

上册

压力容器与化工设备 实用手册

董大勤 袁凤隐 编

化学工业出版社

压力容器与化工设备实用手册

上 册

董大勤 袁凤隐 编

化 学 工 业 出 版 社

· 北 京 ·

(京)新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

压力容器与化工设备实用手册. 上册/董大勤 袁凤隐编.
北京: 化学工业出版社, 2000. 3
ISBN 7-5025-2708-7

I. 压… II. 董… III. ①压力容器-手册②化工设备-手册
IV. ①TH49-62②TQ05-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 50695 号

压力容器与化工设备实用手册

上 册

董大勤 袁凤隐 编

责任编辑: 谢丰毅

责任校对: 蒋 宇

封面设计: 郑小红

*

化学工业出版社出版发行

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

化学工业出版社印刷厂印刷

三河市东柳装订厂装订

开本 787×1092 毫米 1/16 印张 49¼ 字数 1176 千字

2000 年 3 月第 1 版 2000 年 3 月北京第 1 次印刷

印数: 1—4000

ISBN 7-5025-2708-7/TH·60

定 价: 94.00 元

版板所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

出版说明

当今化工设备设计工作者所需的化工设备结构设计实用的手册类书籍比较少，而且已有的手册和书籍所列标准和取材多较为陈旧。为适应化学工业和石油化学工业蓬勃发展和广大化工设备设计工作者的需要，我们组织编写了《压力容器与化工设备实用手册》。

本书分上、下两册出版。上册为压力容器部分，主要包括：压力容器主要受压元件及标准件的结构、尺寸和技术条件；压力容器常用的焊接材料与焊接结构。下册主要为塔设备及搅拌器，包括：塔设备和搅拌器零部件的结构设计和机械计算，以及有关的化学工程基础知识；化工设备常用零部件的外购标准件。

压力容器及化工设备包括内容甚广，本《手册》仅选其中常用的，且新资料较多的部分编入。对那些国内标准内容很详细的设备如“换热器”等读者可另行查阅，本《手册》则未编入。

本《手册》在编纂过程中作了大量归纳整理与收集工作，如第1篇的压力容器不是简单地把标准引入，而是将同类型的内容归纳整理于一处，便于查阅并节省了较多篇幅；又如第2、3篇收集了一定量的国外新资料，整理后编入，这些对设计者均是极为有用，且不易找到的资料。

编 者 的 话 (上册)

本书为《压力容器及化工设备手册》一书的上册,即第1篇压力容器与材料。

众所周知,压力容器专用的及其相关的标准很多,据统计截至1998年底,其数量有近200种,累计字数约400万,其中压力容器专用标准(如GB150、GB151等)大多单册出版,而众多的压力容器相关标准则以标准汇编的形式提供给读者。对于压力容器专业设计院来说,备齐这些标准无疑是十分必要的,但是对于那些从事压力容器经营、制造、管理、维护、检验人员来说,要求备齐这些标准(大型企业除外)可能较为困难。即便对专业设计人员来说,当他们在现场指导工作时,携带众多设计标准也甚为不便。为此编写一本既有足够的资料可供查阅,又对标准的应用有所说明的轻便手册实属必要。要编写这样一本手册,编者认为应处理好以下三个问题。

一、既要篇幅小又要囊括多种标准

解决这个矛盾编者采用了四种方法。

1. 手册范围要限定 本《手册》所编选的资料主要限于 $p \leq 6.4\text{MPa}$ 的单层压力容器,读者对象是具有中专以上文化程度,从事压力容器设计、制造、经营、管理、维修、检验的人员。

2. 资料内容要精选 所谓精选主要是:(1)强化针对性,对所摘选的资料都要有明确目的和用途;(2)恰当处理资料的“全”与“精”,不盲目求全,但要使资料够用,不使篇幅过度压缩而影响使用;(3)资料查选和使用频率的高低是对其取舍的重要依据,对高使用频率的资料严防遗漏,对使用频率较低的资料进行反复筛选;(4)对不同性质的资料区别对待,该取的取,该舍的舍。

3. 部分标准的重组 有些确定摘选的资料只占标准中很小的比例,而这类资料却分散于多个标准之中,它们性质相同,内容各异(如钢材、焊材),这种情况,则“以标准为依据,以资料为中心”,重新组合标准所提供的资料和数据。

4. 重复数据的归并 有些标准(如法兰、人孔、手孔)表格虽多,但其中重复的数据量很大,如果改变表格的编排方式,减少或消除重复的数据,则不但可以较大幅度地压缩篇幅,而且通过对数据的分析、归纳、对比还可以突现出某些规律性的东西,这将有利于对标准的理解。

