



“十三五”普通高等教育本科规划教材

泵与风机

王 娟 主 编

周 欣 李春曦 副主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



“十三五”普通高等教育本科规划教材

泵与风机

主 编 王 娟
副主编 周 欣 李春曦
参 编 上官剑峰 邵 红
主 审 安连锁



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书为“十三五”普通高等教育本科规划教材。

本书主要阐述了离心式、轴流式泵与风机的基本理论和工作特点,增加了对容积式和其他类型泵与风机的论述。本书共分八章,主要内容包括泵与风机的结构、泵与风机的工作原理与性能、相似理论及其在工程实践中的应用、泵与风机的运行及运行中的问题、叶轮初步设计等。

本书主要针对能源与动力工程类本科教学,同时兼顾核工程与核技术类、供暖通风与空调工程类以及其他相近专业的教学需求,也可供高职高专及有关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

泵与风机/王娟主编. —北京:中国电力出版社, 2017. 8

“十三五”普通高等教育本科规划教材

ISBN 978-7-5198-0756-6

I. ①泵… II. ①王… III. ①泵—高等学校—教材 ②鼓风机—高等学校—教材 IV. ①TH3
②TH44

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 194392 号

出版发行: 中国电力出版社

地 址: 北京市东城区北京站西街 19 号 (邮政编码 100005)

网 址: <http://www.cepp.sgcc.com.cn>

责任编辑: 李 莉 (010—63412538)

责任校对: 朱丽芳

装帧设计: 赵姗姗

责任印制: 吴 迪

印 刷: 三河市百盛印装有限公司

版 次: 2017 年 8 月第一版

印 次: 2017 年 8 月北京第一次印刷

开 本: 787 毫米×1092 毫米 16 开本

印 张: 13.5

字 数: 326 千字

定 价: 30.00 元

版 权 专 有 侵 权 必 究

本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换

前 言

泵与风机是一门在工科院校普遍开设的课程。不同专业的授课内容有所区别。

本书内容按照从泵到风机、从离心式到轴流式、从叶片式到容积式进行编排，在加强理论的基础上，层层深入，注重应用和实践，深化了对轴流式泵与风机的分析与探讨，扩充了对容积式泵与风机的讲解与论述。另外，本教材还涉及一些叶轮初步设计的相关内容，具有结构更完整、内容更合理、实用性更强的特点。

全书共八章。第一章、第二章、第五章第一～三节、第六章第二节、第八章由王娟编写；第三章，第六章第一、三、五、六、七节由周欣编写；第四章、第五章第四节、第七章由李春曦编写；第五章第五节、第六章第四节由上官剑峰编写。邵红参与了本书资料收集、课后思考题与习题的编写、整理工作。王娟担任本书的主编；周欣、李春曦担任本书的副主编。

本书由华北电力大学安连锁教授主审。本书在编写过程中，得到了有关单位和企业的大力支持与帮助，也得到了有关院校领导和教师的关心与鼓励，在此表示衷心感谢！

由于编者水平有限和时间仓促，书中不足之处在所难免，恳请读者及专家批评指正。

编 者

2017年3月于南京

目 录

前言	
第一章 泵与风机概述	1
第一节 泵与风机的发展与应用	1
第二节 泵与风机的基本性能参数	4
第三节 泵与风机的分类	10
思考题	11
习题	11
第二章 叶片式泵与风机的结构	12
第一节 离心式泵与风机结构	12
第二节 轴流式泵与风机结构	22
第三节 其他形式的叶片式泵与风机结构	25
第四节 几种典型的叶片式泵与风机结构	26
思考题	39
第三章 离心式泵与风机的工作原理与性能	40
第一节 离心式泵与风机的工作原理	40
第二节 离心式泵与风机的能量方程式及其分析	43
第三节 离心式泵与风机的损失和效率	55
第四节 离心式泵与风机的性能曲线	62
第五节 泵与风机的性能试验	67
思考题	70
习题	71
第四章 轴流式泵与风机的工作原理与性能	73
第一节 轴流式泵与风机的工作原理	73
第二节 轴流式泵与风机的机翼理论	76
第三节 基于机翼理论的轴流式泵与风机的能量方程式	79
第四节 轴流式泵与风机的损失和效率	88
第五节 轴流式泵与风机的性能曲线	94
思考题	96
习题	97
第五章 相似理论及其应用	98
第一节 相似条件与相似定律	98
第二节 比转速与型式数	104
第三节 无因次性能曲线和通用性能曲线	109

