

国家示范性 高职院校建设规划教材

化工设备 制造技术

王春林 庞春虎 主编



化学工业出版社



 **国家示范性 高职院校建设规划教材**

◀◀◀◀

化工设备 制造技术

王春林 庞春虎 主 编

廖东太 贾汝民 副主编

胡相斌 主 审



化学工业出版社

· 北 京 ·

本教材以一台典型的化工设备制造工艺流程为主线贯穿于全书,依据压力容器制造必须掌握的核心能力设置了相应的教学项目。每一个项目既是一个独立的工作点,又是容器制造质量检查的停止点。根据每个项目所具备的能力整合了教学内容,设置知识点将理论知识和实践技能有机地结合在一起,做到工学结合,边学边进行技能训练。为了便于学生学习,每个项目开头提出学习目标,结尾配有思考题。

本书可供高等职业院校化工设备维修技术专业作为教材使用,也可供其他相关专业的师生和工程技术人员参考,还可作为化工、石油企业员工的培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

化工设备制造技术/王春林,庞春虎主编. —北京:
化学工业出版社, 2009. 4

国家示范性高职院校建设规划教材

ISBN 978-7-122-04912-4

I. 化… II. ①王…②庞… III. 化工设备-生产工艺-
高等学校: 技术学院-教材 IV. TQ050. 6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 024409 号

责任编辑: 王金生

装帧设计: 尹琳琳

责任校对: 洪雅姝

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装: 三河市延风印装厂

787mm×1092mm 1/16 印张 17 $\frac{3}{4}$ 字数 470 千字 2009 年 5 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 30.00 元

版权所有 违者必究

前 言

化工设备制造技术课程是化工设备维修技术专业的一门核心课程，它主要面向化工、石油建设安装单位，培养化工设备制造、安装方面的高级应用型人才。

根据国家首批由中央财政支持建设的示范性专业“化工设备维修技术”对人才的需求和专业课程体系建设的要求，2007年11月，全国化工教学指导委员会在兰州召开了“全国石油化工行业高职高专院校课程体系及教材建设研讨会”。有关高职高专院校、科研院所和化学工业出版社等共计23个单位的83名代表参加了会议，与会代表就示范性院校建设中相关专业的培养目标、课程体系、教材建设等课题进行了充分的研讨。会议确定，《化工设备制造技术》教材由兰州石化职业技术学院、河北化工医药职业技术学院、辽宁石化职业技术学院、兰州天华化工机械自动化研究院联合编写。

本教材以一台典型的化工设备制造工艺流程为主线贯穿于全书，依据压力容器制造必须掌握的核心能力设置了相应的教学项目。每一个项目既是一个独立的工作点，又是容器制造质量检查的停止点。根据每个项目所具备的能力整合了教学内容，设置知识点将理论知识和实践技能有机地结合在一起，从而把典型的化工设备制造工艺流程全面清晰地展现给学生，以便学生能解决现场实际问题，做到工学结合，边学边进行技能训练。本书紧密结合现场实际情况，同时将最新国家标准、规程和压力容器质量管理思想融汇在教材中。为了便于学生学习，每个项目开头提出学习目标，结尾配有思考题。

本教材由兰州石化职业技术学院王春林编写绪论、项目一、项目四、项目六；兰州天华化工机械自动化研究院廖东太编写项目二、项目三、项目五；兰州石化职业技术学院贾汝民编写项目七；河北化工医药职业技术学院庞春虎编写项目八、项目十二、项目十三；兰州天华化工机械自动化研究院马朋举编写项目九；兰州石化职业技术学院王建勋编写项目十、项目十一；辽宁石油化工职业技术学院崔大庆编写项目十四、项目十五、项目十六、项目十七；兰州天华化工机械自动化研究院李长禧编写项目十八。本书除供高等职业院校化工设备维修技术专业作为教材使用外，还可供其他相关专业的师生和工程技术人员参考，也可作为石油化工企业员工的培训教材。

本书由王春林、庞春虎任主编，廖东太、贾汝民任副主编，由兰州石化职业技术学院胡相斌主审。另外，兰州天华化工机械及自动化研究院对本书的编写给予了大力的支持。在此对全体编审稿人员以及所有对本书的出版给予支持和帮助的同志，表示衷心的感谢！

