



中华人民共和国国家标准

GB/T 16507.2—2022

代替 GB/T 16507.2—2013

水管锅炉 第 2 部分：材料

Water-tube boilers—
Part 2: Materials

2022-03-09 发布

2022-10-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言	I
引言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 基本要求	2
5 设计选材	3
6 受压元件用材料	4
7 受力构件用材料	15
8 钢结构用材料	19
9 焊接材料	19
附录 A (规范性) 材料补充要求	21
附录 B (资料性) 常用材料的弹性模量、导热系数和膨胀系数	22
附录 C (规范性) 钢锻件的金相检验	24
参考文献	25

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 16507《水管锅炉》的第 2 部分。GB/T 16507 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：结构设计；
- 第 4 部分：受压元件强度计算；
- 第 5 部分：制造；
- 第 6 部分：检验、试验和验收；
- 第 7 部分：安全附件和仪表；
- 第 8 部分：安装与运行。

本文件代替 GB/T 16507.2—2013《水管锅炉 第 2 部分：材料》，与 GB/T 16507.2—2013 相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- 增加了钢材是镇静钢的要求(见 4.1)；
- 增加了材料按 JB/T 3375 要求的项目进行验收的要求(见 4.3)；
- 删除了具体的室温拉伸试验和冲击试验方法的要求(见 2013 年版的 3.13、3.14)；
- 增加了标准化文件升版后库存材料的使用规定(见 4.10)；
- 更改了选用材料时应考虑的因素(见 5.1.1, 2013 年版的 3.2)；
- 增加了对受压元件用材料对强度、组织稳定性和抗腐蚀性能的要求以及抗疲劳性能的要求(见 5.1.2)；
- 增加了受力构件、钢结构和焊接材料的设计选材要求(见 5.2、5.3、5.4)；
- 更改了钢板的超声检测要求(见 6.1.3, 2013 年版的 4.3)；
- 增加了 15(GB/T 711)钢板材料牌号(见表 1、表 2)；
- 更改了 Q245R 和 Q345R 的许用应力(见表 2, 2013 年版的表 2)；
- 删除了高温拉伸试验按 GB/T 4338 的规定(见 2013 年版的 4.7、6.6)；
- 删除了感应加热拉拔式和推制式钢管的内容(见 2013 年版的 5.6)；
- 增加了复合管、内螺纹无缝钢管的使用要求(见 6.2.6 和 6.2.7)；
- 增加了 Q235B(GB/T 3091)、L210(GB/T 9711)钢管材料牌号(见表 3)；
- 增加了 Q235B(GB/T 3091)钢管材料牌号(见表 4)；
- 更改了 09CrCuSb 钢管材料的适用壁温(见表 3, 2013 年版的表 3)；
- 增加了 10Cr9Mo1VNbN 钢管材料 650 °C 的许用应力(见表 4)；
- 删除了 10 钢管材料 425 °C 以上的许用应力(见 2013 年版的表 5)；
- 增加了对 25 号钢锻件的要求(见 6.3.2)；
- 增加了 25、12CrMo、14Cr1Mo、10Cr9MoW2VNbBN 锻件材料牌号(见表 5、表 6)；
- 更改了 12Cr2Mo1 锻件材料的适用壁温(见表 5, 2013 年版的表 6)；
- 删除了多处用到的材料标准 JB/T 9626 及对应的材料(见 2013 年版的表 6、表 8、表 9)；
- 删除了 20、16Mn 锻件材料 475 °C 的许用应力(见 2013 年版的表 7)；
- 更改了Ⅲ和Ⅳ级锻件的金相检验要求,同时增加了锻件分级(见 6.3.3、6.3.4, 2013 年版的 6.5)；

- 增加了 ZG200-400 铸钢件材料牌号(见表 7、表 8)；
- 增加了灰铸铁不能用于排污阀和排污管的要求(见 6.5.3)；
- 增加了铸铁可用于 1.6 MPa, 小于 300 °C 过热器的放水阀和排污阀的要求(见 6.5.4)；
- 增加了灰铸铁可用于工作压力不大于 2.5 MPa 的铸铁省煤器和弯头可用 HT200 以及 1.6 MPa 以下可用 HT150 的要求(见 6.5.5)；
- 增加了承压部位的铸铁件补焊的限制要求(见 6.5.6)；
- 增加了 HT150、HT200、HT250 灰铸铁、KTH300-06、KTH330-08、KTH350-10、KTH370-12 可锻铸铁材料牌号(见表 9、表 10)；
- 更改了吊挂装置用材料的相关内容(见 7.2, 2013 年版的 6.4)；
- 增加了钢结构材料的内容(见第 8 章)；
- 更改了焊接材料的相关要求(见第 9 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 C, 2013 年版的附录 D)。

