

高等学校教学用书

流 体 机 械

白铭声 陈祖苏 编

煤炭工业出版社

高等学校教学用书

流 体 机 械

白铭声 陈祖苏 编

煤炭工业出版社

内 容 提 要

本书是根据煤炭高等工科院校机械类专业教学大纲基本要求编写的。全书共分四篇，一、二、三篇为矿山通风和排水机械设备；四篇为矿山压缩空气设备。主要介绍了设备的构造、工作原理、运行、调节、性能测定和选型设计。同时还探讨了提高设备性能的途径和措施。本书不仅可作为高等院校的教材，也可供现场有关专业技术人员工作中参考。

责任编辑：王 树 范

高 等 学 校 教 学 用 书

流 体 机 械

白铭声 陈祖苏 编

*

煤炭工业出版社 出版

(北京安定门外和平里北街21号)

煤炭工业出版社印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

*

开本 $787 \times 1092^{1/4}$ 印张 $25^{1/4}$ 插页 1

字数599千字 印数1—11,100

1986年4月第1版 1986年4月第1次印刷

书号15035·2795 定价4.15元

前 言

通风机、水泵和空气压缩机及其设备归属于流体机械，是采矿工业的重要设备。其运行状况不仅涉及采矿工作能否正常进行，而且因其功耗大，还直接影响着经济效益。因此，流体机械作为一门专业课，在矿山机械专业中占有重要地位，是培养矿山机械高级专门人材不可缺少的课程之一。

本书是根据《煤炭高等工科院校专业教材编写规划（1981~1985）》的安排，按照教学大纲的基本要求编写的。全书分四篇，第一、二、三篇为矿山通风和排水机械设备；第四篇为矿山压缩空气设备。主要讲述这些机械及其设备的工作原理、构造、运行、调节、性能测定和选择设计。编写了有关保持和提高设备性能的途径和措施的内容。

在编写过程中，注意了加强基本理论，贯彻理论联系实际的原则，根据需要与可能，努力反映先进技术水平。

为了巩固理论、联系实际和培养分析计算能力，选编了一定数量的复习参考题和习题，以及选择设计所需的主要资料。书中注有附加内容供读者参考。

本书第一、二、三篇由淮南矿业学院白铭声编写；第四篇由该校陈祖苏同志编写。

在编写过程中，兄弟院校有关同志提出了许多宝贵意见和建议，在此致以深切的谢意。

由于编者水平有限，缺点和错误在所难免，希望读者批评指正。

编 者

1983年12月

目 录

第一篇 通风和排水的基本理论

第一章 绪论	1
§ 1 通风和排水机械设备在煤矿生产中的作用及其组成	1
§ 2 矿用涡轮机分类、动作原理及其工作参数	5
§ 3 管网压头特征及等积孔	11
复习参考及习题	18
第二章 离心式涡轮机工作理论	18
§ 1 流体在离心式叶轮中的运动及速度三角形	19
§ 2 离心式涡轮机基本方程式	20
§ 3 离心式涡轮机叶片无限多时理论特性	23
§ 4 离心式涡轮机叶片出口角对压头分配的影响	24
§ 5 离心式叶轮叶片数目有限时的修正	26
§ 6 离心式涡轮机实际特征及工况	27
第三章 轴流式涡轮机工作理论	30
§ 1 流体在轴流式叶轮中的运动及速度三角形	30
§ 2 轴流式涡轮机基本方程式	32
§ 3 轴流式涡轮机理论压头特性	33
§ 4 轴流式涡轮机实际特性及工况	34
第四章 涡轮机相似原理	36
§ 1 相似条件	36
§ 2 比例定律	37
§ 3 类型特性	43
§ 4 比转数	45
复习参考及习题	46

第二篇 排 水 设 备

概述	48
第五章 离心泵在管路上工作	50
§ 1 汽蚀与吸水高度	50
§ 2 启动和停止	53
§ 3 正常工作条件	54
§ 4 离心泵调节	55
第六章 离心泵联合工作	60
§ 1 并联工作	61
§ 2 串联工作	62

第七章 矿用水泵构造	64
§1 离心泵主要部件	64
§2 轴向推力及其平衡	68
§3 矿用水泵	73
第八章 保持排水装置运转性能的途径和措施	78
§1 保持泵运转性能的途径和措施	78
§2 保持泵正常吸水的措施	82
§3 恢复管路效率的措施	84
第九章 水泵性能测定	86
§1 测定原理	86
§2 测定装置和仪表	88
§3 测定注意事项	93
第十章 排水设备	93
§1 排水系统	93
§2 水仓和水泵房	95
§3 管子道和管子间	97
第十一章 排水设备选择设计	98
§1 任务和步骤	99
§2 选择排水系统	99
§3 预选泵的类型和台数	100
§4 确定管路趟数和泵房内管路布置	101
§5 计算管径选择管材	102
§6 计算管路特性	104
§7 确定工况验算排水时间	105
§8 计算允许吸水高度	107
§9 电动机必须的容量及耗电量	107
§10 吨煤的排水耗费	109
复习参考及习题	115

