



“十三五”普通高等教育规划教材

电站风机 应用技术与实践

北京能源集团有限责任公司
东南大学 编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



“十三五”普通高等教育规划教材

电站风机 应用技术与实践

北京能源集团有限责任公司
东南大学 编

内 容 提 要

本书为“十三五”普通高等教育规划教材，主要讲述电站风机的“选、用、修”和故障预防，依据丰富的风机应用数据和实例，研究分析了最新的电站风机应用技术。

本书共九章，其中第一章和第二章介绍了电站风机应用的基础知识；第三章论述电站风机现场性能试验和风量标定相关内容；第四章论述电站风机选型相关内容；第五章至第七章围绕“用”风机分别阐述了电站风机运行、烟风系统参数分布和节能技术的机理及特性；第八章和第九章以电站风机故障预防为主线，围绕“修”风机论述检修维护及典型故障分析处理的相关内容。本书附有30个附录，以方便广大技术人员在工程应用中查阅和参考。

本书适用于普通高等院校能源与动力工程专业本科生和研究生学习使用，并可供广大从事风机设计、运行、维修等工作的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电站风机应用技术与实践 / 北京能源集团有限责任公司, 东南大学编. —北京: 中国电力出版社, 2017.3 (2017.4 重印)

“十三五”普通高等教育规划教材

ISBN 978-7-5198-0368-1

I. ①电… II. ①北…②东… III. ①火电厂—锅炉—鼓风机—高等学校—教材 IV. ①M621.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第027150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) 李建强(010-63412378)

责任校对: 马 宁

装帧设计: 王英磊 赵姗杉

责任印制: 吴 迪

印 刷: 北京博图彩色印刷有限公司

版 次: 2017年3月第一版

印 次: 2017年4月北京第二次印刷

开 本: 787毫米×1092毫米 16开本

印 张: 28.75

字 数: 707千字

定 价: 68.00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

本书编委会

主 任	郭明星				
副 主 任	刘海峡	关天罡			
主 编	金生祥				
副 主 编	储炳南	李春喜	韦红旗		
编写人员	金生祥	储炳南	李春喜	韦红旗	何奇善
	李前宇	刘 炜	张宝林	张秉权	王 清
	周向涛	张 奇	刘金学	王 斌	邓建平
	吴莉娟	唐任宗	姜静波	解 涛	黄 斌
	马更生	李永富	洪喜生	康正文	穆 楠
	赵晓鹏	刘 吉	刘 和	孙志坚	



本书评审委员会

主任委员 刘家钰

副主任委员 胥建群

委 员 赵振宁 吕玉坤 杨树庭

王英丰 韦红旗

电站风机通常包括电站锅炉的送风机、引风机、一次风机、脱硫增压风机、磨煤机密封风机等，其中前三者是电站锅炉烟风系统的核心设备，一般称为电站锅炉的“三大风机”，其耗电量相当大。因此，提高风机运行的可靠性、降低风机的耗电率对电站的安全经济运行有着十分重要的现实意义。

节能减排一直是煤电企业的主旋律，也是加快推动能源生产和消费革命的必然要求。国家发展改革委、环境保护部、国家能源局于2014年9月12日联合印发了《煤电节能减排升级与改造行动计划（2014—2020年）》（发改能源〔2014〕2093号），明确提出要坚持“节约、清洁、安全”的战略方针，重点实施“节能优先、绿色低碳、立足国内、创新驱动”四大战略，加快构建低碳、高效、可持续的现代能源体系，对燃煤机组提出了更为严格的煤耗和污染物排放限值要求：到2020年，现役燃煤发电机组改造后平均供电煤耗低于310克/千瓦时，全国所有具备改造条件的燃煤电厂力争实现超低排放（即在基准含氧量6%的条件下，烟尘、二氧化硫、氮氧化物排放浓度分别不高于10、35、50毫克/立方米）。

