



中华人民共和国国家标准

GB/T 44148.2—2024

承压设备用钢锻件、轧制或锻制钢棒 第2部分：规定高温性能的低合金及合金 (钼、铬和铬钼)钢

Steel forgings and rolled or forged bars for pressure equipments—
Part 2: Low-alloy and alloy (Mo, Cr and CrMo) steels with specified
elevated temperature properties

[ISO 9327-2:1999, Steel forgings and rolled and forged bars for pressure
purposes—Technical delivery conditions—Part 2: Non-alloy and alloy
(Mo, Cr and CrMo) steels with specified elevated temperature properties, MOD]

2024-06-29 发布

2025-01-01 实施

国家市场监督管理总局 发布
国家标准化管理委员会

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 44148《承压设备用钢锻件、轧制或锻制钢棒》的第2部分。GB/T 44148 已经发布了以下部分：

- 第1部分：一般要求；
- 第2部分：规定高温性能的低合金及合金（钼、铬和铬钼）钢；
- 第3部分：低温韧性镍钢。

本文件修改采用 ISO 9327-2:1999《承压用钢锻件、轧制或锻制棒材 交货技术条件 第2部分：规定高温性能的非合金钢及合金（钼、铬和铬钼）钢》。

本文件与 ISO 9327-2:1999 相比，在结构上有较多调整。两个文件之间的结构编号变化对照一览表见附录 A。

本文件与 ISO 9327-2:1999 相比，存在较多技术差异，在所涉及的条款的外侧页边空白位置用垂直单线（|）进行了标示。这些技术差异及其原因一览表见附录 B。

为了便于使用，本文件做了下列编辑性改动：

- 删除了 ISO 9327-2:1999 中的参考文献。

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。

本文件由中国钢铁工业协会提出。

本文件由全国钢标准化技术委员会（SAC/TC 183）归口。

本文件起草单位：大冶特殊钢有限公司、南昌航空大学、江苏沙钢集团淮钢特钢股份有限公司、冶金工业信息标准研究院、宁夏和宁化学有限公司、青岛德固特节能装备股份有限公司。

本文件主要起草人：杜正龙、李博鹏、张体明、王占忠、郑力宁、王心禾、朱志宝、陈玉华、左辉、陈懋金、魏振文。

引 言

承压设备通常包括锅炉、压力容器和压力管道,这类设备广泛用于国民经济各个方面,其共同特点是涉及生产和生命安全,一旦发生事故危害性较大。制造承压设备的材料多种多样,钢材是实际工程中应用最广泛的材料。承压设备用钢是重大技术成套装备制造的关键原材料,是承压设备安全运行的基本保障。随着承压设备向大型化、高参数、结构多样性的方向发展的同时,其工作条件也越来越苛刻,因此对制造承压设备的材料提出了更加严格的要求,合理地选用材料对于设备的结构合理、安全、长期运行和降低成本是非常重要的。

GB/T 44148《承压设备用钢锻件、轧制或锻制钢棒》旨在规范承压设备用钢的技术要求,拟由5个部分构成。

- 第1部分:一般要求。目的在于规定其他部分通用的要求,以便在其他部分中引用。
- 第2部分:规定高温性能的低合金及合金(钼、铬和铬钼)钢。目的在于规定满足高于常温某温度下使用的承压设备用钢(有效截面厚度不大于500 mm)的技术要求。
- 第3部分:低温韧性镍钢。目的在于规定用于制造承压设备用公称直径不大于50 mm的低温韧性镍钢的技术要求。
- 第4部分:具有较高屈服强度的细晶粒钢。目的在于规定用于制造有效截面厚度不大于250 mm的细晶粒钢的技术要求。
- 第5部分:不锈钢。目的在于规定用于制造承压设备用有效截面厚度不大于500 mm的不锈钢的技术要求。

承压设备用钢锻件、轧制或锻制钢棒

第2部分：规定高温性能的低合金及合金 (钼、铬和铬钼)钢

1 范围

本文件规定了承压设备用规定高温性能的低合金及合金(钼、铬和铬钼)钢锻件、轧制或锻制钢棒的订货内容、尺寸、外形、重量、技术要求、试验方法、检验规则、包装、标志及质量证明书。

本文件适用于有效截面厚度不大于500 mm的圆钢和方钢(以下简称钢棒)以及单重不大于10 t的锻件。非合金钢及其他合金钢可参照执行。

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 222 钢的成品化学成分允许偏差

GB/T 223.5 钢铁 酸溶硅和全硅含量的测定 还原型硅钼酸盐分光光度法(GB/T 223.5—2008,ISO 4829-1:1986 & ISO 4829-2:1988,MOD)

GB/T 223.9 钢铁及合金 钼含量的测定 铬天青S分光光度法

GB/T 223.11 钢铁及合金 铬含量的测定 可视滴定或电位滴定法(GB/T 223.11—2008,ISO 4937:1986,MOD)

GB/T 223.12 钢铁及合金化学分析方法 碳酸钠分离-二苯碳酰二肼光度法测定铬量

GB/T 223.13 钢铁及合金化学分析方法 硫酸亚铁铵滴定法测定钒含量

GB/T 223.14 钢铁及合金化学分析方法 钽试剂萃取光度法测定钒含量

GB/T 223.23 钢铁及合金 镍含量的测定 丁二酮肟分光光度法

GB/T 223.25 钢铁及合金化学分析方法 丁二酮肟重量法测定镍量

GB/T 223.26 钢铁及合金 钼含量的测定 硫氰酸盐分光光度法

GB/T 223.36 钢铁及合金化学分析方法 蒸馏分离-中和滴定法测定氮量

GB/T 223.37 钢铁及合金 氮含量的测定 蒸馏分离靛酚蓝分光光度法(GB/T 223.37—2020,ISO 4945:2018,IDT)

GB/T 223.40 钢铁及合金 铌含量的测定 氯磺酚S分光光度法

GB/T 223.53 钢铁及合金化学分析方法 火焰原子吸收分光光度法测定铜量

GB/T 223.60 钢铁及合金化学分析方法 高氯酸脱水重量法测定硅含量

GB/T 223.62 钢铁及合金化学分析方法 乙酸丁酯萃取光度法测定磷量

GB/T 223.64 钢铁及合金 锰含量的测定 火焰原子吸收光谱法(GB/T 223.64—2008,ISO 10700:1994,IDT)