第四节 叶轮的切割与加长	112
第五节 泵与风机的选择	119
思考题	124
习题	125
第六章 叶片式泵与风机的运行	127
第一节 泵与风机的工作点	127
第二节 泵与风机运行工况的调节	132
第三节 泵与风机的联合工作	139
第四节 水泵汽蚀	144
第五节 失速、喘振与抢风	155
第六节 轴向力与径向力的平衡	159
第七节 泵与风机运行中的问题	165
思考题	169
习题	170
第七章 叶片式泵与风机叶轮的初步设计	173
第一节 泵与风机叶轮设计的总体要求与任务	173
第二节 离心式泵与风机叶轮的初步设计	174
第三节 轴流式泵与风机叶轮的初步设计	191
思考题	196
第八章 容积式和其他类型的泵与风机	197
第一节 往复式泵与风机	197
第二节 回转式泵与风机	200
第三节 其他类型泵与风机简介	202
思考题	205
附录 A 水的物理参数表	206
附录 B 压力的单位换算表	207
参考文献	208

第一章 泵与风机概述

第一节 泵与风机的发展与应用

泵与风机是一类用来输送流体并提高流体能量的通用机械。泵与风机通过做功，将原动机的机械能转化为被输送流体的能量（动能与势能）。一般，将输送液体的设备称为泵，将输送气体的设备称为风机。

一、泵与风机的发展

泵与风机历史悠久，它的产生与发展与人类的生产、生活过程息息相关。

泵与风机的起源可以追溯到远古时代，人类在生产劳动过程中所创造的原始水力、风力工具可以看作是当代泵与风机的雏形。公元前 17 世纪，古代埃及人就开始采用链泵 [如图 1-1 (a) 所示] 作为提水的工具；公元前 7 世纪，我国劳动人民就已普遍使用桔槔 [俗称“吊杆”，如图 1-1 (b) 所示] 来汲水生产；公元前 3 世纪，古希腊著名学者阿基米德发明了螺旋抽水机 [如图 1-1 (c) 所示]。古老的风车和风箱（如图 1-2 所示）在人类的生产活动过程中也发挥着巨大的作用。人们采用风车进行碾谷、灌溉；使用风箱进行冶炼、吹扫。在我国明代已广泛应用的木制拉杆风箱，其结构已与当代活塞式压气机类似，并于 16 世纪传入欧洲。

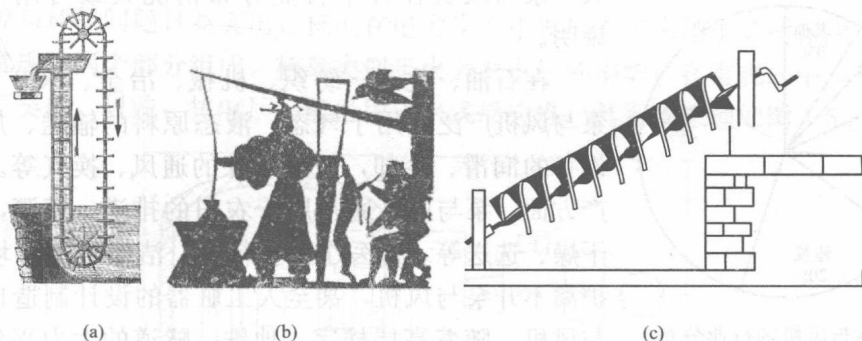


图 1-1 原始水力工具
(a) 链泵；(b) 桔槔；(c) 螺旋抽水机

真正现代意义上的泵与风机的产生是在蒸汽机出现以后。18 世纪中后期，第一次工业革命使得采矿、冶金行业空前繁荣，泵与风机也迅速发展起来。

起初，往复直线运动的蒸汽机带动了活塞式泵与风机的优先发展，出现了蒸汽机驱动的现代活塞泵。随着蒸汽机的不断改进（往复直线运动转变为圆周运动），叶片式泵与风机的优势有了更充分的发挥。美国出现径向直叶片、半开、双吸叶轮的蜗壳泵；英国出现弯曲叶片离心泵，并采用导叶来提高离心泵的效率。

19 世纪末，高速电动机的发明与应用，使得泵与风机获得了更理想的动力源，泵与风机的结构和性能也不断完善。

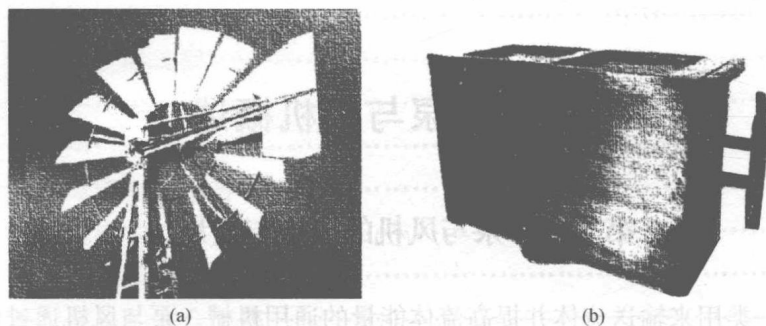


图 1-2 原始风力工具

(a) 风车; (b) 风箱

20 世纪后期至 21 世纪,随着计算机技术、材料技术的飞速发展,泵与风机的设计制造和应用技术不断提高。目前,大型水泵的驱动功率已达 10 000kW,出口压力达 34MPa;高速离心泵转速现已增至 10 000r/min;巨型轴流泵叶轮直径突破 7m,全压高达 15kPa;单级轴流风机全压效率也已增至 90%以上。