按照上述要求，“十三五”期间，我国煤电机组的节能减排压力相当大。当前煤电机组深度节能改造和超低排放改造工作正在如火如荼地全面开展，在传统锅炉烟风系统和环保设备的基础上，新的节能环保设备相继涌现，这其中就对电站风机的可靠性、运行效率以及烟风系统的整体优化设计提出了更高要求。一方面，将增加锅炉烟风系统的阻力，三大风机的总功耗会显著上升；另一方面，锅炉烟风系统的构成越来越复杂，设备运行工况的变化频繁，设备间的耦合关联度更强，发生阻力高、积灰、磨损、风机失速或抢风等不稳定问题的几率明显提高，这对电站风机及其系统的运行可靠性、稳定性提出了较大挑战。因此，愈发迫切需要精细化的电站风机应用技术，重视烟风系统流场、浓度场均匀性的研究，强化相关技术实践的总结。

近八年来，作者及研究团队，理论紧密结合实际，共同合作开展了一系列的电站锅炉烟风系统配置选型优化、性能诊断与后评价、流场治理与相关技术改造等专项工作，从生产实践中积累了工程素材和大量试验数据。作者及其团队组织编写了这本《电站风机应用技术与实践》一书。该书图文并茂，内容简明而系统，是一本易懂的工程技术参考书，该书不仅提供了选好风机的条件，而且提供了用好风机的方法、修好风机的重点；还有烟风系统整体优化的方向，同时将管好风机贯穿到“选、用、修”的各个环节，为机组节能降耗奠定基础。因此，本书对我国电站风机优化设计和选型，烟风系统试验研究以及电厂节能降耗方面有很好的参考作用和实用价值；本书既可作为热能与动力工程专业本科高年级学生的选修课教材，也可供有关专业研究生及从事电站设计、研究、试验、运行和检修等工作的技术人员和管理人员阅读参考。

由于本书编写时间仓促，加上涉及专业领域广、工程技术发展迅速等客观原因，书中疏漏、欠妥之处在所难免。相信读者会热情帮助他们，促使本书日臻完善。

希望本书的出版，能够对提高电站风机应用技术水平、推动煤电机组节能降耗工作起到积极的作用；也希望以这本书出版为契机，加快新的电站风机技术研究和应用，为我国“新常态”的经济发展提供更充沛的电力保障。



2017年2月6日

按国家《煤电节能减排升级与改造行动计划》(2014—2020年)和《全面实施燃煤电厂超低排放和节能改造工作方案》的要求,各发电集团和发电公司积极组织节能升级改造工作,实现节能降耗和污染物超低排放。2015年我国300MW及以上容量机组平均供电煤耗为315克/千瓦时,锅炉一次风机、送风机和引风机耗电占厂用电量的34%以上。电站风机一直是煤电机组安全、稳定运行和节能降耗工作的重要组成部分。特别是在当前电力形势下,节能减排工作迫切需要相关人员全面掌握和应用成熟、先进的风机技术。

京能集团2000多万千瓦的装机容量中,煤电机组配置了200多台电站风机,涵盖了国内外主要设备厂家的多种风机。从2008年开始,京能集团联合设计院、高校及科研院所积极进行电站锅炉烟风系统配置、选型优化及后评价专项工作。经过8年多的工作积累,京能集团在风机性能试验、选型、检修维护、运行管理、节能应用、故障处理等方面积累了丰富的经验和一手数据,并对烟风系统参数分布特性进行了深入研究。

2015年5月,京能集团组织相关人员,对集团内相关资料和数据进行汇编整理,并联合东南大学开始编写工作。经过初编、统编、精编、校对、内审和外审等工作,逐步优化结构,夯实内容,编写成了《电站风机应用技术与实践》一书。本书编著内容以风机稳定、高效运行和合理组织流场为主线,结合当前电力生产形势,围绕风机“选、用、修、管”,从基础知识开始,并通过工程案例将理论分析拓展融合到风机的应用技术中,理论与工程实践相辅相成,深入浅出,图文并茂。本书适用于普通高等院校能源与动力工程专业本科生和研究生以及相关生产技术人员参考使用。

京能集团也希望通过此书能与各发电集团和发电公司互相借鉴,互相学习,共同促进国内电站风机应用技术的不断提高。



2017年1月18日

2015年我国煤电装机容量8.84亿kW，发电量3.7649万亿kWh，发电份额达到67.18%。而在燃煤机组中，风机一直是电厂设备安全、稳定运行和节能降耗工作的重要组成部分，风机在电厂中的运行状态直接体现出国内风机制造、电厂运维及节能管理的水平。