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、中国特种设备检测研究院、哈尔滨锅炉厂有限责任公司、东方电气集团东方锅炉股份有限公司、北京巴布科克·威尔科克斯有限公司、上海锅炉厂有限公司、无锡华光环保能源集团股份有限公司、杭州锅炉集团股份有限公司、武汉锅炉股份有限公司、西安热工研究院有限公司。

本文件主要起草人:张瑞、石回回、王延峰、钱公、程义、杨华春、骆声、王煜、刘都槐、罗飞、邹莹、刘树涛。

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为:

- 1996 年首次发布为 GB/T 16507—1996；
- 2013 年第一次修订时,将水管锅炉和锅壳锅炉内容分开,各由 8 个部分组成,水管锅炉为 GB/T 16507.1—2013~GB/T 16507.8—2013《水管锅炉》,锅壳锅炉为 GB/T 16508.1—2013~GB/T 16508.8—2013《锅壳锅炉》,本文件为 GB/T 16507.2—2013《水管锅炉 第 2 部分:材料》,同时部分代替 GB/T 9222—2008《水管锅炉受压元件强度计算》(GB/T 9222—2008 的历次版本发布情况为:GB/T 9222—1988)；
- 本次为第二次修订。

引 言

GB/T 16507《水管锅炉》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、验收标准和安装要求均符合 TSG 11《锅炉安全技术规程》的相应规定。GB/T 16507 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 16507 旨在规范锅炉的设计、制造、检验、验收和安装,由 8 个部分构成。

- 第 1 部分:总则。目的在于确定水管锅炉范围界定、锅炉参数、建造规范以及节能和环保等建造水管锅炉的通用技术要求。
- 第 2 部分:材料。目的在于确定水管锅炉受压元件和非受压元件、受力构件、锅炉钢结构和焊接材料等的选材和用材要求。
- 第 3 部分:结构设计。目的在于确定水管锅炉结构设计的基本要求、焊接连接要求、开孔和各元(部)件的具体设计要求。
- 第 4 部分:受压元件强度计算。目的在于确定水管锅炉受压元件的计算壁温、计算压力、设计许用应力取值及强度设计计算方法。
- 第 5 部分:制造。目的在于确定水管锅炉在制造过程中的标记、冷热加工成形、胀接、焊接和热处理要求。
- 第 6 部分:检验、试验和验收。目的在于确定水管锅炉受压元件和与其直接连接的承受载荷的非受压元件的检验、试验和验收要求。
- 第 7 部分:安全附件和仪表。目的在于确定水管锅炉安全附件和仪表的设置和选用要求。
- 第 8 部分:安装与运行。目的在于确定水管锅炉本体和锅炉范围内管道的安装、调试、质量验收以及运行要求。

由于 GB/T 16507 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 16507 中没有特别提及的技术内容。

GB/T 16507 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。

水管锅炉

第 2 部分：材料

1 范围

本文件规定了水管锅炉受压元件和非受压元件、受力构件材料的选用原则和要求，材料的适用范围（温度和压力）和许用应力，以及锅炉钢结构和焊接用材料的一般要求。

本文件适用于 GB/T 16507.1 界定的水管锅炉的受压元件和非受压元件、受力构件、锅炉钢结构和焊接材料等的选材和用材。

2 规范性引用文件

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

- GB/T 150.2 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 1220 不锈钢棒
- GB/T 1221 耐热钢棒
- 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 3280 不锈钢冷轧钢板和钢带
- GB/T 4237 不锈钢热轧钢板和钢带
- 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 16507.1 水管锅炉 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 47010 承压设备用不锈钢和耐热钢锻件
- 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 16507.1 界定的术语和定义适用于本文件。

4 基本要求

- 4.1 受压元件和与受压元件焊接的承载构件钢材应是镇静钢。
- 4.2 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。
- 4.3 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。
- 4.4 符合下列情形之一的材料在验收时可不进行理化和相应的无损检测复验:
- a) 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 4.6 要求的材料质量证明书,并且质量证明书与实物相符。
- 4.5 锅炉制造过程中如有加热温度超过相变点的热加工或部件整体热处理的工序,该部件的原材料可不要求材料制造单位保证热处理状态,但在订货技术条件中应明确规定。

