



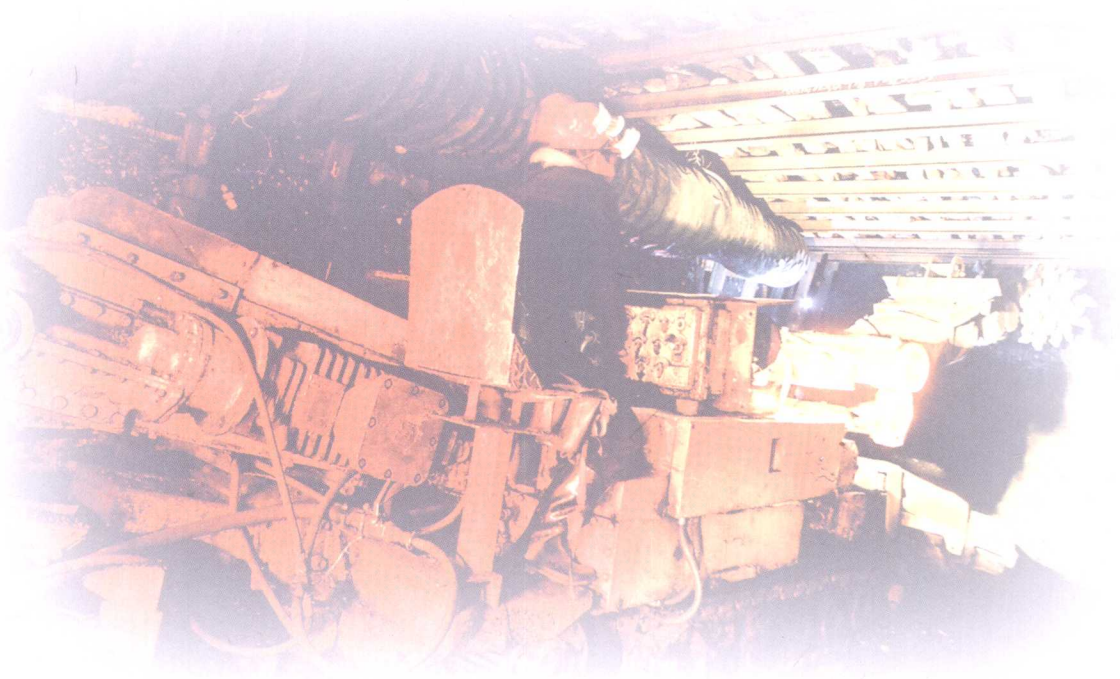
普通高等教育“十一五”国家级规划教材

矿山机械

主编 王志甫 毋虎城

KUANGSHAN JIXIE

China University of Mining and Technology Press



中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

TD4
W-977

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

矿 山 机 械

主 编 王志甫 毋虎城
副主编 徐从清 张书征
王国文

中国矿业大学出版社

内 容 提 要

本书较全面地介绍了矿井排水、通风、提升、压气设备以及采掘机械、支护设备、掘进机械、运输机械的结构原理、工作性能、造型配套、使用维护等知识。每章还配有实训课题。内容充实,且具有先进性和实用性。

本书供高职高专院校矿山机电、采矿专业的学生学习使用,也可作为从事矿山生产的工程技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

矿山机械/王志甫,毋虎城主编. —徐州:中国矿业大学出版社,2009.8

ISBN 978-7-5646-0439-4

I. 矿… II. ①王…②毋… III. 矿山机械 IV. TD4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 143304 号

书 名 矿山机械

主 编 王志甫 毋虎城

责任编辑 钟 诚

出版发行 中国矿业大学出版社

(江苏省徐州市中国矿业大学内 邮编 221008)

网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com

排 版 徐州中矿大印发科技有限公司排版中心

印 刷 徐州中矿大印发科技有限公司

经 销 新华书店

开 本 787×1092 1/16 印张 29.25 字数 730 千字

版次印次 2009 年 8 月第 1 版 2009 年 8 月第 1 次印刷

定 价 47.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

前 言

本书是由中国矿业大学出版社组织平顶山工业职业技术学院、河南理工大学高职学院、云南能源职业技术学院、徐州建筑工程职业技术学院、石家庄工程技术学校等学校的有关教师编写的普通高等教育“十一五”国家级规划教材。

全书分三篇,共十二章。第一篇为矿山固定机械,主要内容包括排水设备、通风设备、压气设备和提升设备的结构、工作原理、特点、故障分析及处理方法和选型计算等。第二篇为矿山采掘机械,主要包括凿岩机械、装载机械、掘进机械、采煤机械和支护设备的结构、工作原理和使用维护、故障分析及处理方法等。第三篇为运输设备,主要包括刮板输送机的结构特点、工作原理和故障分析及处理方法;胶带输送机的结构特点、工作原理、故障分析及处理方法和选型计算;矿用机电车的结构特点、运行理论、故障处理方法等。另外,每篇还编入了相关的实训课题供学生实习实训。

