



中华人民共和国国家标准

GB/T 16508.2—2013
部分代替 GB/T 16507—1996

锅壳锅炉 第 2 部分：材料

Shell boilers—
Part 2: Material

2013-12-31 发布

2014-07-01 实施



中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会

发布

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 一般要求	2
4 钢板	3
5 钢管	6
6 钢锻件	8
7 铸钢件	12
8 铸铁件	14
9 吊杆和拉撑	14
10 紧固件	17
11 焊接材料	17
附录 A (资料性附录) 钢锻件的金相检验	18
附录 B (资料性附录) 常用材料的高温性能	19

前 言

GB/T 16508《锅壳锅炉》分为以下 8 个部分：

- 第 1 部分：总则；
- 第 2 部分：材料；
- 第 3 部分：设计与强度计算；
- 第 4 部分：制造、检验与验收；
- 第 5 部分：安全附件和仪表；
- 第 6 部分：燃烧系统；
- 第 7 部分：安装；
- 第 8 部分：运行。

本部分为 GB/T 16508 的第 2 部分。

本部分按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本部分部分代替 GB/T 16507—1996 中材料等相关内容，与 GB/T 16507—1996 相比，主要技术变化如下：

- 材料部分独立成为系列标准的分标准；
- 删除了长期不用或低档次的 12Mng、ZG200-400 等材料；
- 增加了常用材料的化学成分、力学性能、弹性模量和膨胀系数等数据。

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：上海发电设备成套设计研究院、中国特种设备检测研究院、上海工业锅炉研究所、江苏太湖锅炉股份有限公司、张家港市江南锅炉压力容器有限公司。

本部分主要起草人：张显、张瑞、钱风华、陈秀彬、吴国妹、顾利平、张宏。

本部分所代替标准的历次版本发布情况为：

- GB/T 16507—1996。

锅壳锅炉

第2部分:材料

1 范围

GB/T 16508 的本部分规定了锅壳锅炉受压元件允许使用的材料牌号及其标准、基本技术要求(包括钢板、钢管、钢锻件、铸钢件、铸铁件、吊杆和拉撑、紧固件、焊接材料)、适用范围(温度和压力)和许用应力,以及非受压元件允许使用的材料牌号及其标准。

本部分适用于 GB/T 16508.1 范围界定的锅壳锅炉受压元件和非受压元件用材料的选择和使用。

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 150.2 压力容器 第2部分:材料
- GB/T 699 优质碳素结构钢
- GB/T 700 碳素结构钢
- GB/T 711 优质碳素结构钢热轧厚钢板和钢带
- 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 1348 球墨铸铁件
- GB/T 3077 合金结构钢
- GB 3087 低中压锅炉用无缝钢管
- GB/T 3274 碳素结构钢和低合金结构钢热轧厚钢板和钢带
- GB/T 4338 金属材料高温拉伸试验方法
- GB 5310 高压锅炉用无缝钢管
- GB/T 6394 金属平均晶粒度测定方法
- GB/T 6803 铁素体钢的无塑性转变温度落锤试验方法
- GB/T 8163 输送流体用无缝钢管
- GB/T 9439 灰铸铁件
- GB/T 10561 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 11352 一般工程用铸造碳钢件
- GB/T 13298 金属显微组织检验方法
- GB/T 16507.2 水管锅炉 第2部分:材料
- GB/T 16508.1 锅壳锅炉 第1部分:总则
- JB/T 2637 锅炉承压球墨铸铁件技术条件
- JB/T 2639 锅炉承压灰铸铁件技术条件
- JB/T 4730.3 承压设备无损检测 第3部分:超声检测
- JB/T 9625 锅炉管道附件承压铸钢件技术条件
- JB/T 9626 锅炉锻件技术条件

- NB/T 47008 压力容器用碳素钢和低合金钢锻件
- NB/T 47018 承压设备用焊接材料订货技术条件
- NB/T 47019 锅炉、热交换器用管订货技术条件
- YB 4102 低中压锅炉用电焊钢管
- TSG G0001 锅炉安全技术监察规程

3 一般要求

3.1 材料的选用

3.1.1 选用材料时,应考虑锅炉的运行条件(温度、压力、环境等)、材料性能(力学性能、工艺性能、化学性能和物理性能等)、制造工艺,以及经济合理性。

3.1.2 受压元件应选用本部分规定的材料,也可选用符合 GB/T 16507.2 要求的材料,其温度和压力适用范围应符合本部分的规定,其性能应符合所规定的标准要求。

3.1.3 受压元件选用本部分规定以外的材料时,允许使用已列入国家和行业标准中的材料,但其性能应不低于本部分或本部分所列材料标准中相近牌号材料的要求。

3.1.4 受压元件选用的境外牌号材料,应是在国内外承压设备上应用成熟的材料,并且符合 TSG G0001《锅炉安全技术监察规程》的有关规定。

3.1.5 非受压元件(如吊耳、鳍片、挡板等)与受压元件焊接时,选用的材料应与它们所要连接的材料相匹配。

3.2 材料代用

锅炉代用材料的选用应符合 3.1 的要求。材料代用应满足原设计的强度、结构和工艺的要求,并经材料代用单位的技术部门(包括设计和工艺部门)同意。

3.3 质量证明书

受压元件用钢材应附有材料制造单位的质量证明书。质量证明书应符合以下要求:

