

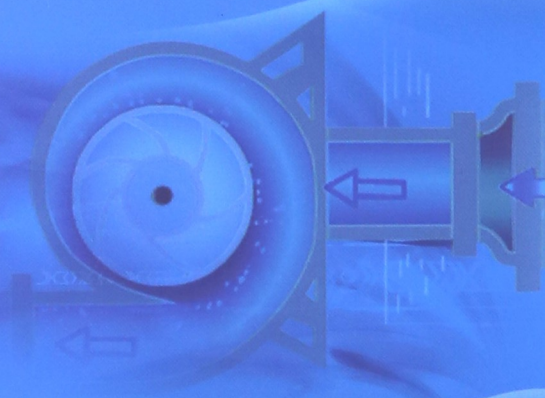


普通高等教育“十二五”创新型规划教材

泵与风机运行检修

BENG YU FENGJI YUNXING JIANXIU

主 编 刘敏丽



 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

014042750

TK3-43
03

普通高等教育“十二五”创新型规划教材

泵与风机运行检修

主 编 刘敏丽
副主编 任俊英 崔元媛 王 明
主 审 丁 力 张虎俊



TK3-43
03

 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS



北航

C1729147

内容提要

本书主要阐述叶片式泵与风机的工作原理、构造、性能、运行及检修方面的基本知识和操作技能。针对火电厂运行维护及检修岗位中高级应用型人才的职业能力和素质的要求,重点介绍了叶片式泵与风机的性能、运行工况调节、运行维护、故障检修等常见问题。本书分为六个学习项目:泵与风机分类和工作原理认知、叶片式泵与风机结构分析、泵与风机性能分析、泵与风机的运行、泵与风机的检修、泵与风机常见的故障及处理。以“任务驱动”组织安排内容,以若干个具体任务为中心,介绍基本知识和技能,将企业需求、行业标准融为一体,将实际工作过程引入教学内容,力求少而精,通俗易懂。

本书内容紧密结合实际生产,既考虑了知识的系统性,又考虑了学生技能知识的需要和提高,有很强的针对性。为便于读者加深理解和学用结合,各部分均配有思考题和习题。

本书可作为各高校电力技术类电厂设备运行与维护、电厂热能动力装置等相关专业泵与风机课程的教材,也可作为培训教材或工程技术人员的参考用书。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

泵与风机运行检修 / 刘敏丽主编. —北京: 北京理工大学出版社, 2014. 4
ISBN 978 - 7 - 5640 - 8917 - 7

I. ①泵… II. ①刘… III. ①泵 - 高等学校 - 教材②鼓风机 - 高等学校 - 教材 IV. ①TH3②TH44

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 038375 号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)
82562903 (教材售后服务热线)
68948351 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

刷 / 保定市中华美凯印刷有限公司

开 本 / 710 毫米 × 1000 毫米 1/16

印 张 / 10

字 数 / 153 千字

版 次 / 2014 年 4 月第 1 版 2014 年 4 月第 1 次印刷

定 价 / 36.00 元

责任编辑 / 张慧峰

文案编辑 / 张海丽

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 王美丽

图书出现印装质量问题, 请拨打售后服务热线, 本社负责调换

前言

PREFACE

本书以“校企合作、工学结合”为核心理念，坚持以能力为本位，以学生为主体，以岗位核心技能为导向，把提高学生的技术应用能力放在首位；以“任务驱动”设计教材体例和组织内容，以若干个具体任务为中心，介绍和学习基本知识和技能，使学生通过学习泵与风机分类和工作原理认知、叶片式泵与风机结构分析、泵与风机性能分析、泵与风机的运行、泵与风机的检修、泵与风机常见的故障及处理六个项目，理解和掌握泵与风机的工作原理、结构、性能、维护和检修的基本知识和有关技能，培养学生提出问题、分析问题、解决问题的综合能力。

