

“十四五”职业教育国家规划教材

中等职业教育化学工艺专业系列教材

# 化工设备基础

HUAGONG SHEBEI JICHU

刘尚明 主编  
沈晨阳 主审

王会祥 胡宜生 副主编



化学工业出版社

# 目 录

化工设备基础  
HUAGONG SHEBEI JICHU

## 项目一 学习化工设备基础知识 1

- 任务一 了解化工设备基础知识 ..... 1
- 任务二 学习化工设备材料 ..... 5
- 任务三 了解化工设备管理知识 ..... 12

## 项目二 熟悉反应器 15

- 任务一 了解反应器 ..... 15
- 任务二 熟悉典型反应设备的部件 ..... 17
- 任务三 了解其他反应器 ..... 25
- 任务四 识别反应器的常见故障、掌握故障处理及设备维护方法 ..... 27

## 项目三 认识塔设备 32

- 任务一 了解塔设备 ..... 32
- 任务二 认识板式塔 ..... 34
- 任务三 认识填料塔 ..... 38
- 任务四 识别塔设备的常见故障、掌握故障处理及设备维护方法 ..... 43

## 项目四 学习换热器 46

- 任务一 认识换热器 ..... 46
- 任务二 学习列管式换热器的结构与类型 ..... 48
- 任务三 了解其他类型的换热器 ..... 53
- 任务四 识别换热器的常见故障、掌握故障处理及设备维护方法 ..... 56

**项目五 学习泵** 58

任务一	了解泵的基础知识	58
任务二	学习离心泵	61
任务三	了解其他类型的泵	65
任务四	识别泵的常见故障、掌握故障处理及设备维护方法	68

**项目六 认识压缩机** 72

任务一	了解压缩机	72
任务二	认识往复式压缩机	73
任务三	认识离心式压缩机	81
任务四	识别压缩机的常见故障、掌握故障处理及设备维护方法	85

**项目七 了解其他类型化工设备** 89

任务一	掌握容器基础知识	89
任务二	了解干燥设备	100
任务三	了解蒸发设备	103
任务四	了解结晶设备	108
任务五	了解离心设备	110
任务六	了解破碎设备	114

**项目八 了解化工管路及管钳工基本操作** 118

任务一	了解化工管路及组成	118
任务二	了解管钳工基本常识	126

**参考文献** 131

# 项目一

## 学习化工设备基础知识



### 学习目标

- ① 了解化工生产对化工设备的要求；
- ② 认识本课程涉及的有关规范并会查询；
- ③ 了解化工设备的种类、使用材料类型、特性及应用；
- ④ 了解化工设备管理知识。

### 任务一

### 了解化工设备基础知识

在学习本课程时，可以到附近的化工企业参观、实践，或者上网搜寻化工企业的视频、图片。

呈现在眼前的是不是如图 1-1 所示这样的场景呢？

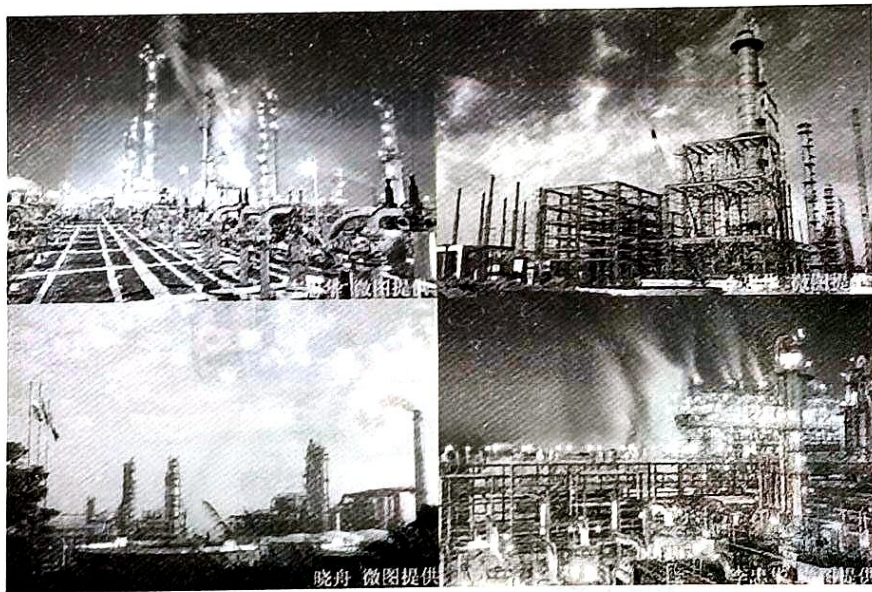


图 1-1 化工企业厂区

正如我们所见，化工企业由大大小小、各式各样的设备组成，其中大部分是化工设备。

### 一、化工设备的定义及分类

#### 1. 化工设备的定义

化学工业又称化学加工工业，泛指生产过程中化学方法占主要地位的过程工业。化学工



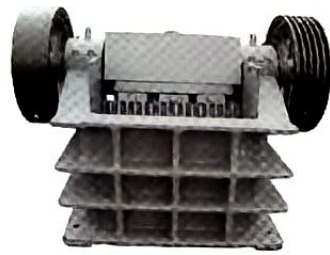
业是利用化学反应改变物质结构、成分、形态等生产如无机酸、碱、盐、稀有元素、合成纤维、塑料、合成橡胶、染料、涂料、化肥、农药等化学产品。