本书编写过程中参阅了近几年出版的相关教材和专著以及大量的标准规范，主要参考文献列于书后。在此对有关作者一并表示感谢！

由于编者水平所限，书中疏漏与不足之处在所难免，请同行专家及广大读者批评指正。

编 者

2009年1月

目 录

绪 论	化工设备制造技术概述.....	1
	一、化工设备制造工艺过程的特点.....	2
	二、压力容器制造工艺过程.....	3
项目一	制造压力容器的材料.....	5
	一、材料管理常用术语.....	5
	二、压力容器材料的类别与品种.....	8
	三、材料的代用	17
	四、压力容器材料的验收与复验	18
	【思考题】	20
项目二	施工图纸的确认和工艺汇审	21
	一、压力容器施工图纸的识读	21
	二、压力容器施工图纸的确认	28
	三、压力容器施工图纸的工艺汇审	30
	【思考题】	41
	【相关技能】	41
	施工图纸的识读实训	41
项目三	号料、划线和排样	45
	一、放样展开	45
	二、号料、划线	51
	三、选料、排样	54
	四、钢板划线找正技能	57
	【思考题】	58
	【相关技能】	58
	排板技能实训	58
项目四	压力容器材料的切割及坡口加工	61
	一、机械切割	61
	二、氧-乙炔切割	63
	三、等离子切割	69
	四、碳弧气刨	72
	五、焊缝坡口的边缘加工	74
	【思考题】	76
	【相关技能】	76
	一、手工氧气切割技能实训	76
	二、空气等离子切割技能实训	78
项目五	筒体的卷制	81
	一、筒体的变形度	81

	二、卷板机的结构及工作原理	83
	三、筒体的卷板和校圆工艺	86
	【思考题】	90
	【相关技能】	90
	筒体卷板工艺过程参观实训	90
项目六	封头及零部件的成形	93
	一、封头的冲压	93
	二、封头的旋压	96
	三、封头的外协加工与质量检验	99
	四、人孔及接管的制造	101
	【思考题】	105
	【相关技能】	105
	封头外协工艺卡的制定实训	105
项目七	压力容器的组装	110
	一、组装技术要求	110
	二、组装工艺	112
	三、三氧化硫蒸发器的组装	116
	【思考题】	119
	【相关技能】	122
	管壳式换热器的组装实训	122
项目八	压力容器焊接的基本知识	125
	一、焊接原理	125
	二、焊条	132
	三、焊条电弧焊工艺	138
	【思考题】	145
	【相关技能】	145
	钢板 I 形坡口平对接双面焊实训	145
项目九	压力容器的焊接	148
	一、材料的焊接性	148
	二、焊接工艺评定	149
	三、化工设备常用材料的焊接	160
	四、容器焊接热处理	167
	【思考题】	169
项目十	焊接应力与变形	170
	一、焊接应力与变形的产生	170
	二、焊接应力	171
	三、焊接变形	174
	【思考题】	179
项目十一	其他焊接方法简介	180
	一、埋弧焊	180
	二、气体保护焊	184
	三、电渣焊	188
	【思考题】	190

项目十二	设备质量检验	191
	一、质量检验的基本要求.....	191
	二、常见焊接缺陷.....	192
	三、焊缝分类及检验要求.....	193
	四、焊接接头的破坏性试验.....	194
	五、无损检测.....	195
	六、压力试验与致密性试验.....	196
	【思考题】	197
	【相关技能】	198
	压力容器的水压试验.....	198
项目十三	典型设备的制造与安装	201
	一、球罐的制造与安装.....	201
	二、塔设备的制造与安装.....	208
	三、列管式固定管板换热器的制造与安装.....	213
	【思考题】	219
项目十四	射线检测	220
	一、射线检测原理.....	220
	二、射线检测工艺.....	225
	【思考题】	227
	【相关技能】	228
	X 射线检验实训	228
项目十五	超声波检测	230
	一、超声波检测原理与特点.....	230
	二、超声波检测方法.....	231
	三、影响显示波形的因素.....	234
	四、焊缝的超声波检测工艺.....	235
	【思考题】	240
	【相关技能】	240
	容器焊缝超声波检测技能训练.....	240
项目十六	磁粉检测	244
	一、磁粉检测的原理和特点.....	244
	二、磁粉检测的方法.....	245
	三、焊缝的磁粉检验.....	247
	四、磁粉检测操作.....	248
	【思考题】	250
	【相关技能】	250
	磁粉检验技能实训	250
项目十七	渗透检测	253
	一、渗透检测原理、方法及特点.....	253
	二、渗透检测工艺.....	254
	【思考题】	256
	【相关技能】	256
	渗透检测技能训练.....	256

项目十八	压力容器的质量管理和质量保证体系.....	259
一、我国的压力容器法规体系框架.....		259
二、压力容器的质量管理和质量保证体系的建立.....		262
三、质量保证体系的主要控制系统.....		266
【思考题】		272
参考文献.....		273