本书在内容的选取与整合上，采用“精简、综合、够用”的方法，以项目和任务组织课程内容，让学生在学习具体任务的过程中学习相关知识，训练职业技能，将理论知识、核心技能、综合素质有机地结合起来，体现了“实际、使用、实践”的原则，能较好地体现以强化学生的职业技能和职业素养为目标的高等教育的特点与特色。

本书由校企合作编写。书中项目1、项目2、项目3由刘敏丽编写；项目4由任俊英编写；项目5、项目6由崔元媛编写；书中结合实际生产的相关案例由张虎俊、王明编写。本书由刘敏丽担任主编，由任俊英、崔元媛、王明担任副主编。

泵与风机运行检修

丁力教授、张虎俊高级工程师对本书进行了细致的审阅，提出了许多宝贵意见，在此表示感谢。

由于编者水平有限，书中谬误和疏漏之处在所难免，恳请广大读者批评指正。

编 者

版权所有 侵权必究

本书以《泵与风机运行检修》为书名，列入《中国标准书号》。

本书在版编目(CIP)数据

泵与风机运行检修 / 丁力, 张虎俊主编. — 北京: 中国电力出版社, 2004.12

ISBN 7-5083-2555-5

Ⅰ. 泵… Ⅱ. 丁… 张… Ⅲ. 泵—运行—检修—教材 Ⅳ. TH43-44

中国版本图书馆CIP数据核字(2004)第123456号

责任编辑: 王 明

出版发行 / 北京理工大学出版社有限公司 (北京) (100081) 电话: 010-62770175

社址 / 北京市海淀区中关村大街40号

邮 政 编 码 / 100081

印 刷 / 北京理工大学出版社印刷厂

开 本 / 710 毫米 × 1000 毫米 1/16

印 张 / 133

字 数 / 360 千字

定 价 / 36.00 元

ISBN 7-5083-2555-5

图书出版质量问题, 请拨打电话: 010-62770175

目 录

CONTENTS

概述	1
项目 1 泵与风机分类和工作原理认知	3
任务 1.1 泵与风机的分类	3
1.1.1 按产生的压头分类	3
1.1.2 按工作原理分类	4
1.1.3 按结构形式分类	4
1.1.4 按在生产系统中的作用分类	4
任务 1.2 泵与风机的工作原理认知	5
1.2.1 叶片式泵与风机的工作原理	5
1.2.2 容积式泵与风机的工作原理	7
1.2.3 其他类型泵的工作原理	10
思考题	11
项目 2 叶片式泵与风机结构分析	13
任务 2.1 离心泵的结构认知	13
2.1.1 离心泵的常用整体结构	13
2.1.2 离心泵的主要部件	14
任务 2.2 离心风机的结构认知	22
2.2.1 离心风机的结构形式	22
2.2.2 离心风机的主要部件	23

任务 2.3	轴流式泵与风机的结构认知	26
2.3.1	叶轮	26
2.3.2	导叶	27
2.3.3	吸入室	28
2.3.4	整流罩	28
2.3.5	扩压器	28
思考题		29

项目 3 泵与风机性能分析 30

任务 3.1	泵与风机的性能参数认知	30
3.1.1	流量	31
3.1.2	扬程	31
3.1.3	功率与效率	32
3.1.4	转速	33
任务 3.2	泵与风机的能量损失分析	33
3.2.1	机械损失	33
3.2.2	容积损失	35
3.2.3	流动损失	36
任务 3.3	泵与风机的性能曲线分析	37
3.3.1	离心式叶轮的叶片形式	37
3.3.2	泵与风机的理论性能曲线	38
3.3.3	泵与风机的实际性能曲线	39
3.3.4	叶片式泵与风机的性能分析	42
3.3.5	叶片式泵与风机的性能影响因素	44
任务 3.4	比例定律及比转数	46
3.4.1	比例定律	46
3.4.2	比转数	46
任务 3.5	泵的汽蚀与安装高度确定	49
3.5.1	汽蚀现象	49
3.5.2	泵的几何安装高度和吸上真空高度	49
3.5.3	汽蚀余量	51
3.5.4	泵允许几何安装高度的确定	53
3.5.5	提高离心泵抗汽蚀性能的措施	53

