



普通高等教育“十一五”国家级规划教材  
高职高专规划教材

# 泵与风机

BENG YU FENGJI

第2版

王寒栋 李敏 编著



机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS

● ISBN 978-7-111-12120-6

编辑热线: (010)88379171

地址: 北京市百万庄大街22号 邮政编码: 100037  
联系电话: (010)68326294 网址: <http://www.cmpbook.com> (机工门户网)  
(010)68993821 E-mail: [cmp@cmpbook.com](mailto:cmp@cmpbook.com)  
购书热线: (010)88379639 (010)88379641 (010)88379643

ISBN978-7-111-12120-6



定价: 28.00元

9 787111 121206



普通高等教育“十一五”国家级规划教材  
高职高专规划教材

# 泵与风机

第2版

王寒栋 编著  
李敏  
王立 主审



机械工业出版社

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材，也是高职高专制冷与空调专业规划教材。全书以制冷空调工程中常用泵与风机的构造、原理与应用为主线，重点对设备的构造、选型、安装与运行维护、常见问题与故障分析等进行了论述，并提供了较多的应用实例及其分析；同时，还对消防用泵与风机、泵与风机的消声减振等方面的内容作了介绍。

本书在每章之后都有本章要点，并配有思考题与习题。大部分章节之后安排有相应的实训项目，使理论教学与实践教学相辅相成、相得益彰。

本书可作为高职高专制冷与空调专业、供热通风与空调工程技术专业及相关专业的教材，也可供业余大学、函授大学的学生以及专业人员培训使用，供本科生和专业技术人员、管理人员等参考。

### 图书在版编目（CIP）数据

泵与风机/王寒栋，李敏编著.—2版.—北京：机械工业出版社，2009.1

普通高等教育“十一五”国家级规划教材·高职高专规划教材  
ISBN 978-7-111-12120-6

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

中国版本图书馆CIP数据核字（2009）第001952号

机械工业出版社（北京市百万庄大街22号 邮政编码100037）

责任编辑：张双国 责任校对：李秋荣

封面设计：马精明 责任印制：乔宇

北京机工印刷厂印刷

2009年1月第2版第1次印刷

184mm×260mm·17.25印张·397千字

0 001—3 000册

标准书号：ISBN 978-7-111-12120-6

定价：28.00元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

销售服务热线电话：（010）68326294

购书热线电话：（010）88379639 88379641 88379643

编辑热线电话：（010）68354423

封面防伪标均为盗版

## 第2版前言

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材，也是高职高专制冷与空调专业规划教材，是为了满足高职教育“泵与风机”课程的教学需要而编写的。

本书基本保留和沿袭了第1版的主要内容、结构和特色，同时根据工程应用要求对某些内容进行了必要的调整和增补。

目前，出于节能降耗的要求，一些节能技术开始在泵与风机的工程应用中得到推广与普及，如变频水泵与变频风机逐渐在空调工程中得到大量使用，而工程界对其应用中的节能原理和运行要求还存在着误区与争执。在本书第1版中，尽管也涉及到了离心泵与离心式风机的调速运行工况分析，但并不十分详细与具体，还难以解决变频水泵与风机工程应用中的一些问题。为了满足工程应用需要，本书主要增加了这方面的内容。在编著者及其他人员最新研究成果的基础上，以简明扼要的形式，重点对变频调速节能原理、变频器工作原理、空调工程中水泵变频调速运行特性、空调水泵变频改造原则与方法等进行了介绍与分析，并提供了部分实例，从理论和实践上澄清了工程上的一些误解，可以使相关工程人员更清楚地了解和分析变频水泵与变频风机的适用场所与节能情况。

另外，考虑到目前空调制冷技术的多样化，一些较为特殊的泵（如屏蔽泵、磁力泵等）也在一定范围内得到应用，因而在本书中适当增加了关于屏蔽泵的内容，以供有这方面需要的读者参考。

考虑到“工学结合”的贯彻实施，本书在第1版的基础上加强了相关实训项目的配套，实训项目由原来的8个扩充到了11个，主要增加了泵的变频调速特性测试、泵与风机运行管理等方面的实践环节，使主要理论教学内容基本有相应的实践环节配套与支撑。同时，附录增加了离心泵拆装的内容，主要介绍了离心泵拆装的工艺与要求、常用工具与器具的特点与使用等，可供相关维修人员参考。

