



“十二五”职业教育国家规划教材
经全国职业教育教材审定委员会审定

泵与风机(第三版)

张良瑜 谭雪梅 王亚荣 编



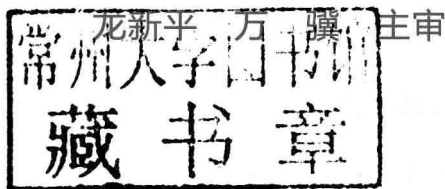
中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



“十二五”职业教育国家规划教材
经全国职业教育教材审定委员会审定

泵与风机(第三版)

张良瑜 谭雪梅 王亚荣 编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书为“十二五”职业教育国家规划教材。

本书主要阐述叶片式泵与风机的工作原理、构造、基础理论及运行方面的基本知识。针对火电厂运行岗位对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、运行特点和常见问题。为了加强知识的实用性和针对性,在最后一章从用户角度简要阐述了泵与风机的节能问题。各章选编了适当的例题,并附有思考题和习题。

本书可作为高职高专电力技术类火电厂集控运行、电厂热能动力装置专业“泵与风机”课程的教材,也可作为现场岗位培训和岗前培训教材,还可供有关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

泵与风机/张良瑜,谭雪梅,王亚荣编.—3版.—北京:中国电力出版社,2014.8

“十二五”职业教育国家规划教材

ISBN 978-7-5123-6044-0

I. ①泵… II. ①张…②谭…③王… III. ①泵-职业教育-教材②鼓风机-职业教育-教材 IV. ①TH3②TH44

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 130779 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2005 年 8 月第一版

2014 年 8 月第三版 2014 年 8 月北京第十三次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 11.25 印张 271 千字

定价 23.00 元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪

本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

前 言

本书第一版为教育部职业教育与成人教育司推荐教材,2010年修订为第二版,第三版被评为“十二五”职业教育国家规划教材。

本书是在第二版教材的基础上修订的。修订后的教材保持了原教材的体系、编写原则和指导思想。考虑到近年来我国电力工业发展迅速,大量1000MW超超临界参数机组投入运行,因而此次修订主要对第二章第五节火电厂常用泵与风机的典型结构部分的内容做了增删,加强了火电厂大容量、高参数机组配套泵与风机结构形式的介绍。为使教学内容能更好地适应电力生产的实际情况,教材中增加了1000MW超超临界参数机组泵与风机知识的说明;第五章第五节泵与风机运行中的几个问题中也增补了现场内容。此外,还调整了部分内容的编排顺序,修改了少量内容的描述,力求内容编排合理,概念表达准确,便于教,易于学。

本书由武汉电力职业技术学院张良瑜修订。修订过程中参考了大量的文献和资料,在此表示感谢!

编者

2014年6月

第一版前言

本书为教育部职业教育与成人教育司推荐教材,是根据教育部审定的电力技术类专业主干课程的教学大纲编写而成的,并列入教育部《2004~2007年职业教育教材开发编写计划》。本书经中国电力教育协会和中国电力出版社组织专家评审,又列为全国电力职业教育规划教材,作为职业教育电力技术类专业教学用书。

本书体现了职业教育的性质、任务和培养目标;符合职业教育的课程教学基本要求和有关岗位资格和技术等级要求;具有思想性、科学性、适合国情的先进性和教学适应性;符合职业教育的特点和规律,具有明显的职业教育特色;符合国家有关部门颁发的技术质量标准。本书既可以作为学历教育教学用书,也可作为职业资格和岗位技能培训教材。

编者在本书的编写过程中,理论上不刻意追求其完整性,教材内容的选取力求突出针对性和实用性,努力贯彻以必需、够用为度的原则,删繁就简,并尽量反映国内外先进水平。考虑到火电厂集控运行及相近专业的特点和要求,本书的编写力求理论与电厂生产实际相结合,并注意应用知识的说明。为加强实用性和针对性,有利于学生掌握能为生产实际服务的应用性知识,本书在最后一章从用户角度简要阐述了泵与风机的节能问题。教材内容的编排力求结构合理;考虑知识点的模块化,不单独分析轴流式泵与风机;先后顺序尽量按照知识的衔接和学生接受的特点编排。编写中努力做到通俗易懂、概念明确、易教易学。为使学生能掌握所学内容,培养和提高分析解决问题的能力,各章选编了适当的例题、思考题和习题。

本书由武汉电力职业技术学院张良瑜、谭雪梅、保定电力职业技术学院王亚荣合编。第一章、第四章由谭雪梅编写,第二章、第三章由王亚荣编写,第五章、第六章及附录由张良瑜编写。本书由张良瑜统稿,并对全书内容进行修改和增删。