思考题	55
习题	56

项目 4 泵与风机的运行..... 59

任务 4.1 泵与风机运行工况的确定	59
4.1.1 管路特性曲线分析	60
4.1.2 泵与风机运行工况点的确定	61
4.1.3 泵与风机运行工况点的稳定性分析	62
任务 4.2 泵与风机联合运行	63
4.2.1 泵与风机的串联运行	63
4.2.2 泵与风机的并联运行	65
4.2.3 并联泵与风机的不稳定运行工况分析	67
任务 4.3 泵与风机运行工况的调节	68
4.3.1 非变速调节	68
4.3.2 变速调节	73
任务 4.4 火力发电厂泵运行	75
4.4.1 泵的启动特性	76
4.4.2 泵的运行	76
任务 4.5 风机运行	80
4.5.1 启动前的准备和检查	80
4.5.2 启动、运行维护和停机	81
4.5.3 风机的事故处理	82
4.5.4 高压流化风机运行	82
思考题	84

项目 5 泵与风机的检修..... 86

任务 5.1 电厂常见的水泵检修	86
5.1.1 水泵的解体原则	86
5.1.2 水泵的解体顺序	87
5.1.3 水泵解体后的检查	88
5.1.4 水泵解体后的测量	90
5.1.5 转子的试装	104

泵与风机运行检修

5.1.6	水泵装复	105
任务 5.2	电厂常见的风机检修	108
5.2.1	检修前的准备	108
5.2.2	风机的拆卸	108
5.2.3	风机的检查	111
5.2.4	风机的装复	114
5.2.5	风机试运转	117
5.2.6	风机转子找平衡	118
5.2.7	风机联轴器找中心	128
思考题		137
计算题		137
项目 6	泵与风机常见的故障及处理	138
任务 6.1	水泵常见的故障及处理	138
6.1.1	泵的常见故障、原因及处理	138
6.1.2	电厂中水泵常见的故障典型案例	139
6.1.3	水泵异常振动分析	141
任务 6.2	风机常见的故障及处理	143
6.2.1	引起风机故障的主要原因	143
6.2.2	电厂中风机常见的故障与处理	146
思考题		149
参考文献		150

概 述

泵与风机是将原动机的机械能转换成流体机械能,以达到输送流体或造成流体循环流动等目的的机械。通常把提高液体机械能的机械称为泵,把提高气体机械能的机械称为风机。

泵与风机是在国民经济各部门中都广泛应用的通用机械。例如:农业中的排涝、灌溉;石油工业中的输油和注水;化学工业中高温腐蚀性流体的排送;其他工业和人们日常生活中的采暖通风、给水排水等都离不开泵或风机。据统计,在全国的总用电量中,有 30% 左右是泵与风机耗用的,其中泵的耗电量约占 20%。由此可见泵与风机在我国国民经济建设中的地位和作用。

在火力发电厂中,泵与风机成为系统中必不可少的重要辅助设备。不同类型的泵分别用于输送给水、凝结水、冷却水、疏水、润滑油等液体;不同类型的风机则分别用于输送空气、烟气、煤粉空气混合物等介质。它们与其他热力、电力设备有机地组成火力发电厂的生产系统,实现电力生产热力循环,共同完成电能生产的任务。

图 0-1 是热力发电厂生产过程的系统简图。图中,锅炉、汽轮机和发电机是电能生产的主要设备。电力生产的基本过程是:燃料在锅炉炉膛中燃烧产生的热量将给水加热成过热蒸汽;过热蒸汽进入汽轮机膨胀做功,推动汽轮机转子旋转带动发电机发电;做过功的蒸汽排入凝汽器冷却成凝结水,凝结水由凝结水泵升压,通过除盐装置、低压加热器后进入除氧器;除了氧的水再由前置泵、给水泵升压,经高压加热器、省煤器后送入锅炉重新加热成为过热蒸汽。