GB/T 223.69 钢铁及合金 碳含量的测定 管式炉内燃烧后气体容量法

GB/T 223.72 钢铁及合金 硫含量的测定 重量法

GB/T 44148.2—2024

- GB/T 223.75 钢铁及合金 硼含量的测定 甲醇蒸馏-姜黄素光度法
- GB/T 223.84 钢铁及合金 钛含量的测定 二安替比林甲烷分光光度法 (GB/T 223.84—2009, ISO 10280:1991, IDT)
- GB/T 223.86 钢铁及合金 总碳含量的测定 感应炉燃烧后红外吸收法 (GB/T 223.86—2009, ISO 9556:1989, IDT)
- GB/T 226 钢的低倍组织及缺陷酸蚀检验法
- GB/T 228.1 金属材料 拉伸试验 第 1 部分: 室温试验方法 (GB/T 228.1—2021, ISO 6892-1: 2019, MOD)
- GB/T 228.2 金属材料 拉伸试验 第 2 部分: 高温试验方法 (GB/T 228.2—2015, ISO 6892-2: 2011, MOD)
- GB/T 229 金属材料 夏比摆锤冲击试验方法 (GB/T 229—2020, ISO 148-1: 2016, MOD)
- GB/T 1979 结构钢低倍组织缺陷评级图
- GB/T 4162 锻轧钢棒超声检测方法
- GB/T 4336 碳素钢和中低合金钢 多元素含量的测定 火花放电原子发射光谱法 (常规法)
- GB/T 6394 金属平均晶粒度测定方法
- GB/T 6402 钢锻件超声检测方法
- GB/T 10561—2023 钢中非金属夹杂物含量的测定 标准评级图显微检验法 (GB/T 10561—2023, ISO 4967: 2013, MOD)
- GB/T 20066 钢和铁 化学成分测定用试样的取样和制样方法 (GB/T 20066—2006, ISO 14284: 1996, IDT)
- GB/T 20123 钢铁 总碳硫含量的测定 高频感应炉燃烧后红外吸收法 (常规方法) (GB/T 20123—2006, ISO 15350: 2000, IDT)
- GB/T 20124 钢铁 氮含量的测定 惰性气体熔融热导法 (常规方法) (GB/T 20124—2006, ISO 15351: 1999, IDT)
- GB/T 20125 低合金钢 多元素含量的测定 电感耦合等离子体原子发射光谱法
- GB/T 44148.1 承压设备用钢锻件、轧制或锻制钢棒 第 1 部分: 一般要求 (GB/T 44148.1—2024, ISO 9327-1: 1999, MOD)
- NB/T 47013.3 承压设备无损检测 第 3 部分: 超声检测

3 术语和定义

GB/T 44148.1 界定的术语和定义适用于本文件。

4 订货内容

钢棒和锻件的订货内容应符合 GB/T 44148.1 的规定。

5 尺寸、外形、重量

钢棒和锻件的尺寸、外形、重量应符合 GB/T 44148.1 的规定。

6 技术要求

6.1 牌号和化学成分

6.1.1 钢的牌号和化学成分(熔炼分析)应符合表 1 规定。

6.1.2 钢棒和锻件的成品化学成分允许偏差应符合 GB/T 222 的规定。

6.2 制造方法

钢的冶炼方法、钢棒和锻件的压缩比应符合 GB/T 44148.1 的规定。

6.3 交货状态

6.3.1 切削加工用钢棒和锻件通常以正火、正火+回火或淬火+回火状态交货。

6.3.2 压力加工用钢棒通常以热轧、热锻、退火状态交货。

6.3.3 钢棒表面可经磨光、剥皮或其他精整方法交货。

6.4 力学性能

6.4.1 以正火、正火+回火或淬火+回火状态交货的钢棒和锻件的力学性能应符合表 2 的规定。

6.4.2 以热轧、热锻、退火状态交货的钢棒可采用钢棒延伸段试料或改锻试料整体热处理后制样检验,其力学性能应符合表 2 的规定。改锻试料尺寸由供需双方协商,并在合同中注明。

表 1 牌号及化学成分

钢类	序号	牌号	化学成分 ^a (质量分数)/%														
			C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Cu	Al	W	V	Nb	Ti	B
非合金钢	1	20 ^b	0.17~0.23	0.17~0.37	0.35~0.65	≤0.025	≤0.015	≤0.25	≤0.08	≤0.25	≤0.20	≥0.015	—	≤0.08	—	—	—
	2	25 ^b	0.22~0.29	0.17~0.37	0.50~0.80	≤0.025	≤0.015	≤0.25	≤0.08	≤0.25	≤0.20	≥0.015	—	≤0.08	—	—	—
	3	35 ^b	0.32~0.39	0.17~0.37	0.50~0.80	≤0.025	≤0.015	≤0.25	≤0.08	≤0.25	≤0.20	≥0.015	—	≤0.08	—	—	—
	4	16Mn ^b	≤0.20	0.10~0.50	0.90~1.60	≤0.025	≤0.015	≤0.30	≤0.08	≤0.30	≤0.20	≥0.020	—	≤0.08	—	—	—
合金钢	5	15Mo	0.12~0.20	≤0.35	0.40~0.90	≤0.025	≤0.015	≤0.30	0.25~0.35	≤0.30	≤0.20	—	—	—	—	—	—
	6	20MnMo	0.17~0.23	0.15~0.40	1.10~1.40	≤0.025	≤0.015	≤0.30	0.20~0.35	≤0.30	≤0.25	—	—	—	—	—	—
	7	20MnMoNb	0.17~0.23	0.15~0.40	1.30~1.60	≤0.025	≤0.015	≤0.30	0.45~0.65	≤0.30	≤0.25	—	0.025~0.050	—	—	—	—
	8	20MnNiMo	0.17~0.23	0.15~0.40	1.20~1.50	≤0.025	≤0.015	≤0.30	0.45~0.60	0.40~1.00	≤0.20	—	—	≤0.050	—	—	—
	9	15Ni1MnMoNbCu	0.10~0.17	0.25~0.50	0.80~1.20	≤0.025	≤0.015	—	0.25~0.50	1.00~1.30	0.50~0.80	≤0.050	≤0.05	0.015~0.045	—	—	≤0.020 0
	10	12CrMo	0.08~0.15	0.17~0.37	0.40~0.70	≤0.025	≤0.015	0.40~0.70	0.40~0.55	≤0.30	≤0.25	—	—	—	—	—	—

表 1 牌号及化学成分 (续)

