



附：泵与风机自学考试大纲

泵与风机

组编 / 全国高等教育自学考试指导委员会
主编 / 王杏珍

全国高等教育自学考试指定教材

电厂热能动力工程专业(本科)

中国电

197423

TH3
W399

全国高等教育自学考试指定教材
电厂热能动力工程专业(专科)

泵 与 风 机

(附:泵与风机自学考试大纲)

全国高等教育自学考试指导委员会 组编
王杏珍 主编

中国电力出版社

内 容 提 要

本书是根据全国高等教育自学考试指导委员会审定的电厂热能动力工程专业(专科)《泵与风机课程自学考试大纲》编写的自学教材。

本书以叶片式泵与风机为主,对其它类型的泵与风机也分别做了简单介绍,全书共分六章:第一章绪论;第二章离心式泵与风机的基本理论;第三章离心式泵与风机的性能;第四章离心式泵与风机的结构;第五章轴流式泵与风机;第六章泵与风机的运行与调节。书中附有较多的例题、习题和热力发电厂常用的泵与风机结构图,供学员自学时参考。

本书不仅适合作自学教材,也可以作为热能动力专业泵与风机课程的教材及有关工程技术人员参考书。

图书在版编目(CIP)数据

泵与风机/王杏珍主编. —北京:中国电力出版社, 2000.3

附泵与风机自学考试大纲 全国高等教育自学考试指定教材 电厂热能动力工程专业(专科)

ISBN 7-5083-0259-1

I. 泵… II. 王… III. ①泵-高等教育-自学考试-教材 ②鼓风机-高等教育-自学考试-教材 IV. TH3

中国版本图书馆CIP数据核字(2000)第02472号

中国电力出版社出版

(北京三里河路6号 100034 <http://www.cepp.com.cn>)

责任编辑:何 郁 责任校对:黄 蓓 版式设计:王 菲

高等教育出版社印刷厂印刷

2000年3月第一版 2000年3月北京第一次印刷
787毫米×1092毫米 16开本 12.873印张 290千字
印数00001-5000册 定价18.00元

版权所有 不得翻印

(本书如有印装质量问题,请与当地教材供应部门联系)

组 编 前 言

当您开始阅读本书时，人类已经迈入了21世纪。

这是一个变幻莫测的世纪，这是一个催人奋进的时代。科学技术飞速发展，知识更替日新月异。希望、困惑、机遇、挑战，随时随地都有可能出现在每一个社会成员的生活之中。抓住机遇，寻求发展，迎接挑战，适应变化的制胜法宝就是学习。依靠自己学习，终生学习。

作为我国高等教育组成部分的自学考试，其职责就是在高等教育这个水平上倡导自学、鼓励自学、帮助自学、推动自学，为每一个自学者铺就成才之路。组织编写供读者学习的教材就是履行这个职责的重要环节，毫无疑问，这种教材应当适合自学，应当有利于学习者掌握、了解新知识、新信息，有利于学习者增强创新意识、培养实践能力、形成自学能力，也有利于学习者学以致用、解决实际工作中所遇到的问题。具有如此特点的书，我们虽然沿用了“教材”这个概念，但它与那种仅供教师讲、学生听，教师不讲、学生不懂，以“教”为中心的教科书相比，已经在内容安排、形式体例、行文风格等方面都大不相同了。希望读者对此有所了解，以便从一开始就树立起依靠自己学习的坚定信念，不断探索适合自己的学习方法，充分利用已有的知识基础和实际工作经验，最大限度地发挥自己的潜能，达到学习的目标。

欢迎读者提出意见和建议。

祝每一位读者自学成功。

全国高等教育自学考试指导委员会

1999年7月

编 者 的 话

本书根据全国高等教育自学考试指导委员会机械类专业委员会审定的热能动力工程专业(专科)《泵与风机自学考试大纲》编写而成。本课程含实验共计3学分,相当于全日制高等学校(专科)课内54学时,自学学时约为160学时

