

浅析压力容器制造工艺与质量控制措施

郭翠芳

(南京国祺新能源设备有限公司 江苏 南京 210000)

摘要: 压力容器是目前工业生产过程中重要的承力部件, 在一些科学分析和工业生产中经常会用到压力容器。在实际容器使用期间, 其本身所处的环境介质具备强烈的腐蚀性, 且易燃易爆, 因此在使用中容易发生安全事故。本文基于此背景下, 根据目前压力容器的分类来探讨其具体的制造工艺和相关质量的控制措施, 以供相关工业制造参考。

关键词: 压力容器; 制造工艺; 质量控制措施

0 引言

压力容器在使用期间, 主要是为了盛装液体和气体, 在现代医药和工业生产与制造中经常被使用。在压力容器的使用环境中, 最小压力为 0.1MPa, 极其复杂, 因此在设备设计、制造与运行过程中, 必须要做好质量控制, 防止安全事故发生造成人员伤亡事件。另外压力容器在制造过程中, 需要结合其结构要求来分工处理, 保障质量管理的效果。

1 压力容器的分类

按照制造方法, 可以将其分为焊接、铆接、铸造和锻造容器四种。

根据其容器的承压方式, 可以将压力容器分为内、外压两种形式。

结合设计压力, 可以将其分为低压容器 ($0.1\text{MPa} \leq P < 1.6\text{MPa}$); 中压容器 ($1.6\text{MPa} \leq P < 10\text{MPa}$); 高压容器 ($10\text{MPa} \leq P < 100\text{MPa}$); 超高压容器 ($P \geq 10\text{MPa}$)。

根据设计温度可将其分为低温容器 ($T \leq -20^\circ\text{C}$); 常温容器 ($-20^\circ\text{C} < T \leq 150^\circ\text{C}$); 中温容器 ($150^\circ\text{C} \leq T < 400^\circ\text{C}$); 高温容器 ($T \geq 400^\circ\text{C}$)。

