



中华人民共和国国家标准

GB/T 16508.2—2022

代替 GB/T 16508.2—2013

锅壳锅炉 第2部分：材料

Shell boilers—Part 2: Materials

2022-03-09 发布

2022-10-01 实施

国家市场监督管理总局 发布
国家标准化管理委员会

目 次

前言 III

引言 V

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 2

4 设计选材 2

5 受压元件用材料 4

6 承载构件等用材料..... 14

7 焊接材料..... 18

附录 A（资料性） 常用材料的弹性模量、导热系数和膨胀系数 19

附录 B（规范性） 钢锻件的金相检验 21

参考文献 22

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 16508《锅壳锅炉》的第2部分。GB/T 16508 已经发布了以下部分：

- 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。

本文件代替 GB/T 16508.2—2013《锅壳锅炉 第2部分：材料》，与 GB/T 16508.2—2013 相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- 更改了锅炉受压元件和承载构件所用的材料以及焊接材料的基本要求（见 4.1.2，2013 年版的 3.1.3～3.1.4）；
- 增加了材料按 JB/T 3375 要求的项目进行验收的要求、碳锰钢材料免于理化和无损检测复验的条件，以及材料标准升版后库存材料的使用规定（见 4.1.6、4.1.7）；
- 更改了受压元件选用材料时应考虑的因素（见 4.2.1，2013 年版的 3.1.1）；
- 增加了受压元件用材料对强度、塑性、韧性和抗腐蚀性能的要求以及抗疲劳性能、焊材性能匹配的要求（见 4.2.2）；
- 增加了材料的弹性模量、导热系数和平均线膨胀系数的选取要求（见 4.2.6、附录 A）；
- 增加了承载构件设计选材和焊接材料选材要求（见 4.3 和 4.4.3）；
- 增加了钢板材料 15、Q235D 的使用要求（见表 1、表 2）；
- 更改了用于锅壳（锅筒）、炉胆、集箱端盖的钢板的超声波检测质量等级要求（见 5.1.4，2013 年版的 4.7）；
- 更改了钢板高温拉伸试验的规定（见 5.1.6，2013 年版的 4.6）；
- 增加了在制造工艺许可的情况下，锅壳（锅筒）可采用 Q345R 板厚 36 mm 及以下的控轧或热轧钢板制造的规定（见 5.1.7）；
- 增加了钢管材料 Q235B、L210 的使用要求；删除了钢管材料 10、20（YB 4102）；更改了 09CrCuSb 的适用范围；补充了 10、20 的许用应力（见表 3、表 4，2013 年版的表 3、表 4）；
- 删除了对钢管进行高温拉伸试验的规定（见 2013 年版的 5.4）；
- 删除了感应加热拉拔式和推制式钢管的内容（见 2013 年版 5.7）；
- 增加了锻件材料 25 号钢的使用要求（见 5.3.2、表 5、表 B.1、表 B.2）；
- 更改了受压元件锻件的级别、金相检验、高温拉伸试验的规定（见 5.3.3～5.3.5，2013 版的 6.3～6.5）；
- 增加了铸钢材料 ZG200-400 的使用要求（见表 7、表 8，2013 年版的表 9、表 11）；
- 增加了可锻铸铁材料的使用要求；更改了灰铸铁材料的使用要求（见表 9、表 10，2013 年版的表 12、表 13）；

- 增加了吊杆和拉撑用圆钢材料 Q355(B、C、D)的适用范围(见表 11,2013 年版的表 14);
- 增加了钢结构材料的内容(见 6.4);
- 更改了焊接材料的相关要求(见第 7 章,2013 年版的第 11 章);
- 将附录“钢锻件的金相检验”更改为规范性附录,并增加锻件材料(见附录 B,2013 年版的附录 A)。

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。

本文件起草单位:上海发电设备成套设计研究院有限责任公司、上海工业锅炉研究所有限公司、泰山集团股份有限公司、中国特种设备检测研究院、上海市特种设备监督检验技术研究院、江苏双良锅炉有限公司、江苏太湖锅炉股份有限公司、苏州海陆重工股份有限公司、南通万达锅炉有限公司、无锡锡能锅炉有限公司、天津宝成机械制造股份有限公司、陕西建工金牛集团股份有限公司。

本文件主要起草人:周冬雷、张瑞、王善武、钱公、蔡昊、潘瑞林、钱风华、李耀荣、顾利平、雷钦祥、朱永忠、王鹏南、尹会坤、董黎明、石回回、薛燕。

本文件及其所替代标准的历次版本发布情况为:

- 1996 年首次发布为 GB/T 16508—1996《锅壳锅炉受压元件强度计算》;
- 2013 年第一次修订时,分为 GB/T 16508.1—2013~GB/T 16508.8—2013,纳入了锅壳锅炉设计、材料、制造、检验、验收、安装及运行的要求,本文件为 GB/T 16508 的第 2 部分;
- 本次为第二次修订。