大容量、高扬程、高转速、高效率、系列化、通用化、标准化、自动化是现代化工业生产对泵与风机提出的新要求,也是目前泵与风机发展的新方向。

二、泵与风机的应用

泵与风机广泛地应用于国民经济的各个部门。在我国,泵与风机的总耗电量约占全国总用电量的 30%~40%,其中泵的耗电量约占 2/3。泵与风机应用广、数量多、节能潜力巨大。泵与风机在各个行业分布情况大致可用图 1-3 加以说明。

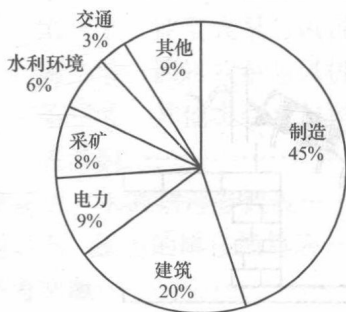


图 1-3 泵与风机的行业分布

在石油、化工、纺织、机械、冶金、采矿等行业中,泵与风机广泛地用于气态、液态原料的输送、加工,机器设备的润滑、冷却,厂房矿井的通风、换气等。在农业生产方面,泵与风机通常用于农田的排涝、灌溉,农作物的干燥、选送等。在医疗卫生行业,洁净舒适环境的运行维护离不开泵与风机,甚至人工脏器的设计制造也离不开泵与风机。随着高层楼宇、地铁、隧道的大力兴建,其通风空调、给水排水更离不开泵与风机。在经济发展与环境问题日益突出的当今,泵与风机在污水处理、噪声控制、尾气净化、能量回收等方面也发挥着令人瞩目的巨大的作用。

电力行业是国民经济的支柱产业。在电力生产过程中,泵与风机起着举足轻重的作用。据统计,在火力发电厂中,泵与风机的种类可达三十几种,且数量众多。有向锅炉送水的给水泵、向汽轮机提供冷却水的循环水泵、输送凝汽器凝结水的凝结水泵;有向锅炉输送空气的送风机、输送煤粉的排粉机、排除烟气的引风机;有向系统提供润滑调节用油的主油泵;有启动锅炉的点火油泵;还有向灰场输送灰渣的渣浆泵等。泵与风机在输送工质、提供能量的同时,其自身也消耗着巨大能量。据统计,泵耗电量约占厂用电的 50% (给水泵非汽动情况下),风机耗电量约占厂用电的 30%。因此,泵与风机对发电厂的安全经济运行至关重要。

