	196	196	190	185																	2
S22053	GB/T 21832	≤20	207	207	207	207	204	198																	2

注 1：该行许用应力仅适用于允许产生微量永久变形之元件,对于法兰或其他有微量永久变形就引起泄漏或故障的场合不能采用。

注 2：该行许用应力已乘焊接接头系数 0.85。

6 钢锻件

6.1 碳素钢和低合金钢钢锻件

6.1.1 钢锻件的标准、使用状态及许用应力按表 9 的规定。

6.1.2 20MnNiMo、12Cr2Mo1V 和 12Cr3Mo1V 钢锻件以及 NB/T 47009 中所有低温用钢锻件, 均应由经炉外精炼的钢锻制而成。

6.1.3 钢锻件的级别由设计文件规定, 并应在图样上注明(在钢号后附上级别符号, 如 16Mn II、09MnNiD III)。下列钢锻件应选用 III 级或 IV 级:

- a) 用作容器筒体和封头的筒形、环形、碗形锻件;
- b) 公称厚度大于 300 mm 的低合金钢锻件;
- c) 标准抗拉强度下限值等于或大于 540 MPa 且公称厚度大于 200 mm 的低合金钢锻件;
- d) 使用温度低于 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 且公称厚度大于 200 mm 的低温用钢锻件。

6.1.4 用于设计温度高于 $300\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的 20MnMoNb、20MnNiMo、12Cr2Mo1V 和 12Cr3Mo1V III 级或 IV 级钢锻件, 设计文件中应规定钢锻件按批(III 级)或逐件(IV 级)进行设计温度下的高温拉伸试验, 其屈服强度值参见附录 B。

6.1.5 用于抗回火脆化要求的 12Cr2Mo1、12Cr2Mo1V 和 12Cr3Mo1V 钢锻件, 技术文件中应注明其化学成分和力学性能的特殊要求。

6.1.6 钢锻件的使用温度下限按表 10 的规定。

表 9 碳素钢和低合金钢钢锻件许用应力

钢号	钢锻件标准	使用状态	公称厚度 mm	室温 强度指标		在下列温度(℃)下的许用应力/MPa															注		
				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	84	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							
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					1		
			>100~300	490	245	163	150	143	133	121	111	101	95	85	61	41							
16Mn	NB/T 47008	正火、正火加回火,调质	≤100	480	305	178	178	167	150	137	123	117	110	93	66	43							
			>100~200	470	295	174	174	163	147	133	120	113	107	93	66	43							
			>200~300	450	275	167	167	157	143	130	117	110	103	93	66	43							
20MnMo	NB/T 47008	调质	≤300	530	370	196	196	196	196	196	190	183	173	167	131	84	49						
			>300~500	510	350	189	189	189	189	187	180	173	163	157	131	84	49						
			>500~700	490	330	181	181	181	181	180	173	167	157	150	131	84	49						
20MnMoNb	NB/T 47008	调质	≤300	620	470	230	230	230	230	230	230	230	230	230	177	117							
			>300~500	610	460	226	226	226	226	226	226	226	226	226	226	177	117						
20MnNiMo	NB/T 47008	调质	≤500	620	450	230	230	230	230	230	230	230	230										
35CrMo	NB/T 47008	调质	≤300	620	440	230	230	230	230	230	230	223	213	197	150	111	79	50				1	
			>300~500	610	430	226	226	226	226	226	226	226	223	213	197	150	111	79	50				
15CrMo	NB/T 47008	正火加回火,调质	≤300	480	280	178	170	160	150	143	133	127	120	117	113	110	88	58	37				
14Cr1Mo	NB/T 47008	正火加回火,调质	>300~500	470	270	174	163	153	143	137	127	120	113	110	107	103	88	58	37				
			≤300	490	290	181	180	170	160	153	147	140	133	130	127	122	80	54	33				
			>300~500	480	280	178	173	163	153	147	140	133	127	123	120	117	80	54	33				

表 9 (续)

钢号	钢锻件标准	使用状态	公称厚度 mm	室温 强度指标		在下列温度(℃)下的许用应力/MPa																	注
				R_m MPa	R_{eL} MPa	≤20	100	150	200	250	300	350	400	425	450	475	500	525	550	575	600		
12Cr2Mo1	NB/T 47008	正火加回 火,调质	≤300	510	310	189	187	180	173	170	167	163	160	157	147	119	89	61	46	37			
			>300~500	500	300	185	183	177	170	167	163	160	157	153	147	119	89	61	46	37			
12Cr1MoV	NB/T 47008	正火加回 火,调质	≤300	470	280	174	170	160	153	147	140	133	127	123	120	117	113	82	59	41			
			>300~500	460	270	170	163	153	147	140	133	127	120	117	113	110	107	82	59	41			
12Cr2Mo1V	NB/T 47008	正火加回 火,调质	≤300	590	420	219	219	219	219	219	219	219	219	219	193	163	134	104	72				
			>300~500	580	410	215	215	215	215	215	215	215	215	215	193	163	134	104	72				
12Cr3Mo1V	NB/T 47008	正火加回 火,调质	≤300	590	420	219	219	219	219	219	219	219	219	219	193								
			>300~500	580	410	215	215	215	215	215	215	215	215	215	193								
1Cr5Mo	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		
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														
10Ni3MoVD	NB/T 47009	调质	≤300	600	480	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	130	120											
08Ni3D	NB/T 47009	调质	≤300	460	260	170																	

注 1: 该钢锻件不得用于焊接结构。

表 10 钢锻件的使用温度下限

钢号	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	−20
35	≤100	20℃冲击	0
	>100~300		20
16Mn	≤300	0℃冲击	0
		−20℃冲击	−20
20MnMo	≤700	0℃冲击	0
		−20℃冲击	−20
20MnMoNb	≤500	0℃冲击	0
20MnNiMo	≤500	−20℃冲击	−20
35CrMo	≤500	0℃冲击	−20
低温用钢锻件			
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
注：20、16Mn 和 20MnMo 钢锻件如进行 −20℃冲击试验，应在设计文件中注明。			

