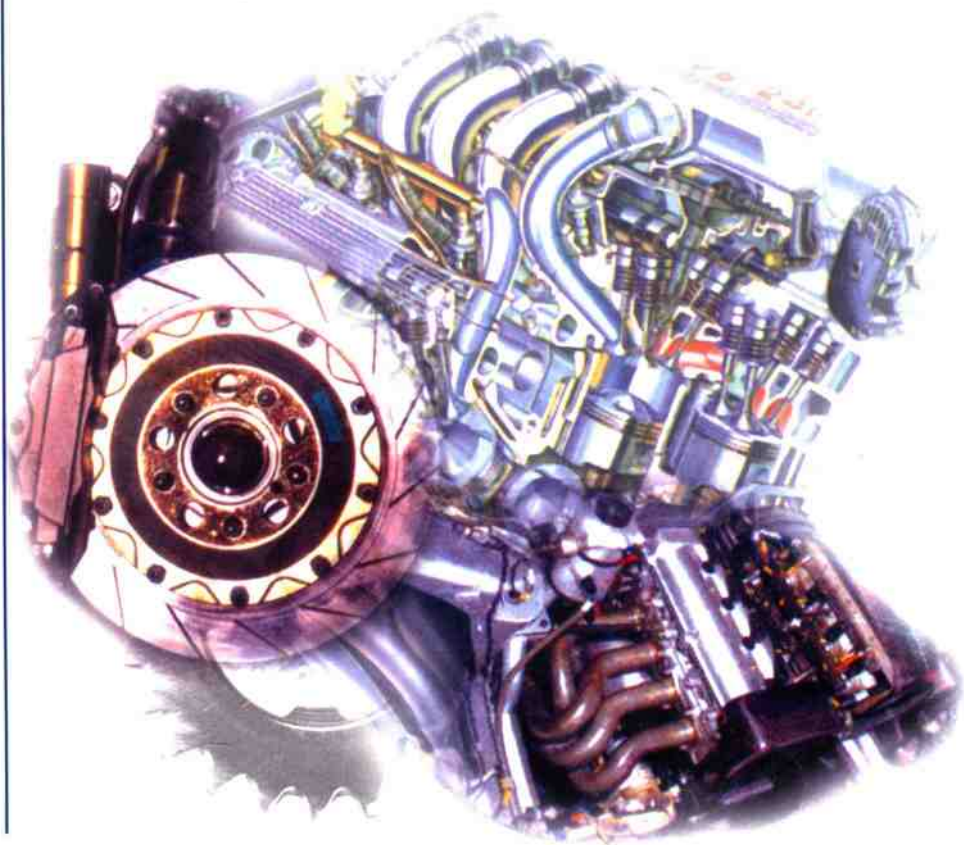


职业技术教育教材

轻工业机器及设备 (第二版)

梁熙正 主编

QINGGONGYE JIQI JI SHEBEI



 中国轻工业出版社

职业技术教育教材

轻工业机器及设备

(第二版)

梁熙正 主编

 中国轻工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

轻工业机器及设备/梁熙正主编. -2版. -北京: 中国
轻工业出版社, 2000.3

职业技术教育教材

ISBN 7-5019-2446-5

I. 轻… II. 梁… III. ①轻工业-机器-专业学校-教材
②轻工业-设备-专业学校-教材 IV. T804

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 36289 号

责任编辑: 龙志丹 责任终审: 滕炎福 封面设计: 崔云
版式设计: 智苏亚 责任校对: 燕杰 责任监印: 胡兵

*

出版发行: 中国轻工业出版社 (北京东长安街6号, 邮编: 100740)

网 址: <http://www.chlip.com.cn>

印 刷: 中国人民警官大学印刷厂印刷

经 销: 各地新华书店

版 次: 2000年3月第2版 2000年3月第1次印刷

开 本: 787×1092 1/16 印张: 28.5

字 数: 684千字 印数: 1—3000

书 号: ISBN 7-5019-2446-5/TS·1489 定价: 45.00元

·如发现图书残缺请直接与我社发行部联系调换·

前 言

轻工业的特点是行业多，加工材料性质多样，轻工机械设备的种类也就多种多样。轻工业的迅速发展，需要大量的使产品具有高产、优质、品种规格多样化的生产过程机械化连续化的轻机设备。概括地说，轻工机械就是一种采用一般机械原理、化工原理等将原材料制成轻工产品的机械设备。