火力发电厂的生产流程如图 1-4 所示。

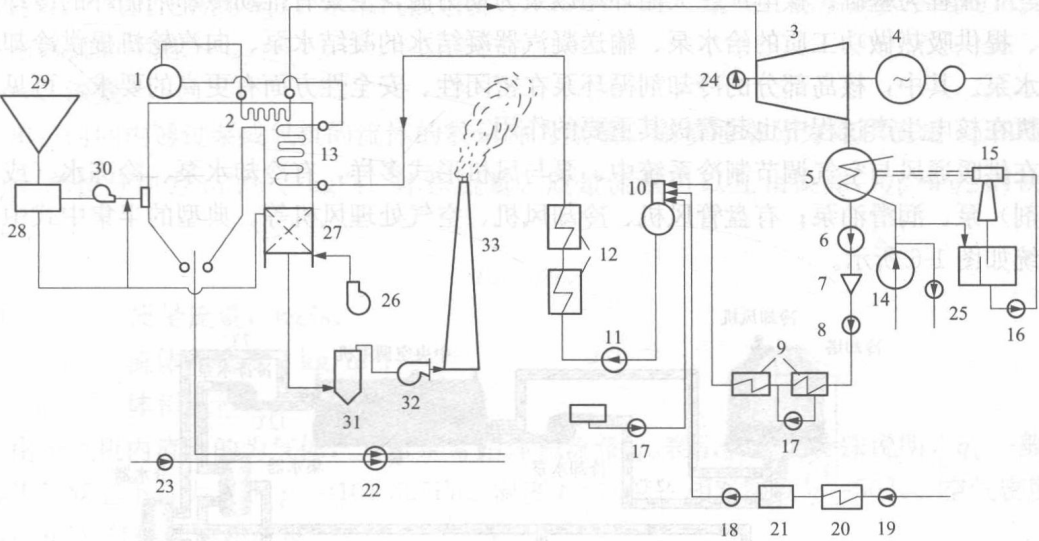


图 1-4 火力发电厂系统简图

- 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—锅炉给水泵；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；20—生水预热器；
21—化学水处理设备；22—灰渣泵；23—冲灰水泵；24—液压泵；25—工业水泵；26—送风机；
27—空气预热器；28—磨煤机；29—煤斗；30—排粉风机；31—除尘器；32—引风机；33—烟囱

随着能源与环保问题日益突出，核电在电力生产中发挥着越来越重要的作用。核电厂一般由核岛和常规岛两个部分组成。核岛类似于火力发电厂的锅炉；在常规岛中，其热力循环与普通发电厂类似。目前，核电厂一般采用压水式反应堆，其系统原理如图 1-5 所示。

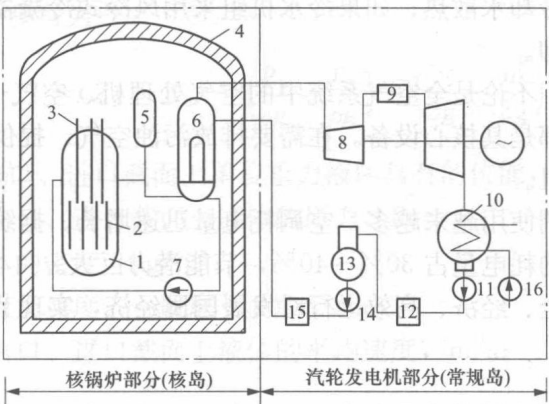


图 1-5 压水式反应堆核电厂系统简图

- 1—反应堆；2—燃料元件；3—控制棒；
4—安全壳；5—稳压器；6—蒸汽发生器；
7—冷却剂循环泵；8—汽轮机发电机组；9—汽水分离再热器；
10—凝汽器；11—凝结水泵；12—低压加热器；
13—除氧器；14—给水泵；15—高压加热器；16—循环冷却水泵

由图 1-5 可以看出,核电厂的生产过程以反应堆冷却剂循环、工质水蒸气循环、冷却水循环三个流程为基础。核电厂三大循环均以泵为动力源,主要有推动冷却剂循环的冷却剂循环泵、提供吸热做功工质的给水泵、输送凝汽器凝结水的凝结水泵、向汽轮机提供冷却水的冷却水泵。其中,核岛部分的冷却剂循环泵在密闭性、安全性方面有更高的要求。可见,泵与风机在核电生产过程中也起着极其重要的作用。

在供暖通风与空气调节制冷系统中,泵与风机形式多样,有冷却水泵、冷冻水(或其他载冷剂)泵、润滑油泵;有盘管风机、冷却风机、空气处理风机等。典型的半集中式中央空调系统如图 1-6 所示。

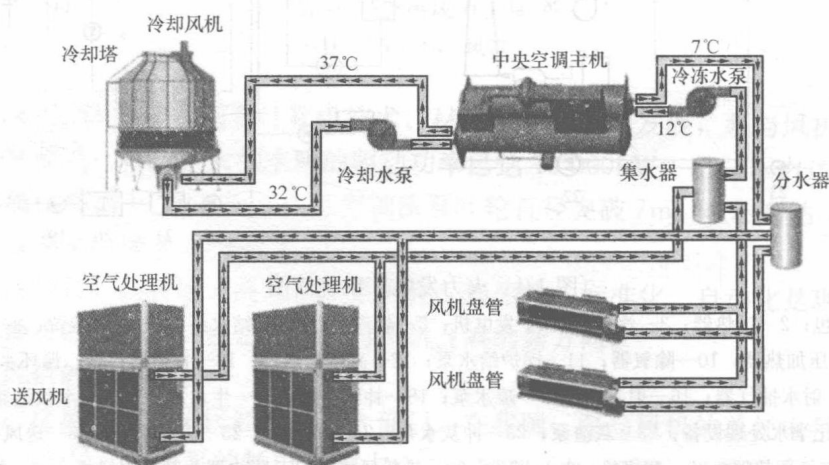


图 1-6 半集中式中央空调系统图

作为空调冷源设备的冷水机组,其冷冻水(或其他载冷剂)的循环离不开冷冻水泵(或载冷剂循环泵)。如果冷水机组采用水冷式冷凝器,则需配备冷却水泵,同时冷却塔中还要安装冷却风机,以加速冷却水散热;如果冷水机组采用风冷式冷凝器,则需配备冷却风机来实现对冷凝器的强制冷却。