本书由武汉大学龙新平教授和阳逻发电厂万骥高级工程师主审。他们认真审阅稿件并提出了许多宝贵意见,编者深表谢意!在编写过程中,得到了同行们的热情帮助,在此一并致谢。

限于编者水平,书中的缺点和不足之处难免,恳请广大师生和读者不吝赐教。

编者

2005年5月

第三版前言

本书是《教育部职业教育与成人教育司推荐教材 泵与风机》的修订版。修订后的教材保持了原教材的体系、编写原则和指导思想。本次修订加强了火电厂常用的非叶片式泵与风机的介绍,增加了 600MW 以上超临界压力机组泵与风机内容的说明,使教学内容能更好地适应电力生产的实际情况。此外,本次修订还调整了部分内容的编排顺序,修改了少量内容的描述,力求使内容的编排更合理,问题的说明更清楚,概念的表达更明确。

本书第一、三、五、六章由武汉电力职业技术学院张良瑜修订,第二章由张良瑜和保定电力职业技术学院王亚荣共同修订,第四章由武汉电力职业技术学院谭雪梅修订。每章内容提要由张良瑜增补,本书由张良瑜统稿。

限于编者水平,书中疏漏和不足之处在所难免,恳请广大师生和读者批评指正。

编者

2009 年 11 月

目 录

前言	
第一版前言	
第二版前言	
第一章 泵与风机概述	1
第一节 泵与风机及其在火力发电厂中的作用	1
第二节 泵与风机的性能参数及其发展趋势	2
第三节 泵与风机的分类及工作原理	5
第四节 泵与风机工作扬程或全压的计算	11
思考题	14
习题	15
第二章 叶片式泵与风机的构造	17
第一节 离心泵的常用整体结构及其主要部件	17
第二节 径向推力、轴向推力及其平衡方法	26
第三节 离心式风机的构造	32
第四节 轴流式(混流)泵与风机的构造	34
第五节 火力发电厂常用泵与风机的典型结构	38
思考题	49
第三章 泵与风机的叶轮理论	50
第一节 流体在离心式封闭式叶轮中的获能分析	50
第二节 流体在叶轮中的运动及速度三角形	51
第三节 叶片式泵与风机的基本方程式	53
第四节 离心式叶轮的叶片形式	57
第五节 轴流式泵与风机的叶轮理论	60
思考题	65
习题	66
第四章 叶片式泵与风机的性能	67
第一节 泵与风机内的损失和效率	67
第二节 叶片式泵与风机的性能曲线	71
第三节 叶片式泵与风机的性能分析	76
第四节 泵与风机的相似定律	79
第五节 比例定律及通用性能曲线	82
第六节 比转数与型式数	85
第七节 无因次性能曲线	88
第八节 泵的汽蚀	91

思考题.....	100
习题.....	101
第五章 泵与风机的运行.....	103
第一节 叶片式泵与风机运行工况的确定.....	103
第二节 泵与风机的联合运行	106
第三节 泵与风机运行工况的调节.....	110
第四节 变速调节的变速方式.....	118
第五节 泵与风机运行中的几个问题.....	122
第六节 火力发电厂泵与风机的运行常识.....	127
思考题.....	143
习题.....	144
第六章 泵与风机的选型与节能.....	147
第一节 泵与风机的选型.....	147
第二节 泵与风机的节能概述.....	154
第三节 叶轮叶片的切割与加长.....	160
思考题.....	163
习题.....	163
附录 A 泵与风机的型号编制	165
附录 B 4-13.18 型离心式风机空气动力学图	169
参考文献.....	171

第一章 泵与风机概述

【内容提要】 本章简要介绍泵与风机的机械类别、分类及其在国民经济建设和火电厂中的地位 and 作用。重点说明泵与风机的主要性能参数,泵与风机工作扬程或全压的确定。主要介绍叶片式泵与风机的工作原理、特点和应用,非叶片式泵与风机的基本结构、工作原理、工作特点、优缺点及应用。

第一节 泵与风机及其在火力发电厂中的作用

泵与风机是一种利用外加(原动机)能量输送流体的机械。通常将输送液体的机械称为泵,输送气体的机械称为风机。

泵与风机的机械类别可从不同角度来理解。按其作用,泵与风机用于输送液体和气体,属于流体机械;按其工作性质,泵与风机是将原动机的机械能转换为流体的动能和压能,因此又属于能量转换机械。另外,泵与风机广泛应用于国民经济的各个方面,故其隶属于通用机械的范畴。

泵与风机是在人类社会生活和生产的需要中产生和发展起来的,是应用较早的机械之一。当今社会,泵与风机在国民经济的各部门应用十分广泛。例如:农业中的排涝、灌溉;石油工业中的输油和注水;化学工业中的高温、腐蚀性流体的输送;采矿工业中坑道的通风与排水;冶金工业中冶炼炉的鼓风及流体的输送;航空航天中的卫星上天、火箭升空和超声速飞机的蓝天翱翔;其他工业和人们日常生活中的采暖通风、城市的给水排水等都离不开泵与风机。统计表明,在全国的总用电量中,约有三分之一是泵与风机耗用的。由此可见,泵与风机在我国国民经济建设中占有重要的地位。