根据全国轻工企业对轻工机械技术人才的需求，我们编写了《轻工业机器及设备》一书。该书的特点是将轻工业不同行业所使用的机械设备加以系统归纳，以几类典型机器设备为中心进行介绍。同类机器设备的结构、工作原理及设计方法基本相同，仅是处理物料性质不同而已，设计时只要注意工艺上特殊要求即可。

通过对本书的学习可使读者初步掌握轻工业工厂常用轻工业机器及设备的工作原理、结构性能；对定型设备能正确选择使用并能进行结构分析和对一般非定型设备轻工机器主要零部件进行设计；掌握对机器设备研究的一般规律，为从事设备运行管理、制造、维修、设计与技术改造打下良好基础。

全书共十一章，由四川省轻工业学校梁熙正主编。内蒙古轻工业学校郭晓洁、罗桂江编写第一、二章；湖北省轻工业学校孙晖编写第三、四章，张安全编写第十、十一章；广东省轻工业学校林贤浪编写第五、八章；贵州省轻工业学校乔治群编写第六、七、九章。

全书由广州轻工业学校钟耀南主审。

由于我们水平有限，书中难免存在缺点或错误，请读者给予指正。

目 录

第一章 轻化工设备的材料	(1)
第一节 轻化工设备材料的基本要求.....	(1)
第二节 轻化工设备材料的选择.....	(5)
第二章 容器设计	(18)
第一节 概述	(18)
第二节 容器设计的理论基础	(22)
第三节 薄壁内压容器的设计	(33)
第四节 外压容器设计	(51)
第五节 容器附件的设计与选择	(67)
第六节 容器设计计算举例	(90)
第七节 压力容器设计的进展	(98)
第三章 换热器设计	(101)
第一节 概述.....	(101)
第二节 列管式换热器的结构.....	(101)
第三节 波形膨胀节的计算.....	(116)
第四节 管板的强度计算.....	(126)
第五节 列管式换热器机械计算举例.....	(144)
第六节 其它型式换热器.....	(159)
第七节 蒸发器的计算.....	(167)
第四章 塔设备	(171)
第一节 概述.....	(171)
第二节 板式塔结构.....	(172)
第三节 填料塔结构.....	(179)
第四节 塔设备主要零部件的设计计算.....	(187)
第五章 搅拌装置及反应釜	(201)
第一节 搅拌装置.....	(201)
第二节 反应釜.....	(212)
第六章 干燥设备	(225)
第一节 干燥设备的种类.....	(225)
第二节 转筒式干燥设备.....	(231)
第七章 过滤机械	(247)
第一节 概述.....	(247)
第二节 板框式过滤机.....	(254)

第三节	真空过滤机	(260)
第八章	离心机	(271)
第一节	概述	(271)
第二节	离心机的结构及选择	(276)
第三节	离心机功率计算	(299)
第四节	离心机主要零部件的结构与计算	(303)
第九章	粉碎机械	(320)
第一节	概述	(320)
第二节	颚式破碎机	(327)
第三节	锤式破碎机	(341)
第四节	辊式破碎机	(346)
第五节	球磨机	(352)
第六节	超细磨设备	(359)
第十章	输送机械	(367)
第一节	带式输送机	(367)
第二节	板式输送机	(384)
第三节	滚柱式输送机	(389)
第四节	斗式提升机	(397)
第五节	螺旋输送机	(404)
第六节	振动输送机	(410)
第十一章	气力输送	(416)
第一节	概述	(416)
第二节	气力输送装置的主要部件	(419)
第三节	气力输送装置的设计计算	(432)
第四节	设计计算举例	(438)
第五节	推动输送及空气输送槽	(445)
参考文献		(450)

第一章 轻化工设备的材料

第一节 轻化工设备材料的基本要求

轻工业特点是行业多,加工材料性质多样,故所需机械设备种类亦繁多。轻工机械大体可分为三大类,即轻化工机械、轻工自动机和金属切削机床。其中轻化工机械在整个轻工机械设备中所占的比重最大,而这类设备中又以压力容器为多。由于品种多、工作条件差异很大,在轻化工设备设计过程中正确地选择材料很重要。故首先应了解轻化工设备材料的基本要求。

一、实际操作条件的要求

设计、制造出的机械设备,首先应满足工艺要求,即在实际操作条件下能安全正常地工作。实际操作条件是指压力、温度、外部负载、介质腐蚀性能、介质对材料的脆化作用和毒性等。设计者首先应考虑操作条件的不同而合理地选择机械设备的材料。

