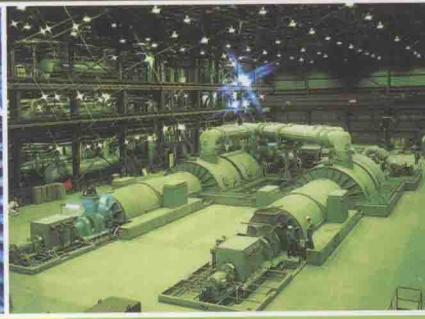
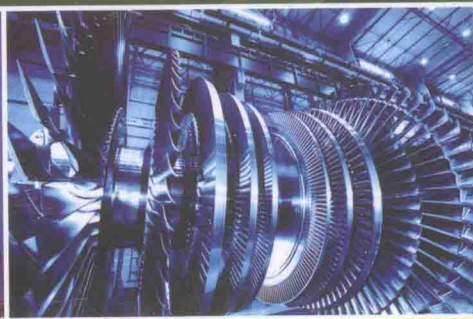




DIANQI JIENENG
JISHU JI YINGYONG

电气节能 技术及应用

姚福来 张艳芳 等 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



DIANQI JIENENG
JISHU JI YINGYONG

电气节能 技术及应用

姚福来 张艳芳 等 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书对水泵、风机、电动机、变压器、注塑机等设备,无功补偿、无负压供水、优化调度、照明等节能领域的有关节能措施和节能判别准则进行了深入浅出的分析和讲解,并给出了如何使用变频器、触摸屏和组态软件量化实施节能工程的方法;尤其对社会用电量最大的水泵、风机进行了量化的节能分析,给出了量化的节电潜力测算、设计及节能控制的方法,首次给出了一种通用的优化调度方法和优化控制方法——量子优化法则;还对变频器升级的重要方向——实现节电可控性进行了探讨,并给出了具体方法,以及如何在已经上了变频器的泵站继续实现深度节能控制。

本书可作为电气、自动化及节能工程实施人员的自学和培训用书,也可作为节能领域科研人员、高等院校相关专业师生的参考教材。



图书在版编目(CIP)数据

电气节能技术及应用 / 姚福来等编著. —北京: 中国电力出版社, 2015.11

ISBN 978-7-5123-8023-3

I. ①电… II. ①姚… III. ①电气设备—节能 IV. ①TM92

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 154299 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>)

北京丰源印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2015 年 11 月第一版 2015 年 11 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 21.25 印张 515 千字

印数 0001—2000 册 定价 59.00 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

随着全球能源形势的日益紧张,节能降耗已经成为世界各国经济可持续发展的战略目标。水泵、风机、电机、变压器、电网、发电机、输送机、水轮机、照明、动车组、提升机及大量的通用设备正在成为节电工作的主力军,设备的合理配置和准确的电气节电控制一直是节能工作的重要环节。

节能工作与其他工作的区别在于节能的效果需要具体的设备运行后才能看到,所以准确量化的经济可行性论证至关重要。如何提前进行准确的节能测算,并进行准确的节能控制,是节能工作的最重要环节。

准确、准确、再准确,量化、量化、再量化是一切节能工作顺利进行的关键!

长时间以来,很多节能领域的同行和老师经常问笔者一些这样的问题,“为什么在已经上了变频的泵站还能继续节能?”,“您是如何准确测算出水泵风机站节电潜力的?”,“您又是如何实现的?”,由于涉及公司商业秘密的原因,过去我们一直无法直接全面回答这些问题,从该技术理论完成到现在已经 10 多年过去了,我们现在决定全面公开这一核心技术秘密及理论研究成果,希望能在更大的范围内,为提高我国乃至世界节能环保事业的水平贡献一点力量,或有益的提示。

以满足工艺为目标的传统调度方法和控制方法都是为满足工艺进行的单目标控制,没有涉及节能控制目标,这一问题必须通过切实可行的控制策略和调度,通过工艺和设备的优化配合才能解决。本书利用自然界中生物和机器的效率函数所共有的凹函数的特点,提出并证明了工业领域通用设备节能和节电可操作的优化调度和优化控制方法——量子优化法则,以指导节能工作者如何应对各种各样不同的节能需求。本书所涉及的通用设备包括电动机、变压器、汽油机、柴油机、蒸汽机、燃气机、水泵、风机、吊车、轮船、发电机、汽轮机、汽车、火车、飞机、电动机车、水轮机、锅炉、提升机、皮带输送机、变频器、调速器、液力耦合器、滑差调速器、直流调速器、供电电网等。