在火力发电厂中,泵与风机是最重要的辅助设备,担负着输送流体、实现电力生产热力循环的任务。图 1-1 是热力发电厂生产过程的系统简图,其中锅炉、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为过热蒸汽;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。做过功的乏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;除过氧的水再由前置泵、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 1-1 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,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

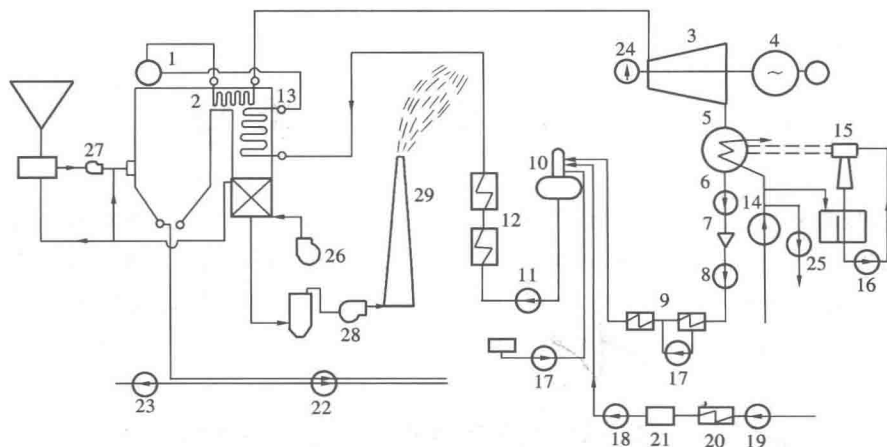


图 1-1 热电厂系统简图

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—烟囱

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。

总之，泵与风机在火电厂中应用极为广泛，起着极其重要的作用。其正常运行与否，直接影响火力发电厂的安全性和经济性。泵与风机发生故障，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，现代的大型锅炉，容量大，汽包的水容积相对较小，如果锅炉给水泵发生故障而中断给水，则汽包会在1~2min的时间内“干锅”而迫使停炉、停机。

第二节 泵与风机的性能参数及其发展趋势

一、泵与风机的性能参数

泵与风机的工作状况可用一组物理量来描述，这组物理量能从不同角度反映出泵或风机的工作性能特征，因此，称它们为泵与风机的性能参数。泵与风机的性能参数有流量、扬程或全压、功率、效率、转速，水泵还有允许吸上真空高度或允许汽蚀余量等。在泵与风机的铭牌上，一般都标有这组参数的具体数值，以说明泵与风机在额定工作状况下的性能。下面结合图1-2介绍这些参数的概念。

1. 流量

流量是指单位时间内泵与风机输送流体的数量。可分为体积流量 q_v 和质量流量 q_m ，体积流量 q_v 的单位为 m^3/s 、 m^3/h 、 L/s ，质量流量 q_m 的单位为 kg/s 、 t/h 。体积流量与质量流量之间的关系为

$$q_m = \rho q_v \quad (1-1)$$

式中 ρ ——输送流体的密度, kg/m^3 。

泵与风机的流量可通过装设在其工作管路中的流量计测定。测量的方法较多, 电厂常用孔板或喷嘴流量计和笛形管式流量计来测定。

2. 扬程或全压

单位重力作用下流体通过泵或风机后的能量增加值, 称为扬程(或称能头), 用符号 H 表示, 单位为 $\text{N} \cdot \text{m}/\text{N}$ 或 m 流体柱。泵提供给液体的能量通常用扬程表示。

若流体在泵或风机进口断面处的总比能为 e_1 、出口断面处的总比能为 e_2 , 如图 1-2 所示, 则其扬程为

$$H = e_2 - e_1 \quad (1-2)$$

单位体积流体通过泵或风机后的能量增加值, 称为全压(又称压头), 用符号 p 表示, 单位为 Pa 。风机提供给气体的能量通常用全压表示。

全压与扬程之间的关系为

$$p = \rho g H \quad (1-3)$$

3. 功率

泵与风机的功率可分为有效功率、轴功率两种, 通常所说的功率是指轴功率。此外还有原动机的配用功率。

有效功率是指单位时间内通过泵或风机的流体所获得的功, 即泵与风机的输出功率, 用 P_e 表示, 单位为 kW 。有效功率可由泵与风机的输出流量及扬程或全压求得, 即

$$P_e = \frac{\rho g q_v H}{1000} \quad \text{kW} \quad (1-4)$$

或

$$P_e = \frac{q_v p}{1000} \quad \text{kW} \quad (1-5)$$

轴功率即原动机传到泵与风机轴上的功率, 又称输入功率, 用 P 表示, 单位为 kW 。轴功率通常由电测法确定, 即用功率表测出原动机输入功率 P'_g , 则

$$P = P_g \eta_g = P'_g \eta_g \eta_d \quad (1-6)$$

式中 P_g 、 η_g ——原动机输出功率及原动机效率;