- a) 材料制造单位应当按照相应材料标准和订货合同的规定,向用户提供质量证明书原件,并且在材料的明显部位作出清晰、牢固的钢印标志或者其他标志,质量证明书的内容应当齐全、清晰,并且加盖材料制造单位质量检验章;
- b) 锅炉用材料由非材料制造单位提供时,供货单位应当提供质量证明书原件或者质量证明书复印件并加盖供货单位公章和经办人签章。

3.4 材料验收

锅炉制造单位应按质量证明书对材料进行验收,合格后才能使用。境外牌号材料应按订货合同规定的技术标准和技术条件进行验收,必要时应补做对照国内锅炉用材料标准所缺少的检验项目,合格后才能使用。

符合下列情形之一的材料可以不进行理化和相应的无损检测复验:

- a) 材料使用单位验收人员按照采购技术要求在材料制造单位进行验收,并且在检验报告上进行见证签字确认的;
- b) 用于压力 <3.8 MPa 锅炉的碳素钢钢板、碳素钢钢管以及碳素钢焊材,实物标识清晰、齐全,具有满足规定要求的质量证明书,并且质量证明书与实物相符的。

3.5 基本要求

3.5.1 受压元件和与受压元件焊接的非受压元件用钢材应是镇静钢。

- 3.5.2 受压元件所用的钢板、钢管、钢锻件、吊杆用圆钢等,当直接采用铸造钢坯(包括铸锭和连铸坯)轧制或锻造时,其压缩比应不小于3。
- 3.5.3 受压元件用钢材(钢板、钢管、钢锻件及其焊接接头等)采用标准试样进行拉伸试验后的断后伸长率 A 应不小于18%;V形夏比冲击实验冲击吸收能量 K_{V2} 值应不低于27 J。
- 3.5.4 受压元件用钢材许用应力按 GB/T 16508.1 的原则确定。许用应力表中相邻计算温度之间的许用应力数值可用算术内插法确定,并舍去小数点后的数值。
- 3.5.5 焊接材料在使用条件下应当具有足够的强度、塑性、韧性以及良好的抗疲劳性能和抗腐蚀性能。
- 3.5.6 钢材的高温非比例延伸强度值($R_{p0.2}$)、 10^5 h 持久强度平均值、弹性模量和平均线膨胀系数等,参见附录 B。

4 钢板

- 4.1 常用钢板的适用范围按表 1 的规定。
- 4.2 钢板材料的许用应力按表 2 的规定。
- 4.3 锅炉制造过程中需要对钢板材料进行正火、正火加回火热处理时,钢板制造单位的交货状态可不同于表 2 中的热处理状态。钢板制造单位出厂检验和锅炉制造单位入厂验收钢板力学性能时,采用热处理样坯进行试验。
- 4.4 按 GB/T 711 采购的 20 钢板,其材料质量证明书中给出的或入厂复验拉伸试验的下屈服强度值(R_{eL}),不得低于 245 MPa。
- 4.5 厚度大于 36 mm 的 13MnNiMoR 钢板,可按 GB/T 6803 附加进行落锤试验,无塑性转变温度(NDT)的合格指标在设计文件中规定。
- 4.6 设计计算温度高于 300 ℃ 的钢板,可在设计文件中规定附加进行设计计算温度下的高温拉伸试验,高温拉伸试验按 GB/T 4338 的要求,高温规定非比例延伸强度值 $R_{p0.2}$ 参照附录 B 的规定。
- 4.7 用于锅筒(壳)、炉胆、集箱端盖的钢板,应按 JB/T 4730.3 逐张进行超声波检测。质量等级:Q245R 和 Q345R 钢板厚度 >30 mm~36 mm 不低于Ⅲ级, >36 mm 不低于Ⅱ级;其他钢板不低于Ⅱ级。

表 1 常用钢板的适用范围

材料牌号	材料标准	适用范围	
		工作压力 MPa	壁温 ℃
Q235B、Q235C	GB/T 3274	≤1.6	≤300
20	GB/T 711	≤1.6	≤350
Q245R	GB 713	≤5.3 ^a	≤430
Q345R	GB 713	≤5.3 ^a	≤430
13MnNiMoR	GB 713	不限	≤400
15CrMoR	GB 713	不限	≤520
12Cr1MoVR	GB 713	不限	≤565
12Cr2Mo1R	GB 713	不限	≤575