引 言

GB/T 16508《锅壳锅炉》是全国锅炉压力容器标准化技术委员会(以下简称“委员会”)负责制修订和归口的锅炉通用建造标准之一。其制定遵循了国家颁布的锅炉安全法规所规定的安全基本要求,设计准则、材料要求、制造检验技术要求、验收标准、安装要求和使用要求均符合 TSG 11《锅炉安全技术规程》的相应规定。GB/T 16508 为协调标准,满足 TSG 11《锅炉安全技术规程》的基本要求,同时也符合 TSG 91《锅炉节能环保技术规程》的要求。GB/T 16508 旨在规范锅炉的设计、制造、检验、验收、安装和运行,由 8 个部分构成。

- 第 1 部分:总则。目的在于确定锅壳锅炉范围、锅炉参数、建造规范以及节能和环保等建造锅壳锅炉的通用技术要求。
- 第 2 部分:材料。目的在于确定锅壳锅炉受压元件、承载非受压元件和焊接材料等的选材和用材要求。
- 第 3 部分:设计与强度计算。目的在于确定锅壳锅炉结构设计的基本要求以及受压元件的设计 计算壁温、计算压力、设计许用应力取值及强度计算方法。
- 第 4 部分:制造、检验与验收。目的在于确定锅壳锅炉在制造过程中的标记、材料切割与矫正、冷热成形、主要零部件制造与装配、胀接、焊接、热处理、检验与试验、涂装与包装、铭牌及出厂资料的要求。
- 第 5 部分:安全附件和仪表。目的在于确定锅壳锅炉安全附件和仪表的设置和选用要求。
- 第 6 部分:燃烧系统。目的在于确定锅壳锅炉燃烧系统的技术要求。
- 第 7 部分:安装。目的在于确定锅壳锅炉的安装、调试和验收等要求。
- 第 8 部分:运行。目的在于确定锅壳锅炉运行与管理的要求。

由于 GB/T 16508 没有必要、也不可能囊括适用范围内锅炉建造和安装中的所有技术细节,因此,在满足 TSG 11《锅炉安全技术规程》所规定的基本安全要求的前提下,不禁止 GB/T 16508 中没有特别提及的技术内容。

GB/T 16508 不限制实际工程设计和建造中采用能够满足安全要求的先进技术方法。

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

锅壳锅炉 第2部分:材料

1 范围

本文件规定了锅壳锅炉受压元件和承载构件等材料的基本要求、适用范围(温度和压力)和许用应力,以及焊接用材料的选用要求。

本文件适用于 GB/T 16508.1 界定的锅壳锅炉的受压元件、承载构件等以及焊接材料的选材和用材。

2 规范性引用文件

下列文件的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件。不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

- GB/T 150.2 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钢板和钢带
- GB/T 713 锅炉和压力容器用钢板
- GB/T 983 不锈钢焊条
- GB/T 984 堆焊焊条
- GB/T 1228 钢结构用高强度大六角头螺栓
- GB/T 1229 钢结构用高强度大六角螺母
- GB/T 1230 钢结构用高强度垫圈
- GB/T 1231 钢结构用高强度大六角头螺栓,大六角螺母,垫圈技术条件
- GB/T 1348 球墨铸铁件
- GB/T 1591 低合金高强度结构钢
- GB/T 2900.48 电工名词术语 锅炉
- GB/T 3077 合金结构钢
- GB/T 3087 低中压锅炉用无缝钢管
- GB/T 3091 低压流体输送用焊接钢管
- GB/T 3274 碳素结构钢和低合金结构钢热轧钢板和钢带
- GB/T 3632 钢结构用扭剪型高强度螺栓连接副
- GB/T 5117 非合金钢及细晶粒钢焊条
- GB/T 5118 热强钢焊条
- GB/T 5293 埋弧焊用非合金钢及细晶粒钢实心焊丝、药芯焊丝和焊丝-焊剂组合分类要求
- GB/T 5310 高压锅炉用无缝钢管
- GB/T 5313 厚度方向性能钢板
- 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 8110 熔化极气体保护电弧焊用非合金钢及细晶粒钢实心焊丝
- GB/T 8163 输送流体用无缝钢管
- GB/T 9439 灰铸铁件
- GB/T 9440 可锻铸铁件
- GB/T 9711 石油天然气工业 管线输送系统用钢管
- GB/T 10045 非合金钢及细晶粒钢药芯焊丝
- 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 12470 埋弧焊用热强钢实心焊丝、药芯焊丝和焊丝-焊剂组合分类要求
- GB/T 13298 金属显微组织检验方法
- GB/T 14957 熔化焊用钢丝
- 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
- GB/T 17493 热强钢药芯焊丝
- GB/T 17854 埋弧焊用不锈钢焊丝-焊剂组合分类要求
- GB/T 29713 不锈钢焊丝和焊带
- GB/T 32533 高强钢焊条
- DL/T 439 火力发电厂高温紧固件技术导则
- JB/T 3223 焊接材料质量管理规程
- JB/T 3375 锅炉用材料入厂验收规则
- JB/T 9625 锅炉管道附件承压铸钢件技术条件
- NB/T 47008 承压设备用碳素钢和合金钢锻件
- NB/T 47013.3 承压设备无损检测 第3部分:超声检测
- NB/T 47018(所有部分) 承压设备用焊接材料订货技术条件
- NB/T 47019.3 锅炉、热交换器用管订货技术条件 第3部分:规定高温性能的非合金钢和合金钢
- YB/T 5092 焊接用不锈钢丝

