



国家示范性高等院校核心课程规划教材

机电一体化技术专业及专业群教材

# 矿山流体机械 的操作与维护

KUANGSHAN LIUTI JIXIE  
DE CAOZUO YU WEIHU

黄文建 主 编  
彭 敏 副主编  
郭卫凡 主 审



重庆大学出版社

<http://www.cqup.com.cn>

# 矿山流体机械的 操作与维护

黄文建 主 编  
彭 敏 副主编  
郭卫凡 主 审

重庆大学出版社

## 内 容 简 介

本书是国家示范性高等职业院校重点建设专业——机电一体化技术专业核心课程,全书共分4个学习情景,以煤矿流体机械为研究对象,对煤矿广泛使用的排水设备、通风设备、压气设备、瓦斯抽放设备进行了介绍,除了系统地介绍各设备的作用、组成部分、工作原理外,还着重阐述了设备的操作、调节、日常维护和故障分析处理方法,每一学习情景中包含有多个工作任务,其内容及难度主要根据煤炭生产企业对基层技术管理人员能力需求来确定。

本书特别适合煤矿高等职业技术教育相关专业以及成人大专、订单式培养单招班的教学之用,也可供煤矿工程技术人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

矿山流体机械的操作与维护/黄文建主编. —重庆:重庆大学出版社,2010.1  
(机电一体化专业(矿山方向)系列教材)  
ISBN 978-7-5624-5134-1

I. 矿… II. 黄… III. ①矿山机械:流体机械—操作—高等学校:技术学校—教材②矿山机械:流体机械—维护—高等学校:技术学校—教材 IV. TD44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 173081 号

### 矿山流体机械的操作与维护

黄文建 主 编

彭 敏 副主编

郭卫凡 主 审

责任编辑:谭 敏 谭筱然 版式设计:谭 敏

责任校对:夏 宇 责任印制:张 策

\*

重庆大学出版社出版发行

出版人:张鹤盛

社址:重庆市沙坪坝正街174号重庆大学(A区)内

邮编:400030

电话:(023) 65102378 65105781

传真:(023) 65103686 65105565

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:fxk@cqup.com.cn(营销中心)

全国新华书店经销

重庆川渝彩色印务有限公司印刷

\*

开本:787×1092 1/16 印张:11.75 字数:293千

2010年1月第1版 2010年1月第1次印刷

印数:1-3 000

ISBN 978-7-5624-5134-1 定价:19.80元

---

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换

版权所有,请勿擅自翻印和用本书

制作各类出版物及配套用书,违者必究

# 编写委员会

编委会主任 | 张亚杭

编委会副主任 | 李海燕

## 编委会委员

唐继红

黄福盛

吴再生

李天和

游普元

韩治华

陈光海

宁望辅

栗俊江

冯明伟

兰 玲

庞 成

# 序

本套系列教材,是重庆工程职业技术学院国家示范高职院校专业建设的系列成果之一。根据《教育部 财政部关于实施国家示范性高等职业院校建设计划 加快高等职业教育教学改革与发展的意见》(教高[2006]14号)和《教育部关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》(教高[2006]16号)文件精神,重庆工程职业技术学院以专业建设大力推进“校企合作、工学结合”的人才培养模式改革,在重构以能力为本位的课程体系的基础上,配套建设了重点建设专业和专业群的系列教材。

本套系列教材主要包括重庆工程职业技术学院五个重点建设专业及专业群的核心课程教材,涵盖了煤矿开采技术、工程测量技术、机电一体化技术、建筑工程技术和计算机网络技术专业及专业群的最新改革成果。系列教材的主要特色是:与行业企业密切合作,制定了突出专业职业能力培养的课程标准,课程教材反映了行业新规范、新方法和新工艺;教材的编写打破了传统的学科体系教材编写模式,以工作过程为导向系统设计课程的内容,融“教、学、做”为一体,体现了高职教育“工学结合”的特色,对高职院校专业课程改革进行了有益尝试。

我们希望这套系列教材的出版,能够推动高职院校的课程改革,为高职专业建设工作作出我们的贡献。

重庆工程职业技术学院示范建设教材编写委员会

2009年10月

# 前言

本书是由重庆工程职业技术学院根据教育部建设国家级示范性高职的要求,按照“双证融通,产学合作”人才培养模式改革的要求,组织编写的一本理论与实践一体化教材。教材将新开发的矿山机电类大学生职业技能鉴定标准的相关技能考核项目融入其中,有利于真正达到“一教双证”的目的。