本书的“最大亮点”就是以实际案例为主线,对水泵、风机进行了量化节能分析,并对该领域节能存在的问题及模糊概念进行了剖析,给出了前沿的量化节能测算设计和控制方法。

本书第 11 章和第 12 章的部分案例由在水泵量化节能领域有多年工作经验的姚泊生工程师协助编写,本书第 14 章和第 19 章的部分内容由张艳彬和王红霞两位工程师协助编写,本书第 16 章部分内容由姚雅明工程师协助编写。

无论您是来自节能第一线的工程技术人员还是来自学校的电气、自动化、暖通、给排水等专业的师生,本书一定是您节能工作的良师益友,为您的节能成功助一臂之力。

编者

2015.8



目 录

前 言

第 1 章 水泵、风机的节能概述	1
1.1 水泵的应用场合	1
1.2 水泵的种类	2
1.3 几种水泵的基本结构	2
1.4 风机的应用场合	3
1.5 风机的种类	3
1.6 几种风机的基本结构	3
1.7 水泵、风机目前的节能现状及问题	4
第 2 章 水泵、风机的运行方式及参数测量	6
2.1 水泵特性曲线	6
2.2 风机特性曲线	7
2.3 输送液体的管网特性曲线	8
2.4 输送气体的管网特性曲线	9
2.5 水泵、风机的单机运行	9
2.6 水泵、风机的并联运行	10
2.7 水泵、风机的串联运行	11
2.8 水泵、风机实际运行中的压力测量	14
2.9 水泵、风机运行的流量测量	17
2.10 水泵、风机站输送介质的温度测量	18
2.11 水泵、风机站的功率测量及误区	18
第 3 章 水泵、风机站的电耗分析及目标电耗概念	21
3.1 水泵、风机站电耗分析及目标电耗的概念	21
3.2 节电比例的计算与节电比例的可行性分析	24
3.3 水泵、风机站节能工作的 5 项原则	25
第 4 章 水泵、风机在不同领域的节能特点	27
4.1 城市大型供水泵站	27
4.2 城市排水、农业灌溉和大型调水泵站	28
4.3 生产企业的泵站	30
4.4 建筑的中央空调泵站和城市热网中的采暖泵站	32
4.5 二次加压泵站	33
4.6 锅炉鼓风机和引风机	34

4.7	生产企业的其他风机站	34
第5章	水泵、风机节能的方法途径及存在的问题	36
5.1	水泵、风机节能运行可以采取的措施和手段	36
5.2	水泵、风机节能技术目前的现状及热点	37
5.3	水泵、风机站节能领域面临的问题	38
5.4	水泵、风机站存在节电潜力的原因分析	38
第6章	水泵、风机参数的变换	41
6.1	离心式水泵与风机的相似定律	41
6.2	相似定律的实际应用	43
6.3	水泵与风机的比转速	45
6.4	风机的无因次曲线	48
6.5	水泵叶轮的近似切割关系	50
6.6	比例定律和水泵近似切割关系应用的局限性	52
6.7	风机系统中压力、温度、湿度对输送气体密度的影响与计算	53
6.8	离心式压缩风机相似定律的使用与计算	54
6.9	流体的压缩性、热胀性和黏滞性对水泵、风机输送流体的影响	56
6.10	输送液体黏度对水泵特性的影响	59
第7章	目标电耗的计算方法与实现原理	61
7.1	水泵与风机的运行效率	61
7.2	电动机的运行效率变化曲线	61
7.3	调速器的运行效率变化曲线	63
7.4	工艺参数变化对泵与风机系统的影响	64
7.5	以电耗最低为目标的“目标电耗”节能技术	68
7.6	定速泵站的功耗	70
7.7	定速泵站的最优负荷分配方法与切换方法	72
7.8	调速泵站的功耗	76
7.9	调速泵站的优化调速方法与切换方法	78
第8章	水泵、风机站建立节能标准的必要性和可行性	85
8.1	泵站节能标准建立的必要性	85
8.2	如何建立泵站节能标准	85
8.3	泵站节能标准的实施及可行性	88
第9章	单台水泵、风机调速器的运行效率控制方法	90
9.1	技术背景	90
9.2	技术实施方案	90
第10章	水泵、风机站目标电耗的设计	96
10.1	要求泵站输出的压力变化范围较大且流量也有较大变化	96
10.2	要求泵站输出的压力较稳定但流量有较大变化	102
10.3	要求泵站输出的压力稳定但流量变化系数太大	107
10.4	要求泵站输出的压力稳定、流量变化大且最低流量几乎接近零	109