钢类	序号	牌号	化学成分 ^a (质量分数)/%											
			C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Cu	Al	W	V
合金钢	11	15CrMo	0.12~0.18	0.17~0.37	0.40~0.70	≤0.025	≤0.015	0.80~1.10	0.40~0.55	≤0.30	≤0.20	—	—	—
	12	12Cr1MoV	0.08~0.15	0.17~0.37	0.40~0.70	≤0.025	≤0.010	0.90~1.20	0.25~0.35	≤0.30	≤0.20	—	—	0.150~0.300
	13	14Cr1Mo	0.11~0.17	0.50~0.80	0.30~0.80	≤0.025	≤0.015	1.15~1.50	0.45~0.65	≤0.30	≤0.25	—	—	—
	14	12Cr2Mo1	≤0.15	≤0.50	0.30~0.60	≤0.025	≤0.015	2.00~2.50	0.90~1.10	≤0.30	≤0.20	—	—	—
	15	12Cr2Mo1V	≤0.15	≤0.10	0.30~0.60	≤0.025	≤0.015	2.00~2.50	0.90~1.10	≤0.30	≤0.25	—	≤0.030	0.250~0.350
	16	12Cr3Mo1V	≤0.15	≤0.10	0.30~0.60	≤0.025	≤0.015	2.70~3.30	0.90~1.10	≤0.30	≤0.25	—	0.015~0.035	0.200~0.300
	17	12Cr5Mo	≤0.18	≤0.50	≤0.60	≤0.025	≤0.015	4.00~6.00	0.45~0.65	≤0.50	≤0.20	—	—	—
	18	10Cr9Mo1VNbN ^{c,d}	0.08~0.12	0.20~0.40	0.30~0.50	≤0.020	≤0.010	8.00~9.50	0.85~1.05	≤0.20	≤0.10	≤0.020	≤0.05	0.180~0.250
			0.035 0~0.070 0											

表 1 牌号及化学成分 (续)

钢类	序号	牌 号	化 学 成 分 ^a (质量分数) / %															
			C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Cu	Al	W	V	Nb	Ti	B	N
合 金 钢	19	10Cr9MoW2VNbBN ^e	0.07~ 0.13	≤ 0.50	0.30~ 0.60	≤ 0.020	≤ 0.010	8.50~ 9.50	0.30~ 0.60	≤ 0.40	—	≤ 0.020	1.50~ 2.00	0.150~ 0.250	0.040~ 0.090	—	0.001 0~ 0.006 0	0.030 0~ 0.070 0
	20	20Cr12NiMoV	0.17~ 0.23	≤ 0.40	0.30~ 1.00	≤ 0.020	≤ 0.010	10.00~ 12.50	0.80~ 1.20	0.30~ 1.00	—	≤ 0.025	—	0.200~ 0.350	—	—	—	
	21	30CrMo	0.27~ 0.33	0.17~ 0.37	0.40~ 0.70	≤ 0.020	≤ 0.010	0.80~ 1.10	0.15~ 0.25	≤ 0.30	≤ 0.25	—	—	—	—	—	—	
	22	35CrMo	0.32~ 0.38	0.17~ 0.37	0.40~ 0.70	≤ 0.020	≤ 0.010	0.80~ 1.10	0.15~ 0.25	≤ 0.30	≤ 0.25	—	—	—	—	—	—	
	23	35CrNi3MoV	0.30~ 0.40	0.10~ 0.35	0.20~ 0.80	≤ 0.020	≤ 0.010	0.50~ 1.20	0.40~ 0.70	2.50~ 3.30	≤ 0.20	—	—	0.100~ 0.250	—	—	—	
	24	36CrNi3MoV	0.32~ 0.42	≤ 0.37	0.20~ 0.80	≤ 0.020	≤ 0.010	1.20~ 1.50	0.35~ 0.45	3.00~ 3.50	≤ 0.20	—	—	0.100~ 0.250	—	—	—	
			^a 未经需方同意,不应在钢中有意加入本表中未提及的元素,应采取措防止从废钢或其他原料中带入影响钢性能的元素。 ^b Cr+Cu+Ni+Mo≤0.70%。 ^c 10Cr9Mo1VNbN 残余元素含量:Zr≤0.01%,As≤0.010%,Sn≤0.010%,Sb≤0.003%,Pb≤0.010%,Bi≤0.0030%,As+Sn+Sb+Pb+Bi≤0.035%。 ^d 氮、铝元素含量比值:N/Al≥4.0。 ^e 10Cr9Mo1VNbBN 残余元素含量:Zr≤0.01%,As≤0.010%,Sn≤0.010%,Sb≤0.003%,Pb≤0.010%,Bi≤0.0030%,As+Sn+Sb+Pb+Bi≤0.035%。															
			注: 本文件牌号与国外牌号对照参见附录 C 的表 C.1。															

表 2 力学性能

序号	牌号	推荐热处理制度				室温拉伸性能				冲击吸收能量 KV ₂ /J		
		热处理方式	奥氏体化温度 ℃	冷却方式	回火温度 ℃	有效截面厚度 ^a <i>t_R</i> /mm	上屈服强度 ^b <i>R_{eH}</i> /MPa	抗拉强度 <i>R_m</i> /MPa	断后伸长率 <i>A</i> /%	试验温度 ℃	纵向	横向 ^c
1	20	正火、淬火＋回火	880～940	空冷、油冷、水冷	550～650	<i>t_R</i> ≤100	≥235	410～560	≥24	0	≥41	≥27
						100< <i>t_R</i> ≤200	≥225	400～550				
						200< <i>t_R</i> ≤300	≥205	380～530				
2	25	正火、淬火＋回火	870～930	空冷、油冷、水冷	550～650	<i>t_R</i> ≤100	≥235	420～570	≥20	20	≥31	≥27
						100< <i>t_R</i> ≤300	≥215	390～540				
3	35	正火、淬火＋回火	850～910	空冷、油冷、水冷	550～650	<i>t_R</i> ≤100	≥265	510～670	≥18	20	≥41	≥27
						100< <i>t_R</i> ≤300	≥245	490～640				
4	16Mn	正火、淬火＋回火	890～950	空冷	—	<i>t_R</i> ≤16	≥315	490～610	≥23	0	≥40	≥27
						16< <i>t_R</i> ≤40	≥310		≥23			
						40< <i>t_R</i> ≤60	≥305		≥23			
			880～920	油冷、水冷	580～650	60< <i>t_R</i> ≤100	≥280		≥22			
						100< <i>t_R</i> ≤150	≥255		≥22			
						150< <i>t_R</i> ≤250	≥245		≥21			
5	15Mo	正火、正火＋回火、淬火＋回火	890～950	空冷	—	<i>t_R</i> ≤40	≥270	400～600	≥26	20	≥40	≥27
						40< <i>t_R</i> ≤60	≥260		≥25			
			880～920	油冷、水冷	600～650	60< <i>t_R</i> ≤100	≥240	430～580	≥24			
						100< <i>t_R</i> ≤250	≥220	420～570	≥21			
6	20MnMo	淬火＋回火	850～925	油冷、水冷	≥620	<i>t_R</i> ≤300	≥370	530～700	≥18	0	≥47	≥31
						300< <i>t_R</i> ≤500	≥350	510～680				

表 2 力学性能(续)