第三篇 通风设备

第十二章 概述	117
§1 矿井空气	117
§2 对通风机设备的要求	118
§3 主通风设备的工作方式	118
§4 采用的专用术语	118
第十三章 通风设备在网路上工作	120
§1 系统中设备位置与参数的关系	120
§2 工况与工业利用区	120
§3 启动和停止	125
第十四章 通风机调节	126
§1 节流调节	126
§2 变换转速调节	128

§ 3 改变前导器角度调节	129
§ 4 改变叶片安装角调节	130
§ 5 改变叶片数目调节	136
§ 6 各种调节方法比较	137
第十五章 通风机联合工作	138
§ 1 串联工作	138
§ 2 并联工作	139
§ 3 有辅助风机加强通风的联合工作	141
第十六章 矿用通风机构造	142
§ 1 离心式通风机构造	142
§ 2 轴流式通风机构造	148
§ 3 轴流式通风机逆转反风	155
第十七章 通风机设备	158
§ 1 辅助装置	158
§ 2 消声装置	164
§ 3 设备组合	168
第十八章 通风机性能试验	180
§ 1 测定原理	180
§ 2 测定装置和仪表	181
§ 3 测定方案	183
第十九章 通风机设备选择设计	185
§ 1 任务和步骤	185
§ 2 选择风机	186
§ 3 选择电动机计算耗电量	188
§ 4 选择组合方式	191
§ 5 吨煤的通风机设备耗费	192
复习参考及习题	198
附录 I 轴流式通风机涡理论	199
一、涡运动概念	199
二、轴流风机工作的物理过程	202
三、叶轮叶栅气流速度图	203
四、叶栅环量	204
五、栅的气动力	205
六、轴向力和周向力	205
七、叶栅理论全压	206
八、叶栅理论静压	206
九、风机理论全压和静压	207
十、风机理论流量	208
十一、风机理论特性	208
十二、叶轮效率	209
十三、叶轮全压	210
十四、中导叶和后导叶	210

十五、风机扩散器	211
十六、多级风机全压和静压	212

第四篇 矿山压缩空气设备

第二十章 活塞式空压机的工作理论	213
§1 概述	213
§2 热力学基本定律概述	215
§3 活塞式空气压缩机的工作理论	226
复习参考及习题	250
第二十一章 矿山压缩空气设备的构造	252
§1 活塞式空气压缩机的构造	252
§2 矿用活塞式空气压缩机的型式及其结构特点	285
§3 螺杆式空气压缩机概述	289
§4 输气管道	293
复习参考及习题	298
第二十二章 空气压缩机测定及压气设备选型计算	299
§1 空气压缩机工作测定	299
§2 压缩空气站	308
§3 压缩空气设备的选型计算	312
复习参考及习题	321
附录图表	322
1. 管路损失表	322
2. 各种钢管规格表	323
3. 矿山常用水泵技术规格及外形尺寸	325
4. 泵性能及配套电机	333
5. 配水闸阀	354
6. QSP型喷射泵(用于无底阀排水)	355
7. 离心式通风机技术规格及外形尺寸	356
8. 轴流式通风机技术规格及外形尺寸	378
9. 压缩空气管及接头	384
10. 其它	390
参考文献	393

第一篇 通风和排水的基本理论

第一章 绪 论

§ 1 通风和排水机械设备在煤矿生产中的作用及其组成

一、通风机械设备的作用及其组成

在进行地下开采时，有大量有害气体喷发出来，加以易于引起爆炸的煤尘，对井下工作人员和矿井安全都有很大威胁。我国《煤矿安全规程》对井下空气的成份（包括各种有害气体的浓度）、温度、风速和按人员计算的风量都做了严格的规定。为了保障广大煤矿职工有一个安全、可靠和良好的工作条件，必须向井下输送足够数量的新鲜空气，以冲淡有害气体的浓度和带走飞扬的煤尘。这项任务是由称之为“矿井肺脏”的通风设备完成的。

矿井通风过程如图1-1所示。装在地面的通风机8运转后，在通风机入口截面1-1处形成负压，由于外界大气的气压与此负压的压差作用，井下空气产生流动。外界新鲜空气进入风井1，流经井底车场2，通过大巷3到达工作面4。工作面有害气体多、温度高、湿度大，空气流经这里时混入了各种有害气体和煤尘，使气流的成份和物理状况发生较大变化，成为污浊气体。污浊气流经回风巷5、出风井6和风硐7，最后由通风机出口截面2-2排出矿井。通风机连续运转，外界新鲜空气不断输入矿井，污浊气体连续排出，在矿井内形成连续的气流，从而使矿井获得足够数量的新鲜空气，达到矿井通风的目的。