10.5	要求泵站输出的压力较稳定, 流量也较稳定	111
10.6	泵站节能设计的三要素	111
10.7	调速泵配置三原则	111
10.8	案例分析	111
10.9	风机站的目标电耗的设计	113
第 11 章	水泵、风机站目标电耗的测算	115
11.1	对已经使用了变频器运行的泵站进行节电潜力测算	115
11.2	对没有使用变频器运行的泵站进行节电潜力测算	118
11.3	对已经使用了变频器运行的泵站进行节电潜力测算 (调速器数量不足)	120
11.4	对于已经使用了变频器的泵站进行节电潜力测算 (缺少大小泵搭配)	123
11.5	分析使用了变频器节能不明显的泵站 (调速器过多)	126
11.6	分析使用了变频器反而还费电的泵站	127
11.7	对用阀门调节的单台水泵进行节电潜力测算	129
11.8	中央空调泵站的节能分析	130
11.9	计量的准确性及推算方法	132
11.10	目标电耗设备数据的图形输入方式	138
11.11	风机站目标电耗的测算	139
11.12	给国家及国际标准化组织的三点建议	140
第 12 章	水泵、风机站目标电耗的运行	141
12.1	调速泵站的目标电耗运行方法 (以流量为控制点)	141
12.2	调速泵站的目标电耗运行方法 (以转速为控制点) 及稳定性	147
12.3	泵站节能技术的其他亮点及先行者	159
12.4	对于工艺稳定、节电比例大的定速泵站节能改造 (换泵、设计叶轮或增减叶轮级数)	160
12.5	对工艺稳定节电比例不太大的定速泵站节能改造 (切削叶轮)	161
12.6	工艺改造与节能	161
12.7	其他调速手段与节能运行	161
12.8	就地无功补偿	162
第 13 章	水泵、风机运行的稳定性判别和保证措施	163
13.1	水泵、风机定速运行的稳定性问题和稳定区域确定	163
13.2	水泵、风机调速后的稳定性变化和稳定区域确定	167
13.3	水泵、风机的过载问题	169
13.4	水泵、风机的频繁切换问题	170
第 14 章	无负压节能供水的优势及问题	176
14.1	应用背景	176
14.2	无负压供水设备的优势	176
14.3	无负压供水设备的基本构成	177
14.4	存在的六个问题	177
14.5	清洁型无负压无气蚀囊式节能供水设备	178

第 15 章	水泵、风机站其他需要注意的问题	182
15.1	大气压强和水的汽化压强对水泵使用的影响	182
15.2	运行中的误区及常见问题	183
第 16 章	高压电动机的降压改造与变频器	184
16.1	高压电动机的降压改造	184
16.2	变频器	190
16.3	FRENIC5000 变频器的工程应用	191
第 17 章	工业领域节能的实质与难点	198
17.1	能量函数	198
17.2	节能的实质和电气节能控制方法	201
17.3	现有电气节能控制方法面临的困难和解决方法	203
第 18 章	相同型号工业设备组成系统的节能控制方法	204
18.1	加权效率	204
18.2	加权效率的优化控制	207
18.3	一般意义的机电设备效率优化	217
第 19 章	节能工程中的抗干扰与故障分析	226
19.1	抗干扰措施	226
19.2	信号线的选择与屏蔽接地问题	231
19.3	故障分析	231
19.4	PLC 的软件抗干扰	232
第 20 章	无功功率的节能补偿	233
20.1	无功电流和无功功率	233
20.2	无功电流和无功功率的补偿	234
20.3	电动机的无功补偿	235
第 21 章	变压器的合理配置与节能运行	238
21.1	变压器的基本数据	238
21.2	变压器的经济运行判别方法	241
21.3	变压器容量选择和经济运行应该注意的问题及误区	243
第 22 章	节能优化调度	246
22.1	通过优化调度降低基本电费	246
22.2	通过优化调度降低总用电量	247
22.3	通过优化调度降低总运行费用	249
第 23 章	其他节能方法	250
23.1	电动机轻载时降压节电	250
23.2	液压机、注塑机、除尘风机等设备的节电控制	252
23.3	照明降压节电	253
23.4	余热回收	254
23.5	太阳能光伏发电技术	255
23.6	风力发电技术	256