随着中国经济的快速发展，中国电力事业在几十年内也取得了显著进步。电站风机设计、制造和应用水平不断提高，相关资料和书籍也百花齐放。但在风机设计方面的相关专著中鲜有对应用中出现的实际问题进行研究论述的，在风机应用专著中又很少针对工程实践进行理论分析研究的。鉴于此，京能集团联合东南大学紧密结合当前电力生产形势，围绕风机选、用、修和故障预防，根据丰富的风机应用数据和实例研究分析了最新的电站风机应用技术，编著了本书。本书为高等院校师生提供了丰富的工程素材，以便于师生更好地理解、掌握和应用教材内容，也为电力行业广大管理和技术人员在风机应用领域提供参考和指导。

本书第一章主要介绍电站风机应用技术研究和工程实践中所需的风机基础知识，包括风机的分类、典型风机的结构和特点、风机的型号、气体状态与物性参数、风机性能参数、风机相似理论与风机性能曲线等，为后续章节内容的理解、分析和应用做好铺垫，提供了相关基础理论知识的应用分析、公式推导、参数计算的实例。

第二章简要论述电站风机与系统，全面认识风机在火力发电厂中各系统的配置、功能和特点。这些系统主要包括送风系统、烟气系统、制粉系统、脱硫系统、循环流化床风机系统、空冷风机及冷却系统等，并以300、600MW和1000MW等级机组风机配置实例加以说明。

第三章主要论述电站风机现场性能试验和风量标定，在讲述性能试验基本内容的基础上强调试验组织、配合、分工和试验结果应用，规范操作，统一认识，同时为风机选型技术工作做好准备。

第四章围绕风机选型环节阐述风机选型原则，流量和压力计算方法，流量裕量、全压裕量、失速裕量、电动机容量裕量的选择和技术管理工作，同时提供了计算实例和选型实例以方便读者理解和应用。

第五章论述风机运行，围绕“用”风机阐述了风机运行的调节机理、运行特性、逻辑控制和风机运行操作要点，以更好地实现风机和管网的匹配和相互适应，满足生产需求。

第六章论述烟风系统参数分布特性。烟风系统参数合理分布是系统安全、节能和超低排放的基本要求，并与风机的技术应用密切相关。本章提供了送风管道、磨煤机入口风道、磨煤机出口煤粉管道、脱硝系统进出口烟道、回转式空预器前后烟道、除尘器进出口烟道、引风机进出口烟道、脱硫系统进口烟道及风门挡板调节特性的工程实践研究成果。

第七章论述电站风机节能技术，分析和研究不同节能技术的思路、原理和特性，并配以节能实

例说明技术特点。主要内容包括单双列布置对比，引增分合布置对比，变转速应用技术，烟风系统优化，漏风治理，运行优化及其他节能技术，并对设置电力负荷中心、给水泵汽轮机驱动引风机等电站风机的前沿节能技术进行了重点论述。

第八章围绕“修”风机阐述风机的检修策略、检修与维护方法、检修全过程管理等内容。主要内容以检修维护的方法和管理并重，从生产实践中总结出检修维护管理的建议供读者参考。

第九章以风机“故障预防”为主线，论述电站风机典型故障分析与处理。典型故障主要包括风机振动大、轴承温度高、风机叶片磨损和积灰、轴弯曲、动叶调节系统故障等，这些典型故障的分析和处理具有很好的借鉴与指导意义。

本书编著内容主要引用了京能集团下属各发电公司相关资料、数据以及东南大学多年风机试验和相关研究资料。本书的编著过程得到了华北电力设计院工程有限公司张广文、华能南京金陵发电有限公司李斌、豪顿华工程有限公司王英丰、福思力智科技（北京）有限公司张宏博、南京博沃科技发展有限公司何长征和李文霞的协助，并得到了东方锅炉厂、上海锅炉厂、北京巴威锅炉厂、成都鼓风机厂、上海鼓风机厂以及脱硝、除尘、脱硫等主要环保设备厂家的大力支持，限于篇幅，未能一一列出，谨此向有关作者和单位致以衷心的感谢！