4.6 锅炉专用钢板、钢管和锻件的制造单位应保证材料的质量,并提供材料质量证明书。材料质量证明书应符合以下要求:

- a) 材料制造单位应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,材料质量证明书的内容应齐全,并且印制可以追溯的信息化标识,加盖材料制造单位质量检验章;
- b) 锅炉用材料不是由材料制造单位直接提供时,材料经营单位应提供材料质量证明书原件或加盖了材料经营单位公章和经办负责人签字(章)的材料质量证明书复印件。

4.7 受压元件用钢板、钢管和锻件材料的纵向室温拉伸断后伸长率(A)不应小于18%。

4.8 受压元件用钢板、钢管和锻件材料的室温夏比V型缺口冲击吸收能量(KV₂)不低于27 J。奥氏体钢可免做冲击试验。

4.9 受压元件用钢板、钢管和锻件,当直接采用铸造钢坯(包括模铸和连铸)轧制和锻造时,其变形比不应小于3.0。

4.10 材料标准版本更新后,若材料的性能指标或技术要求未作调整,则不影响库存材料的使用;否则,应验证库存材料的质量是否符合新版标准的要求。

5 设计选材

5.1 受压元件

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

5.1.2 用于受压元件的金属应具有足够的强度、良好的组织稳定性和抗腐蚀性能,受交变载荷或冷热交替作用的部件用材料应具有良好的抗疲劳性能。

5.1.3 锅炉受压元件所用的材料应是本文件规定的牌号。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应符合附录A的要求。

5.1.4 受压元件的计算温度(壁温)或外壁壁温不应超过本文件所规定该材料的限值。

5.1.5 与受压元件焊接的吊耳、鳍片以及类似的非受压元件材料应与它们所要连接的材料相匹配。

5.1.6 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。

5.1.7 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或内插法计算,本文件中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,新材料和本文件中未给出的材料应按GB/T 16507.1规定的方法进行计算。

5.1.8 材料的弹性模量、导热系数和膨胀系数可从附录B中选取。

5.2 受力构件

5.2.1 根据受力构件(包括吊杆、吊挂装置和紧固件等)的类别和计算温度选用材料,所用材料应有足够的强度,高温构件材料还应具有良好的抗氧化性能。

5.2.2 焊接连接的受力构件应采用焊接性能较好的材料。

5.2.3 为防止螺纹连接的受力构件在旋合处咬死,螺母和吊杆/螺栓的硬度应有差异,可选用不同性能等级的材料或采用不同的规范进行热处理。

5.3 钢结构

5.3.1 钢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,对焊接结构还应具有碳当量的合格保证。

5.3.2 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韧性的合格保证。

5.4 焊接材料

5.4.1 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。

5.4.2 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,宜采用低氢焊条焊接。

5.4.3 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。

6 受压元件用材料

6.1 钢板

6.1.1 碳素钢和低合金钢钢板的工作压力和壁温适用范围应符合表 1 的规定。

6.1.2 常用钢板的许用应力列于表 2。

6.1.3 厚度大于 30 mm 的钢板,应按 NB/T 47013.3 逐张进行超声检测。其超声检测质量等级为:

- a) 厚度大于 30 mm 且不大于 36 mm 的 Q245R 和 Q345R 钢板,不低于 II 级;
- b) 厚度大于 36 mm 的 Q245R 和 Q345R 钢板,不低于 I 级;
- c) 其他合金钢板,不低于 I 级。

6.1.4 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后的钢板样块上取样。

6.1.5 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。

6.1.6 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。

6.1.7 在制造工艺许可的情况下,锅筒可直接用 Q345R 板厚 36 mm 及以下的控轧或热轧钢板制造。

6.1.8 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 °C
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	GB/T 713	≤5.3 ^a	≤430
13MnNiMoR	GB/T 713	不限	≤400
15CrMoR	GB/T 713	不限	≤520
12Cr2Mo1R	GB/T 713	不限	≤575
12Cr1MoVR	GB/T 713	不限	≤565