^a 制造不受辐射热的锅筒(锅壳)时,工作压力不受限制。

表 2 常用钢板的许用应力

材料牌号	材料标准	热处理状态	厚度 mm	室温强度		在下列温度(°C)下的许用应力 MPa													
				R _m MPa	R _{el} MPa	100	150	200	250	300	350	400	425	450	475	500	525	550	575
						≤20	100	150	200	250	300	350	400	425	450	475	500	525	550
Q235B	GB/T 3274	热轧、控轧 正火	≤16	370	235	136	133	127	116	104	95								
			>16~30	370	225	136	127	111	96	88									
Q235C	GB/T 3274	热轧、控轧 正火	≤16	370	235	136	133	127	116	104	95								
			>16~40	370	225	136	127	111	96	88									
20	GB/T 711	热轧、控轧 正火	≤16	410	245	148	147	140	131	117	108	98							
			≤16	400	245	148	147	140	131	117	108	98	91	85	61				
Q245R	GB 713	热轧、控轧 正火	>16~36	400	235	148	140	133	124	111	102	93	86	84	61				
			>36~60	400	225	148	133	127	119	107	98	89	82	80	61				
			>60~100	390	205	137	123	117	109	98	90	82	75	73	61				
Q345R	GB 713	热轧、控轧 正火	>100~150	380	185	123	112	107	100	90	80	73	70	61					
			≤16	510	345	189	189	183	167	157	143	125	125	93	66				
			>16~36	500	325	185	185	170	157	143	133	125	125	93	66				
13MnNiMoR	GB 713	正火+回火	>36~60	490	315	181	181	173	160	147	133	123	117	93	66				
			>60~100	490	305	181	181	167	150	137	123	117	110	93	66				
			>100~150	480	285	178	173	160	147	133	120	113	107	93	66				
13MnNiMoR	GB 713	正火+回火	>150~200	470	265	174	163	153	143	130	117	110	103	93	66				
			30~100	570	390	211	211	211	211	211	211	211	211	203					
>100~150	570	380	211	211	211	211	211	211	211	211	211	200							

表 2 (续)

材料牌号	材料标准	热处理状态	厚度 mm	室温强度		在下列温度(°C)下的许用应力 MPa														
				R _m MPa	R _{σL} MPa	≤20	100	150	200	250	300	350	400	425	450	475	500	525	550	575
15CrMoR	GB 713	正火+回火	6~60	450	295	167	167	167	160	150	140	133	126	122	119	117	88	58		
			>60~100	450	275	167	167	157	147	140	131	124	117	114	111	109	88	58		
			>100~150	440	255	163	157	147	140	133	123	117	110	107	104	102	88	58		
12Cr1MoVR	GB 713	正火+回火	6~60	440	245	163	150	140	133	127	117	111	105	103	100	98	82	59	41	
			>60~100	430	235	157	147	140	133	127	117	111	105	103	100	98	82	59	41	
12Cr2Mo1R	GB 713	正火+回火	6~150	520	310	193	187	180	173	170	167	163	160	157	147	119	89	61	46	37

5 钢管

5.1 常用钢管的适用范围按表 3 的规定。钢管除应符合相应材料标准要求外,还应符合 NB/T 47019 的要求。

5.2 钢管材料的许用应力按表 4 的规定。

5.3 对壁厚大于 30 mm 的 10、20、20G、20MnG、25MnG、15MoG、20MoG 钢管,表 4 中的正火不允许使用终轧温度符合正火温度的热轧代替。对 15Ni1MnMoNbCu、12CrMoG、15CrMoG、12Cr1MoVG 和 12Cr2MoG 钢管,表 4 中的正火必须是钢管成形后重新加热的热处理,不允许使用钢管成形工艺中的热处理替代。

5.4 设计计算温度高于 300 °C 的钢管,可在设计文件中规定附加进行设计计算温度下的高温拉伸试验,高温拉伸试验按 GB/ 4338 的要求,高温规定非比例延伸强度值 $R_{p0.2}$ 参照附录 B 的规定。

5.5 设计计算温度高于 400 °C 的钢管,钢管制造单位应保证其高温持久强度符合 GB 5310 和 NB/T 47019.3 的规定。

5.6 奥氏体不锈钢元件禁止直接焊接或螺纹连接到铁素体集箱和管子上。

5.7 采用局部感应加热拉拔式和推制式等扩管工艺生产的无缝钢管,碳素钢使用温度不得超过 400 °C,合金钢使用温度不得超过 450 °C。

表 3 钢管的适用范围

材料牌号	材料标准	适用范围		
		主要用途	工作压力 MPa	壁温 °C
10、20	GB/T 8163	受热面管子	≤1.6	≤350
		集箱、管道	≤1.6	≤350
10、20	YB 4102	受热面管子	≤5.3	≤300
		集箱、管道	≤5.3	≤300
10、20	GB 3087	受热面管子	≤5.3	≤460
		集箱、管道	≤5.3	≤430
09CrCuSb(ND 钢)	GB 150	尾部受热面管子	≤5.3	≤300
20G	GB 5310	受热面管子	不限	≤460
		集箱、管道	不限	≤430
20MnG、25MnG		受热面管子	不限	≤460
		集箱、管道	不限	≤430
15MoG、20MoG		受热面管子	不限	≤480
		12CrMoG、15CrMoG	受热面管子	不限
集箱、管道			不限	≤550
12Cr1MoVG		受热面管子	不限	≤580
		集箱、管道	不限	≤565
12Cr2MoG		受热面管子	不限	≤600 ^a
		集箱、管道	不限	≤575