6.2 高合金钢钢锻件

- 6.2.1 钢锻件的标准、公称厚度范围及许用应力按表 11 的规定。钢锻件的交货状态应按NB/T 47010 的规定。
- 6.2.2 高合金钢钢锻件均应由经炉外精炼的钢锻制而成。
- 6.2.3 钢锻件的级别由设计文件规定，并应在图样上注明（在钢号后附上级别符号，如 S30408Ⅱ）。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。
- 6.2.4 钢锻件的使用温度下限应按下列规定：
- a) 铁素体型 S11306 钢锻件为 0℃；
 - b) 奥氏体-铁素体型 S21953、S22253 和 S22053 钢锻件为 −20℃；
 - c) 奥氏体型钢锻件按 3.7.2 的规定。

表 11 高合金钢锻件许用应力

钢号	钢锻件 标准	公称厚度 mm	在下列温度(℃)下的许用应力/MPa																				注		
			≤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	137	126	123	120	119	117	112	109															
S30408	NB/T 47010	≤300	137	137	137	130	122	114	111	107	103	100	98	91	79	64	52	42	32	27					1
			137	114	103	96	90	85	82	79	76	74	73	71	67	62	52	42	32	27					
S30403	NB/T 47010	≤300	117	117	117	110	103	98	94	91	88														1
			117	98	87	81	76	73	69	67	65														
S30409	NB/T 47010	≤300	137	137	137	130	122	114	111	107	103	100	98	91	79	64	52	42	32	27					1
			137	114	103	96	90	85	82	79	76	74	73	71	67	62	52	42	32	27					
S31008	NB/T 47010	≤300	137	137	137	137	134	130	125	122	119	115	113	105	84	61	43	31	23	19	15	12	10	8	1
			137	121	111	105	99	96	93	90	88	85	84	83	81	61	43	31	23	19	15	12	10	8	
S31608	NB/T 47010	≤300	137	137	137	134	125	118	113	111	109	107	106	105	96	81	65	50	38	30					1
			137	117	107	99	93	87	84	82	81	79	78	78	76	73	65	50	38	30					
S31603	NB/T 47010	≤300	117	117	117	108	100	95	90	86	84														1
			117	98	87	80	74	70	67	64	62														
S31668	NB/T 47010	≤300	137	137	137	134	125	118	113	111	109	107													1
			137	117	107	99	93	87	84	82	81	79													
S31703	NB/T 47010	≤300	130	130	130	130	125	118	113	111	109														1
			130	117	107	99	93	87	84	82	81														
S32168	NB/T 47010	≤300	137	137	137	130	122	114	111	108	105	103	101	83	58	44	33	25	18	13					1
			137	114	103	96	90	85	82	80	78	76	75	74	58	44	33	25	18	13					
S39042	NB/T 47010	≤300	147	147	147	147	144	131	122																1
			147	137	127	117	107	97	90																
S21953	NB/T 47010	≤150	219	210	200	193	187	180																	
S22253	NB/T 47010	≤150	230	230	230	230	223	217																	
S22053	NB/T 47010	≤150	230	230	230	230	223	217																	

注：该行许用应力仅适用于允许产生微量永久变形之元件,对于法兰或其他有微量永久变形就引起泄漏或故障的场合不能采用。

7 螺柱(含螺栓)和螺母用钢棒

7.1 碳素钢和低合金钢钢棒

7.1.1 钢棒的标准、螺柱的使用状态及许用应力按表 12 的规定。

7.1.2 碳素钢螺柱用毛坯应进行正火热处理,低合金钢螺柱用毛坯按表 13 的规定进行调质热处理。

7.1.3 碳素钢和低合金钢螺柱用毛坯经热处理后进行力学性能试验,具体要求如下:

- a) 同一钢号、同一冶炼炉号、同一断面尺寸、同一热处理制度、同期制造的螺柱毛坯组成一批,每批抽取一件毛坯进行试验。
- b) 试样取样方向为纵向。直径不大于 40 mm 的毛坯,试样的纵轴应位于毛坯中心;直径大于 40 mm 的毛坯,试样的纵轴应位于毛坯半径的 1/2 处。试样距毛坯端部的距离不应小于毛坯的半径,但拉伸试样的头部(或夹持部分)不受此限制。
- c) 碳素钢螺柱毛坯每件取一个拉伸试样。低合金钢螺柱毛坯每件取 1 个拉伸试样、3 个冲击试样。拉伸试验方法按 GB/T 228 的规定,拉伸试样采用 R4 号($d=10\text{ mm}$, $L_0=50\text{ mm}$)试样。冲击试验方法按 GB/T 229 的规定,冲击试样采用标准尺寸 V 型缺口试样。
- d) 碳素钢螺柱毛坯拉伸试验结果中,抗拉强度和屈服强度应符合表 12 的规定,断后伸长率指标为:20 钢 $A\geq 25\%$,35 钢 $A\geq 20\%$ 。低合金钢螺柱毛坯的拉伸和冲击试验结果应符合表 13 的规定,表中冲击功的规定值系 3 个试样试验结果的平均值,允许有 1 个试样的试验结果小于规定值,但不得小于规定值的 70%。
- e) 拉伸试验结果不合格时,应从同一毛坯上再取 2 个拉伸试样进行复验,测定全部 3 项性能。试验结果中只要有 1 个数据不合格,则该批毛坯判为不合格。
- f) 冲击试验结果不合格时,应从同一毛坯上再取 3 个冲击试样进行复验。前后两组 6 个试样的冲击功平均值不得小于表 13 的规定,允许有 2 个试样的冲击功小于规定值,但其中小于规定值 70%的只允许有 1 个。否则该批毛坯判为不合格。
- g) 被判为不合格的整批毛坯可按 7.1.2 的规定重新热处理,然后按上述程序重新取样进行试验。