本书由王寒栋和李敏合作编著，全书共9章和10个附录。本书的编写分工为：第1、2、3、4、7、8章和附录由王寒栋编写，第5、6、9章由李敏编写，全书由王寒栋负责统稿。

在本书的编写中，新增部分也采用了一些研究人员的研究成果，由于多方面的原因，未能一一与原作者联系，只能在参考文献中列出，在此向他们表示

#### IV

诚挚的谢意！另外，在新增的水泵变频部分，采用了编著者之一王寒栋最近的研究成果，由于水平所限，难免有不妥和错漏之处，请读者不吝赐教！

编著者

# 第 1 版前言

本书是高职高专制冷与空调专业系列教材之一，是为满足该专业“泵与风机”课程的教学需要而编写的。

在数年高职教学实践与总结的基础上，我们力图使本书体现以下几点：

1. 内容紧密结合现代制冷空调运行管理、维护保养和维修等职业岗位的需要，突出职业性和实用性。

2. 强调理论与实践相结合，注重实践能力的培养。理论知识以职业岗位对能力的要求为中心，以“必需、适用、够用”为原则；实训内容以培养学生熟练的操作技能、敏锐的观察能力、独立思考、分析和解决问题的能力为主旨，兼顾应变能力、创新能力和职业素质的培养。本书的实训内容与理论知识相辅相成，形成有机的联系，可根据需要灵活地进行先理论后实践，或先实践后理论，或理论与实践相互穿插的方式组织教学。

3. 针对岗位的实际需要，省略了一些不必要的理论公式与推导，增加了对实际工程问题的分析等内容，使教材的实用性和针对性更强。同时，考虑到比转速等内容对从事运行管理、维护保养和维修等工作的人来说，已不是很有必要，故本书未编入相关内容。

4. 根据现代制冷空调系统采用变频技术的发展趋势，教材增加了泵与风机的变频调速等知识内容，使之与新技术应用更为贴近。

5. 针对目前制冷空调职业岗位与其他职业岗位相互交叉、相互包容的新形势，教材中对消防用的泵与风机作了必要介绍，体现了新形势对职业能力的要求。

6. 注意到了与本系列其他教材之间的关系，在内容编排上不再重复其他教材已编写的内容（如在流体力学部分已讲授过的理论，原则上不再重复），做到精炼、适用。

7. 教材的内容和安排更适合“教、学、做”相结合的“三明治”式教学，更能提高学生学习的兴趣，也便于学生理解和掌握。

本书共分 9 章和 9 个附录，由王寒栋和李敏合作编著。具体分工为：第 1、2、3、4、7、8 章由王寒栋编写，第 5、6、9 章由李敏编写。在教学过程中，授课教师可根据本校实际情况对其内容进行选择，如只需介绍离心泵与离心风机，则采用前 6 章的内容即可。本书中的实训项目主要是针对相应的知识与技



能要求提出的，教学中亦可进行取舍或改做类似的项目。

北京科技大学的王立教授为审稿工作付出了辛勤的劳动，提出了宝贵的意见和建议，编著者在此表示衷心感谢！此外，还需要说明的是，在本书的编写过程中，我们采用了国内部分研究者的成果，由于时间关系，未能一一与原作者联系，只能在文中相应处或书后的参考文献中列出，望能得到这些原作者的谅解，同时也在此向他们表示感谢！