在编写过程中,为体现自学考试的特色,除了注重基本理论的系统性和完整性外,还强调了专业知识的针对性和实用性。书中力求清楚地讲解基本概念、基本原理和基本方法,同时也尽可能地反映有关在泵与风机方面的国内外的先进科学技术水平

本书重点讲授内容为叶片式泵与风机的工作原理、主要性能及运行与调节。近年来,随着热电厂单机容量的增大,轴流式泵与风机也得到了普遍的应用。本书第五章专门讲授了有关轴流式泵与风机的原理、性能及构造。为了帮助学员更好地掌握所学知识,各章还选编了有针对性的例题、习题和思考题,并附有大量的热电厂中常用的泵与风机构造图及其性能曲线。考虑到学员的阅读能力,本书力求做到语言通顺和概念明确,内容由浅入深,便于学员自学,突出了自学教材的特点。

本书针对考试大纲规定的两个必做实验,编写了实验指导书,介绍了离心式泵与风机性能曲线的测试和绘制方法。

本书由南京电力高等专科学校王杏珍担任主编,并负责编写第一、三、四、五章及实验指导;南京电力高等专科学校周欣负责编写第二、六章;徐刚绘制、编排了全书的插图。

本书由上海电力学院杨诗成教授担任主审,南京动力高等专科学校李矿林副教授、河海大学戚琨副教授担任副主审。他们对本书进行了认真的评审,提出了很多宝贵的意见和建议,在此谨致以诚挚的谢意。

本书在编写过程中,自始至终得到了全国高等教育自学考试指导委员会机械类专业委员会秘书长、西安交通大学杨林森教授的关心和支持,得到了南京电力高等专科学校领导及动力系、成教处领导的大力支持,在此由衷地表示感谢。

由于编者水平有限,在内容阐述上难免有错误和不妥之处,恳请读者批评指正。

编 者

1999年6月于南京

主 要 符 号

符 号	名 称	符 号	名 称
A	过流断面面积	q_v	体积流量
b	流道宽度；翼弦	q_m	质量流量
D 或 d	直径	q_{VT}	泵与风机的理论流量
R 或 r	半径	q_v	流量系数
F	力；轴向力	p	风机的全压
h_w	阻力损失	p_d	风机的动压
h_t	沿程阻力损失	p_{st}	风机的静压
h_l	局部阻力损失	p_a	大气压力
h_s	冲击损失	p_{20}	$t = 20^\circ\text{C}$ 、 $p = 101325\text{Pa}$ 状态下 风机的全压
H	泵的扬程	p_v	液体汽化压力；真空表读数
H_R	泵的几何安装高度	p_g	压力表读数
$H_{T,\infty}(p_{T,\infty})$	无限多叶片所产生的理论扬程 (全压)	p_0	液面表面压力
$H_T(p_T)$	理论扬程 (全压)	p	压力 (全压) 系数
H_s	吸上真空高度	v	绝对速度
P	泵与风机的轴功率	u	圆周速度
P_e	泵与风机的有效功率	w	相对速度
P_R	原动机功率	ω	角速度
P_M	原动机配套功率	v_a	绝对速度在径向或轴向的分速
\bar{P}	功率系数	v_{u1}	绝对速度的圆周分速
k	圆盘摩擦系数；滑移系数	w_a	相对速度的轴向分速
η	泵与风机总效率	α	绝对速度与圆周速度的夹角； 冲角
η_{st}	泵与风机静压效率	β	相对速度与圆周速度反方向的 夹角
η_h	泵与风机流动效率	β_c	叶片安装角
η_m	泵与风机电机效率	ρ	流体的密度
η_V	泵与风机容积效率	g	重力加速度
η_{im}	联轴器的传动效率	μ	流体动力黏度
η_R	原动机效率	ν	流体运动黏度
n	转速	$NPSH(\Delta h)$	汽蚀余量
n_s	泵的比转速		
n_v	风机的比转速		

符号	名称	符号	名称
$NPSH_e(\Delta h_e)$	有效汽蚀余量	Z	叶片数; 位置高度
$NPSH_r(\Delta h_r)$	必需汽蚀余量	$[H_s]$	允许值, 例如 $[H_s]$ 为允许吸上真空高度
ψ	叶片排挤系数		