表 12 碳素钢和低合金钢螺栓许用应力

钢号	钢棒标准	使用状态	螺栓规格 mm	室温 强度指标		在下列温度下(℃)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
20	GB/T 699	正火	≤M22	410	245	91	81	78	73	65	60	54									
			M24~M27	400	235	94	84	80	74	67	61	56									
35	GB/T 699	正火	≤M22	530	315	117	105	98	91	82	74	69									
			M24~M27	510	295	118	106	100	92	84	76	70									
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								
30CrMoA	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				
			M52~M56	660	500	185	167	161	157	156	152	146	137	131	126	111	79				
35CrMoA	GB/T 3077	调质	≤M22	835	735	210	190	185	179	176	174	165	154	147	140	111	79				
			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				
			M85~M105	735	590	219	196	189	185	181	178	171	160	153	145	111	79				
35CrMoVA	GB/T 3077	调质	M52~M105	835	735	272	247	240	232	229	225	218	207	201							
			M110~M140	785	665	246	221	214	210	207	203	196	189	183							

表 12 (续)

钢号	钢棒标准	使用状态	螺栓规格 mm	室温 强度指标		在下列温度下(℃)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
25Cr2MoVA	GB/T 3077	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~M140	735	590	219	196	189	185	181	178	174	167	164	160	153	131	72	39		
40CrNiMoA	GB/T 3077	调质	M52~M140	930	825	306	291	281	274	267	257	244									
S45110 (1Cr5Mo)	GB/T 1221	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：括号中为旧钢号。																					

表 13 低合金钢螺柱的力学性能

钢号	调质回火温度 ℃	规格 mm	R_m MPa	$R_{eL}(R_{p0.2})$ MPa	A %	0℃KV ₂ J
40MnB	≥550	≤M22	≥805	≥685	≥14	≥41
		M24~M36	≥765	≥635		
40MnVB	≥550	≤M22	≥835	≥735	≥13	≥41
		M24~M36	≥805	≥685		
40Cr	≥550	≤M22	≥805	≥685	≥14	≥41
		M24~M36	≥765	≥635		
30CrMoA	≥600	≤M22	≥700	≥550	≥16	≥60
		M24~M56	≥660	≥500		
35CrMoA	≥560	≤M22	≥835	≥735	≥14	≥54
		M24~M80	≥805	≥685		≥47
		M85~M105	≥735	≥590		
35CrMoVA	≥600	M52~M105	≥835	≥735	≥13	≥47
		M110~M140	≥785	≥665		
25Cr2MoVA	≥620	≤M48	≥835	≥735	≥14	≥47
		M52~M105	≥805	≥685		
		M110~M140	≥735	≥590		
40CrNiMoA	≥520	M52~140	≥930	≥825	≥13	≥60
S45110(1Cr5Mo)	≥650	≤M48	≥590	≥390	≥18	≥47
注：括号中为旧钢号。						

- 7.1.4 碳素钢和低合金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℃；其他钢号螺柱为－20℃。
 - b) 30CrMoA、35CrMoA 和 40CrNiMoA 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 13 中的冲击试验温度由 0℃改为使用温度，低温冲击功指标按表 14 的规定。
 - c) 使用温度低于－40℃～－70℃的 30CrMoA 和 35CrMoA 螺柱用钢，其化学成分（熔炼分析）中磷、硫含量应为 $P \leq 0.020\%$ 、 $S \leq 0.010\%$ ；40CrNiMoA 螺柱用钢和使用温度低于－70℃～－100℃的 30CrMoA 螺柱用钢，其化学成分（熔炼分析）中磷、硫含量应为 $P \leq 0.015\%$ 、 $S \leq 0.008\%$ 。

表 14 低温用螺柱的冲击功

钢 号	螺柱规格/mm	最低冲击试验温度/℃	KV ₂ /J
30CrMoA	≤M56	－100	≥41
35CrMoA	≤M56	－70	≥41
40CrNiMoA	M52~M64	－50	≥47

7.1.5 与螺柱用钢组合使用的螺母用钢可按表 15 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 15 碳素钢和低合金钢螺母用钢

螺柱钢号	螺 母 用 钢			
	钢号	钢材标准	使用状态	使用温度范围 ℃
20	10、15	GB/T 699	正火	－20～350
35	20、25	GB/T 699	正火	0～350
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
30CrMoA	40Mn、45	GB/T 699	正火	－10～400
	30CrMoA	GB/T 3077	调质	－100～500
35CrMoA	40Mn、45	GB/T 699	正火	－10～400
	30CrMoA、35CrMoA	GB/T 3077	调质	－70～500
35CrMoVA	35CrMoA、35CrMoVA	GB/T 3077	调质	－20～425
25Cr2MoVA	30CrMoA、35CrMoA	GB/T 3077	调质	－20～500
	25Cr2MoVA	GB/T 3077	调质	－20～550
40CrNiMoA	35CrMoA、40CrNiMoA	GB/T 3077	调质	－50～350
S45110(1Cr5Mo)	S45110(1Cr5Mo)	GB/T 1221	调质	－20～600
注：括号中为旧钢号。				

7.2 高合金钢钢棒

- 7.2.1 钢棒的标准,螺柱的使用状态及许用应力按表 16 的规定。
- 7.2.2 各钢号螺柱用毛坯应进行拉伸试验,试验要求和结果应符合 GB/T 1220 的规定。
- 7.2.3 高合金钢螺柱的使用温度下限按下列规定：
- a) S42020 钢螺柱为 0℃；
 - b) 奥氏体钢螺柱的使用温度按 3.7.2 的规定。
- 7.2.4 与螺柱用钢组合使用的螺母用钢可按表 17 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 16 高合金钢螺栓许用应力