作为空气处理设备,不论是全空气系统中的空气处理机、空气-水系统中的新风机还是末端的风机盘管,风机都是其核心设备。在需要排放污浊空气、提供空气幕以实现冷热空气隔离等场合也离不开风机。

随着社会发展,空调使用越来越多,空调耗电量迅速增长。据统计,在制冷空调系统总的耗电量中,泵与风机的耗电量占 30%~40%,节能潜力巨大。

总之,泵与风机安全、经济、高效运行对发展国民经济,实现节能减排、可持续发展的战略目标具有重要意义。

第二节 泵与风机的基本性能参数

不同的工作场合需要性能不同的泵与风机。如在火力发电厂中,要求给水泵具有较高的扬程;在核电厂中,要求冷却水泵具有较大的流量;在空调行业中,要求风机低噪声运行等。在满足生产、生活基本要求的前提下,安全、高效也是评价泵与风机性能的主要指标。

性能参数是用来定量衡量泵与风机性能的物理量。泵与风机的基本性能参数主要包括体

积流量 q_v 、质量流量 q_m 、扬程 H (风机全压 p 、静压 p_{st})、轴功率 P 、效率 η 、转速 n 、比转速 n_s (风机比转速 n_y)、水泵汽蚀余量 $[NPSH]$ 等。这些性能参数从不同的角度反映了泵与风机的性能。

一、流量

单位时间内通过泵或风机的流体的数量称为流量。流量通常分为体积流量 q_v 和质量流量 q_m ，单位分别为 m^3/s 、 kg/s 。体积流量、质量流量可以互相换算， q_v 和 q_m 的换算关系为

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

式中 q_m ——质量流量， kg/s ；

ρ ——流体的密度， kg/m^3 ；

q_v ——体积流量， m^3/s 。

由于风机内流动的为气体，其流量常用体积流量 q_v 表示。若无特殊说明， q_v 一般指在标准进气状态下 (大气压 $p_a = 101\ 325 Pa$ 、温度 $t = 20^\circ C$ 、相对湿度 $\varphi = 50\%$ 、空气密度 $\rho = 1.2 kg/m^3$) 气体的体积流量。

二、扬程与全压

(1) 扬程与全压的定义。单位重力的液体通过泵后所获得的能量称为扬程。扬程用 H 表示，单位为 m 。根据水力学知识，泵的扬程又可称为能头、水头。

单位体积的气体通过风机后所获得的能量称为全压。全压用 p 表示，单位为 Pa 。

(2) 扬程与全压的计算。根据泵扬程的定义可知，扬程在数值上就是以单位重力的液体为基准，泵出口总机械能与入口总机械能之差，其数学表达式可写为

$$H = H_2 - H_1 \quad (1-2)$$

式中 H_2 ——泵出口截面上单位重力液体具有的机械能， m ；

H_1 ——泵进口截面上单位重力液体具有的机械能， m 。

式 (1-2) 还可进一步写为

$$H = (Z_2 - Z_1) + \left(\frac{p_2}{\rho g} - \frac{p_1}{\rho g} \right) + \left(\frac{v_2^2}{2g} - \frac{v_1^2}{2g} \right) \quad (1-3)$$

式中 Z_2 、 Z_1 ——泵出口、进口截面上单位重力液体具有的位能， m ；

p_2 、 p_1 ——泵出口、进口截面上液体的压力， Pa ；

ρ ——液体的密度， kg/m^3 ；

g ——重力加速度，一般取 $9.807 m/s^2$ ；

v_2 、 v_1 ——泵出口、进口截面上液体的平均速度， m/s ；

$\frac{p_2}{\rho g}$ 、 $\frac{p_1}{\rho g}$ ——泵出口、进口截面上单位重力液体具有的压力势能， m ；

$\frac{v_2^2}{2g}$ 、 $\frac{v_1^2}{2g}$ ——泵出口、进口截面上单位重力液体具有的动能， m 。

对于某些高压水泵，泵出口、进口的位能差与动能差在总扬程中所占比例很小，即使位能差与动能差不为零，也可以忽略不计，直接根据出口、进口压差计算扬程。此时，泵的扬程可简化为

$$H = \frac{p_2}{\rho g} - \frac{p_1}{\rho g}$$

同样, 风机全压在数值上等于以单位体积气体为基准, 风机出口总机械能与入口总机械能之差。由于风机内流动的是气体, 密度较小, 一般忽略其位能的变化。风机的全压由动压 p_d 和静压 p_{st} 两部分构成, 即