^a 用于不受辐射热的锅筒时,工作压力不受限制。

表 2 锅炉常用钢板的许用应力

材料牌号	材料标准	热处理状态	材料厚度 mm	室温强度 MPa		在下列温度(°C)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 >16~36	370 370	235 225	136 136	133 127	127 120	116 111	104 96	95	—	—	—	—	—	—
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	—	—	—	—	—	—
Q345R	GB/T 713	正火 正火+回火	>100~150	380	185	123	112	107	100	90	80	73	70	67	61	—	—	—	—	—	
			≤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	—	—	—	—	—	
13MnNiMoR	GB/T 713	正火+回火	>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	—	—	—	—	—	
			30~100	570	390	211	211	211	211	211	211	211	211	203	—	—	—	—	—	—	
15CrMoR	GB/T 713	正火+回火	>100~150	570	380	211	211	211	211	211	211	211	200	—	—	—	—	—	—		
			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	—	—	
12Cr2Mo1R	GB/T 713	正火+回火	>100~200	440	255	163	157	147	140	133	123	117	110	107	104	102	88	58	—		
			6~200	520	310	193	187	180	173	170	167	163	160	157	147	147	119	89	61	46	37
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	

6.2 钢管

6.2.1 钢管的工作压力和壁温适用范围应符合表 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
		集箱、管道	不限	≤430
15Ni1MnMoNbCu	GB/T 5310	集箱、管道	不限	≤450
20MnG、25MnG	GB/T 5310	受热面管子	不限	≤460
		集箱、管道	不限	≤430
15MoG、20MoG	GB/T 5310	受热面管子	不限	≤480
12CrMoG 15CrMoG	GB/T 5310	受热面管子	不限	≤560
		集箱、管道	不限	≤550
12Cr2MoG	GB/T 5310	受热面管子	不限	≤600 ^a
		集箱、管道	不限	≤575
12Cr1MoVG	GB/T 5310	受热面管子	不限	≤580
		集箱、管道	不限	≤565
12Cr2MoWVTiB	GB/T 5310	受热面管子	不限	≤600 ^a
12Cr3MoVSiTiB	GB/T 5310	受热面管子	不限	≤600 ^a
07Cr2MoW2VNbB	GB/T 5310	受热面管子	不限	≤600 ^a
10Cr9Mo1VNbN	GB/T 5310	受热面管子	不限	≤650 ^a
		集箱、管道	不限	≤620
10Cr9MoW2VNbBN	GB/T 5310	受热面管子	不限	≤650 ^a
		集箱、管道	不限	≤630
07Cr19Ni10	GB/T 5310	受热面管子	不限	≤670 ^a
07Cr19Ni11Ti	GB/T 5310	受热面管子	不限	≤670 ^a
07Cr18Ni11Nb	GB/T 5310	受热面管子	不限	≤670 ^a
08Cr18Ni11NbFG	GB/T 5310	受热面管子	不限	≤700 ^a
10Cr18Ni9NbCu3BN	GB/T 5310	受热面管子	不限	≤705 ^a
07Cr25Ni21NbN	GB/T 5310	受热面管子	不限	≤730 ^a

^a 为外壁壁温,指烟气侧管子外壁的温度。

6.2.2 钢管的许用应力列于表 4。

6.2.3 锅炉用钢管除符合材料标准外,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。

6.2.4 外径不小于 76 mm 且壁厚不小于 14 mm 的钢管应进行室温冲击试验。

6.2.5 根据锅炉元件运行环境,必要时可规定钢管的特殊抗腐蚀性能要求,如蒸汽参数 22.1 MPa 以上锅炉受热面管内壁的抗蒸汽腐蚀性能。

6.2.6 GB/T 28883 中的 20G+07Cr19Ni10 复合管(符合 NB/T 47019.3 要求)按基层材料进行设计计算。

6.2.7 GB/T 20409 中的内螺纹无缝钢管的适用范围和许用应力与同牌号的无缝钢管一致。

6.3 锻件

6.3.1 锅炉受压元件用锻件的工作压力和壁温适用范围应符合表 5 的规定,许用应力列于表 6。

6.3.2 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:

——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 ;

——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 。

6.3.3 用于受压元件的Ⅲ级和Ⅳ级锻件应附加金相检验,金相检验应符合附录 C 的规定。

6.3.4 根据锅炉的额定参数,锻件分为 4 级:

- a) Ⅰ级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 °C 的蒸汽锅炉的承压锻件;
- b) Ⅱ级用于额定蒸汽压力不大于 13.7 MPa、额定蒸汽温度不大于 540 °C 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;
- d) Ⅳ级用于额定蒸汽压力大于 22.1 MPa 蒸汽锅炉、单件质量大于 800 kg 的大型承压锻件。