钢号	钢棒标准	使用状态	螺栓规格 mm	室温 强度指标		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 (2Cr13)	GB/T 1220	调质	≤M22	640	440	126	117	111	106	103	100	97	91								
			M24~M27	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	58	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
S31608	GB/T 1220	固溶	≤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	≤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：括号中为旧钢号。																					

表 17 高合金钢螺母用钢

螺 柱 钢 号	螺母用钢			
	钢号	钢材标准	使用状态	使用温度范围/℃
S42020	S42020	GB/T 1220	调质	0~400
S30408	S30408	GB/T 1220	固溶	-253~700
S31008	S31008	GB/T 1220	固溶	-253~800
S31608	S31608	GB/T 1220	固溶	-253~700
S32168	S32168	GB/T 1220	固溶	-253~700

7.2.5 固溶处理后经应变强化处理的 S30408 螺柱用钢棒应按 GB/T 4226 选用。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螺柱毛坯组成一批，每批抽取一件毛坯进行试验。每件毛坯上取一个拉伸试样，3 个冲击试样(当需要时)。试样取样方向为纵向，试样的纵轴应尽量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 18 的规定；

表 18 应变强化处理的螺柱用钢

钢号	螺柱规格 mm	R_m MPa	$R_{p0.2}$ MPa	A %	≤50℃的许用应力 MPa
S30408	≤M22	≥800	≥600	≥13	171
	M24~M27	≥750	≥510	≥15	170

- b) 使用温度低于-100℃时，螺柱毛坯应进行使用温度下的低温冲击试验，低温冲击功指标 KV_2 ≥41 J；
- c) 拉伸和冲击试验的其他要求参照 7.1.3 的规定。

附 录 A
(规范性附录)
材料的补充规定

A.1 总则

- A.1.1 本附录作为标准正文的补充,对选用下列钢材提出了要求:
- a) 已列入本标准但尚未列入材料标准(国家标准或行业标准)的钢材。
 - b) 未列入本标准的钢材。
- A.1.2 选用钢材除应符合本附录的规定外,尚应符合本标准的有关规定。
- A.1.3 选用未列入本标准的钢材,钢材制造单位在试用前应按 TSG R0004 的规定通过技术评审。
- A.1.4 选用境外牌号的钢材,应按 TSG R0004 的规定。

A.2 低合金钢钢板

- A.2.1 12Cr2Mo1VR 钢板的技术要求如下:
- a) 钢的化学成分(熔炼分析)按表 A.1 的规定。

表 A.1

化学成分/%						
C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo
0.11~0.15	≤0.10	0.30~0.60	≤0.010	≤0.005	2.00~2.50	0.90~1.10
化学成分/%						
V	Cu	Ni	Nb	Ti	B	Ca
0.25~0.35	≤0.20	≤0.25	≤0.07	≤0.030	≤0.002 0	≤0.015

- b) 钢板的成品化学分析允许偏差:P+0.003%,S+0.002%,其他元素按 GB/T 222 中表 2 的规定或按供需双方协议。
- c) 钢板以正火(允许水冷加速冷却)加回火热处理状态交货,回火温度不低于 675℃。
- d) 钢板应逐热处理张进行力学性能试验,其结果按表 A.2 的规定。

表 A.2

公称厚度 mm	拉伸试验(横向)			冲击试验(横向)	
	R_m MPa	R_{eL} MPa	A %	试验温度 ℃	KV_2 J
30~120	590~760	≥415	≥17	-20	≥60

- e) 根据需方要求,钢板可进行弯曲试验,弯心直径为 3 倍试样厚度,弯曲角度为 180°。弯曲试验后,试样弯曲外表面无肉眼可见裂纹。
- f) 钢板在化学成分和力学性能等方面的特殊要求由供需双方协议。
- g) 本条未规定事项均按 GB 713 的相关规定。

A.2.2 15MnNiNbDR 钢板的技术要求如下：

a) 钢的化学成分(熔炼分析)按表 A.3 的规定。

表 A.3

化学成分/%						
C	Si	Mn	P	S	Ni	Nb
≤0.18	0.15~0.50	1.20~1.60	≤0.020	≤0.010	0.30~0.70	0.015~0.040

b) 钢板以正火或正火加回火热处理状态交货。

c) 钢板的力学性能试验结果按表 A.4 的规定。

表 A.4

公称厚度 mm	拉伸试验(横向)			冲击试验(横向)	
	R _m MPa	R _{eL} MPa	A %	试验温度 ℃	KV ₂ J
10~16	530~630	≥370	≥20	-50	≥60
>16~36	530~630	≥360			
>36~60	520~620	≥350			

d) 根据需方要求,钢板可进行弯曲试验,弯心直径为 3 倍试样厚度,弯曲角度为 180°。弯曲试验后,试样弯曲外表面无肉眼可见裂纹。

e) 本条未规定事项均按 GB 3531 的相关规定。

A.2.3 08Ni3DR 钢板的技术要求如下：

a) 钢的化学成分(熔炼分析)按表 A.5 的规定。

表 A.5

化学成分/%							
C	Si	Mn	P	S	Ni	Mo	V
≤0.10	0.15~0.35	0.30~0.80	≤0.015	≤0.010	3.25~3.70	≤0.12	≤0.05

b) 钢板以正火、正火(允许水冷加速冷却)加回火、离线淬火加回火热处理状态交货,回火温度不低于 600℃。

c) 钢板的力学性能试验结果按表 A.6 的规定。以正火(水冷加速冷却)加回火和离线淬火加回火状态交货的钢板,应逐热处理张进行力学性能试验。

表 A.6

公称厚度 mm	拉伸试验(横向)			冲击试验(横向)	
	R _m MPa	R _{eL} MPa	A %	试验温度 ℃	KV ₂ J
6~60	490~620	≥320	≥21	-100	≥47
>60~100	480~610	≥300			

- d) 根据需方要求,钢板可进行弯曲试验,弯心直径为 3 倍试样厚度,弯曲角度为 180°。弯曲试验后,试样弯曲外表面无肉眼可见裂纹。
- e) 本条未规定事项均按 GB 3531 的相关规定。