二、要增补一些具有实用价值,但在现行标准未编入的内容

这方面有以下两种情况。

1. 现行某些标准中为了精干,有些数据未给出,而指出到某标准中去查找。例如在人、手孔标准中未给出密封面尺寸,需要时可从该人、手孔标准所依据的相应法兰标准中去查找;又如容器法兰标准中的凹凸密封面和榫槽密封面,给出公差带代号(如H12、h12等),未给出具体的公差带极限尺寸。类似上述问题本《手册》均做了相应的补充,给出了具体数据,方便了读者查找。

2. 有些标准给了计算方法和所需数据,这对专业设计者已足够。但是对于从事压力容器管理、经营、使用、维修、检验人员来说,他们碰到的问题往往是需要对尚在审议的设备提

前得到其尺寸、重量数据,以便估算设备造价;或者是需要对定期检验的在用压力容器判定其安全状况等级。为了便于处理这类问题,本《手册》通过计算提供了承受内外压壳体(含各种形式封头)计算厚度和许可压力的系列值,这些数据按容器材料和工作条件的不同分别编入 288 张表中(详见本书第二章)。应该说明,专业设计人员在确定容器壳体和封头壁厚时,仍需进行计算,本《手册》所提供的数据因为不属于正式标准,只能作为设计参考,并接受设计实践检验。

三、要对资料的摘编和应用作如下必要的说明

1. 压力容器标准涉及的专业学科较多,可能有部分手册的使用者对其中的某些专业不甚熟悉,所以在摘编资料的同时,介绍一些与选用资料有关的基础知识。

2. 本《手册》在编选资料过程中,对一些标准进行了重组或归并。为此,对重组的原则,归并的方法,选定资料的用途与查用方法等,均向读者作出了说明。

3. 对本《手册》自编的资料,凡是公式(如各种封头坯料直径,成品容积、表面积、重量等计算公式)均讲明其来源,凡是数据都给出其计算依据与过程。

4. 当编者对个别标准中的数据产生疑问并予以变动时(如以外径为公称直径的椭圆形封头重量),均给出论证依据,并不再使用原标准的标准号。对所摘引标准的某些内容编者如有不同意见或建议,也均作了说明,但所引用的内容不作变动(如 HGJ 管法兰标准停止使用后的 HG—95 人、手孔标准)。

上面所谈到的应处理好的三个问题,也可以说是本《手册》压力容器部分编写的指导思想。至于这本《手册》能否达到编者的预期效果,所编选的资料是否符合使用的需要,这都有待实践的检验。编者恳切地期望得到读者的批评与指正。

本《手册》上册的第 1、2、3 章由董大勤编写;第 4 章由袁凤隐编写。上册最后由董大勤统一整理。在上册编写中沈鹏飞、宋福麟、朱萍、薛松柏等同志给予了大力协助和支持在此编者一并表示感谢。

编 者

1999 年 8 月

《压力容器与化工设备实用手册》总目录

上 册

第 1 篇 压力容器与材料	1
第 1 章 金属材料	1
第 2 章 压力容器壳体与封头	170
第 3 章 压力容器标准件	463
第 4 章 焊接材料和焊接结构	683

下 册

第 2 篇 塔设备	1
第 1 章 概述	1
第 2 章 塔设备的机械计算	4
第 3 章 塔设备的振动与防振	44
第 4 章 塔设备通用零部件	55
第 5 章 板式塔塔盘	91
第 6 章 填料塔	152
第 3 篇 搅拌设备	213
第 1 章 搅拌器类型	213
第 2 章 搅拌功率计算	241
第 3 章 搅拌器强度计算	262
第 4 章 搅拌轴机械计算	280
第 5 章 搅拌机的传动装置	301
第 6 章 搅拌容器的传热结构及强度计算	379
第 4 篇 外购标准件	407
第 1 章 液面计	407
第 2 章 视镜	452
第 3 章 放料阀	455
第 4 章 丝网除沫器	471