本书可供高职高专的大专学生、业余大学和函授大学的学生以及专业人员培训使用，也可供本科学生和专业技术人员、管理人员等参考。

由于编者水平有限，书中难免有不妥之处，恳请读者批评、指正。

# 目 录

## 第2版前言

## 第1版前言

### 第1章

#### 绪 论 ..... 1

1.1 泵与风机在制冷空调工程中的地位和作用 ..... 2

1.2 泵与风机的分类 ..... 3

1.2.1 水泵的分类 ..... 3

1.2.2 风机的分类 ..... 5

本章要点 ..... 6

思考题 ..... 6

实训1 中央空调系统中的泵与风机调研 ..... 6

### 第2章

#### 离心泵的基本构造与性能 ..... 9

2.1 离心泵的基本构造与工作原理 ..... 10

2.1.1 离心泵的基本构造 ..... 10

2.1.2 离心泵的工作原理 ..... 14

2.2 离心泵的性能 ..... 15

2.2.1 离心泵的性能参数 ..... 15

2.2.2 离心泵的特性曲线 ..... 18

2.3 叶轮叶型对离心泵性能的影响 ..... 22

2.3.1 叶轮的叶型 ..... 23

2.3.2 叶型对离心泵性能的影响 ..... 23

本章要点 ..... 24

思考题与习题 ..... 24

实训2 离心泵的拆装 ..... 25

### 第3章

#### 离心泵的运行工况及其分析 ..... 27

3.1 离心泵管道系统特性曲线 ..... 28

3.2 离心泵定速运行工况与调节 ..... 29

3.2.1 离心泵的定速运行工况 ..... 29

3.2.2 离心泵定速工况点的调节 ..... 30

3.3 离心泵并联及串联运行工况 ..... 31

3.3.1 离心泵并联运行 ..... 31

3.3.2 离心泵串联运行 ..... 34

3.4 离心泵的调速运行工况 ..... 35

3.4.1 相似定律 ..... 35

3.4.2 离心泵调速性能分析 ..... 36

3.4.3 离心泵的调速途径及调速范围 ..... 38

3.4.4 离心泵调速的注意事项 ..... 40

3.4.5 离心泵变频节能原理与系统组成 ..... 40

3.4.6 空调用离心泵变频运行的控制及其应注意的问题 ..... 53

3.4.7 空调用离心泵变频运行性能测试与实例 ..... 58

3.4.8 空调用离心泵变频改造及实例 ..... 65

3.5 离心泵吸水性能及其影响因素 ..... 69

3.5.1 离心泵吸水管中的压力变化过程 ..... 69

3.5.2 离心泵中的气穴和气蚀 ..... 69

3.5.3 离心泵的最大安装高度 ..... 70

3.5.4 气蚀余量 ..... 71

本章要点 ..... 72

思考题与习题 ..... 72

实训3 离心泵定速运行工况调节与测试 ..... 74

实训4 离心泵性能测试 ..... 75

实训5 离心泵变频运行特性与节能量测试 ..... 77

### 第4章

#### 离心泵的选用、布置与运行维护 ..... 81

4.1 离心泵的选用 ..... 82

4.1.1 离心泵的选型条件 ..... 82

4.1.2 离心泵型号的确定 ..... 83

4.1.3 选用中应注意的事项 ..... 84

4.1.4 离心泵选用举例 ..... 84

4.2 离心泵的布置 ..... 88

4.2.1 离心泵的排列 ..... 88

4.2.2 离心泵对安装基础的要求 ..... 89

4.2.3 离心泵吸水管路和压水管路的布置	90
4.3 离心泵的运行与维护	94
4.3.1 离心泵的运行特性	94
4.3.2 离心泵的运行管理	95
4.3.3 离心泵的水锤及其防护	96
4.3.4 离心泵的故障分析与处理	99
4.4 离心泵在现代制冷空调工程中的应用实例分析	101
4.4.1 运行故障实例	101
4.4.2 选泵不当实例	103
4.4.3 空调水泵变频调速实例	105
本章要点	106
思考题与习题	107
实训6 离心泵运行管理	107

## 第5章

<b>离心风机的基本构造与性能</b>	109
5.1 离心风机的基本构造与工作原理	110
5.1.1 离心风机的基本构造	110
5.1.2 离心风机的传动方式与出风口位置	111
5.1.3 离心风机的工作原理	113
5.2 离心风机的性能	113
5.2.1 离心风机的性能参数	113
5.2.2 离心风机的型号与铭牌参数	114
5.2.3 离心风机的特性曲线与运行调节	115
5.2.4 叶轮叶型对离心风机性能的影响	119
5.3 离心风机的并联与串联运行	121
5.3.1 离心风机的并联	121
5.3.2 离心风机的串联	122
5.3.3 离心风机并联与串联的比较	123
本章要点	123
思考题与习题	124
实训7 离心风机的拆装	125

## 第6章

<b>离心风机的选用、安装、运行与维护</b>	127
6.1 离心风机的选型	128

6.1.1 离心风机的选型原则	128
6.1.2 离心风机的选型方法	128
6.1.3 离心风机选型的注意事项	130
6.2 离心风机的安装、运行与维护保养	133
6.2.1 离心风机的安装	133
6.2.2 离心风机的运行	135
6.2.3 离心风机的维护保养	137
6.3 离心风机的常见故障及其排除	138
6.3.1 离心风机故障分析的方法	138
6.3.2 离心风机的常见故障及排除方法	139
6.4 离心风机在空调工程中的应用实例分析	142
6.4.1 离心风机在空调工程中的应用实例	142
6.4.2 离心风机在空调工程中的故障实例分析	143
6.4.3 离心风机在空调工程中的变频应用实例	145
本章要点	146
思考题与习题	146
附：离心风机的性能测试实训预备知识	147
实训8 离心风机性能测试与运行调节	152