在化工、炼油、制药等生产中，要用到大量的工艺设备，如：塔器、反应器、换热器、蒸发器、反应釜、加热炉、储罐、传质设备、普通分离设备以及离子交换设备等。这些工艺设备在生产过程中盛装的介质具有高温、高压、高真空、易燃、易爆的特性，或是有腐蚀性甚至是有毒性的气体或液体。不同的设备其结构特点不同、工艺参数不同，且完成的物理或化学过程的步骤也不同。一般把这些在工作时其本身零部件之间没有或很少有相对运动的设备统称为化工设备，如图 0-1 所示。

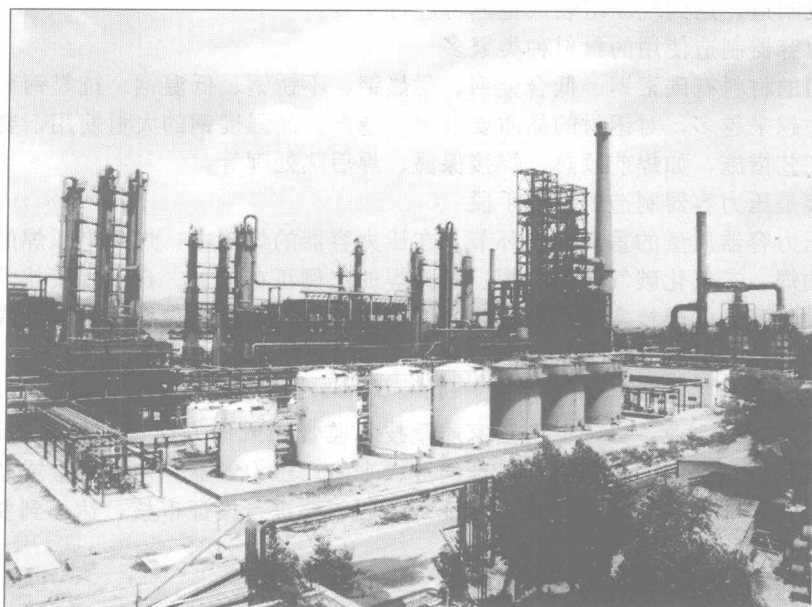


图 0-1 化工设备

化工设备在生产过程中的特点：

- ① 具有连续运转的安全可靠性；
- ② 在一定操作条件下（如温度、压力等）有足够的机械强度；
- ③ 具有优良的耐腐蚀性能；
- ④ 具有良好的密封性能；
- ⑤ 高效率、低耗能。

化工设备虽然种类繁多、形式多样，但它们的基本结构不外乎都是一个密闭的壳体或装有内件的密闭壳体。装有不同内件的壳体构成不同的设备，以实现不同的物理或化学过程。从结构上讲，化工设备实质上是一个装有不同内件的容器。按所承受的压力大小分为常压容器和压力容器两大类。压力容器和常压容器相比，不仅在结构上有较大差别，而且在使用和制造要求上也有较大区别。化工设备制造实质上就是压力容器的制造。

一、化工设备制造工艺过程的特点

(1) 设备的外形尺寸庞大

随着石油化工生产装置的大型化,化工设备相应的也向大型化发展。一般的压力容器直径在 2~6m 左右,壁厚在 30~60mm,质量在 30~100t 之间。大型设备质量就更大,例如国产板焊结构的加氢反应器直径为 3000mm,壁厚 128mm,单台质量为 265t;锻焊结构加氢反应器直径为 4200mm,壁厚 281mm,单台质量为 961t。其制造技术要求高,施工周期长,运输、安装难度大。

(2) 压力容器的制造方法受安装条件的限制

压力容器大部分是单件非标设备,很难形成批量。制造难度大、质量要求高。根据压力容器结构特点、制造技术和运输条件不同,制造方法分为整体制造和分段制造。不受运输条件限制的压力容器在制造厂整体制造,然后运到现场进行安装;受运输条件限制的压力容器在制造厂分段制造,运到现场组装成整体再进行安装。

(3) 压力容器制造使用的材料种类繁多

容器采用的材料有碳素钢、低合金钢、耐热钢、不锈钢、低温钢、抗氢钢和特殊合金钢等材料,品种越来越多,对钢材的品质要求越来越严。高强度钢的大量使用,要求焊接过程采用相应的工艺措施,如焊前预热、焊接保温、焊后热处理等。

(4) 焊接是压力容器制造的主要手段

焊接是压力容器质量的重要控制环节。在压力容器的焊接中,焊条电弧焊的比例正在降低,埋弧自动焊、二氧化碳气体保护焊、氩弧焊的比例正在加大。自动焊接技术和焊接机器人的使用使大型容器的焊接实现了自动化。等离子堆焊、多丝、大宽度带极堆焊,电渣焊等焊接方法,已在压力容器制造上得到广泛应用。