η_d ——传动装置效率。

挠性联轴器传动的 $\eta_d = 1$; 三角皮带传动的 $\eta_d = 0.95$ 。

分析图 1-2 可知: 有效功率、轴功率和原动机输出、输入功率之间的关系为 $P_e < P \leq P_g$

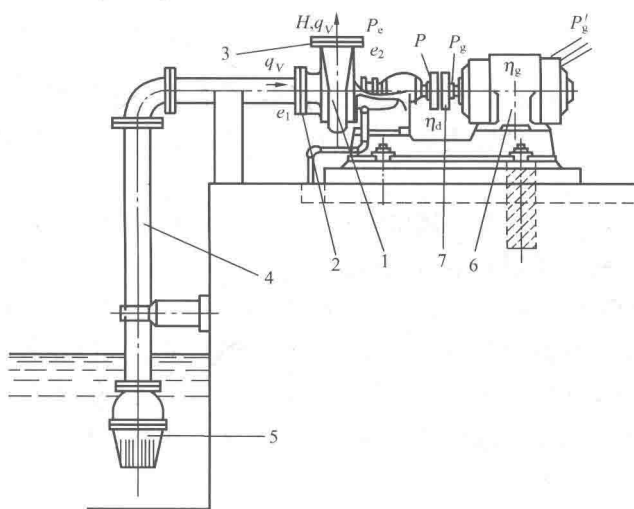


图 1-2 泵与风机的性能参数说明

1—泵体；2—泵入口；3—泵出口；4—吸入管；
5—带滤网底阀；6—电动机；7—联轴器

$$<P'_{g0}$$

原动机配用功率是指选配原动机的最小输出功率,用 P_0 表示,单位为 kW。在选配原动机时, P_0 可由式 (1-7) 确定,即

$$P_0 = K \frac{P}{\eta_d} \quad (1-7)$$

式中 K ——原动机的容量安全系数,其值随轴功率的增大而减小,一般为 1.05~1.4。

4. 效率

效率是泵与风机总效率的简称,指泵与风机输出功率与输入功率之比的百分数。用符号 η 表示,即

$$\eta = \frac{P_c}{P} \times 100\% \quad (1-8)$$

泵与风机工作时,由于内部存在各种能量损失,其输入功率不可能全部传递给被输送的流体。效率的实质是反映泵或风机在传递能量过程中轴功率被有效利用的程度。

5. 转速

转速是指泵与风机叶轮每分钟的转数,用 n 表示,单位为 r/min。

转速是影响泵与风机结构和性能的一个重要参数。泵与风机的转速越高,流量、扬程(全压)就越大。这对电厂锅炉给水泵十分有利。因在传递相同能量的情况下,转速增高可使泵叶轮的级数减少、外径减小。级数减少和叶轮外径减小可使泵的体积减小,泵轴缩短,这样不仅减轻了泵的重量、节约了材料,还增强了泵运行时的安全可靠。但因提高转速受到材料强度、泵汽蚀、泵效率等因素的制约,目前国内锅炉给水泵的转速大多采用 5000~6000r/min。

【例 1-1】 有一离心式通风机,全压 $p=2000\text{Pa}$,流量 $q_v=47\ 100\text{m}^3/\text{h}$,现用联轴器直联传动,试计算风机的有效功率、轴功率及应选配多大的电动机。风机总效率 $\eta=0.76$ 。

$$\text{解} \quad P_c = \frac{pq_v}{1000} = \frac{2000 \times \frac{47\ 100}{3600}}{1000} = 26.16(\text{kW})$$

$$P = \frac{P_c}{\eta} = \frac{26.16}{0.76} = 34.42(\text{kW})$$

取电动机容量富余系数 $K=1.15$,传动装置效率 $\eta_m=0.98$,则

$$P'_g = K \frac{P}{\eta_m} = 1.15 \times \frac{34.42}{0.98} = 40.39(\text{kW})$$

二、泵与风机的发展趋势

随着科学技术的不断进步和电力行业的飞速发展,近年来,火力发电厂中广泛采用了大容量、高参数的锅炉和汽轮机设备,这就促进了泵与风机向着大容量、高参数、高转速、高效率、高度自动化、高可靠性和低噪声的方向发展。以给水泵为例:20 世纪 40 年代,50MW 的汽轮发电机组被看成是一项重大技术成就,而今这一动力只能用来驱动一台 1300MW 大型机组的给水泵。给水泵的出口压强由超高压的 13.7~15.7MPa,到亚临界 17.7~22 MPa,再到超临界的 25.6~31.5MPa;我国现在 1000MW 超超临界压力机组给水泵的额定扬程达 35.5MPa (3620mH₂O) 以上。给水泵的效率由 60%左右提高到超临界的 85%左右,1000MW 超超临界压力机组给水泵的效率达 86%以上。给水泵的转速也由