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

风机全压的数学表达式可写为

$$p = p_{st2} + p_{d2} - p_{st1} + p_{d1} \quad (1-4)$$

式中 p_{st2} 、 p_{st1} —— 风机出口、进口截面上气体的静压 (静压在工程上一般简称为压力, 并用 p_2 、 p_1 代替 p_{st2} 、 p_{st1}), Pa;

p_{d2} 、 p_{d1} —— 风机出口、进口截面上气体的动压, Pa。

风机出口、进口截面上气体的动压实质上就是在风机出口、进口截面上单位体积气体具有的动能, 即

$$p_{d2} = \frac{1}{2} \rho v_2^2$$

$$p_{d1} = \frac{1}{2} \rho v_1^2$$

式中 ρ —— 气体的密度, kg/m^3 ;

v_2 、 v_1 —— 风机出口、进口截面上气体的平均速度, m/s 。

一般, 把风机出口截面上的动压 p_{d2} 作为风机的动压 p_d , 即

$$p_d = \frac{1}{2} \rho v_2^2$$

因此, 风机的静压为

$$p_{st} = p_{st2} - p_{st1} - p_{d1} \quad (1-5)$$

式中 p_{st2} 、 p_{st1} —— 风机出口、进口截面上气体的静压, Pa;

p_{d1} —— 风机进口截面上气体的动压, Pa。

三、轴功率与有效功率

(1) 轴功率。单位时间内, 由原动机传到泵或风机轴上的功率称为轴功率。轴功率用 P 表示, 单位为 W 或 kW。轴功率实际上是泵或风机的输入功率。

(2) 有效功率。单位时间内, 流体通过泵或风机后实际获得的功率称为有效功率。有效功率用 P_e 表示, 单位为 W 或 kW。有效功率实际上是泵或风机的输出功率。

对比有效功率与扬程、全压的定义, 发现它们之间存在着一定的数量关系。

对于泵, 其计算关系式为

$$P_e = \frac{\rho g q_v H}{1000} \quad (1-6)$$

式中 P_e —— 泵的有效功率, kW;

ρ —— 液体的密度, kg/m^3 ;

g —— 重力加速度, 一般取 $9.807 \text{m}/\text{s}^2$;

q_v —— 泵的体积流量, m^3/s ;

H —— 泵的扬程, m。

对于风机，其计算关系式为

$$P_e = \frac{q_v p}{1000} \tag{1-7}$$

式中 P_e ——风机的有效功率，kW；
 q_v ——风机的体积流量，m³/s；
 p ——风机的全压，Pa。

四、效率

泵与风机在输送流体、转换能量的过程中不可避免地存在各种损失。效率是用来衡量损失相对大小的物理量。泵或风机的有效功率与轴功率之比称为效率（或总效率），用 η 表示，即

$$\eta = \frac{P_e}{P} \times 100 \% \tag{1-8}$$

式中 η ——效率；
 P_e ——有效功率，W 或 kW；
 P ——轴功率，W 或 kW。

五、原动机功率与配套原动机功率

(1) 原动机功率。泵与风机由原动机拖动，原动机轴与泵或风机轴之间的传动存在机械损失。对于泵与风机来说，原动机功率一般是指原动机的输出功率 P_g 。原动机功率通常要比泵或风机的轴功率大些，其计算式为

$$P_g = \frac{P}{\eta_{tm}} \tag{1-9}$$

式中 P_g ——原动机功率，W 或 kW；
 P ——泵或风机的轴功率，W 或 kW；
 η_{tm} ——传动装置的传动效率。

不同传动装置的传动效率不同，其数值如表 1-1 所示。

表 1-1 传动方式与传动效率 η_{tm}

传动类型	传动效率 η_{tm}
齿轮传动	0.95~0.99
皮带传动	0.95~0.98
联轴器	0.95~0.99
电动机直联传动	1.00

(2) 配套原动机功率。若需要为泵与风机配置选择原动机，则应在原动机输入功率 $P_{g, in}$ 的基础上扩大一定的安全裕量，得到配套原动机功率 P_{gr} ，根据 P_{gr} 来选择原动机，即

$$P_{gr} = K P_{g, in} \tag{1-10}$$

式中 P_{gr} ——配套原动机功率，W 或 kW；
 K ——容量安全系数；
 $P_{g, in}$ ——原动机输入功率，W 或 kW。

安全裕量与电动机容量大小、泵或风机的工作特性有关。对于一般用途的泵或风机，小

功率的容量安全系数可选大些，大功率的容量安全系数选小些，其取值可参考表 1-2。

表 1-2 电动机功率与容量安全系数 K

电动机功率 (kW)	电动机容量安全系数 K	电动机功率 (kW)	电动机容量安全系数 K
0.5 以下	1.5	2~5	1.20
0.5~1	1.4	5	1.15
1~2	1.3	5 以上	1.08