3 术语和定义

GB/T 2900.48 和 GB/T 16508.1 界定的术语和定义适用于本文件。

4 设计选材

4.1 基本要求

4.1.1 锅炉受压元件和与受压元件焊接的承载构件用钢材应是镇静钢,未经锅炉制造单位同意不应在材料中加入材料标准未规定的元素。

4.1.2 锅炉受压元件和承载构件所用的材料以及焊接材料应是纳入国家标准或行业标准中的牌号,且是本文件规定的材料。若使用规定以外的材料,应符合本文件的相关要求;境外牌号的材料和新材料选用应符合 GB/T 16507.2 的要求。

4.1.3 锅炉受压元件用钢板、钢管和钢锻件材料采用标准试样进行拉伸试验后的纵向室温断后伸长率(A)不应小于 18%;室温夏比 V 型缺口冲击试验冲击吸收能量(KV₂)值不低于 27 J。

4.1.4 锅炉受压元件所用的钢板、钢管、锻件,以及吊杆用圆钢等,当直接采用铸造钢坯(包括模铸和连铸)轧制或锻造时,其变形比不应小于 3.0。

4.1.5 材料制造单位应保证锅炉用钢材的质量,并提供材料质量证明相关资料,具体要求如下:

- a) 材料制造单位应按相应材料标准和订货合同的规定,向用户提供材料质量证明书原件,材料质量证明书的内容应齐全,并印制可追溯的信息化标识,加盖材料制造单位质量检验章;
- b) 材料经营单位提供材料时应提供材料质量证明书原件或加盖了供货单位公章和经办负责人签字(章)的材料质量证明书复印件。

4.1.6 锅炉制造单位应按 JB/T 3375 规定的项目对锅炉用材料进行验收,合格后才能使用。符合下列情形之一的材料在验收时可免于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,并在检验报告或相关质量证明文件上进行见证签字确认;
- b) 用于额定工作压力小于 3.8 MPa 锅炉的碳素钢和碳锰钢材料,实物标识清晰、齐全,具有满足 4.1.5 要求的材料质量证明书,且质量证明书与实物相符。

4.1.7 材料标准的版本更新后,材料的性能指标或技术要求不作修改时则不影响库存材料的使用;若材料的性能指标或技术要求作了更改,应按新版标准对变化内容进行验证合格后才可使用库存材料。

4.2 受压元件

4.2.1 材料的选用以锅炉的运行条件(温度、压力以及其他环境因素)为依据,同时考虑制造单位的加工工艺和装备条件。

4.2.2 受压元件用金属材料及焊接材料在使用条件下应具有足够的强度、塑性、韧性以及良好的抗腐蚀性能。工况变化频繁的部件用材料应具有良好的抗疲劳性能。

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

4.2.4 代用材料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。

4.2.5 锅炉材料的许用应力可直接从本文件相对应的许用应力表中选取,本文件各许用应力表中粗实线后面的许用应力值系由持久强度计算,本文件中未给出的材料许用应力应按 GB/T 16508.1 的规定进行计算。

4.2.6 材料的弹性模量、导热系数和平均线膨胀系数可从附录 A 选取。

4.3 承载构件

4.3.1 承重结构所用的钢材应具有屈服强度、抗拉强度、断后伸长率和硫、磷含量的合格保证,对焊接结构尚应具有碳当量的合格保证。

4.3.2 焊接承重结构以及重要的非焊接承重结构采用的钢材应具有冷弯试验的合格保证;对直接承受动力荷载或需验算疲劳的构件所用钢材应具有冲击吸收能量的合格保证。

4.3.3 承重结构所用钢材应具有良好的抗腐蚀性能。

4.4 焊接材料

4.4.1 焊条或焊丝的型号和性能应与相应母材的性能相适应,其熔敷金属的力学性能应符合设计规定,且不应低于相应母材标准的下限值。

4.4.2 对直接承受动载荷或需要验算疲劳的结构,以及低温环境下工作的厚板结构,宜采用低氢焊条。

4.4.3 受压元件用焊接材料的选用应符合 NB/T 47018(所有部分)的要求。

5 受压元件用材料

5.1 钢板

5.1.1 碳素钢和低合金钢钢板的工作压力和壁温(计算温度)适用范围应符合表 1 的规定。常用钢板的许用应力列于表 2。

5.1.2 锅炉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 中的规定。出厂检验和入厂复验可在热处理的钢板样块上取样。

5.1.3 按 GB/T 711 采购的 20 号钢板,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})应不小于 245 MPa。

5.1.4 用于锅壳(锅筒)、炉胆、集箱端盖的钢板要求如下:

- a) Q235B、Q235C 和 20 钢:厚度不应大于 16 mm;
- b) Q245R 和 Q345R:当厚度大于 30 mm 时,应按 NB/T 47013.3 的要求逐张进行超声波检测,且厚度大于 30 mm、不大于 36 mm 的钢板质量等级应不低于 II 级,厚度大于 36 mm 的钢板质量等级应不低于 I 级;
- c) 其他低合金钢:当厚度大于 30 mm 时,应按 NB/T 47013.3 的要求逐张进行超声波检测,且质量等级应不低于 I 级。

5.1.5 厚度大于 36 mm 的 13MnNiMoR 钢板,可按 GB/T 6803 附加落锤试验,无塑性转变温度(NDT)的合格指标在设计文件中规定。

5.1.6 计算温度高于 300 °C 的钢板,需要时可在设计文件中规定附加进行该温度下的高温拉伸试验。

5.1.7 在制造工艺许可的情况下,锅壳(锅筒)可直接采用 Q345R 板厚 36 mm 及以下的控轧或热轧钢板制造。

5.1.8 GB/T 713 中所列的其他材料用作锅炉钢板时,其适用范围的选用可按照 GB/T 150.2 的相关规定。

表 1 碳素钢和低合金钢钢板的适用范围

材料牌号	材料标准	适用范围	
		工作压力 MPa	壁温 ℃
Q235(B、C、D)	GB/T 3274	≤1.6	≤300
15、20	GB/T 711	≤1.6	≤350
Q245R	GB/T 713	≤5.3 ^a	≤430
Q345R		≤5.3 ^a	≤430
13MnNiMoR		不限	≤400
15CrMoR		不限	≤520
12Cr1MoVR		不限	≤565
12Cr2Mo1R		不限	≤575
^a 用于制造不受辐射热的锅壳(锅筒)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 MPa		在下列温度(℃)下的许用应力 MPa															
				R_m	$R_{p0.2}$	20	100	150	200	250	300	350	400	425	450	475	500	525	550	575	
Q235 (B、C、D)	GB/T 3274	热轧、控轧、 正火	≤16	≥370	≥235	136	133	127	116	104	95	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
			>16~36	≥370	≥225	136	127	120	111	96	88	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
15	GB/T 711	热轧、控轧、 正火	—	≥370	—	137	137	137	134	129	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
20	GB/T 711	热轧、控轧、 正火	≤16	≥410	≥245	148	147	140	131	117	108	98	—	—	—	—	—	—	—	—	
Q245R	GB/T 713	热轧、控轧、 正火	≤16	≥400	≥245	148	147	140	129	116	106	97	90	83	61	—	—	—	—	—	
			>16~36	≥400	≥235	148	140	133	124	111	102	93	86	83	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	—	—	—	—	—	
			>100~150	≥380	≥185	123	112	107	100	90	80	73	70	67	61	—	—	—	—	—	
Q345R	GB/T 713	正火 正火+回火	≤16	≥510	≥345	189	189	185	180	166	154	142	134	93	66	—	—	—	—	—	
			>16~36	≥500	≥325	185	185	183	170	157	143	133	125	93	66	—	—	—	—	—	
			>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	—	—	—	—	—	
			>150~250	≥470	≥265	174	163	153	143	130	117	110	103	93	66	—	—	—	—		

表 2 常用钢板的许用应力 (续)

材料牌号	材料标准	热处理状态	厚度 mm	室温强度 MPa		在下列温度(℃)下的许用应力 MPa															
				R_m	$R_{p0.2}$	20	100	150	200	250	300	350	400	425	450	475	500	525	550	575	
13MnNiMoR	GB/T 713	正火+回火	30~100	≥570	≥390	211	211	211	211	211	211	211	203	—	—	—	—	—	—		
			>100~150	≥570	≥380	211	211	211	211	211	200	—	—	—	—	—	—	—	—		
15CrMoR	GB/T 713	正火+回火	6~60	≥450	≥295	167	167	167	160	150	140	133	126	123	119	117	88	58	—		
			>60~100	≥450	≥275	167	167	157	147	140	131	124	117	114	111	109	88	58	—		
			>100~200	≥440	≥255	163	157	147	140	133	123	117	110	107	104	102	88	58	—		
12Cr1MoVR	GB/T 713	正火+回火	6~60	≥440	≥245	163	150	140	133	127	117	111	105	102	100	97	95	82	59	41	
			>60~100	≥430	≥235	157	147	140	133	127	117	111	105	102	100	97	95	82	59	41	
12Cr2Mo1R	GB/T 713	正火+回火	6~200	≥520	≥310	193	187	180	173	170	167	163	160	157	147	119	89	61	46	37	

5.2 钢管

- 5.2.1 钢管的工作压力和壁温(计算温度)适用范围应符合表 3 的规定。常用钢管的许用应力列于表 4。
- 5.2.2 锅炉用钢管除符合材料标准要求外,还可参照 NB/T 47019.3 根据使用环境增加检验项目或附加要求。
- 5.2.3 外径不小于 76 mm 且壁厚不小于 14 mm 的钢管应附加室温冲击试验。
- 5.2.4 计算温度高于 400 ℃的钢管,其高温持久强度应符合 GB/T 5310 和 NB/T 47019.3 的规定。