角 标

角 标	名 称	角 标	名 称
1	叶片进口处的参数	a	径向或轴向分量
2	叶片出口处的参数	max	最大值
∞	假设无限多叶片时的参数	min	最小值
u	圆周方向分量	MCR	100% 负荷; 额定工况点

目 录

第一章 绪论	1
第一节 泵与风机在国民经济及热力发电厂中的地位 and 作用	1
第二节 泵与风机的主要性能参数	2
第三节 泵与风机的分类	3
复习思考题	8
第二章 离心式泵与风机的基本理论	9
第一节 离心式泵与风机的工作原理	9
第二节 流体在叶轮中的运动	11
第三节 泵与风机的基本方程	14
第四节 泵与风机实际扬程和全压的计算	21
第五节 叶片型式分析	26
复习思考题	30
习题	30
第三章 离心式泵与风机的性能	32
第一节 功率、效率与损失	32
第二节 离心式泵与风机的性能曲线	40
第三节 相似理论及相似理论在泵与风机中的应用	46
第四节 汽蚀	62
复习思考题	75
习题	75
第四章 离心式泵与风机的结构	78
第一节 热力发电厂常用的泵与风机构造	78
第二节 离心式泵与风机的主要部件	97
第三节 离心泵轴向推力及其平衡	103
第四节 轴封装置	109
复习思考题	113
第五章 轴流式泵与风机	114
第一节 轴流式泵与风机的工作原理	114
第二节 轴流式泵与风机的构造	137
第三节 轴流式泵与风机的性能曲线	123

复习思考题	126
第六章 泵与风机的运行与调节	127
第一节 管道特性曲线和泵与风机的工作点	127
第二节 泵或风机的联合运行	130
第三节 泵与风机的调节	136
第四节 泵与风机运行的稳定性	146
第五节 车削定律	150
第六节 泵与风机的选型	153
复习思考题	157
习题	158
实验指导	161
实验一 离心泵的性能实验	161
实验二 离心风机的性能实验	164
附录	169
习题答案 (部分)	173
参考文献	175
附:《泵与风机》自学考试大纲	177

第一章 绪 论

第一节 泵与风机在国民经济及热力发电厂中的地位和作用

泵与风机是将原动机的机械能转换成流体能量的机械。如果输送的流体为液体，则机械称为泵；如果输送的流体为气体，则机械称为风机。泵与风机的工作原理是建立在工程流体力学的基础上的，所以它们统称为流体机械。

泵与风机广泛应用于国民经济的各个领域，例如：农田的灌溉与排涝、城市的给排水和通风、矿山坑道的排水与通风、石油产品的输送、冶金工业中冶炼炉的鼓风与气体的输送以及化工、造船、水利、轻工等各行业。由此可见，泵与风机在国民经济建设中应用数量之多，范围之广，地位之重要了。所以，泵与风机属于一种通用机械范畴。

在热力发电厂中，泵与风机是主要的辅助设备。图 1-1 给出了热力发电厂生产过程系统简图。由图可见，在热力发电厂中，泵与风机担负着输送连续介质的任务。如向锅炉输送给水的给水泵、排送凝汽器中凝结水的凝结水泵、向凝汽器输送冷却水的循环水泵、排送各处疏水的疏水泵等。又如，为了维持锅炉内燃料充分燃烧，必须有排粉风机和送粉风机及排出烟气的引风机等。因此，热力发电厂需要有不同型式、不同用途的多种泵与风机同时配合汽轮机、锅炉工作。它们工作的好坏对于热力发电厂的安全运行、经济发电，起着至关重要的作用。

另外，泵与风机在热力发电厂中的耗电量也很大，例如，一个百万千瓦的发电厂，一般厂用电占机组容量的 5%~10% 左右，即消耗电量 50~100MkW，其中各类泵与风机总耗电量(采用