对评审专家刘家钰（西安热工院有限公司）、胥建群（东南大学）、赵振宁（华北电力科学研究院有限责任公司）、吕玉坤（华北电力大学）、杨树庭（华能左权煤电有限责任公司）、王英丰（豪顿华工程有限公司）的斧正和建议，在此一并表示感谢！

时间及水平所限，疏漏与不足之处在所难免，敬请读者给予批评、指正。

编委会

2016年12月于北京CBD国际大厦

序一
序二
前言

第一章 风机基础知识	1
第一节 风机概述	1
第二节 气体主要状态与物性参数	13
第三节 气体在风机中的状态变化过程	20
第四节 风机性能参数	22
第五节 风机主要性能曲线	36
第二章 电站风机与系统	51
第一节 送风机及送风系统	51
第二节 引风机及烟气系统	52
第三节 一次风机、排粉机及制粉系统	53
第四节 增压风机、氧化风机及脱硫系统	56
第五节 循环流化床锅炉风机	57
第六节 空冷风机及冷却系统	58
第七节 其他电站风机	58
第八节 电站风机配置实例	59
第三章 电站风机现场性能试验和风量标定	65
第一节 试验主要参数的测量方法	65
第二节 试验的前期准备	67
第三节 试验中的注意事项	70
第四节 试验数据处理与报告编制	72
第五节 试验结果的应用	76
第六节 电站风机现场试验的实例	76
第七节 在线风量标定	76
第四章 电站风机的选型	84
第一节 电站风机选型原则与方法	84
第二节 风机选型流量的确定	102
第三节 风机选型压力的确定	115
第四节 风机选型失速裕量的确定	153

第五节	风机电动机选型容量裕量的确定	155
第六节	电站风机选型实例	161
第五章	风机运行	175
第一节	风机运行调节机理	175
第二节	典型电站风机的运行特性	193
第三节	电站风机的控制	199
第四节	电站风机的运行操作要点分析	208
第六章	烟风系统参数分布特性分析	214
第一节	送风管道流场分布特性	214
第二节	磨煤机入口风道气流分布特性	220
第三节	磨煤机出口煤粉管道气流分布特性	223
第四节	脱硝系统进出口烟道流场分布特性	225
第五节	回转式空气预热器前后烟道温度场和氧量分布特性	231
第六节	除尘器进出口烟道流场分布特性	235
第七节	引风机进出口烟道参数分布特性	240
第八节	脱硫系统进口烟道流场分布特性	247
第九节	风门挡板特性	249
第七章	电站风机节能技术	256
第一节	优化系统配置	257
第二节	变转速应用	263
第三节	烟风系统优化	284
第四节	漏风治理	293
第五节	运行优化	296
第六节	其他	302
第八章	电站风机检修与维护	306
第一节	风机检修策略	306
第二节	风机的检修与维护	308
第三节	风机检修全过程管理	315
第九章	电站风机典型故障分析与处理	324
第一节	风机振动大的故障分析与处理	324
第二节	风机轴承温度高的故障分析及处理	333
第三节	磨损和积灰引起风机故障的原因分析及处理	342
第四节	风机动叶调节系统故障	343
第五节	风机出力不足	346
第六节	运行不当	349
第七节	润滑油系统故障	351
第八节	轴弯曲	354

