



# 职业技能鉴定培训教程

初级、中级、高级

# 蒸馏工

化学工业职业技能鉴定指导中心 组织编写  
刘同卷 编

● 依据国家职业标准编写

● 面向国家职业资格培训



化学工业出版社



# 职业技能鉴定培训教程

初级、中级、高级

# 蒸 馏 工

化学工业职业技能鉴定指导中心 组织编写

刘同卷 编



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书以岗位操作技能为主线,在概述蒸馏基本知识的基础上,分初级、中级和高级两章展开表述。全书着重介绍了蒸馏工岗位操作必须掌握的基本知识、基本理论、操作规范和设备保养、维护、安全生产、环境保护等知识。为帮助读者检验学习效果,本书在最后还编入了一些思考题、填空题、问答题和计算题,并给出了部分答案。

本书注重理论联系实际,突出操作技能的介绍,可供石油化工行业一线操作工考取相应证书、上岗培训之用。

### 图书在版编目(CIP)数据

蒸馏工(初级、中级、高级)/刘同卷编;化学工业职业技能鉴定指导中心组织编写. —北京:化学工业出版社,2007.1

职业技能鉴定培训教程

ISBN 978-7-5025-9860-0

I. 蒸… II. ①刘…②化… III. 化学工业-蒸馏-职业技能鉴定-教材 IV. TQ028.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 161400 号

---

责任编辑:辛田 李玉晖

文字编辑:李姿娇

责任校对:郑捷

装帧设计:于兵

---

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)

印刷:大厂聚鑫印刷有限责任公司

装订:三河市前程装订厂

720mm×1000mm 1/16 印张11¼ 字数205千字 2007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:20.00 元

版权所有 违者必究

## 前言

伴随着我国制造业的高速发展和持证上岗的职业资格准入制的不断实施和推进,对石油化工行业的生产操作人员进行职业技能培训与鉴定变得尤为重要。为尽快适应社会经济与石油化工行业的发展需求,进一步巩固和提升石油化工行业一线生产操作人员的理论知识水平与实际操作技能,依据中华人民共和国劳动和社会保障部制定的《国家职业标准·蒸馏工》,化学工业职业技能鉴定指导中心组织编写了这本《蒸馏工》操作培训教材。

本书以岗位操作技能为主线,着重介绍了蒸馏工岗位操作必须掌握的基本知识、基本理论、操作规范和设备保养、维护、安全生产、环境保护等知识;重视实际操作,力求理论联系实际,注重理论性与实用性的紧密结合,力求体现本行业的技术发展趋势。本书的编写采用由浅入深、由易到难,先定性再定量地提出问题、分析问题和解决问题的方法。在书的最后编入了一些思考题、判断题和计算题,以帮助读者检验学习效果并巩固所学知识。

由于蒸馏过程所处理的物料品种繁多,性质差异极大,很难以一概全,因此本书只对蒸馏过程中普遍存在的共性问题进行了讨论。读者在处理具体物料的蒸馏问题时,还是应该贯彻因产品、因地制宜的原则,切勿机械照搬书中的方法和结论。

在本书的编写过程中,北京市化工学校的刘佩田老师给予了极大的支持,提供了大量的资料;柳鹄老师参加了部分编写工作;朱宝轩、李庆新、于红军等同志提出了许多宝贵的意见和建议。本书的编写和出版还得到了北京市化工学校潘茂椿校长等有关领导以及相关化工企业工程技术人员的大力支持和鼓励,在此一并表示感谢。

本书在编写中参考和借鉴了国内外大、中专院校的一些教材和文献资料、公开出版物,这些参考文献已在书末列出。在此,也向提供这些文献的专家、作者表示由衷的感谢和崇高的敬意。