本书依据高等职业技术教育的培养目标编写,在编写中,力求贴近矿山,使教材内容适应矿山生产的现状和发展的需要,力争使教材具有鲜明的思想性、先进性、启发性、实用性和科学性,突出职业技术教育核心课程的特色,以适应培养应用型人才的需要。

本书主要适用于高职高专、成人高校、广播电视大学、函授大专等矿山机械类各专业。本书教学时数为100学时,每篇既有联系,又相互独立,各院校可根据需要选用。

本书由王志甫、毋虎城担任主编,徐从清、张书征、王国文担任副主编,参加编写的还有徐长安、贺子杏、邓开陆、史俊青、王惠才、金敬华、冯如鹤。具体编写内容为:云南能源职业技术学院的张书征编写第一篇第一章;云南能源职业技术学院的邓开陆编写第一篇第二章;徐州建筑工程职业技术学院的史俊青编写第一篇第三章;平顶山工业职业技术学院的王志甫、王惠才编写第一篇第四章;河南理工大学高职学院的贺子杏编写第二篇第一、二章;河南理工大学高职学院的王国文编写第二篇第三章;河南理工大学高职学院的毋虎城编写第二篇第四章;河南理工大学高职学院的徐长安编写第二篇第五章;平顶山工业职业技术学院的徐从清编写第三篇第一章;石家庄工程技术学校的金敬华编写第三篇第二章;平顶山工业职业技术学院的冯如鹤编写第三篇第三章。全书由王志甫统稿。

编写过程中,利用和参考了许多文献资料,我们谨向这些文献资料的编著者和支持该书编写工作的单位和个人表示衷心的感谢。由于我们水平有限,书中不妥之处在所难免,切望读者批评指正。

编 者
2008年4月

目 录

第一篇 矿山固定机械

第一章 矿井排水设备	3
第一节 概述	3
第二节 离心式水泵的结构	6
第三节 离心式水泵的性能与工况分析	14
第四节 矿井排水设备的操作运行与维护	30
第五节 水泵、管路在泵房内的布置	31
第六节 排水设备的选型计算	34
第七节 综合实训课题	42
本章小结	46
习题	48
第二章 矿井通风设备	49
第一节 概述	49
第二节 通风机的构造及反风装置	52
第三节 通风机的特性曲线	62
第四节 风机在网络中的工作分析	73
第五节 通风设备的操作运行、维护及故障处理	80
第六节 矿井通风设备的选型	83
第七节 综合实训课题	92
本章小结	93
习题	95
第三章 矿山压缩空气设备	96
第一节 概述	96
第二节 空压机的工作循环	99
第三节 空压机的主要结构	107
第四节 矿山空气压缩设备的操作、运行、维护与故障处理	120
第五节 矿山空气压缩设备的选型	125
第六节 综合实训课题	128
本章小结	131
习题	132
第四章 矿井提升设备	133
第一节 概述	133

第二节 提升容器与提升钢丝绳·····	137
第三节 矿井提升机的组成及结构·····	148
第四节 矿井提升设备的操作、运转、维护与故障处理·····	186
第五节 矿井提升设备的选型·····	194
第六节 综合实训课题·····	208
本章小结·····	215
习题·····	216

第二篇 矿山采掘机械

第一章 凿岩机械 ·····	219
第一节 概述·····	219
第二节 气动凿岩机·····	220
第三节 液压凿岩机·····	225
第四节 锚杆钻机·····	227
第五节 综合实训课题(凿岩机械的拆装实训)·····	230
本章小结·····	230
习题·····	231
第二章 装载机械 ·····	232
第一节 耙斗装载机·····	232
第二节 扒爪装载机·····	238
第三节 综合实训课题(装载机械的拆装实训)·····	241
本章小结·····	241
习题·····	242
第三章 掘进机械 ·····	243
第一节 概述·····	243
第二节 部分断面巷道掘进机·····	245
第三节 全断面巷道掘进机·····	252
第四节 掘进机的使用、维护和故障处理·····	256
第五节 综合实训课题·····	267
本章小结·····	268
习题·····	268
第四章 采煤机械 ·····	269
第一节 概述·····	269
第二节 滚筒采煤机·····	273
第三节 刨煤机·····	282
第四节 采煤机械的使用维护及故障处理·····	286
第五节 综合实训课题·····	293
本章小结·····	295
习题·····	295

