

附件 2：安全科学与工程类专业试讲内容

第四章 化工设备安全知识

压力容器如塔、器、釜、槽、罐，在化学工业中有着广泛应用。由于压力容器在温度、压力、介质、环境等极为复杂、苛刻的条件下运行，有事故率高、危害性大的特点。瑞士在保险公司的统计资料显示，导致化学工业和石油工业事故的九大类型危险源中，设备缺陷问题居于第一位。由设备缺陷引发的事故，在化学工业中占 31.1%，在石油工业中占 46.0%。如果消除设备缺陷，会有效改善化学工业和石油工业的安全。

在化工生产中，几乎所有的化工设备与机械之间都是用管道相连接的，用以输送和控制流体介质，完成特定的化工工艺工程，工艺管道与机械设备一样，伴有介质的化学环境和热学环境，在复杂的工艺条件下运行，设计、制造、安装、检验、操作、维修的任何失误，都有可能造成管道的过早失效或发生事故。特别是高压工艺管道，由于承受高压，加上化工介质的易燃、易爆、有毒、强腐蚀和高、低温特性，一旦发生事故，就更具危险性。

在化学工业各类伤亡事故中，机械伤害和触电伤害占很大比例。据我国化工部门统计，1950 年到 1999 年的 50 年中，我国化工行业发生各类伤亡事故 23 425 起，死亡 8 313 人，重伤 17 401 人。其中，机械伤害的死亡人数占总死亡人数的 6.8%，而其重伤人数却占总重伤人数的 36.2%，居于各类重伤事故之首。触电伤害的死亡人数占总死亡人数的 8.7%，触电伤害死亡的比例是相当高的。

第一节 压力容器的安全知识

在化工生产过程中需要用容器来储存和处理大量的物料。由于物料的状态、物料的物理及化学性质不同以及采用的工艺方法不同，所用的容器也是多种多样的。在化工生产过程中使用的容器中，压力容器的数量多，工作条件复杂，危险性很大，因此压力容器状况的好坏对实现化工安全生产至关重要。

一、压力容器的分类及特点

所有承受压力载荷的密闭容器都可以称为压力容器。但是，并不是所有的压力容器都有很大的危险。事实上只有其中的一部分压力容器比较容易发生事故，并且事故的危害性较大。一般情况下，压力容器是指具备下列条件的容器：

- ①最高工作压力大于或等于 0.1 MPa（不含液体静压力，下同）。
- ②内直径（非圆形截面指断面最大尺寸）大于或等于 0.15 m，且容积（V）大于或

等于 0.25 m^3 。

③盛装介质为气体、液化气体或最高工作温度高于或等于标准沸点的液体。

1. 压力容器的分类

在化工生产过程中,为有利于安全技术监督和管理,根据容器的压力高低、介质的危害程度以及在生产中的重要作用,将压力容器进行分类。压力容器的分类方法很多。

(1)按工作压力分类。按压力容器的设计压力分为低压、中压、高压、超高压四个等级。

低压(代号 L)	$0.1 \text{ MPa} \leq p < 1.6 \text{ MPa}$
中压(代号 M)	$1.6 \text{ MPa} \leq p < 10 \text{ MPa}$
高压(代号 H)	$10 \text{ MPa} \leq p < 100 \text{ MPa}$
超高压(代号 U)	$100 \text{ MPa} \leq p \leq 1\,000 \text{ MPa}$

(2)按用途分类。按压力容器在生产工艺过程中的作用原理分为反应压力容器、换热压力容器、分离压力容器、储存压力容器。

①反应容器(代号 R)。主要用于完成介质的物理、化学反应的压力容器。如反应器、反应釜、分解锅、分解塔、聚合釜、高压釜、超高压釜、合成塔、铜洗塔、变换炉、蒸煮锅、蒸球、蒸压釜、煤气发生炉等。

②换热容器(代号 E)。主要用于完成介质的热量交换的压力容器。如管壳式废热锅炉、热交换器、冷却器、冷凝器、蒸发器、加热器、消毒锅、染色器、蒸炒锅、预热锅、蒸锅、蒸脱机、电热蒸气发生器、煤气发生炉水夹套等。

③分离容器(代号 S)。主要用于完成介质的流体压力平衡和气体净化分离等的压力容器。如分离器、过滤器、集油器、缓冲器、洗涤器、吸收塔、干燥塔、汽提塔、分气缸、除氧器等。

④储存容器(代号 C,其中球罐代号 B)。主要是盛装生产用的原料气体、液体、液化气体等的压力容器。如各种类型的储罐。

在一种压力容器中,如同时具备两个以上的工艺作用原理时,应按工艺过程中的主要作用来划分。

(3)按危险性和危害性分类

①一类压力容器。非易燃或无毒介质的低压容器;易燃或有毒介质的低压分离容器和换热容器。

②二类压力容器。任何介质的中压容器;易燃介质或毒性程度为中度危害介质的低压反应容器和储存容器;毒性程度为极度和高度危害介质的低压容器;低压管壳式余热锅炉;搪瓷玻璃压力容器。

③三类压力容器。毒性程度为极度和高度危害介质的中压容器和 pV (设计压力 \times 容积) $\geq 0.2 \text{ MPa} \cdot \text{m}^3$ 的低压容器;易燃或毒性程度为中度危害介质且 $pV \geq 0.5 \text{ MPa} \cdot \text{m}^3$ 的中压反应容器;易燃或毒性程度为中度危害介质且 $pV \geq 10 \text{ MPa} \cdot \text{m}^3$ 的中压储存容器;高压、中压管壳式余热锅炉;高压容器。

2. 压力容器的特点

(1)种类繁多、应用面广。压力容器主要用于石油、化学和冶金工业,种类繁多、

形式各异。如一个年产 30 万 t 的乙烯装置，其中有压力容器 281 台，占设备总量的 35.4%。

(2) 操作条件复杂、安全要求高。压力容器的操作条件极为复杂，有些甚至达到苛刻的地步。从 -100°C 以下的低温到 $1\,000^{\circ}\text{C}$ 以上的高温；从大气压以下的真空到 100 MPa 以上的超高压，温度和压力变化范围相当宽广。处理的介质，多为易燃、易爆、有毒、腐蚀等有害物质，有数千个品种。如合成氨的操作压力为 10~100 MPa，高压聚乙烯装置的操作压力为 100~200 MPa。操作条件的复杂性使压力容器从设计、制造到使用、维护都不同于一般机械设备。

压力容器结构并不复杂，但因其承受各种静、动载荷或交变载荷，还有附加的机械或温度载荷，加工的物料多为有危险性的饱和液体或气体，容器一旦破裂就会卸压，导致液体蒸发或蒸气、气体膨胀，瞬间释放出极大量的破坏能量。承压容器多为焊接结构，容易产生各种焊接缺陷，一旦检验或操作失误，易发生爆炸破裂，容器内的易燃、易爆、有毒介质将向外喷泻，会造成灾难性后果。所以压力容器比一般机械设备有更高的安全要求。