第 24 章	不同型号工业设备组成系统的优化节能控制方法	257
24.1	两种不同设备组成系统的优化控制	257
24.2	三种不同设备组成系统的优化控制	261
24.3	三种以上不同设备构成系统的优化控制	265
24.4	两种不同设备组成系统的工程优化方法	265
24.5	三种不同设备组成系统的工程优化方法	272
24.6	三种以上不同设备组成系统的工程优化方法	279
第 25 章	多机传动系统的优化控制方法	280
25.1	多动力输送机械和动车组消耗的总功率	280
25.2	多机传动系统的最优负荷分配控制	280
25.3	多机传动系统的运行数量优化切换	283
第 26 章	效率相似设备的工程节能控制和调度方法	286
26.1	效率曲线的归一化	286
26.2	效率相似设备	286
26.3	效率相似设备组成的系统消耗的总功率	287
26.4	效率相似设备的优化控制法则	287
第 27 章	节能控制系统中常用的传感器	289
27.1	行程开关（限位开关）	289
27.2	接近开关	290
27.3	光电开关	291
27.4	直线位移（距离）传感器	292
27.5	角度传感器	295
27.6	力传感器	296
27.7	液位传感器	298
27.8	压力传感器	299
27.9	温度传感器	300
27.10	流量传感器	303
27.11	成分分析传感器	305
27.12	测速发电机	305
27.13	安全光幕	305
27.14	视觉传感器	306
27.15	电压变送器	307
27.16	电流变送器	308
27.17	功率因数变送器和功率变送器	308
第 28 章	节能控制设备中常用的控制装置	310
28.1	电磁铁	310
28.2	电磁阀和气动阀	312
28.3	电动调节阀和气动调节阀	313
28.4	电/气转换器	314

28.5	气动和液压换向电磁阀	315
28.6	电液比例阀	317
28.7	电液伺服阀	318
28.8	电液数字阀	320
28.9	磁粉离合器和磁粉制动器	320
28.10	电磁离合器和电磁制动器	321
28.11	电动推杆和电液推杆	321
28.12	自力式调节阀	322
28.13	其他电动装置	323
参考文献		324



第1章

水泵、风机的节能概述

水泵、风机的总用电量占世界总耗电量的 30%~35%，在我国，三次工业普查的数据表明，水泵用电量占我国社会总用电量的 21%，风机占全社会总用电量的 12%。因此，做好水泵、风机的节能对整个节能工作有着重要的意义。

1.1 水泵的应用场合

水泵的主要使用场合：

- 1) 电厂中的锅炉给水泵，热水循环泵，冷凝泵，加热器流水泵，冷却水循环泵，真空泵，前置泵；
- 2) 自来水工程中的取水泵（包括深井泵，潜水泵，中开泵，混流泵等），水处理泵（输送泵，取样泵，冲洗泵等），送水泵；
- 3) 污水厂的原污水泵（无堵塞泵，混流泵等），沉淀污水泵，送水泵；
- 4) 农田排灌用排水泵，灌溉泵；
- 5) 水利调水用泵；
- 6) 化学及制药工业循环水泵，冷却水泵，原料输送泵；
- 7) 石油工业开采泵，输送泵，精炼泵，炼厂用泵，管线用泵，油水泵，反应器给料泵，液化石油气泵；
- 8) 纸浆厂和造纸厂：清水泵，输送泵，料浆泵，蒸煮锅循环泵，多效蒸发器用泵；
- 9) 食品饮料用泵；
- 10) 矿山用排水泵，选矿泵，洗矿泵；
- 11) 建筑用高楼送水泵，消防泵，建筑工程自吸离心泵，潜水泵，排水泵；
- 12) 船用锅炉循环泵，动力泵，给水泵，冷凝泵，升压泵，清洗泵，冲洗泵，消防泵，卫生泵，喷水推进泵，输油泵；
- 13) 钢厂：回水泵，冷却泵，井用泵，补水泵，增压泵，循环泵，冲洗泵，喷淋泵，除磷泵；
- 14) 核电站：冷却剂泵，冷却水泵，余热排除泵，安全壳喷淋泵，补给泵，循环泵，安全注水泵，冷冻水泵，冲洗泵，撤除泵，疏水泵，输送泵，给水泵，净化泵；
- 15) 采暖泵，空调用循环泵；
- 16) 海上平台，海底采矿，宇航等用泵。