第九节 多级离心鼓风机故障分析与处理	355
第十节 单级高速离心风机故障分析及处理	357
第十一节 罗茨风机故障分析与处理	358
附录	367
附录 1 压力的单位换算表	367
附录 2 体积流量的单位换算表	367
附录 3 功率的单位换算表	368
附录 4 标准大气压力 ($p=1.01325 \times 10^5$ Pa) 下干空气的热物理性质表	368
附录 5 标准大气压力 ($p=1.01325 \times 10^5$ Pa) 下二氧化碳、氢气、氧气的热物理性质表	369
附录 6 标准大气压力 ($p=1.01325 \times 10^5$ Pa) 下标准烟气的热物理性质表	370
附录 7 300MW 循环流化床机组 1MW 以上风机配置情况统计表	370
附录 8 300MW 循环流化床机组 1MW 以下风机配置情况统计表	371
附录 9 600MW 等级机组 1MW 以上风机配置情况统计表	373
附录 10 600MW 等级机组 1MW 以下风机配置情况统计表	374
附录 11 1000MW 等级机组 1MW 以上风机配置情况统计表	377
附录 12 1000MW 等级机组 1MW 以下风机配置情况统计表	378
附录 13 空气含湿量和温度表	382
附录 14 确定烟气中水蒸气容积份额的线算图	382
附录 15 锅炉过量空气系数取值范围表	383
附录 16 固态排渣煤粉炉一次风率选取范围表	383
附录 17 额定负荷下锅炉厂热力计算中常采用的炉膛及烟道漏风系数表	383
附录 18 用于计算烟尘浓度的锅炉飞灰份额取值参考表	384
附录 19 火力发电厂常用管道材料粗糙度表	384
附录 20 不同障碍物的局部阻力系数	384
附录 21 典型风机入口管道的阻力系数	386
附录 22 典型突扩或突缩的管段各种结构的阻力系数	387
附录 23 典型渐扩管和渐缩管及其他过渡管段的阻力系数	388
附录 24 不同形状弯管的阻力系数	401
附录 25 各种汇流和分流管段的阻力系数	412
附录 26 不同管道阀门的阻力系数	426
附录 27 某 2×660 MW 机组锅炉风机现场性能试验方案样本	427
附录 28 某 2×660 MW 机组锅炉风机现场性能试验技术报告样本	433
附录 29 某 300MW 等级机组环保改造前锅炉引风机摸底试验报告样本	438
附录 30 风机检修总结报告	444
参考文献	446

第一章 风机基础知识

第一节 风机概述

风机是国民经济各个部门广泛应用的通用机械设备，与大规模工业应用和人们日常生活息息相关。风机可推动空气、蒸汽或其他气体的流动，从而实现气体输送和通风等目的，如用于房间和建筑物内通风，发动机和传动装置的冷却，各种材料和制成品的冷却与干燥，粉尘和有害气体的排除，轻质材料的气力输送，锅炉的强制通风等。根据《中国通用机械工业年鉴 2013》的数据，风机应用行业分布见图 1-1。从行业分布情况来看，电力行业风机应用占比较大，同时一般为大型风机，实际消耗功率占比会更大一些。因此，从事电力生产管理和热力设备运行、维护、检修等相关工作的人员必须具备风机基础知识，掌握流体在系统中的流动规律及风机等热力设备的性能特点，提高技术管理、性能诊断、运行分析和操作技能，才能确保系统及相关设备在安全、经济的状态下运行。以下从风机的定义、分类、典型结构等方面对风机的基础知识展开论述。

一、风机的发展概况

风机是通风机的简称，是将原动机的机械能转换为气体能量的一种输送气体的机械，它是一种从动的流体机械。

风机已有悠久的历史。2000 多年前，中国、巴比伦、波斯等国已利用古老的风车提水灌溉、碾磨谷物。1862 年，英国的圭贝尔发明离心风机，其叶轮、机壳为同心圆型，机壳用砖制，木制叶轮采用后向直叶片，效率仅为 40% 左右，主要用于矿山通风。1892 年法国研制成横流风机；1898 年，爱尔兰人设计出前向叶片的西罗柯式离心风机，并为各国所广泛采用。19 世纪，轴流风机已应用于矿井通风和冶金工业的鼓风，但其压力仅为 100~300Pa，效率仅为 15%~25%，直到 20 世纪 40 年代以后才得到较快的发展。1935 年，德国首先采用轴流等压风机用于锅炉通风和引风。1948 年，丹麦制成运行中动叶可调的轴流风机、预旋轴流风机、子午加速轴流风机、斜流风机和横流风机。

新中国成立后，风机制造业获得迅速发展。在第一个五年计划期间，先后建立了一些专业工厂，开始大量生产风机。1958 年后，在沈阳、上海、北京、天津、广州、重庆、武汉等地又陆续兴建了一批风机制造厂。20 世纪 50 年代我国风机行业基本采用苏联产品或按苏联图纸生产。60 年代我国开始自行设计和仿苏产品的制造，在国务院科学规划委员会机械组的指导下，分工协作、设计新品种、进行定型与标准化工作，同时迅速采取措施以提高现有产品质量，大大地促进了我国风机设计制造技术的提高。70 年代我国自行研制了许多风机产品，联合设计水平不断提高，引进国外