从图 0-1 中可以看出,电力生产过程中,需要许多泵与风机同时配合主要设备工作,才能使整个机组正常运行。例如:炉膛燃烧的煤粉需要排粉机或一次风机送入;燃料燃烧所需要的空气需要送风机送入;炉内燃料燃烧后的烟气需要引风机排出;向锅炉供水需要给水泵;向汽轮机凝汽器输送冷却水需要循环水泵;排送凝汽器中的凝结水需要凝结水泵;排送热力系统中的某些疏水需要疏水泵;为了补充管路系统的汽水损失,又需有补给水泵;排除锅炉燃烧后的灰渣需有灰渣泵和冲灰水泵;供给汽轮机调节、保安及轴承

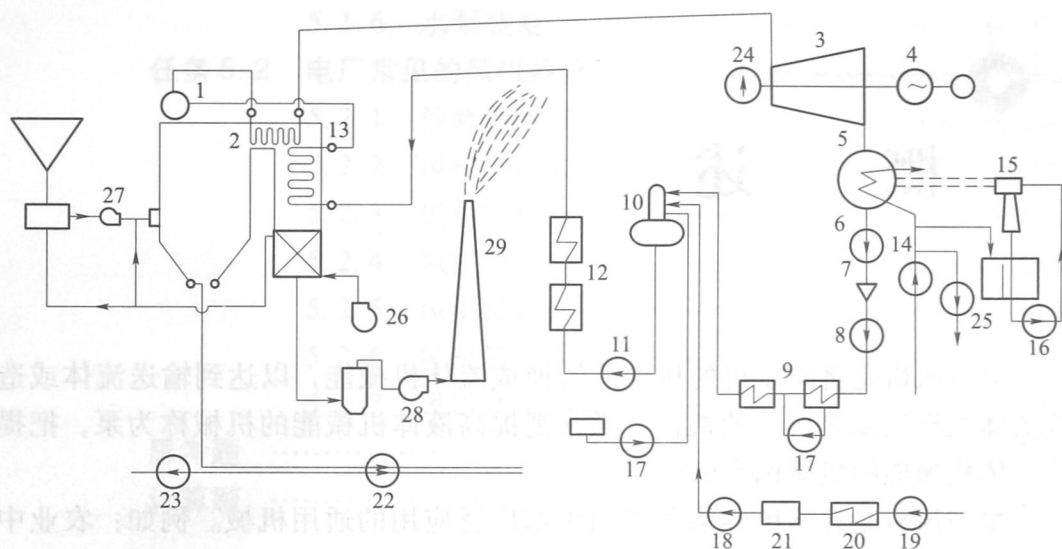


图 0-1 热力发电厂系统简图

- 1—锅炉汽包；2—过热器；3—汽轮机；4—发电机；5—凝汽器；6—凝结水泵；7—除盐装置；
8—升压泵；9—低压加热器；10—除氧器；11—给水泵；12—高压加热器；13—省煤器；
14—循环水泵；15—射水抽气器；16—射水泵；17—疏水泵；18—补给水泵；19—生水泵；
20—生水预热器；21—化学水处理设备；22—渣浆泵；23—灰渣泵；24—油泵；
25—工业水泵；26—送风机；27—排粉风机；28—引风机；29—烟道

润滑用油需有主油泵；供各冷却器、泵与风机、电动机轴承等冷却用水需有工业水泵。此外还有辅助油泵，交、直流润滑油泵，顶轴油泵，发电机的密封油泵，化学分场的各种水泵，汽包的加药泵，各种冷却风机等。