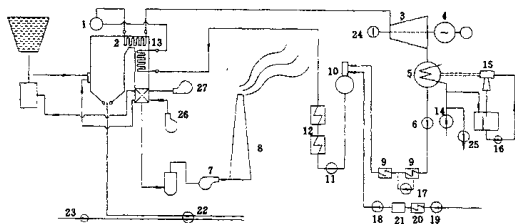


图 1-1 热力发电厂生产过程系统简图

- 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—引风机;8—烟囱;
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—灰渣泵;23—冲灰水泵;24—油泵;25—工业水泵;26—送风机;27—吹风机

汽(动给水泵除外)约占厂用电的70%~80%,即消耗电量4~8万kW。由此可见,提高泵与风机的效率,节约能源,降低耗电量,合理使用这类设备是一个不容忽视的重要问题。

为了更好地实现泵与风机的安全经济运行,电厂热能动力专业人员必须掌握泵与风机的基本工作原理、调节、运行等有关知识。同时,机组容量的增大和参数的提高,对泵与风机提出了更高、更新的要求。

第二节 泵与风机的主要性能参数

泵与风机的主要性能参数有流量、扬程(全压)、功率、效率、转速。对泵而言,还有反映汽蚀性能的汽蚀余量,这些参数均表明了泵与风机的性能,故称为泵与风机的基本性能参数。

一、流量 q_v

流量是指单位时间内,泵与风机所输送流体的数量。它通常用体积流量 q_v 表示,单位为 l/s 、 m^3/s 、 m^3/h ;也可用质量流量 q_m 表示,单位为 kg/s 或 t/h 。质量流量 q_m 与体积流量 q_v 的关系为:

$$q_m = \rho q_v$$

式中 ρ ——输送流体的密度, kg/m^3 。

二、扬程 H (全压 p)

泵的扬程是指单位重量液体通过泵后所获得的能量,用符号 H 表示,单位为米液柱。水泵通常用 m 水柱为单位,简称 m 。

风机全压是指单位体积气体通过风机后所获得的能量,用符号 p 表示,单位为 Pa 。对于风机而言,因输送的是气体,动压在全压中所占的比例较大,有时可达全压的50%以上,故风机的全压应包括动压 p_d 和静压 p_{st} 两部分:

$$p = p_{st} + p_d$$

三、功率 P

泵与风机的功率通常是指输入功率,也就是原动机传递到泵与风机轴上的功率,故称为轴功率,用符号 P 表示,单位为 kW 。

泵与风机的输出功率称为有效功率,也就是流体通过泵与风机后获得的能量,用符号 P_e 表示,单位为 kW 。

四、效率 η

泵与风机的轴功率不可能完全用来提高流体的能量,即轴功率与有效功率之差是泵与风机内产生的损失功率(详见第三章第一节),它们之间比值的百分数称为泵与风机的效率,用符号 η 表示。

泵与风机的效率反映了能量损失程度,所以,效率是衡量泵与风机的重要技术经济指标之一。如何提高泵与风机的效率也是一个非常重要的问题。

五、转速 n

泵与风机的转速是指泵与风机轴每分钟的转数,用符号 n 表示,单位为 r/min 。它同样是影响泵与风机性能的重要因素,当转速变化时,泵与风机的流量、扬程(全压)、功

率、效率都会随之改变。

随着单元机组容量的增大,泵与风机容量迅速增加,导致转速也随之提高。由于转速的增加,相应的叶轮级数减少,泵与风机轴缩短,这样就可采用短而粗的刚性轴,同时使泵与风机的重量减轻、体积缩小,也节省了材料。目前国内外已普遍采用高转速的锅炉给水泵。

六、汽蚀余量 Δh_f

泵的汽蚀余量是指单位质量液体从泵吸入口流到叶轮压力最低处的压力降落量,又称必需汽蚀余量,以符号 Δh_f 表示,国外称此为净正吸入水头,记为 $NPSH_r$ 。汽蚀余量是表示泵汽蚀性能的一个重要参数。

第三节 泵与风机的分类

一、泵与风机的分类

泵与风机因其用途广泛导致结构、型式各不相同。

按照泵与风机工作时所产生的流体压力大小可分为:

- (1) 低压泵: 压力在 2MPa 以下。
- (2) 中压泵: 压力在 2~6MPa 之间。
- (3) 高压泵: 压力在 6MPa 以上。
- (4) 通风机: 全压在 15kPa 以下。
- (5) 鼓风机: 全压在 15~340kPa 之间。
- (6) 压气机: 全压在 340kPa 以上。

火力发电厂使用的风机,大部分全压在 15kPa 以下,也就是说属于通风机类型。通风机又可按其压力大小分为:

- (1) 低压离心通风机: 全压在 1kPa 以下。
- (2) 中压离心通风机: 全压在 1~3kPa 之间。
- (3) 高压离心通风机: 全压在 3~15kPa 之间。

(4) 低压轴流通风机: 全压在 0.5kPa 以下。

(5) 高压轴流通风机: 全压在 0.5~5kPa 之间。

泵与风机按工作原理及结构型式,又可分为叶片式、容积式及其他型式,如表 1-1 所示。

二、工作原理

上述各种泵与风机各有各的优点,使用范围也不同,图 1-2、图 1-3 列出了常用的几种类型的泵、风机

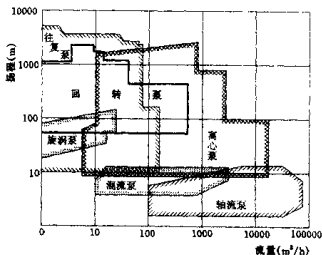


图 1-2 各种泵的适用范围

使用范围。从图中可以看出叶片式泵、风机适用范围最广，特别是离心式泵与风机不仅使用范围广，而且具有转速高、结构紧凑、操作方便、运行可靠、在设计工况下效率高等优点。所以，本课程将重点介绍离心式泵与风机。随着机组容量的增大，在要求能头增加不大的情况下，轴流式泵与风机在热力发电厂中也得到了日益广泛的应用。轴流式泵与风机在第五章中将作专门介绍。

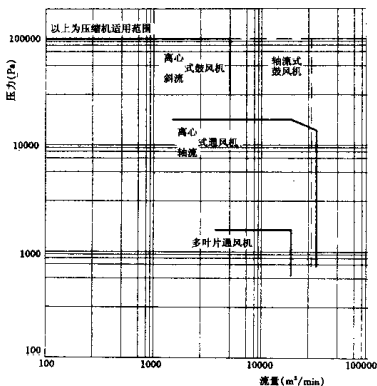
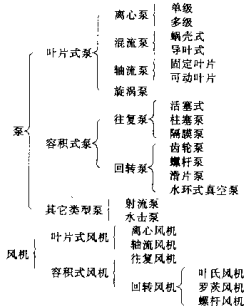


图 1-3 各种风机的适用范围

表 1-1

泵与风机按工作原理及结构形式分类



其它类型的泵与风机，因各有其特点，可适用于热力发电厂各种特定的场合，所以下面对其它类型的泵与风机如混流泵、活塞泵、柱塞泵、齿轮泵、喷射泵、罗茨风机等的工作原理仅作一般介绍。

1. 混流式泵与风机的工作原理

混流式泵与风机从结构、性能和原理上看，都介于离心式与轴流式之间。流体从轴向进入叶轮，沿与轴向成某一斜度方向流出，即流体在介于轴向与径向之间的方向上流出叶轮，故称其为混流式，结构如图 1-4 所示。根据其特点，它可作为电厂的循环泵。

2. 往复泵的工作原理

往复泵主要包括活塞式与柱塞式等类型，图 1-5 (a) 是活塞泵工作示意图。它的工作原理是：由于活塞在泵缸内做往复运动，工作室容积发生周期性改变，引起压力大小发生变化，由此来输送液体并使液体获得能量。柱塞泵的工作原理与活塞泵完全相同，所不同的是由于柱塞泵的活塞是盘状的，当盘状活塞产生很高的压力时（如 10^7Pa 以上），就会因强度不够而容易损坏，为此可采用柱状活塞，如图 1-5 (b) 所示，所以，高压的往复泵都采用柱塞泵。隔膜式往复泵主要依靠隔膜片来回鼓动来吸入和排出液体，如图 1-5 (c) 所示。往复泵由于泵腔容积和活塞往复速度有限，限制了流量的使用范围，因此，此类泵只适用于输送小流量、高压力的各种介质。电厂常用作加药泵。

