

第一章 化工设备基础知识

第一节 化工设备概述

一、化工设备在化工生产中的重要地位

化学工业在国民经济中占有重要地位,它与农业、工业、国防以及人民的衣食住行都有极为密切的关系。

石油、化工产品都是按照一定的工艺过程,利用与之相配套的机械设备生产出来的。例如,生产硫酸就需要与硫酸生产工艺配套的化工机械,加工原油就需要与原油加工工艺配套的精馏塔、换热器、加热炉、泵等。因此,化工机械是为化工工艺服务的,是实现化工生产的工具和手段。不同的化工工艺过程对化工机械提出了不同的要求,促进了化工机械的发展,而设计合理、质量优良的新型高效化工机械又会促使产品质量和产量的提高及消耗的降低,甚至使原来难以实现的生产工艺得以实现,生产出许多新的产品。

化工机械分为两大类:一类为动设备,如各种类型的泵、压缩机、离心机等,通常称为“机器”;另一类为静设备,如用于精馏、解吸、吸收、萃取等工艺的塔设备,用于合成材料聚合、加氢、裂解等工艺的反应设备,用于气、液体加热、冷却,液体汽化,蒸汽冷凝及废热回收的各种热量交换设备,用于原料、成品及半成品储存、运输、计量的储运设备等,通常称为“设备”,即本书所讲的“化工设备”。化工厂的机械装备 80% 左右属于化工设备。

本课程的主要任务是研究典型化工设备及其常用零部件的材料选用、结构组成、性能特点、日常维护的方法。

二、化工设备工业的发展

中华人民共和国成立前,我国没有健全的化工设备工业,大部分生产设备及备品配件均靠国外进口。中华人民共和国成立后,我国陆续建立了一批化工机械厂来配合化工企业的生产。20 世纪 50 年代末,我国已经能够生产压力为 32.4 MPa 的多层包扎式高压容器。化工设备的发展为化工工艺的开发奠定了基础。20 世纪 60 年代,国内化工生产逐步实现了设

2 | 化工设备

备大型化。20 世纪 80 年代,我国氨碱厂的设备已经处于国际先进水平,可生产石墨换热器、氟塑料制成酸冷却器、硝酸吸收塔、聚合釜、年产 30 万吨合成氨和 52 万吨尿素的联合装置等化工设备。20 世纪 90 年代,我国化工设备生产已具备向世界先进水平挑战的能力。21 世纪,随着科学技术的进步,化工设备不但向标准化、节能化、大型化发展,而且向精细化、信息化、机电一体化发展。展望未来,化工设备必将为适应现代化学工艺生产的需要而飞速发展。

三、压力容器分类

压力容器是指压力和容积达到一定数值,容器所处的工作温度使其内部气体呈气体状态的密闭容器。

世界各国规范对压力容器分类的方法各不相同,本节着重介绍我国《固定式压力容器安全技术监察规程》(TSG 21—2016)中的分类方法:按承压方式分类、按容器在生产中的作用分类、按安装方式分类、按安全技术管理分类。

1. 按承压方式分类

按承压方式不同,容器分为外压容器和内压容器。

(1)外压容器。当容器的内压力小于一个绝对大气压(约 0.1 MPa)时,外压容器又称为真空容器。

(2)内压容器。按照设计压力 p 不同,内压容器又分为以下 4 类:

①低压(L)容器($0.1 \text{ MPa} \leq p < 1.6 \text{ MPa}$)。

②中压(M)容器($1.6 \text{ MPa} \leq p < 10 \text{ MPa}$)。

③高压(H)容器($10 \text{ MPa} \leq p < 100 \text{ MPa}$)。

④超高压(U)容器($p \geq 100 \text{ MPa}$)。

2. 按容器在生产中的作用分类

按在生产中的作用不同,容器分为以下 4 类。

(1)反应压力容器,代号 R。

(2)换热压力容器,代号 E。

(3)分离压力容器,代号 S。

(4)储存压力容器,代号 C,其中球罐代号 B。

3. 按安装方式分类

按安装方式不同,容器分为以下两种。

(1)固定式压力容器。其指安装在固定位置使用的压力容器。

(2)移动式压力容器。采用该安装方式的压力容器在结构、使用和安全方面均有其特殊的要求。

4. 按安全技术管理分类

按安全技术管理分类,即根据容器压力与容积乘积大小、介质危害程度以及容器的作用

将压力容器分类。一般分为 3 类,即第三类压力容器、第二类压力容器和第一类压力容器。

(1)第三类压力容器。具有下列情况之一的,为第三类压力容器。

- ①高压容器。
- ②中压容器(仅限毒性程度为极度和高度危害介质)。
- ③中压储存容器(仅限易燃或毒性程度为中度危害介质,且 $pV \geq 10 \text{ MPa} \cdot \text{m}^3$)。
- ④中压反应容器(仅限易燃或毒性程度为中度危害介质,且 $pV \geq 0.5 \text{ MPa} \cdot \text{m}^3$)。
- ⑤低压容器(仅限毒性程度为极度和高度危害介质,且 $pV \geq 0.2 \text{ MPa} \cdot \text{m}^3$)。
- ⑥高压、中压管壳式余热锅炉。
- ⑦中压搪玻璃压力容器。
- ⑧使用强度级别较高的材料制造的压力容器。
- ⑨移动式压力容器,包括铁路罐车(介质为液化气体、低温液体),罐式汽车[液化气体运输(半挂)车、低温液体运输(半挂)车、永久气体运输(半挂)车]和罐式集装箱(介质为液化气体、低温液体等)。
- ⑩球形储罐(容积大于等于 50 m^3)。
- ③低温液体储存容器(容积大于 5 m^3)。