通风设备除担负正常通风任务外，在井下发生火灾需要改变风流方向时，还必须及时完成反风任务。为了全面完成矿井通风的各项任务，通风设备必须由一系列的装置和辅助

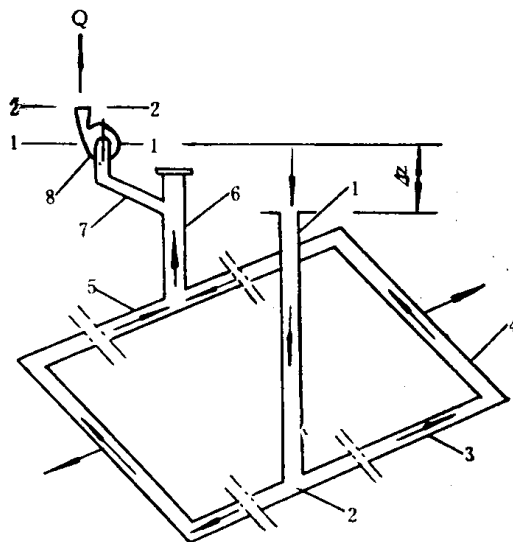


图 1-1 矿井通风过程示意图

1—进风井；2—井底车场；3—大巷；4—工作面；5—回风巷；6—出风井；7—风硐；8—通风机

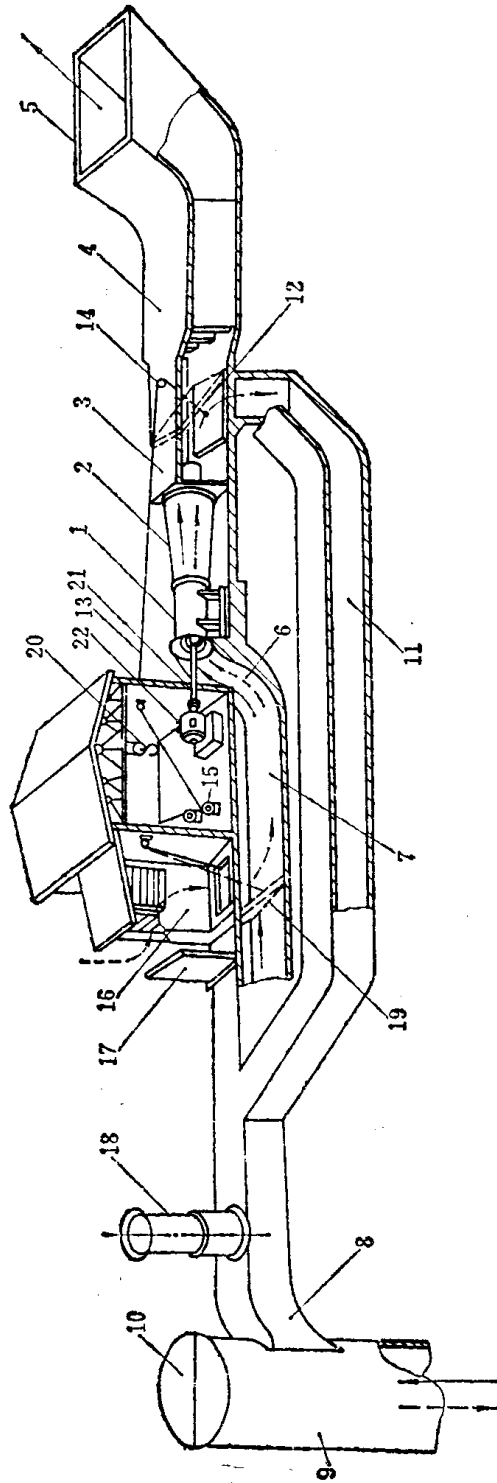


图 1-2 单台轴流式通风机设备示意图

1—轴流式通风机，2—扩散器，3—扩散风道，4—消音器，5—“S”型弯头，6—进风道，7—进风道，8—风道与井筒接口部，9—井筒，10—防爆门，11—返风道，12—扩散风门，13—钢丝绳，14—滑轮，15—风门绞车，16—进风室，17—闸门，18—测风管，19—大气风门，20—起吊装置，21—传动轴，22—电动机

部件组成。图1-2示轴流式通风机为主体的设备组合。通风机1、传动轴21和电动机22配套组成机组。通风机入口前的部件，其中包括“S”型弯头6、进风道7和风道与井筒的接口部8组成进风部件。通风机出口后的部件，其中包括扩散器2、扩散风道3、消音器4和扩散弯头5组成出风部件。进风室16、大气风门11、扩散风门12和返风道11组成返风部件。各风门是通过钢丝绳13、滑轮14和风门绞车15操作的。立式闸门17和测风管18是测定风机流量的装置。除此之外，在风机房内还应有起吊装备20。