3000r/min 提高到 7500r/min。风机方面, 1000MW 锅炉配套的二级叶轮轴流式引风机的驱动功率已接近 8000kW, 额定流量 $800\text{m}^3/\text{s}$ 左右。另外, 设计方法上也有了很大进步, 大大改善了其动力特性、汽蚀性能和振动特性。

第三节 泵与风机的分类及工作原理

一、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, 但主要是按工作原理进行分类。

1. 按工作原理分类

泵与风机按工作原理可分为三大类。

(1) 叶片式。利用装在旋转轴上的叶轮的叶片对流体做功来提高流体能量而实现输送流体的泵与风机。

这类泵与风机有离心式、轴流式、混流式。此外旋涡泵也属于此类。

(2) 容积式。利用工作室容积周期性变化来提高流体能量而实现输送流体的泵与风机。

这类泵与风机由于工作室内部工作部件的运动不同, 又有往复式和回转式之分。往复式有活塞泵、柱塞泵、隔膜泵和空气压缩机; 回转式有齿轮泵、螺杆泵、滑片泵、罗茨风机、螺杆风机和水环式真空泵。

(3) 其他形式。工作原理不能归入叶片式和容积式的各种泵与风机, 如喷射泵、水击泵等。

2. 按产生的压头分类

泵与风机也可按产生的压头进行分类。

(1) 泵按产生的压头可以分为低压泵: $p < 2\text{MPa}$; 中压泵: $2\text{MPa} < p < 6\text{MPa}$; 高压泵: $p > 6\text{MPa}$ 。

(2) 风机按产生的压头可以分为通风机: $p < 15\text{kPa}$; 鼓风机: $15\text{kPa} < p < 340\text{kPa}$; 压气机: $p > 0.6\text{MPa}$ 。

通风机可以分为离心通风机和轴流通风机。

离心通风机又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: $3\text{kPa} < p < 15\text{kPa}$ 。

轴流通风机又可以分为低压轴流通风机: $p < 0.5\text{kPa}$; 高压轴流通风机: $0.5\text{kPa} < p < 5\text{kPa}$ 。

3. 按生产中的作用分类

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、主油泵、疏水泵、灰渣泵、送风机、引风机、排粉风机等。

二、泵与风机的工作原理

下面介绍火电厂使用的各种泵与风机的工作原理及工作特点。

1. 离心式泵与风机

图 1-3 所示为离心泵的工作简图。在泵壳内充满液体的情况下, 当原动机带动叶轮旋转时, 叶轮中的叶片对其中的液体做功, 迫使液体旋转而获得了惯性离心力, 使其从入口到出口的压强 (能) 增大 ($p \propto r^2$); 同时, 液体从入口流向出口的流速 (动能) 也会增大。

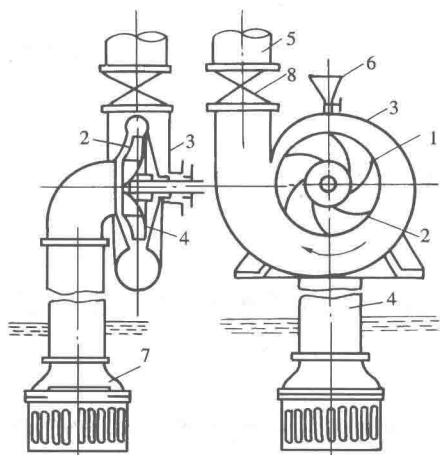


图 1-3 离心泵工作简图

1—叶片；2—叶轮；3—泵壳；4—吸入管；
5—压出管；6—引水漏斗；7—底阀；8—阀门

在惯性离心力的作用下，叶轮出口处的高能液体进入泵壳，再由压出管排出，这个过程称为压出过程。与此同时，由于叶轮中的液体流向外缘，在叶轮中心形成了低压区，当它具有足够的真空时，液体将在吸入池液面压强的作用下，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，使离心泵的连续工作。

应当指出，离心泵启动前必须先充满所输送的液体，排出泵内的空气。若启动前不向泵内灌满液体，当叶轮旋转时，由于空气的密度比液体的密度小得多，空气就会聚集在叶轮的中心，不能形成足够的真空，破坏了泵的吸入过程，导致泵不能正常工作。

离心式风机的工作原理与离心式泵相同，分析略。

离心式泵与风机和其他形式的泵与风机相比，具有效率高、性能可靠、流量均匀和易调节等优点。特别是可以制成满足不同需要的各种压强及流量的泵与风机，所以应用极为广泛。不足之处是扬程受流量的制约，另外，离心泵启动前还需灌满水。