(2)第二类压力容器。具有下列情况之一的,为第二类压力容器。

- ①中压容器。
- ②低压容器(仅限毒性程度为极度和高度危害介质)。
- ③低压反应容器和低压储存容器(仅限易燃介质或毒性程度为中度危害介质)。
- ④低压管壳式余热锅炉。
- ⑤低压搪玻璃压力容器。

(3)第一类压力容器。除上述规定以外的低压容器均为第一类压力容器。

由于各国的经济政策、技术政策、工业基础和管理体系存在差异,压力容器的分类方法也互不相同。当采用国际标准或国外先进标准设计压力容器时,应采用相应的分类方法。

四、压力容器基本要求

化工生产具有生产过程复杂,工艺条件苛刻,介质易燃、易爆、有毒、腐蚀性强,生产装置大型化及生产过程的连续性、自动化程度高等特点。因此,要求化工设备既能满足化工工艺的要求,又能安全可靠地运行,同时还应经济合理。

1. 满足工艺要求

化工设备的许多结构尺寸都是由工艺计算决定的,工艺人员通过工艺计算确定容器的直径、容积等尺寸,并提出压力、温度、介质特性等生产条件。机械制造人员所提供的设备从结构形式和性能特点上应能在指定的生产条件下完成指定的生产任务。因此,化工设备首先应满足化工工艺的要求。

2. 安全可靠运行

化工生产的特点决定了化工设备安全可靠运行的重要性。国内外的生产实践表明,化

工设备事故发生相当频繁,而且事故的危害性极大,尤其是对环境的破坏。为了保证其安全运行,防止事故发生,世界各国都先后成立了专门的研究机构,从事专门的研究工作并出台了相关的技术规范。

保证化工设备安全可靠运行,具体体现在满足强度、刚度(稳定性)、密封性、耐久性、耐腐蚀性等多个方面的要求。

3. 经济合理

化工设备在满足工艺要求和保证安全可靠运行的前提下,应尽量做到经济合理。从选材、设计、制造、安装等方面减少费用。不仅要降低设备本身的成本,还要考虑操作、维护、修理费用,能源及动力的消耗等。

第二节 化工设备常用材料

材料是构成化工设备的物质基础,化工生产工艺的复杂性决定了化工设备选材的广泛性,但使用最多的还是各种钢材。



视频

压力容器的安全附件及工作原理

一、对压力容器用钢的基本要求

压力容器用钢首先应有足够的强度以满足压力载荷的需要,若强度过低,会使容器壁过厚而显得粗笨,且使制造安装不便;其次,容器在制造中是用冷卷、热冲压成形工艺和焊接连接的,要求材料应有良好的塑性和焊接性;为防止因缺陷形成应力集中,要求材料有良好的韧性;在交变载荷作用下要求材料具有抗疲劳破坏的能力并能抵抗化工生产介质的腐蚀。

综上所述,对压力容器用钢的基本要求是:较高的强度,良好的塑性、韧性,良好的焊接性、抗疲劳能力和耐腐蚀性。

二、常用钢材

1. 钢材种类

压力容器用钢数量最多的是钢板,现就 GB/T 150.2—2011《压力容器 第2部分:材料》中允许选用的钢板进行简要介绍。

对压力容器可供选用的碳素结构钢钢板的牌号有 Q235-A·F、Q235-A、Q235-B、Q235-C。这属于一般用途的碳素结构钢而并非压力容器专用钢,但由于其轧制技术成熟,质量稳定、价格较低,在限定的条件下是可靠的,因而在规定的条件下可用于压力容器。

(1)压力容器用碳素钢和低合金钢钢板。这类钢板是按 GB/T 713—2014《锅炉和压力容器用钢板》生产的,是一般的压力容器专用钢板,包括 Q245R、Q345R、Q370R、18MnMoNbR、13MnNiMoR、15CrMoR、14Cr1MoR、12Cr2Mo1R、12Cr1MoVR,以及

GB/T 3531—2014《低温压力容器用钢板》中所列钢号 16MnDR、15MnNiDR、09MnNiDR。与普通碳素钢比,其具有高强度、高韧性和良好的可焊性,广泛用于各种塔器、换热器、容器、储槽和管道等。

(2) 低温压力容器用低合金钢钢板。低温容器的壳体应选用耐低温的钢板,如 16MnDR、15MnNiDR、09Mn2DR、09MnNiDR 等。其具有足够的强度、韧性指标和低温力学性能,主要用于制冷、空分和加氢设备等。

(3) 不锈钢钢板。这类钢板在空气、酸、水及其他强腐蚀性的介质中耐腐蚀或者在高温时抗氧化。其价格约为碳钢的 10 倍,一般不宜采用。不锈钢大部分用作设备衬里和内件,或者与碳钢组成复合钢板制作容器。

2. 常用钢板名义厚度

碳素钢和低合金钢钢板厚度有 3, 4, 5, 6, 8, 10, …, 60 (以 2 递进, 单位为 mm)。厚度 60 mm 以上的钢板依据需要和供货情况而定。

高合金钢钢板厚度有 2, 3, 4, …, 20 (以 1 递进, 单位为 mm)。厚度 20 mm 以上的钢板依据需要和供货情况而定。

思 考 题

1. 化工机械中有哪些动设备和静设备?
2. 压力容器的分类方法有哪些?
3. 化工设备的基本要求有哪些?
4. 化工设备常用的材料有哪些?