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 ℃
Q235B	GB/T 3091	热水管道	≤1.6	≤100
L210	GB/T 9711	热水管道	≤2.5	—
10、20	GB/T 8163	受热面管子	≤1.6	≤350
		集箱、管道	≤1.6	≤350
10、20	GB/T 3087	受热面管子	≤5.3	≤460
		集箱、管道	≤5.3	≤430
09CrCuSb	NB/T 47019.3	尾部受热面管子	不限	≤300
20G	GB/T 5310	受热面管子	不限	≤460
20MnG、25MnG		集箱、管道	不限	≤430
		受热面管子	不限	≤460
15MoG、20MoG		集箱、管道	不限	≤430
		受热面管子	不限	≤480
12CrMoG、15CrMoG		受热面管子	不限	≤560
		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壁温。				

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(℃)下的许用应力																
			MPa		MPa																
			R_m	$R_{p0.2}$	20	100	150	200	250	300	350	400	425	450	475	500	525	550	575	600	
Q235B	GB/T 3091	正火	≥370	≥235	136	133	127	116	104	95	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
10	GB/T 3087 GB/T 8163	正火 (≤16 mm)	≥335	≥205	124	124	118	110	97	81	74	73	—	—	—	—	—	—	—		
		正火 (>16 mm)	≥335	≥195	124	121	116	110	97	81	74	73	—	—	—	—	—	—	—		
20	GB/T 3087 GB/T 8163	正火 (≤16 mm)	≥410	≥245	152	147	136	125	113	99	91	85	66	49	36	—	—	—	—		
		正火 (>16 mm)	≥410	≥235	152	143	134	125	113	99	91	85	66	49	36	—	—	—	—		
09CrCuSb	NB/T 47019.3	正火	≥390	≥245	144	144	137	127	120	113	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
20G	GB/T 5310	正火	≥410	≥245	152	152	152	143	131	118	105	85	66	49	36	—	—	—	—		
20MnG		正火	≥415	≥240	154	146	143	139	131	122	117	103	78	58	40	—	—	—	—		
25MnG		正火	≥485	≥275	179	168	163	158	151	140	134	117	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	146	138	135	133	125	121	118	113	110	107	103	70	—	—	—		
12CrMoG		正火+回火	≥410	≥205	137	129	125	121	117	113	110	106	103	103	97	75	51	32	17	—	
15CrMoG	GB/T 5310	正火+回火 淬火+回火	≥440	≥295	163	163	163	163	163	161	152	144	141	137	135	97	66	41	23	—	
12Cr1MoVG		正火+回火 油淬+回火	≥470	≥255	170	165	162	159	156	153	150	146	143	141	137	123	97	73	53	37	
12Cr2MoG	GB/T 5310	正火+回火 油淬+回火	≥450	≥280	166	128	125	124	123	123	123	123	122	119	99	81	64	49	35	24	

5.3 锻件

5.3.1 锅炉受压元件用锻件的工作压力和壁温(计算温度)适用范围应符合表 5 的规定。常用锻件的许用应力列于表 6。

表 5 锅炉用锻件的适用范围

材料牌号	材料标准	适用范围	
		工作压力 MPa	壁温 ℃
20	NB/T 47008	≤5.3 ^a	≤430
25	GB/T 699		
16Mn	NB/T 47008	≤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。			

5.3.2 25 钢的锻件,其化学成分按 GB/T 699,热处理状态为正火,检验项目和质量按 NB/T 47008 的要求,力学性能按以下控制:

- a) 公称厚度(t)不大于 100 mm: $R_m \geq 420$ MPa、 $R_{p0.2} \geq 235$ MPa、 $A \geq 22\%$ 、HBW≤170 ;
- b) 公称厚度(t)大于 100 mm: $R_m \geq 390$ MPa、 $R_{p0.2} \geq 215$ MPa、 $A \geq 20\%$ 、HBW≤170 。

5.3.3 受压元件锻件的级别为:

- a) I 级适用于热水锅炉和额定蒸汽压力不大于 3.8 MPa、额定蒸汽温度不大于 450℃的蒸汽锅炉的承压锻件;
- b) II 级适用于额定蒸汽压力不大于 13.7 MPa、额定蒸汽温度不大于 540℃的蒸汽锅炉的承压锻件或承受较大外载的受力锻件;
- c) III 级适用于额定蒸汽压力大于 13.7 MPa 蒸汽锅炉的承压锻件,且损坏时可能会引起严重安全事故或设备事故的锻件,否则为 II 级锻件。