由于编者水平有限,实践经验不足,书中可能存在一些疏漏,敬请广大读者批评指正。

编 者

2006年12月

# 目录

|                           |    |
|---------------------------|----|
| 第1章 蒸馏概述                  | 1  |
| 1.1 蒸馏的基本知识               | 1  |
| 1.1.1 为什么要进行蒸馏?           | 1  |
| 1.1.2 物质的三态与相变化           | 1  |
| 1.1.3 气-液平衡               | 2  |
| 1.2 蒸馏的基本原理               | 2  |
| 1.2.1 传热和传质               | 2  |
| 1.2.2 蒸馏的基本原理             | 2  |
| 1.2.3 蒸馏过程的主要工艺控制参数       | 3  |
| 1.2.4 物料的沸点、密度、挥发度等对蒸馏的影响 | 3  |
| 1.3 蒸馏过程的设备               | 3  |
| 1.3.1 原料罐                 | 3  |
| 1.3.2 离心泵                 | 5  |
| 1.3.3 流量计                 | 6  |
| 1.3.4 预热器                 | 10 |
| 1.3.5 精馏塔                 | 12 |
| 1.3.6 精馏塔的附属设备            | 13 |
| 1.4 蒸馏塔的操作                | 20 |
| 1.4.1 开车前的准备工作            | 20 |
| 1.4.2 开车操作                | 23 |
| 1.4.3 调节控制参数              | 35 |
| 1.4.4 停车的操作过程             | 38 |
| 1.5 蒸馏岗位的工艺操作规程           | 39 |
| 1.5.1 化工常用阀门的开、关状态        | 39 |
| 1.5.2 蒸馏岗位物料罐的液位          | 44 |
| 1.5.3 开车所需的工具、器具          | 44 |
| 1.5.4 使用水、电、汽、气等介质        | 44 |
| 1.5.5 填写生产原始记录            | 44 |
| 1.5.6 巡回检查的目的和要求          | 45 |
| 第2章 初级、中级                 | 46 |

|                      |    |
|----------------------|----|
| 2.1 化工机械的单机试车        | 46 |
| 2.1.1 单机试车的目的        | 46 |
| 2.1.2 单机试车的原则        | 46 |
| 2.1.3 单机试车的检查        | 46 |
| 2.1.4 单机试车的注意事项      | 46 |
| 2.2 化工装置的吹扫和清洗       | 47 |
| 2.2.1 吹扫和清洗的目的       | 47 |
| 2.2.2 吹扫和清洗的一般规定     | 47 |
| 2.2.3 管道系统的清洗        | 49 |
| 2.2.4 蒸汽管道的吹扫        | 49 |
| 2.3 化工装置的气密性检查——气压试验 | 50 |
| 2.4 化工装置的水压试验        | 51 |
| 2.4.1 管道试压的目的        | 52 |
| 2.4.2 管道试压的一般规定      | 53 |
| 2.4.3 强度试验           | 53 |
| 2.4.4 严密性试验          | 54 |
| 2.5 设备和管道的酸洗、钝化与脱脂   | 57 |
| 2.5.1 酸洗和钝化的目的       | 57 |
| 2.5.2 酸洗和钝化的操作方法     | 58 |
| 2.5.3 脱脂的操作方法        | 58 |
| 2.6 蒸馏的开车、停车操作       | 61 |
| 2.6.1 开车条件           | 61 |
| 2.6.2 开车准备           | 62 |
| 2.6.3 停车要点           | 63 |
| 2.7 常见蒸馏设备的操作与维护     | 64 |
| 2.7.1 塔器的操作与维护       | 64 |
| 2.7.2 换热器的操作使用与维护    | 66 |
| 2.8 气-液相平衡关系         | 69 |
| 2.8.1 相组成的表示方法       | 69 |
| 2.8.2 理想溶液的气-液相平衡关系  | 71 |
| 2.9 蒸馏和精馏            | 76 |