泵与风机在火力发电厂的热力系统中，宛如人体内的“心脏”一样，促使工质不断地在循环系统中工作，其正常运行与否，直接影响火力发电厂的安全、经济运行。泵与风机发生故障，就有可能引起停机、停炉这样的重大事故，造成巨大的经济损失。例如：现代大型锅炉的给水泵若由于某种原因发生故障而中断给水，则锅炉将会在1~2 min内烧“干锅”，引发损毁设备和停炉、停机的重大事故。又如：在1 000 MW发电厂中，泵与风机的耗电量约占厂用电的70%~80%（假定全部由电动机驱动），而厂用电一般约占机组容量的7%~10%，那么这类电厂中泵与风机消耗的功率为49~80 MW。假如这些泵与风机的效率从80%降到70%，则将多消耗功率7~11.4 MW。由此可见，泵与风机在火电厂中发挥着极其重要的作用，泵与风机的安全经济运行是保证整个电厂安全经济运行的关键因素之一。因此，火力发电厂热能动力类专业的生产技术人员，必须掌握泵与风机的有关知识和相应的实践操作技能。

项目 1

泵与风机分类和 工作原理认知

【学习任务】

- (1) 学习泵与风机的分类。
- (2) 学习各种类型泵与风机的工作原理。

【能力目标】

- (1) 能够正确对泵与风机进行分类。
- (2) 掌握并能分析各种类型泵与风机的工作原理。

任务 1.1 泵与风机的分类

泵与风机的应用广泛，种类繁多，分类方法也有多种。

1.1.1 按产生的压头分类

1. 泵按产生的压头分类

- (1) 低压泵： $p < 2 \text{ MPa}$ 。
- (2) 中压泵： $2 \text{ MPa} < p < 6 \text{ MPa}$ 。
- (3) 高压泵： $p > 6 \text{ MPa}$ 。

2. 风机按产生的压头分类

- (1) 通风机： $p < 15 \text{ kPa}$ 。
- (2) 鼓风机： $15 \text{ kPa} < p < 340 \text{ kPa}$ 。
- (3) 压气机： $p > 340 \text{ kPa}$ 。

通风机可以分为离心通风机和轴流通风机。

离心通风机按其压力大小可以分为：低压离心通风机 ($p < 1 \text{ kPa}$)；中压离心通风机 ($1 \text{ kPa} < p < 3 \text{ kPa}$)；高压离心通风机 ($3 \text{ kPa} < p < 15 \text{ kPa}$)。

轴流通风机按其压力大小可以分为：低压轴流通风机 ($p < 0.5 \text{ kPa}$)；高



压轴流通风机 ($0.5 \text{ kPa} < p < 5 \text{ kPa}$)。

1.1.2 按工作原理分类

1. 容积式

容积式泵与风机在运转时,机械内部的工作容积不断发生变化,从而吸入或排出流体。按其结构不同,可再分为:

(1) 往复式。这种机械借助活塞在汽缸内的往复作用使缸内容积反复变化,以吸入和排出流体,如活塞泵等。

(2) 回转式。机壳内的转子或转动部件旋转时,转子与机壳之间的工作容积发生变化,借以吸入和排出流体,如齿轮泵、螺杆泵等。

2. 叶片式

叶片式泵与风机的主要结构是可旋转的、带叶片的叶轮和固定的机壳。通过叶轮的旋转对流体做功,从而使流体获得能量。

根据流体的流动情况,可将叶片式泵与风机再分为:离心式、轴流式、混流式等。

3. 其他类型的泵与风机

除了上述类型,还有其他类型的泵与风机,如喷射泵、旋涡泵、真空泵等。

1.1.3 按结构形式分类

上述各种类型的泵与风机还可以按结构形式的不同进一步细分,如图 1-1 所示。

1.1.4 按在生产系统中的作用分类

在火力发电厂中,还常按泵与风机在生产中的作用不同进行分类,如给水泵、凝结水泵、循环水泵、疏水泵、灰渣泵、送风机、引风机、排粉机等。

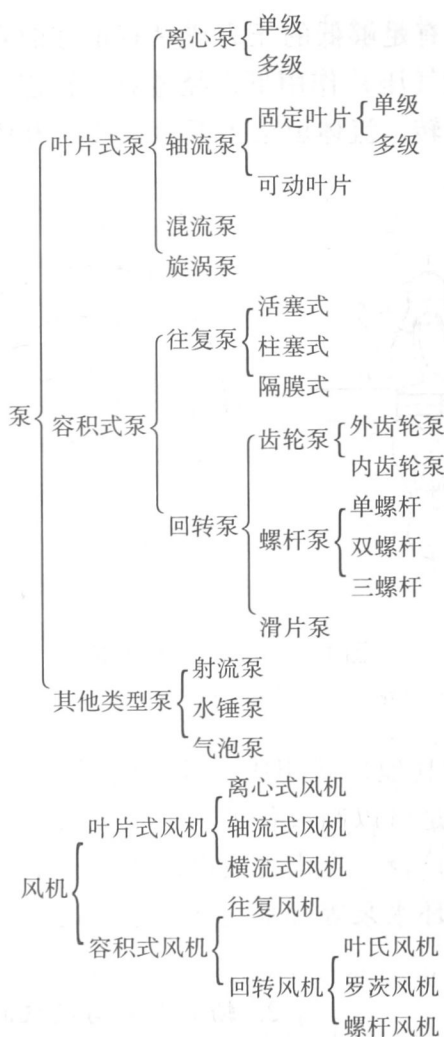


图 1-1 泵与风机的分类

任务 1.2 泵与风机的工作原理认知

1.2.1 叶片式泵与风机的工作原理

1. 离心式泵与风机的工作原理

如图 1-2 所示，当离心式泵或风机内分别充满了液体或气体时，只要原动机带动它们的叶轮旋转，则叶轮中的叶片就对其中的流体做功，迫使它们旋转。旋转的流体将在惯性离心力作用下，从中心向叶轮边缘流去，其压力不断增高，最后以很高的速度流出叶轮进入泵壳内，若此时开启出口阀门，流体将由压出管排出，这个过程称为压出过程。这是流体在泵与风机中唯一能获得能量的过程。与此同时，由于叶轮中心的流体流向边缘，在叶轮中心

形成了低压区，当它具有足够低的压力或具有足够的真空时，流体将在吸水池液面压力（一般是大气压）作用下，经过吸入管进入叶轮，这个过程称为吸入过程。叶轮不断旋转，流体就会不断地被压出和吸入，形成了离心式泵与风机的连续工作。

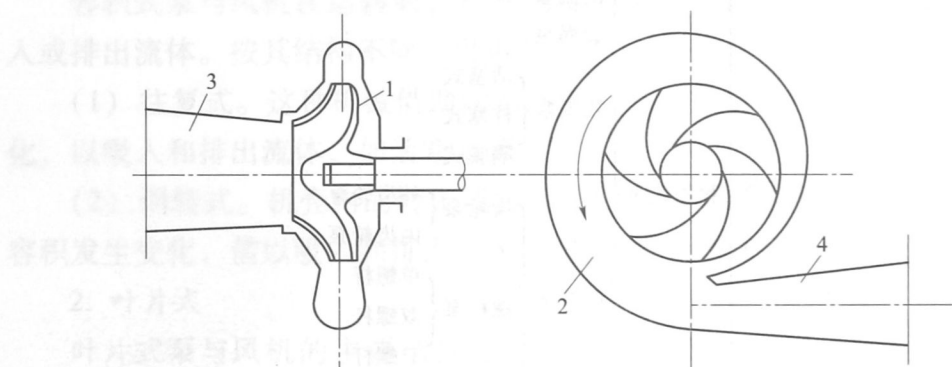


图 1-2 离心泵示意图

1—叶轮；2—泵壳；3—吸入管；4—压出管

离心式泵与风机和其他形式相比，具有效率高、性能可靠、流量均匀、易于调节等优点，特别是可以制成各种压力及流量的泵与风机，以满足不同的需要，所以应用最为广泛。在火力发电厂中，给水泵、凝结水泵以及大多数闭式循环水系统的循环水泵等都采用离心泵，送风机、引风机等也大多用离心式风机。