5.3.4 用于受压元件的 III 级钢锻件应附加金相检验,金相检验按附录 B 的要求执行。

5.3.5 设计时的计算温度高于 300℃的锻件,需要时可在设计文件中规定附加进行该温度下的高温拉伸试验。

5.3.6 工作压力不大于 2.5 MPa、壁温不大于 350℃的锻件可采用 Q235(B、C、D)钢。

5.3.7 各类管件(三通、弯头、变径接头等)以及集箱封头等元件可采用表 3 中相应的钢管材料热加工制作。

5.3.8 除各种型式的法兰外,空心圆筒形管件或管帽类管件可用表 5 中相应材料牌号的轧制或锻制圆钢加工而成,加工管件的圆钢不应采用钢板代替。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) 碳素钢空心圆筒形管件外径不大于 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) 对加工后的管件进行无损检测。

5.3.9 锻件也可采用 NB/T 47008 中的其他材料,其适用范围按照 GB/T 150.2 的相关规定。

表 6 锅炉常用锻件的许用应力

材料牌号	材料标准	热处理状态	公称厚度 mm	室温强度 MPa		在下列温度(℃)下的许用应力 MPa															
				R_m	$R_{p0.2}$	20	100	150	200	250	300	350	400	425	450	475	500	525	550	575	
20	NB/T 47008	正火	≤100	≥410	≥235	152	140	133	124	111	102	93	86	83	61	—	—	—	—		
			>100~200	≥400	≥225	148	133	127	119	107	98	89	82	80	61	—	—	—	—		
			>200~300	≥380	≥205	137	123	117	109	98	90	82	75	73	61	—	—	—	—		
16Mn	NB/T 47008	正火 正火+回火	≤100	≥480	≥305	178	178	167	150	137	123	117	110	93	66	—	—	—			
			>100~200	≥470	≥295	174	174	163	147	133	120	113	107	93	66	—	—	—	—		
			>200~300	≥450	≥275	167	167	157	143	130	117	110	103	93	66	—	—	—	—		
15CrMo	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	—	
14Cr1Mo	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	—	
12Cr1MoV	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	110	107	82	59	41	
12Cr2Mol	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	

5.4 铸钢件

5.4.1 铸钢件的适用范围应符合表 7 的规定。常用铸钢件的许用应力列于表 8。

5.4.2 铸钢件的材料质量系数取 0.8。

表 7 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 ℃
ZG200-400	JB/T 9625	≤5.3	≤430
ZG230-450		不限	≤430
ZG20CrMo		不限	≤510
ZG20CrMoV		不限	≤540
ZG15Cr1Mo1V		不限	≤570

表 8 常用铸钢的许用应力

材料牌号	材料标准	热处理状态	室温强度 MPa		在下列温度(℃)下的许用应力 MPa													
			R_m	$R_{p0.2}$	20	100	150	200	250	300	350	400	425	450	475	500	525	550
ZG200-400	JB/T 9625	正火	≥400	≥200	80	75	75	75	75	68	65	61	—	—	—	—	—	
ZG230-450	JB/T 9625	正火	≥450	≥230	90	84	84	84	84	77	73	69	65	44	—	—	—	
ZG20CrMo	JB/T 9625	正火+回火	≥460	≥245	92	88	88	88	88	88	83	80	79	77	75	45	31	—
ZG20CrMoV	JB/T 9625	正火+回火	≥490	≥315	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	96	62	46	29

5.5 铸铁件

- 5.5.1 铸铁件的适用范围应符合表 9 的规定。常用铸铁材料(公称厚度不大于 30 mm)的许用应力列于表 10。
- 5.5.2 额定工作压力不大于 1.6 MPa 的锅炉以及蒸汽温度不大于 300 ℃的过热器,其放水阀和排污阀的阀体可用表 9 中的可锻铸铁或球墨铸铁制造。
- 5.5.3 额定工作压力不大于 2.5 MPa 的锅炉的方形铸铁省煤器和弯头,可采用牌号不低于 HT200 的灰铸铁;额定工作压力不大于 1.6 MPa 的锅炉的方形铸铁省煤器和弯头,可采用牌号不低于 HT150 的灰铸铁。
- 5.5.4 灰铸铁不应用于制造排污阀和排污弯管。
- 5.5.5 用于承压部位的铸铁件不应焊补。

表 9 铸铁件的适用范围

材料种类	材料牌号	材料标准	适用范围		
			附件公称通径 mm	工作压力 MPa	壁温 ℃
灰铸铁	HT150 HT200 HT250 HT300 HT350	GB/T 9439	≤300	≤0.8	<230
			≤200	≤1.6	
可锻铸铁	KTH300-06 KTH330-08 KTH350-10 KTH370-12	GB/T 9440	≤100	≤1.6	<300
球墨铸铁	QT400-18 QT450-10	GB/T 1348	≤150	≤1.6	<300
			≤100	≤2.5	

表 10 常用铸铁的许用应力

材料牌号	材料标准	热处理 状态	室温强度 MPa		在下列温度(℃)下的许用应力 MPa					
			R_m	$R_{p0.2}$	20	100	150	200	250	300
HT150	GB/T 9439	退火	≥150	—	15	15	15	15	15	—
HT200			≥200	—	20	20	20	20	20	—
HT250			≥250	—	25	25	25	25	25	—
HT300			≥300	—	30	30	30	30	30	—
HT350			≥350	—	35	35	35	35	35	—