|        |                |     |
|--------|----------------|-----|
| 2.9.1  | 简单蒸馏的原理        | 76  |
| 2.9.2  | 精馏的理论基础        | 78  |
| 2.10   | 精馏塔物料衡算        | 81  |
| 2.10.1 | 全塔物料衡算         | 81  |
| 2.10.2 | 精馏段物料衡算        | 83  |
| 2.10.3 | 提馏段物料衡算        | 84  |
| 2.11   | 进料状况对操作线的影响    | 85  |
| 2.11.1 | 饱和液体进料         | 86  |
| 2.11.2 | 饱和气体进料         | 86  |
| 2.12   | 回流比            | 87  |
| 2.12.1 | 最小回流比          | 87  |
| 2.12.2 | 操作回流比的确定       | 89  |
| 2.13   | 精馏系统常见故障的判断与处理 | 90  |
| 2.13.1 | 精馏的操作分析        | 90  |
| 2.13.2 | 异常工况及事故处理      | 92  |
| 2.14   | 精馏系统的操作与维护     | 99  |
| 2.14.1 | 设备的正确使用        | 99  |
| 2.14.2 | 设备的精心维护        | 100 |
| 2.14.3 | 润滑剂的作用         | 101 |
| 2.14.4 | 润滑剂的分类         | 102 |
| 2.14.5 | 润滑管理           | 110 |
| 2.14.6 | 设备静密封基本知识      | 113 |
| 2.14.7 | 机械密封简介         | 126 |
| 2.14.8 | 设备腐蚀的基础知识      | 126 |
| 2.14.9 | 设备安全检修基本知识     | 127 |
| 第3章    | 高级             | 132 |
| 3.1    | 蒸馏装置的吹扫与清洗     | 132 |
| 3.1.1  | 系统吹扫的原则及要求     | 132 |
| 3.1.2  | 吹洗的一般规定        | 133 |
| 3.2    | 投料条件           | 133 |
| 3.3    | 水联运试车          | 133 |

|        |                             |     |
|--------|-----------------------------|-----|
| 3.3.1  | 水联运试车的条件 .....              | 133 |
| 3.3.2  | 水联运试车方案 .....               | 134 |
| 3.3.3  | 水联运试车 .....                 | 134 |
| 3.4    | 精馏塔的塔板 .....                | 135 |
| 3.4.1  | 工业上对塔设备的要求 .....            | 135 |
| 3.4.2  | 板式塔的构造 .....                | 135 |
| 3.4.3  | 精馏塔的分类 .....                | 136 |
| 3.4.4  | 塔板的安装 .....                 | 140 |
| 3.5    | 生产控制分析 .....                | 140 |
| 3.5.1  | 精馏塔操作压力的控制 .....            | 140 |
| 3.5.2  | 精馏塔的操作控制 .....              | 140 |
| 3.5.3  | 采出量的影响 .....                | 142 |
| 3.6    | 班组经济核算知识 .....              | 142 |
| 3.6.1  | 开展班组经济核算的意义 .....           | 143 |
| 3.6.2  | 班组经济核算的组织形式 .....           | 144 |
| 3.7    | 进料状况对 $q$ 线及操作线的影响 .....    | 144 |
| 3.7.1  | 操作线交点的轨迹方程—— $q$ 线方程式 ..... | 144 |
| 3.7.2  | 进料状况对 $q$ 线及操作线的影响 .....    | 145 |
| 3.8    | 精馏塔塔板数的计算 .....             | 146 |
| 3.8.1  | 图解法求理论塔板数 .....             | 147 |
| 3.8.2  | 逐板计算法求理论塔板数 .....           | 148 |
| 3.8.3  | 适宜的加料板位置 .....              | 150 |
| 3.8.4  | 全塔效率和实际塔板数 .....            | 151 |
| 3.9    | 回流比对精馏塔理论塔板数的影响 .....       | 152 |
| 3.10   | 全回流和最小理论塔板数 .....           | 152 |
| 3.11   | 连续精馏的热量衡算 .....             | 153 |
| 3.11.1 | 全塔热量衡算 .....                | 153 |
| 3.11.2 | 热泵系统的原理及应用 .....            | 155 |
| 3.12   | 特殊蒸馏 .....                  | 156 |
| 3.12.1 | 水蒸气蒸馏 .....                 | 156 |
| 3.12.2 | 恒沸蒸馏 .....                  | 157 |

|                  |     |
|------------------|-----|
| 3.12.3 萃取蒸馏..... | 158 |
| 习题及参考答案.....     | 160 |
| 思考题.....         | 160 |
| 判断题.....         | 162 |
| 计算题.....         | 165 |
| 判断题答案.....       | 167 |
| 计算题参考答案.....     | 167 |
| 参考文献.....        | 172 |