第五章 支护设备	296
第一节 单体液压支柱和铰接顶梁.....	296
第二节 液压支架.....	305
第三节 乳化液泵站.....	318
第四节 支护设备的使用、维护与保养	320
第五节 综合实训课题.....	325
本章小结.....	326
习题.....	326

第三篇 矿山运输设备

第一章 刮板输送机	331
第一节 概述.....	331
第二节 刮板输送机的结构.....	335
第三节 桥式转载机.....	364
第四节 刮板输送机的安装、运转、维护和故障处理.....	370
第五节 综合实训课题.....	377
本章小结.....	380
习题.....	381
第二章 带式输送机	382
第一节 概述.....	382
第二节 带式输送机的主要结构.....	389
第三节 带式输送机的选型计算.....	402
第四节 带式输送机的安装、运转与维护	410
第五节 综合实训课题.....	415
本章小结.....	416
习题.....	417
第三章 矿用电机车	418
第一节 概述.....	418
第二节 矿用电机车的结构.....	425
第三节 电机车运行理论.....	439
第四节 矿用电机车的运行、维护与故障处理	442
第五节 综合实训课题.....	456
本章小结.....	458
习题.....	458

第一篇 矿山固定机械

第一章 矿井排水设备

学习目标:

1. 了解排水设备的任务和矿山排水系统,掌握排水设备组成、各组成功用以及离心式水泵的工作原理。
2. 掌握 D 型泵、IS 泵的结构和型号。
3. 掌握离心式水泵的特性、管路特性、水泵的工况点及工作条件,了解离心泵的联合工作,掌握离心泵的调节原理和方法以及排水设备经济运行的评价方法和措施。
4. 掌握排水设备的操作运行与维护措施。
5. 了解泵房及泵房内的设备布置。
6. 掌握排水设备选型计算的方法和步骤。
7. 了解离心泵的拆装方法和顺序,掌握离心泵的结构、常见故障的处理方法和性能测试方法。

第一节 概 述

一、矿井排水设备的任务

在煤矿建设和生产中,各种来源的水不断地涌入矿井,这些涌入矿井的水统称为矿水。矿水主要来源于地下水和地表水;对采用水力采煤和水沙充填的矿井,还包括废水。矿井的涌水量与地质条件、气候及开采方法等因素有关。据统计,每开采 1 t 煤,要排出 2~7 t 矿水,有的矿井甚至多达 30~40 t。一般来讲,雨雪季节涌水量最大,这一时期的涌水量称为最大涌水量;其余季节涌水量比最大涌水量小,并且变化不大,称为正常涌水量。

矿水的性质主要是指矿水的物理性质和化学性质,包括重力密度、温度、pH 值等。

由于矿水中含有矿物质和大量泥沙,所以,矿水的重力密度比清水大,一般为 $9\ 957\sim 10\ 055\ \text{N/m}^3$ (密度为 $1\ 015\sim 1\ 025\ \text{kg/m}^3$)。含有大量泥沙的矿水会加速水泵零件的磨损,因此,应设置沉淀池和水仓,对矿水中的泥沙进行充分沉淀。按溶解在矿水中的 H^+ 浓度不同,矿水可分为酸性($\text{pH}<7$)、中性($\text{pH}=7$)和碱性($\text{pH}>7$)。当 $\text{pH}<5$ 时,要求选用耐酸材料的排水设备,并对水进行中性处理,以保证设备的使用年限。

所以,矿山排水设备的任务是将矿水及时排送至地面,保证井下工作人员、设备和矿井的安全。因此,要求排水设备必须安全、可靠、经济实用。

二、矿井排水系统

矿井排水系统分为直接排水系统、分段排水系统和集中排水系统等。

(一) 直排水系统

直排水系统是将矿水集中到水仓,然后用排水设备直接排送至地面。如图 1-1-1(a)为单水平开采的直接排水系统;图 1-1-1(b)为多水平开采,每个水平分别采用直接排水系统。

直接排水系统具有系统简单,泵房、水仓及管子道开拓量和基建投资小,排水设备数量少,维护、检修量小,管理方便等优点。在现有水泵扬程满足排水高度要求的情况下,一般采用直接排水系统。直接排水系统也是我国煤矿通常采用的一种排水系统。