表 10 常用铸铁的许用应力 (续)

材料牌号	材料标准	热处理 状态	室温强度 MPa		在下列温度(℃)下的许用应力 MPa					
			R_m	$R_{p0.2}$	20	100	150	200	250	300
KTH300-06	GB/T 9440	退火	≥ 300	—	30	30	30	30	30	30
KTH330-08			≥ 330	—	33	33	33	33	33	33
KTH350-10			≥ 350	—	35	35	35	35	35	35
KTH370-12			≥ 370	—	37	37	37	37	37	37
QT400-18	GB/T 1348	球化退火	≥ 400	≥ 250	50	50	50	50	50	50
QT450-10			≥ 450	≥ 310	56	56	56	56	56	56

6 承载构件等用材料

6.1 吊杆和拉撑件

6.1.1 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范围应符合表 11 的规定。

表 11 吊杆和拉撑用圆钢的适用范围

材料牌号	材料标准	壁温 ℃
Q355(B、C、D)	GB/T 1591	≤ 430
20	GB/T 699、NB/T 47008	≤ 450
25	GB/T 699	≤ 450
35		≤ 450
16Mn	NB/T 47008	≤ 475
15CrMo	GB/T 3077、NB/T 47008	≤ 550
30CrMo		≤ 500
35CrMo		≤ 500
12Cr2Mo1	NB/T 47008	≤ 565
12Cr1MoV	GB/T 3077、NB/T 47008	≤ 565

6.1.2 吊杆圆钢的许用应力列于表 12。

6.1.3 拉撑板应选用表 1 中锅炉用钢板材料。

表 12 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(℃)下的许用应力																	
			MPa		MPa																	
			R_m	$R_{p0.2}$	20	100	150	200	250	300	350	400	425	450	475	500	525	550	575	600	625	650
20	GB/T 699	正火	≥410	≥245	137	132	126	117	105	97	88	82	76	54	—	—	—	—	—	—	—	—
35	GB/T 699	正火	≥530	≥315	177	171	159	147	132	120	111	102	76	54	—	—	—	—	—	—	—	—
16Mn	NB/T 47008	正火	≥480	≥305	160	160	150	135	123	111	105	99	76	53	—	—	—	—	—	—	—	—
15CrMo	GB/T 3077、NB/T 47008	调质 正火+回火	≥440	≥295	147	147	144	135	129	120	114	108	105	102	80	58	—	—	—	—	—	—
30CrMo	GB/T 3077、NB/T 47008	调质	≥960	≥735	263	240	228	222	216	210	201	192	169	135	100	71	—	—	—	—	—	—
35CrMo	GB/T 3077、NB/T 47008	调质	≥980	≥835	263	240	228	222	216	210	201	192	169	135	100	71	—	—	—	—	—	—
12Cr2Mo1	NB/T 47008	正火+回火	≥510	≥310	170	168	162	156	153	150	147	144	123	103	89	73	—	—	—	—	—	—
12Cr1MoV	GB/T 3077、NB/T 47008	正火+回火	≥490	≥245	147	147	144	138	132	126	120	114	111	108	105	102	74	53	37	—	—	—

6.2 吊挂装置

6.2.1 吊挂装置(U 型卡头、销轴等)用钢的适用范围按表 13 的规定。

表 13 吊挂装置用钢的适用范围

材料牌号	材料标准	适用温度 ℃
20	GB/T 699、NB/T 47008	≤450
25	GB/T 699	≤450
35	GB/T 699、NB/T 47008	≤450
30CrMo	GB/T 3077、NB/T 47008	≤500
35CrMo		≤500
12Cr1MoV		≤565

6.2.2 吊挂装置(U 型卡头、销轴等)用钢的许用应力按表 14 的规定。

表 14 吊挂装置用钢的许用应力

材料牌号	材料标准	热处理状态	公称厚度 mm	室温强度 MPa		在下列温度(℃)下的许用应力 MPa																		
				R_m	$R_{p0.2}$																			
						20	100	150	200	250	300	350	400	425	450	475	500	525	550	575	600	625	650	675
20	GB/T 699、 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	GB/T 699	正火	≤100	≥420	≥235	140	126	120	111	100	92	83	77	75	54	—	—	—	—	—	—	—	—	—
			>100~300	≥390	≥215	129	110	105	98	88	81	74	68	65	54	—	—	—	—	—	—	—	—	—
35	GB/T 699、 NB/T 47008	正火	≤100	≥510	≥265	159	141	135	123	111	103	94	88	76	54	—	—	—	—	—	—	—	—	—
			>100~300	≥490	≥245	147	135	129	120	108	100	91	85	76	54	—	—	—	—	—	—	—	—	—
30CrMo	GB/T 3077、 NB/T 47008	调质	≤300	≥620	≥440	207	207	207	207	207	207	201	192	184	135	100	71	—	—	—	—	—	—	—
35CrMo	GB/T 3077、 NB/T 47008	调质	≤300	≥620	≥440	207	207	207	207	207	207	201	192	184	135	100	71	—	—	—	—	—	—	—
			>300~500	≥610	≥430	203	203	203	203	203	203	201	192	184	135	100	71	—	—	—	—	—	—	—
12Cr1MoV	GB/T 3077、 NB/T 47008	正火+回火	≤300	≥470	≥280	157	153	144	138	132	126	120	114	111	108	105	102	74	53	37	—	—	—	—
			>300~500	≥460	≥270	153	147	138	132	126	120	114	108	105	102	99	96	74	53	37	—	—	—	—