在教材编写过程中,根据煤矿流体机械操作与维护这一典型工作任务对知识和技能的需要,对该课程的内容选择作了根本性改革,打破以知识传授为主要特征的传统学科课程模式,以完成典型工作任务为教学目标,根据煤矿机电技术员岗位的相关工作过程和所需知识技能的深度及广度来组织编写,选用构成矿山排水、通风、压气、瓦斯抽放系统所需要的水泵、通风机、空压机、真空泵等为载体,选择与煤矿机电技术员岗位密切相关的操作、维护、故障处理等任务来构建设计基于工作过程的学习情景。通过利用多媒体课件、情景模拟、任务考核和课后拓展作业等多种手段,帮助学生尽快掌握本课程中各种设备的使用、维护技能,完成从外行到内行的角色转换。

本书由重庆工程职业技术学院的黄文建任主编,彭敏任副主编,郭卫凡任主审。

本书在编写过程中,得到了煤炭科学研究总院重庆煤科分院的黄强、中梁山煤电气有限公司的杨毕君、重庆松藻煤电有限责任公司的张金贵等的大力支持,他们给教材编写提供了大量参考资料并提出了很多宝贵意见,编者在此一并表示感谢。

由于编者水平有限,书中难免有疏误和不足,恳请广大读者批评指正。

编者

2009年7月

# 目 录

情境一 排水设备的操作与维护 .....	1
任务一 排水设备的操作 .....	1
任务二 排水设备的运行与调节 .....	7
任务三 排水设备的维护与故障处理 .....	22
情境二 通风设备的操作与维护 .....	44
任务一 通风设备的操作 .....	44
任务二 通风设备的运行与调节 .....	50
任务三 通风设备的维护与故障处理 .....	64
情境三 压气设备的操作与维护 .....	90
任务一 压气设备的操作 .....	90
任务二 压气设备的运行与调节 .....	105
任务三 压气设备的维护与故障处理 .....	116
情境四 瓦斯抽放设备的操作与维护 .....	145
任务一 水环式真空泵的操作 .....	145
任务二 水环式真空泵的维护与故障处理 .....	152
任务三 矿用移动式瓦斯抽放泵站的操作与维护 .....	168
参考文献 .....	176

# 情境一

## 排水设备的操作与维护

### 任务一 排水设备的操作

知识点：

- ◆排水设备的作用及组成
- ◆排水设备的工作原理

技能点：

- ◆排水设备的启动、停止



#### 任务描述

由于煤矿一般都在地表以下的深处,所以在煤矿的建设和生产中,不断有各种来源的水涌入矿井。涌入矿井的水统称为矿水,其主要来源有大气降水、地表渗透水、含水层水、断层水、工作中灭尘的水等,对于水力采煤和水砂填充的矿井,还包括水力采煤和水砂填充后产生的废水。

矿井排水设备的作用就是将这些矿水及时排到地面,为井下生产创造良好的工作环境,保证入井人员的安全和井下机械、电气设备的良好运转。

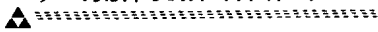
排水设备是煤矿大型固定设备之一。根据统计,每开采 1 t 煤,一般要排出 2 ~ 7 t 的矿水,有些甚至要排出多达 30 ~ 40 t 的矿水。排水设备的电动机功率,小的几千瓦或几十千瓦,大的几百千瓦或上千千瓦。如果排水设备不能正常运转,将直接影响井下生产的进行,甚至造成淹没矿井的重大事故。因此《煤矿安全规程》对排水设备的布置、操作、运行、维护等都作了严格的规定。



#### 任务分析

为了掌握矿井排水设备的操作方法,必须先了解矿井排水设备的组成及工作原理。





### 1. 矿井排水设备的组成

矿井排水设备分为固定式和移动式两类。固定式排水设备安装在泵房内,负责把全矿或某一水平的矿水排至地面;移动式排水设备一般用于下山掘进工作面、井底水窝或淹没巷道的排水,它可以随水位的下降而移动。