压力容器与化工设备实用手册 上册

目 录

第 1 篇 压力容器与材料

第 1 章 金属材料	1
1.1 钢板	1
1.1.1 碳素钢钢板	1
1.1.2 压力容器用碳素钢和低合金钢钢板	4
1.1.3 低温压力容器用低合金钢钢板	7
1.1.4 压力容器用高合金钢钢板	9
1.1.5 焊接气瓶用钢板	11
1.1.6 锅炉用碳素钢和低合金钢钢板	12
1.1.7 钢板的验收	13
1.1.8 钢板的尺寸与重量	15
1.1.9 不锈钢复合钢板	21
1.2 钢管	23
1.2.1 有缝钢管	23
1.2.2 无缝钢管	24
1.2.3 无缝钢管的检验与验收	34
1.2.4 钢管的许用应力	37
1.2.5 输送流体用无缝钢管的外径、壁厚系列及理论重量	37
1.3 锻件	47
1.3.1 锻件用材的分类、形状、名称与级别	47
1.3.2 锻件的化学成分和力学性能	48
1.3.3 锻件的质量要求与焊补规定	51
1.3.4 锻件的检验与验收	52
1.3.5 锻件的许用应力	53
1.4 紧固件材料及紧固件力学性能	55
1.4.1 专用级紧固件材料	55
1.4.2 商品级紧固件	61
1.5 型钢	68
1.5.1 普通低碳钢热轧圆盘条	68
1.5.2 热轧圆钢和方钢	68
1.5.3 热轧扁钢	72

1.5.4	热轧六角钢和八角钢	72
1.5.5	热轧工字钢	73
1.5.6	热轧槽钢	75
1.5.7	热轧等边角钢	77
1.5.8	热轧不等边角钢	80
1.5.9	不锈钢热轧等边角钢	80
1.6	各种牌号钢材性能与用途	87
1.6.1	碳素结构钢和优质碳素结构钢	87
1.6.2	低合金结构钢	90
1.6.3	合金结构钢和耐热钢	96
1.6.4	耐热不起皮钢	101
1.6.5	不锈钢耐酸钢、热强钢	101
1.7	铸铁	107
1.7.1	铸铁的分类	107
1.7.2	灰铸铁	107
1.7.3	球墨铸铁	109
1.7.4	可锻铸铁	113
1.7.5	耐蚀铸铁	114
1.7.6	耐热铸铁	118
1.8	铜及铜合金	121
1.8.1	加工铜	121
1.8.2	加工黄铜	122
1.8.3	青铜	127
1.8.4	白铜	130
1.8.5	铸造铜合金	130
1.8.6	热交换器用铜合金管	130
1.9	铝及铝合金	138
1.9.1	铝及铝合金分类、牌号、成分、性能及用途	138
1.9.2	铝及铝合金板	146
1.9.3	铝及铝合金管	150
1.9.4	铝及铝合金棒	153
1.9.5	铝和铝合金在压力容器上的应用	154
1.10	钛及钛合金	154
1.10.1	纯钛	154
1.10.2	钛合金	158
1.10.3	钛及钛合金板材	161
1.10.4	钛复合板	163
1.10.5	钛及钛合金管	166
1.10.6	钛材(含合金及复合材料)用于压力容器受压元件的要求	169
第2章	压力容器壳体与封头	170

2.1 圆柱形筒体	170
2.1.1 圆柱形筒体的公称直径、容积、表面积和质量	170
2.1.2 内压圆筒	171
2.1.3 外压圆筒	189
2.2 标准椭圆形封头	253
2.2.1 标准椭圆形封头的几何形状、尺寸和质量	253
2.2.2 承受内压的标准椭圆形封头	263
2.2.3 承受外压的标准椭圆形封头	275
2.3 碟形封头	291
2.3.1 碟形封头的几何形状、尺寸和质量	291
2.3.2 承受内压的碟形封头	307
2.3.3 承受外压的碟形封头	319
2.4 球冠形封头	326
2.4.1 封头的结构与质量	326
2.4.2 球冠形封头的计算厚度 (代号 SH)	332
2.4.3 带法兰的球冠形封头	375
2.5 锥形封头	376
2.5.1 锥形封头的结构型式、几何尺寸及质量	376
2.5.2 内压无折边锥形封头的计算厚度 (代号 NZH)	400
2.5.3 内压带折边锥形封头的计算厚度	404
2.5.4 外压带折边锥形封头的计算厚度	409
2.6 平板形封头	449
2.6.1 平板形封头的结构	449
2.6.2 平板形封头的计算厚度 (代号 P)	449
2.7 各种封头几何量及质量计算公式的推导	454
第3章 压力容器标准件	463
3.1 压力容器法兰	463
3.1.1 压力容器法兰的结构与类型	463
3.1.2 压力容器法兰的尺寸	463
3.1.3 压力容器法兰的最大允许工作压力	485
3.1.4 压力容器法兰的选用方法与示例	488
3.1.5 法兰的技术要求与标记	489
3.1.6 密封垫片	491
3.1.7 压力容器法兰用螺柱与螺母	496
3.2 管法兰及其连接件	501
3.2.1 管法兰	501
3.2.2 密封垫片	537
3.2.3 紧固件	551
3.2.4 选用示例	560
3.3 容器支座	562