6.3 紧固件

6.3.1 锅炉用紧固件用钢的适用范围应符合表 15 的规定。

表 15 紧固件用材料的适用范围

材料牌号	材料标准	适用范围	
		工作压力 MPa	使用温度 ℃
Q235(B、C、D)	GB/T 700	≤1.6	≤350
20	GB/T 699	不限	≤350
25			≤350
35			≤420
40Cr	GB/T 3077	不限	≤450
30CrMo			≤500
35CrMo(A)	GB/T 3077、DL/T 439		≤500

6.3.2 用于受压元件的紧固件材料的许用应力按 GB/T 16508.1 的规定来确定。

6.3.3 表 15 未列入的 GB/T 150.2 中的碳素钢和合金钢用作螺栓、螺母等锅炉紧固件时，其适用范围可按照 GB/T 150.2 的相关规定。

6.4 钢结构

锅炉钢结构用钢为 GB/T 700、GB/T 1591 和 GB/T 5313 规定的材料，螺栓、螺母和垫圈为 GB/T 3632、GB/T 1228、GB/T 1229、GB/T 1230 和 GB/T 1231 规定的材料。

7 焊接材料

7.1 一般要求

焊接材料的采购、标识、组批、质量证明、复检等应符合 NB/T 47018.1 的要求，保管和运输应符合 JB/T 3223 的要求。

7.2 钢焊条

钢焊条为 NB/T 47018.2、GB/T 983、GB/T 984、GB/T 5117、GB/T 5118 和 GB/T 32533 规定的材料。

7.3 气体保护电弧钢焊丝和填充丝

气体保护电弧钢焊丝和填充丝为 NB/T 47018.3、GB/T 8110、GB/T 29713、YB/T 5092、GB/T 5293、GB/T 10045、GB/T 12470、GB/T 14957、GB/T 17493 规定的材料。

7.4 埋弧焊钢焊丝和焊剂

埋弧焊钢焊丝和焊剂为 NB/T 47018.4、GB/T 5293、GB/T 12470 和 GB/T 17854 规定的材料。

7.5 堆焊用不锈钢焊带和焊剂

堆焊用不锈钢焊带和焊剂为 NB/T 47018.5 规定的材料。

附录 A
(资料性)

常用材料的弹性模量、导热系数和膨胀系数

A.1 常用材料的弹性模量见表 A.1。

表 A.1 材料弹性模量

材料类别	在下列温度(℃)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

A.2 常用材料的导热系数见表 A.2。

表 A.2 材料导热系数

材料类别	在下列温度(℃)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 Q355、16Mn、15MoG、20MoG、20MnG、25MnG、12CrMoG、15CrMoG/R、13MnNiMoR、12Cr2MoWVTiB、 12Cr3MoVSiTiB、07Cr2MoW2VNbB、30CrMo、35CrMo、15Ni1MnMoNbCu。 ^c 包括 12Cr2MoG、12Cr2Mo1R、12Cr1MoVG/R。													

A.3 常用材料的平均线膨胀系数见表 A.3。

表 A.3 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

附 录 B
(规范性)
钢锻件的金相检验

- B.1 金相检验取样部位与力学性能试验取样部位相同。
- B.2 钢锻件的实际晶粒度按 GB/T 6394 进行检验,并符合表 B.1 的规定。

表 B.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、25	4 级~10 级	不超过 3 级
16Mn		
15CrMo、14Cr1Mo		
12Cr1MoV、12Cr2Mo1		

- B.3 钢锻件的非金属夹杂物按 GB/T 10561 中的 A 法评级,其 A、B、C 和 D 各类夹杂物的细系级别和粗系级别均应小于 2.5 级,DS 类夹杂物级别不大于 2.5 级,A、B、C 和 D 各类夹杂物的细系级别总数与粗系级别总数均不应大于 6.5 级。
- B.4 钢锻件的显微组织按 GB/T 13298 进行检验,并符合表 B.2 的规定。

表 B.2 钢锻件的显微组织

材料牌号	显微组织
20、25	铁素体+珠光体
16Mn	铁素体+珠光体
15CrMo、14Cr1Mo	铁素体+珠光体(可存在粒状贝氏体或全贝氏体)
12Cr1MoV、12Cr2Mo1	铁素体+贝氏体或铁素体+珠光体或铁素体+贝氏体+珠光体或贝氏体 (可存在索氏体)

参 考 文 献

- [1] TSG 11 锅炉安全技术规程
 - [2] TSG 91 锅炉节能环保技术规程
-