(5) 压力容器制造须取得相应资质

制造压力容器的企业,必须取得国家质量技术监督局或地方质量监督部门认可的资质,按照技术监督部门批准的容器制造许可证的等级来生产压力容器,未经批准或超过批准范围生产压力容器都是非法的。容器制造许可证每隔四年要进行换证审核,达不到要求的要取消容器制造许可证。

(6) 制造压力容器应具备必要的条件

制造压力容器的硬性件条件是,必须具有专业的生产厂房、材料库、加工设备和施工机具。软性件条件是,必须有一支经验丰富的技术管理、技术施工人员队伍和完善的压力容器质量保障体系,以及与之相配套的管理措施和制度。

(7) 压力容器制造实行国家法规和技术标准的法制化管理

由于压力容器的特殊性,国家对压力容器实行法制化管理。20 世纪 80 年代初国家就颁布了压力容器设计、制造、使用和管理各项法规和技术标准,制造过程必须受这些法规、标准的约束。

(8) 压力容器制造依靠社会化分工协作

随着压力容器趋向大型化,使制造企业需要有大型厂房,并配有大吨位的行车、大型卷板机、大型水压机、大型热处理炉和各种类型的焊接变位机等。具备上述设备,已成为提升制造压力容器能力的关键因素。一个制造企业购置所有的加工设备需要花大量的资金,而大部分设备又长时间处于闲置状态,势必造成巨大的浪费。因此,专业化生产和社会化分工协作,是提升制造能力和制造水平的最佳方式。

二、压力容器制造工艺过程

(一) 压力容器的组成

压力容器由筒体、封头、接管、人孔、内件、支座等附件组成。如某厂的脱硫滤液罐，如图 0-2 所示。

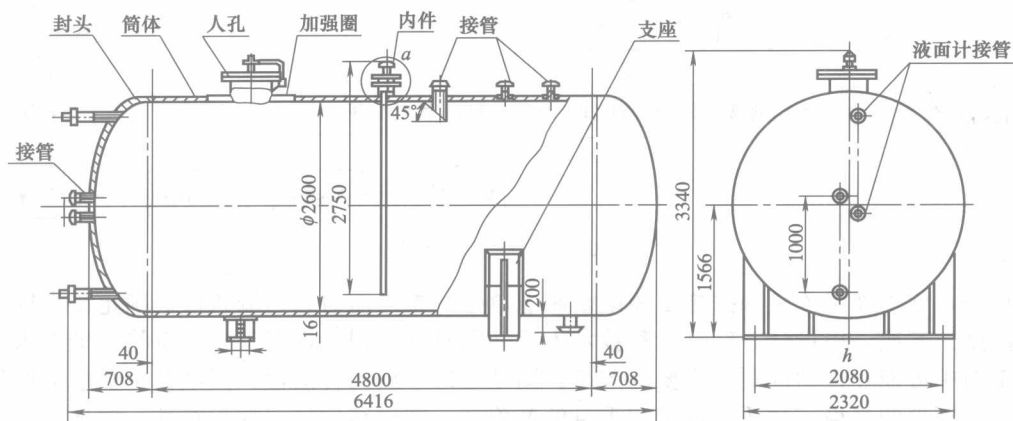


图 0-2 脱硫滤液罐

筒体通常用钢板卷焊，当筒体较长时由多个筒节组焊而成。小直径的筒节用无缝钢管制作，大直径的筒节用多块钢板组焊而成。厚壁高压容器可以采用锻焊结构、缠绕式筒体。

封头有椭圆形、球形、蝶形、锥形和平板盖等多种形式。小直径的封头可以采用与无缝钢管配套的管子封头。大直径的封头采用冲压或旋压的方法来制造。超大直径的封头采用分瓣冲压然后组焊的方法来制造。

接管、人孔是压力容器上的主要部件。较大直径的开孔要进行开孔补强。接管与筒体的连接，采用角接接头或 T 形接头。一般情况，接管和人孔为受压元件，其制造要求与筒体相同。

容器内部的所有构件统称为内件。如塔器设备的塔盘、换热器内的管束、反应器内的搅拌机构、储罐内的加热盘管等。有的内件是受压元件，其制造要求在《压力容器安全技术监察规程》中都有规定。

支座有多种形式。立式容器常采用裙式、圆筒式、立柱式、悬挂式支座；卧式容器常采用鞍式支座或悬挂式支座。

压力容器的主要受压元件包括筒体、封头（端盖）、人孔盖、人孔法兰、人孔接管、膨胀节、设备法兰、球罐的球壳板、换热器的管板和换热管、M36 以上设备的主螺栓及公称直径大于等于 250mm 的接管和管法兰。