再热系统中的锻件可根据再热参数来确定级别。

6.3.5 设计时的计算温度高于 300 °C 的钢锻件,必要时可在设计文件中规定增加锻件在该温度下的高温拉伸试验。

6.3.6 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。

6.3.7 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。

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

6.3.9 锻件也可采用 NB/T 47008 和 NB/T 47010 中的其他材料,其适用范围按照 GB/T 150.2 的相关规定。

表 4 锅炉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 MPa		在下列温度(°C)下的许用应力 MPa																备 注				
			R_m \geq	$R_{p0.2}$ \geq	20	100	150	200	250	300	350	400	425	450	475	500	525	550	575	600		625	650	675	700
			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	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
15Ni1MnMoNbCu	GB/T 5310	正火+回火 油淬+回火	620	440	229	229	229	229	229	229	229	229	208	163	105	46	—	—	—	—	—	—	—	—	—
20MnG	GB/T 5310	正火	415	240	154	146	143	139	131	122	117	103	78	58	40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
25MnG	GB/T 5310	正火	485	275	179	168	163	158	151	140	134	117	85	59	40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
15MoG	GB/T 5310	正火	450	270	167	167	167	150	137	120	113	107	105	103	102	62	—	—	—	—	—	—	—	—	—
20MoG	GB/T 5310	正火	415	220	146	138	135	133	125	121	118	113	110	107	103	70	—	—	—	—	—	—	—	—	—
12CrMoG	GB/T 5310	正火+回火	410	205	137	129	125	121	117	113	110	106	103	100	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	—	—	—	—	—	—
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	—	—	—	—	—

表 4 锅炉常用钢管的许用应力 (续)

材料牌号	材料标准	热处理 状态	室温强度 MPa		在下列温度(°C)下的许用应力 MPa																	备 注			
			R_m \geq	$R_{p0.2}$ \geq	20	100	150	200	250	300	350	400	425	450	475	500	525	550	575	600	625		650	675	700
12Cr1MoVG	GB/T 5310	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	—	—	—	—	—
12Cr2MoWVTiB	GB/T 5310	正火+回火	540	345	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	196	164	134	108	83	61	—	—	—	—	—
07Cr2MoW2VNbB	GB/T 5310	正火+回火	510	400	188	188	188	188	188	188	188	188	180	164	147	128	110	89	71	53	—	—	—	—	—
12Cr3MoVSiTiB	GB/T 5310	正火+回火	610	440	225	225	225	225	225	225	225	225	225	204	172	140	113	90	69	52	—	—	—	—	—
10Cr9Mo1VNbN	GB/T 5310	正火+回火 油淬+回火	585	415	216	216	216	216	216	216	216	216	216	202	174	147	124	102	81	62	45	30	—	—	—
10Cr9MoW2VNbBN	GB/T 5310	正火+回火 油淬+回火	620	440	229	229	229	229	229	229	229	229	229	229	213	181	151	124	100	75	54	37	—	—	—
07Cr19Ni10	GB/T 5310	固溶处理	515	205	136	136	136	130	122	116	111	107	105	103	101	99	97	95	78	64	52	42	33	27	a
07Cr19Ni11Ti	GB/T 5310	固溶处理	515	205	136	136	136	136	135	128	122	119	117	115	114	113	112	93	75	59	46	37	29	23	a
07Cr18Ni11Nb	GB/T 5310	固溶处理	520	205	136	136	136	136	136	135	131	127	126	125	125	125	122	120	108	88	70	55	42	32	a
08Cr18Ni11NbFG	GB/T 5310	固溶处理	550	205	136	136	136	136	136	136	133	130	128	127	126	124	123	122	120	106	85	66	51	39	a
10Cr18Ni9NbCu3BN	GB/T 5310	固溶处理	590	235	156	156	156	156	153	148	143	140	137	135	133	131	130	119	111	102	89	78	61	47	a
07Cr25Ni21NbN	GB/T 5310	固溶处理	655	295	196	196	196	188	180	174	170	166	164	162	160	158	155	153	132	107	90	69	54	41	a

a 该许用应力仅适用于允许产生微量永久变形的元件,对于有微量永久变形就引起泄漏或故障的场合不应采用。

表 5 锅炉用锻件适用范围

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
12CrMo	NB/T 47008	不限	≤550
15CrMo			≤550
14Cr1Mo			≤550
12Cr2Mo1			≤575
12Cr1MoV			≤565
10Cr9Mo1VNbN			≤620
10Cr9MoW2VNbBN			≤630
S30408(06Cr19Ni10)			NB/T 47010
S32169(07Cr19Ni11Ti)	≤670		