A.2.4 06Ni9DR 钢板的技术要求如下:

- a) 钢的化学成分(熔炼分析)按表 A.7 的规定。

表 A.7

化学成分/%							
C	Si	Mn	P	S	Ni	Mo	V
≤0.08	≤0.35	0.30~0.80	≤0.008	≤0.004	8.50~10.00	≤0.10	≤0.01
注: Cr+Cu+Mo≤0.50%							

- b) 钢板的成品化学成分允许偏差:P+0.003%,S+0.002%,其他元素按 GB/T 222 中表 2 的规定。
- c) 钢板以离线淬火加回火的调质热处理状态交货,对厚度不大于 12 mm 的钢板也可两次正火加回火状态交货。钢板的回火温度不低于 540 ℃。
- d) 钢板应逐热处理张进行力学性能试验,其结果按表 A.8 的规定。

表 A.8

公称厚度 mm	拉伸试验(横向)			冲击试验(横向)	
	R_m MPa	R_{eL} MPa	A %	试验温度 ℃	KV ₂ J
6~30	680~820	≥560	≥18	-196	≥100
>30~40		≥550			

- e) 根据需方要求,钢板可进行弯曲试验,弯心直径为 3 倍试样厚度,弯曲角度为 180°。弯曲试验后,试样弯曲外表面无肉眼可见裂纹。
- f) 本条未规定事项均按 GB 3531 的相关规定。

A.3 低合金钢钢管

A.3.1 12Cr2Mo1 钢管的技术要求如下:

- a) 钢的化学成分(熔炼分析)按表 A.9 的规定。

表 A.9

化学成分/%						
C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo
0.08~0.15	≤0.50	0.40~0.60	≤0.025	≤0.015	2.00~2.50	0.90~1.10

- b) 钢管以正火加回火热处理状态交货,回火温度不低于 700 ℃。
- c) 钢管的力学性能按表 A.10 的规定。

表 A. 10

公称壁厚 mm	拉伸试验(纵向)			冲击试验(纵向)	
	R_m MPa	R_{eL} MPa	A %	试验温度 ℃	KV_2 J
≤30	450~600	≥280	≥22	20	≥40

d) 本条未规定事项均按 GB 9948 的相关规定。

A. 3.2 09MnD 钢管的技术要求如下：

a) 钢的化学成分(熔炼分析)按表 A. 11 的规定。

表 A. 11

化学成分/%					
C	Si	Mn	P	S	Als
≤0.12	0.15~0.35	1.15~1.50	≤0.020	≤0.010	≥0.015

b) 钢管以正火热处理状态交货。

c) 钢管的力学性能按表 A. 12 的规定。冲击试样取自管坯,纵向试样,正火热处理。

表 A. 12

公称壁厚 mm	拉伸试验(纵向)			冲击试验(纵向)	
	R_m MPa	R_{eL} MPa	A %	试验温度 ℃	KV_2 J
≤8	420~560	≥270	≥25	-50	≥47

d) 本条未规定事项均按 GB 9948 的相关规定。

A. 3.3 09MnNiD 钢管的技术要求如下：

a) 钢的化学成分(熔炼分析)按表 A. 13 的规定。

表 A. 13

化学成分/%							
C	Si	Mn	P	S	Ni	Nb	Als
≤0.12	0.15~0.50	1.20~1.60	≤0.020	≤0.010	0.30~0.80	≤0.04	≥0.015

b) 钢管以正火热处理状态交货。

c) 钢管的力学性能按表 A. 14 的规定。冲击试样取自管坯,纵向试样,正火热处理。

表 A. 14

公称壁厚 mm	拉伸试验(纵向)			冲击试验(纵向)	
	R_m MPa	R_{eL} MPa	A %	试验温度 ℃	KV ₂ J
≤8	440~580	≥280	≥24	-70	≥47

- d) 本条未规定事项均按 GB 9948 的相关规定。
- A. 3. 4 08Cr2AlMo 钢管的技术要求如下：
- a) 钢的化学成分(熔炼分析)按表 A. 15 的规定。

表 A. 15

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) 钢管的力学性能按表 A. 16 的规定。

表 A. 16

公称壁厚 mm	拉伸试验(纵向)		
	R_m MPa	R_{eL} MPa	A %
≤8	400~540	≥250	≥25

- d) 本条未规定的事项均按 GB 9948 的相关规定。
- A. 3. 5 09CrCuSb 钢管的技术要求如下：
- a) 钢的化学成分(熔炼分析)按表 A. 17 的规定。

表 A. 17

化学成分/%							
C	Si	Mn	P	S	Cr	Cu	Sb
≤0.12	0.20~0.40	0.35~0.65	≤0.030	≤0.020	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. 18 的规定。

表 A. 18

公称壁厚 mm	拉伸试验(纵向)		
	R_m MPa	R_{eL} MPa	A %
≤ 8	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, $70\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 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 $80\text{ g/m}^2 \times \text{h}$ 或 $140\text{ g/m}^2 \times \text{h}$,具体指标在订货合同中注明。
- e) 本条未规定事项均按 GB 9948 的相关规定。

附 录 B
(资料性附录)
钢材高温性能参考值

表 B.1 碳素钢和低合金钢钢板高温屈服强度

钢 号	板厚 mm	在下列温度(℃)下的 $R_{p0.2}(R_{eL})/MPa$									
		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	
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	
	>150~200	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	270	255	240	225	210		
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		
15Cr1MoR	6~60	295	270	255	240	225	210	200	189	179	174
	>60~100	275	250	235	220	210	196	186	176	167	162
	>100~150	255	235	220	210	199	185	175	165	156	150
14Cr1MoR	6~100	310	280	270	255	245	230	220	210	195	176
	>100~150	300	270	260	245	235	220	210	200	190	172
12Cr2Mo1R	6~150	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	30~120	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			