对于一些特殊用途的泵与风机，除了按照上述原则外，还要参考有关的特殊行业规定。如在火力发电厂中，泵与风机所选用的电动机功率远大于 5kW，但为安全起见，K 值仍采用 1.1~1.15。

配套原动机功率也称为选择原动机功率。若原动机的效率为 η_g ，则对于泵

$$P_{gr} = K P_{g, in} = K \frac{\rho g q_v H}{1000 \eta \eta_{tm} \eta_g}$$

(1-11)

式中 P_{gr} —— 配套原动机功率，kW；
 K —— 容量安全系数；
 ρ —— 液体的密度，kg/m³；
 g —— 重力加速度，一般取 9.807m/s²；
 q_v —— 泵的体积流量，m³/s；
 H —— 泵的扬程，m；
 η —— 泵的效率；
 η_{tm} —— 传动装置的传动效率；
 η_g —— 原动机的效率。

对于风机

$$P_{gr} = K P_{g, in} = K \frac{q_v p}{1000 \eta \eta_{tm} \eta_g}$$

(1-12)

式中 q_v —— 风机体积流量，m³/s；
 p —— 风机的全压，Pa；
 η —— 风机的效率。

六、转速

泵或风机的轴每分钟的转数称为转速，用 n 表示，单位为 r/min。
当转速变化时，泵或风机的其他性能参数如流量、扬程、功率等都随之发生变化。

七、噪声

声音是由振动产生的。噪声是发声体做无规则振动时发出的声音，或妨碍人们正常生活、学习和休息的声音。噪声大小可用 dB (Decibel, 分贝) 表示。分贝是一个纯计数值，没有单位，其大小等于声源功率和基准声功率的比值取对数的 10 倍。

一般噪声高过 50dB 就会对人类的日常工作生活产生影响。噪声除了损伤听力以外，还能引起多种疾病，损害身体健康，必须控制噪声不超过允许值 (75~90dB)。

此外，泵与风机的性能参数还有比转速 (或型式数)、泵的汽蚀余量 (或吸上真空高度) 等，将在以后的有关章节中讨论。

【例 1-1】 有一输水系统,如图 1-7 所示。泵出口、进口截面 2-2、1-1 的中心到基准面的距离分别为 Z_2 、 Z_1 ,且 $Z_2=Z_1=1.6\text{m}$ 。某一工况下,泵出口截面处压力表读数为 1.5MPa 、进口截面处真空表读数为 0.05MPa ,若泵出口、进口的管径相同,液体的密度为 $1.0\times 10^3\text{kg/m}^3$ 。求泵的扬程。

【解】 在泵出口截面 2-2 上,单位重力液体具有的总机械能为

$$H_2 = Z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g}$$

在泵入口截面 1-1 上,单位重力液体具有的总机械能为

$$H_1 = Z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g}$$

由于出口、进口的管径相同,根据连续性方程可知管内流速相同,即

$$v_2 = v_1$$

根据泵扬程定义,泵的扬程为

$$H = H_2 - H_1$$

$$= (Z_2 - Z_1) + \frac{p_2 - p_1}{\rho g} + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g}$$

$$= 0 + \frac{(1.5 + 0.05) \times 10^6}{1000 \times 9.8} + 0$$

$$= 158(\text{m})$$

答:泵的扬程 158m 。

【例 1-2】 某离心泵的流量为 $250\text{m}^3/\text{h}$,扬程为 120m ,效率为 78% ,采用联轴器传动。问该泵应选用多大容量的电动机?

【解】 泵的流量为

$$q_v = 250\text{m}^3/\text{h} = \frac{250\text{m}^3}{3600\text{s}} = 0.07(\text{m}^3/\text{s})$$

泵有效功率为

$$P_e = \frac{q_v \rho g H}{1000} = \frac{0.07 \times 1000 \times 9.8 \times 120}{1000} = 82.32(\text{kW})$$

泵轴功率为

$$P = \frac{P_e}{\eta} = \frac{82.32}{0.78} = 105.5(\text{kW})$$

采用联轴器传动,选取传动效率 $\eta_{\text{tm}}=0.98$;选取电动机效率 $\eta_g=0.99$,容量安全系数 $K=1.08$,则配套原动机功率为

$$P_{\text{gr}} = K P_{\text{g, in}} = K \frac{P}{\eta_{\text{tm}} \eta_g} = 1.08 \times \frac{105.5}{0.98 \times 0.99} = 108.7(\text{kW})$$