二、设计时指定寿命内安全工作的要求

通过对机械设备主要零部件工作条件(对轻化工设备重点是腐蚀的影响)和失效形式的全面分析,确定零部件使用性能的要求,如强度、韧性、耐腐蚀和耐磨性等;同时还要根据零件的几何尺寸和形状、工作中所承受载荷,计算出零件应力大小及分布。最后根据工作应力、腐蚀情况等选择材料,即应保证在设计时指定寿命内能安全工作。

三、影响材料性能的各种因素

制造轻化工设备的主要材料是碳素钢。机械设备的设计者首先应了解影响材料性能(物理性能、力学性能)的各种因素,以便正确合理地选择材料。下面简单介绍合金元素、制造工艺、操作温度和介质腐蚀等对钢各种性能的影响。

(一) 合金元素对钢的影响

为了提高钢的力学性能,必须在钢中添加一些合金元素,其中最主要的有锰、硅、铬、镍、钼、钒、铝和铜等。

1. 锰

一般碳钢含锰量为0.3%~0.5%,若在碳钢中加入0.7%~1.8%的锰时则称为锰钢。锰具有很好的脱氧能力,可降低钢的脆性,提高钢的强度和奥氏体钢的组织稳定性并细化组织,提高钢的韧性和耐腐蚀性。

2. 硅

通常钢中硅含量在0.2%~0.3%范围内,若钢中硅的含量超过0.5%时,则认为硅是作为特殊的合金元素加入的。硅比锰脱氧作用更强。硅大部分溶于铁素体中,因此能

提高钢的强度、耐蚀性和耐热性，但含量过高会影响钢的韧性和可焊性。

3. 铬

铬能提高钢的强度、硬度、耐磨性和耐腐蚀性。铬是决定不锈钢耐腐蚀性能的主要元素，钢中铬含量愈高，其抗腐蚀性能愈好。通常不锈钢中的铬含量高于13%。

4. 镍

镍使钢具有很高的强度、塑性和韧性。当镍含量少于20%时，其强度随镍含量增高而增加，塑性随镍含量增高而降低。当镍含量高于20%时，强度逐渐降低，但塑性提高。镍能提高钢的抗疲劳性能，并能提高对大气、海水、酸、碱、盐等的耐腐蚀性能。镍对钢的耐腐蚀性能的影响，通常是与铬配合时才能充分地表现出来。故在腐蚀条件下工作的压力容器以及需保持被处理物质不变质的贮槽（贮罐），均选用铬镍钢制造。

5. 钼

钼主要使钢提高耐热性和高温力学性能。在锰、铬等钢中加入钼，能防止和减少钢的回火脆性，提高冲击韧性。在不锈钢中加入钼后能进一步提高钢对有机酸、过氧化氢、亚硫酸、硫酸、漂白粉等的耐腐蚀性能。

因此钼钢（一般和铬配合使用），适合高温高压容器的受力部件。

6. 钛

钛是最好的脱氧剂和除气剂。在碳钢和低合金钢中加入钛，能提高持久极限和蠕变极限。含铬量4%~6%的铬钢中加入钛后，能提高高温时的抗氧化性能。不锈钢中加入钛，可提高钢的耐腐蚀性能和韧性。在锰钢中加入少量的钛，能提高钢的力学性能，特别是屈服极限。

7. 钒

钒在钢中的主要作用是细化晶粒，提高钢的强度和韧性。

（二）制造工艺对钢的影响

轻工业设备中，大部分是压力容器，其制造加工方法系借外力作用，使金属材料塑性变形，产生一定的尺寸、形状和力学性能的零件或毛坯。这种制造工艺对钢的性能会有影响。

1. 形变硬化

采用压力加工方法制造容器时，若施加外力高于材料弹性极限后卸载，会出现残余应变。对于碳素钢，如果有残余应变，再承受外载时，其比例极限和屈服强度升得更高，强度极限也有所提高。这种现象称为“形变硬化”。

2. 焊接

压力容器是由筒体、封头、接管、支座等焊接而成。选择容器材料时，可焊性是决定因素。可焊性是指在焊接条件下获得满足设计要求的优质焊缝的可能性。

对裂纹的敏感性和对金属缺陷的敏感性是焊接的两个主要的材料质量指标，同时也是衡量钢材是否可焊的性能指标。一般可焊性的衡量分五级，即可焊性能很好，可焊性良好，可焊性合格，可焊性不太好，可焊性低劣。