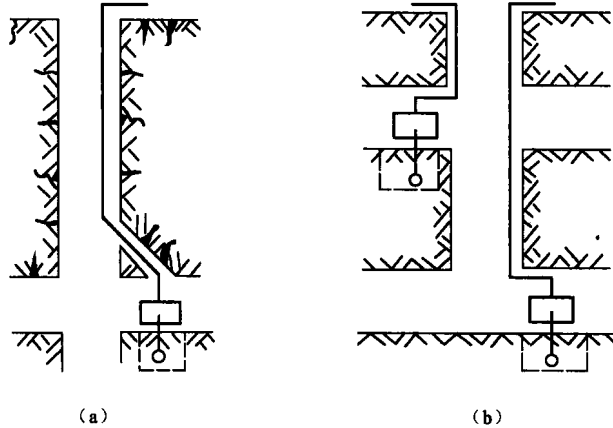


图 1-1-1 直接排水系统示意图

(a) 单水平开采;(b) 多水平开采

(二) 分段排水系统

如果井筒过深,现有水泵的扬程不能满足排水高度的要求时,应采用分段排水系统。图 1-1-2(a)为单水平开采的分段排水系统,是在井筒中部开设泵房和水仓,也可只开设泵房不开设水仓,采用水泵串联工作。图 1-1-2(b)为多水平开采的分段排水系统,是把下水平的矿水先排至上水平水仓,然后由上水平排至地面。

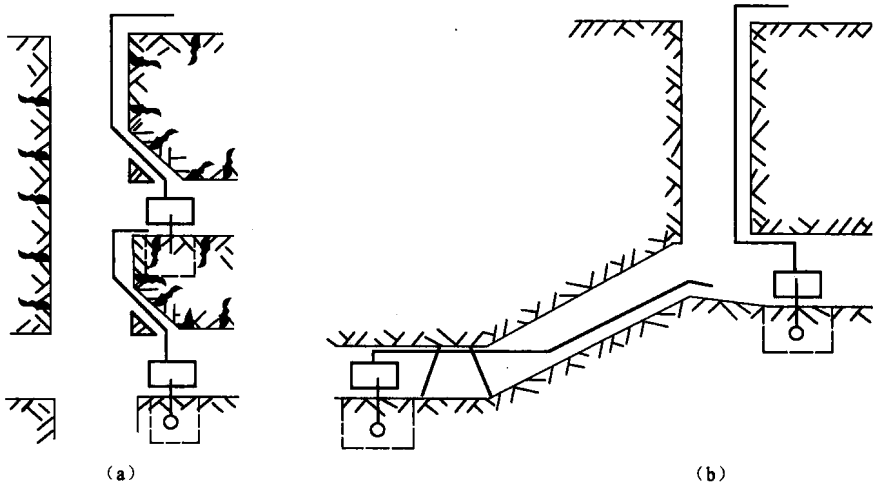


图 1-1-2 分段排水系统示意图

(a) 单水平开采;(b) 多水平开采

(三) 集中排水系统

多水平开采的矿井,可将上水平的矿水集中到下水平水仓,由下水平排至地面。图 1-1-3 为两个水平开采的集中排水系统,是将上水平的矿水下放至下水平水仓,然后由下水平排至地面。

矿井排水采取哪种排水系统,应根据矿井的具体情况和现有可选择的排水设备,经技术、经济比较后确定。

三、矿山排水设备的组成及其作用

如图 1-1-4 所示,矿山排水设备一般由水泵、电动机、启动设备、管路及管路附件和仪表等组成。

水泵是把原动机械能传输给水的机械,叶轮是传输能量的主要零件。滤水器 5 装在吸水管的最下端,其作用是过滤矿水中的杂物,防止杂物进入水泵。底阀 6 用于防止水泵启动前充灌的引水及停泵后的存水漏入吸水井。底阀阻力较大,并常出现故障,所以,一些矿井采用了无底阀排水。无底阀排水就是去掉底阀,减小吸水管路的阻力,并减少了存在底阀时的故障。调节闸阀 8 安装在靠近水泵的出水管段上,用来调节水泵的扬程和流量、关闭时启动(功率最小,以免电动机过载)和正常停泵时先关闭该闸