^a 此处壁温为烟气侧管子外壁温度。

表 4 常用钢管的许用应力

材料牌号	材料标准	热处理 状态	室温强度		在下列温度(°C)下的许用应力 MPa																
			R_m MPa	R_{d1} MPa	≤20	100	150	200	250	300	350	400	425	450	475	500	525	550	575	600	
10	GB 3087	正火, $t \leq 16$ mm	335	205	124	124	118	110	97	81	74	73	72	61	41						
20		正火, $t > 16$ mm	335	195	124	116	110	97	81	74	73	72	61	41							
		正火, $t \leq 16$ mm	410	245	152	147	136	125	113	99	91	85	66	49	36						
		正火, $t > 16$ mm	410	235	152	143	134	125	113	99	91	85	66	49	36						
09CrCuSb (ND 钢)	GB 150	正火	390	245	144	144	137	127	120	113											
20G	GB 5310	正火	410	245	152	152	143	131	118	105	85	66	49	36							
20MnG		正火	415	240	154	146	143	139	131	122	115	105	78	58	40						
25MnG		正火	485	275	180	168	163	158	151	140	134	118	85	59	40						
15MoG		正火	450	270	167	167	167	150	137	120	113	107	105	103	102	62					
20MoG		正火	415	220	147	138	135	133	125	121	118	113	110	107	104	70					
12CrMoG	GB 5310	正火+回火	410	205	137	129	125	121	117	113	110	106	103	100	97	75	51	31			
15CrMoG		正火+回火	440	295	163	163	163	163	163	161	152	144	141	137	135	97	66	41	17		
12Cr1MoVG		正火+回火	470	255	170	165	162	159	156	153	150	146	143	140	137	123	97	73	53	37	
12Cr2MoG		正火+回火	450	280	167	128	125	124	123	123	123	123	122	115	99	81	64	49	35	24	

 t ——公称壁厚。

6 钢锻件

- 6.1 受压元件用钢锻件的适用范围按表 5 的规定,许用应力按表 6 的规定。
- 6.2 吊挂装置(U 型卡头、销轴)等用钢锻件的适用温度范围按表 7 的规定,许用应力按表 8 的规定。
- 6.3 钢锻件的级别由设计文件规定,并在图样上注明。
- 6.4 当用户有要求时,用于受压元件的Ⅲ、Ⅳ级钢锻件应附加金相检验,金相检验要求参照附录 A 的规定。
- 6.5 设计计算温度高于 300 ℃的钢锻件,可在设计文件中规定附加进行设计计算温度下的高温拉伸试验,高温拉伸试验按 GB/T 4338 的要求,其高温规定非比例延伸强度值 $R_{p0.2}$ 参照附录 B 的规定。
- 6.6 工作压力不超过 2.5 MPa 的板式平焊钢制管法兰可以用表 1 中的钢板制造。
- 6.7 各类管件(三通、弯头、变径接头等)以及集箱封头等元件可以采用表 3 中相应的钢管材料热加工制作。
- 6.8 除各种型式的法兰外,空心圆筒形管件或管帽类管件可以用表 5 中相应材料牌号的轧制或锻制圆钢加工而成,加工管件的圆钢不允许采用钢板代替。当采用轧制或锻制圆钢加工空心圆筒形管件或管帽类管件时,应符合以下要求:
 - a) 碳素钢管件外径不大于 160 mm,合金钢管件或管帽类管件外径不大于 114 mm;
 - b) 管件纵轴线与圆钢的轴线平行;
 - c) 加工后的管件热处理状态应符合图纸要求;
 - d) 加工后的管件应按图纸要求进行无损检测。

表 5 受压元件用钢锻件的适用范围

材料牌号	材料标准	适用范围	
		工作压力 MPa	壁温 ℃
20	JB/T 9626 NB/T 47008	≤5.3 ^a	≤430
16Mn		≤5.3 ^a	≤430
15CrMo		不限	≤550
14Cr1Mo		不限	≤550
12Cr1MoV		不限	≤565
12Cr2Mo1		不限	≤575

^a 不与火焰接触时,工作压力不限。

表 6 受压元件用钢锻件的许用应力

材料牌号	材料标准	热处理状态	公称厚度 mm	室温强度		在下列温度(°C)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	
						MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa
20	NB/T 47008	正火	≤100	410	235	152	140	133	124	111	102	93	86	84	61						
			>100~200	400	225	148	133	127	119	107	98	89	82	80	61						
16Mn	NB/T 47008	正火 正火+回火	>100~300	380	205	137	123	117	109	98	90	82	75	73	61						
			≤100	480	305	178	178	167	150	137	123	117	110	93	66						
15CrMo	NB/T 47008	正火+回火	>100~200	470	295	174	174	163	147	133	120	113	107	93	66						
			>100~300	450	275	167	167	157	143	130	117	110	103	93	66						
14Cr1Mo	NB/T 47008	正火+回火	≤300	480	280	178	170	160	150	143	133	127	120	117	113	110	88	58	37		
			>300~500	470	270	174	163	153	143	137	127	120	113	110	107	103	88	58	37		
12Cr1MoV	NB/T 47008	正火+回火	≤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		
12Cr2Mo1	NB/T 47008	正火+回火	≤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	107	82	59	41		
12Cr2Mo1	NB/T 47008	正火+回火	≤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	