1.2 水泵的种类

- 1) 按叶轮吸入状态分为单吸泵、双吸泵;
- 2) 按吸入特点分为自吸泵、非自吸泵;
- 3) 按叶轮形式分为开式叶轮泵、半开式叶轮泵、闭式叶轮泵、无堵塞式叶轮泵;
- 4) 按泵体形式分为水平中开式、节段式、蜗壳式、侧盖式、双层体壳式;
- 5) 按级数分为单级泵、多级泵;
- 6) 按结构形式分为普通离心泵、混流泵、轴流泵、潜水泵、深井泵、液下泵、管道泵;
- 7) 按用途可分为上百种用泵, 在此不再详述。

1.3 几种水泵的基本结构

图 1-1~图 1-4 分别是单吸离心泵、双吸离心泵、多级离心泵、立式轴流泵的结构。

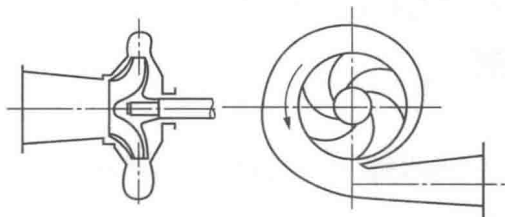


图 1-1 单吸离心泵的基本结构

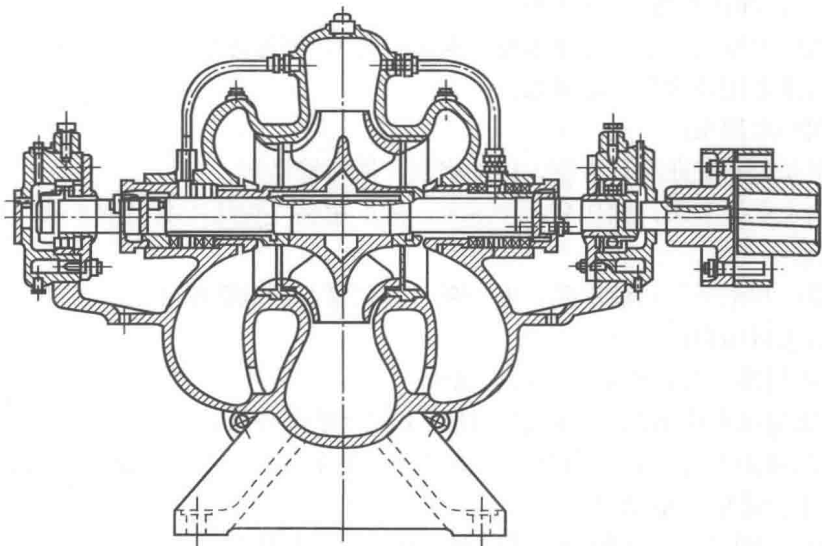


图 1-2 双吸离心泵的结构

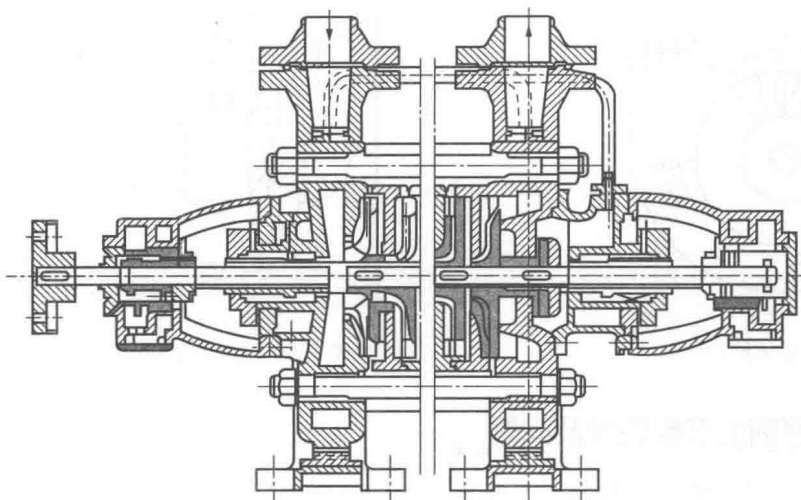


图 1-3 多级离心泵的结构

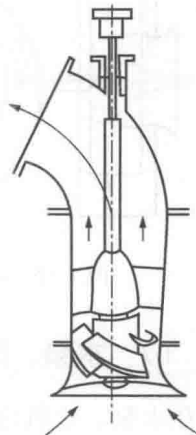


图 1-4 立式轴流泵的结构

1.4 风机的应用场合

- 1) 冶金工业中的高炉鼓风风机、化铁炉鼓风机、锻冶炉鼓风机、烧结机抽烟风机、矿井通风机、隧道通风机、空气分离风机、氧气风机、其他气体风机、高炉喷煤粉风机；
- 2) 石油开采中的钻井风机，油田注气风机，天然气输送风机，油田气输送风机；
- 3) 石油化工中的炼油催化裂化风机、重整风机、脱硫风机、加氢精炼风机，石油化工中的气体提纯风机、乙烯风机、丙烯腈风机、低压合成甲醇风机、液化天然气风机、合成塑料用风机、合成纤维用风机、合成橡胶用风机、硝酸生产风机，化肥工业中的合成氨生产风机、尿素生产风机；