化学工业生产中所用的机器和设备的总称叫化工设备。化工生产中为了将原料加工成一定规格的成品，往往需要经过原料预处理、化学反应以及反应产物的分离和精制等一系列化工过程，实现这些过程所用的机械，常常都被划归为化工设备。

## 2. 化工设备的分类

① 化工设备通常可分为两大类，动设备和静设备。

动设备如图 1-2 所示，这些设备的主要作用部件是运动的，所以叫动设备。



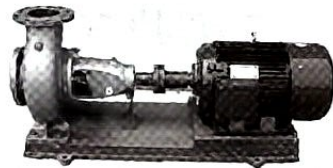
破碎机



离心分离机



搅拌机



泵

图 1-2 动设备

静设备如图 1-3 所示，这些设备主要作用部件是静止的或者只有很少的运动。



容器



干燥设备



蒸发器



换热器

图 1-3 静设备

化工设备除上图显示的之外还有很多设备，但区分的关键是看主要作用部件是运动还是静止。

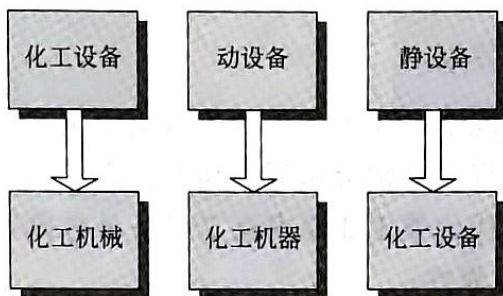


什么是“主要作用部件”呢？

在化工设备中起到核心功用的，占有主要地位的部件，如泵中的叶轮、塔的塔体等。

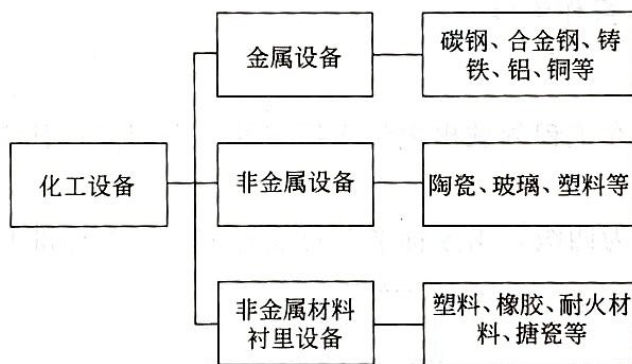
### 知识拓展：化工设备的另一种叫法

在化工企业，许多设备维修人员又把化工设备称为化工机械，动设备称为化工机器，静设备称为化工设备。



② 按结构特征和用途分容器、塔器、换热器、反应器（包括各种反应釜、固定床或液态化床）和管式炉等。

③ 按结构材料分金属设备、非金属设备和非金属材料衬里设备。



④ 按受力情况分外压设备（包括真空设备）和内压设备，内压设备的分类见图 1-4。

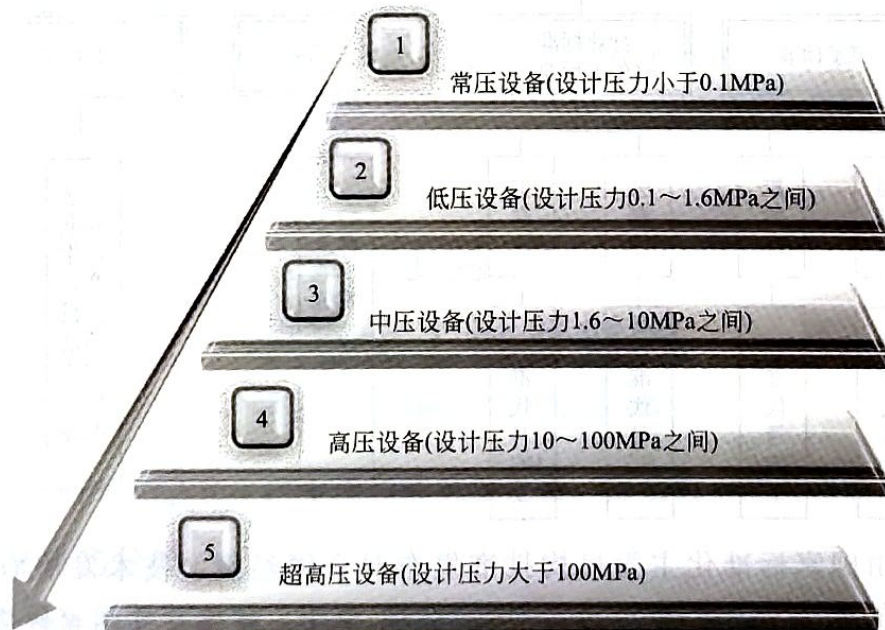


图 1-4 内压设备分类



### 知识链接：压力锅

压力锅是一种内压力容器，它是1967年法国物理学家德尼·帕潘发明的。压力锅靠独特的高温、高压功能，大大缩短了做饭的时间，节约了能源。请上网查查，压力锅的工作压力是多少？