在火力发电厂中，给水泵、凝结水泵、闭式循环水系统的循环水泵以及大多数其他用途的泵和排粉风机都采用离心式，大型锅炉的一次风机及中小型锅炉的送风机、引风机等一般采用离心式。

2. 轴流式泵与风机

图 1-4 所示为轴流泵结构示意图，当原动机驱动浸没在流体中的轴流式叶轮转动时，旋转的叶片作用于流体的推力（升力的反作用力）对流体做功，使流体的速度（动能）和压强（能）从叶片入口到出口增大。在叶轮中获得能量的流体从叶片出口沿轴向流出，经过导叶等部件进入压出管道。同时，叶轮进口处形成了低压区，流体被吸入。只要叶轮不断地旋转，流体就会不断地被压出和吸入，使轴流式泵与风机连续工作。

轴流式泵与风机具有结构紧凑、外形尺寸小、质量小、动叶可调及流量大的优点；不足之处是产生的压头低及工作稳定性较离心式差。

轴流式泵与风机适合于大流量、低压头的管道系统选用。大型火电厂中常用作凝汽器的循环冷却水泵及锅炉的送、引风机等。

3. 混流式泵与风机

图 1-5 所示为混流式泵结构示意图，混流式泵与风机因流体是沿介于轴向与径向之间的圆锥面方向流出叶轮的，故混流式也称为斜流式。混流式泵与风机的获能是部分利用叶型的推力、部分利用惯性离心力的作用，故其兼有离心式与轴流式泵与风机的工作原理；其工作特性也介于离心式和轴流式之间。

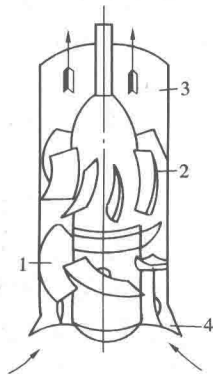


图 1-4 轴流泵工作简图

1—叶轮；2—导流器；
3—泵壳；4—喇叭管

混流泵的流量较离心泵大，压头较轴流泵高，在火力发电厂的开式循环水系统中，常用作循环冷却水泵。

4. 往复式泵与风机

往复式泵与风机是依靠工作部件的往复运动间歇改变工作室内的容积来输送流体的。

往复式泵又分为活塞泵、柱塞泵和隔膜泵三种，如图 1-6 所示。

下面以图 1-7 为例，说明往复式泵的工作原理。当活塞在泵缸内自最左位置向右移动时，工作室的容积逐渐增大，工作室内的压力降低，压出阀关闭，吸入池中的液体在压强差作用下顶开吸入阀，液体进入工作室，直至活塞移到最右位置为止，此过程为吸入过程。当活塞开始向左方移动，工作室中液体在活塞挤压下，获得能量，压强升高，并压紧吸水阀，顶开压水阀，液体由压出管路输出，直至活塞移到最左位置为止，此过程为压出过程。活塞在曲柄连杆的带动下，不断地作上述往复运动，泵的吸入、压出过程就能连续不断地交替进行，从而形成了往复泵连续工作。由于往复泵在每个工作周期（活塞往复一次）内排出的液体量是不变的，故又称为定排量泵。