- 4) 化工、电厂、制药、造纸等工业中动力装置用燃气轮机风机、锅炉鼓风机、锅炉引风机、锅炉煤粉输送风机、电站冷却塔风机、空气动力用风机、气动仪表控制用风机；
- 5) 制冷与中央空调系统的新风机、送风机、冷却风机；
- 6) 城市煤气输送风机，纺织厂通风和空调风机，船舶通风风机，纺织、船舶、电站控制用风机，工业除尘风机，水压机用风机，食品、喷漆、充气等工业用气的风机等。

1.5 风机的种类

- 1) 按结构分为离心式、轴流式、混流式；
- 2) 按压力分为通风机、鼓风机和压缩机；
- 3) 按级数分为单级风机、多级压缩机；
- 4) 按用途分则有上百种之多，在此不再详述。

1.6 几种风机的基本结构

离心式通风机和轴流风机的结构如图 1-5、图 1-6 所示。

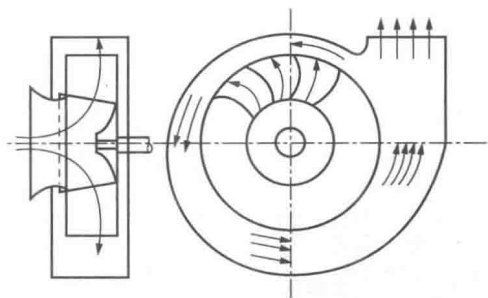


图 1-5 离心式通风机的结构

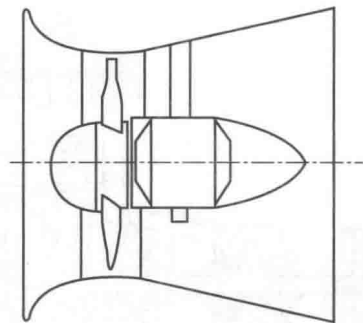


图 1-6 轴流风机的结构

1.7 水泵、风机目前的节能现状及问题

在水泵、风机这样大的用电领域，世界很多著名厂商、大学、研究机构和水泵、风机使用企业纷纷涉足该领域的节能。一方面积极开发高效的水泵、风机设备及调速设备，另一方面积极寻求量化的节能设计方法、量化的节能测算方法和量化的节能控制方法。在硬件方面，水泵、风机专用的调速装置近年发展迅速，尤其是变频调速技术已经比较成熟，且商业价格也在逐年下降，目前，很多国际知名公司，像西门子、ABB、富士、东芝、三肯、通用电气、AB 等都推出了用于水泵、风机节能的变频调速器，但是在水泵、风机的准确量化节能测算、设计、运行三个领域却进展不大，这已经成为国内外业界的一个热点和难点问题。