表 7 锅炉吊挂装置(U型卡头、销轴等)用钢锻件的适用温度范围

材料牌号	材料标准	适用温度 ℃
20	JB/T 9626、NB/T 47008	≤430
25	JB/T 9626	≤430
35	JB/T 9626、NB/T 47008	≤430
30CrMo	JB/T 9626	≤500
35CrMo	JB/T 9626、NB/T 47008	≤500
12Cr1MoV	JB/T 9626、NB/T 47008	≤565

表 8 锅炉吊挂装置(U型卡头、销轴等)用钢锻件的许用应力

材料牌号	材料标准	热处理状态	公称厚度 mm	室温强度		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			
						MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	
20	JB/T 9626 NB/T 47008	正火	≤100	410	235	137	126	120	111	100	92	83	77	75	54									
			>100~200	400	225	133	120	114	107	96	88	79	74	71	54									
			>200~300	380	205	123	110	105	98	88	81	74	68	65	54									
25	JB/T 9626	正火	≤100	422	235	141	126	120	111	100	92	83	77	75	54									
			>100~300	392	216	129	110	105	98	88	81	74	68	65	54									
			≤100	510	265	159	141	135	123	111	103	94	88	76	54									
35	JB/T 9626 NB/T 47008	正火	>100~300	490	245	147	135	129	119	108	100	91	85	76	54									
			≤300	620	440	207	207	207	207	207	207	207	201	192	184	135	100	71						
			≤300	620	440	207	207	207	207	207	207	201	192	184	135	100	71							
35CrMo	JB/T 9626 NB/T 47008	调质	>300~500	610	430	203	203	203	203	203	203	201	192	184	135	100	71							
			≤300	470	280	157	153	144	138	132	126	120	114	108	105	102	74	53	37					
			>300~500	460	270	153	147	138	132	126	120	114	108	105	102	99	74	53	37					
12Cr1MoV	JB/T 9626 NB/T 47008	正火+回火	≤300	470	280	157	153	144	138	132	126	120	114	108	105	102	74	53	37					
			>300~500	460	270	153	147	138	132	126	120	114	108	105	102	99	74	53	37					
			≤300	470	280	157	153	144	138	132	126	120	114	108	105	102	74	53	37					

7 铸钢件

- 7.1 铸钢件的适用范围按表 9 的规定。
- 7.2 铸钢件的安全系数按表 10 规定选取,铸钢件的铸造系数(质量系数)取 0.8。
- 7.3 常用铸钢件材料的许用应力按表 11 的规定。

表 9 铸钢件的适用范围

材料牌号	材料标准	适用范围	
		工作压力 MPa	壁温 ℃
ZG230-450	JB/T 9625	不限	≤430
ZG20CrMo		不限	≤510
ZG20CrMoV		不限	≤540
ZG15Cr1Mo1V		不限	≤570

表 10 铸钢件的安全系数和许用应力确定

设计温度 ℃	室温抗拉强度 安全系数	高温屈服强度 安全系数	持久强度 安全系数	许用应力 MPa
≤300	$n_b \geq \frac{4.0}{\text{铸造系数}}$	—	—	计算出的应力中的最小值为许用应力
>300	$n_b \geq \frac{4.0}{\text{铸造系数}}$	$n_s \geq \frac{1.5}{\text{铸造系数}}$	$n_D \geq \frac{1.5}{\text{铸造系数}}$	

表 11 常用铸钢件的许用应力

材料牌号	材料标准	热处理 状态	室温强度 指标		在下列温度(℃)下的许用应力 MPa													
			R_m MPa	$R_{\sigma L}$ MPa	≤20	100	150	200	250	300	350	400	425	450	475	500	525	550
			ZG230-450	450	230	90	84	84	84	84	84	77	73	69	65	44		
ZG20CrMo	GB/T 11352 JB/T 9625	退火、正火	460	245	92	88	88	88	88	88	83	80	79	77	75	45	31	
ZG20CrMoV		正火+回火	490	315	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	96	62	46	29

8 铸铁件

8.1 铸铁件的适用范围按表 12 的规定。

8.2 灰铸铁室温下抗拉强度安全系数不小于 10.0,球墨铸铁室温下抗拉强度安全系数不小于 8.0。常用铸铁件材料(公称厚度 ≤ 30 mm)的许用应力按表 13 的规定。

8.3 灰铸铁不应用于制造排污阀和排污弯管。

8.4 额定工作压力小于或等于 1.6 MPa 的锅炉以及蒸汽温度小于或等于 300 °C 的过热器,其放水阀和排污阀的阀体可以用表 12 中的球墨铸铁制造。

8.5 额定工作压力小于或等于 2.5 MPa 的锅炉方形铸铁省煤器和弯头,允许采用牌号不低于 HT300 的灰铸铁,额定工作压力小于或等于 1.6 MPa 的锅炉方形铸铁省煤器和弯头,允许采用牌号不低于 HT300 的灰铸铁。