3.3.1 鞍式支座	562
3.3.2 耳式支座	577
3.3.3 支承式支座	599
3.3.4 腿式支座	606
3.4 人孔与手孔	612
3.4.1 JB—79 人孔、手孔标准	612
3.4.2 HG—95 人、手孔标准	635
3.4.3 HGJ—86 不锈钢人、手孔标准	661
3.4.4 压力容器上开检查孔的规定	673
3.5 视镜	673
3.5.1 视镜类型	673
3.5.2 视镜尺寸、材料、标记	674
3.6 补强圈与凸缘	676
3.6.1 补强圈	676
3.6.2 凸缘	678
第4章 焊接材料和焊接结构	683
4.1 焊接材料	683
4.1.1 手工电弧焊用电焊条	683
4.1.2 焊接用钢丝	709
4.1.3 焊剂	714
4.1.4 焊接用气体	726
4.1.5 焊接材料的验收、保管与使用	728
4.2 焊接结构	730
4.2.1 有关焊接结构的几个名称	730
4.2.2 对接焊接接头	732
4.2.3 角接焊接接头和 T 型焊接接头	737
4.2.4 搭接焊接接头	740
4.2.5 焊接接头的代号标注方法	743
4.2.6 化工设备中的焊接接头	746
附录 摘自《压力容器安全技术监察规程》(99 版的有关规定)	766

第1篇 压力容器与材料

第1章 金属材料

化工设备使用的钢材品种很多,有钢板、钢管、铸锻件、各种型钢等。为控制和保证这些原材料产品的质量,国家制定了一系列标准。本手册并不准备全面地引用和介绍这些标准,因为本手册的读者不是钢材产品的生产厂家,它的服务对象是设备设计,材料采购,容器制造和管理人员,他们需要的是如何选取和使用(包括验收)这些钢材产品,所以本手册所编选的内容主要是涉及材料选用的资料。

1.1 钢板

钢板是制造化工设备的主要材料,按其轧制方法,有冷轧薄板与热轧厚板;按材料种类,有碳素钢板、低合金钢钢板、高合金钢钢板、不锈钢与碳钢或低合金钢的复合钢板以及铜、铝、钛等有色金属板;按材料用途有一般板、容器板、锅炉板、船用板等。

1.1.1 碳素钢钢板

1.1.1.1 有关标准

涉及到化工设备和压力容器上使用的碳素钢钢板,其国家标准主要有以下三个。

1. 碳素结构钢 (GB700—88)

该标准共规定了五个强度等级的钢材牌号,即 Q195、Q215、Q235、Q255 和 Q275。牌号中的 Q 是钢材屈服点“屈”字汉语拼音首位字母,后面的数字是钢材厚度小于等于 16mm 时最低屈服限的 MPa 值。

按照对钢材化学成分的控制,脱氧的程度,力学性能的检验项目和要求,钢材有 A、B、C、D 四个质量等级。其中 A 级最低、D 级最高,Q235 有四个质量等级,Q215 与 Q255 只有 A、B 两个质量等级,Q195 和 Q275 则不分质量级别。

按脱氧方式,钢材有沸腾钢、半镇静钢、镇静钢和特殊镇静钢,分别用 F、b、Z、TZ 示于钢材牌号的尾部。通常 Z 与 TZ 省略不标。

在压力容器中正式列入钢制压力容器国家标准(GB150)规定使用的材料牌号是 Q235,根据不同的质量等级,有不同的适用范围。Q215 可有条件地代用 Q235。这两种钢号的化学成分与机械性能分别列于表 1-1-1 和表 1-1-2。购置这两种钢材,用于压力容器时,必须索取材料质量证明书,证明书上的化学成分与机械性能必须符合表 1-1-1 和表 1-1-2 规定。

上述钢号的钢材不仅可轧制成钢板,还可轧制成各种型钢。

2. 优质碳素结构钢热轧厚钢板和宽钢带 (GB711—88)

该标准适用于厚度大于 4~60mm 的优质碳素结构钢热轧厚钢板和宽钢带。

标准规定了 26 种钢号的化学成分和 25 种钢号的力学性能。

沸腾钢有 05F (不提供机械性能)、08F、10F、15F、20F 共 6 个。

普通含锰量的钢板钢号为: 10、15、20、……70 共 13 个。

较高含锰量的钢号为：20Mn、25Mn……65Mn 共 7 个。

《压力容器安全技术监察规程》规定，焊制压力容器上使用的碳素钢和低合金钢，其含碳量不应大于 0.25%，据此，GB150 规定在上述 25 个钢号中，用于压力容器的只有 10、15、20 三种钢号的钢板，而且对它们的使用施加了与 Q235-B 板同样的限制。10、15、20 三个钢号钢板的化学成分和机械性能也汇总于表 1-1-1 和表 1-1-2 中。钢板使用前的验收应符合表中规定。

