

国外机械工业基本情况

风 机

沈阳鼓风机研究所 徐佑民主编

机械工业出版社

1994年

(京)新登字 054 号

内容简介 本资料为《国外机械工业基本情况》的风机部分,主要介绍 80 年代中后期、90 年代初期,美、日、德、意、俄等国的透平压缩机、鼓风机、通风机产品,制造技术、企业及科研发展方向等方面的情况。本资料可供专业科技人员、管理人员和教学工作者参考。

风 机

沈阳鼓风机研究所 徐佑民 主编

*

责任编辑:朱 峰

*

机械工业出版社(北京阜成门外百万庄南街一号)

邮政编码:100037

(北京市书刊出版业营业许可证出字第 117 号)

沈阳鼓风机厂印刷厂印刷

*

开本 787×1092¹/₁₆·印张 ·插页 ·字数 千字

1994 年 10 月北京第 1 版·1994 年 10 月沈阳第 1 次印刷

印数 00 001—1000 定价:20 元

ISBN 7-111-04272-7/TH·537

出版说明

机械工业肩负着为国民经济各部门提供实用、先进的技术装备的重任。为适应社会主义市场经济体制的发展要求,必须大力发展机械工业。上质量、上品种、上水平,提高经济效益,是今后一个时期机械工业的战略任务。为了借鉴国外机械工业的发展道路、措施方法和经验教训,了解国外机械工业的生产、技术和管理水平,以便探索我国机械工业在社会主义市场经济体制下自我完善的发展道路,我们组织编写了第四轮《国外机械工业基本情况》。这一轮是在前三轮的基础上,围绕我国机械系统各行业和专业的发展战略,针对我国机械工业的技术发展的实际要求,全面系统地介绍国外机械系统各行业、企业、生产技术和科学研究等方面的综合情况,着重报道了国外机械工业 80 年代中后期到 90 年代初期的水平及到本世纪末的发展趋向。

第四轮《国外机械工业基本情况》共 60 多分册,编写人员达 500 余人。本书为《风机》分册,由沈阳鼓风机研究所徐佑民主编,责任编辑:朱峰

机械工业部科技信息研究院

前 言

本书是在第三轮《风机》分册的基础上,承前启后,全面总结了 80 年代中后期国外风机发展的基本情况。本书按国别,分别介绍了美国、日本、德国、意大利、瑞士、英国、法国和独联体的风机行业与企业的生产规模、经营状况和企业管理经验;风机产品的设计水平和科研发展方向。

本书对制定我国风机行业和企业的发展规划以及技术政策,开发新产品,确定科技攻关项目,赶超当代国际先进水平,开拓国内外市场等方面,均具有重要的参考价值,其社会效益是巨大的。

本书的主编单位是沈阳鼓风机研究所。参加编写的有以下人员:

- 1 综述 徐佑民
 - 2 国外主要企业概况 徐佑民
 - 3 国外风机产品概况 王志清、董乃莹、刘义福、卢鹏飞、王贞祺、唐大生、李全、江枫、徐佑民
 - 4 设计水平及科研状况 徐忠、蔡兆林、童榴生
- 参加资料搜集和整理工作的有:王金才、宁宣绥、曹静、于绍和、龚淑清、刘宪贵、夏勃然、宛莹、彭秀曼、唐镛

目 录

1 综述	(1)
1.1 概况	(1)
1.2 高效化	(2)
1.3 高速小型化	(4)
1.4 低噪声化	(5)
1.5 计算机集成制造技术(CIM)在风机中的应用	(6)
参考文献	(7)
2 国外主要企业概况	(9)
2.1 美国	(9)
2.1.1 德莱赛——兰德公司	(9)
2.1.2 英格索兰公司	(10)
2.1.3 德拉瓦公司	(10)
2.1.4 爱利奥特公司	(11)
2.1.5 库佩尔能源服务公司	(11)
2.1.6 索拉公司	(11)
2.1.7 阿里斯——查莫斯公司	(12)
2.1.8 斯特德文特公司	(12)
2.2 日本	(13)
2.2.1 株式会社日立制作所	(13)
2.2.2 三井造船株式会社	(15)
2.2.3 三菱重工业株式会社	(15)
2.2.4 株式会社中岛制作所	(17)
2.2.5 株式会社荏原制作所	(17)
2.2.6 川崎重工业株式会社	(19)
2.2.7 石川岛播磨重工业株式会社	(19)
2.2.8 株式会社宇野泽组铁工所	(20)
2.2.9 株式会社神户制钢所	(21)
2.3 德国	(21)
2.3.1 德马格公司	(21)
2.3.2 GHH 斯特克瑞德公司	(22)
2.3.3 波尔齐格公司	(23)
2.3.4 K.K.K 公司	(23)
2.3.5 透平通风技术有限公司	(24)
2.3.6 考夫曼公司	(24)