固定式排水设备一般由离心式水泵 1、电动机 2、启动设备 3、吸水管 4、排水管 7、阀门、仪表等组成,如图 1.1 所示。

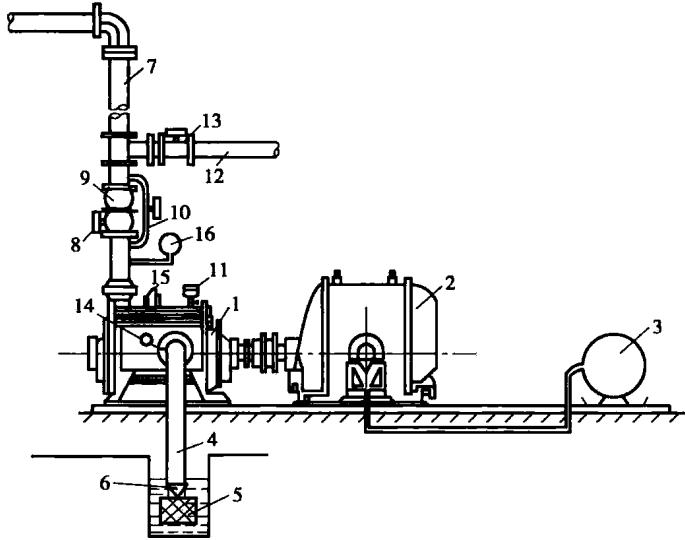


图 1.1 排水设备示意图

- 1—离心式水泵;2—电动机;3—启动设备;4—吸水管;5—滤水器;6—底阀;7—排水管;  
8—调节闸阀;9—逆止阀;10—旁通管;11—灌引水漏斗;12—放水管;13—放水闸阀;  
14—真空表;15—放气栓;16—压力表

各组成部件的作用如下:

启动设备是供电控制装置,给电动机提供电能。电动机是驱动装置,它驱动离心式水泵运转。离心式水泵是排水设备,它将电动机输入的能量转换成水的能量,完成排水的任务。

滤水器安装在吸水管末端,其作用是防止将水中的杂质吸入泵内。滤水器中装有底阀,以防止灌引水时或水泵停止运转后,泵内和吸水管中的水漏掉。

闸板阀安装在排水管上。其作用是:启动水泵时,关闭闸板阀,以便降低启动电流;在水泵运行中用来辅助调节水泵的流量;停止水泵时,关闭闸板阀,以防止出现水击现象,保护水泵不受水力冲击。

逆止阀安装在闸板阀的上方。其作用是:在水泵运行中由于突然停电而停止运转时,或在未关闭闸板阀而停泵时,防止排水管路中的水对泵体及管路系统造成水力冲击。

旁通管跨接在逆止阀和闸板阀的两端,若排水管中有水,可通过它向泵和吸水管内灌引水。

灌引水漏斗用于水泵启动前向泵内灌引水,此时应打开放气栓将泵内空气放掉。

放水闸阀用于在检修水泵和排水管路时,可通过放水管将排水管路中的水放回到吸水井中。

压力表和真空表分别用来检测排水管中的压力和吸水管中的真空度,通过仪表指示值可

知水泵工作状态是否正常。

## 2. 离心式水泵的组成及工作原理

我国煤矿使用的水泵有离心式、往复式及喷射式(射水泵)几种,其中最常用的是离心式水泵。往复式和射水泵多用于局部排水或排送泥浆。

图 1.2 为一单吸单级离心式水泵的示意图。其主要组成部件有叶轮 1,其上有一定数量的叶片 2,叶轮固定在泵轴 3 上,泵轴 3 通过轴承支撑在泵壳 4 上,泵壳内部为一蜗壳形扩散室,泵壳外部在水平方向开有吸水口,垂直方向开有排水口,分别与吸水管、排水管连接。

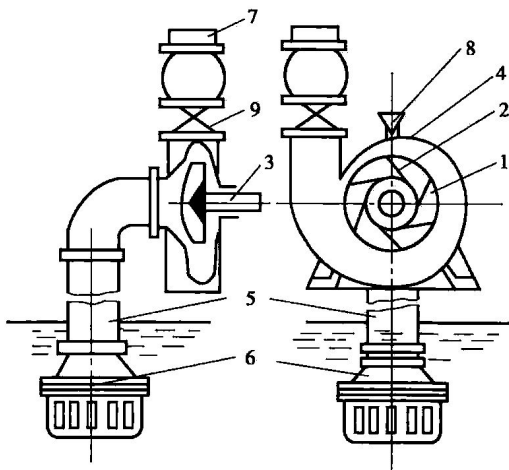


图 1.2 单吸单级离心式水泵示意图

1—叶轮;2—叶片;3—轴;4—外壳;5—吸水管;  
6—滤水器底阀;7—排水管;8—漏斗;9—闸板阀

水泵启动前,应先用水注满泵腔和吸水管,以排除空气。当电动机启动后,叶轮即随泵轴旋转,位于叶轮中的水在离心力的作用下被甩出叶轮,经泵壳内部蜗壳形扩散室从排水口流出。此时,叶轮中心进水口处由于水被甩出而形成局部真空,吸水井中的水在大气压作用下,经滤水器、底阀、吸水管进入水泵,填补叶轮中心的真空。叶轮连续旋转,水被不断地甩出、吸入、甩出,形成连续不断的水流。



### 相关知识

#### 1. 水击现象

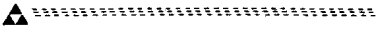
前面讲到水泵排水管上安装的闸板阀和逆止阀都有保护水泵免受水力冲击的作用。那么,什么是水力冲击和水击现象呢?