2. 轴流式泵与风机的工作原理

如图 1-3 所示，当原动机驱动浸在流体中的叶轮旋转时，轮内流体就相对叶片作绕流运动。根据升力定理和牛顿第三定律可知，绕流流体会对叶片作用一个升力，而叶片也会同时给流体一个与升力大小相等、方向相反的反作用力，称为推力。这个叶片推力对流体做功，使流体的能量增加，并沿轴向流出叶轮，经过导叶等，进入压出管路。与此同时，叶轮进口处的流体被吸入。只要叶轮不断地旋转，流体就会源源不断地被压出和吸入，形成轴流式泵与风机的连续工作。

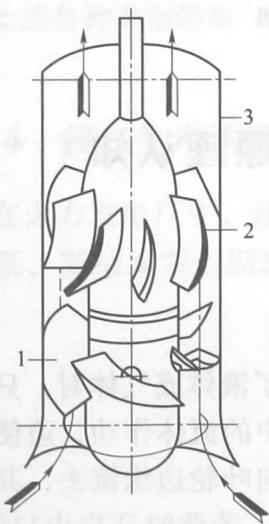


图 1-3 轴流泵工作示意图

1—叶轮；2—导流器；3—泵壳

轴流式泵与风机适用于大流量、低压头的情况。它们具有结构紧凑、外形尺寸小、重量

轻等特点。动叶可调式轴流风机还具有变工况性能好、工作范围大等优点，因而其应用范围正随电站单机容量的增加而扩大，大多用作大型电站的送引风机。

3. 混流式泵与风机的工作原理

图 1-4 为混流泵工作示意图，这种泵与风机的流体是沿介于轴向与径向之间的圆锥面方向流出叶轮，工作原理又是部分利用叶型升力、部分利用惯性离心力的作用，故称为混流式泵与风机。其流量较大、压头较高，是一种介于轴流式与离心式之间的叶片式泵与风机。在火力发电厂的开式循环水系统中，常用作循环水泵。

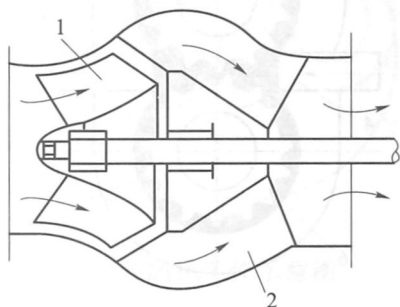


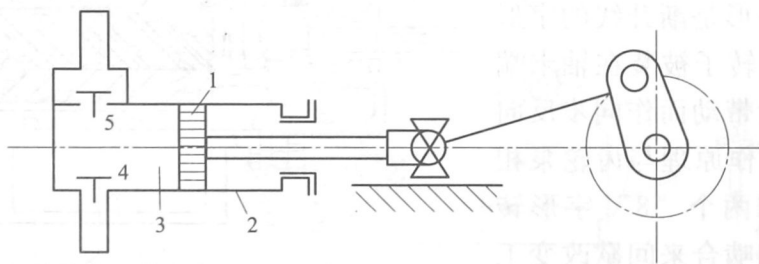
图 1-4 混流泵工作示意图

1—叶轮；2—导叶

1.2.2 容积式泵与风机的工作原理

1. 往复泵

现以活塞式为例来说明其工作原理。如图 1-5 所示，活塞泵主要由活塞 1 在泵缸 2 内作往复运动来吸入和排出液体。当活塞 1 开始从极左端位置向右移动时，工作室 3 的容积逐渐扩大，室内压力降低，流体顶开吸水阀 4，进入活塞 1 所让出的空间，直至活塞 1 移动到极右端为止，此过程为泵的吸水过程。当活塞 1 从右端开始向左端移动时，充满泵的流体受挤压，将吸水阀 4 关闭，并打开压水阀 5 而排出，此过程称为泵的压水过程。活塞不断往复运动，泵的吸水与压水过程就连续不断地交替进行。此泵适用于小流量、高压力的情况，在大型制冷机组中用得较多。