2.4 意大利	(25)
2.4.1 新比隆公司	(25)
2.5 瑞士	(26)
2.5.1 苏尔寿公司	(26)
2.6 丹麦	(28)
2.6.1 诺狄斯克通风机有限公司	(28)
2.7 英国	(29)
2.7.1 豪登·西洛哥公司	(29)
2.8 法国	(29)
2.8.1 弗拉马托公司	(29)
2.9 独联体	(30)
2.9.1 俄罗斯瓦工厂	(30)
参考文献	(32)
3 国外风机产品概况	(33)
3.1 矿井通风机	(33)
3.1.1 矿井主通风机	(33)
3.1.2 矿井局部通风机	(35)
3.2 电站锅炉鼓、引风机	(38)
3.3 冷却塔风机	(40)
3.4 轴流压缩机	(42)
3.5 烧结引风机	(46)
3.6 高炉煤气余压回收透平发电装置	(47)
3.7 曝气鼓风机	(49)
3.8 高温风机	(50)
3.9 屋顶通风机	(54)
3.10 空分装置用压缩机	(57)
3.10.1 空气压缩机	(57)
3.10.2 氧气压缩机	(60)
3.10.3 氮气压缩机	(61)
3.11 管线压缩机	(61)
3.12 石油与化工用压缩机	(63)
3.12.1 催化裂化装置压缩机	(63)
3.12.2 富氢循环气压缩机	(63)
3.12.3 乙烯装置用压缩机	(65)
3.12.4 合成氨化肥厂用压缩机	(66)
3.12.5 合成甲醇用压缩机	(67)
3.13 风洞用风机	(67)
3.14 罗茨鼓风机	(68)
参考文献	(74)
4 设计水平及科研状况	(76)
4.1 设计水平及科研动向	(76)
4.1.1 现代设计方法概况	(76)
4.1.2 不稳定流动的研究	(79)

4.1.3	风机噪声及其控制	(80)
4.1.4	气动计算	(83)
4.1.5	气固两相流动	(90)
4.1.6	热力计算	(92)
4.1.7	气体密封与磁力轴承	(95)
4.1.8	透平压缩机的强度与振动	(97)
4.2	测试技术	(99)
4.3	国外科研机构	(101)
4.3.1	美国	(101)
4.3.2	日本	(103)
4.3.3	英国	(104)
4.3.4	德国	(105)
4.3.5	法国	(106)
4.3.6	奥地利	(106)
4.3.7	比利时	(106)
4.3.8	加拿大	(106)
4.3.9	意大利	(106)
4.3.10	独联体	(107)
	参考文献	(107)

1 综 述

1.1 概 况

进入 80 年代以来,欧美等西方发达国家经济增长速度缓慢,工业产品的国际市场竞争日趋激烈,企业集团化、一体化已成为国际经济发展的重要趋势。

国外风机(包括透平式压缩机、鼓风机、通风机)的发展受欧美经济低速增长的影响,在高压化、大型化方面的发展速度趋于缓慢,但是风机制造公司特别是制造透平压缩机的主要公司为了在世界机市场竞争中取胜,都在积极将当代科技的最新成果和专利技术应用到透平压缩机的设计与制造技术上,千方百计地用最新技术优势在竞争中夺标,因而进一步地推动了风机技术的发展。技术密集型的透平压缩机则集中代表了这个趋势。

据 90 年代“国际透平机械手册”介绍的国外 19 个公司的产品性能分析,国外透平压缩机、鼓风机无论在进口流量、排气压力,还是转速和效率都比 80 年代的产品有明显的提高。此外风机市场也由西欧和北美转向石油和石化工业处于发展时期的中东及亚太地区。

随着世界范围内能源短缺及经济增长对能源需求的增大,迫切要求人们节省能源和减少环境污染。各国透平机械的发展都紧紧围绕节能和保护环境这个总目标,开展了高效、高速、低噪声和计算机集成制造技术的研究。80 年代中期,高速气体轴承、励磁磁力轴承、流体旋转气体密封和膜片式联轴器在透平压缩机上的应用,对研制高速高压离心式压缩机,废除压缩机密封油系统,实现无油润滑有了突破性的进展,大大提高了离心压缩机运行的可靠性。