含碳量低于0.28%的碳素钢，可焊性能很好，可以用各种焊接方法和工艺获得优质的焊缝接头，能够作到焊缝接头的金属性能接近母材性能。含碳量大于0.28%的碳

素钢和合金钢，其焊接性能就差很多，经常在焊缝中出现气孔或在焊缝热影响区产生裂纹等缺陷。此外，焊接对钢的耐腐蚀性能有不良影响，故在选择材料和焊接工艺等方面应注意焊接对钢机械性能的影响。

(三) 腐蚀

压力容器使用时，有时与腐蚀性介质如酸、碱、盐、有机酸和腐蚀性气体等相接触，这些介质会腐蚀容器材料，使容器使用寿命大大缩短，同时高温高压还会加速其腐蚀速率。

金属材料的腐蚀形式分为均匀腐蚀和局部腐蚀两种。其中局部腐蚀又分为区域腐蚀、点腐蚀和晶间腐蚀等。

均匀腐蚀的特征是在腐蚀介质作用下，金属整个表面腐蚀均匀，结果只是壁厚减薄，对金属材料的力学性能影响不大，在设计时如计算壁厚考虑腐蚀裕量即可。均匀腐蚀一般用腐蚀速率，即每年腐蚀深度（用 mm/a 表示）来衡量。均匀腐蚀速率取决于腐蚀介质的性质、浓度、流速和温度等因素。一般认为腐蚀速率 $K_s < 0.1 \text{ mm/a}$ 者为耐腐蚀性良好的材料； $K_s = (0.1 \sim 1) \text{ mm/a}$ 者为可使用的材料； $K_s > 1 \text{ mm/a}$ 者，对于重要容器不宜采用。

防止均匀腐蚀的方法是选择适当的耐腐蚀材料，改变介质因素，采用防腐涂层或电化学保护措施。

局部腐蚀是金属表面上个别地方出现腐蚀。其破坏形式是出现麻点、局部穿孔、组织变脆等。因为不像均匀腐蚀那样壁厚逐渐减薄，而是突然破坏，故无法用均匀腐蚀速率判断材料的耐蚀性。防止局部腐蚀应视其腐蚀性质和条件采取相应措施。

晶间腐蚀主要出现在奥氏体不锈钢中，这种腐蚀使晶粒间结合力差，丧失强度而导致断裂。防止晶间腐蚀的措施是降低钢的含碳量，一般控制在 0.05% 左右，另外可添加能形成稳定碳化物的元素如钛、铌等。

应力腐蚀开裂是由应力和介质腐蚀联合作用的结果。即在金属表面，静载荷和残余应力引起的拉应力因腐蚀作用而超过材料的屈服极限，经过连续暴露以后，局部应力增高，最后导致金属破坏。防止应力腐蚀开裂的措施有：①减少作用载荷或残余应力，降低应力集中，如从结构上改进或使焊缝接头光滑等；②改变介质条件，以减少或消除腐蚀性；③选择合适的材料，如抗应力腐蚀开裂的材料（含硅钢、高镍奥氏体钢、复合钢板）等；④尽量避免或减少易引起残余拉伸应力的任何机械加工、装配或焊接工序，并采取措施使表面产生压缩应力。

(四) 温度对钢力学性能的影响

温度对压力容器用钢材性能的影响是很复杂的。压力容器的操作温度范围很广，一般分为低温、常温和高温容器，各对材料有不同要求。

1. 低温容器的要求

我国规定，低温容器是指在温度低于 -20°C 情况下工作的容器。选择低温容器用钢材时，主要应考虑材料低温脆性断裂，要求在低温下，材料仍具有良好的韧性。目前常用办法是尽量降低材料含碳量，提高锰与碳的比值，使 $\text{Mn/C} > 10$ ，并严格控制磷硫杂质，不超过 0.04%；添加细化晶粒元素如铝、钒、钛和稀土等。

2. 常温容器的要求

常温压力容器选材时，要保证常温使用寿命和避免在制造或水压试验过程中产生脆性断裂。

3. 高温容器的要求

在高温条件下工作的压力容器，其材料的选择主要考虑强度和金相组织的稳定性。

在高温条件下工作，温度对钢强度有很大影响，随着温度升高，强度极限、屈服极限均下降。此外，各种不同的钢在温度超过某一值时，强度随时间的增加而下降，这种情况与常温下是不同的。此时长时间高温条件下的强度，即用蠕变极限和持久极限来衡量材料的高温性能。蠕变是指金属在一定温度和一定外应力作用下，随时间的增加慢慢地产生塑性变形的现象。蠕变极限是指金属在一定温度下产生一定变形速度或一定总伸长量时的应力；持久极限是指钢材在某一操作温度下，经过规定的时间产生断裂的应力。持久极限是重要的强度指标，是压力容器等保证在使用期间内不产生断裂的主要依据。