出现了很多怪现象，如很多水泵、风机站节能改造后与预期的节电比例差距太大，造成节能设备提供商自己信誉受损，用户也不满意，折腾半天没成绩，这其中包括一些笔者帮助分析过的大型跨国公司和国内上市公司承建的节能工程。也有一些水泵、风机站节能改造后反而更费电了，原因没弄清，甲乙双方就开始为如何界定节电比例打嘴仗。由于节能手段五花八门，节能方式的优劣也众说纷纭，造成有些用户干脆认为哪家节电比例大我就要哪家的，似乎节电比例成了一个可以讨价还价的商务问题。也有的文章和著作中断定国内很多行业在水泵、风机方面大概存在 30%左右的节电比例，所以曾出现盲目上变频等调速设备的怪现象。目前，由于有关节电潜力测算的方法五花八门，众说纷纭，所以，也就更让广大的节能工作者云山雾罩，有些文章其实写得很好，但他的结论只是对于他所实验的那个水泵、风机站是正确的，如果泛泛的推而广之就会有问题。有些节能方法也很好，但这种方法只是适合于特定的工况。如重新设计叶轮适合在什么场合？叶轮切削又适合在什么场合？变频器适合应用在什么场合？用了变频器就没有节电潜力了吗？其实很多的特例也能说明一些大概的变化趋势，变频器工作在 49Hz 时可能还不如工频运行省电，液力耦合调速器和电磁滑差调速器在这种工况下也许比变频器还省电，即使使用了变频器产生了很好节电效益的水泵、风机站由于没有最优化运行也可能还存在着较大的电能浪费。所有的节能工作，如果泛泛的一概而论就会有问题，那么如何让水泵、风机节能测算、节能设计和节能运行露出庐山真面目，就是本书的目的所在，本书希望能对水泵、风机节能领域进行一次比较全面的诠释。

水泵、风机“目标电耗”节能技术彻底解决了水泵、风机节能量化这一世界难题，该技

术于1996年12月取得突破,1998年在邢台新建设的董村水厂准确测算节电比例并添加变频设备后成功运行,1999年在石家庄地表水厂改造已经有变频的送水泵站成功测算节电比例并准确节能运行,至此在世界范围内拉开了让水泵、风机按设计和测算出的最低电耗节能运行的序幕,并开创了一个专门改造已经有变频设备的泵站以实现继续深度节能的新领域。

第2章

水泵、风机的运行方式及参数测量

在很多自动控制领域都有输送液体和气体的要求,水泵是输送液体的装置,它把进入水泵的液体加大压力后送出,风机是输送气体的装置,它把进入风机进口的气体加大压力后送出。本书只对在水泵、风机中数量最大的离心式水泵和离心式风机进行说明,以下如无特殊说明,所说的水泵均为离心式水泵,所说的风机均为离心式风机、鼓风机和压缩机。

2.1 水泵特性曲线

水泵的流量和扬程之间存在一定的变化规律,在正常使用情况下,这种规律对于一台指定水泵是固定的,只有随着使用年限的增加,由于水泵叶轮、水泵壳体流道、轴承、密封件的磨损和锈蚀,此规律才会发生一些变化,这种变化规律称为水泵的流量扬程特性曲线,一般标为 $Q-H$ 特性曲线。

水泵的流量和功率之间也存在一定的变化规律,水泵的功率是指从驱动水泵的泵轴上施加的功率,为了区别它与电动机功率之间的差别,一般把水泵的这个功率称为轴功率。在正常使用情况下,这种规律对于一台指定水泵也是固定的,只有随着使用年限的增加,由于水泵叶轮、水泵壳体流道、轴承、密封件的磨损和锈蚀,此规律才会发生一些变化,这种变化规律称为水泵的流量轴功率特性曲线,一般标为 $Q-N$ 特性曲线。

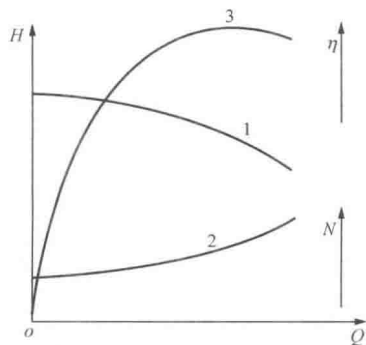


图 2-1 水泵特性曲线

水泵出厂时,水泵生产厂家把在额定转速下测试出的 $Q-H$ 特性曲线和 $Q-N$ 特性曲线,标在一张图纸上提供给用户,如图 2-1 所示。需要注意的是,此曲线是在额定转速情况下给出的,当水泵工作在调速状态, $Q-H$ 特性曲线和 $Q-N$ 特性曲线将发生变化。