## 第7章

<b>其他常用泵与风机及其应用</b>	157
7.1 轴流式风机、轴流泵及其应用	158
7.1.1 轴流式风机及其应用	158
7.1.2 轴流泵及其应用	164
7.2 贯流式风机及其应用	167
7.3 管道泵及其应用	168
7.3.1 管道泵的构造及特性	168
7.3.2 管道泵的装配与拆卸	171
7.3.3 管道泵的安装与运行	171
7.4 屏蔽泵	173
7.4.1 屏蔽泵的结构与工作原理	173
7.4.2 屏蔽泵保护系统	174
7.4.3 屏蔽泵的特点	176
7.4.4 屏蔽泵选型和使用中的注意事项	177
7.4.5 屏蔽泵的维护	177
本章要点	180

思考题 .....	180
实训 9 轴流泵、轴流式风机与管道泵的 拆装 .....	180
实训 10 轴流泵、轴流式风机与管道泵的 运行调节 .....	181

## 第 8 章

消防用泵与风机 .....	183
8.1 消防泵 .....	184
8.1.1 消防泵的要求与特点 .....	184
8.1.2 常用消防泵及其特点 .....	186
8.1.3 消防泵的选型 .....	189
8.1.4 消防泵的运行与管理 .....	194
8.2 消防用风机 .....	199
8.2.1 消防用风机的要求与特点 .....	199
8.2.2 消防用风机的选型 .....	207
8.2.3 消防用风机的使用与管理 .....	207
本章要点 .....	209
思考题 .....	209

## 第 9 章

泵与风机的消声与防振 .....	211
9.1 噪声的基础知识 .....	212
9.1.1 噪声的产生 .....	212
9.1.2 噪声的测量 .....	213
9.1.3 噪声的传播与控制 .....	226
9.2 泵与风机的消声 .....	226
9.2.1 泵与风机的噪声来源 .....	226

9.2.2 泵与风机的消声途径 .....	229
9.2.3 消声器的原理与应用 .....	230
9.3 泵与风机的防振 .....	238
9.3.1 振动产生的原因 .....	238
9.3.2 防振原理 .....	238
9.3.3 常用的隔振材料及弹性材料隔振器 设计 .....	240
9.3.4 泵与风机的防振措施 .....	242
本章要点 .....	243
思考题与习题 .....	244
实训 11 泵与风机运行噪声的测量 .....	244

## 附录

附录 A S 型离心泵结构图 .....	246
附录 B SA 型离心泵结构图 .....	247
附录 C Sh 型离心泵结构图 .....	248
附录 D D 型多级离心泵结构图 .....	249
附录 E S 型单级双吸离心泵型谱图 .....	250
附录 F IS 系列离心泵型谱图 .....	251
附录 G SA 型单级双吸中开式离心泵 型谱图 .....	252
附录 H ZLB (Q) 型轴流泵型谱图 .....	253
附录 I XD 型卧式多级节段式离心消防泵 性能 .....	254
附录 J 离心泵的拆装 .....	258
参考文献 .....	265

# 第 1 章

## 绪 论

---

# 1

- 1.1 泵与风机在制冷空调工程中的地位和作用
- 1.2 泵与风机的分类

## 1.1 泵与风机在制冷空调工程中的地位和作用

泵与风机是一种将原动机的机械能转变为被输送流体的动能和压力能，即给予被输送流体能量的流体机械。它在国民经济中得到了广泛地应用，是许多部门必不可少的机械设备，如：

在农业生产中，农田灌溉与排涝需要泵作为输送液体的动力设备。

在石油化工部门，大量的、多种类型的泵被用来输送油类或化工原料及成品。长距离的输油管路需要许多泵夜以继日地运转。

冶金工业的钢铁厂用泵输送冷却水；矿山的坑道要用泵排除矿内的积水。

还有，造纸厂输送纸浆，城市里排除积水、输送污水等亦都离不开泵。

输送各种气体的风机在矿山坑道的通风，冶炼厂的输送空气，工厂车间、居民住房、影剧院、会议室等的通风……都得到了十分广泛的应用。

在人们的日常生活中，需要用水泵向人们供应生活用水。冬季采暖系统的热热水循环、卫生设备的热热水供应，夏季制冷空调系统的冷却水、冷冻水、冷风循环等，也都需要水泵或风机连续工作来输送流体介质，以维持人们所需要的环境条件。