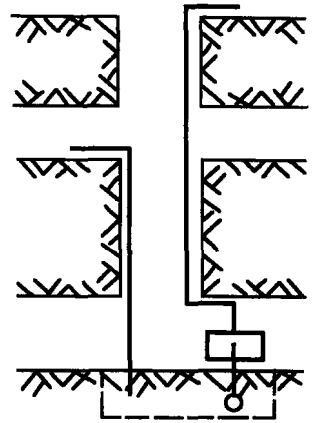


图 1-1-3 集中排水系统示意图

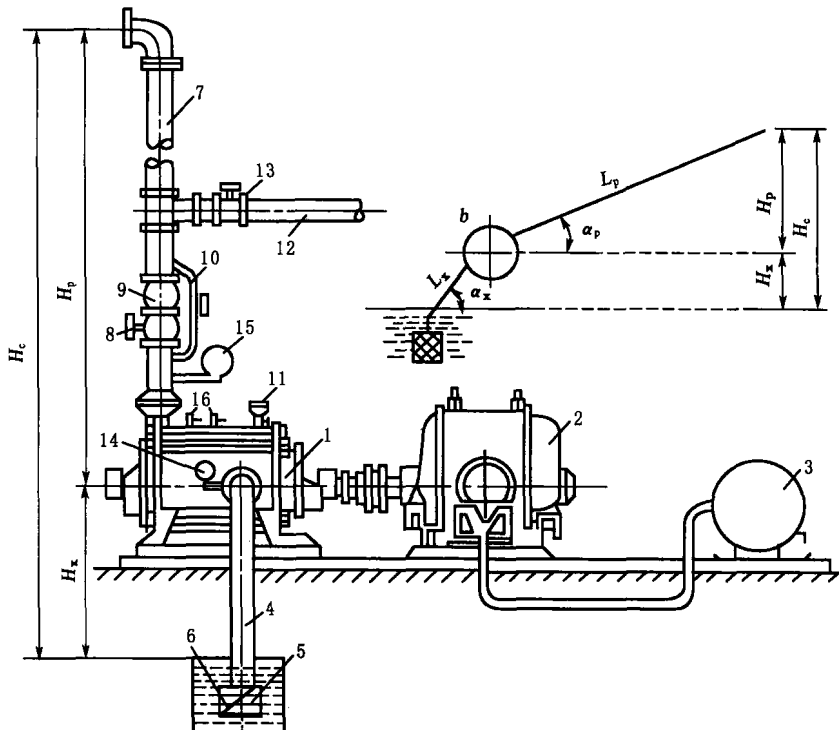


图 1-1-4 矿山排水设备示意图

- 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——引水漏斗;
12——放水闸阀;13——放水闸阀;14——真空表;15——压力表;16——放气栓

阀以免水击水泵与管路。逆止阀 9 安装在调节闸阀的上方,防止突然停泵时来不及关闭调节闸阀发生水击,以保护水泵和管路。旁通管 10(对有底阀的水泵)跨接在逆止阀和调节闸阀两端。水泵启动前,可通过旁通管用排水管中的存水向水泵充灌引水。压力表 15 用来检测水泵出口的压力。真空表用来检测水泵入口处的真空度。引水漏斗 11 用来充灌引水。放气栓 16 是在充灌引水时排出水泵内的空气。放水管 12 是在检修水泵和管路时,把排水管中的存水放入吸水井。

四、离心式泵的工作原理

图 1-1-5 为一单吸单级离心式水泵的结构示意图。它主要由叶轮 1、泵轴、外壳 3、轴承及吸水管 4、排水管 5 等组成。叶轮固定在泵轴上,随泵轴一起转动。外壳 3 为一螺线形扩散室,吸水口和排水口分别与吸水管 4 和排水管 5 连接。

水泵启动前,先向水泵充灌引水,灌满引水后,启动电动机。电动机带动泵轴与叶轮旋转,叶轮内的水在离心力作用下,由叶轮入口流向叶轮出口,并经螺线形扩散室进入排水管被排出。同时,在水被排出的叶轮进口处形成真空(负压),吸水井中的水在大气压力作用下,通过吸水管被压入叶轮入口,形成连续流动。

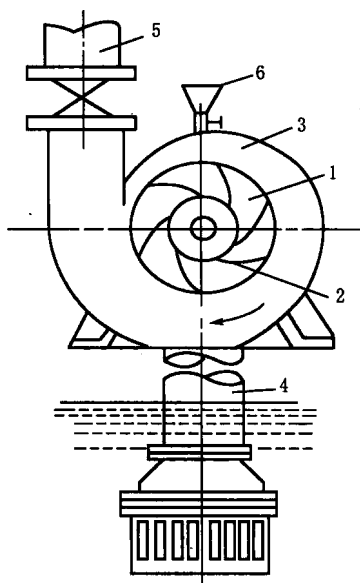


图 1-1-5 单级离心式水泵结构示意图

1——叶轮;2——叶片;3——外壳;4——吸水管;5——排水管;6——引水漏斗

第二节 离心式水泵的结构

离心式水泵的种类和型号很多,目前,矿山主排水泵主要用 D 型泵,而井底水窝和采区局部排水常用 IS 型水泵。有些煤矿还在采用 DA 型、B 型泵等一些老式水泵。本节主要介绍 D 型和 IS 型水泵的结构,其他型号的水泵在此不作介绍。