在压力管道中,由于液体流速的急剧改变,从而造成瞬时压力显著、反复、迅速变化的现象,称为水击(也称水锤)现象。

引起水击现象的根本原因是:当压力管道的阀门突然关闭或开启时,当水泵突然停止或启动时,因瞬时流速发生急剧变化,引起液体动量迅速改变,而使压力显著变化。

水击现象发生时,压力升高值可能为正常压力的好多倍,使管壁材料承受很大应力;压力的反复变化,会引起管道和设备的振动,严重时会造成管道、管道附件及设备的损坏。

消除或减轻水击危害的基本方法有:



- 1) 缓慢开启或关闭阀门;
- 2) 尽量缩短阀件与容器间的管道长度;
- 3) 设置逆止阀进行保护;
- 4) 装设安全阀或蓄能器吸收冲击压力。

## 2. 离心式水泵的性能参数

在离心式水泵的铭牌上,厂家提供了该水泵的一些性能参数,方便用户选用。它们的名称及意义如下:

### 1) 流量

水泵在单位时间内所排出水的体积,称为水泵的流量。用符号  $Q$  表示,单位为  $\text{m}^3/\text{s}$  或  $\text{m}^3/\text{h}$ 。

### 2) 扬程

单位重量的水通过水泵后所获得的能量,称为水泵的扬程。用符号  $H$  表示,单位为  $\text{m}$ 。

上述两个参数是选择水泵时要考虑的主要数据。

### 3) 功率

水泵在单位时间内所做功的大小叫做水泵的功率,用符号  $P$  表示,单位为  $\text{kW}$ 。它又分为:

#### (1) 水泵的轴功率

电动机传递给水泵轴的功率,即水泵的轴功率,也就是水泵的输入功率,用符号  $P_x$  表示。

#### (2) 水泵的有效功率

水泵实际传递给水的功率,即水泵的有效功率(输出功率),用符号  $P_z$  表示。

$$P_x = \frac{\rho g Q H}{1\ 000} \quad (1.1)$$

式中  $\rho$ ——矿水密度,一般取  $(1\ 015 \sim 1\ 025)\text{kg}/\text{m}^3$ ;

$Q$ ——水泵的流量,  $\text{m}^3/\text{s}$ ;

$H$ ——水泵的扬程,  $\text{m}$ 。

### 4) 转速

水泵轴每分钟的转速,叫做水泵的转速,用符号  $n$  表示,单位为  $\text{r}/\text{min}$ 。矿用离心式水泵都是用电动机直接拖动的,故常用的额定转速有  $1\ 480\ \text{r}/\text{min}$  和  $2\ 950\ \text{r}/\text{min}$  两种。

水泵的轴功率和转速这两个参数是选择配套电动机的主要数据。

### 5) 效率

水泵的有效功率与轴功率之比,叫做水泵的效率,用符号  $\eta$  表示。

$$\eta = \frac{P_z}{P_x} = \frac{\rho g Q H}{1\ 000 P_x} \quad (1.2)$$

### 6) 允许吸上真空度或必需汽蚀余量

在保证水泵不发生汽蚀的情况下,水泵吸水口处所允许的真空度,叫做水泵的允许吸上真空度,用符号  $H_s$  表示,单位为  $\text{m}$ 。它是用来限制水泵吸水(安装)高度的参数。

必需汽蚀余量是指:流体由泵吸入口流至叶轮中压力最低处的压力降低值,用符号  $\text{NPSHr}$  表示,单位为  $\text{m}$ 。也是用来限制水泵吸水(安装)高度的参数(见任务二)。

以前我国使用允许吸上真空度,现在都采用必需汽蚀余量。

以上性能参数均由厂家提供。例如, D280—43 × 3 型水泵的额定工作参数为  $Q = 288 \text{ m}^3/\text{h}$ ,  $H = 122.4 \text{ m}$ ,  $P_z = 120 \text{ kW}$ ,  $\eta = 0.8$ ,  $n = 1480 \text{ r/min}$ ,  $H_s = 5.7 \text{ m}$ 。

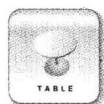
例 1.1 已知一水泵的总扬程为  $100 \text{ m}$ , 流量为  $8 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ 。求该水泵的有效功率。如果泵的总效率  $\eta = 0.6$ , 该泵的轴功率  $P_z$  是多少?