在中央空调系统中，必须有多台泵与风机同时配合主机工作，才能使整个系统正常运转。这些泵与风机形式多样，其中应用最多的泵主要是离心式泵。这些泵输送的流体有冷却水、冷冻水（或其他载冷剂）、润滑油等液体；风机则离心式<sup>①</sup>、轴流式、贯流式、混流式兼而有之，这些风机输送的主要是空气。

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）。如果冷水机组采用的是水冷式冷凝器，则冷却水泵必不可少，同时，其附属设备冷却塔中还要用到轴流风机；如果采用的是风冷式冷水机组，其冷凝器的强制冷却则离不开风机。空调系统中的风机除了提供送风或抽风的动力外，还用于提供新风、排放污浊空气、提供空气幕实现冷、热空气的隔离等。图 1-1 所示为某中央空调系统示意图。图中，3 台冷水机组生产的冷冻水，由一次冷冻水泵与二次冷冻水泵<sup>②</sup>输送给空调机等空气处理设备，供处理空气使用（如对空气降温、除湿等）。而用以冷却冷凝器的冷却水则由 3 台冷却水泵提供动力，在冷水机组与冷却塔之间的管路里循环流动。在空调机内，安装有输送空气（或称送风）的离心风机，负责将处理后的空气送给空调用户。在冷却塔顶部，安装有轴流风机，负责将从冷却水中吸收了热量并含有较多水分的空气排出，同时抽吸新鲜空气进入冷却塔与冷却水进行热湿交换。在这个系统里，无论是风机，还是水泵，都缺一不可，否则，作为空调系统中重要冷（热）介质的水或空气就无法流动，空调系统就会在效率上大打折扣，甚至无法发挥其作用。

可见，在制冷空调工程中，泵与风机是广为应用的动力机械，其地位也是极其重要

① 在本书中，“离心式风机”均简称为“离心风机”。——编者注

② 以冷冻水供、回水干管间的旁通管为界，如果冷冻水泵在旁通管靠近机房的这一侧，则称之为一次冷冻水泵；如果在靠近空调末端如空调机、风机盘管等这一侧，则称之为二次冷冻水泵。

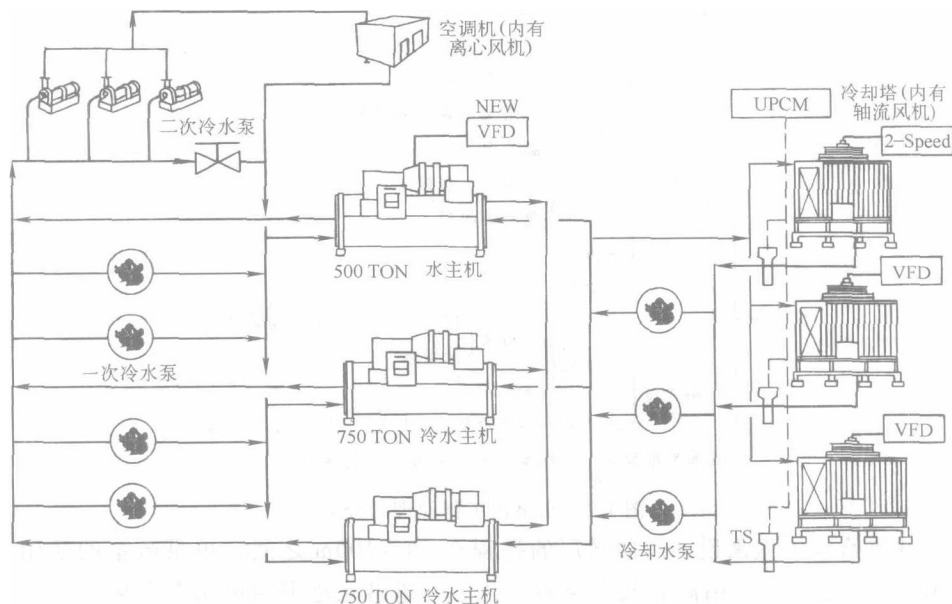


图 1-1 某中央空调系统示意图

的。泵与风机作为制冷空调系统中的重要辅助设备，不但应用范围广、使用频率高，而且也是一个耗能大户。据统计，在制冷空调系统总的耗电量中，泵与风机的耗电量约占 30%~40%；泵与风机的耗电量约占全国电力消耗量的 40%。在实际工作中，如果对泵与风机使用不当，不但会严重影响空调的质量，还会带来过多的电力消耗，在经济上造成损失。