一、离心式水泵的分类

(一) 按叶轮数目分

1. 单级水泵:泵轴上只装有一个叶轮。
2. 多级水泵:泵轴上装有多多个叶轮。

(二) 按叶轮进水口的数目分

1. 单吸水泵:叶轮上只有一个进水口。
2. 双吸水泵:叶轮两侧都有进水口。

(三) 按泵壳接缝形式分

1. 分段式水泵:垂直泵轴心线的平面上有泵壳接缝。
2. 中开式水泵:在通过泵轴心线的平面上有泵壳接缝。

(四) 按泵轴的位置分

1. 卧式水泵:泵轴在水平位置。
2. 立式水泵:泵轴在垂直位置。

二、D 型离心式水泵

D 型泵是卧式单吸多级分段式离心泵,供输送清水及物理化学性质类似于水的液体,输送液体的最高温度不超过 80°C ,广泛用于矿山排水、工厂及城市给水等。为适应不同的工作条件与环境,D 型泵又派生出一些产品,如 DM 型(耐磨泵)、DF 型(耐腐蚀泵)、DG 型(锅炉给水泵)等,也可用于矿山排水。它们都是卧式单吸多级分段式离心泵,除 DG 型吸水口为垂直向上(有些 DF 型水泵吸水口也为垂直向上)外,其他皆为吸水口水平、排水口垂直向上,其余结构基本相同,不同的是它们的过流部件采用的材料不同。D 型泵的外形如图 1-1-6 所示。

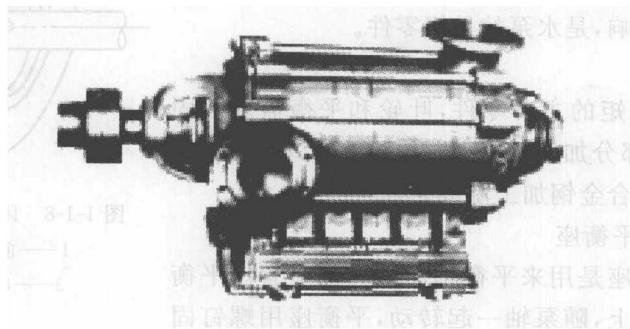


图 1-1-6 D 型泵外形图

(一) D 型泵的结构

D 型泵的结构如图 1-1-7 所示。D 型泵主要由转动部分、固定部分和密封部分等组成。

1. 转动部分

转动部分主要由泵轴、叶轮、平衡盘和轴承组成,叶轮和平衡盘装在泵轴上,泵轴支撑在两端的轴承上,在电动机带动下一起转动。

(1) 叶轮

D 型泵采用的闭式叶轮结构示意图如图 1-1-8 所示。叶轮由前盘、后盘、叶片和轮毂组成,由灰口铸铁或铸钢铸造加工而成。

叶轮主要是靠离心力的作用把能量传递给水,以提高水的能量。D 型泵叶轮叶片数目

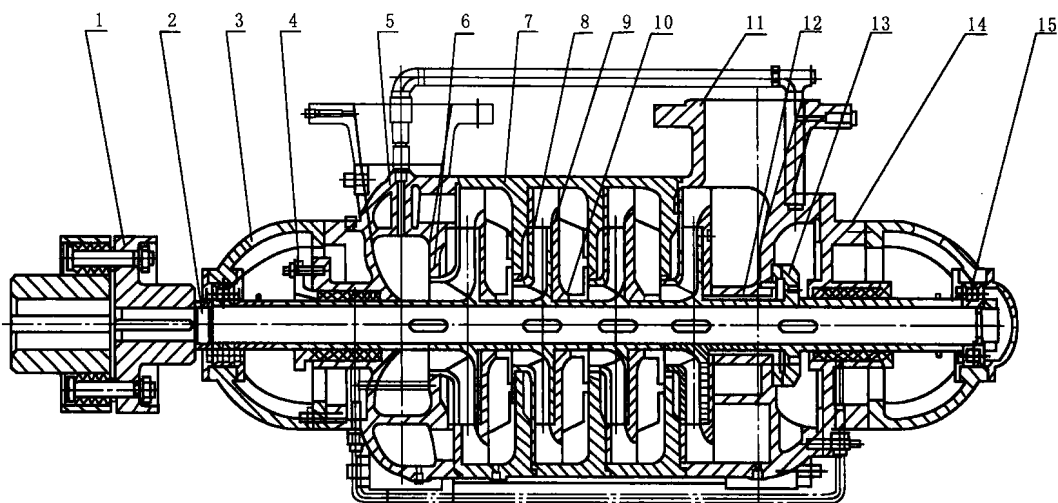


图 1-1-7 D 型泵结构图

1——联轴器部件;2——轴;3——轴承;4——填料压盖;5——进水段;6——密封环;7——中段;
8——叶轮;9——导叶;10——导叶套;11——出水段;12——平衡套(环);13——平衡盘;14——尾盖;15——轴承