通风机运转后，设备以正常方式工作时，来自矿井出风井9的乏气通过接口部8、进风道7和“S”形弯头被吸入风机，经风机后，通过扩散器2、扩散风道3、消音器4和扩散弯头5排向高空。此时，各风门均处于图中实线所示位置。

接到返风命令后，首先停止风机，而后开动风门绞车，使各风门处于图中虚线所示位置。此时，大气风门19隔绝了进风道7与井筒9的通道，同时打开了进风室与进风道的通道；扩散风门隔绝了扩散风道3与扩散弯头5的通道，与此同时打开了扩散风道3与返风道11的通道。当重新启动风机后，外界新鲜空气通过进风室16的百叶窗进入进风室内，转入进风道7，随后经“S”形弯头6、风机1、扩散器2和扩散风道3，向下再转弯90°进入返风道11并按虚线箭头所指压入井筒9，完成返风任务。

最后应指出，为了保证矿井正常生产，通风机设备必须昼夜不停地连续运行。因此，要求它能十分可靠地工作。同时由于它耗电量大，因而又要求它能经济地工作。矿井设计人员应正确地选择风机并做好设备的组合设计，生产人员应正确地安装并做好维护、运转和调整等各环节的工作。为此，必须掌握其工作原理，了解它的构造，通晓它的运转规律，以便充分发挥其应有的效能。

二、排水机械设备的组成及其组成

在采矿过程中，随时有矿水涌入矿井。矿井水来自大气降水、地表水和地下水，这些水通过各种途径涌入矿井。为保证矿井正常生产必须随时将涌入矿井的水排出，否则有被淹没的危险，这项任务是由矿井排水设备完成的。

排水过程如图1-3所示。涌入矿井的水顺排水沟集中到水仓1，而后流入泵房4内的吸水井2中。水泵3运转后，矿水经水管5排到地面并放到地面排水沟中，从而完成排水任务。

当需要一台水泵和一条排水管就能排除矿井涌水时，通常都是配备三台水泵，其中一台工作、一台备用、一台检修，除此之外，还须另加一条备用水管。图1-4为装备着三台水泵和两条排水管的排水机械设备。水泵1和电动机11组成水泵机组，泵机组、水管和其它辅助装置组成排水设备。设备中的每台水泵都有各自的吸水管3，吸水管下端装有带过滤网的底阀4，过滤网防止大块颗

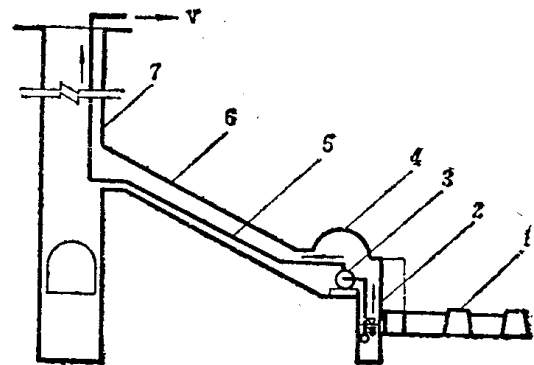


图 1-3 排水过程示意图

1—水仓；2—吸水井；3—水泵；4—泵房；5—水管；
6—管子道；7—井筒

粒物质进入水泵，底阀可以防止泵中水泄入水井。泵出水口上装置着闸阀 5，紧接在一起的是止回阀 6。闸阀用于启动和停止水泵时控制泵与水管的通路，有时也用于控制泵的排水量。止回阀的作用在于水泵突然停止时防止排水管中水突然返流形成的水击冲毁水泵。止回阀的作用在于水泵突然停止时防止排水管中水突然返流形成的水击冲毁水泵。