8.6 用于承压部位的铸铁件不准焊补。

表 12 铸铁件的适用范围

材料种类	材料牌号	材料标准	适用范围		
			公称通径尺寸 mm	工作压力 MPa	介质温度 °C
灰铸铁	HT300、HT350	GB/T 9439	≤ 300	≤ 0.8	< 230
		JB/T 2639	≤ 200	≤ 1.6	
球墨铸铁	QT400-18、QT450-10	GB/T 1348	≤ 150	≤ 1.6	< 300
		JB/T 2637	≤ 100	≤ 2.5	

表 13 常用铸铁件的许用应力

材料牌号	材料标准	热处理 状态	室温 强度指标		在下列温度(°C)下的许用应力 MPa					
			R_m MPa	R_{eL} MPa	≤ 20	100	150	200	250	300
HT300	GB/T 9439	退火	300	—	30	30	30	30	30	
HT350	JB/T 2639		350	—	35	35	35	35	35	
QT400-18	GB/T 1348	球化退火	400	250	50	50	50	50	50	50
QT450-10	JB/T 2637		450	310	56	56	56	56	56	56

9 吊杆和拉撑

9.1 用于锅炉吊杆和拉撑材料可采用轧制或锻制圆钢。吊杆和拉撑用圆钢的适用温度范围按表 14 的规定。

9.2 吊杆圆钢的许用应力按表 15 的规定。

9.3 拉撑板件应选用表 1 中锅炉用钢板材料。

表 14 吊杆和拉撑用圆钢的适用范围

材料牌号	材料标准	适用范围(壁温) ℃
20 ^a	GB/T 699	≤430
25	JB/T 9626	≤430
35 ^a	NB/T 47008	≤430
16Mn	NB/T 47008	≤430
15CrMo	GB/T 3077	≤550
12Cr1MoV ^a	JB/T 9626	≤565
	NB/T 47008	≤565
12Cr2Mo1	NB/T 47008	≤575
30CrMo ^a	GB/T 3077	≤480
	JB/T 9626	≤480
35CrMo	NB/T 47008	≤480
^a 可用于吊杆。		

表 15 锅炉吊杆用圆钢的许用应力

材料牌号	材料标准	热处理 状态	室温强度		在下列温度(°C)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
20	GB/T 699	正火	410	245	137	132	126	117	105	97	88	82	76	54					
35		调质	530	315	177	177	159	147	132	119	111	102	76	54					
30Cr1MoA	GB/T 3077	调质	700	550	233	233	233	233	233	233	233	204	169	135	100	71			
12Cr1MoV		正火+回火	490	245	147	147	144	138	132	126	120	114	111	108	105	102	74	53	37

10 紧固件

10.1 紧固件的适用范围按表 16 的规定。

10.2 螺母材料的硬度应低于螺柱(栓)材料的硬度。

10.3 用于受压元件的紧固件材料的许用应力按 GB/T 16508.1 确定。

表 16 紧固件的适用范围

材料牌号	材料标准	适用范围	
		工作压力 MPa	介质温度 ℃
Q235B、Q235C、Q235D	GB/T 700	≤1.6	≤350
20、25	GB/T 699	不限	≤350
35			≤420
30CrMo、35CrMo	GB/T 3077		≤500
12Cr18Ni10、06Cr19Ni10	GB/T 1220、GB/T 1221		≤610

11 焊接材料

11.1 焊接材料的技术要求应符合 NB/T 47018 的规定。焊接产品之前应选用符合标准规范的焊接材料进行焊接工艺评定,根据工艺评定确定产品使用的焊接材料。

11.2 对受压元件用焊接材料,使用单位应建立严格的存放、烘干、发放、回收和回用管理制度。

附录 A
(资料性附录)
钢锻件的金相检验

A.1 总则

A.1.1 本附录作为标准正文的补充,给出了受压元件用钢锻件金相检验的要求。

A.1.2 受压元件钢锻件除应符合本附录的规定外,还应符合本标准的有关规定。

A.2 金相检验

A.2.1 用于锅炉受压元件的Ⅲ、Ⅳ级钢锻件,可附加金相检验。

A.2.2 金相检验取样部位与力学性能试验取样部位相同。

A.2.3 实际晶粒度

钢锻件的实际晶粒度按 GB/T 6394 进行检验,并符合表 A.1 的规定。

表 A.1 钢锻件的实际晶粒度

材料牌号	晶粒度级别	两个检测区域 晶粒度最大级别与最小级别差
20	4~10 级	不超过 3 级
16Mn		
15CrMo、14Cr1Mo		
12Cr1MoV、12Cr2Mo1		

A.2.4 非金属夹杂物

钢锻件的非金属夹杂物按 GB/T 10561 中的 A 法评级,其 A、B、C、D 和 DS 各类夹杂物的细系级别和粗系级别应分别不大于 2.5 级,各类夹杂物的细系级别总数与粗系级别总数应各不大于 6.5。