表 B. 1 (续)

钢 号	板厚 mm	在下列温度(℃)下的 $R_{p0.2}$ (R_{eL})/MPa									
		20	100	150	200	250	300	350	400	450	500
16MnDR	>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						
	>16~36	315	290	270	250						
	>36~60	305	280	260	240						
15MnNiNbDR	10~16	370	340	320	300						
	>16~36	360	330	310	290						
	>36~50	350	320	300	280						
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			
07MnMoVR	12~60	490	465	450	435						
07MnNiVDR	12~60	490	465	450	435						
07MnNiMoDR	12~50	490	465	450	435						
12MnNiVR	12~60	490	465	450	435						

表 B. 2 高合金钢钢板高温屈服强度

钢号	板厚 mm	在下列温度(℃)下的 $R_{p0.2}$ /MPa										
		20	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550
S11306	≤25	205	189	184	180	178	175	168	163			
S11348	≤25	170	156	152	150	149	146	142	135			
S11972	≤8	275	238	223	213	204	196	187	178			
S30408	≤80	205	171	155	144	135	127	123	119	114	111	106
S30403	≤80	180	147	131	122	114	109	104	101	98		
S30409	≤80	205	171	155	144	135	127	123	119	114	111	106
S31008	≤80	205	181	167	157	149	144	139	135	132	128	124
S31608	≤80	205	175	161	149	139	131	126	123	121	119	117
S31603	≤80	180	147	130	120	111	105	100	96	93		
S31668	≤80	205	175	161	149	139	131	126	123	121	119	117
S31708	≤80	205	175	161	149	139	131	126	123	121	119	117

表 B. 2 (续)

钢号	板厚 mm	在下列温度(℃)下的 $R_{p0.2}$ /MPa										
		20	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550
S31703	≤80	205	175	161	149	139	131	126	123	121		
S32168	≤80	205	171	155	144	135	127	123	120	117	114	111
S39042	≤80	220	205	190	175	160	145	135				
S21953	≤80	440	355	335	325	315	305					
S22253	≤80	450	395	370	350	335	325					
S22053	≤80	450	395	370	350	335	325					

表 B. 3 碳素钢和低合金钢钢管高温屈服强度

钢 号	壁厚 mm	在下列温度(℃)下的 $R_{p0.2}$ (R_{eL})/MPa									
		20	100	150	200	250	300	350	400	450	500
10	≤16	205	181	172	162	147	133	123	113	98	
	>16~30	195	176	167	157	142	128	118	108	93	
20	≤16	245	220	210	196	176	162	147	132	117	
	>16~40	235	210	200	186	167	153	139	124	110	
16Mn	≤16	320	290	270	250	230	210	195	185	175	
	>16~40	310	280	260	240	220	200	185	175	165	
12CrMo	≤16	205	181	172	162	152	142	132	123	118	113
	>16~30	195	176	167	157	147	137	127	118	113	108
15CrMo	≤16	235	210	196	186	176	162	152	142	137	132
	>16~30	225	200	186	176	167	154	145	136	131	127
	>30~50	215	190	176	167	158	146	138	130	126	122
12Cr2Mo1	≤30	280	255	245	235	230	225	220	215	205	194
1Cr5Mo	≤16	195	176	167	162	157	152	147	142	137	127
	>16~30	185	167	157	152	147	142	137	132	127	118
12Cr1MoVG	≤30	255	230	215	200	190	176	167	157	150	142
08Cr2AlMo	≤8	250	225	210	195	185	175				
09CrCuSb	≤8	245	220	205	190						

表 B.4 高合金钢钢管高温屈服强度

序号	钢 号	在下列温度(℃)下的 $R_{p0.2}$ /MPa										
		20	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550
1	0Cr18Ni9	205	171	155	144	135	127	123	119	114	111	106
2	00Cr19Ni10	175	145	131	122	114	109	104	101	98		
3	0Cr18Ni10Ti	205	171	155	144	135	127	123	120	117	114	111
4	0Cr17Ni12Mo2	205	175	161	149	139	131	126	123	121	119	117
5	00Cr17Ni14Mo2	175	145	130	120	111	105	100	96	93		
6	0Cr18Ni12Mo2Ti	205	175	161	149	139	131	126	123	121	119	117
7	0Cr19Ni13Mo3	205	175	161	149	139	131	126	123	121	119	117
8	00Cr19Ni13Mo3	175	175	161	149	139	131	126	123	121		
9	0Cr25Ni20	205	181	167	157	149	144	139	135	132	128	124
10	1Cr19Ni9	205	171	155	144	135	127	123	119	114	111	106
11	S21953	440	355	335	325	315	305					
12	S22253	450	395	370	350	335	325					
13	S22053	485	425	400	375	360	350					
14	S25073	550	480	445	420	400	385					
15	S30408	210	174	156	144	135	127	123	119	114	111	106
16	S30403	180	147	131	122	114	109	104	101	98		
17	S31608	210	178	162	149	139	131	126	123	121	119	117
18	S31603	180	147	130	120	111	105	100	96	93		
19	S32168	210	174	156	144	135	127	123	120	117	114	111
注：序号1~9为GB 13296和GB/T 14976的参考值，序号10为GB 9948和GB 13296的参考值，序号11~14为GB/T 21833的参考值，序号15~19为GB/T 12771的参考值。												

表 B.5 碳素钢和低合金钢锻件高温屈服强度

钢 号	公称厚度 mm	在下列温度(℃)下的 $R_{p0.2}$ (R_{eL})/MPa									
		20	100	150	200	250	300	350	400	450	500
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	

表 B.5 (续)