解 水泵的有效功率  $P_x$  为

$$P_x = \frac{\rho g Q H}{1000} = 1020 \times 9.8 \times 8 \times 10^{-3} \times \frac{100}{1000} = 8 \text{ kW}$$

水泵的轴功率  $P_z$  为

$$P_z = \frac{P_x}{\eta} = \frac{8}{0.6} = 13.3 \text{ kW}$$



## 任务实施

### (一) 离心式水泵的启动

#### 1. 启动前的检查

启动水泵以前,应先清除机器附近有碍运转的物件,检查基础螺栓及所有连接部分的紧固情况;检查填料压盖的松紧程度;检查轴承情况并加足润滑油,然后用手转动联轴器,判断水泵有无卡阻现象。

#### 2. 灌注引水

关闭排水管上的闸阀,关闭真空表和压力表的旋塞,防止因启动时真空、压力增大而损坏仪表。打开泵壳上的放气螺塞,向泵腔和吸水管内灌注引水并排尽腔内空气,直至放气螺塞处冒水为止。为使泵腔内空气排尽,灌水时应用手转动联轴器。然后关闭放气螺塞,开始启动水泵。

向泵内注水是水泵启动前的必要环节。如水泵在未灌注引水或灌注引水不够的情况下启动,即使水泵达到了额定转速,也会因泵腔内存有空气而无法产生将水吸入泵内的真空度而吸不上水。严重时,在无水情况下,填料箱中的填料与泵轴长时间摩擦,有可能发生热胶合事故。

关闭闸阀启动水泵的原因是:离心式水泵在零流量时消耗的轴功率最小,这样可降低电动机的启动电流。但水泵也不能长时间在零流量情况下运转,否则会强烈发热,一般空转时间不应超过  $3 \text{ min}$ 。

#### 3. 启动水泵

按下启动设备上的启动按钮,电动机通电带动水泵旋转,当水泵达到额定转速后,打开真空表和压力表的旋塞,观察示值是否正常,若示值正常即可逐渐将闸阀打开,使水泵进入正常运转。然后再将启动设备上的开关转到运行位置上。

在打开闸阀过程中,压力表的示值随着闸阀开度的增大而减小,电流表的示值也逐渐减小,真空表的示值却是增大,最后都稳定在相应的示值上。

在启动过程中,应密切注意仪表的指示,泵的声响和振动,轴承的温度等。如有明显的异常情况,应立即停止启动,查明原因排除故障后才能再次启动。

## (二) 离心式水泵的停止

### 1. 关闭闸阀

停泵时,应先逐渐关闭排水管上的闸阀,使水泵进入空转状态;而后关闭真空表及压力表的旋塞;再按停电按钮。

### 2. 停电

按停电按钮,停止电动机,再切断电源刀闸。

### 3. 放水

停机后,如水泵在短期内不工作,为避免锈蚀和冻裂,应将水泵内的水放空。若水泵长期停用,则应对水泵施以油封;同时应定期使电动机空运转,以防受潮。空转时,应将联轴器分开,让电动机单独运转。



### 任务考评

考评内容及评分标准见表 1.1。

表 1.1 考评内容及评分标准

序号	考核内容	考核项目	配 分	评分标准	得 分
1	排水设备的作用及组成	排水设备的作用 排水设备的组成	20	错一大项扣 10 分 错一小项扣 2 分	
2	离心式水泵的组成及工作原理	离心式水泵的组成 离心式水泵的工作原理	20	错一大项扣 10 分 错一小项扣 2 分	
3	离心式水泵的性能参数	认识铭牌上的性能参数,能说明其意义	10	错一项扣 2 分	
4	离心式水泵的操作	离心式水泵的启动 离心式水泵的停止	40	按步骤错一项扣 5 分	
5	遵章守纪,文明操作	遵章守纪,文明操作	10	错一项扣 5 分	
合计					

### 复习思考题

1. 矿水的来源有哪些?
2. 排水设备的组成部分有哪些,各有什么作用?
3. 简述离心式水泵的工作原理。
4. 离心式水泵的性能参数有哪些?