3. 齿轮泵的工作原理

齿轮泵有一对相互啮合的主、从动齿轮，在缸腔内作相反的旋转运动，如图 1-6 所示。它依靠齿轮相互啮合过程中所引起的工作容积的改变来输送液体。

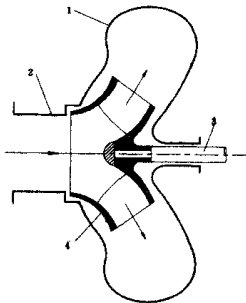


图 1-4 混流泵示意图

1—泵壳；2—吸入管；3—轴；4—叶轮

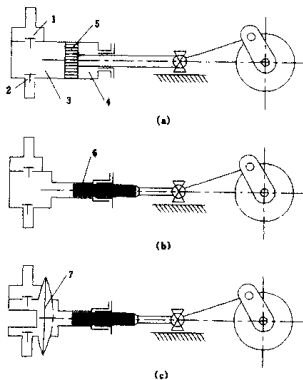


图 1-5 往复泵示意图

(a) 活塞式；(b) 柱塞式；(c) 隔膜式

1—压水阀；2—吸水阀；3—工作室；4—泵缸；5—活塞；6—柱塞；7—隔膜片

齿轮旋转时，液体沿吸入管流入，经过齿轮被挤压出去，再经过排出管排出。

齿轮泵结构简单、重量轻、造价低、工作可靠。它适用于输送流量小、压力高的粘性流体，常用于电厂润滑油系统。

4. 螺杆泵的工作原理

螺杆泵的工作原理与齿轮泵相似，它依靠一对或三个螺杆相互啮合，利用工作容积的变化来输送液体，因此称为螺杆泵，其中一个为主动轴，其余为从动轴，如图1-7所示，主动螺杆与从动螺杆旋转方向相反，螺纹相互啮合，液体由吸入口进入，沿筒壁被挤推作螺旋线推进并增压至排出口排出。

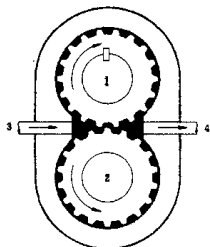


图1-6 齿轮泵示意图

- 1—主动轮；2—从动轮；
3—吸油管；4—压油管

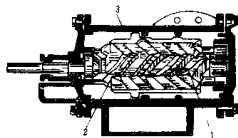


图1-7 螺杆泵示意图

- 1—主动螺杆；2—从动螺杆；3—泵壳

螺杆泵的性能与齿轮泵相同，但产生的压力与效率均高于齿轮泵，流量连续均匀，工作安全可靠，无振动和噪声，泵的转速较高。目前，应用较多的是三螺杆泵。此类泵在电厂常用于输送轴承润滑油及汽轮机调速器用的调节油，也可用来输送锅炉的燃料油（重油、油渣等）。

5. 喷射泵的工作原理

喷射泵的工作原理和前面几种类型的泵不同，它是利用工作流体的能量来输送流体的泵，其构造简图如图1-8所示。高压工作流体经过喷嘴后，以极高的速度喷出，高速流体将喷嘴外围流体带走，并在喷嘴周围形成真空，从而吸进被输送的流体；然后通过混合室，由扩压管扩压后与工作流体一起排出。如果工作流体不断地喷射，便能连续不断地输送流体。