钢 号	公称厚度 mm	在下列温度(℃)下的 $R_{p0.2}$ (R_{eL})/MPa									
		20	100	150	200	250	300	350	400	450	500
20MnMo	≤300	370	340	320	305	295	285	275	260	240	
	>300~500	350	325	305	290	280	270	260	245	225	
	>500~700	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	
35CrMo	≤300	440	400	380	370	360	350	335	320	295	
	>300~500	430	395	380	370	360	350	335	320	295	
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
1Cr5Mo	≤500	390	355	340	330	325	320	315	305	285	255
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						
10Ni3MoVD	≤300	480	455	440	425						
09MnNiD	≤200	280	255	235	225	215	205	190			
	>200~300	270	245	225	215	205	190	180			
08Ni3D	≤300	260									

表 B.6 高合金钢锻件高温屈服强度

钢 号	公称厚度 mm	在下列温度(℃)下的 $R_{p0.2}$ /MPa										
		20	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550
S11306	≤150	205	189	184	180	178	175	168	163			
S30408	≤300	205	171	155	144	135	127	123	119	114	111	106
S30403	≤300	175	147	131	122	114	109	104	101	98		
S30409	≤300	205	171	155	144	135	127	123	119	114	111	106
S31008	≤300	205	181	167	157	149	144	139	135	132	128	124
S31608	≤300	205	175	161	149	139	131	126	123	121	119	117
S31603	≤300	175	147	130	120	111	105	100	96	93		
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
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					

表 B.7 碳素钢和低合金钢螺柱高温屈服强度

钢 号	螺栓规格 mm	在下列温度(℃)下的 $R_{p0.2}$ (R_{eL})/MPa									
		20	100	150	200	250	300	350	400	450	500
20	≤M22	245	220	210	196	176	162	147			
	M24~M27	235	210	200	186	167	153	139			
35	≤M22	315	285	265	245	220	200	186			
	M24~M27	295	265	250	230	210	191	176			
40MnB	≤M22	685	620	600	580	570	540	500	440		
	M24~M36	635	570	550	540	530	500	460	410		
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~M36	635	570	550	540	530	510	480	440		
30CrMoA	≤M22	550	495	480	470	460	450	435	405	375	
	M24~M56	500	450	435	425	420	410	395	370	340	
35CrMoA	≤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	

表 B.7 (续)

钢 号	螺栓规格 mm	在下列温度(℃)下的 $R_{p0.2}(R_{eL})/MPa$									
		20	100	150	200	250	300	350	400	450	500
35CrMoVA	M52~M105	735	665	645	625	615	605	590	560	530	
	M110~M140	665	600	580	570	560	550	535	510	480	
25Cr2MoVA	≤M48	735	665	645	625	615	605	590	560	530	480
	M52~M105	685	620	600	590	580	570	555	530	500	450
	M110~M140	590	530	510	500	490	480	470	450	430	390
40CrNiMoA	M52~M140	825	785	760	740	720	695	660			
S45110(1Cr5Mo)	≤M48	390	355	340	330	325	320	315	305	285	255

表 B.8 高合金钢螺柱高温屈服强度

钢号	螺柱规格 mm	在下列温度(℃)下的 $R_{p0.2}/MPa$										
		20	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550
S42020	≤M27	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

表 B.9 碳素钢和低合金钢钢板高温持久强度极限平均值

钢 号	在下列温度(℃)下的 10 万 h R_D/MPa								
	400	425	450	475	500	525	550	575	600
Q245R	170	127	91	61					
Q345R	187	140	99	64					
18MnMoNbR			265	176					
15CrMoR				201	132	87	56		
14Cr1MoR				185	120	81	49		
12Cr2Mo1R			221	179	133	91	69	56	
12Cr1MoVR					170	123	88	62	
12Cr2Mo1VR			290	244	201	156	108		

表 B. 10 碳素钢和低合金钢钢管高温持久强度极限平均值

钢 号	在下列温度(℃)下的 10 万 h R_D /MPa								
	400	425	450	475	500	525	550	575	600
10	170	127	91	61					
20	170	127	91	61					
16Mn	187	140	99	64					
12CrMo					111	75			
15CrMo				201	132	87	56		
12Cr2Mo1			221	179	133	91	69	56	
1Cr5Mo			160	125	93	69	53	39	27
12Cr1MoVG					170	123	88	62	

表 B. 11 碳素钢和低合金钢锻件高温持久强度极限平均值

钢 号	在下列温度(℃)下的 10 万 h R_D /MPa								
	400	425	450	475	500	525	550	575	600
20	170	127	91	61					
35	170	127	91	61					
16Mn	187	140	99	64					
20MnMo			196	126	74				
20MnMoNb			265	176					
35CrMo			225	167	118	75			
15CrMo				201	132	87	56		
14Cr1Mo				185	120	81	49		
12Cr2Mo1			221	179	133	91	69	56	
12Cr1MoV					170	123	88	62	
12Cr2Mo1V			290	244	201	156	108		
1Cr5Mo			160	125	93	69	53	39	27

表 B. 12 低合金钢螺柱高温持久强度极限平均值

钢 号	在下列温度(℃)下的 10 万 h R_D /MPa								
	400	425	450	475	500	525	550	575	600
30CrMoA			225	167	118				
35CrMoA			225	167	118				
25Cr2MoVA					196	108	59		
S45110(1Cr5Mo)			160	125	93	69	53	39	27

表 B. 13 钢材弹性模量

钢类	在下列温度下(℃)下的弹性模量 $E/10^3 \text{ MPa}$																
	—196	—100	—40	20	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700
碳素钢、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~Cr25Ni20)	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								

表 B. 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 $\alpha/(10^{-6} \text{ mm/mm} \cdot ^\circ\text{C})$																	
	-196	-100	-50	0	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700
碳素钢、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~Cr19Ni14)	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								