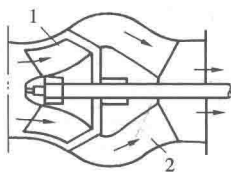


图 1-5 混流式泵

工作示意

1—叶轮；2—导叶

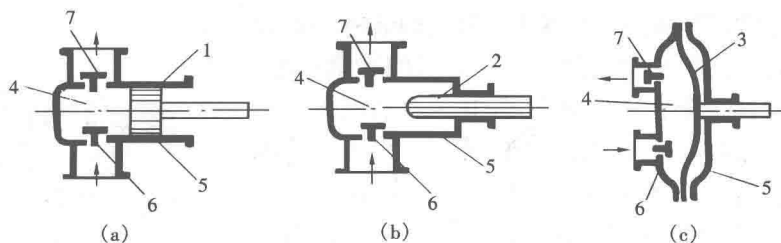


图 1-6 往复式泵示意

(a) 活塞泵；(b) 柱塞泵；(c) 隔膜泵

1—活塞；2—柱塞；3—隔膜；4—工作室；5—泵缸；6—吸水阀；7—压水阀

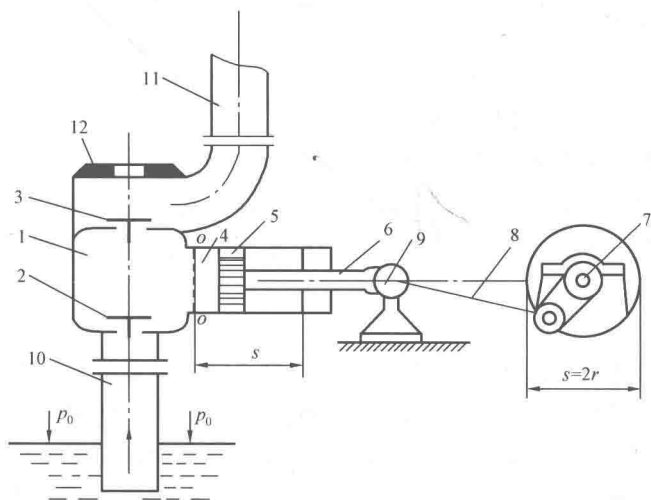


图 1-7 单作用往复泵示意

1—工作室；2—吸入阀；3—压出阀；4—活塞；5—泵缸；

6—活塞杆；7—曲柄；8—连杆；9—十字头；10—吸入管；

11—压出管；12—限压阀

以上介绍的是最简单的单作用往复泵，工程实用的是双作用往复泵，如图 1-8 所示。由于双作用往复泵活塞两边都工作，因而活塞的受力及输送液体的情况都比单作用往复泵平稳。

往复泵的工作特点：①输出流量和能头不稳定；②输出流量的大小只与原动机的转速、活塞的直径及行程（活塞极左位置到极右位置间的距离 s ）有关；③产生的扬程仅取决于管道系统所需的能量，而与流量无关。因此，往复泵的压出管路上需装设限压阀，以防压出管道阻塞（或阀门关死）引起超压而

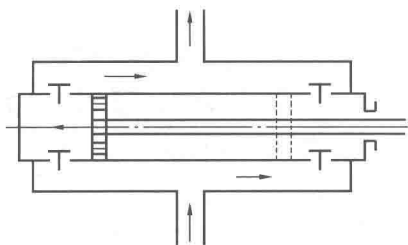


图 1-8 双作用往复泵工作示意

损坏设备。

往复泵的优点：①提供的能头可满足用户的任意需求；②具有自吸能力；③小流量高能头时效率比离心式高；④启动简单，运行方便。往复泵的缺点：①输出流量和能头不稳定；②外形尺寸大，结构复杂，造价高；③易损零件较多，维修不便；④调节较复杂。

往复式泵适用于输送流量小、扬程高的管道系统。特别是当液体的流量小于 $100\text{m}^3/\text{h}$ 、排出压强大于

9.8MPa 时，更能显示出其较高的效率和良好的运行特性。火力发电厂中锅炉汽包的加药泵、输送灰浆的油隔离泵或水隔离泵等，采用的是往复泵。

往复式风机，即往复式空气压缩机，其工作原理与往复式泵相同。往复式空压机一般采用多级，以获得较高的压头。因此，其结构较复杂（介绍略），维修量大，火力发电厂中向一般动力源和气动控制仪表供气，较少采用往复式空气压缩机。

5. 齿轮泵

齿轮泵的工作原理如图 1-9 所示。泵壳内装有一对同形且啮合的齿轮，齿顶和齿轮侧面与泵壳的间隙都很小，以减少泵工作时的泄漏。主动齿轮固定在主动轴上，主动轴的一端伸出泵壳外，由原动机驱动。当主动齿轮由原动机带动旋转时，从动齿轮随之反向转动。此时在泵的吸入工作室，两齿轮逐渐分开，齿间容积增大，形成局部真空，液体被吸入。吸入齿槽的液体随齿轮的回转被携带到压出工作室。在泵的压出工作室，由于两齿轮的逐渐啮合使齿间容积减小，局部油压增大，齿槽内的液体被挤压到压出腔而排入压出管。当主动轮不断被带动旋转时，泵便能不断吸入和压出液体。

齿轮泵体积小；结构简单，成本低；工作可靠且能自吸；维修方便；输出液体的流量和压头较往复泵均匀。但其效率低；轴承载荷大；运行时有噪声；齿轮磨损后泄漏量较大。

齿轮泵应用广泛，适合于输送流量小、压头较高且黏度较大的液体。它一般用于润滑系统。火电厂中，齿轮泵常用作小型汽轮机的主油泵，以及电动给水泵、锅炉送引风机、磨煤机等等的润滑油泵。

6. 螺杆泵

螺杆泵的工作原理和齿轮泵相似，它是利用相互啮合的两个或三个螺杆的旋转运动来吸入和压出液体的。其工作原理如图 1-10 所示，当主动螺杆在原动机的带动下旋转时，螺杆吸入侧的啮合螺纹渐开，容积增大，局部降压而吸入液体；吸入的液体在旋转螺杆螺纹面的推挤作用下轴向移至压出口；在螺杆压出侧的螺纹啮合使此处容积减小，局部增压而完成液体的排出。