因此，有必要对泵与风机作全面的了解，掌握其性能，熟悉其运行特性，了解降低能耗的方法，以便更好地利用泵与风机为制冷空调工程服务。

## 1.2 泵与风机的分类

### 1.2.1 水泵的分类

用来输送和提升水的动力机械称为水泵。水泵在国民经济各部门中的应用很广，品种、系列繁多。按照不同的分类方法，水泵可以分成众多形式。按工作原理可将水泵如图 1-2 所示进行分类。

其中，容积式水泵是靠泵体工作室容积改变来完成对水的输送和提升的，其特点是高扬程、小流量。速度式水泵又称为叶片式水泵，是由叶轮高速旋转完成压送液体的过程的；按水在泵内的运动轨迹可将其分为离心泵、轴流泵和混流泵等；离心泵的工作区较宽，轴流泵的特点是低扬程、大流量。混流式泵则介于两者之间。这可以从图 1-3 所示的常用泵的总谱图中看出。

除速度式和容积式水泵之外的其他类型水泵主要是一些在特定场合应用的特殊泵，如螺旋泵、射流泵、水锤泵、水轮泵及气升泵（空气扬水机）等。

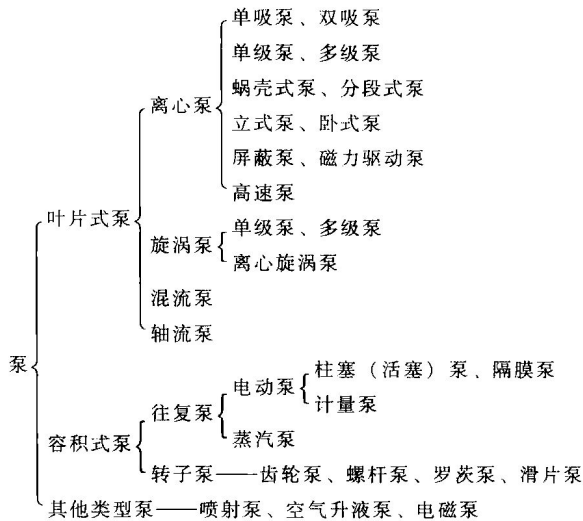


图 1-2 水泵按工作原理的分类

对于城市给水工程来说，一般水厂的扬程在 20 ~ 100m 之间，单泵流量的使用范围在 50 ~ 10000m<sup>3</sup>/h 之间，使用离心式水泵最为合适。超出此范围则可用多台离心泵并联或串联的方式满足要求。在排水工程中，一般是大流量、低扬程，采用轴流泵较为合适。在制冷空调工程中，冷冻水泵、冷却水泵基本上是采用离心式水泵，使用其他水泵的情形很少见，因此下面主要侧重于介绍离心式水泵的有关知识与应用。

随着技术进步与用途的不断变化，在不同时期水泵的发展也呈现出不同的情形。目前，水泵发展的趋势表现为以下几个方面：

1) 大型化、大容量化。近几年来，国际上大型水泵发展很快，巨型轴流泵的叶轮直径已达 7m，潜水泵直径已达 1m。用于城市及工业企业给水工程中的双吸离心泵的功率已达 5500kW。