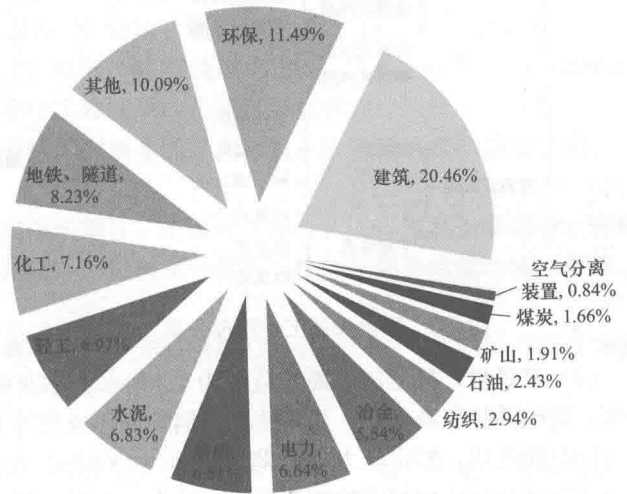


图 1-1 2013 年风机应用行业分布

风机专利生产技术，消化吸收、试制，使风机产品水平大幅度提高。80年代，引进国外风机先进技术初见成效，使我国的透平压缩机和大型通风机跨入世界先进行列。90年代以来，我国风机行业得到更大的发展，风机行业完成的总产值迅速增长。1999年国家机械工业局系统内61家生产企业不变价工业总产值为26.14亿元，出口交货值已经达到17587万美元。风机的产量和技术基本上满足了国民经济各部门的需要，有些产品已达到或接近国际先进水平。我国风机行业的产品主要有离心压缩机、轴流压缩机、离心鼓风机、罗茨鼓风机、离心通风机、轴流通风机、叶式鼓风机7大类产品及其他一些特殊的风机，目前共有200多个系列、2000多个品种。

二、风机的分类

(一) 按工作原理分类

按风机作用原理的不同形式分类，有透平式与容积式风机两种类型。两种类型风机又分别具有不同形式，如图1-2所示。

透平式：通过旋转叶片把机械能转变成气体能量，因此又称为叶片式或动力式。

容积式：通过工作室容积周期性改变将能量传递给气体。

(二) 按提升压力(全压)大小分类

(1) 通风机，风机额定压力提升范围为 $100\text{Pa} < p \leq 15\text{kPa}$ 。火力发电厂使用的风机大多在10kPa以下，即电厂主要使用的是通风机。通风机通常也按工作压力进一步细分，如图1-3所示。



图 1-2 风机按照工作原理分类



图 1-3 通风机按照压力分类

(2) 鼓风机，额定压力提升范围为 $15\text{kPa} < p \leq 200\text{kPa}$ 。在火力发电厂中，主要用于污水处理曝气、脱硫系统浆液氧化、循环流化床锅炉循环流化等工艺。

(3) 压气机，额定压力提升范围为 $p > 200\text{kPa}$ 。在火力发电厂中，主要用于粉煤灰的气力输送、为气动执行机构和声波吹灰等提供动力、提供高压冷却介质等。

(三) 按用途分类

风机的用途遍及国民经济各个领域，比如钢铁行业炼钢炼铁用的烧结炉鼓风机、烧结炉冷却通风机、高炉气体升压鼓风机；矿山、隧道、地铁用的矿山主排风机、隧道给排气通风机、地铁用给排气通风机；化工行业用各种通风机、亚硫酸气鼓风机、氯气鼓风机；水泥行业用水泥窑尾引风机、冷却气用通风机等。

在火电生产行业中，按用途不同可把风机分为送风机、引风机、排粉风机、一次风机、烟气再循环风机、烟气脱硫增压风机、密封风机、空气冷却风机、机力通风塔风机等。

(1) 锅炉送风机，供给锅炉燃料燃烧所需空气的风机。

(2) 锅炉引风机，将锅炉燃烧产物(烟气)从炉膛内吸出并经烟囱排入大气的风机。

(3) 排粉风机，安装于磨煤机后，在球磨机制粉系统中提供粉体输送动力。

(4) 一次风机, 用于输送煤粉并提供燃料前期燃烧所需空气的风机, 按其在系统中的安装位置又分两类:

1) 冷一次风机: 安装于锅炉空气预热器之前, 从大气 (或从送风机出口冷风管道) 抽吸空气并提供所需能量, 使空气通过风道、空气预热器、磨煤机、煤粉管道和燃烧器进入炉膛燃烧的风机。

2) 热一次风机: 安装于锅炉空气预热器之后, 输送被预热器加热成高温空气的一次风机。

(5) 烟气再循环风机, 从锅炉尾部烟道抽取烟气, 并将其送入炉膛底部, 用于控制蒸汽温度的风机。

(6) 密封风机, 在锅炉采用正压直吹式制粉系统中, 用来产生高压空气, 主要用于密封磨煤机动静间隙的风机。

(7) 烟气脱硫增压风机, 用于克服 FGD (烟气脱硫) 装置的烟气阻力, 将原烟气引入脱硫系统, 并稳定锅炉引风机出口压力的风机。

(四) 其他

风机还可按轴上叶轮的数量分为单级、双级或者多级风机; 按转子的不同支撑方式可分为单支撑、双支撑风机; 按风机入口吸入方式不同可分为单吸、双吸风机等。

三、典型风机的结构和特点

现代风机包括一组固定在中心轴上的辐射叶片, 合称叶轮或转子, 有的装在机壳内。风机可由电动机、内燃机、汽轮机、燃气轮机或其他动力驱动。装在机壳内的风机分为离心式、轴流式两种。离心风机通过进风管将空气送进叶轮中心, 叶轮把空气沿径向向外推入蜗壳, 进入排风管, 空气压力因离心效应而增高。轴流风机的转子和导叶装在圆筒形壳内, 空气通过转子时, 没有离心效应, 导叶的功能是使气流均匀并提高风机效率。轴流式适用于低压高流速, 离心式适用于高压低流速。风机的增压比与压缩机相比是很小的。根据《中国通用机械工业年鉴》数据统计, 2011 年风机产品合计产量 7459244 台, 离心压缩机产值占 25.68%, 轴流压缩机占 10.34%, 离心鼓风机占 7.29%, 罗茨风机占 4.99%, 离心通风机占 25.42%, 轴流通风机占 17.29%。可见, 虽然压缩机在大规模工业中占比相对较大, 但在电力行业中主要使用的是轴流风机和离心风机。

本书主要对象是火电厂配套的三大风机及锅炉附属系统常用风机, 以下就风机的典型结构、特点与应用进行论述。

一般情况下风机结构指进、出口膨胀节之间的部件, 主要分三部分: 入口气流引导部分、叶轮部分和出口气流引导和转换部分。其中叶轮是将外界机械能转换为气体静压能和动能的核心部件。

(一) 离心风机

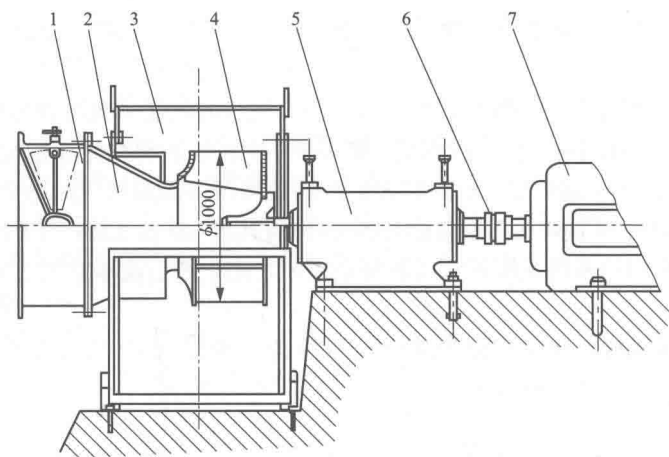
离心风机是利用旋转的叶轮, 带动气体共同旋转, 主要借离心力的作用使气体的压力能和动能得到提高, 气体沿轴向进入叶轮, 转 90° 后径向流出叶轮。

1. 离心风机的结构 (见图 1-4)