^a 不与火焰接触时,工作压力不限。

6.4 铸钢件

6.4.1 铸钢件的适用范围应符合表 7 的规定。

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	JB/T 9625	不限	≤430
ZG20CrMo			≤510
ZG20CrMoV			≤540
ZG15Cr1Mo1V			≤570

6.4.2 铸钢件的材料质量系数取 0.8。

6.4.3 铸钢件的许用应力见表 8。

表 8 锅炉常用铸钢许用应力

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(°C)下的许用应力 MPa														
				R_m \geq	$R_{p0.2}$ \geq	20	100	150	200	250	300	350	400	425	450	475	500	525	550	
ZG200-400	JB/T 9625	正火	≤ 100	400	200	80	75	75	75	75	68	65	61	—	—	—	—	—	—	—
ZG230-450	JB/T 9625	正火	≤ 100	450	230	90	84	84	84	84	77	73	69	65	44	—	—	—	—	—
ZG20CrMo	JB/T 9625	正火+回火	≤ 100	460	245	92	88	88	88	88	88	83	80	79	77	75	45	31	—	—
ZG20CrMoV	JB/T 9625	正火+回火	≤ 100	490	315	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	96	62	46	—	29

6.5 铸铁件

6.5.1 铸铁件的适应范围应符合表 9 的规定。

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	

6.5.2 铸铁的许用应力列于表 10。

表 10 锅炉常用铸铁许用应力

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
				≥	≥						
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	—
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	≤30	400	250	50	50	50	50	50	50
			>30~60	390	250	49	49	49	49	49	49
			>60~200	370	240	46	46	46	46	46	46
QT450-10	GB/T 1348	球化退火	≤30	450	310	56	56	56	56	56	56
			>30~60	420	280	53	53	53	53	53	53
			>60~200	390	260	49	49	49	49	49	49

6.5.3 灰铸铁不应用于制造排污阀和排污弯管。

6.5.4 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 °C 的过热器,其放水阀和排污阀的阀体可用可锻铸铁或球墨铸铁制造。

6.5.5 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。

6.5.6 用于承压部位的铸铁件不应补焊。

7 受力构件用材料

7.1 吊杆

7.1.1 用于锅炉吊杆材料应符合 GB/T 699、GB/T 1221、GB/T 1591、GB/T 3077、NB/T 47008 和 NB/T 47010 要求的轧制或锻制圆钢,其适用范围按表 11 的规定。

7.1.2 吊杆圆钢的许用应力列于表 12。

表 11 吊杆用圆钢的适用范围

材料牌号	材料标准	壁温 °C
Q355(B、C、D)	GB/T 1591	≤430
20	GB/T 699、NB/T 47008	≤450
25	GB/T 699	≤450
35	GB/T 699	≤450
16Mn	NB/T 47008	≤475
15CrMo	GB/T 3077、NB/T 47008	≤550
30CrMo	GB/T 3077、NB/T 47008	≤500
35CrMo	GB/T 3077、NB/T 47008	≤500
12Cr2Mo1	NB/T 47008	≤565
12Cr1MoV	GB/T 3077、NB/T 47008	≤565
10Cr9Mo1VNbN	NB/T 47008	≤620
10Cr9MoW2VNbBN	NB/T 47008	≤620
S30408(06Cr19Ni10)	GB/T 1221、NB/T 47010	≤670
S30409(07Cr19Ni10)	NB/T 47010	≤670
S32168(06Cr18Ni11Ti)	GB/T 1221、NB/T 47010	≤670
S32169(07Cr18Ni11Ti)	NB/T 47010	≤670