结合制造压力容器的材料不同, 可以将其分为有色金属容器、非金属容器和钢制容器以及铸铁容器四种类型。

根据外形可以将其分为圆筒形、球形、矩形和组合式容器等。

根据生产工艺过程的作用原理可以将其分为反应容器 (R)、换热容器 (E)、分离容器 (S) 和储存容器 (C)。

结合目前对于压力容器的使用方式不同, 可以将其分为移动式 and 固定式两种类型。

根据容器的压力高低、容积大小、使用特点和材质、介质的危害程度以及其生产期间的重要性, 且为了便于安全技术的监察和管理, 将其分为第一、二、三类。

2 压力容器的制造工艺与质量控制措施分析

虽然压力容器本身的种类很多, 且外形多元化特征明显, 但是这些容器几乎都是一种密闭性的壳体类型, 内部都有内件, 具体包含筒体、封头、接管与法兰、密封元件、

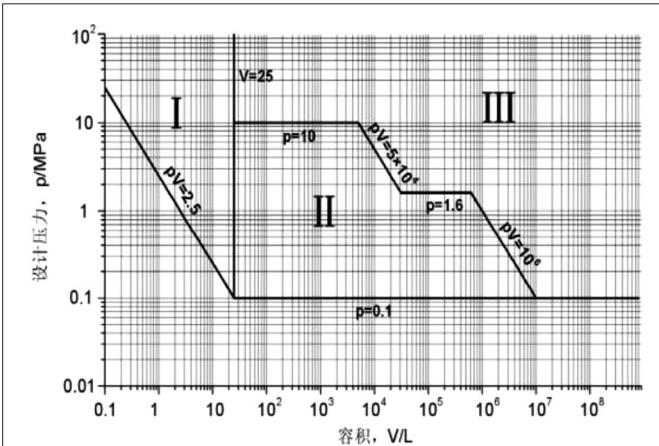


图 A-1 压力容器类别划分图—第一组介质

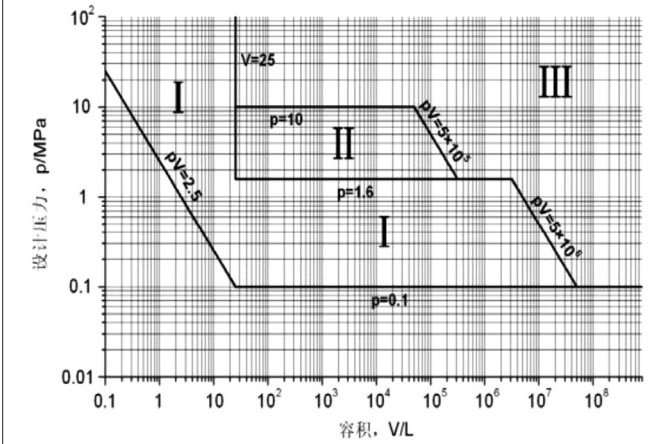


图 A-2 压力容器类别划分图—第二组介质

容器内件和支座等构造。因此在实际制造过程中需要对其结构特点进行详细分析。

2.1 备料

放样和画线。在放样与画线过程中, 该工序的质量对于后续容器几何形状的精度和尺寸精度有着十分重要的影响, 其包含展开、放样和画线以及打标记等重要环节。在计算筒节展开过程期间, 可根据其具体直径的平均来实现, 如下公式所示:

$$L = \pi D - \Delta L = \pi (D_i + S) - \Delta L$$

其中 L 表示筒节的展开长度； D 表示筒节的平均直径； D_i 表示筒节的内径； S 表示板的厚度， ΔL 表示钢板的伸长量。这些内容单位均为 mm 。

下料。在下料过程主要包含冲落和剪切两种方法。在下料之后，选择等离子和火焰切割的方法来制作成品的形状。其中火焰切割也被称为气割，利用氧气与可燃性气体在混合燃烧状态下产生的火焰流进行金属材料的加热处理，等到温度达到金属可燃点后再喷射高速氧流对金属进行灼烧，随后将燃烧所产生的可燃物吹走，进而将金属进行分割。而等离子切割主要是想办来将气体内的原子与分子能量进行提升，这样在能量提升的作用下，原子外层电子会逐渐脱离原则形成游离形态的原子，其包含正电荷离子和负电荷电子，该过程被称为气体电离。而充分电离后的气体就是等离子气体，该种类气体具备优秀的导电能力，且可承受较大的电流密度，因此可具备极高的温度和优秀的导热性。

2.2 成型

其实成型的方法种类较多，本文只对卷制成型进行分析。

在单层的卷焊式压力容器筒节制造中，卷制成型时期主要的方法。该方法原理在于，将需要制造的钢板放在卷板机上，利用滚动作用来实现筒节的制造。不仅操作便捷，且制造的过程可保持匀速与均匀处理。为了保障筒节的制造质量，结合长期工业生产经验，一般在冷态弯卷期间，最缝外的圆周生产率应当被限制在以下范围内：

对于碳素钢而言，Q345R 的外圆周伸长率 $\leq 3\%$ ；

对于高强度的低合金钢而言，外圆的圆周生产率 $\leq 2.5\%$ 。

2.3 机械加工与坡口制备

焊接与加工坡口部位。一般压力容器中负责承载的壳体都是以全焊透的焊缝形式进行焊接，对于 A 与 B 类均为如此，这样的焊缝在使用前必须要实施无损检测。其中焊接的工艺虽然决定着坡口具体的形式，但是其表面的清洁

度和尺寸精度还是需要由加工方法的选择来决定。现有所制作的筒体都是采取车削或者是气割等方式，而壳壁的开口作业需选择车削、气割和钻等方法实施施工。如果采取刨边加工坡口的方式，需要使用长度在 3 到 15m 范围内、加工厚度在 60 到 120mm 范围内的刨边机。

在切割筒体的端面或者是封头余量过程中，半自动化切割是其主要的方法。在坡口被切割之后打磨，可用在后续组装过程中。但是需要注意的是，当压力容易焊接的坡口材料是 $\sigma_b \geq 540\text{MPa}$ 和 Cr-Mo 低合金钢时，此时如果选择气割来对坡口进行制备，那么需先对其表明进行打磨，再做好渗透试验，试验合格之后方可进行组装。

2.4 装配

装配筒体。在筒节制造过程中，需要注意在卷制后，至少有一条纵缝能够实现后组装和焊接，加上其组装过程中误差没有积累，因此质量相对来讲比较容易被控制。但是在实际筒体的壁厚如果达到 20 到 45mm，直径达到 1000 到 6000mm，加上在其弯卷期间控制手段不足，很容易造成尺寸的偏差。且版料预弯的质量如果不能满足工艺需求，会导致纵缝出现棱角误差的问题，如果出现该问题，在组装期间是难以对其进行改正的，只有在焊接纵缝之后，基于校圆工序的操作，才能够修正该问题，实现筒体质量制造。