附录 C
(资料性附录)
高合金钢板号近似对照

表 C.1 高合金钢钢板的钢号近似对照

序号	GB 24511—2009		GB/T 4237—1992	ASME(2007)SA240		EN10028-7:2007	
	统一数字代号	新牌号		UNS 代号	型号	数字代号	牌号
1	S11306	06Cr13	0Cr13	S41008	410S	—	—
2	S11348	06Cr13A1	0Cr13A1	S40500	405	—	—
3	S11972	019Cr19Mo2NbTi	00Cr18Mo2	S44400	444	1.452 1	X2CrMoTi18-2
4	S30408	06Cr19Ni10	0Cr18Ni9	S30400	304	1.430 1	X5CrNi18-10
5	S30403	022Cr19Ni10	00Cr19Ni10	S30403	304L	1.430 6	X2CrNi19-11
6	S30409	07Cr19Ni10	—	S30409	304H	1.494 8	X6CrNi18-10
7	S31008	06Cr25Ni20	0Cr25Ni20	S31008	310S	1.495 1	X6CrNi25-20
8	S31608	06Cr17Ni12Mo2	0Cr17Ni12Mo2	S31600	316	1.440 1	X5CrNiMo17-12-2
9	S31603	022Cr17Ni12Mo2	00Cr17Ni14Mo2	S31603	316L	1.440 4	X2CrNiMo17-12-2
10	S31668	06Cr17Ni12Mo2Ti	0Cr18Ni12Mo2Ti	S31635	316Ti	1.457 1	X6CrNiMoTi17-12-2
11	S31708	06Cr19Ni13Mo3	0Cr19Ni13Mo3	S31700	317	—	—
12	S31703	022Cr19Ni13Mo3	00Cr19Ni13Mo3	S31703	317L	1.443 8	X2CrNiMo18-15-4
13	S32168	06Cr18Ni11Ti	0Cr18Ni10Ti	S32100	321	1.454 1	X6CrNiTi18-10
14	S39042	015Cr21Ni26Mo5Cu2	—	N08904	904L	1.453 9	X1NiCrMoCu25-20-5
15	S21953	022Cr19Ni5Mo3Si2N	00Cr18Ni5Mo3Si2	—	—	—	—
16	S22253	022Cr22Ni5Mo3N	—	S31803	—	1.446 2	X2CrNiMoN22-5-3
17	S22053	022Cr23Ni5Mo3N	—	S32205	2205	—	—

表 C.2 高合金钢焊接管的钢号近似对照

序号	GB/T 12771—2008		GB/T 12771—2000	ASME(2007)SA312	
	统一数字代号	新牌号	旧牌号	UNS 代号	型号
1	S30408	06Cr19Ni10	0Cr18Ni9	S30400	TP304
2	S30403	022Cr19Ni10	00Cr19Ni10	S30403	TP304L
3	S31608	06Cr17Ni12Mo2	0Cr17Ni12Mo2	S31600	TP316
4	S31603	022Cr17Ni12Mo2	00Cr17Ni14Mo2	S31603	TP316L
5	S32168	06Cr18Ni11Ti	0Cr18Ni10Ti	S32100	TP321

表 C.3 双相钢无缝管的钢号近似对照

序号	GB/T 21833—2008		GB/T 14976—2002	ASME(2007)SA789 SA790	
	统一数字代号	新牌号	旧牌号	UNS 代号	型号
1	S21953	022Cr19Ni5Mo3Si2N	00Cr18Ni5Mo3Si2	S31500	—
2	S22253	022Cr22Ni5Mo3N	—	S31803	—
3	S22053	022Cr23Ni5Mo3N	—	S32205	—
4	S25073	022Cr25Ni7Mo4N	—	S32750	—

表 C.4 高合金钢钢锻件的钢号近似对照

序号	NB/T 47010—2010	NB/T 47010—2010	ASME(2007)SA182	ASME(2007)SA336
1	S11306	0Cr13	—	—
2	S30408	0Cr18Ni9	S30400(F304)	F304
3	S30403	00Cr19Ni10	S30403(F304L)	F304L
4	S30409	—	S30409(F304H)	F304H
5	S31008	—	S31009(F310H)	F310H
6	S31608	0Cr17Ni12Mo2	S31600(F316)	F316
7	S31603	00Cr17Ni14Mo2	S31603(F316L)	F316L
8	S31668	0Cr18Ni12Mo2Ti	—	—
9	S31703	—	S31703(F317L)	—
10	S32168	0Cr18Ni10Ti	S32100(F321)	F321
11	S39042	—	N08904(F904L)	—
12	S21953	00Cr18Ni5Mo3Si2	—	—
13	S22253	—	S31803(F51)	—
14	S22053	—	S32205(F60)	—

附 录 D
(规范性附录)

Q235 系列钢板的使用规定

D.1 GB/T 3274—2007《碳素结构钢和低合金结构钢热轧厚钢板和钢带》中的 Q235B 和 Q235C 钢板使用规定如下：

- a) 钢的化学成分(熔炼分析)应符合 GB/T 700—2006《碳素结构钢》的规定,但钢板质量证明书中的磷、硫含量应符合 $P\leq 0.035\%$ 、 $S\leq 0.035\%$ 的要求。
- b) 厚度等于或大于 6 mm 的钢板应进行冲击试验,试验结果应符合 GB/T 700 的规定。对用于使用温度低于 20℃至 0℃、厚度等于或大于 6 mm 的 Q235C 钢板,容器制造单位应附加进行横向试样的 0℃冲击试验,3 个标准冲击试样的冲击功平均值 $KV_2\geq 27\text{ J}$,1 个试样的冲击功最低值以及小尺寸冲击试样的冲击功数值按 GB/T 700 的相应规定。
- c) 钢板应进行冷弯试验,冷弯合格标准按 GB/T 700 的规定。
- d) 容器的设计压力小于 1.6 MPa。
- e) 钢板的使用温度: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) 不得用于毒性程度为极度或高度危害的介质。

D.2 钢板的许用应力按表 D.1 的规定。

表 D.1

钢 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 所列许用应力已乘质量系数 0.85,Q235C 所列许用应力已乘质量系数 0.90。							

D.3 钢板的厚度负偏差按 GB/T 3274 的相应规定。