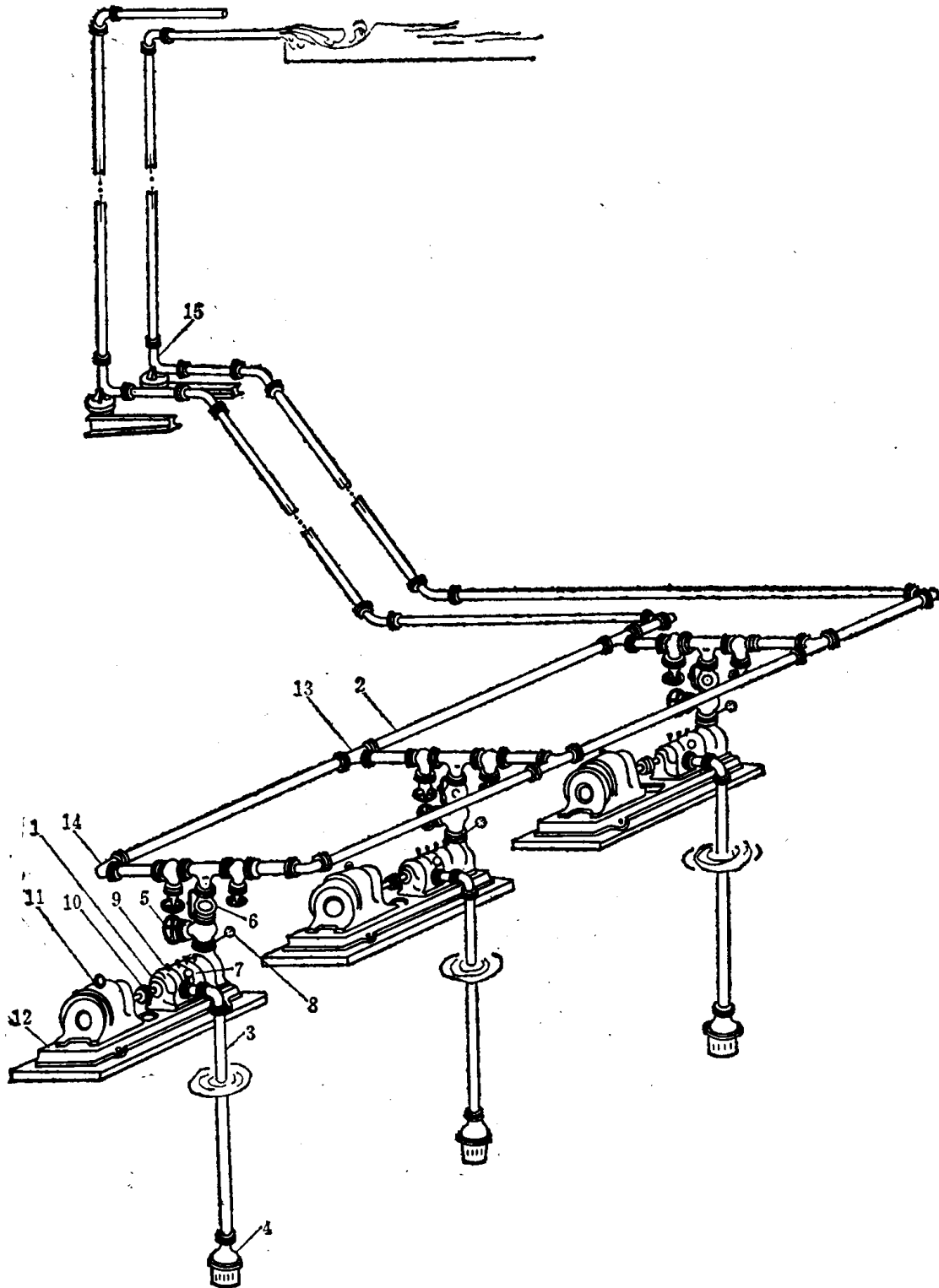


图 1-4 排水设备示意图

1—水泵；2—排水管；3—吸水管；4—带过滤网的底阀；5—闸阀；6—止回阀；7—真空表；8—压力表；9—放气考克；10—联轴节；11—电动机；12—底盘；13—三通；14—弯头；15—带支承的弯头

止回阀上方装置着三通，两侧各装有闸阀一支，两闸阀一启一闭可以控制由哪一条水管排水。两条排水管并行通往地面。在泵吸水口处装有真空表，在出口处装有压力表，它们用于监视水泵运行情况。

当水井中的水位上升到一定程度时，应启动工作水泵排水。启动水泵前，首先经一系列的例行检查，而后向泵内充水，充满后即可启动水泵。启动时应在关闭出水口闸阀的情况下进行，待泵轴转速达正常值时再逐渐开启闸阀，水量逐渐增加。直到闸阀全部开启后，泵排水量达到最大值。

当水井水位下降到下限位置时，应停止排水。停止水泵前应首先关闭闸阀，而后切断电机电源，水泵即逐渐停止运转。

由于排水设备对矿井正常生产起着重要作用，因此必须保证它可靠运行。同时由于其功率大、运转时间长、耗电多，所以还要求它能经济地运行。矿山工作者应掌握其工作原理，了解其结构，通晓它的运转规律，以便能正确地选择、安装，做好维护和运转工作并充分发挥其应有的效能。

§ 2 矿用涡轮机分类、动作原理及其工作参数

从能量转换观点看，风机和水泵都是把原动机的机械能转变为流体的动能、压力能和位能的一种机械。目前，矿用风机和水泵大多是利用旋转叶轮传递能量的。借助旋转叶轮传递能量的机械统称涡轮机，排送流体的称为工作涡轮机。