(1) 进气调节门。用于控制风机进气流量, 配合系统工况运行调整, 一般分为进口百叶窗调节门和轴向导流器调节门。轴向导流器调节特性优于百叶窗调节门调节。轴向导流器调节门主要用于单吸单支撑, 百叶窗调节可用于单吸或双吸离心风机。

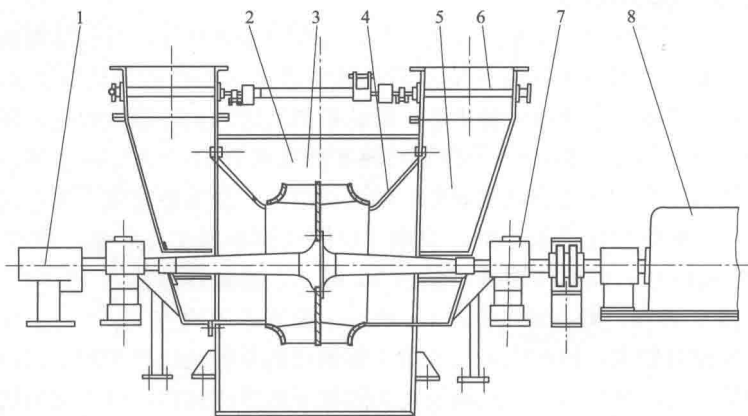
(2) 进气箱。从通风机的气动性能看, 最好不用进气箱。然而在双支撑的大型通风机和双进气的一般通风机中仍不得不采用进气箱。双支撑的大型装置进气箱对保证风机出力和效率是十分必要的。为保证风机入口气流的均匀性, 避免产生旋涡, 紊流流场, 进气箱设计结构一般为渐缩型。进气箱尾端与集流器入口平滑过渡连接。

(3) 集流器。集流器的作用是保证气流能均匀地充满叶轮的进口断面, 使风机进口处的阻力尽量减小, 它安装在风机的进口处。一般分为筒形、锥形、圆弧形和锥弧形。筒形集流器结构简单, 容易制造, 但叶轮入口处会形成较大的旋涡。锥形集流器比筒形稍好一些, 流场均匀效果仍欠佳。圆弧形引导气流进入叶轮的状态较好, 目前广泛采用。锥弧形集流器先锥形后弧形, 弧形部分与叶轮以套口形式配合, 基本可消除叶轮入口前盘处的旋涡。



(a)

1—调节门；2—集流器；3—机壳；4—叶轮；5—传动组；6—联轴器；7—电动机



(b)

图 1-4 离心风机结构示意图

(a) 单吸式；(b) 双吸式

1—盘车装置；2—机壳；3—转子组；4—集流器；5—进气箱；6—调节门；7—滑动轴承；8—电动机

(4) 叶轮。叶轮由前盘、后盘（双吸入式风机称为中盘）、叶片和轮毂组成，是风机的核心部件，经镗孔后套装在优质碳素结构钢制成的主轴上。轮毂通常采用铆钉与后盘固定；前后盘之间装有叶片。叶片的一侧焊接在后盘上，另一侧焊接在前盘上。

叶片可按叶片出口角不同分为后弯叶片、径向（直板）叶片和前弯叶片。径向叶片加工制造比较简单，但效率较低，因而大容量风机上很少采用。后弯叶片能够使气体获得较高的风压和较高的效率。前弯叶片的效率较后弯叶片低，但由于其风压较高，相同参数下，风机体积可以比其他类型叶片的风机小，所以，目前排风机和一次风机上多采用这种类型的叶片。

(5) 机壳。机壳的作用是收集叶轮中甩出的气体，使其从出口排出，并将气流中的部分动能转变为压力能。机壳一般由钢板焊制而成，其气流通道随叶轮转动方向逐渐扩大形成蜗壳状，轴向断面为宽度不变的矩形。机壳出口处一般设有扩压段（扩压器）。

(6) 出口扩压段。扩压段与机壳相连，其形状通常为向叶轮旋转方向单面扩张，将气流部分动能转换为压力能，并改善风机出口气流均匀性状况，减少风机出口管路流动损失。

(7) 传动组及原动机。传动组为转子提供支撑和润滑，顺利高效进行动力传动，一般由轴承、联轴器组成，大型离心风机还配备了盘车装置。原动机为风机提供原始动力，常用的原动机为电动机。