一般为 5~7 片,并采用后弯扭曲叶片,以减小动压增大静压。第一级叶轮的入水口内径较大,目的是降低水流进入第一级叶轮的速度,提高水泵的抗汽蚀性能。其余各级叶轮入口直径相同。叶轮的制造和加工精度对水泵的效率有重要的影响,是水泵的易损零件。

(2) 泵轴

泵轴是传递转矩的主要零件,叶轮和平衡盘用键固定其上,泵轴其余部分加装轴套,以防止磨损和锈蚀。泵轴一般用碳素钢或合金钢加工制成。

(3) 平衡盘与平衡座

平衡盘与平衡座是用来平衡轴向推力的装置。平衡盘用键固定在泵轴上,随泵轴一起转动,平衡座用螺钉固定在出水段上。平衡盘见图 1-1-7 中序号 13。

轴向推力产生的主要原因是叶轮前后盘压力不平衡。如图 1-1-9 所示,叶轮旋转时,叶轮前盘和后盘上的水压是依半径按抛物线规律变化的。叶轮入口半径 R_1 至叶轮外缘 R_2 的环形部分受到的压力,可以与后盘对应部分受到的压力相互抵消,但叶轮入口处($R_1 - R_2$)环形部分压力小于后盘对应环形部分的压力,这样就产生了一个由后盘向前盘方向的推力,该推力称为轴向推力。由于 D 型泵为多级泵,轴向推力为多个叶轮产生的推力之和。D 型泵的轴向推力很大,如不进行平衡,转子部分将向吸水段窜动,造成转动部分与固定部分摩擦磨损、轴承发热、电动机过载等,水泵将不能正常工作。

图 1-1-10 为平衡盘平衡轴向推力工作原理示意图。平衡盘与平衡座之间的间隙 l_2 为平衡室, l_2 经设计的窜水间隙 l_1 与末一级叶轮的高压水 p_2 相通,平衡盘右侧空腔用回水管

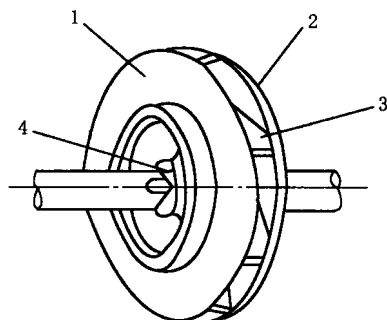


图 1-1-8 闭式叶轮结构示意图

1——前盘;2——后盘;
3——叶片;4——轮毂

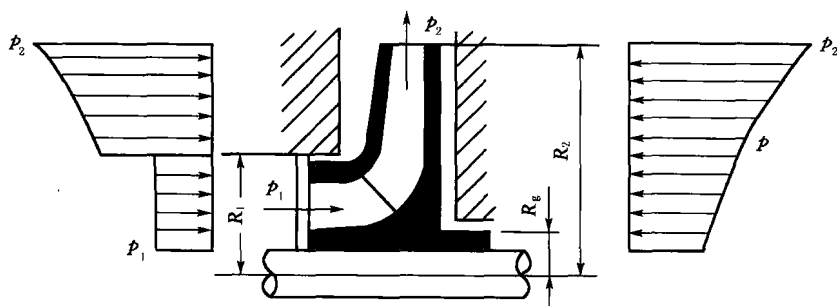


图 1-1-9 轴向推力产生原理图

与吸水管连通。因此，平衡盘左侧(平衡室)压力 p_2 高于右侧压力 p_0 ，产生一个和轴向推力相反的平衡力。平衡过程是，当水泵启动时，平衡室 l_2 内水的压力较低，平衡力较小，这时的轴向推力大于平衡力，平衡盘随泵轴向左移动，平衡室 l_2 间隙减小，出流量减小，压力增大，平衡力增大；当平衡力大于轴向推力时，平衡盘右移，平衡室 l_2 间隙增大，出流量增大，压力降低，平衡力减小；当平衡力小于轴向推力时，平衡盘又向左移动，不停重复上述过程。由以上分析可知，平衡装置能自动平衡轴向推力。