总之，钢和合金在高温下，它的金相组织将受到多种形式损坏，力学性能、耐热和耐腐蚀性能均会下降，特别是塑性和韧性变化尤为明显。故在选择高温容器用材时，如碳素钢和低合金钢的设计温度高于 420°C 、奥氏体不锈钢高于 550°C ，即应考虑所选钢材在整个使用期间内具有相对的组织稳定性。

(五) 钢材的力学性能要求

在选择压力容器用钢材时，必须考虑力学性能要求，即具有较高的强度，良好的塑性、韧性和冷弯性能。

强度主要包括屈服强度（屈服点 σ_s ）、抗拉强度（强度极限 σ_b ）和屈强比（ $\gamma = \sigma_s / \sigma_b$ ）。常温容器用钢材的强度，主要是常温强度。若操作温度高于 400°C ，普通碳钢或低合金钢还应考虑钢的蠕变现象和持久强度。

屈服极限和强度极限是决定钢材许用应力的基本依据。钢材强度高，容器壁厚可以减小，从而节约金属，但高强度材料，一般塑性和韧性都低，制造较困难，且成本高。故应根据容器具体操作条件和技术经济综合指标选择适当的钢种。

屈服极限与强度极限之比称为屈强比，屈强比是表征材料承受外载能力裕度的指标，其值随材料热处理规范及工作温度不同而各异，对压力容器选材和确定许用应力很重要。

塑性是钢材的一个重要特性，衡量塑性大小的主要指标是伸长率 δ ，它与制造过程中的冷加工和焊接密切相关。延伸率太低，冷加工（冲压、剪切、冷卷等）和焊接时可能产生裂纹，使用时容器塑性储备的安全性降低。因此压力容器用钢材，其伸长率 δ_5 不得低于 14%。

韧性亦是钢材力学性能的主要指标，通常用冲击试验来测定，即冲击韧度 α 。选择压力容器用钢材时，其韧性应根据容器的设计参数、结构形式和制造条件等来决定。例如从制造角度来考虑，常温压力容器要求横向梅氏冲击值不低于 $(5 \sim 6) \times 10^5 \text{N} \cdot \text{m} / \text{m}^2$ 。

容器用钢一般还需做冷弯试验，要求在冷状态下做 180° 的弯曲试验，厚度不大于

2mm 的钢板弯至两面接触；大于 2mm 的钢板垫上厚度相同的垫板，弯曲处不得有裂纹、裂口和分层。

第二节 轻化工设备材料的选择

一、压力容器常用钢材

(一) 碳素钢

压力容器用碳素钢一般是含磷、硫杂质少、塑性好，可焊性能好和抗冷脆性能高的钢，这些钢的含碳量在 0.1%~0.3% 之间，强度极限为 300~500MPa，屈服强度为 210~300MPa。为使钢材具有较好的韧性，一般要求常温时冲击韧度不低于 $(5\sim6) \times 10^6 \text{N}\cdot\text{m}/\text{m}^2$ ，低温时 (-40°C) 不低于 $3.5 \times 10^5 \text{N}\cdot\text{m}/\text{m}^2$ (梅氏试样) 或 $2.6 \times 10^5 \text{N}\cdot\text{m}/\text{m}^2$ (却贝试样)。压力容器用碳素钢钢板主要有：Q235-A·F，Q235-A，Q235-B，Q235-C，20R 和 16Mn 钢 (表 1-1)；碳素钢锻件有：20，25，35 和 45 钢 (表 1-2)；碳素钢钢管有：10 和 20 钢 (表 1-3)；碳素钢螺栓材料有：Q235-A，35，40，40Mn (表 1-4) Q235A·F 和 Q235-A 钢是最便宜的碳素钢，可焊性能很好，一般用于常、低压贮槽和容器壳体，容器支座。

优质碳素钢 20R 碳含量较低，塑性较高，可焊性能良好，低温脆性倾向小，缺口韧性较高，强度也较高，是压力容器用碳素钢中使用最多的钢种，主要用于低压容器壳体、管件、法兰等。