表 12 锅炉吊杆用圆钢许用应力

材料牌号	材料标准	热处理状态	室温强度 MPa		在下列温度(°C)下的许用应力 MPa																		
			R_m \geq	$R_{p0.2}$ \geq	20	100	150	200	250	300	350	400	425	450	475	500	525	550	575	600	625	650	675
			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	—	—	—	—
10Cr9Mo1VNbN	NB/T 47008	正火+回火	590	420	197	197	197	197	197	197	197	197	197	183	157	135	112	92	73	56	41	—	—
10Cr9MoW2VNbBN	NB/T 47008	正火+回火	620	440	207	207	207	207	207	207	207	207	207	207	191	163	136	111	90	67	49	—	—
S30408(06Cr19Ni10)	GB/T 1221	固溶处理	520	220	132	102	93	86	81	76	74	71	70	68	67	66	64	63	62	57	46	38	30
S30409(07Cr19Ni10)	NB/T 47010	固溶处理	520	220	132	102	93	86	81	76	74	71	70	68	67	66	64	63	62	57	46	38	30
S32168(06Cr18Ni11Ti)	GB/T 1221	固溶处理	520	205	123	102	93	86	81	76	74	72	71	70	69	68	67	66	65	40	30	22	16
S32169(07Cr18Ni11Ti)	NB/T 47010	固溶处理	520	205	123	110	102	96	90	85	81	79	78	77	76	75	74	74	68	53	41	33	26

7.2 吊挂装置

吊挂装置(U型卡头、销轴等)用钢的适用范围按表 13 的规定,许用应力列于表 14。

表 13 锅炉吊挂装置(U型卡头、销轴等)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
15CrMo	GB/T 3077、NB/T 47008	≤550
30CrMo	GB/T 3077、NB/T 47008	≤500
35CrMo	GB/T 3077、NB/T 47008	≤500
12Cr1MoV	GB/T 3077、NB/T 47008	≤565
10Cr9Mo1VNbN	NB/T 47008	≤620
S30409(07Cr19Ni10)	GB/T 3280、GB/T 4237、NB/T 47010	≤670
S32169(07Cr19Ni11Ti)	GB/T 3280、GB/T 4237、NB/T 47010	≤670

7.3 紧固件

7.3.1 锅炉用紧固件用钢的适用范围应符合表 15 的规定,当用于火力发电锅炉时紧固件用钢的使用温度还应符合 DL/T 439 的要求。

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	5ZnC 不限	≤350
25			≤350
35			≤420
40Cr	GB/T 3077	不限	≤450
15CrMo	GB/T 3077	不限	≤550
12Cr1MoV	GB/T 3077	不限	≤565
30CrMo	GB/T 3077	不限	≤500
35CrMo(A)	GB/T 3077、DL/T 439	不限	≤500
25Cr2MoVA	DL/T 439	不限	≤510
25Cr2Mo1VA			≤550
20Cr1Mo1VNbTiB			≤570
20Cr1Mo1VTiB			≤570
20Cr13	GB/T 1220	不限	≤450
30Cr13			≤450
12Cr18Ni9			≤610
06Cr19Ni10	GB/T 1221	不限	≤610

7.3.2 受压元件的紧固件用材料的许用应力应按 GB/T 16507.1 的规定来确定。

7.3.3 表 15 未列入的 GB/T 150.2 中的碳素钢和合金钢用作螺柱、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。

8 钢结构用材料

锅炉钢结构用钢为 GB/T 700、GB/T 1591、GB/T 3077 和 GB/T 5313 规定的材料。

9 焊接材料

9.1 一般要求

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

9.2 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。

9.3 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。

9.4 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。

9.5 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
(规范性)
材料补充要求

A.1 境外牌号的材料

锅炉受压元件采用境外牌号材料应满足以下要求：

- a) 应是经国家市场监督管理总局公告的境外锅炉产品标准中允许使用的材料；
- b) 按照订货合同规定的技术标准和技术条件进行验收；
- c) 材料使用单位首次使用前，应进行焊接工艺评定和成型工艺试验；
- d) 应采用该材料的技术标准或技术条件所规定的性能指标进行强度计算；
- e) 首次在国内锅炉上使用的材料，应通过技术评审。