一、矿用涡轮机分类

矿用涡轮机的分类方法不一，习惯上可以从以下几方面分类：

1. 按介质在涡轮机旋转叶轮内部流动方向可分为：

1) 离心式——介质沿轴向进入叶轮，在叶轮内转为径向流出。图1-6~1-10为此类涡轮机。

2) 轴流式——介质沿轴向进入叶轮，经叶轮后仍沿轴向流出。图1-11~1-15示此类涡轮机。

3) 混流式——介质在叶轮中斜向流动。图1-16示此类涡轮机。

2. 从结构形式上，可分类如下：

1) 按叶轮数目分为：

(1) 单级——指一台涡轮机内只有一个叶轮。图1-6~1-9，1-11，1-12和1-15属此类涡轮机。

(2) 多级——指一台涡轮机内有两个和两个以上叶轮，而且介质按一定顺序经过各叶轮。图1-10，图1-13和图1-16属于此类。

2) 按叶轮入口数目分为：

(1) 单入口（单侧进风——风机，单吸——水泵）——指一个叶轮只有一个引入流体的进口。图1-6，图1-7，图1-10和图1-16所示离心式和混流式涡轮机属此类。轴流式涡轮机只能有单一入口。

(2) 双入口（双侧进风——风机，双吸——水泵）——指一个叶轮的两侧可以同时引入流体的涡轮机。图1-8，图1-9属于此类。

3) 按主轴布置方式分为：

(1) 立式——涡轮机主轴呈竖直布置。图1-15, 图1-16属于此类。

(2) 卧式——涡轮机主轴呈水平布置。图1-16~1-14属于此类。

(2) 卧式——涡轮机主轴呈水平布置。图1-16~1-14属于此类。

4) 按导流机构形式分为:

(1) 导叶式——装在叶轮出口外侧的导流机构由几支叶片组成。用于多级涡轮机(图1-10~图1-16)。

(2) 螺壳式——离心式涡轮机的外壳和多级离心式涡轮机的级间导流道呈蜗牛壳形状的水泵。图1-9属此类。

5) 外壳接缝形式分为:

(1) 中开式——以通过泵轴中心线的水平面作为泵壳接缝的泵(图1-9)。

(2) 分段式——以垂直于泵轴中心线的平面作为泵体接缝的泵 (图1-10)。

3. 按产生的压力大小分为*:

1) 低压——对于风机，其全压小于100daPa者属此类。对于水泵，其扬程小于100m者属此类。

2) 中压——对于风机，其全压为100~300daPa者属此类。对于水泵，其扬程为100~650m者属此类。

3) 高压——对于风机，其全压为300 ~ 1500 daPa者属此类。对于水泵，其扬程大于650m者属此类。

* 无统一规定。

4. 按用途可分为:

1) 对于风机:

- (1) 主要通风机——负责全矿井或某一区域通风任务的风机。
- (2) 局部通风机——负责掘进工作面或加强采煤工作面通风用的风机。

2) 对于水泵:

- (1) 主要水泵——负责全矿井或某区域排水任务的水泵。
- (2) 凿开水泵——在凿井期间负责疏干或井筒掘进排水的水泵。
- (3) 辅助水泵——用于井底水窝排水等辅助排水用的泵。