碳素钢钢板的力学性能见表 1-1，锻件的力学性能见表 1-2，钢管和螺栓的力学性能见表 1-3 和表 1-4。

(二) 低合金钢

普通低合金钢是在碳素钢的基础上加入一定量合金元素 (主要是 Mn) 制成的。这些钢都是低碳钢，平均碳含量为 0.09%~0.18%，一般不超过 0.2%，锰含量一般在 0.7%~1.8% 之间。有时为了提高钢的强度和韧性，改善淬透性，还加入少量的钒、钛、铌、钼和硼等元素。压力容器常用的普通低合金钢板有：16Mn，16MnR，15MnVR，18MnMoNbR，14MnMoVG，12CrMo，15CrMo 等。

选择压力容器用普通低合金钢时，首先要考虑机械强度、塑性、可焊性及低温脆性等。一般中、低压容器选用 16Mn、16MnR 居多。大型球罐、压力参数较高的中压装置的壳体一般采用 15MnVR 等，高压容器选用 14MnMoVG、14MnMoNb 和 14MnMoB 等。

常用低合金钢板机械性能见表 1-1，低合金钢锻件力学性能见表 1-2。

(三) 高合金钢

压力容器用高合金钢主要是不锈钢。选用不锈钢时，必须根据具体操作条件，同时应考虑节约的原则。若容器内装有强腐蚀性介质，容器材料尽量选用无镍和铬或少铬的新型钢种 (含 Si、Al、V、Mo 等元素钢)。当要求耐大气腐蚀和海水腐蚀时，可采用含铜的普通低合金钢，如 16MnCu、15MnVCu 代替不锈钢。对于中温 (低于 500°C) 用钢，可以采用含钼或铝的中、高强度钢代替 Cr-Mo 钢；大型球形容器可用铝合金代替

表 1-1

钢板许用应力

钢号	钢板标准	使用状态	厚度 /mm	常温强度指标		在下列温度(°C)下的许用应力/MPa													注							
				σ_b /MPa	σ_s /MPa	≤20	100	150	200	250	300	350	400	425	450	475	500	525		550	575	600				
				碳素钢板																						
Q235-A·F	GB 912	热轧	3~4	375	235	113	113	113	105	94	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	GB 3274					113	113	113	105	94	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Q235-A	GB 912	热轧	3~4	375	235	113	113	113	105	94	86	77	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	GB 3274					113	113	113	105	94	86	77	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Q235-B	GB 912	热轧	3~4	375	235	113	113	107	99	91	83	75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	GB 3274					113	113	113	105	94	86	77	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Q235-C	GB 912	热轧	3~4	375	235	113	113	125	125	116	104	95	86	79	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	GB 3274					113	113	113	105	94	86	77	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20R	GB 6654	热轧,正火	6~16	400	245	133	133	132	123	110	101	92	86	83	77	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	GB 6654					133	133	132	126	116	104	95	86	79	78	61	41	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16MnR	GB 6654	热轧,正火	6~16	510	345	170	170	170	170	156	144	134	125	93	66	43	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	GB 6654					163	163	159	147	134	125	119	93	66	43	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			>16~36	490	325	163	163	157	150	138	125	116	109	93	66	43	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
			>36~60	470	305	157	157	157	150	138	125	116	109	93	66	43	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

低合金钢板

16MnR	GB 6654	热轧, 正火	>60~100	460	285	153	153	150	141	128	116	109	103	93	66	43	—	—	—	—
			>100~120	450	275	150	150	147	138	125	113	106	100	93	66	43	—	—	—	—
15MnVR	GB 6654	热轧, 正火	6~8	550	390	183	183	183	183	183	172	159	147	—	—	—	—	—	—	2)
			6~16	530	390	177	177	177	177	177	172	159	147	—	—	—	—	—	—	—
			>16~36	510	370	170	170	170	170	170	163	150	138	—	—	—	—	—	—	—
			>36~60	490	350	163	163	163	163	163	153	141	131	—	—	—	—	—	—	—
15MnVNR	GB 6654	正火	6~16	570	440	190	190	190	190	190	190	175	163	—	—	—	—	—	—	—
			>16~36	550	420	183	183	183	183	183	183	169	156	—	—	—	—	—	—	—
			>36~60	530	400	177	177	177	177	177	172	159	147	—	—	—	—	—	—	—
18MnMoNbR	GB 6654	正火加回 火	30~60	590	440	197	197	197	197	197	197	197	197	197	177	117	—	—	—	—
			>16~100	570	410	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	177	117	—	—	—
13MnNiMoNbR	GB 6654	正火加回 火	30~100	570	390	190	190	190	190	190	190	190	190	190	—	—	—	—	—	—
			>100~120	570	380	190	190	190	190	190	190	190	188	—	—	—	—	—	—	—
07MnCrMoVR		调质	16~50	610	490	203	203	203	203	203	203	203	203	—	—	—	—	—	—	3)
16MnDR	GB 3531	正火	6~16	490	315	163	163	163	156	144	131	122	—	—	—	—	—	—	—	—
			>16~36	470	295	157	157	156	147	134	122	113	—	—	—	—	—	—	—	—
			>36~60	450	275	150	150	147	138	125	113	106	—	—	—	—	—	—	—	—
			>60~100	450	255	150	147	138	128	116	106	100	—	—	—	—	—	—	—	—
07MnNiCrMoVDR		调质	16~50	610	490	203	203	203	203	203	203	203	203	—	—	—	—	—	—	3)