## 二、化工生产对设备的要求

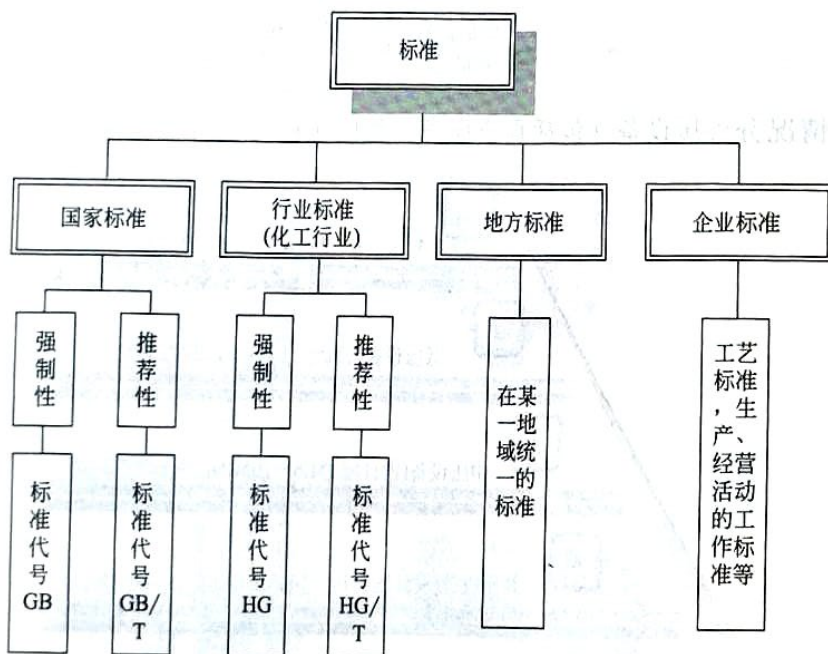
化工产品的质量、产量和成本，在很大程度上取决于化工设备的完善程度，而化工设备本身的特点必须能适应化工过程中经常会遇到的高温、高压、高真空、超低压、易燃、易爆以及强腐蚀性等特殊条件。近代化学工业要求化工设备具有以下特点：

- ① 具有连续运转的安全可靠性；
- ② 满足操作条件要求的力学性能；
- ③ 具有优良的耐腐蚀性能；
- ④ 工作状态下密封性能良好；
- ⑤ 低成本、低能耗，操作维修方便。

## 三、化工设备规范

标准、规范、规程是在工程领域出现频率最多的三个词汇，其实它们都是标准的一种表现形式，可以统称为标准。

我国标准体制目前分为四级，国家标准、行业标准、地方标准和企业标准。



国家标准指由国家标准化管理机构批准发布对全国经济、技术发展有重大意义，且全国范围内统一的标准。国家标准分强制国家标准（GB）和推荐性国家标准（GB/T），见图1-5。

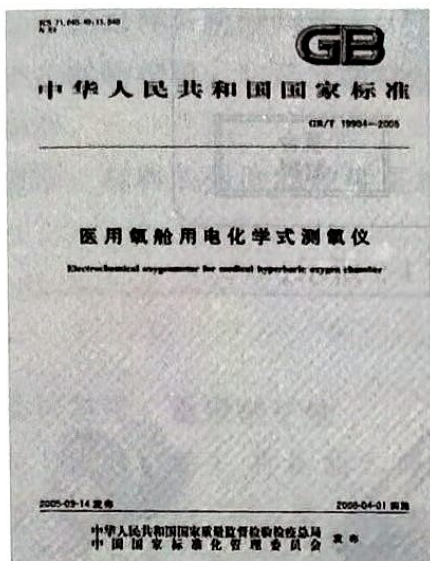


图 1-5 国家标准

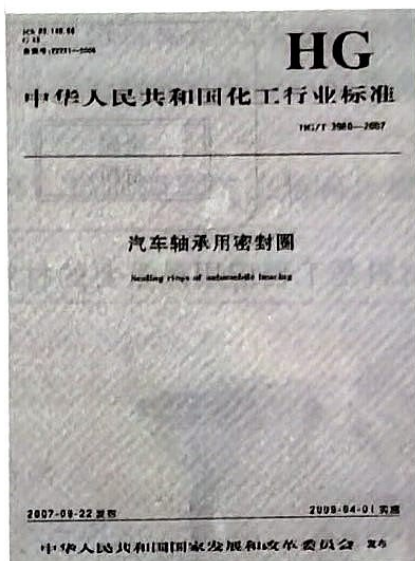


图 1-6 化工行业标准

行业标准是在全国某个行业范围内统一的标准，化工行业标准是化工行业的统一标准，该标准编号以 HG 开头，见图 1-6。

国家和行业标准编号由标准代号、标准发布顺序号和标准发布年号（发布年份）构成。



编号 GB 150—1998《钢制压力容器》，GB 开头证明是国家颁布标准，该标准顺序号 150，1998 年颁布。

编号 HG 20652—1998《塔器设计技术规范》，HG 开头表示为化工行业标准，标准顺序号 20652，1998 年颁布。

地方和企业标准是由某区域和某企业制定和实行的标准。企业标准由企业自行制定，一种需要上报备案，另一种不需要备案，只要企业好用并得到认可就行。

#### 能力拓展：查阅标准

- ① 分清是国家、行业还是地方或企业标准。
- ② 网络查找是一种有效的方法，试试登陆国家标准文献共享服务平台：<http://www.cssn.net.cn/>。