## 1.1 蒸馏的基本知识

### 1.1.1 为什么要进行蒸馏?

在用谷物发酵制酒时(酒的主要成分是乙醇,其余是水)得到的液体产物中乙醇的含量只有10%左右,而通常人们爱喝的白酒中的乙醇含量在60%左右,例如,现在的北京红星牌二锅头的乙醇含量是56%,河北衡水老白干的乙醇含量是60%,山西杏花村老白汾的乙醇含量也是60%。用微生物发酵的方法还可以得到丙酮、丁醇等一系列我们所需要的物质,但它们的浓度都不高(大部分是水,少量是丙酮、丁醇等),达不到通常的使用要求。在化工生产中有许多产物的浓度也存在同样的问题,或者是产物由好几种物质组成,而人们所需要的只是其中的一种物质。于是,怎样提高液体混合物中某种物质的浓度及怎样从液体混合物中分离出成分单一的某一种物质的问题就摆在了我们的面前。经过长期的生产实践,人们发现用蒸馏的方法可以解决这些问题。那么,什么是蒸馏呢?下面的内容可以回答这个问题。

### 1.1.2 物质的三态与相变化

我们都知道,水在一般情况下是液态的,如江、河、湖、海和井中的水。在冬天的北方,水会变成冰;在冰箱或冷库中也可以将液态物质转化成固态物质,就像制冰棒、雪糕和冰激凌那样。如果将水置于容器中加热到它的沸点后仍继续加热,水就会不断地由液态变成气态,直至液态水完全消失。这些过程涉及到水的三种物理状态,即液态、固态和气态。一般来说,大多数物质都可以呈现这三种不同的状态,有时也将它们分别称为气相、液相、固相。“态”就是状态,那么“相”是什么呢?物理化学中对“相”是这样描述的:具有相同的物理、化学组成的均匀部分称为一个相。因此,也可以说,水等物质可以由液相变成固相或气相,即由一种状态变成另一种状态。当然,这种变化是有条件的。一般规律是低温时为固(相)态,高温时为气(相)态,中等温度时为液(相)态。但是对于不同的物质,这三种状态所对应的温度的差别是很大的。

### 1.1.3 气-液平衡

在医院体检时,经常会遇到这样的测试:摆在面前的三个瓶子中分别装有三种不同的液体,体检者被要求用鼻子闻一闻后,判断它们各自是什么物质。嗅觉正常的人不难知道这三种液体分别是无味的水、有酸味的醋(醋主要由醋酸和水组成)和有乙醇味的酒。但人们为什么闻不到水的味道,却能闻到醋(醋酸)和酒(乙醇)的味道呢?原因就在于前者无味而后者本身有味,同时后者由液态变成气态的能力比前者强,当它们进入气态后,其存在就可以被人的嗅觉所感受到。换句话说,物质可以从液相进入气相,但是不同物质由液相进入气相的能力是不同的,有的强的有的弱。例如,谷物发酵制酒得到的液态产物中大部分是水,只有10%左右的乙醇,其中乙醇很容易由液相进入气相,而水进入气相的能力则差得多,这样在气相中乙醇量就多些,而水量则少些。在一定的外界压力和温度下,通过实验可以发现,在一定的范围内经过一定的时间后气相中的乙醇含量不再发生变化,同时液相中的乙醇含量也不再改变。但事实并不是液相中的乙醇不再向气相转移了,而是因为气相中有了乙醇后,气相中的乙醇也会向液相转移,经过一定时间后,当两个方向的速度(液相到气相、气相到液相)大小相等时,虽然双相交流仍在进行,但两相中的乙醇量都不再发生变化。此时乙醇即处于气-液平衡状态。对处于气-液平衡状态的水来说,情况也一样,即水在液相中的量和在气相中的量也保持恒定,不会发生变化。

## 1.2 蒸馏的基本原理

### 1.2.1 传热和传质

热量由一个地方进入另一个地方谓之热量传递,简称传热;物质由一个地方进入另一个地方叫作质量传递,简称传质。例如,乙醇由液相进入气相的过程是一个传质过程,其反向也是一个传质过程。蒸馏既是一个传热过程,又是一个传质过程。

### 1.2.2 蒸馏的基本原理

蒸馏是分离互溶液体混合物的常用化工单元操作。它是以互溶液体混合物中各组分在相同操作条件下的沸点或饱和蒸气压的不同为依据,通过吸收或放出热量,使混合物形成气、液两相系统,气、液两相在相互接触中进行热量传递和质量传递,使易挥发组分在气相中增浓,而难挥发组分在液相中增浓,从而实现互