续表

钢号	钢板标准	使用状态	厚度 /mm	常温强度指标		在下列温度(°C)下的许用应力/MPa													注				
				σ_b /MPa	σ_s /MPa	≤20	100	150	200	250	300	350	400	425	450	475	500	525		550	575	600	
低合金钢板																							
15MnNiDR	GB 3531	正火, 正火加回火	6~16	490	325	163	163	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
			>16~36	470	305	157	157	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
09Mn2VDR	GB 3531	正火, 正火加回火	6~16	440	290	147	147	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
			>16~36	430	270	143	143	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
09MnNiDR	GB 3531	正火, 正火加回火	6~16	440	300	147	147	147	147	147	147	147	138	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
			>16~36	430	280	143	143	143	143	143	143	143	138	128	—	—	—	—	—	—	—	—	—
15CrMoR	GB 6654	正火加回火	6~60	450	295	150	150	150	150	150	150	141	131	125	118	115	112	110	88	58	37	—	
			>60~100	450	275	150	150	147	138	131	123	116	110	107	104	103	88	58	37	—	—	—	—
14CrMoR	—	正火加回火	16~120	515	310	172	172	169	159	153	144	138	131	127	122	116	88	58	37	—	—	3)	
在下列温度(°C)下的许用应力, MPa																							
钢号	钢板标准	使用状态	厚度 /mm																				注
				≤20	100	150	200	250	300	350	400	425	450	475	500	525	550	575	600	625	650	675	
高合金钢板																							
0Cr13A1	GB 4237	退火	2~15	118	105	101	100	99	97	95	90	87	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
0Cr13	GB 4237	退火	2~60	137	126	123	120	119	117	112	109	105	100	89	72	53	38	26	16	—	—	—	
0Cr18Ni9	GB 4237	固溶	2~60	137	137	137	130	122	114	111	107	105	103	101	100	98	91	79	64	52	42	32	27
				137	114	103	96	90	85	82	79	78	76	75	74	73	71	67	62	52	42	32	27
0Cr18Ni10Ti	GB 4237	固溶, 稳定化	2~60	137	137	137	130	122	114	111	108	106	105	104	103	101	83	58	44	33	25	18	13
				137	114	103	96	90	85	82	80	79	78	77	76	75	74	58	44	33	25	18	13

高合金钢钢板

0Cr17Ni12Mo2	GB 4237	固溶	2~60	137	137	137	134	125	118	113	111	110	109	108	107	106	105	96	81	65	50	38	30	4)
0Cr18Ni12Mo2Ti	GB 4237	固溶	2~60	137	117	107	99	93	87	84	82	81	81	80	79	78	76	73	65	50	38	30		
0Cr19Ni13Mo3	GB 4237	固溶	2~60	137	137	137	134	125	118	113	111	110	109	108	107	106	105	96	81	65	50	38	30	4)
00Cr19Ni10	GB 4237	固溶	2~60	137	117	107	99	93	87	84	82	81	81	80	79	78	76	73	65	50	38	30		
00Cr17Ni14Mo2	GB 4237	固溶	2~60	118	118	118	110	103	98	94	91	89	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4)
00Cr19Ni13Mo3	GB 4237	固溶	2~60	118	97	87	81	76	73	69	67	66	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
				118	118	117	108	100	95	90	86	85	84	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4)
				118	97	87	80	74	70	67	64	63	62	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
				118	118	118	118	118	118	113	111	110	109	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4)
00Cr18Ni5Mo3Si2	GB 4237	固溶	2~25	118	117	107	99	93	87	84	82	81	81	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
				197	197	190	173	167	163	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	