## 任务二 学习化工设备材料

生活中的各种日常用品和生产中的各种机器设备，都是由不同材料制成的。

### 一、工程材料的分类

工程材料是用在化工、机械、能源、建筑等领域的材料。工程材料一般分为金属材料、非金属材料 and 复合材料三大类。



## 学习目标

- ① 了解泵的基础知识；
- ② 掌握离心泵的结构及各部件的作用；
- ③ 了解离心泵的选用、安装，熟悉泵的操作；
- ④ 了解其他类型泵；
- ⑤ 识别泵的常见故障，简单分析判断故障原因，会采取相应处理措施，会进行常规的维护和保养。

## 任务一 了解泵的基础知识

图 5-1 所示是农田排涝的情景。柴油机带动水泵将农田的积水排走，保证了庄稼的正常生长。



图 5-1 农田排涝

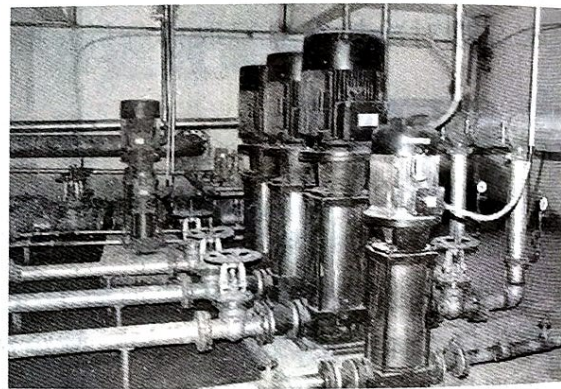


图 5-2 给水泵站

打开水龙头，水就流出来。自来水从水厂到用户，需要给水泵站来完成输送，如图 5-2 所示。

### 一、泵的应用

#### 1. 泵的应用领域

泵主要用来输送液体，包括水、油、酸碱液、乳化液、悬乳液和液态金属等，也可输送气液混合物以及含悬浮固体物的液体。泵的种类多，应用领域广，用量大。图 5-3 是各种类型的泵。表 5-1 列出了泵的应用领域及作用。

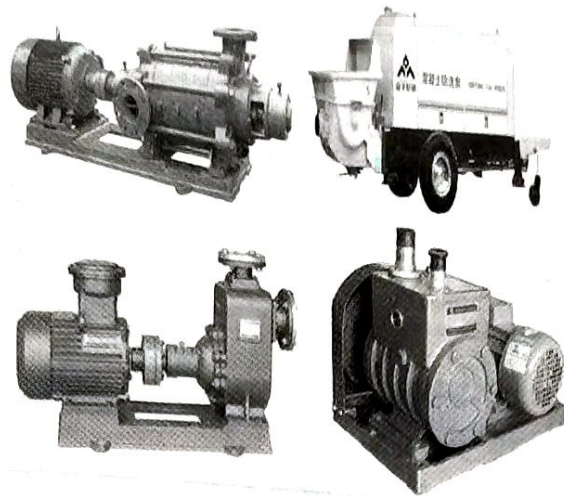


图 5-3 各种类型的泵

表 5-1 泵的应用领域及作用

应用领域	作用
居民生活	生活用水等给排水,需要大量的泵
机械行业	机床等动设备的润滑
纺织业	漂液和染料的输送
造纸业	纸浆的输送
食品业	牛奶和糖类食品的输送
矿业开采	矿井排水
冶金业	选矿、冶炼和轧制等工序,需用泵来供水
核电站	载热体的循环需要核主泵、二级泵、三级泵
热电厂	需要大量的锅炉给水泵、冷凝水泵、循环水泵和灰渣泵
国防工业	飞机襟翼、尾舵和起落架的调节,军舰和坦克炮塔的转动,潜艇的沉浮等都需要用泵
农业	农作物的浇灌;雨季农田排涝

总之,无论是飞机、火箭、坦克、潜艇、船舶、火车等大型设备,还是核电、钻井、采矿、农田排灌等各行各业,以及日常的生活,到处都需要用泵,到处都有泵在运行。

## 2. 化工用泵

化工原料和产品,大多易燃、易爆,有的有毒、有的具有腐蚀性,有的还含有固体颗粒介质;化工生产过程的温度、压力高低不同,流量大小迥异。化工行业的这些特点,决定了化工用泵的特殊性和多样性。图 5-4 是化工厂常用的耐腐蚀化工泵。表 5-2 列出了化工用泵的使用环境及对泵的要求等。



图 5-4 耐腐蚀化工泵

表 5-2 化工用泵的使用环境及对泵的要求

物料性质及使用环境	对泵的要求	可选类型
输送易燃、易爆、有毒、有放射性或贵重介质	要求轴封可靠或采用无泄漏泵	磁力驱动泵、隔膜泵、屏蔽泵
输送腐蚀性介质	对流部件采用耐腐蚀性材料	AFB 不锈钢耐腐蚀泵、CQF 工程塑料磁力驱动泵