目前国外风机产品的发展趋势之一仍是向大容量化发展。随着火电站、石油化工流程、冶金等工业装置的大型化,需要各种类型的通风机、鼓风机、透平压缩机及轴流—离心复合式压缩机。以炼油装置为例,60 年代到 80 年代,炼油厂规模从 180 万 t/年提高到 500 万 t/年,到 90 年代初,原油加工能力已达 1000 万 t/年~2000 万 t/年。炼油厂规模大型化后带来很大的经济效益。据报导,当规模由 600 万 t/年提高到 1200 万 t/年时,投资减少 23%~25%,生产费用降低 12%~15%,劳动生产率提高 25%~27%。随着炼油厂规模的扩大,国外炼油单元装置的能力也不断提高。如催化裂化装置已达 600 万 t/年(美国埃克森公司),加氢精制已达 626 万 t/年(美国埃克森公司)。目前 600~1300MW 火电站所需要的大型轴流或离心通风机、引风机已投入运行,年产 30~90 万 t 乙烯装置和年产 30~68 万 t 合成氨装置的各种大流量离心压缩机也在运行之中,冶金工业高炉、炼油厂用的大型轴流压缩机功率已达 60000~70000kW。

随着新技术、新型气体密封、磁力轴承和无润滑联轴器的出现,新工业领域需要开发超高压压缩机和超小流量压缩机,便是风机发展趋势的另一种表现。在国外,流量为 0.5~10m³/min 氮气压缩机已用于核反应堆上,蒸汽压缩机、环保工业曝气鼓风机、家电工业所需小流量的通风机也在广泛的发展。油田注气、各类聚合工业所需的超高压压缩机的设计压力已高达 70~235.2MPa。另外,在某些工艺流程中随着节能化的研究、新触媒的出现,在降低合成压力上已取得明显的效果。如低密度聚乙烯流程中,70 年代其合成压力要求 200~3000MPa,一般需要选用往复式压缩机,而现在只需要 2~8MPa 中等压力即可达到合成的目的,且选用透平

压缩机就能满足需要。合成氨装置也是如此,合成压力已从 35MPa 降到 14MPa。从总的趋势看来,在风机朝高压化发展的前提下,国外还在致力于降低某些聚合工业合成压力的研究。避免高压化带来的问题,已逐渐引起人们的重视。

表 1—1 列出目前世界上 5 种风机单项参数的最高水平。

表 1—1 80 年代风机单项参数最高水平

风机类别	用途	单 项 参 数				制造厂家
		进口流量	排气压力	转 速	功 率	
		(m ³ /min)	(MPa)	(r/min)	(kW)	
离心压缩机	聚乙烯装置		235.2	35000		意大利新比隆
离心压缩机	高压循环压缩机	50	39.2	120000	20000	德国 GHH
轴流压缩机	天然气液化	—	—	3430	88000	瑞士苏尔寿
轴流通风机	风洞通风机	660000	—	—	80000	德国 TLT 公司
轴流通风机	冷却塔风机	450000	—	—	—	荷兰

1.2 高效化

80 年代中期之后,各种风机在高效、节能化发展的总趋势下,通过应用叶轮、扩压器、蜗壳以及轴承密封等当代科技的最新成果,采用先进工艺和设备,提高了制造精度,使风机的效率不同程度地提高了 5%~10%。在离心式压缩机、鼓风机和通风机产品中,三元流动叶轮得到了普遍的应用与推广,不仅 b_2/D_2 较宽的叶轮适用于大流量,而且中窄三元叶轮的开发,使大中流量的离心压缩机叶轮可以实现全部选用三元流动叶轮。目前全部采用三元流动叶轮组成的离心压缩机已在国外市场上出现。 b_2/D_2 大于 0.1 的超宽叶轮、 b_2/D_2 为 0.03 的中窄宽度叶轮、混流型三元流动叶轮,已被国外各大公司定为重点发展产品。

近年来,制造通风机的厂商越来越多的在离心通风机中采用三元流动叶轮,效率比原有的离心通风机提高 10%。大型离心通风机,出现了采用较大直径,较窄宽度叶轮,较高转速的高效结构,其最高效率可达 86%。

在透平压缩机方面,随着计算机的迅速发展及流场计算分析的应用,三元流动叶轮理论研究已从准三元流动叶轮发展到全三元流动的叶轮。三元流动分析法不仅用于叶轮设计,还发展到叶片扩压器静止元件设计中,以期达到最高的机组效率。从产品构成来看,具有较高效率的多轴式、双轴四级式、轴流—离心复合式压缩机的品种和应用范围也有扩大的趋势。其中日立公司 DH 型双轴四级式压缩机和苏尔寿公司 ARI 型轴流—离心复合式压缩机的等温效率均已达到 74%~75%。