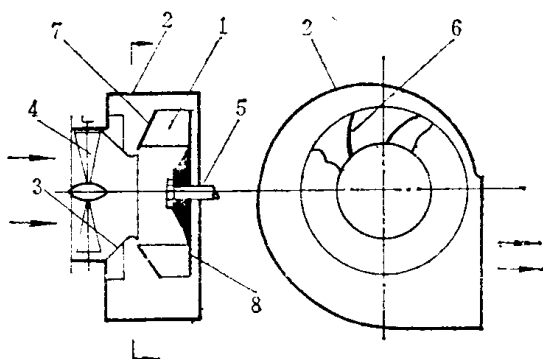


图 1-6 单级、单侧进风离心式通风机示意图
1—叶轮；2—外壳；3—集流器；4—轴向导流器；5—主轴；6—叶片；7—前盘；8—后盘

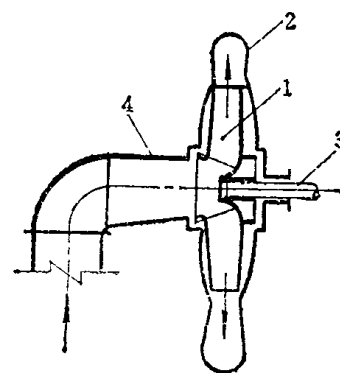


图 1-7 单级、单吸离心式水泵示意图
1—叶轮；2—外壳；3—主轴；4—吸水短管

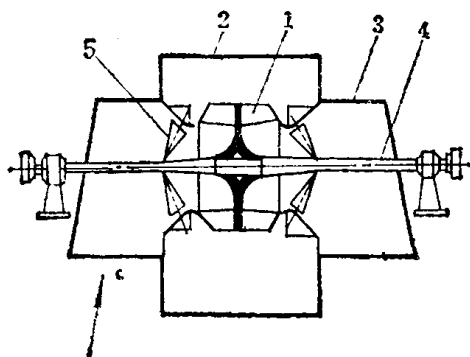


图 1-8 单级、双侧进风离心式通风机示意图
1—叶轮；2—外壳；3—进风箱；4—主轴；5—轴向导流器

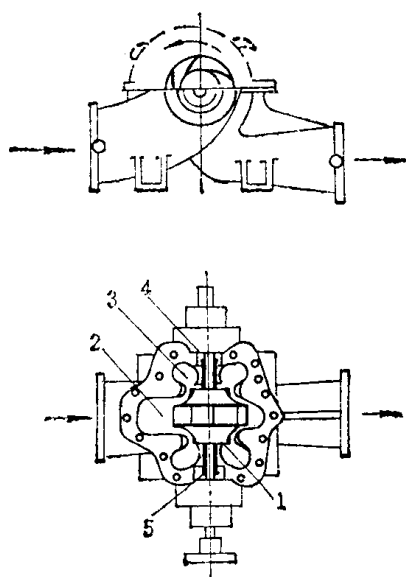


图 1-9 单级、双吸离心式水泵示意图
1—叶轮；2—外壳；3—吸水室；4—主轴；5—密封

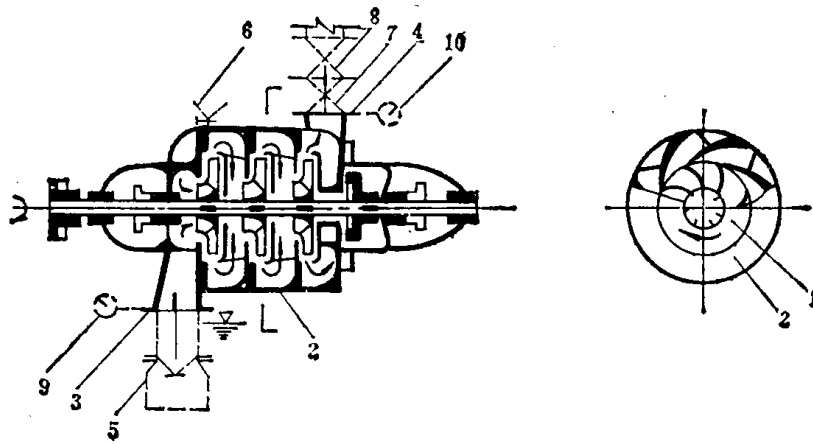


图 1-10 单吸、多级离心式水泵示意图

1—叶轮；2—导水和反水圈；3—进水段；4—出水段；5—平衡盘；6—漏斗；7—闸阀；8—止回阀；
9—真空表；10—压力表

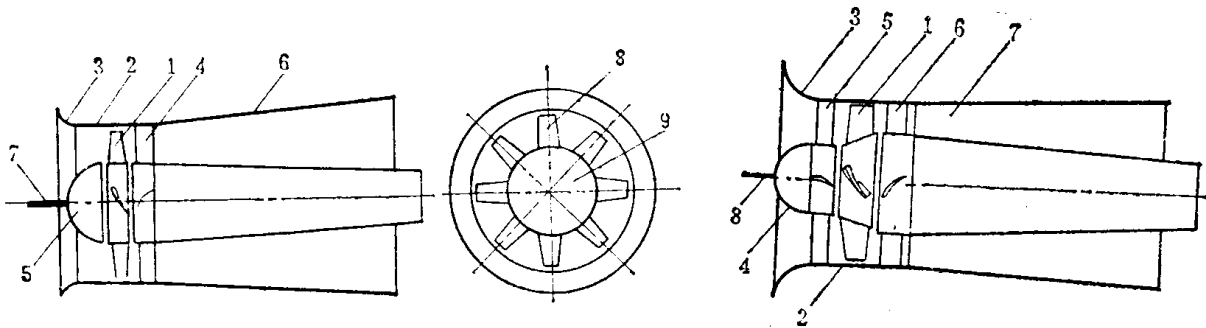


图 1-11 单级、轴流式通风机示意图

1—叶轮；2—外壳；3—集流器；4—后导叶；5—疏流罩；
6—扩散器；7—主轴；8—叶片；9—轮毂

图 1-12 单级、轴流子午加速通风机示意图

1—叶轮；2—外壳；3—集流器；4—疏流罩；
5—前导叶；6—后导叶；7—扩散器；8—主轴

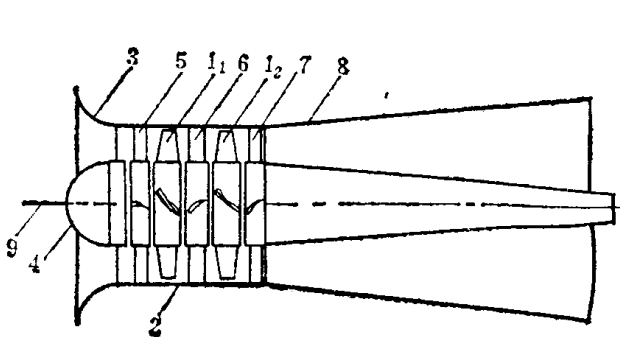


图 1-13 两级、轴流式通风机示意图

1₁—第一级叶轮；1₂—第二级叶轮；2—外壳；3—集流器；
4—疏流罩；5—前导叶；6—中导叶；7—后导叶；8—扩散器；9—主轴

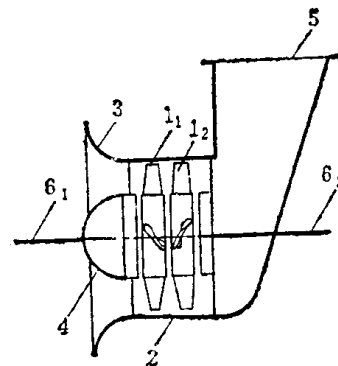


图 1-14 两级、轴流对旋式通风机示意图