螺杆泵的压头和效率（70%~80%）较齿轮泵高；流量和压头脉动小；结构简单紧凑；工作可靠且能自吸；运行时噪声很小；不易磨损；可与高速原动机直连。不足：由于螺杆齿

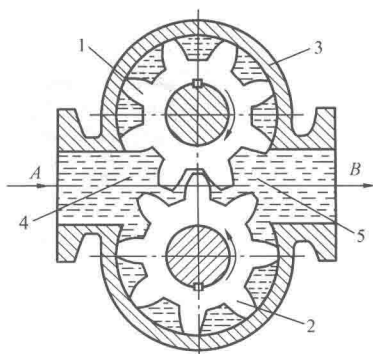


图 1-9 齿轮泵工作示意

1—主动齿轮；2—从动齿轮；3—泵壳；
4—入口工作室；5—出口工作室

形复杂,加工较难,以致造价较高。螺杆泵适用于输送压头要求高、黏性大和含固粒的液体。火力发电厂中可用作中小型汽轮机的主油泵,也可用于输送锅炉燃料油(重油、渣油)等。

应当指出,齿轮泵和螺杆泵也属于定排量泵,其流量和扬程的特点类似往复泵,故其压出端也需装限压阀。

螺杆式空气压缩机的结构和工作原理与螺杆泵相同。螺杆式空压机与往复式空压机比较,不存在往复惯性力和力矩,所以转速高、基础小、质量小、振动小、运转平稳,且输气均匀、压力脉动小;它无活塞机中的活塞和高频振动的进、排气阀,故结构简单、零部件少、没有易损件,运转可靠性高,使用寿命长。但其转子加工困难需要专用设备,造价高;相对运动的机件之间密封问题较难满意解决。另外,由于转速高,加之工作容积与吸、排气孔口周期性地通断产生较为强烈的空气动力噪声(属高频噪声范畴),需采取特殊的减噪消声措施。基于螺杆式的优点,火力发电厂中向动力源和气动控制仪表供气的空气压缩机房,一般采用的是螺杆式空气压缩机。

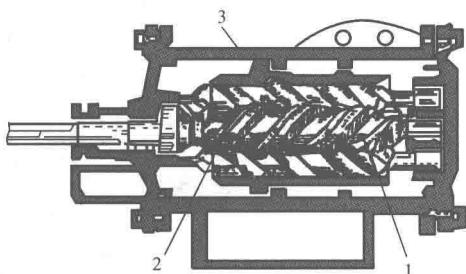


图 1-10 螺杆泵工作示意

1—主动螺杆; 2—从动螺杆; 3—泵壳

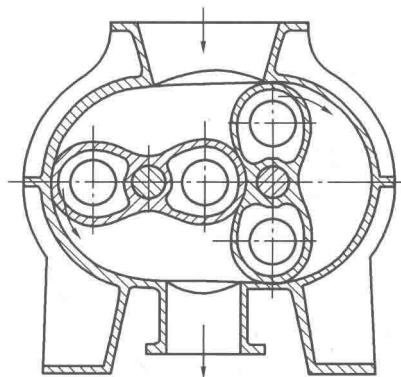


图 1-11 罗茨风机示意

7. 罗茨风机

罗茨风机是一种容积式回转风机,其工作原理与齿轮泵相同。如图 1-11 所示,它是依靠安装在机壳中两根平行轴上的两个“∞”字形转轮作同步反向旋转,来周期性改变工作室容积的大小而吸入和压出气体的,即转轮渐开侧容积增大而吸入气体,啮合侧容积减小而压出气体。罗茨风机属定排风机,其出口应安装带有安全阀的储气罐,以保证其出口压强稳定和防止超压。

罗茨风机的优点是质量小,价格便宜,使用方便,不足是磨损严重,噪声大。火力发电厂中常用于气力除灰系统中的送风设备。

8. 水环式真空泵(液环泵)

水环式真空泵的结构如图 1-12 所示。其圆筒形泵壳内装有一个偏心叶轮。叶轮的叶片为前弯式(也有采用径向直板式的星状叶轮)。叶轮轴的一端伸出泵壳外与原动机直连。叶轮两端泵体的适当位置处开有进气口和排气口,以便轴向进气和排气。泵启动前向泵缸内注入适量的工作液体(水)。

水环式真空泵的工作原理:当叶轮在原动机的带动下旋转时,原先充入工作室的水受离心力的作用被甩至工作室内壁,形成一个运动着的水环,水环内圈上部与轮毂相切,下部与轮毂之间形成一个月牙形的气室,而这一气室又被叶轮的叶片分隔成若干个互不相通、容积不等的封闭小腔。当叶轮旋转时,右半气室中任意两叶片间腔室的容积沿旋向逐渐增大,其内压强降低,并在最大真空时完成气体的吸入;同时,左半气室中任意两叶片间腔室的容积沿旋向逐渐减小,其内气汽混合物受到压缩,压强增加后通过排气口排出。叶轮每旋转一周,月牙形气室就使两叶片之间腔室的容积周期性改变一次,从而连续地完成一个吸气和排