单轴多级式离心压缩机的效率近几年来也有所提高。日本最近研制的单轴四级离心压缩机,流量达到 2750m³/min,轴功率为 13230kW,由于首级叶轮采用比速度为 550(m³/min、r/min、m)的三元混流型叶轮,压缩机的效率比同类型离心式压缩机的效率提高了 5%~6%。

为了提高大型合成氨装置用离心压缩机的效率,日本三菱重工除了采用三元流动叶轮外,还采用大流量系数的叶轮级并提高转子转速,将转速由 10000~12000r/min 提高到 15540r/min。

日本三菱重工为年产 20 万 t 乙烯装置制造的高性能大容量离心压缩机,整机采用了新型高效三元流动叶轮,并对定子流道形状作了优化设计,同时还采用了直接润滑型轴承,使压缩机的效率提高了 3%~6%。

日本神户制钢所在双轴四级组装式离心压缩机基础上研制的三轴六级压缩机,叶轮采用开式后掠三元叶片,叶轮出口处的扩压器装有可调叶片,能使压缩机的效率提高 5%~6%。

德国 MAN GHH 公司采用变化入口预旋速度分配、降低反动度(从 100%降到 70%)和改进动叶叶型等措施来提高压缩机效率。新设计的无中间冷却的轴流压缩机,前 6 级的反动度大约为 70%,以后各级的反动度为 100%,最后一级为离心级,装一个“后掠式”叶片的离心叶轮,整机效率提高 1%~2%。

为提高轴流压缩机的压比,减少级数,扩大工况范围,德国德马格公司开发了 D₀A₃ 型翼型叶栅,美国 NACA 开发了 BWAZ 翼型叶栅,德国 GHH 公司研制了 CDA 叶型。

对于某些效率较高的透平压缩机,如双轴组装式压缩机,继续提高气动效率已十分困难,开始转向研究减少机械损失的方法,如通过缩小轴径,采用低损耗轴承等,可将压缩机效率提高 1%~2%。

扩大调节范围,提高变负荷条件下风机的效率,即运行效率,是风机高效化的重要方面。在目前所有调节方法中,以调节离心通风机变转速,调节轴流通风机的动叶片节距,以及调节离心式、轴流式鼓风机、压缩机的进口导叶为最佳调节方法。从已经采用的变转速调节运行的通风机来看,一般节电范围都在 20%~55%之间。

风机的变转速调节一般有变频调速、变极调速、串级调速。80 年代后期国外又新出现一种多级液力变速传动装置 MSVD(Multi Stage Variable Speed Drive)。MSVD 的突出优点是它具有机械变速传动装置可靠性高、寿命长的优点,又有变频调速效率高的优点。

随着现代电子技术的迅速发展,大功率电子器件的可靠性的提高和造价降低,采用变频调速器调节风机转速的方法在许多国家的工业领域里得到广泛应用,成为交流电机调速的最新潮流。在日本每年就有 40 万台变频器应用于交流电机的调速上。以功率为 22kW 的离心通风机为例,采用 30kVA 变频器调节风量可节电 50%以上。

德国、瑞士制造的离心鼓风机、多轴组装式压缩机,每级叶轮进口均设有可调导叶,调节范围可达到额定流量的 35%~107%,运行效率比仅在首级设有可调导叶的风机提高 2%~5%。日本神户制钢所最近制造的多轴离心压缩机,在四级入口处均装有入口可调导叶,每个调节机构均独立操作。当使流量下调至额定值的 70%~50%时,还需入口导叶和扩压器叶片同时调节,效率可提高 2%~5%。

对于大型轴流压缩机,要获得一个广阔的工作范围,首先要合理设计叶片叶栅,采用静叶可调方式对扩大工作范围的高效率区也是极其重要的,一般可达到额定流量的 55%~105%,从而弥补了轴流压缩机工况范围窄的缺点,提高了局部负荷的效率。

在风机调节方面,还可采用电子计算机(或微处理机)控制系统实现风机调节自动化、最佳化,这在许多国家已使用,开始成为代表世界科技进步的趋势之一。

日本已制造了以提高设计点效率和变负荷特性为目标、实现计算控制系统的单轴四级等温型离心压缩机。该机不仅采用三元叶轮、可调叶片扩压器和变速电机来提高设计点和变负荷条件下风机的效率,还采用了计算机程序,能在操作条件发生变化时,使压缩机运转点在最短时间内完成向最高效率点靠拢,并通过自动运行监视系统自动地进行运行数据的记录、异常现