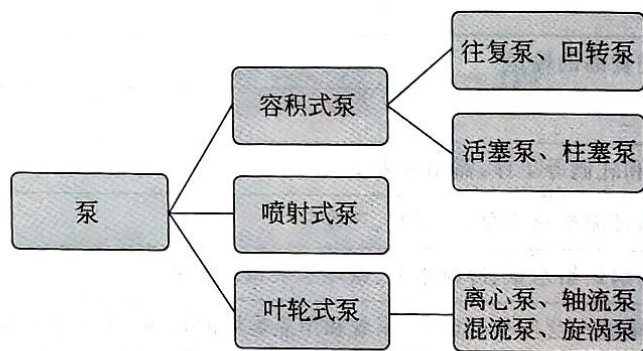
物料性质及使用环境	对泵的要求	可选类型
输送含有固体颗粒的介质	要求对流部件采用耐磨材料,必要时轴封采用清洁液体冲洗	泥浆泵、污水泵等
按配比输送多种液体	要求准确计量	计量泵
需要扬程很高,但流量不大	需要很高的扬程	往复泵、旋涡泵
需要流量很大,但扬程不大	需要很大的流量	轴流泵和混流泵
启动频繁或灌泵不便	具有自吸性能	自吸式离心泵、自吸式旋涡泵、气动(电动)隔膜泵

总之,根据化工物料的性质和泵的使用环境,可以选用不同类型的泵,以满足化工生产和储运的要求。

## 二、泵的分类和型号

### 1. 泵的分类

泵的种类繁多,可以根据不同的分类标准进行分类,按工作原理分为三类:



泵的其他分类:

- ① 按泵轴位置分为立式泵和卧式泵;
- ② 按吸入口数目分为单吸泵和双吸泵,如图 5-5 所示;
- ③ 按驱动泵的原动机分为电动泵、汽轮机泵、柴油机泵和气动隔膜泵;
- ④ 按输送液体的性质不同,分为清水泵、耐腐蚀泵、油泵、污水泵、杂质泵;
- ⑤ 按吸液方式不同,分为单吸泵、双吸泵;
- ⑥ 按叶轮的数目不同,分为单级泵、多级泵。

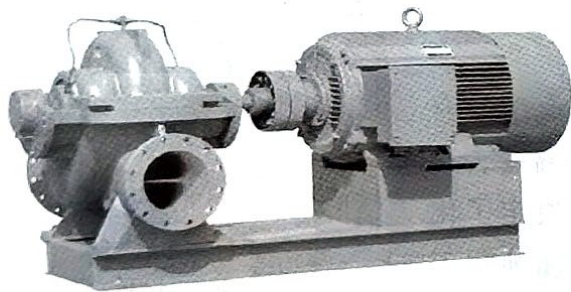


图 5-5 双吸泵

### 2. 离心泵的型号

在众多类型的泵中,应用最广的是离心泵。

离心泵的型号由字母加数字组成,例如 IS50-32-125、25F-16,可以查阅相关资料了解各种离心泵的型号和适用范围。

泵的铭牌上标明了泵的型号,如图 5-6 所示。铭牌上还标明了该泵的流量、扬程、效率等泵的性能参数。离心泵效率最高点称为设计点,泵在该点对应的压头和流量下工作最为经济。离心泵铭牌上标出的性能参数即为最高效率点上的工况参数。



图 5-6 离心泵铭牌

### 三、泵的工作过程

图 5-7 是离心泵的工作原理图。叶轮 1 安装在泵壳 2 内，并紧固在泵轴 3 上，泵轴由电动机直接带动。泵壳中央有一液体吸入口 5 与吸入管 4 连接。液体经底阀 8 和吸入管进入泵内。泵壳上的液体排出口 6 与排出管 7 连接。

在泵启动前，泵壳内灌满被输送的液体。启动后，叶轮由泵轴带动高速转动，叶片间的液体也随着转动，在离心力的作用下，液体从叶轮中心被抛向外缘并获得能量，以高速离开叶轮外缘进入蜗形泵壳。在蜗壳中，液体由于流道的逐渐扩大而减速，又将部分动能转变为静压能，最后以较高的压力流入排出管道，送至需要场所。液体由叶轮中心流向外缘时，在叶轮中心形成了一定的真空，由于贮槽液面上方的压力大于泵入口处的压力，液体便连续由吸入管进入泵中。可见，只要叶轮不断地转动，液体便会不断地被吸入和排出。