## 5. 离心式水泵如何启动、停止?

## 任务二 排水设备的运行与调节

## 知识点:

- ◆离心式水泵性能曲线的用途
- ◆比例定律的应用
- ◆管路特性曲线的确定方法
- ◆工况点的确定方法
- ◆汽蚀现象和吸水高度的确定方法

## 技能点:

- ◆离心式水泵的正常运行
- ◆离心式水泵的调节方法



## 任务描述

由任务一的学习可知,矿井排水设备在煤矿生产中起着非常重要的作用,所以必须全天候的正常运转,并且要求能随矿井涌水量的变化及时调节。因此必须先学习掌握离心式水泵的性能曲线、管路特性曲线,以及两者之间的关系,和两条曲线对离心式水泵工作的影响,然后才能理解掌握离心式水泵的正常运行和调节方法,以便今后在工作中正确地运用这些方法。



## 任务分析

## 1. 离心式水泵的性能曲线

由离心式水泵的工作原理知道,水在旋转叶轮的作用下获得了能量,经理论分析推导,在不考虑任何能量损失的情况下,有以下关系式:

$$H_L = \frac{u_2 C_2 \cos \alpha_2 - u_1 C_1 \cos \alpha_1}{g} = \frac{u_2 C_{2u} - u_1 C_{1u}}{g} \quad (1.3)$$

式中  $H_L$ ——离心式水泵的理论压头, m;

$u_2, u_1$ ——分别为叶轮出口和进口处的圆周速度, m/s;

$c_2, c_1$ ——分别为叶轮出口和进口处的绝对速度, m/s;

$\alpha_2, \alpha_1$ ——分别为叶轮出口和进口处的叶片角度;

$c_{2u}, c_{1u}$ ——分别为叶轮出口和进口处的扭曲速度, m/s。

该式即为离心式水泵的理论压头方程式,它说明了单位重量的水经过水泵后获得的能量与叶轮的圆周速度  $u_2, u_1$  有关,还与叶片弯曲的角度  $\alpha_1, \alpha_2$  有关。在实际工作中,因叶片弯曲的角度  $\alpha_1, \alpha_2$  无法改变,我们就通过改变叶轮的圆周速度  $u_2, u_1$  来使水获得更大的能量(见比例定律)。

上述理论压头方程式在分析推导时没有考虑水流与叶轮之间的各种阻力损失,所以常用于理论分析,而在生产中常用到离心式水泵的实际性能曲线,它由厂家提供,如图 1.3 所示。

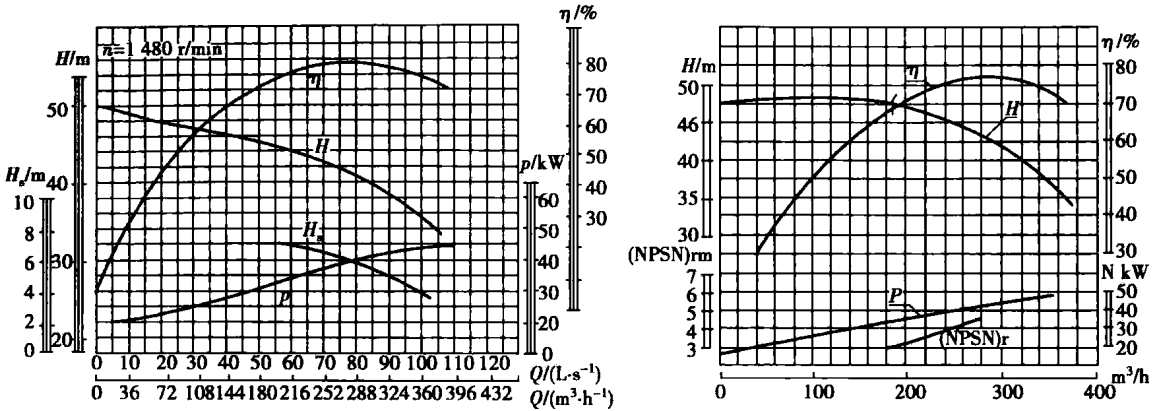
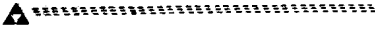


图 1.3 离心式水泵的性能曲线

离心式水泵的实际性能曲线包括扬程曲线  $H$  (即实际压头曲线), 轴功率曲线  $P$ , 效率曲线  $\eta$ , 允许吸上真空度曲线  $H_s$  或必需汽蚀余量曲线  $NPSH_r$ 。这些曲线表示了单级水泵在额定转速下, 上述性能参数随流量  $Q$  变化的关系。如果是多级水泵则需将对应流量下的扬程  $H$  和轴功率  $P$  值乘以级数。

从特性曲线中可以看出: 当流量  $Q=0$  时, 轴功率最小, 所以离心式水泵要在完全关闭闸板阀的情况下启动。

当流量  $Q=0$  时, 扬程  $H$  最大, 一般称之为零流量扬程, 用符号  $H_0$  表示。随着流量的增加, 水流与叶轮间的损失也随之增加, 故扬程  $H$  逐渐减小。