图 2-1 中,曲线 1 为 $Q-H$ 特性曲线,曲线 2 为 $Q-N$ 特性曲线,曲线 3 为 $Q-\eta$ 特性曲线。一般情况下,曲线 1 厂家是一定提供的,主要是为了用户选型方便。曲线 3 与曲线 1 和曲线 2 有一定的关系,一般来讲,曲线 2 和曲线 3 有一条就够了,只是为了直观和使用方便才都提供。曲线 2 可以查取某一工作点的功率大小,可以比较明显地看出此功率与所使用电动机的功率的对比,以预防电动机过载。曲线 3 可以查取某一工作点的运行效率,它可以明显地表明水泵目前的工作状态是否省电,是否高效运行。

图 2-1 中, Q 为瞬时流量,常用单位有: m^3/h (立方米/小时), m^3/s (立方米/秒), L/s

(升/秒)。 H 为扬程, 常用单位为 m (米)。 N 为轴功率, 常用单位为 kW (千瓦)。 η 为水泵的运行效率 (%)。

η 与 Q 、 H 、 N 之间有如下关系

$$\eta = \frac{K \times Q \times H}{N} \quad (2-1)$$

式中: K 为常数。当输送 20°C 的清水介质, 流量单位为 m^3/h , 扬程单位为 m , 轴功率单位为 kW , 则式 (2-1) 可以简化为

$$\eta = \frac{Q \times H}{367 \times N} \quad (2-2)$$

2.2 风机特性曲线

对于风机的压力, 有静压和动压两部分组成, 这两部分之和称为风机的全压, 一般风机出厂时给出的压力值是指的全压。风机的流量和全压之间存在一定的变化规律, 在正常使用情况下, 这种规律对于一台指定风机是固定的, 出现磨损 (杂质、颗粒、气蚀等原因造成) 和锈蚀, 此规律也会发生一些变化, 这种变化规律称为风机的流量全压特性曲线, 一般标为 $Q-P$ 特性曲线。

风机的流量和功率之间也存在一定的变化规律, 风机的轴功率是指从驱动风机的轴上施加的功率。在正常使用情况下, 这种规律对于一台指定风机是固定的, 出现磨损 (杂质、颗粒等原因造成) 和锈蚀, 此规律才会发生一些变化, 这种变化规律称为风机的流量轴功率特性曲线, 一般标为 $Q-N$ 特性曲线。

风机出厂时, 风机生产厂家把在额定转速下测试出的 $Q-P$ 特性曲线和 $Q-N$ 特性曲线标在一张图纸上向用户提供, 曲线形式同水泵的特性曲线相似, 如图 2-2 所示, 这些曲线是在额定转速情况下给出的, 当风机工作在调速状态, $Q-P$ 特性曲线和 $Q-N$ 特性曲线将发生变化。

图 2-2 中, 曲线 1 为 $Q-P$ 特性曲线, 曲线 2 为 $Q-N$ 特性曲线, 曲线 3 为 $Q-\eta$ 特性曲线。一般情况下, 曲线 1 是一定提供的, 主要是为了选型方便。曲线 3 与曲线 1 和曲线 2 有一定的关系, 一般来讲, 曲线 2 和曲线 3 有一条就够了, 只是为了直观和使用方便才都提供, 曲线 2 可以查取某一工作点的功率大小, 可以比较明显地看出此功率与所使用电机的功率的对比, 以预防电动机过载, 曲线 3 可以查取某一工作点的运行效率, 它可以明显地表明风机目前的工作状态是否省电, 是否高效运行。

图 2-2 中, Q 为流量, 常用单位有: m^3/h (立方米/小时), m^3/s (立方米/秒)。 P 为全压, 常用单位有: Pa (帕), kPa (千帕), MPa (兆帕)。 N 为轴功率, 常用单位为 kW (千瓦)。 η 为风机的全压内效率 (%)。

η 与 Q 、 P 、 N 之间有如下关系

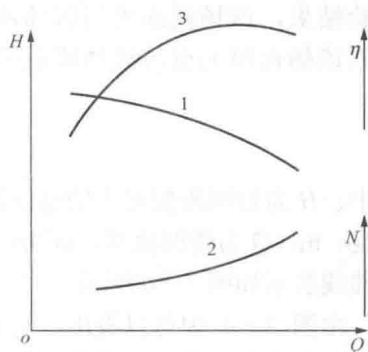


图 2-2 风机特性曲线