注: 中间温度的许用应力, 可按本表的数值用内插法求得。

- 1) 所列许用应力, 已乘质量系数 0.9。
- 2) 该行许用应力仅适用于多层包扎压力容器壳的层板。
- 3) 该钢板技术要求见附录 A(标准的附录)。
- 4) 该行许用应力仅适用于允许产生微量永久变形之元件, 对于法兰或其他有微量永久变形就引起泄漏或故障的场合不能采用。

表 1-2

锻件许用应力

钢号	锻件标准	公称厚度 /mm	常温强度指标		在下列温度(°C)下的许用应力/MPa													注
			σ_b /MPa	σ_s /MPa														
					≤20	100	150	200	250	300	350	400	425	450	475	500	525	
碳素钢锻件																		
20	JB 4726	≤100	370	215	123	119	113	104	95	86	79	74	72	61	41	—	—	—
35	JB 4726	≤100	510	265	166	147	141	129	116	108	98	92	85	61	41	—	—	—
		>100~300	490	255	159	144	138	126	113	104	95	89	85	61	41	—	—	—
低合金钢锻件																		
16Mn	JB 4726	≤300	450	275	150	150	147	135	129	116	110	104	93	66	43	—	—	—
15MnV	JB 4726	≤300	470	315	157	157	157	156	147	135	126	113	—	—	—	—	—	—
20MnMo	JB 4726	≤300	530	370	177	177	177	177	177	177	171	163	156	131	84	49	—	—
		>300~500	510	355	170	170	170	170	170	169	163	153	147	131	84	49	—	—
		>500~700	490	340	163	163	163	163	163	163	159	150	144	131	84	49	—	—
20MnMoNb	JB 4726	≤300	620	470	207	207	207	207	207	207	207	207	207	177	117	—	—	—
		>300~500	610	460	203	203	203	203	203	203	203	203	203	177	117	—	—	—
16MnD	JB 4727	≤300	450	275	150	150	147	135	129	116	110	—	—	—	—	—	—	—
09Mn2VD	JB 4727	≤200	420	260	140	140	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
09MnNiD	JB 4727	≤300	420	260	140	140	140	140	134	128	119	—	—	—	—	—	—	—
16MnMoD	JB 4727	<300	510	355	170	170	170	170	170	169	163	—	—	—	—	—	—	—
20MnMoD	JB 4727	≤300	530	370	177	177	177	177	177	177	171	—	—	—	—	—	—	—
		>300~500	510	355	170	170	170	170	170	169	163	—	—	—	—	—	—	—
		>500~700	490	340	163	163	163	163	163	163	159	—	—	—	—	—	—	—
08MnNiCrMoVD	JB 4727	≤300	600	480	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200

钢号	JB 4727	公称厚度 /mm	在下列温度(℃)下的许用应力, MPa																注				
			≤20	100	150	200	250	300	350	400	425	450	475	500	525	550	575	600		625	650	675	700
			≤300	440	610	490	203	203	203	203	203	203	203	203	203	203	203	203		203	203	203	203
10Ni3M6VD	JB 4727	≤300	610	490	203	203	203	203	203	203	203	203	203	203	203	203	203	203	203	203	203	203	—
15CrM6	JB 4726	≤300	440	275	147	147	147	147	147	147	147	147	147	147	147	147	147	147	147	147	147	147	—
		>300~500	430	255	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143
35CrM6	JB 4726	≤300	620	440	207	207	207	207	207	207	207	207	207	207	207	207	207	207	207	207	207	207	—
		>300~500	610	430	203	203	203	203	203	203	203	203	203	203	203	203	203	203	203	203	203	203	203
12Cr1M6V	JB 4726	≤300	440	255	147	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	—
12Cr2M61	JB 4726	>300~500	430	245	143	141	141	141	141	141	141	141	141	141	141	141	141	141	141	141	141	141	—
		≤300	510	310	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170
1Cr5M6	JB 4726	≤500	590	390	197	197	197	197	197	197	197	197	197	197	197	197	197	197	197	197	197	197	—

合金钢锻件

0Cr13	JB 4728	≤100	137	126	123	120	119	117	112	109	105	100	89	72	53	38	26	16	—	—	—	—	—
0Cr18Ni9	JB 4728	≤200	137	137	137	130	122	114	111	107	105	103	101	100	98	91	79	64	52	42	32	27	2)
			137	114	103	96	90	85	82	79	78	76	75	74	73	71	67	62	52	42	32	27	—
0Cr18Ni10Ti	JB 4728	≤200	137	137	137	130	122	114	111	108	106	105	104	103	101	83	58	44	33	25	18	13	2)
			137	114	103	96	90	85	82	80	79	78	77	76	75	74	58	44	33	25	18	13	—