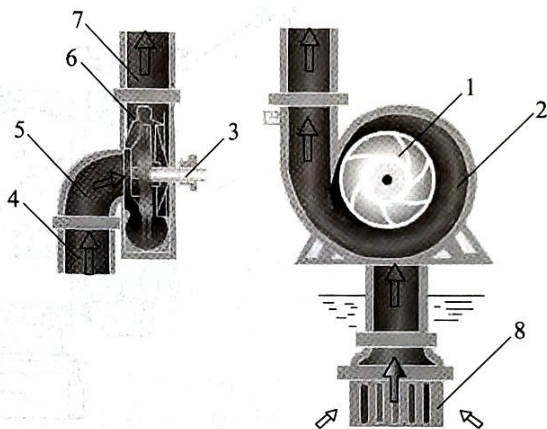


图 5-7 离心泵工作原理图

1—叶轮；2—泵壳；3—泵轴；4—吸入管；5—吸入口；  
6—排出口；7—排出管；8—底阀

## 任务二 学习离心泵

离心泵的结构如图 5-8 所示。

离心泵的主要部件有叶轮、泵壳和轴封装置，如图 5-9 所示。此外还有密封环、轴向力平衡装置等零部件。

### 1. 叶轮

叶轮的作用是将原动机的机械能直接传给液体，以增加液体的静压能和动能。叶轮一般有 6~12 片后弯叶片，有开式、半开式和闭式三种，如图 5-10 所示。

## 六、往复式压缩机的气量调节

往复式压缩机的气量调节见表 6-4。

表 6-4 往复式压缩机的气量调节

方法	原理	特点	用途
节流进气调节	进气管路上安装节流阀,节流阀关小,进气就受到节流,压力降低,从而使排气量减少	结构简单,但经济性差	无需频繁调节的中、大型压缩机中
余隙容积调节法	通过改变压缩机汽缸中的有效余隙容积,可以改变压缩腔室中吸入的气体量	初始投资较大,而且当布置在汽缸的曲轴侧时,存在着空间分布的困难	无需频繁调节的压缩机中
旁路回流调节	在进气管和排气管路之间用回流支路和旁通阀相连接,调节时只要部分或全部打开旁通阀,就可以使排出的气体回到进气管中,使排气量减少	可连续调节,排气量减少而功率消耗不减,所以经济性较差	最常用
部分打开吸气阀调节法	在进气阀上安装一个带执行机构的卸荷器,在排气行程的一部分时间,卸荷器可以使进气阀处于打开状态	当最大回流时,如果气流冲击力不足以克服卸荷力,此时气阀将始终处于开启状态,即达到完全卸荷的状态	排气量的调节范围可以达到将近 60%(即从 100%满负荷到 40%满负荷)

### 任务三 认识离心式压缩机

#### 一、离心式压缩机的应用

由于化学工业的发展,各种大型化工厂、炼油厂的建立,离心式压缩机就成为压缩和输送化工生产中各种气体的关键机器,而占有极其重要的地位。

#### 二、离心式压缩机的结构

##### 1. 离心式压缩机的结构

##### (1) 离心式压缩机的主要结构

离心式压缩机如图 6-21 所示,又称为透平式压缩机,它的结构与多级离心泵相类似,离心压缩机的主体结构由两部分组成,即转动部分和固定部分。转动部分包括主轴、叶轮、平衡盘等部件,又称为转子;固定部分包括汽缸、扩压器、弯道和回流器等部件,又称为定子。每个叶轮和与之相应配合的固定元件称为一级。离心式压缩机结构见图 6-22。

##### (2) 各部件作用

离心式压缩机各部件作用见表 6-5。

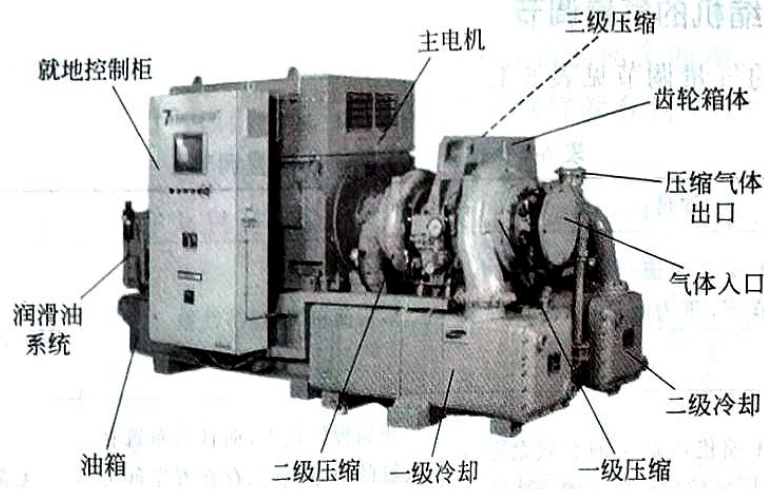


图 6-21 离心压缩机

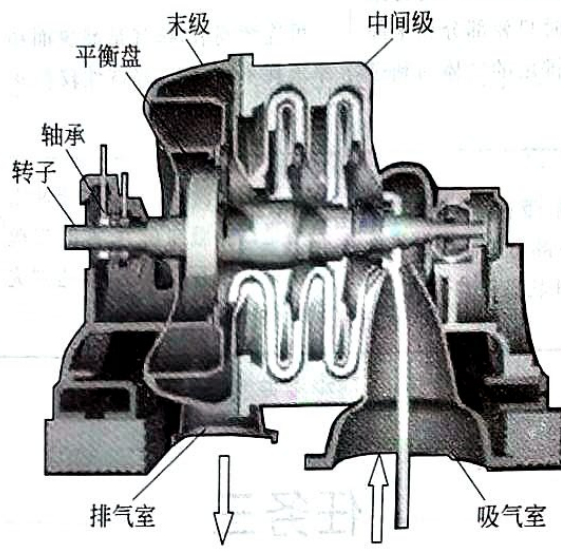


图 6-22 离心式压缩机结构

表 6-5 离心式压缩机各部件作用

名称	作用
主轴	承受转子的重量和叶轮的径向力
叶轮	将机械能传给气体,以提高气体的压力和速度的做功部件
平衡盘	由于运行时叶轮出口的气体压力高于进口,存在着一个压差,因而在叶轮上就附加有很大的轴向推力。在安装叶轮时,可用反方向安装的方法来平衡掉大部分的轴向推力
汽缸	把扩压器后面的气体汇集起来并引出压缩机,使其流向气体输送管道和设备
扩压器	用于把速度能转化为压力能,以进一步提高气体的压力
弯道和回流器	改变气流的方向,把气体引入下一级压缩
吸气室	用于把所需压缩的气体,由进气管道或冷却器的出口均匀地引入叶轮去压缩
密封装置	为了减少压缩机由轴端向外部漏气,在压缩机的机壳的两端设置了前后密封。为了阻止高压气体向低压区流动,在隔板内孔还设置了级间密封,在叶轮进口也设置了端盖密封