当水泵的流量和额定流量相吻合时, 冲击损失为零, 效率最高。所以效率曲线中有一个峰值。水泵铭牌上的性能参数就是效率最高时的参数。

允许吸上真空度曲线  $H_s$  反映了水泵抗汽蚀能力的大小。它是生产厂家通过汽蚀实验并考虑  $0.3\text{ m}$  的安全余量后得到的。一般来说, 水泵的允许吸上真空度是随着流量的增加而减小的。即水泵的流量越大, 它所具有的抗汽蚀能力就越小。  $H_s$  值是合理确定水泵吸水高度的重要参数 (现在都用必需汽蚀余量  $NPSH_r$  来表示)。

## 2. 比例定律

由水泵的相似理论分析知, 对同一水泵, 当转速改变时, 在相应工况下, 其流量之比等于转速之比, 扬程之比等于转速之比的平方, 功率之比等于转速之比的立方。这 3 个关系式就是水泵的比例定律。

$$\text{即 } \frac{Q}{Q'} = \frac{n}{n'} \tag{1.4}$$

$$\frac{H}{H'} = \left(\frac{n}{n'}\right)^2 \tag{1.5}$$

$$\frac{P_z}{P'_z} = \left(\frac{n}{n'}\right)^3 \tag{1.6}$$

式中  $Q, H, P$ ——转速为  $n$  时的流量、扬程、功率;

$Q', H', P'$ ——转速为  $n'$  时的流量、扬程、功率。

利用比例定律, 可以通过改变水泵的转速来改变其性能参数, 从而扩大其使用范围, 满足生产的需要。

例 1.2 已知某水泵当  $n = 2\,950$  r/min 时,其流量  $Q = 45$  m<sup>3</sup>/h,扬程  $H = 70$  m,轴功率  $P_z = 15$  kW。若将其转速改变为  $n' = 1\,480$  r/min,求此时该水泵的流量、扬程和功率各为多少?

解 由式(1.4)得

$$Q' = Q \times \frac{n'}{n} = 45 \times \frac{1\,480}{2\,950} = 22.58 \text{ m}^3/\text{h}$$

由式(1.5)得

$$H' = H \left( \frac{n'}{n} \right)^2 = 70 \times \left( \frac{1\,480}{2\,950} \right)^2 = 17.62 \text{ m}$$

由式(1.6)得

$$P'_z = P_z \left( \frac{n'}{n} \right)^3 = 15 \times \left( \frac{1\,480}{2\,950} \right)^3 = 1.89 \text{ kW}$$

改变转速后,水泵性能曲线中的扬程曲线  $H'$  将平行上、下移动,功率曲线将改变其陡峭程度,如图 1.4 所示。

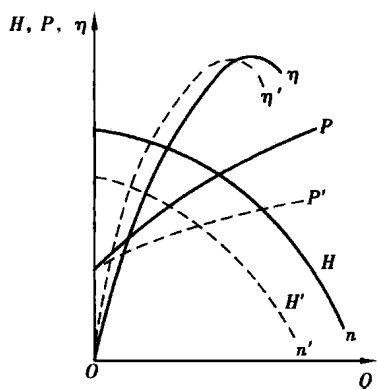


图 1.4 改变水泵转速的特性曲线

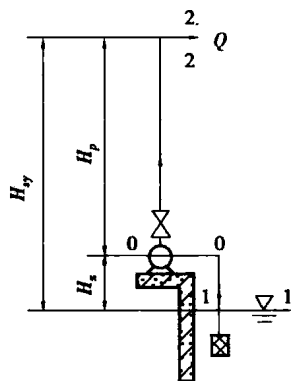


图 1.5 排水设备简图

### 3. 管路特性曲线

上面分析了单位重量的水通过水泵后获得的能量,那么这些能量用到哪儿去了呢?下面通过图 1.5 所示的一台水泵与一条管路构成的排水设备简图来进行分析说明。

由图 1.5 可知,水泵将流量为  $Q$  的水从水面 1-1 处输送到高度为  $H_{sy}$  的出口 2-2 处,并以一定的速度流出。

因此,水通过水泵获得的能量一是用来克服水的重力,使其上升到  $H_{sy}$  的高度(实际扬程),即转为了水的重力势能;二是用来推动水在管路里以一定的流速  $v_p$  流动,即转为了水的动能;三是用来克服水与管路之间的流动阻力  $h_w$ 。这三部分加在一起,就是排水所需要的能量。