象预测和喘振处理等,实现了电脑智能化控制,节约了能源。

1.3 高速小型化

通风机采用三元流动叶轮后,在提高效率的同时,压力也可提高 20%左右,所以在同等条件下叶轮外径可约减小 10%。同样,离心压缩机采用三元叶轮后,直径可比相应的二元叶轮直径减小 20%~30%。离心式和混流式三元叶轮推广应用在压缩机上,能取得缩小体积和减轻重量的明显效果,如德马格的 VK、HVK 型,日本的 DH 型双轴四级组装式压缩机。

提高转速也是风机小型化的重要途径之一。近年来,国外对提高转速进行了专门研究,尤以高转速、小尺寸、高效率叶轮级的研究进展更为迅速,其转速范围已达到 50000~120000r/min,特殊用途风机的叶轮外径小到 50~100mm。一般地转速在 20000~40000r/min 范围内时,叶轮直径为 100mm 左右。但是高转速,特别是超高转速,除带来转子动力学的难题之外,另一个难题是支承和止推轴承问题。因为高速旋转的轴径线速度要大大超过一般滑动轴承的许用线速度 60~80m/s。80 年代,国外采用流体动力旋转气体密封、高速气体轴承、磁力轴承、膜片联轴器等技术成果,为透平压缩机实现高速小型化创造了良好条件。

高速气体轴承是以气体作润滑剂,在高转速下轴承表面形成气膜,可以支撑转子质量,并有相当的承载能力和稳定性。国外对气体轴承的研究和应用已较为普遍,如原子反应堆的循环压缩机,冷冻机上的超小型膨胀机(转速高达 740000r/min)等,都应用了这种新型轴承。

磁力轴承是 80 年代开发的又一种用于超高速的轴承。磁力轴承是一种电磁装置,它产生的电磁力能将轴承上的转子悬浮于定子磁场中。转子在电磁力的作用下不与定子接触,处于平衡状态。磁力轴承属于非接触式,不需润滑材料,可取消润滑油路系统,电磁装置通过电子设备控制柜可实现电子监控及控制,对提高压缩机运行可靠性十分有利。

目前磁力轴承实现的技术参数可以达到以下水平:

转速范围:0~800000 r/min

转子直径:14~600mm

每个轴承的载荷:0.3~20000N

环境温度:-253~+450℃

工作环境:真空、空气、氮气、各种碳氢化合物、蒸汽、海水、液态氧及液态氢。

为了提高压缩机轴端密封可靠性,国外研制了流体动力旋转气体密封(简称气体密封)。它是靠密封面上螺旋槽中的气体的静态和动态压力的平衡达到密封的。因为两个转动的密封面不接触,故运转中无磨损,无需润滑油系统,它与磁力轴承一起使用可取消压缩机密封油系统。

1984 年美国英格索兰公司,在世界上首次实现将磁力轴承应用到管线压缩机上。

1987 年法国克雷苏—卢瓦尔公司制造的流量为 127300kg/h,功率为 4000kW 的离心压缩机采用了磁力轴承和流体旋转气体动力密封新结构,使压缩机转速提高到三阶临界转速(13600r/min)以上,最高转速可达 20000r/min。

国外主要公司在离心压缩机中应用磁力轴承的事例见表 1—2。

表 1-2 主要公司的磁力轴承在离心压缩机中的应用

生产厂家	介质	功率 (kW)	转速 (r/min)	转子重量 (kg)	轴承负荷 (kg)	开车时间	驱动方式
(美)德拉瓦公司	空气	4100	11000	350	1800	1986年	汽轮机
(美)英格索兰公司	空气	3100	14500	130	1500	1986年	汽轮机
(美)英格索兰公司	乙烯气	3360	10250	635	2040	1987年	电机
(美)德拉瓦公司	氢气	3360	10230	470	1820	1987年	电机
(法)克雷苏—卢瓦尔公司	空气	4000	136000	200	1600	1987年	电机

日本神户制钢所近年来在高速小型化方面做了大量研究并制造了数台压缩机。一般叶轮采用的速比为 300~350,但 1985 年制造的用于空分装置的流量为 3200m³/min 等温型原料气压缩机,采用三元开式叶轮,其速比高达 450,1990 年制造的苯乙烯装置用流程压缩机,其闭式叶轮的速比为 430。

美国英格索兰公司制造的 X—FLO 型混流式单级压缩机,在相同效率及相同叶轮圆周速度下,混流式叶轮要比离心式叶轮的直径减少 50%以上,而压缩机转子的转速却高一倍,从而实现了压缩机高速小型化。

日本三菱重工为 20 万 t/年乙烯装置设计的单轴六级丙烯压缩机,流量为 720m³/min,出口压力为 1.43MPa,功率为 7523kW。由于全部采用三元叶轮,转速提高 25%,使新型压缩机的效率提高了 10%,转子长度减少 14%左右,缩小了压缩机体积,减轻了重量。