1-5 往复泵工作示意图

1—活塞；2—泵缸；3—工作室；4—吸水阀；5—压水阀

2. 齿轮泵

齿轮泵具有一对互相啮合的齿轮，通常用作供油系统的动力泵。如图 1-6 所示，齿轮 1（主动轮）固定在主动轴上，轴的一端伸出壳外由原动机驱动，

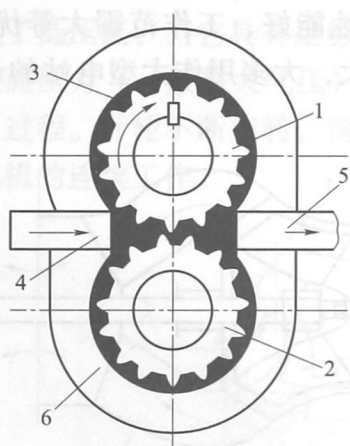


图 1-6 齿轮泵工作示意图

- 1—主动轮；2—从动轮；
3—工作室；4—入口管；
5—出口管；6—泵壳

另一个齿轮 2（从动轮）装在另一个轴上，齿轮旋转时，液体沿吸油管 3 进入吸入空间，沿上下壳壁被两个齿轮分别挤压到排出空间汇合（齿与齿啮合前），然后进入压油管 4 排出。

3. 螺杆泵

螺杆泵也属于容积式回转泵。它与齿轮泵的相似之处是利用类似齿廓的螺纹之间相互分开和啮合来吸入和压出液体。不同的是螺杆泵用两根或两根以上的螺杆，而不是用一对齿轮来工作。其工作原理如图 1-7 所示，当主动螺杆在原动机带动下旋转时，靠近吸入室一端的啮合螺纹将定期打开，使容积增大，压力降低，液体流进吸入室充满打

开的螺纹槽内，并随着螺纹的啮合在推挤作用下沿轴向移动，这种移动与螺母沿旋转螺杆作轴向移动相似，一直挤压至压出室而排出。螺杆泵比齿轮泵的效率更高，可达 70% ~ 80%，流量更均匀，不仅出口压力很高，且流量的适用范围也较广，同时可以实现与高速原动机直连，工作时噪声低，是一种较现代化的流体输送机械。在火力发电厂中，它可用来输送润滑油和燃油，也可作为中小型汽轮机的主油泵。

4. 罗茨风机

罗茨风机也是一种容积式回转风机，如图 1-8 所示，它由两个外形是渐开线的字形转子组成。转子被装在轴末端的一对齿轮带动而作同步反向旋转。其工作原理与齿轮泵相似，是依靠两个“8”字形转子的打开和啮合来间歇改变工作室容积的大小，从而吸入和挤出气体的，只要转子在转

动，总有一定体积的气体被吸入和挤出，因此其出口压力可随出风管阻力的增大而增大。使用时，应在它的出口安装带安全阀的储气罐，以保证其出口压力稳定和防止超压。由于它重量轻，价格便宜，使用方便，所以虽然运行

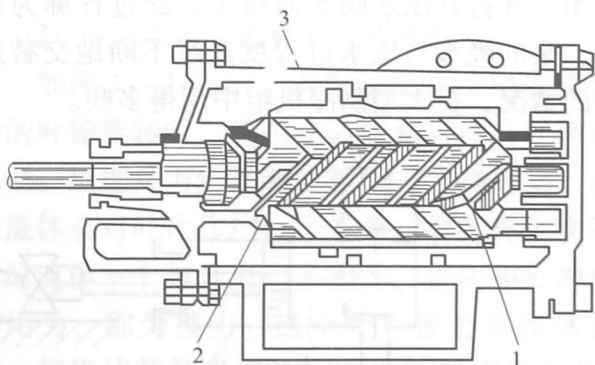


图 1-7 螺杆泵工作示意图

- 1—主动螺杆；2—从动螺杆；3—泵壳