组装壳体环缝。与纵缝来讲，环缝的组装比较困难，主要体现在两个方面，一方面制造期间存在一定的误差，导致封头和筒节在每一个容器上都会存在圆周长度的误差；另一方面，由于上述存在的圆周长度误差，也会导致环缝焊接与组装过程十分需要耐心。另外需要注重控制环缝的间隙问题，保障环缝组装后容器最终的尺寸符合要求。

装配支座。支座是连接压力容器与基础平面的重要构件，而支座作为基础部件而言，支座的制造质量会影响到整个压力容器安放期间的稳定性，甚至会影响到容器操作的安全性。虽然在制造支座期间，随着其应用场景不同，支座的制造方法也手段也会存在差异，根据行业标准，规定四种类型的支座，分别为鞍式、腿式、支承式和耳式四种支座形式。但是这些支座的共同点在于，需要在一同平面内保持支座的底板设计，且其螺栓之间的距离所存在的误差是控制的重点，地平面也不可出现翘曲和倾斜等病症，这些都是支座制造中所需要注重的重点问题。

3 压力容器的质量保证体系

质量保证体系的建立是为了对产品进行监督与检查，属于辅助性的机构管理，其包含材料、质量管理与压力试验分析等各个环节。因此必须要对整个压力容器的质量保证体系进行完善，以此来提升整个压力容器的制造品质。一方面需要及时提升相关作业人员的工作能力

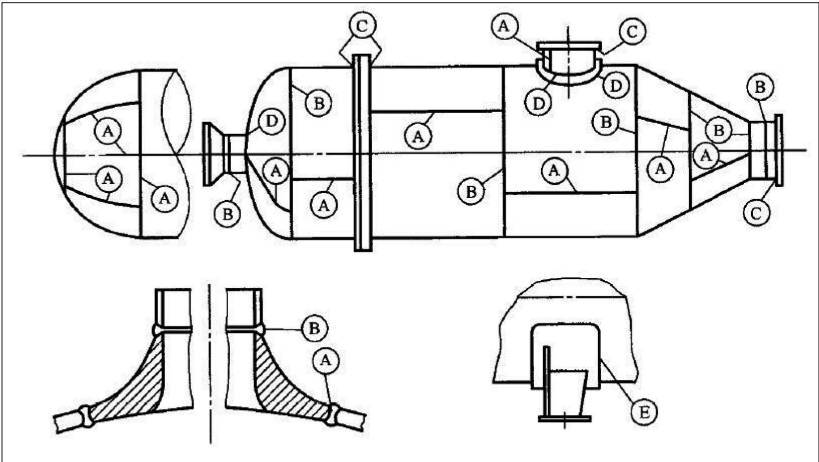


图 1 焊接接头分类

与安全意识，保障在各个工作岗位中的工作人员可以充分履行其岗位的具体职责，加强产品质量的关卡分析与管控。其中部分企业在发展期间，会借助于外单位岗位人员，也就是抱岗制度。

同时需要注意的是，在实际工程生产期间，需要保障工程师具备否决的权力。目前很多私营企业在质量控制方面决定权都在领导手中，如果出现问题，工程师也难以去提出合理的意见。由此为了全面提升压力容器的工程制造与使用效果，必须要将质量控制作为一项重要任务，做好各项工作的严格检查，对各个环节细节进行充分控制，进而促使压力容器的生产与制造满足工艺需求与生产要求。

4 结语

综上所述，在压力容器制造中，需要切实考虑好安装质量与制造质量与设计质量的重要性，而其中最为重要的就是压力容器的制造质量，且为了压缩企业的生产成本，必须要以科学有效的质量管理体系进行制造，减少不合格产品的发生概率，严格控制各个制造环节的操作流程，最大化提升压力容器的制造质量。

参考文献：

[1] 任滨,王鸿志.压力容器制造工艺及质量控制措施探讨[J].2020.

[2] 刁焕武,李鹏飞,杨茜.压力容器制造期间的质量控制措施探究[J].科学与财富,2020,000(004):369.

[3] 宋良伟.论压力容器产品制造工艺控制及质量管理措施[J].2020.

[4] 郭建军.现代压力容器制造的新工艺及质量控制对策[J].精品,2020(26):1.

[5] 马文明.压力容器焊接质量控制的研究与实践分析[J].2021.

[6] 吴佳艺.压力容器焊接质量检验与质量控制标准化的研究[J].2021(2016-12):49-49.

[7] 《固定式压力容器安全技术监察规程》TSG 21-2016[S].

[8] 《压力容器》GB/T 150.4-2011[S].

作者简介：郭翠芳（1987.10-），女，汉族，江苏南京人，本科，助理工程师，研究方向：过程装备与控制。