A.2.5 显微组织

钢锻件的显微组织按 GB/T 13298 进行检验,并符合表 A.2 的规定。

表 A.2 钢锻件的显微组织

材料牌号	显微组织
20	铁素体+珠光体
16Mn	铁素体+珠光体
15CrMo、14Cr1Mo	铁素体+珠光体,或铁素体+珠光体+贝氏体 不允许存在相变临界温度 $A_{c1} \sim A_{c3}$ 之间的不完全相变产物
12Cr1MoV、12Cr2Mo1	铁素体+贝氏体,或铁素体+贝氏体+珠光体(或索氏体),或贝氏体 不允许存在相变临界温度 $A_{c1} \sim A_{c3}$ 之间的不完全相变产物

附录 B
(资料性附录)
常用材料的高温性能

表 B.1 碳素钢和低合金钢钢板高温规定非比例延伸强度值

材料牌号	钢板板厚 mm	在下列温度(℃)下的 $R_{p0.2}$ (R_{eL}) MPa									
		20	100	150	200	250	300	350	400	450	500
Q235	3~16	235	199	191	174	156	143				
	>16~36	225	191	180	167	144	132				
20	3~16	245	220	210	196	176	162	147			
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	
13MnNiMoR	30~100	390	370	360	355	350	345	335	305		
	>100~150	380	360	350	345	340	335	325	300		
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
	>100~150	255	235	220	210	199	185	175	165	156	150
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
12Cr2Mo1R	6~150	310	280	270	260	255	250	245	240	230	215

表 B.2 碳素钢和低合金钢钢管高温规定非比例延伸强度值

材料牌号	在下列温度(°C)下的 $R_{p0.2}$ (R_{dL})										
	MPa										
	20	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550
10	205($t \leq 16$ mm)	—	—	165	145	122	111	109	107		
	195($t > 16$ mm)										
20	205($t \leq 16$ mm)	—	—	188	170	149	137	134	132		
	195($t > 16$ mm)										
09CrCuSb (ND 钢)	245	220	205	190	180	170					
20G	245	—	—	215	196	177	157	137	98	49	
20MnG	240	219	214	208	197	183	175	168	156	151	
25MnG	275	252	245	237	226	210	201	192	179	172	
15MoG	270	—	—	225	205	180	170	160	155	150	
20MoG	220	207	202	199	187	182	177	169	160	150	
12CrMoG	205	193	187	181	175	170	165	159	150	140	
15CrMoG	295	—	—	269	256	242	228	216	205	198	
12Cr1MoVG	255	—	—	—	—	230	225	219	211	201	187
12Cr2MoG	280	192	188	186	185	185	185	185	181	173	159

t ——公称壁厚。

表 B.3 碳素钢和低合金钢锻件高温规定非比例延伸强度值

材料牌号	公称厚度 mm	在下列温度(°C)下的 $R_{p0.2}$ (R_{dL})									
		MPa									
		20	100	150	200	250	300	350	400	450	500
Q235	3~16	235	199	191	174	156	143				
	>16~36	225	191	180	167	144	132				
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	
25	≤ 300	235	210	200	186	167	153	139	129	121	
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	
15CrMo	≤ 300	280	255	240	225	215	200	190	180	170	160
	>300~500	270	245	230	215	205	190	180	170	160	150

表 B.3 (续)

材料牌号	公称厚度 mm	在下列温度(°C)下的 $R_{p0.2}$ (R_{eL})									
		MPa									
		20	100	150	200	250	300	350	400	450	500
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
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	

表 B.4 碳素钢和合金钢圆钢高温规定非比例延伸强度值

材料牌号	在下列温度(°C)下的 $R_{p0.2}$ (R_{eL})									
	MPa									
	20	100	150	200	250	300	350	400	450	500
20	245	220	210	196	176	162	147			
35	315	285	265	245	220	200	186			
30CrMoA	550	495	480	470	460	450	435	405	375	
12Cr1MoV	280	255	240	230	220	210	200	190	180	170

表 B.5 铸钢件高温规定非比例延伸强度值

材料牌号	在下列温度(°C)下的 $R_{p0.2}$ (R_{eL})										
	MPa										
	20	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550
ZG230-450	230	210	193	175	160	145	135	130	125		
ZG20CrMo	245	215	203	190	178	165	155	150	145	135	
ZG20CrMoV	315	286	268	250	240	230	215	200	190	175	160

表 B.6 碳素钢和低合金钢钢板高温持久强度平均值

材料牌号	在下列温度(°C)下的 10^5 h R_b									
	MPa									
	400	425	450	475	500	525	550	575	600	
Q245R	170	127	91	61						
Q345R	187	140	99	64						
13MnNiMoR	—	—	265	176						
15CrMoR	—	—	—	201	132	87	56			
14Cr1MoR	—	—	—	185	120	81	49			
12Cr1MoVR	—	—	—	—	170	123	88	62		
12Cr2Mo1R	—	—	221	179	133	91	69	56		