溶液体混合物分离的方法。所以，蒸馏操作的依据是互溶液体混合物中各组分挥发能力的差异，实现分离的条件是必须能够形成气、液两相系统。

### 1.2.3 蒸馏过程的主要工艺控制参数

蒸馏过程的主要工艺控制参数有：进料量，馏出液量，残液量，回流量、回流比，上升蒸气量，蒸馏塔塔顶压力、温度，塔底压力、温度，回流中间罐液位，塔釜液位等。

### 1.2.4 物料的沸点、密度、挥发度等对蒸馏的影响

被蒸馏物料一般是互溶的两种或两种以上物质的混合物，例如，乙醇和水的混合物，苯和甲苯的混合物，有机合成反应的产物一甲胺、二甲胺、三甲胺的混合物。这些混合物中的各组分在单独存在时其沸点是不同的，如常压下水的沸点一般是  $100^{\circ}\text{C}$ ，乙醇的沸点是  $80^{\circ}\text{C}$  左右，苯的沸点是  $80.1^{\circ}\text{C}$ ，甲苯的沸点为  $110.6^{\circ}\text{C}$ 。用于分离两种物质组成的混合物的蒸馏一般称为二组分蒸馏或二元蒸馏；用于分离两种以上物质组成的混合物的蒸馏一般称为多组分蒸馏或多元蒸馏。在此只讨论二元蒸馏的问题。对于二元蒸馏来说，两个组分的沸点相差越大，就越容易用蒸馏的方法进行分离；两个组分的沸点相差越小，就越不容易用蒸馏的方法进行分离。如果混合物不互溶，它们的密度也不相等，则密度小的必然处于上层，而密度大的处于下层，这样可以很容易地将它们分开，而不必采用蒸馏的方法进行分离。一般来说，沸点低的物质挥发能力大，沸点高的物质挥发能力小。所谓挥发，指的是物质由液相进入气相的过程。挥发能力的大小用挥发度来表示，挥发度数值大的挥发能力大，数值小的挥发能力小，即沸点低的物质挥发度大，沸点高的物质挥发度小。两种物质的挥发度相差越大，越容易用蒸馏的方法进行分离。

## 1.3 蒸馏过程的设备

### 1.3.1 原料罐

#### (1) 原料罐的作用

在蒸馏过程中，原料罐的作用同产品储存罐一样，是用来盛放被蒸馏物质的。其形状一般是圆柱形的，可以立放，也可以平放。当然，其他形状的容器也可以用作原料罐。一般原料罐上设有进料口、出料口、惰性气体进出口、放空管线、液位计、人孔，有的原料罐还设有溢流口、加热装置等。

原料罐实质上就是一个压力容器，只不过根据生产任务的不同，可大可小。以下对压力容器的一般介绍有助于从根本上了解原料罐的相关知识。

## (2) 压力容器种类的划分

压力容器种类的划分可参见表 1-1。

表 1-1 压力容器种类的划分

| 类别 | 压力等级   | 压力范围/(kgf/cm <sup>2</sup> )         | 品种名称或划分说明                                                                                                                                    |
|----|--------|-------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 一类 | 低压     | $1 \leq p \leq 16$                  | 非易燃或无毒介质的储运容器<br>易燃或有毒介质的分离容器<br>易燃或有毒介质的换热容器<br>非易燃或无毒介质的反应容器                                                                               |
| 二类 | 低压     | $1 \leq p < 16$                     | 内径小于 1m 的废热锅炉<br>易燃或有毒介质的反应容器<br>易燃或有毒介质的储运容器<br>$pV < 2000 \text{L} \cdot \text{kgf/cm}^2$ 的剧毒介质容器                                          |
|    | 中压     | $16 \leq p < 100$                   | 储运容器、分离容器、换热容器、反应容器                                                                                                                          |
| 三类 | 低压     | $1 \leq p \leq 16$                  | 内径大于 1m 的废热锅炉<br>$pV \geq 2000 \text{L} \cdot \text{kgf/cm}^2$ 的剧毒介质容器                                                                       |
|    | 中压     | $16 \leq p \leq 100$                | 易燃或有毒介质且 $pV \geq 5000 \text{L} \cdot \text{kgf/cm}^2$ 的反应容器<br>剧毒介质容器<br>$pV \geq 5000 \text{L} \cdot \text{kgf/cm}^2$ 易燃或有毒介质的储运容器<br>废热锅炉 |
|    | 高压和超高压 | $100 \leq p < 1000$ 和 $p \geq 1000$ | 储运容器、分离容器、换热容器、反应容器                                                                                                                          |