(二) 压力容器制造的工艺流程

压力容器制造工艺流程是容器制造的一个工艺路线，制造单位的各个部门应按工艺流程进行压力容器的生产。将压力容器制造的各个工序，按先后顺序排列出的工艺图形，称为工艺流程图。下面就以图 0-2 所示脱硫滤液罐为例说明压力容器的制造工艺流程图（见图 0-3）。

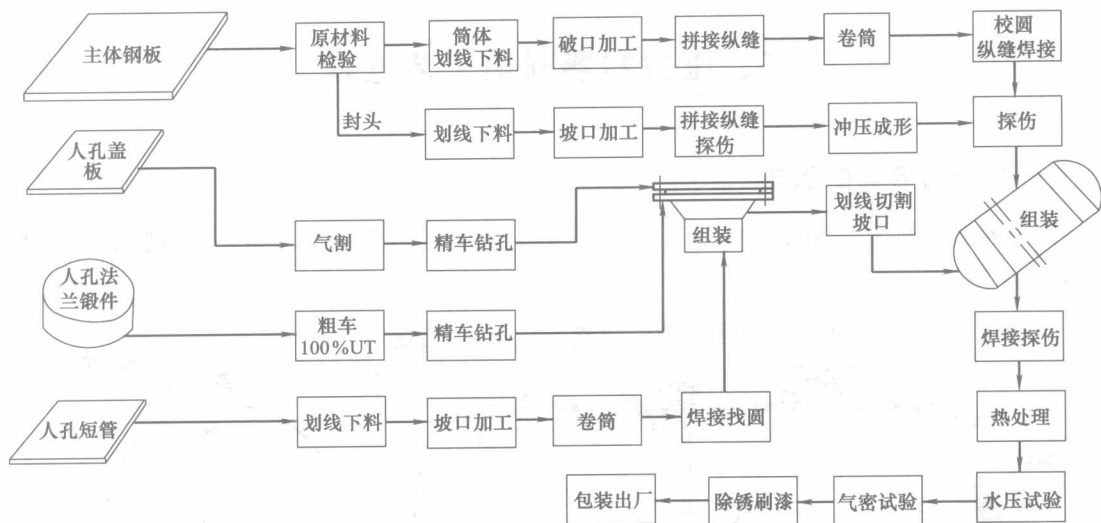


图 0-3 制造工艺流程

首先，施工技术人员根据施工图纸及制造单位的施工能力和运输条件，确定压力容器的制造深度。其次，由设计、制造工程技术人员共同对施工图纸进行审核。审核图纸是为了解决施工图中可能存在的问题。主要环节是：图纸批准手续的合法性；图纸技术要求标准的规范性；零部件的规格、材质、数量和重量的准确性；图样结构尺寸的相符性；制造工艺的可行性。最后，确定压力容器所用的材料品种、规格及配件，并按现行技术标准规范的要求，确定压力容器制造所要采用的工艺和技术措施。

在施工前对制造压力容器的原材料进行验收和复验。材料合格后，按工艺工程师制定的工艺过程进行制造。其制造过程可以分为原材料的检验、划线、切割，受压元件的成形、焊接、组装、无损检验、水压试验和气密性试验、除锈刷漆等。

【学习目标】 掌握钢板、钢管、锻件的分类、特点、应用场合以及各自遵循的技术标准。了解材料管理方面的相关知识。

【知识点】 压力容器用钢的基本知识，材料代用的原则及程序，压力容器材料的验收与复验要点及程序。

材料的性能与质量是保证压力容器质量的先决条件，而正确选择材料并采用合理的加工方法则是保证压力容器质量的必要条件。从事压力容器制造的人员，必须具备较全面、综合的材料知识，并且熟悉压力容器的法规、标准。

一、材料管理常用术语

在压力容器材料的管理中，除了反映材料各种性能指标的术语外，在订货、审验材料质量证明书及根据材料的技术标准对它进行检验和复验时，还需要掌握一些有关的术语。

（一）交货状态

交货状态分为制造和热处理两种情况，它是指生产厂家向用户提供钢材的最终塑性变形或最终热处理的状态。

1. 制造状态

不经过热处理，直接将热轧（锻）或冷拉（轧）后成形的钢材交付用户，就是热轧（锻）或冷拉（轧）状态，即为制造状态。

2. 热处理状态

钢材成形后再经过某种热处理，如退火、正火、高温回火、调质、固溶化等方法处理后交货，称为退火状态交货或正火状态交货，统称为热处理状态交货。

3. 交货状态的选用依据

采用何种状态交货，是根据钢材所遵循的国家标准或冶金行业标准来决定，也可以根据用户的要求决定交货状态。如：奥氏体不锈钢必须在固溶状态交货；低温压力容器钢板必须在正火状态交货；合金钢螺栓材料应在调质状态交货等。钢材可以按不同状态交货，此时其性能有差异。例如，一台三氧化硫蒸发器的壳体材料为 Q345R（16MnR），可以热轧状态交货，也可以正火状态交货。但 GB 150—1998《钢制压力容器》标准中规定，对厚度大于 30mm 的 20R、厚度大于 30mm 的 Q345R 的钢板作容器壳体时，必须在正火状态下交货。因此在订购三氧化硫蒸发器的壳体材料时，应提出正火状态作为交货条件。