序号	牌号	推荐热处理制度				室温拉伸性能					冲击吸收能量 KV ₂ /J		
		热处理方式	奥氏体化温度 ℃	冷却方式	回火温度 ℃	有效截面厚度 ^a <i>t_R</i> /mm	上屈服强度 ^b <i>R_{eH}</i> /MPa	抗拉强度 <i>R_m</i> /MPa	断后伸长率 <i>A</i> /%		试验温度 ℃	纵向	横向 ^c
7	20MnMoNb	淬火+回火	850~925	油冷、水冷	≥630	<i>t_R</i> ≤300	≥470	620~790	≥16	≥14	0	≥47	≥31
						300< <i>t_R</i> ≤500	≥460	610~780					
8	20MnNiMo	正火+回火、 淬火+回火	850~925	空冷、 水冷	620~675	<i>t_R</i> ≤150	≥420	580~730	≥18	≥16	20	≥50	≥35
						150< <i>t_R</i> ≤300	≥390	550~700					
						300< <i>t_R</i> ≤500	≥360						
9	15Ni1MnMoNbCu	正火+回火、 淬火+回火	880~980	空冷、油冷、 水冷	610~680	<i>t_R</i> ≤500	≥440	610~780	≥17	≥14	20	≥47	≥31
10	12CrMo	正火+回火、 淬火+回火	950~1 020	空冷、油冷、 水冷	≥620	<i>t_R</i> ≤100	≥255	410~570	≥21	≥19	20	≥47	≥31
11	15CrMo	正火+回火、 淬火+回火	890~950	空冷、 油冷、水冷	600~650	<i>t_R</i> ≤40	≥300	450~600	≥22	≥20	20	≥40	≥27
						40< <i>t_R</i> ≤60	≥300						
						60< <i>t_R</i> ≤100	≥275	440~590	≥20	≥18			
						100< <i>t_R</i> ≤250	≥255	430~580	≥20	≥18			
12	12Cr1MoV	正火+回火、 淬火+回火	950~1 020	空冷、 油冷、水冷	≥680	<i>t_R</i> ≤300	≥280	470~630	≥20	≥18	20	≥47	≥31
						300< <i>t_R</i> ≤500	≥270	460~620					
13	14Cr1Mo	正火+回火、 淬火+回火	890~950	空冷、 油冷、水冷	≥680	<i>t_R</i> ≤300	≥290	490~660	≥17	≥14	-20	≥60	≥40
						300< <i>t_R</i> ≤500	≥280	480~650					
						<i>t_R</i> ≤60	≥265	480~620	≥20	≥18			
14	12Cr2Mo1	正火+回火、 淬火+回火	920~980	空冷、 油冷、水冷	680~750	60< <i>t_R</i> ≤100	≥260	470~620	≥20	≥18	20	≥40	≥27
						100< <i>t_R</i> ≤150	≥250	460~610					
						150< <i>t_R</i> ≤300	≥240	450~600	≥20	≥18			

表 2 力学性能(续)

序号	牌号	推荐热处理制度			室温拉伸性能					冲击吸收能量 KV ₂ /J		
		热处理方式	奥氏体化温度 ℃	冷却方式	回火温度 ℃	有效截面厚度 ^a <i>t_R</i> /mm	上屈服强度 ^b <i>R_{eH}</i> /MPa	抗拉强度 <i>R_m</i> /MPa	断后伸长率 <i>A</i> /%	试验温度 ℃	纵向	横向 ^c
15	12Cr2Mo1V	正火+回火、 淬火+回火	920~980	空冷、 油冷、水冷	≥680	<i>t_R</i> ≤300 300< <i>t_R</i> ≤500	≥420 ≥410	590~760 580~750	≥17 ≥14	-20	≥60	≥40
16	12Cr3Mo1V	正火+回火、 淬火+回火	920~980	空冷、 油冷、水冷	≥680	<i>t_R</i> ≤300 300< <i>t_R</i> ≤500	≥420 ≥410	590~760 580~750	≥17 ≥14	-20	≥60	≥40
17	12Cr5Mo	正火+回火 淬火+回火	920~975	空冷 油冷、水冷	680~750	<i>t_R</i> ≤150 150< <i>t_R</i> ≤250	≥300 ≥300	480~660 450~630	≥20 ≥16	20	≥40	≥27
18	10Cr9Mo1VNbN	正火+回火、 淬火+回火	1040~1080	空冷、油冷、 水冷	≥740	<i>t_R</i> ≤300	≥415	585~755	≥16 ≥13	-40	≥60	≥40
19	10Cr9MoW2VNbN	正火+回火、 淬火+回火	1 040~1 080	空冷、油冷、 水冷	≥740	<i>t_R</i> ≤300	≥440	620~790	≥17 ≥14	-20	≥60	≥40
20	20Cr12NiMoV	正火+回火、 淬火+回火	1 020~1 070	空冷、 油冷、水冷	730~780	<i>t_R</i> ≤100 100< <i>t_R</i> ≤200 200< <i>t_R</i> ≤300	≥500 ≥500 ≥500	700~850 700~850 700~850	≥16 ≥14 ≥14	20 20 20	≥39 ≥31 ≥27	≥27 ≥27 ≥24
21	30CrMo	淬火+回火	850~910	油冷、水冷	≥580	<i>t_R</i> ≤300	≥440	620~790	≥15 ≥13	0	≥41	≥27
22	35CrMo	淬火+回火	830~900	油冷、水冷	≥580	<i>t_R</i> ≤300 300< <i>t_R</i> ≤500	≥440 ≥430	620~790 610~780	≥15 ≥13	0	≥41	≥27
23	35CrNi3MoV	正火+淬火+ 回火	830~900	空冷、油冷、 水冷	≥540	<i>t_R</i> ≤300	≥960	1 070~ 1 230	≥16 ≥13	-40	≥60	≥40
24	36CrNi3MoV	正火+淬火+ 回火	830~900	空冷、油冷、 水冷	≥540	<i>t_R</i> ≤300	≥895	1 000~ 1 150	≥16 ≥13	-40	≥60	≥40
^a 有效截面厚度 <i>t_R</i> 定义及换算方法见 GB/T 44148.1(圆钢:圆钢直径≈1.5×<i>t_R</i>,方钢:方钢厚度≈1.2×<i>t_R</i>)。对于 <i>t_R</i> 超过规定最大厚度的产品,力学性能要求可由供需双方商定。 ^b 当屈服不明显时,可用规定塑性延伸强度 <i>R_{p0.2}</i> 代替上屈服强度 <i>R_{eH}</i>。 ^c 对于钢锻件,可用切向或轴向取样代替横向往取样检测。												

6.4.3 根据需方要求,可进行高温拉伸试验,需在合同中注明试验温度及要求(如需进行两个及两个以上温度的试验,需由双方协商),高温纵向力学性能应符合表 3 的规定。