在高性能透平压缩机趋向高压、高转速、高效率 and 单级大功率发展时,高速转子的振动问题已向人们提出新的研究课题。

目前国外透平机械行业为提高转子稳定性,一般都采取以下某种措施:提高转子刚性轴承的临界转速,增加轴承的阻尼作用,增加轴承在水平方向与垂直方向上的刚度不对称,可将透平压缩机转速提高到三阶临界转速以上。

1.4 低噪声化

风机的大型化和高速化使噪声问题更加突出,对此,国外各风机制造公司、研究机构都致力于降低噪声的研究。

一般降噪方法有以下几种:

(1) 适当增大叶轮与蜗舌的间隙

国外对离心通风机的试验结果得出,当蜗舌相对间隙 $\bar{\tau}$ 取 0.08~0.125,蜗舌相对圆弧半径 \bar{r} 在 0.06~0.1 之间选取时,风机的噪声最低。

(2) 在蜗舌处安装穿孔板共振器

将穿孔板共振器头部置于蜗舌处,适当调节空腔长度,能降低风机的噪声。文献[12]试验得到的结论是:当共振器空腔长度调节为风机基频旋转噪声波长的 1/4 倍时(简称 $\lambda/4$ 共振器),降低噪声效果最明显。这种方法对以旋转噪声为主的后弯离心风机效果最佳,可降低 7dB 左右。

1988 年,W·Neise,G·H·Koopmann 和 D·J·Fox 还进行了用主动声源噪声控制法

降低通风机旋转噪声的研究。据介绍,在叶轮直径为 280mm~710mm 的通风机试验中得出的结论是:可以降低通风机噪声 10~15dB,降噪效果比较显著。

(3)采用加载式叶片型线叶轮离心式通风机,这种方法能在降低风机的涡流噪声的同时,提高风机效率。

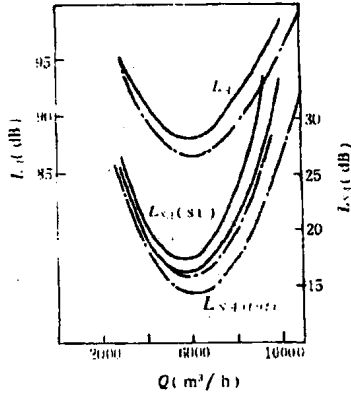


图 1-1 风机气动性能曲线

— 原型叶轮 — — 加载叶轮

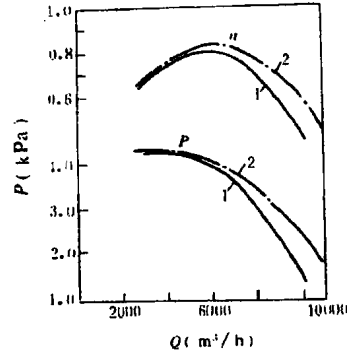


图 1-2 风机噪声性能曲线

1 - 原型直叶片叶轮 2 - 后弯加载叶片叶轮

(4)采用三元叶片叶轮有利于降低噪声

采用三元流动理论设计风机叶轮,可减少叶片进口冲击损失和流动分离,使机壳蜗舌和叶片的间隙变宽,可较大幅度地降低噪声,在部分流量条件下,噪声下降更为显著。

(5)其它方法

离心通风机的降噪措施还有倾斜蜗舌或倾斜叶片、在蜗壳内设置挡流圈、蜗舌消声器(见图 1-3)及消声蜗壳等方法;对于轴流通风机,正确选择动、静叶片数、叶尖间隙值及动、静叶片前倾等参数,均可有效地降低噪声。4.1.3 节对轴流通风机降噪措施有较细的介绍。

对于透平压缩机,降低其本身噪声(气动噪声、增速齿轮箱噪声),尚无有效方法。由于其噪声以高频为主,易于防护。所以对透平压缩机重点放在噪声防护上,即隔声、消声上。经技术处理后,可将噪声限制在一般用户可以接受的范围,85~95dB 以下。

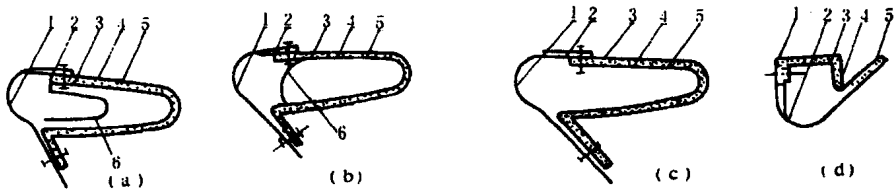


图 1-3 蜗舌消声器

1 - 穿孔蜗舌板; 2 - 风机出口; 3 - 曲线(平板)外壳; 4 - 吸声材料; 5 - 穿孔内衬; 6 - 穿孔内套

1.5 计算机集成制造技术(CIM)在风机中的应用

80年代初,电子计算机在风机设计、制造方面的应用取得了引人注目的进展。80年代中期以来,国外应用计算机辅助设计(CAD)、辅助制造(CAM)、辅助试验(CAT)和信息管理