注：1. 表中  $p$  为最高工作压， $V$  为容积。

2. 《锅炉压力容器安全监察暂行条例》实施细则中，规定一类容器还包括低级压力容器，其划分说明为  $pV \leq 200 \text{L} \cdot \text{kgf/cm}^2$  及介质的最高温度小于介质标准沸点。

3.  $\text{kgf/cm}^2$  是压力单位， $1 \text{kgf/cm}^2 = 98.0665 \text{kPa}$ ；后同。

## (3) 压力容器的维护保养

压力容器停止运行时，一定要将其内部介质排净，对于易燃、易爆、有毒介质应用氮气或液体置换或中和合格，然后清洗干净。要按照规定，按期进行外部检查、内部检查和全面检查。其中，内部检查的主要内容是：

① 查看容器内表面和焊缝腐蚀面积及深度、有无裂纹，测量实际壁厚是否超标；

② 检查衬里有无开裂和脱落，若有，则应修补；

③ 检查介质进出管口、压力表和安全阀等连接管路是否有结疤和杂物堵塞，以及有无冲刷伤痕；

④ 检查内件有无腐蚀、变形和错位现象；

⑤ 对容器的纵环焊缝进行 20% 的无损探伤检查, 发现超标缺陷应扩大抽查百分数, 一般大于 10%。

另外还应该保持容器的油漆、保温、包装外罩齐全整洁、无破损。螺栓的螺纹要涂以防锈脂, 较大的螺母应加防护罩。

#### (4) 压力容器的常见故障及其处理方法

压力容器的常见故障及其处理方法见表 1-2。

表 1-2 压力容器的常见故障及其处理方法

| 故障名称     | 产生原因                                               | 处理方法                                |
|----------|----------------------------------------------------|-------------------------------------|
| 外壳局部超温   | 1. 内衬里局部破裂或脱落<br>2. 内件局部堵塞或泄漏<br>3. 操作条件变化, 介质反应异常 | 1. 通风降温<br>2. 拆开检修<br>3. 调整工艺操作条件   |
| 法兰接口发生泄漏 | 1. 垫片损坏<br>2. 螺栓未拧均匀或紧固力不够                         | 1. 更换新垫片<br>2. 降温降压后拧紧螺栓和螺母         |
| 发生振动     | 1. 介质流速过大或液体太多<br>2. 管线振动所引起<br>3. 底座刚度小或地脚螺栓松动    | 1. 控制流量和降低液面<br>2. 加固管线<br>3. 加固或紧固 |

### 1.3.2 离心泵

精馏塔是一种高径比很大的圆柱状设备, 精馏塔的进料口一般都在其中部。要想将被蒸馏的物料输送到精馏塔里, 就必须使用流体输送机械。离心泵就是一种最常用的流体输送设备。用离心泵将原料罐中的物料输送到精馏塔的过程, 在生产中被称为用离心泵向塔中打料, 简称打料。“打”在这里的实际意义是输送。

#### (1) 蒸馏岗位离心泵的操作

① 离心泵的启动 离心泵启动前, 向轴承注润滑油, 要在泵体内和吸入管管路内灌液排气, 否则可能产生气缚现象而打不出料来。灌泵后关闭泵的出口阀, 再启动电动机, 使带动泵的电动机的启动功率最小。泵运转后, 逐渐打开出口阀, 进入正常操作。长期停用的泵或者间歇操作的泵在启动前一般还要盘车, 检查泵轴和电动机轴是否转动灵活。

② 离心泵的运转 离心泵启动后, 观察压力大小是否达到规定值, 运转正常后, 缓慢地开大出口阀, 使压力平稳上升。离心泵在运转时常用泵的出口阀调节流量, 以满足生产需要。正常运转过程中, 应该定期检查泵的润滑情况, 防止轴承和电动机过热而被烧坏。检查泵轴的密封情况, 漏液时要及时修理。