（二）批和批号

材料管理中的“批”有两种含义。一种是指交货批，另一种是指检验批。

1. 交货批

交货批是根据合同规定的数量交付用户的交货单位，在数量上是没有限制的。即用户与材料生产厂家一次签订钢材的总数量为一个交货批。

2. 检验批

检验批是指材料出厂前用户验收时的检验单位，其数量是根据钢材的质量和可靠性要求而有所不同，在各种钢材的技术标准中予以规定。

一个检验批由同一牌号、同一炉（罐）号、同一品种、同一尺寸、同一交货状态组成，每批钢材质量不得大于 60t。钢材所遵循的技术标准不同时，检验批的数量也有所不同。

一台三氧化硫蒸发器的壳体为 Q345R，厚度为 32mm。按 GB 713—2008（原 GB 6654—1996）标准，当钢板厚度在 6~16mm 时，每批质量不大于 15t；钢板厚度大于 16mm 时，每批质量不大于 25t。三氧化硫蒸发器壳体材料的一个检验批的数量为 25t。按 GB 8163—87 生产的输送流体用无缝钢管，对每一个检验批钢管的根数做出限制。外径 $\leq 76\text{mm}$ 、壁厚小于 3mm 的 400 根为一批；外径大于 351mm 的 50 根为一批；其他尺寸的钢管 200 根为一批。

在材料的检验和验收时，依据钢材的标准，按“批”数制备检验试样的数量，再根据标准的检验项目，每一批制备一套试样。以三氧化硫蒸发器的壳体 Q345R 钢板为例，每批钢板的检验项目、取样数量、取样方法及试验方法都按 GB 713—2008 标准执行，其中化学分析、拉伸、冷弯各取一个试样，夏比（V 形缺口）冲击取三个试样。如要求做低温冲击时，还要再取三件试样；如要求做高温拉伸试验，则制备高温拉伸试样一件。三氧化硫蒸发器管束用的 20 号钢管，检验项目包括拉伸试验和冲击试验，要在钢管上各取两件试样，并且还要取压扁试验试样和扩口试验试样各一个。

（三）保证条件

保证条件是指在钢材生产过程中，必须达到国家标准规定的各项技术性能指标。每一种钢材出厂，都必须达到相应标准（技术条件）规定的技术性能指标。这些指标规定在出厂或用户在钢材验收时，应对标准规定的项目进行检验并保证符合标准的规定。钢材的保证条件包括化学成分、力学性能、工艺性能、耐腐蚀性能、宏观或微观组织等几个方面，每一方面可能包括若干不同的项目。对不同的钢材，保证条件的项目和内容则各不相同。保证条件又可分为基本保证条件和协议保证条件。

1. 基本保证条件

无论用户是否在合同中注明，生产厂都要按照标准对这些项目进行检验并保证符合标准所规定的指标。

如化学成分、力学性能、尺寸偏差、表面质量以及探伤、水压实验、压扁或扩口等工艺性能实验，均属必保条件。对压力容器用碳钢和低合金钢厚钢板中的碳、硅、锰、磷、硫以及作为合金成分的其他元素都必须保证在规定范围内。力学性能则必须保证包括抗拉强度、屈服点、延伸率、常温冲击值等项目指标，除此之外还必须作冷弯试验。对锅炉用碳素钢和低合金钢板，除上述各个项目外，还要求做时效冲击试验。对低温压力容器用钢板的冲击试验则要求在低温下进行。以上各例说明钢材的各项保证条件是按照各自遵循的技术标准加以确定的，是各不相同的。

2. 协议保证条件

这类保证条件通常也在标准中列出文字条款，由于所要求的条件对一般用户或一般用途并无必要，或者按一般工艺条件难以达到标准，生产厂必须采用某些特殊工艺才能符合要求。有的用户可能对标准中基本保证条件提出更加严格的要求（如成分、力学性能、尺寸偏

差等)或增加检验项目(如钢管椭圆度、壁厚不均等)。也有一些项目在标准中没有具体规定,此时需要在订货时由供需双方共同协商,然后再用文字的形式反映到合同中去。对于这些外加的条件称为协议保证条件。

例如,《压力容器安全技术监察规程》第十五条规定:用于制造压力容器壳体并且厚度大于或等于12mm的碳素钢和低合金钢钢板(不包括多层压力容器的层板),凡符合下列条件之一的,应当逐张进行超声检测。