20 钢板有专门用于压力容器的 20R 板，还有专门用于锅炉的 20g 板，这两种钢号的钢板虽也属于碳素钢钢板，但它们与一般用途的钢板尚有不同要求，且有专门的国家标准，所以在表 1-1-1 和表 1-1-2 中没有将它们汇总进去。

3. 船体用结构钢 (GB712—88)

该标准适用于制造远洋、沿海和内河航区船舶的船体结构。有一般强度钢和高强度钢两种，一般强度钢根据 C、Mn 含量和冲击冷弯试验要求的不同分四个等级，用 A、B、D、E 表示，船体用钢没有专用的钢材牌号，一般都用等级代号表示。GB150 规定：船体用钢中的 A、B 级板可有条件地用于压力容器。这两种钢板的化学成份与机械性能列于表 1-1-1 和表 1-1-2。

1.1.1.2 常用钢号及其化学成分与力学性能

共摘编了 13 种钢号钢板，它们的化学成分应符合表 1-1-1 规定，力学性能应符合表 1-1-2 规定。

表 1-1-1 碳素钢钢板的化学成分

序 号	牌 号	标准号	化 学 成 分, %							
			C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu
						不 大 于				
1	Q215-A·F	GB700—88 GB912—89 GB3274—88	0.09~0.15	≤0.07	0.25~0.55	0.045	0.05	0.3	0.3	0.3
2	Q215-A		0.09~0.15		0.25~0.55	0.045	0.05	0.3	0.3	0.3
3	Q215-B		0.09~0.15		0.25~0.55	0.045	0.045	0.3	0.3	0.3
4	Q235-A·F		0.14~0.22	≤0.07	0.3~0.6	0.045	0.05	0.3	0.3	0.3
5	Q235-A		0.14~0.22	0.12~0.3	0.3~0.65	0.045	0.05	0.3	0.3	0.3
6	Q235-B		0.12~0.2	0.12~0.3	0.3~0.7	0.045	0.045	0.3	0.3	0.3
7	Q235-C		≤0.18	0.12~0.3	0.35~0.8	0.04	0.04	0.3	0.3	0.3
8	Q235-D		≤0.17	0.12~0.3	0.35~0.8	0.035	0.035	0.3	0.3	0.3
9	10	GB711—88	0.07~0.14	0.17~0.37	0.35~0.65	0.035	0.040	0.15	0.25	0.25
10	15		0.12~0.19	0.17~0.37	0.35~0.65	0.035	0.040	0.25	0.25	0.25
11	20		0.17~0.24	0.17~0.37	0.35~0.65	0.035	0.040	0.25	0.25	0.25
12	A	GB712—88	≤0.22	0.1~0.35	≥2.5C	0.04	0.04	0.3	0.3	0.35
13	B		≤0.21	0.1~0.35	0.6~1.0	0.04	0.04	0.3	0.3	0.35

表 1-1-2 碳素钢钢板的力学性能

序号	牌 号	供货状态	钢板厚度 mm	屈服限	抗拉强度	伸长率	冲 击 试 验	冷弯试验
				σ_s	σ_b	δ_s		$b=2a$ $\alpha=180^\circ$
				MPa	MPa	%		
				不 小 于				
1~4	Q215 (A、B)	热轧	≤ 16	215	335~410	31	Q215-A、Q215-A·F 不作 Q215-B 常温 $A_{KV} \geq 27J$	$a \leq 60$ 纵向取样 $d=0.5a$ 横向取样 $d=a$ $60 < a \leq 100$ 纵向取样 $d=1.5a$ 横向取样 $d=2a$
			$> 16 \sim 40$	205		30		
			$> 40 \sim 60$	195		29		
			$> 60 \sim 100$	185		28		
			$> 100 \sim 150$	175		27		
			> 150	165		26		
5~8	Q235 (A、B、C、D)	热轧或 正 火	≤ 16	235	375~460	26	Q235-A、Q235-A·F 不作 Q235-B 常温 $A_{KV} \geq 27J$ Q235-C 0 C $A_{KV} \geq 27J$ Q235-D -20 C $A_{KV} \geq 27J$	$a \leq 60$ 纵向取样 $d=a$ 横向取样 $d=1.5a$ $60 < a \leq 100$ 纵 $d=2a$ 横 $d=2.5a$
			$> 16 \sim 40$	225		25		
			$> 40 \sim 60$	215		24		
			$> 60 \sim 100$	205		23		
			$> 100 \sim 150$	195		22		
			> 150	185		21		
9	10	热轧或 热处理	≤ 20		335	32	常温 $A_{KV} \geq 27J$	$d=0, (a)$
10	15				370	30	-20℃ $A_{KV} \geq 21J$	$d=0.5a, (1.5a)$
11	20				410	28	常温 $A_{KV} \geq 27J$	$d=a, (2a)$
12	A	热轧、控 轧或正火	≤ 50	235	400~490	22	无	$d=2a$
13	B						0℃纵向 $A_{KV} \geq 27J$, 横向 $A_{KV} \geq 20J$	$b=5a, 120^\circ$ 时 $d=3a$