(ADM)已十分普遍,数控机床的使用率也从10%提高到40%~50%,它对保证风机的主要零、部件的复杂型线、加工精度和产品质量起到了关键作用。

计算机及自动化技术的迅速发展,使得国外风机制造公司普遍采用计算机CAD、CAM、CAE等单元技术,并在此基础上致力于企业实现计算机集成制造技术(CIM)的应用。从世界机械工业90年代发展的总趋势看,实现产业的高度集成化和自动化是发展方向之一,CIM技术已是当今工厂自动化的热点。计算机集成制造技术(CIM)将把工厂中原来独立操作的计算机CAD、CAM、CAE、CAPP、CAPM等单元技术通过计算机集成成一个相互协调、总体优化的集成系统。它不仅能实现工厂自动化的计算机设计、制造和管理,而且还能对包括企业所面临的市场、资源等全部信息通过计算机做最优化处理,以取得最大的经济效益。据资料介绍,日本80年代末机械工业企业中采用CIM技术的企业已达41.1%。这些企业的实践表明,CIM技术能使生产周期缩短1/4,质量事故成本降低50%,新产品的开发能力提高1倍,设备的利用率提高2~3倍,明显地提高了企业的生产能力和产品质量,增强了企业对市场的应变能力。

80年代末期以来,国外一些主要透平压缩机制造公司在普遍应用计算机单元技术基础上,开始建立柔性制造系统(FMS),乃至计算机集成制造系统(CIMS),并取得了重大进展。德国德马格公司已初步集成CAD、CAM和CAE单元技术,从压缩机气动性能计算、强度分析、工作图绘制到数控程序编制,以及检验、试车测试数据的采集和处理都通过计算机联成一体。该公司有专门研究部门开发CIMS,并在逐步形成中。意大利新比隆公司是最早推行CAE、CAD、CAM企业之一,已经建立叶轮车间的自动化系统,初步实现了叶轮的柔性制造、加工过程检测监控的自动化和物流自动化。日本日立公司通过中央计算机建立的CAD、CAM和ADM(信息管理)一体化系统,开发了离心压缩机的CAD/CAM/CAT自动设计系统、管路CAD/CAM系统、工厂信息管理ADM系统等10项单元技术,目前正向集成的FMS柔性制造系统过渡。

随着计算机集成制造技术在风机设计、制造、试验及运行方面的广泛应用,已经成为推动风机(尤其是透平压缩机)向高效化、大容量化方向发展的重要因素。对于提高产品质量、技术水平、缩短新产品研制周期、降低产品成本、提高企业竞争能力,都将发挥巨大的作用。

参考文献

- 1 石油化工技术经济. 1990(3), 72~74.
- 2 马将发,刘光铸. 风机制造技术现状及发展. 中国工程热物理学会第七届年会 907034, 1990.
- 3 [日]坂口顺一. 离心压缩机的最近发展趋势. 夕一尔机械, 1989(3).
- 4 科技动态. 化工机械, 1989(3).
- 5 [日]神户制钢技报. 199040(4).
- 6 卢鹏飞. GHH工业轴流压缩机技术的新发展. 风机技术, 1988(3).
- 7 [日]神户制钢技报. 1990, 40(2).
- 8 [日]神户制钢技报. 1991, 41(1).
- 9 B·Gilbert. Unnouveau Compresseur Dynamique. Mono-etaage. Techn mod, 1987.
- 10 [日]片山一三等. 高性能大容量离心压缩机的开发. 夕一尔机械, 1989(2).
- 11 钟芳源编译. 叶片机械气动声学论文集. 机械工业出版社, 1987.
- 12 W·Neise, G·H·Koopmann. Noise Reduction on the Centrifugal Suction Fan of a Berlin Street Sweeper Truck. Noise Control Engineering. 1984(9~10).