1₁—第一级叶轮；1₂—第二级叶轮；2—外壳；
3—集流器；4—疏流罩；5—出风箱；6₁—第一级
叶轮主轴；6₂—第二级叶轮主轴

最后应指出,矿用涡轮机的品种很多,除上述分类外还有其它分类方法,特别是按结构形式的分类法,这里不再一一赘述。

二、矿用涡轮机动作原理

1. 离心式涡轮机动作原理

离心式通风机(参看图1-6)的主要气动部件是叶轮1、外壳2和集流器3。叶轮由前盘、后盘和固定在两盘之间的叶片组成。

两盘之间的叶片呈机翼形(或圆弧形)并按一定角度均匀排列在两盘之间。叶轮是把原动机的机械能传递给流体转换为流体能量的部件。外壳呈蜗壳状,一侧开有圆孔作为气流的入口,叶轮的主轴由另一侧穿出,蜗状外壳的出口呈长方形作为风机的出口。外壳的

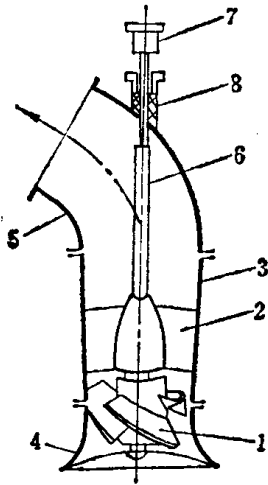


图 1-15 单级、轴流式水泵示意图

1—叶轮；2—导叶；3—外壳；4—进水口；5—出水弯头；6—主轴；7—联轴节；8—密封填料

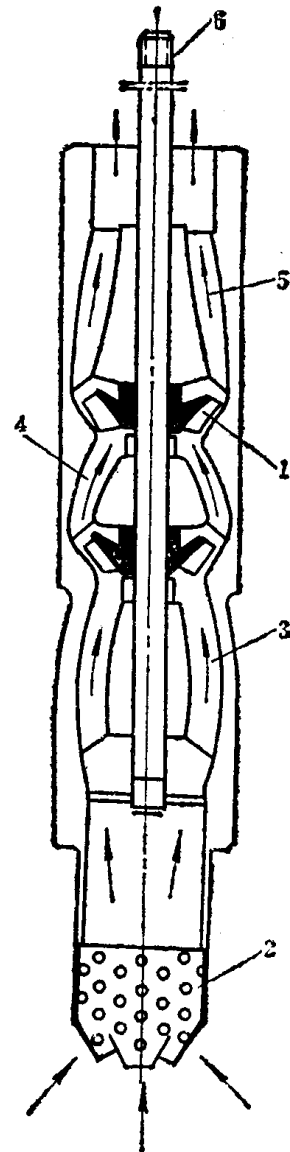


图 1-16 两级、混流式深井泵泵体部分示意图

1—叶轮；2—过滤网；3—前导叶；4—中导叶；5—后导叶；6—主轴

作用是汇集叶轮出流的气体并由其出口排出风机。集流器呈流线型收缩状,其作用是将风机入口和叶轮入口连通并光滑地导入空气。某些风机在入口处装置轴向导流器4,其叶片呈扇形,均布在入口截面上,利用外部机构可操纵其同时绕自身轴旋转,以控制气流顺轴向或偏离轴向进入叶轮,起到调节风机的作用。双侧进风的离心式风机(图1-8),由于它的传动轴必须伸出外壳两侧壁,故加装了进风箱3,气流由进风箱导入集流器和叶轮。

叶轮与轴组成一体,称作风机转子。集流器和其它与外壳固装的所有不动部件组成一体,称作风机定子。

当转子被电动机拖动旋转时,叶轮叶片之间流道中的气体受到叶片的作用,由流道内向叶轮外缘运动,脱离叶轮后汇集于外壳中并由出口排出风机。与此同时,由于叶轮中气体外流,因而在叶轮入口处形成负压。负压吸引周围空气经集流器进入叶轮。这样一来,在风机内就形成了连续的风流。