注：1. 20R, 20g 钢板的机械性能分别从表 1-1-4 和表 1-1-16 查取。

2. 表中 V 型缺口冲击功值是采用 10mm×10mm×55mm 标准试样, 当采用 5mm×10mm×55mm 小尺寸试样进行试验时其冲击功最小值应为规定指标的 50%。

3. 夏比 (V 型缺口) 常温冲击功, 按三个试样的算术平均值计算, 允许其中一个试样比规定值低, 但不得低于规定值的 70%。

4. 对于 10、15、20 优质碳素钢板是以退火或高温回火状态交货, 且其延伸率较表中规定提高 2% 以上 (绝对值) 时, 其抗拉强度允许比表中规定值降低 40MPa。

5. 厚度大于 20mm 的 10、15、20 钢板, 厚度每增加 1mm, 延伸率允许降低 0.25% (绝对值), 但是不得超过 2% (当板厚 ≤ 32 mm 时) 和 3% (当板厚 > 32 mm 时)。

6. 10、15、20 钢板冷弯试验, 弯心直径 d 有两组数据: 板厚 $a \leq 20$ mm 时, 按不带括号值, $a > 20$ mm 时, 按括号内值。

7. 厚度小于 25mm 的船用 B 级板, 经船检部门同意可不进行冲击试验。

1.1.1.3 使用规定

碳素钢钢板用于压力容器时应遵从以下规定。

1. 不同质量等级的 Q235 钢板的使用范围应符合表 1-1-3 的规定。

表 1-1-3 Q235 钢板用于压力容器时的使用范围

限制项目	钢 号			
	Q235-AF	Q235-A	Q235-B	Q235-C
容器设计压力 MPa	≤ 0.6	≤ 1.0	≤ 1.6	≤ 2.5
容器设计温度 °C	0~250	0~350	0~350	0~400
钢板用于壳体厚度 mm	≤ 12	≤ 16	≤ 20	≤ 30
盛装介质的限制	不得用于盛装易燃, 毒性为 I, II, III 级介质及直接受火焰加热的压力容器	不得用于盛装液化石油气, 毒性为 I, II 级介质及直接受火焰加热的压力容器	不得用于盛装毒性为 I、II 级的介质	没有限制

注：搪玻璃压力容器按搪玻璃设备标准选用碳钢沸腾钢板, 不受此表所限。

2. Q215-A·F, Q215-A, Q215-B 钢板允许使用, 其适用范围分别按 Q235-A·F, Q235-A 和 Q235-B 钢板的相应规定 (表 1-1-3)。

3. 10、15 和 20 钢板允许使用, 其适用范围按 Q235-B 钢板规定。

4. 船用 A 级板可代用 Q235-A 钢板; B 级板可代用 Q235-C 钢板, 若经船检部门同意未进行冲击试验的 B 级钢板, 只能代用 Q235-B 钢板。

1.1.2 压力容器用碳素钢和低合金钢钢板

1.1.2.1 钢号、化学成分和力学性能

压力容器专用钢板 (不包括低温容器用钢板) 共有 10 种钢 (见表 1-1-4), 除 20R 外, 其它 9 种都是低合金钢钢板。

10 种钢板中的 7 种 (表 1-1-4 序号 1~7) 已纳入 GB6654—1996 标准。另外 3 种: 14Cr1MoR, 07MnCrMoVR 和 12Cr2Mo1R 则有 GB150—1998 对它们的化学成分, 力学和工艺性能作出了规定。

GB6654—1996 标准还将原《多层压力容器用低合金钢板》(GB6655—86) 并入其中, 对于层板不再用 “C” 表示其钢号, 层板厚度仍为 6~8mm。