- (1) 盛装介质毒性程度为极度、高度危害的压力容器。
- (2) 盛装介质为液化石油气并且硫化氢含量大于100mg/L的压力容器。
- (3) 设计压力大于等于10MPa的压力容器。
- (4) 压力容器产品标准中规定逐张进行超声检测的钢板。

GB 150 规定温度低于 -20°C 的低温容器钢板,当厚度大于20mm时,应逐张进行超声波探伤。但各种钢板的标准中,超声波探伤只作为协议保证条件。因此当用户在订购用于这类容器的钢板时应向供方提出要求并写进合同中,在材料质量证明书中,必须反映出这项检验的结果。输送流体用无缝钢管用于胀接连接时,为了保证胀接的可靠性,要求作扩口试验,这项工艺性能也是协议保证条件。由于协议保证条件增加了检验项目和提高了要求,因此提高了产品的可靠性。

(四) 质量证明书

1. 质量证明书的定义

质量证明书是钢材生产厂对该批钢材检验结果的确认和书面证明文件。也是用户验收、复验和使用的依据,并作为容器产品技术档案的一项内容。

2. 质量证明书的内容

质量证明书的内容包括:钢材的名称、牌号、规格、供货状态、交货件数、质量、炉(罐)号、批号、实测的化学成分、应该保证的力学性能、工艺性能、其他检验项目的试验数据和检验结果以及该钢材所依据的技术标准代号等。

质量证明书通常是以交货批为单位提供给用户。一张质量证明书中可能包括几个批号,应分别列出每个批号的实测数据和检验结果。当一批钢材分给不同用户时,各个用户应持有原始质量证明书的复印件作为依据。

(五) 标志移植

GB 150 规定,在压力容器的受压元件上应做出材料识别标记,并要求在受压元件的加工过程中对标记进行跟踪,以保证所使用的每一块钢材都是符合设计要求的合格钢材。按设计标准选择压力容器的钢材,并使这些验收合格的钢材用到产品上去,是钢材管理工作的一项重要内容。给钢材做一个识别标记,并在制造过程中对标记进行追踪,就是一种行之有效的管理手段。

1. 标记

给钢材做一个识别标记,在进行分割或加工前后,将识别标记进行原样复制到被分割的部分上,保证每一块材料上都有标记。GB 150 规定,在压力容器的受压元件上应做出材料识别标记,并要求在受压元件的加工过程中对标记进行跟踪。

受压元件加工过程中的标记不一定用硬印标记,可用不易擦去的油漆标记。在完工产品上,应采用带圆角的低应力钢印,避免尖锐刻痕引起过大的应力集中。但对不锈钢压力容器及低温压力容器不允许采用硬印标记。

2. 标志的方法

(1) 打印 在材料指定的部位用油漆喷印或打钢印的办法标以各种符号或代号。钢板常采用这种方法,但对不锈钢板只能喷印,不能打钢印。

(2) 涂色 涂色适用于各种管材、棒材或型材,通常在其端部截面涂上表明其牌号的颜色。不锈钢焊条也是在它的端部用颜色表示其牌号。

(3) 挂牌 对成箱、成捆或成卷的材料,例如,小规格的钢管、薄板、焊丝或其他材料,采用拴挂标牌的办法,以标明材料的牌号、规格、标准代号、生产厂名等。

二、压力容器材料的类别与品种

压力容器使用的钢材形式可分为板材、管材、型材和锻件等几大类,其中应用最多的是钢板、钢管和锻件。按其性质、用途和质量要求不同,分别有各自的技术标准,每一项标准可能包括若干种不同的牌号。在钢材的使用与管理工作中,有时会碰到形式上完全相同的钢号,但由于所遵循的技术标准不同,应视为两种不同类别的钢材,因为钢材的选用、订货、验收与复验是以这种牌号钢材所遵循的技术标准为依据。

(一) 钢板

钢板的主要用途是做压力容器的壳体、封头、辅助构件等。在制造容器过程中,钢板要经过下料、机械加工、卷板、冲压、焊接、热处理等工序,故要求钢板具有较高的强度、良好的塑性、韧性、冷弯性能和焊接性能。

压力容器所用钢板,按脱氧方式可分为沸腾钢和镇静钢;按厚度可分为薄板和厚板;按热处理状态可为热轧钢板、冷轧钢板和热处理钢板等。

1. 碳素钢板

(1) 特点及性能

碳素钢板是指含碳量小于 0.25% 的铁碳合金,含有少量的硫、磷、硅、氧、氮等元素。它们的性能特点是强度低,塑性、韧性、冷加工工艺性能好,并具有良好的焊接性,且价格低廉。