工作流体可以是蒸汽，也可

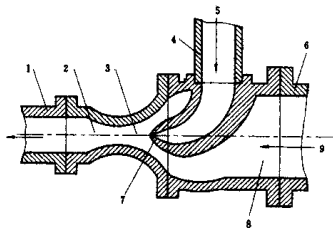


图1-8 喷射泵示意图

- 1—排出管；2—扩压室；3—混合室；4—管子；5—工作流体；
6—吸入管；7—喷嘴；8—吸入室；9—被抽吸液体

以为水，被输送的流体可以是水或空气。在热电厂中常用喷射泵来抽吸凝汽器中的空气，以保持其良好的真空和传热效果。当工作流体是水时，称为射水式抽气器；当工作流体是蒸汽时，称为射汽式抽气器。

喷射泵的特点是没有运动部件，结构紧凑，工作方便可靠。但是由于工作流体与被输送的流体在混合室里激烈地混合，能量损失很大，所以喷射泵的效率较低，约在15%~30%左右。

6. 水环式真空泵的工作原理

水环式真空泵主要用于抽吸空气，也可以用来输送气体。水环式真空泵的构造如图1-9所示，它有一个叶片呈放射状均匀分布的星形叶轮偏心地装置在圆形的工作室内。当叶轮旋转时，水在离心力作用下，形成一个相对于叶轮为偏心的封闭水环，水环上部内表面与轮毂相切，另一部分与叶轮一起形成两个月牙形的空气室，如图1-9所示。右边月牙形部分随叶轮旋转，空气室容积逐渐增大，因而压力降低，它和吸气管相连，由此将空气吸入；随着叶轮旋转，气体进入左边月牙形部分，空气室容积逐渐减小，因而气体压

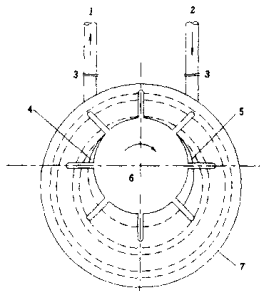


图1-9 水环式真空泵示意图

1—排气管；2—吸气管；3—接头；4—排气管；
5—吸气管；6—星形叶轮；7—泵缸

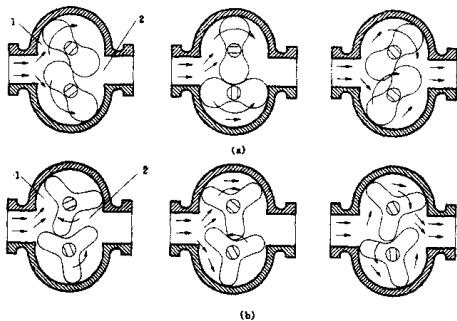


图1-10 罗茨风机示意图

(a) 双叶罗茨风机；(b) 三叶罗茨风机

1—吸入室；2 排出室

力逐渐增大，它和压气管相连，由此气体从排气管排出。叶轮不断旋转，泵就不断地把空气抽出。水环式真空泵在火力发电厂中一般用于大型离心式水泵在启动前作抽真空引水之用。

7. 罗茨风机的工作原理

罗茨风机是依靠两个外形呈“8”字形的转子，在旋转时造成工作室容积改变来输送气体的。它的工作原理与齿轮泵相同，每个转子装在互相平行的两根轴上，同时轴上装有互相啮合的两个齿轮，一个是主动轮，另一个是从动轮。由主动轮带动两个“8”字形的转子呈同步反向转动，将气体由进口吸入，并从出口挤出，如图 1-10 (a) 所示。转子也有呈三叶状的，如图 1-10 (b) 所示。图中 3 个分图形象地表示出转子转动时气体的吸入和压出过程。罗茨风机出口应装储气罐，并在罐上设安全阀，以保证出口压力均匀，并保证设备的安全。在火力发电厂中，罗茨风机一般用于火力发电厂气力除灰系统中，效果较好。

复习思考题

- 1.1 简述泵与风机的定义及它们在火力发电厂中的地位。
- 1.2 泵与风机有哪些主要性能参数？分别是怎样定义的？
- 1.3 如何表示流体通过泵与风机后获得的能量？
- 1.4 泵与风机按其工作原理可分为哪几类？它们的工作原理有什么不同？
- 1.5 简述往复泵、齿轮泵、螺杆泵、喷射泵及水环式真空泵的工作原理。