## 2. 离心式压缩机的工作原理

离心式压缩机的工作原理也与多级离心泵相类似,气体在如图 6-23 所示的叶轮带动下做旋转运动从而产生离心力,在离心力的作用下,气体的压强增高,经过一级一级的增压作用,最后可以得到相当高的排气压强。

### 三、认识喘振现象

离心式压缩机通常都标有最小流量  $q_{V\min}$  和最大流量  $q_{V\max}$ ，它是流量 ( $q_V$ ) 的实际操作范围，在此范围内离心式压缩机的效率  $\eta$  较高，运行也最经济。

#### 1. 喘振现象的概念

当实际流量减少到  $q_{V\min}$  以下时，离心式压缩机会出现不稳定的工作状态，发生喘振现象。所谓喘振现象，是指压缩机供气量小于  $q_{V\min}$

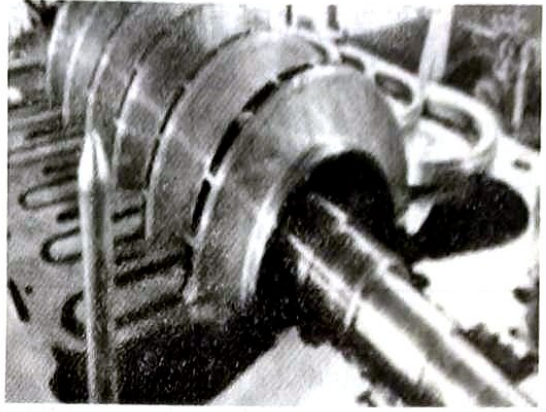


图 6-23 离心压缩机的叶轮

时，压缩机出口压力突然降低，这时排出管路中的高压气体发生倒流，重新回到了压缩机内。倒流的气体补充了压缩机内的流量不足，叶轮又恢复了正常工作，重新将倒流回来的气体压送出去，这样又使流量减小，压力突然降低，气体又一次发生倒流现象。如此循环，在压缩机出口和管网之间由于压力发生了周期性的变化，从而使系统中发生周期性的气流振荡现象，这种现象称为喘振现象。

#### 2. 喘振现象的特点

喘振时，气流发生脉动，噪声较大，时高时低，出现周期性的变化；压缩机压力突然降低，变动幅度较大，变得十分不稳定。压缩机由于喘振现象而产生强烈的振动，严重时会引起整个机器的振动，甚至破坏整个装置。所以在实际操作时，必须将流量控制在最小流量  $q_{V\min}$  以上，以防止喘振现象的发生。

#### 3. 防止喘振的措施

因为喘振现象会带来严重的后果，对设备造成一定的损害，所以离心式压缩机在操作中是严禁发生喘振现象的。但是，生产中有时需要减少供气量，当供气量减小到最小流量  $q_{V\min}$  以下的不稳定工作区时，势必会导致喘振现象的发生。

为了防止喘振现象的发生，通常压缩机出口管路中都要安装有防止喘振的装置。如图 6-24 所示，在出口管路中加装放空阀或部分放空并回流就是其中的两种防止喘振的措施。

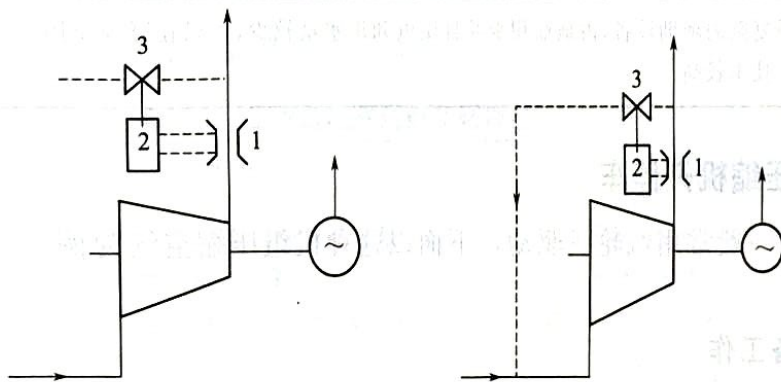


图 6-24 防止喘振的措施

1—流量传感器；2—伺服电动机；3—防喘振阀

当压缩机的排气量降低到接近喘振点的流量时，通过文氏管流量传感器 1 发出信号，传递给伺服电动机 2，使电动机开始动作，打开防喘振阀 3，使一部分气体放空或回流至吸气管内，从而使通过压缩机的气量总是大于管网中的气量，这样就保证了系统总是处在正常的工作状态之下。



#### 四、了解离心式压缩机的流量调节

在实际工作中，离心式压缩机常常会遇到流量的变化要求。为了保证系统对压力或流量的要求，就需要对压缩机进行流量的调节。离心式压缩机常用的气量调节方法有调整进口或出口阀门的开启程度、改变压缩机转速等。表 6-6 为流量调节方法。