(2) 技术标准

薄钢板遵循 GB 912—89《碳素结构钢和低合金钢热轧薄板及带钢》标准。厚钢板遵循 GB 3274—88《碳素结构钢和低合金结构热轧厚板和带钢》标准。GB 150—1998《钢制压力容器》规定:压力容器受压元件中允许使用的 Q235 系列碳素钢钢板中,仅有 Q235-B、Q235-C 两个牌号。

(3) 应用范围

Q235-B、Q235-C 用于常压或低压容器的主体材料,也可做垫板、支座等零部件材料。GB 150—1998《钢制压力容器》标准规定了碳素结构钢 Q235-B、Q235-C 的使用范围。

2. 压力容器用钢板

(1) 特点及性能

压力容器用钢是在优质低碳钢的基础上严格控制硫、磷的含量,并加入总量一般不超过 5% 的合金元素构成的专用钢板,在钢号的尾部加“R”来表示。容器用钢的牌号及化学成分见表 1-1。

容器用钢具有优良的综合力学性能,其强度、韧性、耐腐蚀性、低温和高温性能等均优于相同含碳量的碳素钢,适于用通常的方法进行焊接。容器采用低合金钢,不仅可以减薄容器的壁厚、减轻重量、节约钢材,而且还能解决大型压力容器在制造、检验、运输、安装中因壁厚太厚所带来的各种困难。

表 1-1 容器用钢的牌号及化学成分

牌号	化学成分(质量分数)/%										
	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Nb	V	P	S	Alt
Q245R	≤0.20	≤0.35	0.50~1.00						≤0.025	≤0.015	≥0.020
Q345R	≤0.20	≤0.55	1.20~1.60						≤0.025	≤0.015	≥0.020
Q370R	≤0.18	≤0.55	1.20~1.60				0.015~0.050		≤0.025	≤0.015	
18MnMoNbR	≤0.22	0.15~0.50	1.20~1.60			0.45~0.65	0.025~0.050		≤0.020	≤0.010	
13MnNiMoR	≤0.15	0.15~0.50	1.20~1.60	0.20~0.40	0.60~1.00	0.20~0.40	0.005~0.020		≤0.020	≤0.010	
15CrMoR	0.12~0.18	0.15~0.40	0.40~0.70	0.80~1.20		0.45~0.60			≤0.025	≤0.010	
14Cr1MoR	0.05~0.17	0.50~0.80	0.40~0.65	1.15~1.50		0.45~0.65			≤0.020	≤0.010	
12Cr2Mo1R	0.08~0.15	≤0.50	0.30~0.60	2.00~2.50		0.90~1.10			≤0.020	≤0.010	
12Cr1MoVR	0.08~0.15	0.15~0.40	0.40~0.70	0.90~1.20		0.25~0.35		0.15~0.30	≤0.025	≤0.010	

注：1. 如果钢中加入 Nb、Ti、V 等微量元素，Alt 含量的下限不适用。
2. 经供需双方协议，并在合同中注明，C 含量下限可不作要求。
3. 厚度大于 60mm 的钢板，Mn 含量上限可至 1.20%。

(2) 技术标准

GB 713—2008《锅炉及压力容器用钢板》将原 GB 713—1997、GB 6654—1996 合并进行了修改。于 2008 年 9 月开始实施，原标准 GB 713—1997 和 GB 6654—1996 作废。新标准规定了锅炉和压力容器用钢板的尺寸、外形、技术要求、试验方法、检验规则、包装、标志、质量证明书。适用于锅炉及其附件和中常压力容器的受压元件用于厚度为 3~200mm 的钢板。

新标准和旧标准相比主要有下以下变化：

- ① 更换了标准名称和钢号的表示方法；
- ② 扩大了钢板的厚度和宽度范围；
- ③ 取消了 15MnVR 和 15MnVNR，纳入了 14Cr1MoR 和 12Cr2Mo1R；
- ④ 20R 和 20g 合并为 Q245R，16MnR 和 16Mng、19Mng 合并为 Q345R，13MnNiMoNbR 和 13MnNiMoNbg 合并为 13MnNiMoR；
- ⑤ 降低了各钢号中的 S、P 含量；
- ⑥ 提高了各钢号的 V 型冲击功指标；
- ⑦ 取消了 20g、16Mng 实效冲击。

标准中各种钢号的硫、磷含量比较低，大部分钢板的冲击试验温度为 0℃。标准的技术指标已处于国际先进水平。

(3) 应用范围

Q245R 用来制作小型的中低压容器。屈服强度 350MPa 级的高强度钢，其塑性、韧性和低温冲击韧性好，并具有良好的焊接性能和工艺性能，是压力容器制造中使用最多的钢