③ 离心泵的停车 离心泵正常停车时, 应该先关闭泵的出口阀 (出口阀关闭后, 泵的运转时间不能太长, 否则泵会发热), 再停电动机, 防止流体倒流冲

击叶轮。特别是在北方的寒冷季节，长期停泵要将泵体和管路中的液体排放干净，并冲洗干净，防止将泵体冻裂或冻结。

## (2) 离心泵的维护保养

① 经常检查泵有无杂音和振动现象，发现后及时检修。

② 经常观察压力表和电流表的指针摆动情况，超过规定指标应立即查明原因，并进行处理。

③ 按时检查动、静密封的泄漏情况，泄漏严重应停泵，检查动、静密封环磨损情况，如属于填料密封，应调整压盖的压力。

④ 保持泵体和电动机清洁且润滑良好。

## (3) 离心泵的常见故障与处理方法

离心泵的常见故障与处理方法见表 1-3。

表 1-3 离心泵的常见故障与处理方法

| 故障名称     | 产生原因                                                                                                          | 处理方法                                                                                    |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| 流量不足     | 1. 罐内液面较低或吸入高度增大<br>2. 密封填料或吸入管漏气<br>3. 进出口阀门或管线堵塞<br>4. 叶轮腐蚀或磨损<br>5. 口环密封圈磨损严重<br>6. 泵的转速降低<br>7. 被输送的液体温度高 | 1. 调整吸液面高度<br>2. 压紧填料<br>3. 检查清理<br>4. 更换新叶轮<br>5. 更换新密封<br>6. 检查调整三角带松紧或电压值<br>7. 设法降温 |
| 轴承温度高    | 1. 轴承缺油或磨损严重<br>2. 轴的中心线偏移                                                                                    | 1. 补充油或换新轴承<br>2. 调整轴承位置                                                                |
| 机身振动和噪声大 | 1. 轴弯曲变形或联轴器错口<br>2. 叶轮磨损失去平衡<br>3. 叶轮与泵壳发生摩擦<br>4. 轴承间隙过大<br>5. 泵壳内有气体                                       | 1. 调直或更换泵轴<br>2. 更换新叶轮<br>3. 拆开调整<br>4. 调整轴瓦间隙<br>5. 查出漏气处并堵死                           |
| 电流增大     | 1. 液体密度或黏度增大<br>2. 泵轴的轴向窜动量大，叶轮与泵壳和密封圈发生摩擦<br>3. 填料压盖过紧<br>4. 输出量增加                                           | 1. 与有关岗位联系解决<br>2. 调整轴的窜动<br>3. 略微松动螺母<br>4. 减少输出量                                      |

## 1.3.3 流量计

### (1) 流量测量的意义

单位时间内流体通过管道或设备某横截面的数量叫流量。计量流量采用的单

位有吨/小时 (t/h)、千克/小时 (kg/h)、立方米/小时 ( $\text{m}^3/\text{h}$ )、升/小时 (L/h)。为了有效进行生产控制和操作,必须在生产工艺流程中使用流量计。流量计的作用就是检测和显示在管路中流动的流体的量。

## (2) 流量计的分类

由于各种介质的流体性质差别很大,因此目前生产的流量计种类繁多。按流量计结构原理的不同,可分为如下几类。

① 容积式流量计 容积式流量计的原理同日常生活中用容器计量体积的方法相似,被测流体不断充满一定容积的测量室,并使活塞、转鼓或齿轮转动,再由计算机累计流体充满测量室的次数,即可得出流体的总体积流量。如椭圆齿轮流量计,可以测量黏度较大的流体流量,具有精确、灵敏的优点,但结构复杂,成本高。

② 速度式流量计 速度式流量计利用被测流体流过管道时的速度,使流量计的翼形叶轮或螺旋叶轮转动,其转速与流体的流量成正比,只要测得叶轮的转速,就能测得流量。如常用的水表、涡轮流量计就属于这种类型。水表结构简单可靠;涡轮流量计精度高,能远传,测量范围大。

③ 差压式流量计 差压式流量计是在流体流动的管道上加一特制的设备(节流装置),应用动压能和静压能相互转换原理测量流量。动压能和静压能的差压的大小与流量有一定关系,测出差压,即可测出流量。