表 3 高温拉伸性能

序号	牌号	热处理方式	有效截面厚度 t_R/mm	规定塑性延伸强度 $R_{p0.2}/\text{MPa}$, 不小于										
				温度/ $^{\circ}\text{C}$										
				100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600
1	20	正火、淬火+回火	$t_R \leq 100$	210	200	186	167	153	139	129	121	—	—	—
			$100 < t_R \leq 200$	200	191	178	161	147	133	123	116	—	—	—
			$200 < t_R \leq 300$	184	176	164	147	135	123	113	106	—	—	—
2	25	正火、淬火+回火	$t_R \leq 300$	210	200	186	167	153	139	129	121	—	—	—
3	35	正火、淬火+回火	$t_R \leq 100$	235	225	205	186	172	157	147	137	—	—	—
			$100 < t_R \leq 300$	225	215	200	181	167	152	142	132	—	—	—
4	16Mn	正火、淬火+回火	$t_R \leq 16$	—	265	240	213	192	182	173	168	—	—	—
			$16 < t_R \leq 40$	—	260	237	213	192	182	173	168	—	—	—
			$40 < t_R \leq 60$	—	256	234	213	192	182	173	168	—	—	—
			$60 < t_R \leq 100$	—	256	234	213	192	182	173	168	—	—	—
			$100 < t_R \leq 150$	—	243	222	203	182	172	163	158	—	—	—
			$150 < t_R \leq 250$	—	233	212	193	172	162	153	148	—	—	—
5	15Mo	正火、正火+回火、 淬火+回火	$t_R \leq 60$	—	237	224	205	173	159	155	150	145	—	—
			$60 < t_R \leq 100$	—	225	212	195	162	147	143	137	132	—	—
			$100 < t_R \leq 250$	—	219	207	189	156	140	135	130	125	—	—
6	20MnMo	淬火+回火	$t_R \leq 300$	340	320	305	295	285	275	260	240	—	—	—
			$300 < t_R \leq 500$	325	305	290	280	270	260	245	225	—	—	—
			$500 < t_R \leq 700$	310	295	280	270	260	250	235	215	—	—	—
7	20MnMoNb	淬火+回火	$t_R \leq 300$	435	420	405	395	385	370	355	335	—	—	—
			$300 < t_R \leq 500$	430	415	405	395	385	370	355	335	—	—	—
8	20MnNiMo	淬火+回火	$t_R \leq 300$	—	—	360	—	350	343	—	—	—	—	—
			$300 < t_R \leq 500$	—	—	350	—	330	314	—	—	—	—	—
9	15Ni1MnMoNbCu	正火+回火、 淬火+回火	$t_R \leq 500$	422	412	402	392	382	373	343	304	—	—	—
10	12CrMo	正火+回火、 淬火+回火	$t_R \leq 100$	193	187	181	175	170	165	159	150	140	—	—
11	15CrMo	正火+回火、 淬火+回火	$t_R \leq 60$	—	240	230	218	194	181	176	172	167	160	155
			$60 < t_R \leq 100$	—	230	220	208	183	169	164	160	156	150	146
			$100 < t_R \leq 250$	—	220	210	200	172	158	153	150	146	140	136

表 3 高温拉伸性能（续）

序号	牌号	热处理方式	有效截面厚度 t_R/mm	规定塑性延伸强度 $R_{p0.2}/\text{MPa}$, 不小于											
				温度/ $^{\circ}\text{C}$											
				100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	
12	12Cr1MoV	正火+回火、 淬火+回火	$t_R\leq 300$	255	240	230	220	210	200	190	180	170	—	—	
			$300<t_R\leq 500$	245	230	220	210	200	190	180	170	160	—	—	
13	14Cr1Mo	正火+回火、 淬火+回火	$t_R\leq 300$	270	255	240	230	220	210	200	190	175	—	—	
			$300<t_R\leq 500$	260	245	230	220	210	200	190	180	170	—	—	
14	12Cr2Mo1	正火+回火、 淬火+回火	$t_R\leq 60$	—	241	233	224	219	212	207	194	180	160	137	
			$60<t_R\leq 100$	—	229	221	212	207	201	196	183	170	151	130	
			$100<t_R\leq 150$	—	217	209	200	195	190	185	172	160	142	124	
			$150<t_R\leq 300$	—	205	197	188	183	179	174	161	150	133	118	
15	12Cr2Mo1V	正火+回火、 淬火+回火	$t_R\leq 300$	395	380	370	365	360	355	350	340	325	—	—	
			$300<t_R\leq 500$	390	375	365	360	355	350	345	335	320	—	—	
16	12Cr3Mo1V	正火+回火、 淬火+回火	$t_R\leq 300$	395	380	370	365	360	355	350	340	325	—	—	
			$300<t_R\leq 500$	390	375	365	360	355	350	345	335	320	—	—	
17	12Cr5Mo	正火+回火、 淬火+回火	$t_R\leq 60$	299	295	294	293	291	285	273	253	222	—	—	
			$60<t_R\leq 250$	281	277	275	275	273	267	256	237	208	—	—	
18	10Cr9Mo1VNbN	正火+回火、 淬火+回火	$t_R\leq 300$	384	378	377	377	376	371	358	337	306	260	198	
19	10Cr9MoW2VNbBN	正火+回火、 淬火+回火	$t_R\leq 300$	420	412	405	400	392	382	372	360	340	300	248	
20	20Cr12NiMoV	正火+回火、 淬火+回火	$t_R\leq 300$	—	390	362	340	328	322	316	302	280	—	—	
21	30CrMo	淬火+回火	$t_R\leq 300$	400	380	370	360	350	335	320	295	400	—	—	
			$t_R\leq 300$	400	380	370	360	350	335	320	295	—	—	—	
22	35CrMo	淬火+回火	$300<t_R\leq 500$	395	380	370	360	350	335	320	295	—	—	—	
23	35CrNi3MoV	正火+淬火+回火	$t_R\leq 300$	876	857	843	799	777	758	720	—	—	—	—	
24	36CrNi3MoV	正火+淬火+回火	$t_R\leq 300$	814	796	783	774	761	742	714	—	—	—	—	

6.4.4 钢的高温持久强度推荐值参见附录 D 的表 D.1。

6.5 低倍组织

6.5.1 对于公称尺寸不大于 300 mm 的钢棒,其横截面酸浸低倍试片上不允许有目视可见的缩孔、气泡、裂纹、白点、夹杂和翻皮,酸浸低倍组织缺陷应符合表 4 的规定;对于公称尺寸大于 300 mm 的钢棒,经供需双方协商,钢棒和锻件的低倍组织可在半成品坯或在改锻成直径(或边长)80 mm~100 mm 的样坯上检验或者以探伤代替。

表 4 低倍组织

锭型偏析 ^a	中心偏析 ^a	中心疏松 ^a	一般疏松 ^a	一般点状偏析	边缘点状偏析
级别,不大于					
2.0	2.0	2.0	2.0	不允许有	
^a 对于公称尺寸大于 250 mm 的钢棒,合格级别可不大于 2.5 级。					

6.5.2 经供需双方协商,锻件可进行低倍检验,检验要求应在合同中注明。

6.6 非金属夹杂物

钢应检验非金属夹杂物,并按 GB/T 10561—2023 中 A 法进行评定,其合格级别应符合表 5 规定。

表 5 非金属夹杂物

A 类		B 类		C 类		D 类		DS 类
细系	粗系	细系	粗系	细系	粗系	细系	粗系	
级别,不大于								
2.5	2.0	2.5	1.5	1.5	1.0	2.5	1.5	2.5
A、B、C、D 类的细系级别之和应不大于 6.5 级;A、B、C、D 类粗系级别之和应不大于 5.5 级。								