A.2 新材料

A.2.1 材料制造单位应制定该材料的企业标准。

A.2.2 新材料应进行技术评审，评审资料包括：

- a) 化学成分，以及确定上、下限的试验研究数据；
- b) 室温夏比冲击吸收能量(KV_2)；
- c) 韧脆转变温度($FATT_{50}$)；
- d) 在从室温到至少超过最高允许工作温度 $50\text{ }^\circ\text{C}$ ，或到高温屈服强度与持久强度的等强温度以上 $50\text{ }^\circ\text{C}$ 的范围内，温度间隔 $50\text{ }^\circ\text{C}$ 的抗拉强度(R_m)、下屈服强度(R_{el})或规定塑性延伸强度($R_{p0.2}$)，以及提供断后伸长率(A)和断面收缩率(Z)；
- e) 工作温度高于 $350\text{ }^\circ\text{C}$ 的碳素钢以及工作温度高于 $400\text{ }^\circ\text{C}$ 的合金钢，应提供 10^5 h 的持久强度(R'_b)、长期时效稳定性以及蠕变极限(R'_b)；
- f) 对用于有疲劳失效倾向部件的材料应提供抗低周疲劳数据；
- g) 使用温度高于 $500\text{ }^\circ\text{C}$ 的锅炉材料应提供在使用温度(包括超过最高允许工作温度 $20\text{ }^\circ\text{C}$)的抗氧化数据；用于腐蚀介质的材料应给出抗腐蚀性能，若是奥氏体钢应提供抗晶间腐蚀数据；
- h) 适用温度范围的弹性模量(E)、平均线膨胀系数(α)和导热系数(λ)等物理性能；
- i) 材料的焊接性能及焊接接头力学性能数据；
- j) 材料的冷加工和热加工性能的技术资料，例如冲压、卷制、弯曲、热处理等；
- k) 材料制造工艺的技术资料，例如冶炼、铸造或锻轧、热处理、工艺稳定性等。

附录 B

(资料性)

常用材料的弹性模量、导热系数和膨胀系数

B.1 常用材料的弹性模量见表 B.1。

表 B.1 材料弹性模量

材料类别	在下列温度(°C)下的弹性模量(E)													
	10 ³ MPa													
	20	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700
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	—	—
铬(5%~9%)钼(0.5%~1.0%)钢	213	208	205	201	198	195	191	187	183	179	174	168	161	—
铬钢(12%~17%)	201	195	192	189	186	182	178	173	166	157	145	131	—	—
奥氏体钢(Cr18Ni8~Cr25Ni20)	195	189	186	183	179	176	172	169	165	160	156	151	146	140

B.2 常用材料的导热系数见表 B.2。

表 B.2 材料导热系数

材料类别	在下列温度(°C)下的导热系数(λ)														
	W/(m·K)														
	20	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750
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	—	—
9%铬钢(F) ^d	22.3	24.4	25.5	26.3	26.9	27.4	27.7	27.9	27.9	27.9	27.8	27.6	27.3	27.0	—
18%铬奥氏体钢(J) ^e	14.8	16.2	17.0	17.9	18.6	19.4	20.1	20.8	21.5	22.2	22.9	23.6	24.3	25.0	25.7
25%铬奥氏体钢(K) ^f	14.1	15.4	16.1	16.8	17.6	18.3	19.0	19.7	20.5	21.2	21.9	22.6	23.2	23.9	24.6

^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。
^d 包括 10Cr9Mo1VNbN、10Cr9MoW2VNbBN。
^e 包括 07Cr19Ni10、10Cr18Ni9NbCu3BN、07Cr19Ni11Ti、07Cr18Ni11Nb、08CrNi11NbFG、S30408、S32168。
^f 包括 07Cr25Ni21NbN。

B.3 常用材料的平均线膨胀系数见表 B.3。

表 B.3 材料平均线膨胀系数

材料类别	在下列温度(°C)与 20 °C 之间的平均线膨胀系数(α) 10^{-6} mm/(mm·°C)													
	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	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)	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(Cr13)	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)	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



附 录 C
(规范性)
钢锻件的金相检验

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

表 C.1 钢锻件的实际晶粒度

钢 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		
12CrMo、15CrMo、14Cr1Mo		
12Cr1MoV、12Cr2Mo1		
10Cr9Mo1VNbN、10Cr9MoW2VNbBN	≥4 级 ^a	不超过 3 级
S30408(06Cr19Ni10)、S32169(07Cr19Ni11Ti)	4 级~7 级	不超过 3 级
^a 当显微组织为全马氏体时,可检验原奥氏体晶粒度,其级别不小于 2 级。		

C.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。

C.4 钢锻件的显微组织按 GB/T 13298 进行检验,并符合表 C.2 的规定。

表 C.2 钢锻件的显微组织

钢 号	显微组织
20、25	铁素体+珠光体
16Mn	铁素体+珠光体
12CrMo、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)
10Cr9Mo1VNbN、10Cr9MoW2VNbBN	回火马氏体或保持马氏体位相的回火索氏体
S30408(06Cr19Ni10)、S32169(07Cr19Ni11Ti)	奥氏体

参 考 文 献

- [1] GB/T 20409 高压锅炉用内螺纹无缝钢管
- [2] GB/T 28883 承压用复合无缝钢管
- [3] TSG 11 锅炉安全技术规程
- [4] TSG 91 锅炉节能环保技术规程