- 13 G · H · Koopmann, D · J · Foxand, W · Neise . Active Source Cancellation of the Blade Fone Fundamental amd Harmonics in Centrifugal Fans . Journal of Sound and Vibration . 1988,126(2).
- 14 [日]石上耀一 . 三元叶片通风机与节能 . 风机技术,1986(1).
- 15 [日]大鸟胜久 . 三菱电机技报 . 1991,65(4).
- 16 [日]吉永洋一 . 世界压缩机的研究与研制动向 . 夕一尔机械,1991(1).
- 17 [美]Turbomachinery International Handbook. 1990~1992.

2 国外主要企业概况

2.1 美国

2.1.1 德莱赛—兰德公司(Dresser—Rand Co)

地址:Po Box560,Olean NY1476。

电话:716—375—3608

公司概况 德莱赛—兰德公司是由德莱赛公司克拉克分部与英格索兰公司双方各占50%的股份于1987年1月合营成立的新公司。该公司继承了原来两家公司在世界各地经营的业务。英格索兰公司除了保留Centac系列压缩机的制造权外,其余部份都转到德莱赛—兰德公司。

德莱赛—兰德公司及其在世界各地的子公司、联营公司拥有10家制造厂及试验室,70个办事处,30个维修服务中心。是美国制造透平压缩机最大的公司之一。

该公司设有汽轮机、电动机和发电机部、透平机械部、发动机工艺压缩机部、气体压缩机服务部和产品支援部。

透平(涡轮)机械部的总部设在纽约奥利安(Olean New York)。主要负责制造透平压缩机、中间冷却装置、高温燃气膨胀透平、螺杆压缩机和管线压缩机。

产品概况 该公司主要产品有离心压缩机、轴流压缩机、汽轮机、燃气轮及往复式压缩机等。

英格索兰公司负责制造透平压缩机的新泽西州的菲利普斯堡(Phillipsburg)厂已搬到德莱赛工业公司克拉克分部(公司)制造透平压缩机的奥利安二厂。新公司的透平压缩机性能参数见表2—1。

表 2—1 德莱赛—兰德公司制造的透平压缩机的主要参数

型 式	系列代号	进口流量范围 m ³ /(min)	排气压力范围 (MPa)
水平剖分型离心式压缩机	M	125~10285	1.37~5.7
	CVM	~3100	~1.2
筒型离心式压缩机	B	21~10285	1.96~72
	FS,CVS	108~4200	0.17~76
	MG	~110	~1.4
水平剖分等温型(每级冷却)离心式压缩机	H	228~1200	0.9~3.7
管线离心式压缩机	P,CDP,CVP	514~910	~12.6

型 式	系列代号	进口流量范围 $\text{m}^3/(\text{min})$	排气压力范围 (MPa)
双级四级等温组装离心式压缩机	ISOFAC	48~4000	0.69~4.1
	CVC	600~2200	0.2~1.3
轴流式压缩机	AG	1050~10500	压比 3.0
轴流—离心复合式压缩机	AGr	1100~10000	0.8~1.0
	AK		
	AKF		
	AR		

2.1.2 英格索兰公司(Ingersoll-Rand Co)

该公司于 1937 年 1 月与德莱赛工业公司合营成立了德莱赛—兰德公司。目前英格索兰公司的主要产品有往复式压缩机及小流量组装式压缩机(包括离心式与混流式)。其中组装式透平压缩机性能参数见表 2-2。

表 2-2 英格索兰公司制造的透平压缩机的性能参数

型 式	进口流量范围 (m^3/min)	排气压力范围 (MPa)
Centac 型	35~425	0.4~1.15
Centac I 型	40~375	0.7~2.3
X-FLO 型	20~1600	0.035~0.28

2.1.3 德拉瓦公司(IMO Delaval Inc)

产品概况 德拉瓦公司的主要产品有筒型和水平剖分型离心式压缩机、管线型离心式压缩机、轴流—离心复合式压缩机、往复式压缩机及汽轮机等。

德拉瓦公司于 1986 年成功的制造了无油透平压缩机,并在 PV 管线型压缩机上采用干气体密封和激励磁力轴承,实现了无密封油装置。

德拉瓦公司制造的透平压缩机的参数见表 2-3。

表 2-3 德拉瓦公司制造的透平压缩机的参数

型 式	进口流量 (m^3/min)	排气压力 (MPa)
离心压缩机		
C 水平剖分型	6600	5.49
B 筒 型	6600	45.10
PV 单级管线型	857	压比 1.2~1.5
BV 多级管线型	857	压比 1.2~1.5
轴流—离心复合式压缩机(GHH 专利)	1100~10000	0.8~1.0

70 年代,我国引进的年产 30 万 t 合成氨设备中,除了氮氢气压缩机由美国克拉克公司制造外,原料气压缩机与蒸汽透平、空气压缩机与蒸汽透平,氨气压缩机与蒸汽透平均为德拉瓦