表 6-6 流量调节方法

方法	原理	特点	用途
改变转速调节法	压缩机的转速不同,对应的离心压缩机的特性曲线就不同	通过改变转速的方法来调节流量是最经济的	用于驱动机为汽轮机和燃气机的离心压缩机
出口节流调节法	调节出口阀的开启程度	出口节流调节法操作简单,但由于气体节流带来的损失太大,会使得整个机器的效率大大降低,在三种方法中最不经济,并且喘振临界限仍为原喘振点	在压缩机上一般不用它作为正常的流量调节方法来使用
进口节流调节法	调节进口阀的开启程度	操作简单,较为经济,可使压缩机的特性曲线向小流量的方向移动,从而使喘振流量也向小流量的方向移动,这样就扩大了压缩机的稳定工作范围	该方法常用于转速固定的离心压缩机的流量调节

#### 五、离心式压缩机的原动机

离心式压缩机的原动机主要有电动机、蒸汽轮机和燃气轮机三种。表 6-7 为离心式压缩机原动机特点。

表 6-7 离心式压缩机原动机特点

方法	特点
电动机	具有结构简单、维修工作量和操作方便等优点。但是电动机的转速较低,不能直接满足压缩机高转速的要求,若输送的气体易燃或者易爆,电动机还必须增设防爆措施或选用防爆电动机
蒸汽轮机	蒸汽轮机的转速相对较高,可以直接满足压缩机高转速的工作要求,而且一般的化工企业都有稳定的供汽系统来提供蒸汽来源,并且在输送易燃易爆气体时,本身不需要防爆设施。但蒸汽轮机的辅助设备较多,结构较为复杂,维修工作量和难度较大,启动操作相对较难
燃气轮机	不需要复杂的辅助设备,占地面积少并且用电和用水量较少,可以在野外使用。但其价格高昂,制造和维修要求技术较高

#### 六、离心式压缩机开停车

离心式压缩机一般常用汽轮机驱动,下面以这种机组压缩空气为例,介绍离心压缩机的操作。

##### 1. 开车前准备工作

- ① 对照图样,检查和验收系统内所有的设备、管道、阀门、电气、仪表等,必须正常、完好;
- ② 对设备及管道用空气进行吹净;
- ③ 向油系统分别加入足量润滑油和密封油,启动油泵,把油压调到规定的压力;
- ④ 启动汽轮机的冷凝系统;
- ⑤ 向蒸汽管道通入蒸汽进行暖管,防止开车时管道内的冷凝水进入汽缸;
- ⑥ 全部仪表、联锁投入使用,中间冷却器通入冷凝水;

⑦ 系统内所有阀门开、关位置应符合开车要求。

## 2. 压缩机的启动

压缩机组从冷态进入工作状态称为启动,启动时应严格按操作规程进行。

① 微开蒸汽入口阀,启动汽轮机,待汽轮机运转正常后,立即停机,检查压缩机和汽轮机有无异常现象,如果设备正常,则打开入口蒸汽阀,进行低速暖机,使各部件受热均匀,以免产生应力,损坏汽轮机;

② 暖机结束后,迅速提高转速并提高压力,升压时要迅速通过临界区;

③ 启动时必须严格遵循升压先升速的原则,先将防喘振阀全开,当转速升到一定值后,再慢慢关小防喘振阀,使出口压力上升到一定值之后,再进行升速。

## 3. 停车

停车时要求逐渐降低转速并减小输气量,严格遵循降压先降速的原则,先将防喘振阀打开一些,使出口压力降到某一值之后,再减少汽轮机入口蒸汽量进行降速,使降压、降速交替进行。主机停车后停冷却水。停车后汽缸和转子温度较高,为防止转子弯曲,需要进行盘车,直到温度降至 $50^{\circ}\text{C}$ 左右为止。

# 任务四

## 识别压缩机的常见故障、掌握故障处理及设备维护方法

某企业压缩机岗位操作工,正在进行设备巡查,忽然发现工作中的压缩机出现了异常现象。有一台设备出现管道异常震动,还有一台设备出现了汽缸发热。这些故障如何处理呢?

### 一、压缩机的常见故障现象、原因及处理方法

表 6-8 为压缩机故障判断及处理方法(活塞式)。

表 6-8 压缩机故障判断及处理方法(活塞式)

故障现象	故障原因	处理方法
排气量达不到设计要求	1. 气阀泄漏,特别是低压级气阀泄漏 2. 活塞杆与填料函处泄漏 3. 汽缸余隙过大,特别是一级汽缸余隙大 4. 一级进口阀未开足 5. 活塞环漏气严重	1. 检查低压级气阀,并采取相应措施 2. 先拧紧填料函盖螺栓,仍泄漏时则修理或更换 3. 调节汽缸余隙容积 4. 开足一级进口阀门,注意压力表读数 5. 检查活塞环
汽缸发热	1. 润滑油质量低劣或供应中断 2. 冷却水供应不充分 3. 曲轴连杆机构偏斜,使活塞摩擦不正常 4. 汽缸与活塞的装配间隙过小 5. 缸内有杂物或表面粗糙度过大 6. 气阀或活塞环窜气	1. 选择适当的润滑油,注意润滑油供应情况 2. 适当地供应冷却水 3. 调整曲轴-连杆机构的同心度 4. 调整装配间隙 5. 解体清理或修磨 6. 处理气阀或更换活塞环