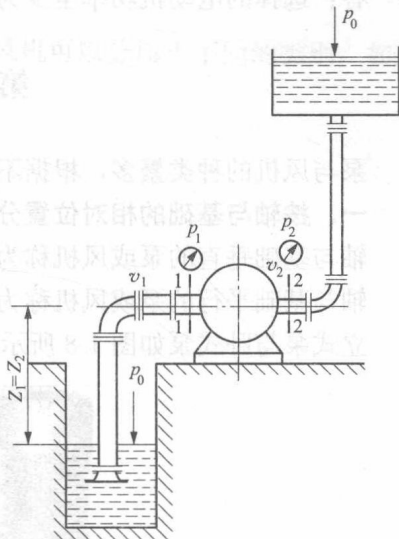


图 1-7 【例 1-1】用图

答：选择的电动机功率至少为 108.7kW。

第三节 泵与风机的分类

泵与风机的种类繁多，根据不同的分类标准可以分成不同的类别。

一、按轴与基础的相对位置分类

轴与基础垂直的泵或风机称为立式泵或风机。

轴与基础平行的泵或风机称为卧式泵或风机。

立式泵与卧式泵如图 1-8 所示。

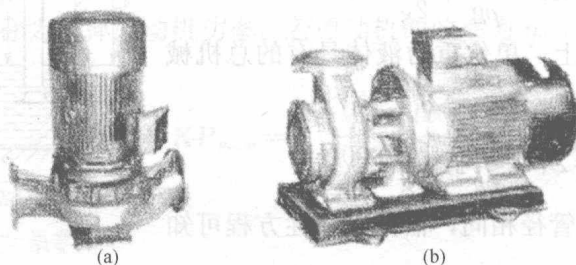


图 1-8 立式泵与卧式泵

(a) 立式泵；(b) 卧式泵

二、按扬程或全压的高低分类

泵根据扬程高低分为低压泵、中压泵和高压泵。其中，低压泵扬程小于 200m；中压泵扬程位于 200~600m 之间；高压泵扬程大于 600m。

风机根据全压高低分为通风机、鼓风机和压气机。其中，通风机全压小于 15kPa，鼓风机全压位于 15~340kPa 之间，压气机全压大于 340kPa。

三、按工作原理分类

按工作原理，泵与风机可以分为叶片式、容积式和其他类型。

1. 叶片式泵与风机

叶片式泵与风机具有叶轮，通过工作叶轮旋转、叶片对流体做功来输送流体。根据叶片对流体的作用力的不同，叶片式泵与风机又可再分为离心式、轴流式和混流式（斜流式）等。

2. 容积式泵与风机

容积式泵与风机具有工作室，通过工作室容积周期性的变化来输送流体。根据工作元件的运动方式的不同，容积式泵与风机还可再分为往复式和回转式。活塞泵是常见的往复式泵。螺杆泵、齿轮泵是常见的回转式泵。

3. 其他类型

无法归入前面两种类型的泵与风机属于其他类型。如射流泵，它利用射流产生的高速动能来输送能量较低的流体。

四、按用途分类

泵与风机按用途可以分为给水泵、循环水泵、冲灰泵、送风机、给粉机、新风机、冷却

风机等。

上述泵与风机的分类之间可以相互交叉,同一台泵或风机可以分属于不同的类别。如某水泵可以为卧式、高压、离心式给水泵。



思考题

- 1-1 泵与风机的定义是什么?
- 1-2 泵与风机的发展过程是怎样的?
- 1-3 泵与风机在各行业中的应用状况如何?
- 1-4 火力发电厂中有哪些常用的泵与风机?各有什么作用?
- 1-5 核电站主要有哪些泵?各有什么作用?
- 1-6 空调制冷系统有哪些泵与风机,各有什么作用?
- 1-7 泵与风机有哪些性能参数?是如何定义的?
- 1-8 如何计算泵的扬程?
- 1-9 如何计算风机的全压?
- 1-10 如何为泵或风机配置电动机?
- 1-11 泵与风机是如何分类的?
- 1-12 立式泵与卧式泵有何区别?
- 1-13 什么是低压泵、中压泵和高压泵?
- 1-14 什么是通风机、鼓风机和压气机?
- 1-15 叶片式泵与风机的工作原理是什么?
- 1-16 容积式泵与风机的工作原理是什么?



习题

1-1 有一风机,从大气中吸气,若风机出口压力表读数为 700Pa,出口气流速度为 25m/s,空气密度为 1.2kg/m^3 ,求风机动压和全压。

1-2 某水泵正常工作时,流量为 25L/s,扬程为 30m,若输送的水密度为 1000kg/m^3 ,求其有效功率。

1-3 某风机流量 $q_v = 70\,000\text{m}^3/\text{h}$,全压 $p = 1400\text{Pa}$,轴功率 $P = 34\text{kW}$,求其效率。

1-4 某水泵流量为 40L/s,扬程为 15m,效率为 75%,采用联轴器传动,问该泵应选用多大容量的电动机?