6.7 晶粒度

根据需方要求,可检验晶粒度,其合格级别应符合表 6 规定。

表 6 晶粒度

牌号	晶 粒 度		晶粒度级差 ^a ,不超过
	$t_R \leq 100\text{ mm}$	$t_R > 100\text{ mm}$	
10Cr9Mo1VNbN,10Cr9MoW2VNbBN	4~10 级	4~10 级	3 级
35CrNi3MoV,36CrNi3MoV	6~10 级	5~10 级	3 级
非合金钢和本表所列牌号以外的合金钢	4~10 级	3~10 级	3 级
以热轧、热锻、退火状态交货的钢检验奥氏体晶粒度,以正火、正火+回火或淬火+回火状态交货的钢检验实际晶粒度,当显微组织为全贝氏体或马氏体时,可检验原奥氏体晶粒度。			
^a 晶粒度级差示例:如晶粒度最小为 6 级,最大为 8 级,则级差为 2 级;如晶粒度最小为 6 级,最大为 9 级,则级差为 3 级。			

6.8 超声检测

6.8.1 钢棒应按 GB/T 4162 或 GB/T 6402 进行超声检测,其合格级别由供需双方协商并在合同中注明。

6.8.2 锻件应按 GB/T 6402 或 NB/T 47013.3 进行超声检测,其合格级别由供需双方协商并在合同中注明。

6.9 表面质量

钢棒和锻件的表面质量应符合 GB/T 44148.1 的规定。

6.10 特殊要求

根据需方要求,经供需双方协商,并在合同中注明可供应有下列特殊要求的钢棒或锻件:

- a) 缩小化学成分范围;
- b) 加严表 2、表 3 的性能指标;
- c) 其他特殊要求。

7 试验方法

7.1 钢棒和锻件的检验项目和试验方法应符合表 7 的规定。

表 7 检验项目、取样数量、取样部位和试验方法

序号	检验项目	取样数量	取样部位		试验方法
			钢棒	锻件	
1	化学成分	1 个/炉	GB/T 20066		见 7.2
2	室温拉伸	2 个/批	不同根钢棒 ^a , GB/T 44148.1	按 GB/T 44148.1, 或需方图纸要求	GB/T 228.1
3	高温拉伸	2 个/批			GB/T 228.2
4	冲击	1 组 3 个/批	任意一根钢棒		GB/T 229
5	低倍组织	2 个/批	模铸:相当于钢锭头部不同根钢棒 ^a ; 连铸:不同根钢棒 ^a	按 GB/T 44148.1 或双方协商	GB/T 226、GB/T 1979
6	非金属夹杂物	2 个/批	不同根钢棒 ^a	不同个锻件 ^b	GB/T 10561—2023
7	晶粒度	1 个/批	任意一根钢棒	任意一个锻件 ^b	GB/T 6394
8	超声检测	逐根(件)	—		GB/T 6402、GB/T 4162 或 NB/T 47013.3
9	表面质量	逐根(件)	—		目视
10	尺寸、外形	逐根(件)	—		卷尺、卡尺、千分尺
注 1: 对于公称厚度不大于 25 mm 的钢棒,拉伸、冲击试样在心部位置取样;对于公称厚度大于 25 mm 且不大于 50 mm 的钢棒,拉伸、冲击试样在距钢棒表面 12.5 mm 位置取样;对于公称厚度大于 50 mm 的钢棒,拉伸、冲击试样在 1/4 厚度位置取样。 注 2: 等效直径或厚度不大于 160 mm 的钢棒,取纵向拉伸和冲击试样;等效直径或厚度大于 160 mm 的钢棒,取横向拉伸和冲击试样。					
^a 当每批只有一支钢棒时,在钢棒的头、尾取样。 ^b 对于锻件,非金属夹杂物和晶粒度可在冲击取样位置附近取样或按需方图纸要求。					

7.2 钢的化学成分分析按 GB/T 4336、GB/T 20123、GB/T 20124、GB/T 20125 或通用的试验方法进行,但仲裁时应按 GB/T 223.5、GB/T 223.9、GB/T 223.11、GB/T 223.12、GB/T 223.13、GB/T 223.14、

GB/T 223.23、GB/T 223.25、GB/T 223.26、GB/T 223.36、GB/T 223.37、GB/T 223.40、GB/T 223.53、GB/T 223.60、GB/T 223.62、GB/T 223.64、GB/T 223.69、GB/T 223.72、GB/T 223.75、GB/T 223.84、GB/T 223.86 的规定进行。

8 检验规则

8.1 检查与验收

钢棒和锻件的检查和验收按 GB/T 44148.1 的规定执行。

8.2 组批规则

钢棒和锻件应按批检查和验收,组批规则按 GB/T 44148.1 的规定执行。

8.3 取样数量及取样部位

钢棒和锻件的取样数量及取样部位应符合表 7 的规定。

8.4 复验与判定规则

钢棒和锻件的复验与判定规则按 GB/T 44148.1 规定执行。

9 包装、标志和质量证明书

钢棒和锻件的包装、标志和质量证明书应符合 GB/T 44148.1 的规定。

附 录 A
(资料性)

本文件与 ISO 9327-2:1999 结构编号对照情况

表 A.1 给出了本文件与 ISO 9327-2:1999 结构编号对照一览表。

表 A.1 本文件与 ISO 9327-2:1999 结构编号对照情况

本文件结构编号	ISO 9327-2:1999 结构编号
1	1
2	2
3	3
4	4
5	—
6	5
7	6
8	6
9	7
表 1	表 1
表 2	表 1
表 3	表 3
表 4	—
表 5	—
表 6	—
表 7	—
附录 A	—
附录 B	—
附录 C	—
附录 D	表 4

附 录 B
(资料性)