差压式流量计又可分为定差压式流量计和变差压式(节流式)流量计。生产上常用的转子流量计属于定差压式流量计,它利用改变流通面积的方法测量流量,因而也称为面积式流量计。变差压式流量计则用固定节流面积、改变差压的方法测量流量。

④ 电磁流量计 电磁流量计应用电磁原理测量流量。目前应用最广泛的是根据法拉第电磁感应定律进行流量测量的电磁流量计。电磁流量计常用来测量酸、碱、盐溶液,以及含有固体颗粒或纤维等具有导电性能的液体介质。此外还有一些新型的流量计,如超声波流量计、电动靶式流量计、激光流量计、X射线流量计等。

流量测量仪表的概况见表 1-4。

表 1-4 流量测量仪表的概况

| 种类     | 典型产品       | 工作原理                    | 主要特点           | 应用场合             |
|--------|------------|-------------------------|----------------|------------------|
| 速度式流量计 | 叶轮式流量计(水表) | 叶轮或涡轮被流体冲转,其转速与流体的流量成正比 | 简单、可靠          | 自来水系统            |
|        | 涡轮流量计      |                         | 精度高、测量范围大、灵敏度高 | 测量精度要求较高的气体、液体流量 |

续表

| 种类      | 典型产品         | 工作原理                    | 主要特点                 | 应用场合                |
|---------|--------------|-------------------------|----------------------|---------------------|
| 容积式流量计  | 椭圆齿轮流量计      | 椭圆齿轮被流体冲转,每转一周,有定量流量流过  | 精确、灵敏、结构复杂           | 测量精度要求较高的液体流量       |
| 恒压降式流量计 | 转子流量计        | 流体通过节流元件时,产生的差压与流量有一定关系 | 比较成熟、应用较广、仪表出厂时不用标定  | 气体、蒸气、液体的流量测量       |
| 差压式流量计  | CW 系列双波纹管差压计 | 利用动压能与静压能相互转换的原理        | 使用很普遍,结构较简单          | 气体、蒸气、液体的流量测量       |
| 电气式流量计  | 电磁流量计        | 电磁学和力学原理                | 测量元件不与被测介质接触         | 用于不宜直接接触等电流体的流量测量   |
|         | 电动靶式流量计      |                         | 允许液体黏度较差压法大,但不易在管内积聚 | 可测量一般流体和某些特殊介质,用途较广 |

### (3) 转子流量计

转子流量计是最普通也是最常用的一种流量计,分为玻璃转子流量计和金属转子流量计两种。在此仅介绍玻璃转子流量计,其原理如图 1-1 所示。

玻璃转子流量计结构简单、价格便宜、刻度均匀、测量范围宽,可以测量除氟化氢以外的腐蚀性流体的流量。

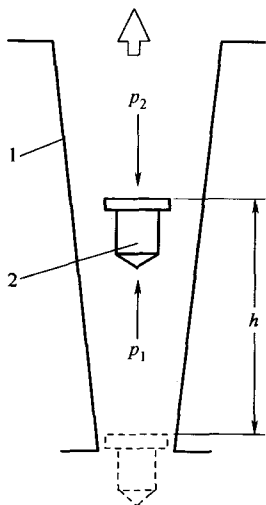


图 1-1 转子流量计的测量原理

1—锥形管; 2—转子

① 玻璃转子流量计的测量原理 玻璃转子流量计是由一根垂直的锥形玻璃管〔管外刻有百分数刻度(或流量刻度)〕和相对密度大于被测流体并能随被测介质流量大小作上下浮动的转子两部分所组成的,如图 1-1 所示。流体自下而上流过时,穿过转子与锥形管之间的圆环形空隙。在这里,转子是一个节流元件,环形空隙相当于节流流通面积。由节流原理可知,流体流经环形空隙时,因为流通面积突然变小,结果使这里的流速增加,流体受到了节制作用(与流过孔板相似),于是转子前后的流体静压力就有差异,产生了  $\Delta p = p_1 - p_2$  的压力差。在  $\Delta p$  作用下,转子受到一个向上的推力  $F_1$  的作用,使之上浮;与此同时,转子还受到一个向下的力  $F_2$  (即转子浸在液体中的重量)的作用使之下沉。当  $F_1 = F_2$ , 即两个力达到平衡时,转子就稳定在某一位置高度上。根据这一高度,可在