压力容器钢板的化学成分应符合表 1-1-4 规定, 力学和工艺性能应符合表 1-1-5 规定。高温性能见表 1-1-6。

表 1-1-4 压力容器用碳素钢和低合金钢钢板的化学成分 (GB6654—1996、GB150—1998)

序号	钢 号	化 学 成 分,%								S ^①	P ^①
		C	Mn	Si	V	Mo	Nb	Cr	其 它		
1	20R	≤0.20	0.40~ 0.90	0.15~ 0.30						0.030	0.035
2	16MnR	≤0.20	1.20~ 1.60	0.20~ 0.55						0.030	0.035
3	15MnVR	≤0.18	1.20~ 1.60	0.20~ 0.55	0.04~ 0.12					0.030	0.035
4	15MnVNR	≤0.20	1.30~ 1.70	0.20~ 0.55	0.10~ 0.20			0.010~ 0.020	N: 0.010~0.020	0.030	0.035
5	18MnMoNbR	≤0.22	1.20~ 1.60	0.15~ 0.50		0.45~ 0.65	0.025~ 0.050			0.030	0.035
6	13MnNiMoNbR	≤0.15	1.20~ 1.60	0.15~ 0.50		0.20~ 0.40	0.005~ 0.020	0.20~ 0.40	Ni: 0.60~1.00	0.025	0.025
7	15CrMoR	0.12~ 0.18	0.40~ 0.70	0.15~ 0.40		0.45~ 0.60		0.80~ 1.20		0.030	0.030
8	14Cr1MoR	≤0.17	0.40~ 0.65	0.50~ 0.80		0.45~ 0.65		1.00~ 1.50		0.030	0.030
9	07MnCrMoVR	≤0.09	1.20~ 1.60	0.15~ 0.40	0.02~ 0.06	0.10~ 0.30		0.10~ 0.30	Ni ≤ 0.30 B ≤ 0.0030 P _{cm} ≤ 0.20	0.020	0.030
10	12Cr2Mo1R	≤0.15	0.30~ 0.60	≤0.50		0.90~ 1.10		2.00~ 2.50		0.025	0.025

① 国家质量技术监督局 99 年颁布的《压力容器安全技术监察规程》(简称容规) 第 11 条对压力容器专用钢材的磷含量的规定了更为严格, 即: $P \leq 0.030\%$; $S \leq 0.020\%$ 。本表中的 P、S 含量已超过《容规》规定, 但材料标准未修订前仍视为有效。

注: 1. 14Cr1MoR, 07MnCrMoVR 和 12Cr2Mo1R 的化学成分摘自 GB150—1998 附录 A 和附录 H。

2. 焊接冷裂纹敏感性组成 $P_{cm} = C + \frac{Si}{30} + \frac{Mn}{20} + \frac{Cu}{20} + \frac{Cr}{20} + \frac{Ni}{60} + \frac{Mo}{15} + \frac{V}{10} + 5B, \%$ 。

3. 99 版《容规》第 11 条规定压力容器专用钢材的磷含量不应大于 0.030% 硫含量不得大于 0.020%。

表 1-1-5 压力容器用碳素钢和低合金钢钢板的力学性能和工艺性能 (GB6654—1996)

序号	钢 号	交货状态	钢板厚度 mm	拉伸试验			冲击试验		冷弯试验
				抗拉强度 σ_b MPa	屈服点 σ_s MPa	伸长率 δ_5 %	温度 ℃	V 型冲击功 A_{KV} (横向) J	180° d —弯心直径 a —钢板厚度
					不 小 于			不小于	
1	20R	热轧、控 轧或正火	6~16	400~520	245	25	20	31	$d=2a$
			>16~36		235				
			>36~60		225				
			>60~100	390~510	205	24			
2	16MnR		6~16	510~640	345	21	20	31	$d=2a$
			>16~36	490~620	325				
			>36~60	470~600	305				
			>60~100	460~590	285	20			$d=3a$
			>100~120	450~580	275				
			3	15MnVR	6~16				
>16~36	510~645				370				
>36~60	490~625				350				
4	15MnVNR	正火	6~16	570~710	440	18	20	34	$d=3a$
			>16~36	550~690	420				
			>36~60	530~670	400				
5	18MnMoNbR	正火加回火	30~60	590~740	440	17	20	34	$d=3a$
			>60~100	570~720	410				
6	13MnNiMoNbR		≤100	570~720	390	18	0	31	$d=3a$
			>100~120		380				
7	15CrMoR		6~60	450~590	295	19	20	31	$d=3a$
			>60~100		275	18			
8	14Cr1MoR	正火加回火	6~60	515~690	310	18	20	31	$d=3a$
			>60~100						—
9	07MnCrMoVR	调质	16~50	610~740	490	17	-20	47	$d=3a$
10	12Cr2Mo1R	正火加回火	6~60	515~690	310	18	20	31	$d=3a$
			>60~150			17			—