本文件与 ISO 9327-2:1999 技术差异及其原因

表 B.1 给出了本文件与 ISO 9327-2:1999 技术差异及其原因的一览表。

表 B.1 本文件与 ISO 9327-2:1999 技术差异及其原因

本文件的 章条号	技术差异	原因
1	对应 ISO 9327-2:1999 的第 1 章,增加了订货规格及本文件的概况,删除了技术指标,技术指标在后面章节详细说明	适合我国的惯例
3	用规范性引用的 GB/T 44148.1 替换了 ISO 9327-1,两个文件之间的一致性程度为修改	适应我国的技术条件
4	增加了订货内容;用规范性引用的 GB/T 44148.1 替换了 ISO 9327-1,两个文件之间的一致性程度为修改	适应我国的实际情况
5	增加了外形、尺寸;用规范性引用的 GB/T 44148.1 替换了 ISO 9327-1,两个文件之间的一致性程度为修改	
6.1.2	钢棒和锻件的成品化学成分允许偏差改为按 GB/T 222 执行	
6.2	增加了冶炼方法;用规范性引用的 GB/T44148.1 替换了 ISO 9327-1,两个文件之间的一致性程度为修改	
6.3	增加了交货状态	
6.5.1	增加了低倍组织的检验要求	适应我国的实际情况
6.6	增加了非金属夹杂物的检验要求	
6.7	增加了晶粒度的检验要求	
6.8	增加了超声检测的要求,增加引用了 GB/T 4162、GB/T 6402、NB/T 47013.3	
6.9	增加了表面质量的要求;用规范性引用的 GB/T 44148.1 替换了 ISO 9327-1,两个文件之间的一致性程度为修改	
6.10	增加了特殊要求	
7	增加了检验项目及我国相应的标准试验方法	适应我国的技术条件
7.1	用规范性引用的 GB/T 44148.1 替换了 ISO 9327-1,两个文件之间的一致性程度为修改;用规范性引用的 GB/T 229 替换了 ISO 148:1983,两个文件之间的一致性程度为修改;增加了规范性引用的 GB/T 228.1、GB/T 228.2、GB/T 226、GB/T 1979、GB/T 6394、GB/T 10561—2023、GB/T 6402、GB/T 4162、NB/T 47013.3	

表 B.1 本文件与 ISO 9327-2:1999 技术差异及其原因 (续)

本文件的 章条号	技术差异	原因
7.2	增加了规范性引用的 GB/T 4336、GB/T 20123、GB/T 223.5、GB/T 223.9、GB/T 223.11、GB/T 223.12、GB/T 223.13、GB/T 223.14、GB/T 223.23、GB/T 223.25、GB/T 223.26、GB/T 223.36、GB/T 223.37、GB/T 223.40、GB/T 223.53、GB/T 223.60、GB/T 223.62、GB/T 223.64、GB/T 223.69、GB/T 223.72、GB/T 223.75、GB/T 223.84、GB/T 223.86	适应我国的技术条件
8.1	用规范性引用的 GB/T 44148.1 替换了 ISO 9327-1,两个文件之间的一致性程度为修改	
8.2	用规范性引用的 GB/T 44148.1 替换了 ISO 9327-1,两个文件之间的一致性程度为修改	
8.4	增加了复验与判定规则;用规范性引用的 GB/T44148.1 替换了 ISO 9327-1,两个文件之间的一致性程度为修改	适应我国的实际情况
9	用规范性引用的 GB/T 44148.1 替换了 ISO 9327-1,两个文件之间的一致性程度为修改	适应我国的技术条件
表 1	更改了钢的牌号表示方法,删除了牌号 PH26、PH29,增加了牌号 20、25、35、20MnMo、20MnMoNb、15Ni1MnMoNbCu、12CrMo、12Cr1MoV、14Cr1Mo、12Cr2Mo1V、12Cr3Mo1V、10Cr9Mo1VNbN、10Cr9MoW2VNbBN、30CrMo、35CrMo、35CrNi3MoV、36CrNi3MoV	采用我国的通用方法,适应我国实际情况

附 录 C

(资料性)

本文件牌号和国外牌号对照

本文件牌号与国外牌号的对照见表 C.1。

表 C.1 本文件牌号与国外牌号对照表

序号	本文件牌号	ISO 9327-2:1999	EN 10028-2:2017		EN 10222-2:2017	
			牌号	数字代号	牌号	数字代号
1	20	PH26	—	—	P245GH	1,035 2
2	25	—	—	—	—	—
3	35	—	—	—	—	—
4	16Mn	PH31	P355GH	1,047 3	P305GH	1,043 6
5	15Mo	16Mo3	16Mo3	1,541 5	16Mo3	1,541 5
6	20MnMo	—	18MnMo4-5	1,541 4	—	—
7	20MnMoNb	—	—	—	—	—
8	20MnNiMo	20MnMoNi5	20MnMoNi4-5	1,631 1	18MnMoNi5-5	1,630 8
9	15Ni1MnMoNbCu	—	15NiCuMoNb 5-6-4	1,636 8	—	—
10	12CrMo	—	—	—	—	—
11	15CrMo	14CrMo4-5	13CrMo4-5	1,733 5	13CrMo4-5	1,733 5
12	12Cr1MoV	—	—	—	—	—
13	14Cr1Mo	—	13CrMoSi5-5	1,733 6	—	—
14	12Cr2Mo1	13CrMo9-10	12CrMo9-10	1,737 5	11CrMo9-10	1,738 3
15	12Cr2Mo1V	—	13CrMoV9-10	1,770 3	—	—
16	12Cr3Mo1V	—	12CrMoV12-10	1,776 7	—	—
17	12Cr5Mo	X12CrMo5-1	X12CrMo5	1,736 2	X16CrMo5-1	1,736 6
18	10Cr9Mo1VNbN	—	X10CrMo VNb9-1	1,490 3	X10CrMo VNb9-1	1,490 3
19	10Cr9MoW2VNbBN	—	—	—	—	—
20	20Cr12NiMoV	X20CrMoV12-1	—	—	X20CrMoV11-1	1,492 2
21	30CrMo	—	—	—	—	—
22	35CrMo	—	—	—	—	—
23	35CrNi3MoV	—	—	—	—	—
24	36CrNi3MoV	—	—	—	—	—

附录 D
(资料性)
高温持久强度推荐值

表 D.1 列出了本文件中牌号高温持久强度推荐值,供设计参考。

表 D.1 高温持久强度推荐值

序 号	牌 号	热处 理 方 式	保 持 时 间 h	各温度平均保持应力/MPa																												
				温度/℃																												
				380	390	400	410	420	430	440	450	460	470	480	490	500	510	520	530	540	550	560	570	580	590	600	610	620	630	640	650	
1	20	正火、 淬火＋ 回火	100 000	—	—	128	116	104	93	83	74	65	58	51	45	39	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
2	25		100 000	—	—	—	—	—	110	100	87	75	64	55	46	39	31	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
3	35		100 000	—	—	—	—	—	120	103	88	75	64	55	46	39	31	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
4	16Mn	正火、 淬火＋ 回火	30 000	262	237	214	191	171	151	132	115	99	86	74	65	57	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
			50 000	248	223	200	177	156	136	118	102	87	75	65	57	50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
			100 000	227	203	179	157	136	117	100	85	73	63	55	(47)	(41)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
			150 000	215	190	167	144	124	105	89	76	65	56	(49)	(42)	(34)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
			200 000	206	181	157	135	115	97	82	70	60	52	(44)	(37)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
			250 000	199	174	150	128	108	91	77	66	56	(48)	(41)	(32)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5	15Mo	正火、 正火＋ 回火、 淬火＋ 回火	10 000	—	—	—	—	—	—	—	298	273	247	222	196	171	147	125	102	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
			30 000	—	—	—	—	—	—	—	—	273	244	216	187	159	134	113	93	76	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
			50 000	—	—	—	—	—	—	—	—	260	229	200	172	144	119	99	80	66	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
			100 000	—	—	—	—	—	—	—	—	239	208	178	148	123	101	81	66	53	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