表 B.7 碳素钢和低合金钢管高温持久强度平均值

材料牌号	在下列温度(°C)下的 10^5 h R_b MPa																				
	400	410	420	430	440	450	460	470	480	490	500	510	520	530	540	550	560	570	580	590	600
10	170	153	136	120	105	91	79	(475)61													
20	128	116	104	94	83	74	65	58	51	45	39										
20G	128	116	104	94	83	74	65	58	51	45	39										
20MnG	—	—	—	110	100	87	75	64	55	46	39	31									
25MnG	—	—	—	120	103	88	75	64	55	46	39	31									
15MoG	—	—	—	—	—	245	209	176	143	118	93	76	59	49	38	31					
20MoG	—	—	—	—	—	—	—	—	145	125	105	88	71	61	50	40					
12CrMoG	—	—	—	—	—	—	—	—	144	129	113	98	83	71							
15CrMoG	—	—	—	—	—	—	—	—	—	168	145	125	106	91	75	61					
12Cr1MoVG	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	184	169	153	139	124	111	98	86	75	65	55
12Cr2MoG	—	—	—	—	—	172	165	154	143	133	122	112	101	91	81	73	64	57	49	43	36

表 B.8 碳素钢和低合金钢钢锻件高温持久强度平均值

材料牌号	在下列温度(°C)下的 10^5 h R_D								
	MPa								
	400	425	450	475	500	525	550	575	600
20	170	127	91	61					
25	172	131	87	59	41				
35	170	127	91	61					
16Mn	187	140	99	64					
15CrMo	—	—	—	201	132	87	56		
12Cr1MoV	—	—	—	—	170	123	88	62	
12Cr2Mo1	—	—	221	179	133	91	69	56	
30CrMo	—	—	225	167	118	75			
35CrMo	—	—	225	167	118	75			

表 B.9 铸钢件高温持久强度平均值

材料牌号	在下列温度(°C)下的 10^5 h R_D								
	MPa								
	400	425	450	475	500	525	550	575	600
ZG230-450	160	122	83	62	40				
ZG20CrMo	310	258	205	145	85	58	30		
ZG20CrMoV	370	307	244	181	117	86	55		

表 B.10 碳素钢和合金钢圆钢高温持久强度平均值

材料牌号	在下列温度(°C)下的 10^5 h R_D								
	MPa								
	400	425	450	475	500	525	550	575	600
20	170	127	91	61					
35	170	127	91	61					
30CrMoA	—	—	225	167	118	75			
12Cr1MoV	—	—	—	—	170	123	88	62	

表 B.11 材料弹性模量

材料类别	在下列温度下(°C)下的弹性模量 $E(10^3)$											
	MPa											
	20	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600
碳素钢、碳锰钢	201	197	194	191	188	183	178	170	160	149		
锰钼钢、镍钢	200	196	193	190	187	183	178	170	160	149		
铬(0.5%~2%) 钼(0.2%~0.5%)钢	204	200	197	193	190	186	183	179	174	169	164	
铬(2.25%~3%) 钼(1.0%)钢	210	206	202	199	196	192	188	184	180	175	169	162

表 B.12 材料导热系数

材料类别	在下列温度下(℃)下的导热系数 λ W/(m·K)												
	20	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650
普通碳素钢(A) ^a	60.4	58.0	55.9	53.6	51.4	49.2	47.0	44.9	42.7	40.5	38.2	35.8	
碳钼钢、低铬钢、碳锰钢、 低镍钢(C) ^b	41.0	40.6	40.4	40.1	39.5	38.7	37.8	36.8	35.8	34.8	33.9	32.8	
铬钼钢(D) ^c	36.3	36.9	37.1	37.2	37.1	36.7	36.2	35.4	34.6	33.7	32.8	32.0	31.1

^a 包括 10、15、20、20G、25、35、Q235、Q245。
^b 包括 Q345、16Mn、15MoG、20MoG、20MnG、25MnG、12CrMoG、15CrMoG/R、13MnNiMoR、12Cr2MoWVTiB、12Cr3MoVSiTiB、07Cr2MoW2VNbB、30CrMo、35CrMo、15Ni1MnMoNbCu。
^c 包括 12Cr2MoG、12Cr2Mo1R、12Cr1MoVG/R。

表 B.13 材料平均线膨胀系数

材料类别	在下列温度(℃)与 20℃之间的平均线膨胀系数 α 10^{-6} mm/(mm·℃)											
	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600
碳素钢 碳锰钢 低铬钼钢	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 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
锅 壳 锅 炉
第 2 部 分：材 料
GB/T 16508.2—2013

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址 www.spc.net.cn

总编室:(010)64275323 发行中心:(010)51780235

读者服务部:(010)68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

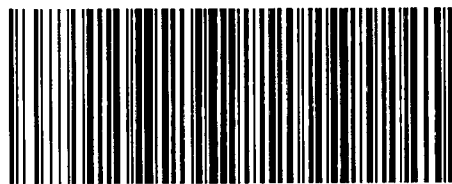
*

开本 880×1230 1/16 印张 2 字数 50 千字
2014年6月第一版 2014年6月第一次印刷

*

书号: 155066·1-49084 定价 30.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68510107



GB/T 16508.2-2013