2) 高扬程化、高速化。如锅炉给水泵的单级扬程已达 1000m。要实现高扬程，势必要提高泵的转速。目前，水泵高速化的发展趋势具有世界性。

3) 系列化、通用化、标准化。这三化是现代工业生产工艺的必然要求。

4) 自动化与节能。从水泵机组的启停、运行与调节，到整个水泵站的全过程自动化已广为接受和采用。

今后，随着科学技术的发展，将进一步要求水泵业发展高速、高温、高压、高效率以及大容量等方面的各种特殊产品，同时也要求不断提高现有常规产品的质量和水平。

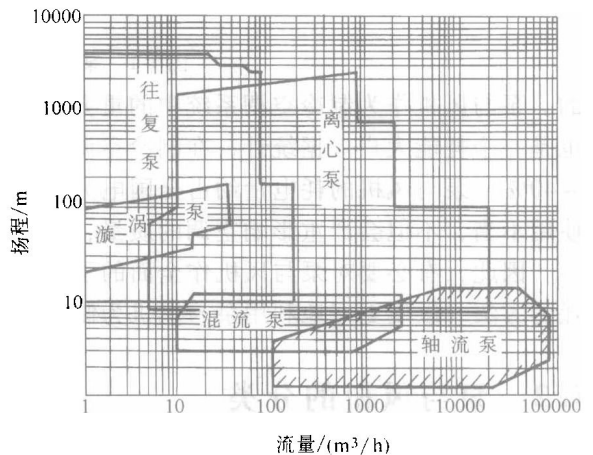


图 1-3 常用泵的总谱图



### 1.2.2 风机的分类

风机是输送气体的流体机械，它在国民经济各部门中的应用十分广泛。随着我国工农业生产不断发展，对风机的要求越来越高。目前，国内的通风机基本上都有系列产品供使用部门选用。

从能量转换的观点来看，风机是把原动机的机械能变成气体的动能和压力能的一种机械。风机的分类方法多种多样，按作用原理一般可分为离心式、轴流式、往复式、回转式等。目前，我国用得最多的离心风机具有效率高、流量大、输出流量均匀、结构简单、操作方便、噪声小等优点。

通常，对风机在习惯上有如下几种分类方法。

#### 1. 按介质在风机内部的流动方向分类

按介质在风机内部的流动方向可将风机分为离心式、轴流式和混流式3类。离心式风机的特点是介质沿轴向进入风机，而在叶轮内沿径向流动。轴流式风机的特征是介质沿轴向进入，在叶轮内沿轴向流动。混流式风机的特征是介质在风机内沿斜向流动。3种风机的示意图如图1-4所示。

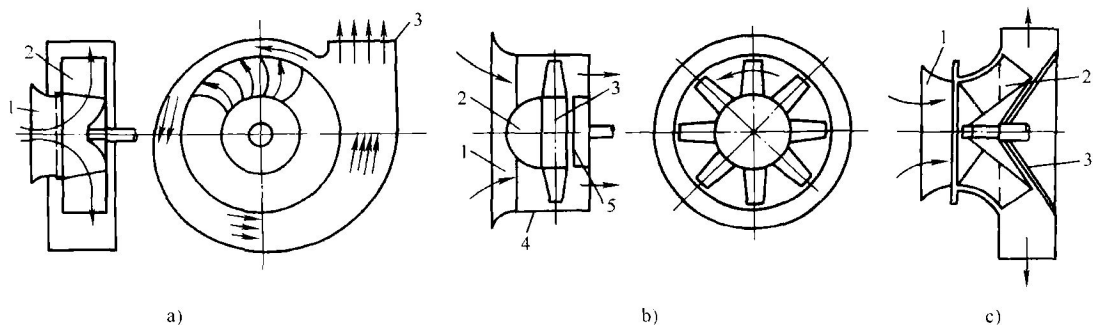


图1-4 按介质流动分类的风机

a) 离心式风机 b) 轴流式风机 c) 混流式风机

1—集流器 2—整流罩 3—叶轮 4—后整流罩 5—机壳

#### 2. 按风机产生的压力大小分类

可分为低压、中压和高压风机。

低压风机：风机全压值小于或等于 981 Pa（即  $\leq 100\text{mmH}_2\text{O}$ ）。

中压风机：风机全压值为 981 ~ 2943 Pa（即 100 ~ 300 mmH<sub>2</sub>O）。

高压风机：风机全压值大于 2943 Pa（即  $> 300\text{mmH}_2\text{O}$ ）。

#### 3. 按叶片出口角分类

可分为后向式、径向式和前向式3种。后向式的叶片出口角  $\beta_2 < 90^\circ$ ；径向式的  $\beta_2 = 90^\circ$ ；前向式的  $\beta_2 > 90^\circ$ ，如图1-5所示。

#### 4. 按输送气体性质分类

可分为一般通风机、排尘用通风机、锅炉引风机、特殊用途的风机（如耐腐蚀、防爆和各种专用风机）等。

#### 5. 按材质分类

可分为普通钢风机、不锈钢风机、塑料风机和玻璃钢风机等。