即

$$H = H_{sy} + \frac{v_p^2}{2g} + h_w$$

$$= (H_x + H_p) + \frac{v_p^2}{2g} + (h_x + h_p) \quad (1.7)$$

式中  $H_x, H_p$ ——分别为吸水扬程和排水扬程,二者之和为实际扬程,均为已知, m;

$v_p^2/2g$ ——单位重量水的动能,可通过  $v_p = 4Q/\pi d^2$  计算求得, m;



$h_x, h_p$ ——分别为吸水管阻力和排水管阻力, m。

由流体力学知:

$$h_x + h_p = \left( \sum \xi_x + \lambda_x \frac{L_x}{d_x} \right) \times \frac{v_x^2}{2g} + \left( \sum \xi_p + \lambda_p \frac{L_p}{d_p} \right) \times \frac{v_p^2}{2g} \quad (1.8)$$

式中  $\xi_x, \xi_p$  ——分别为吸水管和排水管的局部阻力系数, 可查表 1.2 或手册获得;  
 $\lambda_x, \lambda_p$  ——分别为吸水管和排水管的沿程阻力系数, 可查表 1.2 或手册获得;  
 $L_x, L_p$  ——分别为吸水管和排水管的直线段长度, m;  
 $d_x, d_p$  ——分别为吸水管和排水管的直径, m。

将式(1.8)代入式(1.7)并整理后得到排水所需要的能量为:

$$H = H_{yy} + RQ^2 \quad (1.9)$$

式中  $Q$ ——管路中的流量,  $m^3/s$ ;

$R$ ——管路阻力损失系数,  $s^2/m^5$ 。

$$R = \frac{8}{\pi^2 g} \left[ \left( \frac{\sum \xi_x}{d_x^4} + \lambda_x \frac{L_x}{d_x^5} \right) + \left( \frac{\sum \xi_p}{d_p^4} + 1 \right) + \lambda_p \frac{L_p}{d_p^5} \right] \quad (1.10)$$

公式(1.9)即为**管路特性方程式**。它表达了通过管路的流量与所需能量(压头)之间的关系。从式中可看出, 所需能量(压头) $H$  取决于实际扬程  $H_{yy}$ 、管路阻力损失系数  $R$  和流量  $Q$ 。对于具体矿井来说, 其实际扬程  $H_{yy}$  是确定的, 因而当流量一定时, 所需能量(压头) $H$  取决于  $R$ , 即取决于管长、管径、管壁状况以及管路附件的种类及数量。而当管路一定时, 所需能量(压头) $H$  则取决于流量  $Q$ 。将公式(1.9)代入不同的流量  $Q$ , 得到对应的不同的  $H$ , 将其画在  $Q-H$  坐标图上, 则为一条顶点在纵坐标轴上  $H_{yy}$  处的二次抛物线, 称其为**管路特性曲线**, 如图 1.6 所示。

应该指出: 式(1.10)中的各种系数与几何尺寸都是针对新管道的。对于管壁挂垢使管径缩小的旧管道, 管路阻力系数应乘以 1.7, 即

$$H = H_{yy} + 1.7RQ^2 \quad (1.11)$$

#### 4. 工况点的确定方法

水泵是和管路连接在一起工作的, 水泵的流量就是管路中的流量, 水泵提供的扬程就是水流经管路时的总压头消耗。所以, 如果把水泵特性曲线和管路特性曲线按同一比例画在同一坐标图上, 所得的交点  $M$  就是水泵的工作点, 称为**工况点**, 如图 1.7 所示。  $M$  点所对应的参数称为**工况参数**, 如  $Q_M, H_M, \eta_M, P_M, H_{sM}$  或  $NPSH_{rM}$ 。

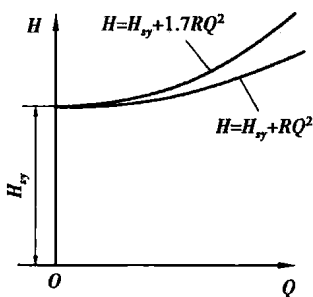


图 1.6 排水管路特性曲线

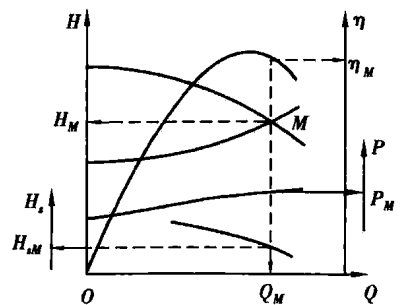


图 1.7 水泵的工况点