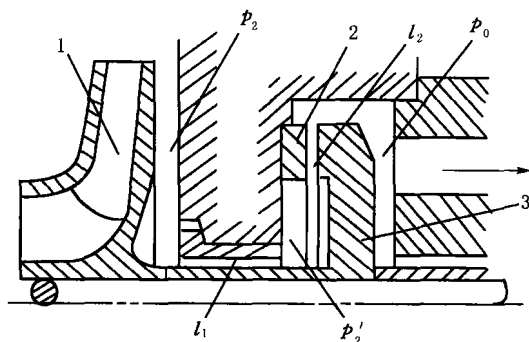


图 1-1-10 平衡装置示意图

1——末级叶轮；2——平衡座；3——平衡盘

平衡盘平衡轴向推力应注意以下几个问题。首先，要尽量减少水泵的起、停次数，以减少平衡盘和平衡座以及叶轮和固定部分的磨损，并防止轴承的损坏，因为水泵在启动过程中，流量小、扬程大，平衡力较小，轴向推力较大，会使泵轴向吸水侧窜动，使平衡盘与平衡座摩擦、叶轮与固定部分摩擦而造成磨损。其次，要保证回水管的畅通，如果回水管堵塞，平衡盘两侧没有了压力差，平衡盘将失去作用。再者，应使泵轴有一定的轴向窜动量，因平衡盘在平衡轴向推力的过程中是随泵轴左右移动的。

(4) 轴承

D 型泵的轴承采用单列向心滚柱轴承，用润滑脂润滑。这种轴承允许有少量的轴向位移，以利于平衡盘平衡轴向推力。轴承两侧用“O”形耐油橡胶密封圈和挡水圈防水。D 型泵采用滚动轴承也减小了摩擦阻力，提高了水泵的效率。

2. 固定部分

如图 1-1-7 所示，固定部分主要包括进水段(前段)5、中段 7 和出水段(末段)11 等部件。

它们之间用拉紧螺栓连接。吸水口为水平方向并位于进水段,出水口为垂直方向并位于出水段。

(1) 进水段

D 型泵进水段结构如图 1-1-11 所示。进水段内的吸水室接受来自吸水管内的水,并把水均匀地导入第一级叶轮入口,以降低流动损失。进水段一般由灰口铸铁铸造加工而成。

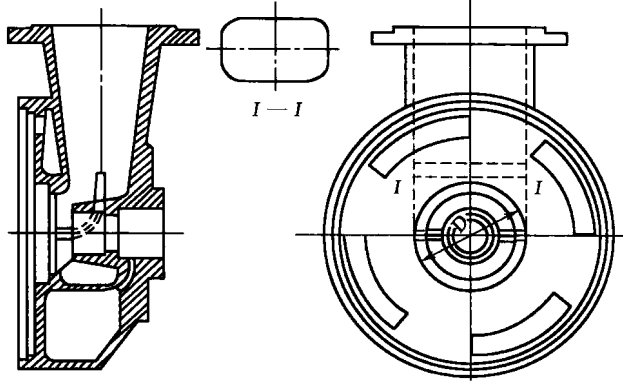


图 1-1-11 D 型泵进水段结构图

(2) 中段

D 型泵中段结构图如图 1-1-12 所示。中段又称导叶,主要由导水叶片 2 和返水叶片 3 组成。导水叶片间的导水流道和返水叶片间的返水流道,把上一级叶轮流出的高压水以最小的损失导入下一级叶轮入口。导水叶片和叶轮叶片数目相差一个,以避免产生冲击和振动。中段一般由灰口铸铁铸造加工而成。

(3) 出水段

D 型泵出水段的结构示意图如图 1-1-13 所示。出水段主要是一螺旋形扩散室,其作用是收集最后一级叶轮流出的高压水,并以最小的损失把水均匀地引至出口。由于扩散室的流道是逐渐扩大的,水在流动时,流速逐渐降低,除产生扩散损失外,有一部分动压转变成了静压,提高了水泵的效率。

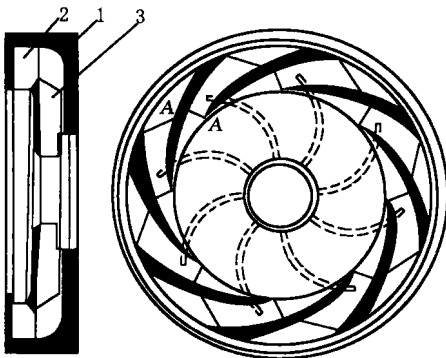


图 1-1-12 D 型泵中段结构

1——中段;2——导水叶片;3——返水叶片

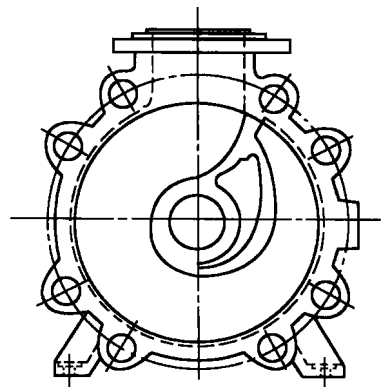


图 1-1-13 D 型泵出水段结构示意图