表 D.1 高温持久强度推荐值 (续)

序 号	牌 号	热处理 方式	保持 时间 h	各温度平均保持应力/MPa																											
				温度/℃																											
				380	390	400	410	420	430	440	450	460	470	480	490	500	510	520	530	540	550	560	570	580	590	600	610	620	630	640	650
5	15Mo	正火、 正火+ 回火、 淬火+ 回火	150 000	—	—	—	—	—	—	—	226	197	168	139	114	91	74	60	48	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
			200 000	—	—	—	—	—	—	217	188	159	130	105	84	69	55	45	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
			250 000	—	—	—	—	—	—	210	180	151	124	100	80	65	52	(42)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
6	20MnMo	淬火+ 回火	100 000	—	—	—	—	—	330	300	265	230	196	166	140	118	98	79	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
7	20MnMoNb		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
8	20MnNiMo		100 000	—	—	—	—	—	—	240	211	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
9	15Ni1MnMoNbCu	正火+ 回火、 淬火+ 回火	100 000	—	—	373	349	325	300	273	245	210	175	139	104	69	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
10	12CrMo		100 000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	144	130	113	95	83	71	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
11	15CrMo	正火+ 回火、 淬火+ 回火	10 000	—	—	—	—	—	—	—	(407)	(371)	(338)	304	273	239	209	179	154	129	109	91	76	64	53	44	—	—	—	—	
			30 000	—	—	—	—	—	—	—	—	(371)	(336)	(301)	267	233	200	169	140	116	96	79	66	54	44	36	(29)	—	—	—	—
			50 000	—	—	—	—	—	—	—	—	(339)	(307)	(273)	239	207	177	149	124	101	82	68	55	45	—	—	—	—	—	—	—
			100 000	—	—	—	—	—	—	—	—	(326)	(286)	(247)	210	177	146	121	99	81	67	54	43	35	—	—	—	—	—	—	—
			150 000	—	—	—	—	—	—	—	—	(312)	(270)	(210)	194	161	132	108	87	71	57	46	38	(31)	—	—	—	—	—	—	—
			200 000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	(298)	(255)	(197)	180	148	122	99	79	64	52	42	34	(28)	—	—	—	—	—	—
			250 000	—	—	—	—	—	—	—	(292)	(247)	(186)	170	139	114	91	74	59	48	39	32	(26)	—	—	—	—	—	—	—	

表 D.1 高温持久强度推荐值 (续)

序 号	牌 号	热处 理 方 式	保 持 时 间 h	各温度平均保持应力/MPa																											
				温度/℃																											
				380	390	400	410	420	430	440	450	460	470	480	490	500	510	520	530	540	550	560	570	580	590	600	610	620	630	640	650
12	12Cr1MoV	正火＋ 回火、 淬火＋ 回火	100 000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	184	169	153	138	124	110	98	85	75	64	55	—	—	—	—		
13	14Cr1Mo	正火＋ 回火、 淬火＋ 回火	100 000	—	—	—	—	—	—	—	—	285	251	220	190	163	137	116	94	78	61	49	40	33	—	—	—	—	—	—	
14	12Cr2Mo1	正火＋ 回火、 淬火＋ 回火	10 000	—	—	—	—	—	—	—	—	(309)	(285)	(263)	240	219	196	176	155	137	122	108	96	85	76	68	61	—	—	—	
			30 000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	(276)	(254)	222	213	192	172	152	134	118	103	90	79	70	61	54	48	—	—
			50 000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	(257)	236	217	197	177	158	139	123	107	93	80	71	62	54	47	42	—	—
			100 000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	221	204	186	170	153	137	122	107	93	79	69	51	44	(38)	(34)	—	—	—
			150 000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	209	192	175	153	141	126	110	95	82	73	63	54	47	40	(35)	(30)	—	—
			200 000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	203	186	169	152	135	119	103	89	77	68	58	50	43	(37)	(32)	(28)	—	—
			250 000	—	—	—	—	—	—	—	198	181	164	147	130	113	98	84	74	64	55	47	41	(35)	(30)	(26)	—	—	—		

表 D.1 高温持久强度推荐值 (续)

序 号	牌 号	热处 理 方 式	保 持 时 间 h	各温度平均保持应力/MPa																											
				温度/℃																											
				380	390	400	410	420	430	440	450	460	470	480	490	500	510	520	530	540	550	560	570	580	590	600	610	620	630	640	650
15	12Cr2Mo1V	正火＋ 回火、 淬火＋ 回火	100 000	—	—	383	365	346	327	309	290	271	253	235	218	201	184	169	144	126	108	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
16	12Cr3Mo1V	正火＋ 回火、 淬火＋ 回火	100 000	—	—	383	365	346	327	309	290	271	253	235	218	201	184	169	144	126	108	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
17	12Cr5Mo	正火＋ 回火、 淬火＋ 回火	100 000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	147	139	123	108	94	81	71	61	53	47	41	36	32	27	—	—	—	—	
18	10Cr9Mo1- VNbN	正火＋ 回火、 淬火＋ 回火	100 000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	165	153	140	128	116	103	93	83	73	63	53	44	
19	10Cr9Mo- W2VNbBN	正火＋ 回火、 淬火＋ 回火	100 000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	170	156	143	129	116	103	91	79	68	57	

表 D.1 高温持久强度推荐值 (续)

序 号	牌 号	热处 理 方 式	保 持 时 间 h	各温度平均保持应力/MPa																											
				温度/℃																											
				380	390	400	410	420	430	440	450	460	470	480	490	500	510	520	530	540	550	560	570	580	590	600	610	620	630	640	650
20	20Cr12NiMoV	正火 + 回火、 淬火 + 回火	10 000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	294	274	253	232	213	192	173	154	136	119	101	—	—	—	—	—	
			30 000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	271	250	228	208	187	167	148	130	113	97	81	—	—	—	—	—	
			50 000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	261	238	217	195	175	155	136	119	102	87	74	—	—	—	—	—	
			100 000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	248	225	202	180	159	139	121	104	88	75	63	—	—	—	—	—
			150 000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	239	219	197	175	150	128	110	94	80	68	57	—	—	—	—	—
			200 000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	234	213	190	167	143	122	104	89	76	64	53	—	—	—	—	—
			250 000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	229	208	185	161	137	117	100	84	72	60	50	—	—	—	—	—		
				注 1：带“*”号的值涉及长时间外推，括号中的值涉及扩展的应力外推。																											
				注 2：表中高温蠕变断裂值并不意味着产品可以在这些温度下连续使用，控制因素是操作期间的总应力。																											