注：1. 厚度大于 60mm 的钢板仅用户要求时才作冷弯试验。

2. 用户可要求 20R, 16MnR, 15MnVR 的 V 形缺口冲击功按 34J 交货, 15MnVNR, 18MnMoNbR 的常温冲击功按 41J 交货; 还可要求 16MnR 进行 -20℃ 的 V 型冲击试验, 冲击功不小于 24J。

3. 对于厚度小于 12mm 的钢板, 可制作 5mm×10mm×55mm 或 7.5mm×10mm×55mm 试件进行夏比 (V 型缺口) 冲击试验, 试验结果应不小于表中规定值的 50% 或 75%。

4. 用于层板的 6~8mm15MnVR 板, 其抗拉强度应提高为 550~690MPa

5. 14Cr1MoR、07MnCrMoVR、12Cr2Mo1R 的性能数据摘自 GB150—1998 附录 A 和附录 H。

表 1-1-6 压力容器钢板高温性能

牌 号	厚 度 mm	下列温度 (°C) 下的 $\sigma_{T0.2}$, MPa						
		不 小 于						
		200	250	300	350	400	450	500
20R	21~36	186	167	153	139	129	121	—
	>36~60	178	161	147	133	123	116	—
	>60~100	164	147	135	123	113	106	—
16MnR	21~36	255	235	215	200	190	180	—
	>36~60	240	220	200	185	175	165	—
	>60~100	225	205	185	175	165	155	—
	>100~120	220	200	180	170	160	150	—
15MnVR	21~36	295	280	260	240	220	205	—
	>36~60	280	265	245	225	210	195	—
15MnVNR	21~36	340	315	290	270	250	235	—
	>36~60	320	300	275	255	235	220	—
18MnMoNbR	30~60	380	370	360	350	335	315	—
	>60~100	360	350	340	330	315	295	—
13MnNiMoNbR	30~100	355	350	345	335	305	—	—
	>100~120	345	340	335	325	300	—	—
15CrMoR	21~60	240	225	210	200	189	179	174
	>60~100	220	210	196	186	176	167	162

1.1.2.2 使用规定

压力容器钢板在使用时应注意以下几个问题。

(1) 要求正火状态交货的钢板

① 制造壳体用的厚度大于 30mm 的 20R 和 16MnR 钢板。

② 制造管板、法兰、平盖用的厚度大于 50mm 的 20R 和 16MnR 钢板。

③ 厚度大于 16mm 的 15MnVR 钢板。

(2) 应在使用前补作冲击试验的钢板

钢板出厂时只提供常温冲击值, 在较低温度下使用的下列钢板, 应作低温冲击试验, 试验温度为钢板的使用温度。

① 使用温度低于 0°C 时, 厚度大于 25mm 的 20R 钢板, 厚度大于 38mm 的 16MnR、15MnVR 和 15MnVNR 钢板, 以及任何厚度的 18MnMoNbR、13MnNiMoNbR 和 Cr-Mo 钢板。

② 使用温度低于 -10°C 时, 厚度大于 12mm 的 20R, 厚度大于 20mm 的 16MnR、15MnVR 和 15MnVNR 钢板。

冲击试验得到的低温冲击功, 不得小于根据钢板标准抗拉强度下限值, 即按表 1-1-7 所确定的 A_{KV} 值。

表 1-1-7 低温夏比 (V 型缺口) 冲击试验最低冲击功

钢材标准抗拉强度下限值 σ_b , MPa	三个试样的冲击功平均值 A_{KV} , J	钢材标准抗拉强度下限值 σ_b , MPa	三个试样的冲击功平均值 A_{KV} , J
	10mm×10mm×55mm		10mm×10mm×55mm
≤450	18	>515~650	27
>450~515	20	奥氏体钢焊缝金属	31

注: 1. 试验温度下三个试样的冲击功平均值不得低于表中的规定, 其中单个试样的冲击功可小于平均值, 但不得小于平均值的 70%。

2. 标准抗拉强度下限值大于 650MPa 的螺栓等钢材的冲击功值按标准抗拉强度下限值等于 650MPa 钢材的要求, 但 40CrNiMo 的低温冲击功应不小于 31J (三个试样平均值)。