



中等职业教育国家规划教材
全国中等职业教育教材审定委员会审定

泵与风机

(第二版)

电厂热力设备运行专业

主编 毛正孝



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

电厂热力设备运行专业

- 热工基础
- 泵与风机
- 锅炉设备
- 汽轮机设备
- 热力过程自动化
- 热力设备试验
- 单元机组运行
- 热力发电厂
- 仿真机实习
- 电厂毕业定岗运行实习

供用电技术专业

- 电机与拖动基础
- 供用电网络及设备
- 变配电所二次部分
- 电能计量
- 安全用电
- 用电管理
- 电能计量实习
- 毕业综合实习

电厂及变电站电气运行专业

- 电机
- 电工工艺实习
- 发电厂变电站电气设备
- 电力系统继电保护与自动装置
- 电工基础及测量
- 电力系统
- 电力系统综合自动化
- 电气运行
- 电业安全
- 电气运行实习

ISBN 978-7-5083-5042-4



9 787508 350424 >

定价：26.00 元



中等职业教育国家规划教材
全国中等职业教育教材审定委员会审定

泵与风机

(第二版)

电厂热力设备运行专业

主 编 毛正孝
责任主审 孙保民
审 稿 时芝平 吴民强 张效胜



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

内 容 提 要

本教材包括绪论、流体力学基础、泵与风机三部分内容。绪论主要阐述本课程的性质及学习的目的和任务,介绍流体力学、泵与风机的发展概况。第一篇着重介绍流体及其压力等基本概念,阐明液体机械运动的基本规律和液体管内流动、流体绕流物体或做超音速流动时阻力损失的基本规律,以及两相流动基本知识,并举例说明它们在生产实践中的应用。第二篇以叶片式泵与风机为主介绍其分类、型号、原理、基本性能参数等基本常识;以叶片式泵与风机纵剖面图、性能曲线及工作点为主线,阐述泵与风机各部件名称、作用等基本知识;阐明性能曲线绘制、变换原理、意义和影响因素,工作点意义与调节原理等主要理论知识;并以热电厂常用泵与风机为例,综合阐述它们的作用、特点及其运行的基本知识。

本书系教育部规划的中等职业教育电力类重点建设专业“电厂热力设备运行”的主干专业课程教材,也可作为相近专业“流体力学 泵与风机”课程教材或教学参考书。由于全书内容密切联系实际,编排组合基本模块化,因此本书同时可作为热电厂有关生产人员五个等级的职业技能培训教材,也可供有关工程技术人员学习与参考。

图书在版编目(CIP)数据

泵与风机/毛正孝主编. —2版. —北京:中国电力出版社, 2007. 2

中等职业教育国家规划教材

ISBN 978-7-5083-5042-4

I. 泵... II. 毛... III. ①泵-专业学校-教材②鼓风机-专业学校-教材 IV. ①TH3②TH44

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 163032 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://jc.cepp.com.cn>)

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2004 年 6 月第一版

2007 年 2 月第二版 2007 年 2 月北京第十三次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 20 印张 484 千字

印数 50001—53000 册 定价 26.00 元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换)

电力中等职业教育国家规划教材

编 委 会

主 任 张成杰

副主任 杨昌元 宗 健 朱良镭

秘书长 尚锦山 马家斌

委 员 丁 雁 王玉清 王宝贵 李志丽 杨卫民

杨元峰 何定焕 宋文复 林 东 欧晓东

胡亚东 柏吉宽 侯林军 袁建文 涂建华

梁宏蕴

中等职业教育国家规划教材

出版说明

为了贯彻《中共中央国务院关于深化教育改革全面推进素质教育的决定》精神，落实《面向 21 世纪教育振兴行动计划》中提出的职业教育课程改革和教材建设规划，根据教育部关于《中等职业教育国家规划教材申报、立项及管理意见》（教职成〔2001〕1 号）的精神，我们组织力量对实现中等职业教育培养目标和保证基本教学规格起保障作用的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和 80 个重点建设专业主干课程的教材进行了规划和编写，从 2001 年秋季开学起，国家规划教材将陆续提供给各类中等职业学校选用。

国家规划教材是根据教育部最新颁布的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和 80 个重点建设专业主干课程的教学大纲（课程教学基本要求）编写，并经全国中等职业教育教材审定委员会审定。新教材全面贯彻素质教育思想，从社会发展对高素质劳动者和中初级专门人才需要的实际出发，注重对学生的创新精神和实践能力的培养。新教材在理论体系、组织结构和阐述方法等方面均作了一些新的尝试。新教材实行一纲多本，努力为教材选用提供比较和选择，满足不同学制、不同专业和不同办学条件的教学需要。

希望各地、各部门积极推广和选用国家规划教材，并在使用过程中，注意总结经验，及时提出修改意见和建议，使之不断完善和提高。

教育部职业教育与成人教育司

二〇〇一年十月

前言

《泵与风机》是教育部 80 个重点建设专业主干课程教材之一,是根据教育部最新颁布的中等职业学校电厂热力设备运行专业“泵与风机”课程教学大纲编写的。

本书以培养学生的创新精神和实践能力为重点,以培养在生产、服务、技术和管理第一线工作的高素质劳动者和中初级专门人才为目标。教材的内容适应劳动就业、教育发展和构建人才成长“立交桥”的需要,使学生通过学习具有综合职业能力、继续学习的能力和适应职业变化的能力。

本次修订遵照教育部和中国电力教育协会关于职业教育课程改革和教材建设规划的意见、原则和基本思路,力求体现电力和相关行业发展对各级各类技能型人才素质的要求,坚持以能力为主,注意培养和提高学生、学员的综合素质、职业能力和创新精神,紧密联系生产实际,着力反映电力生产技术领域的新知识、新技术、新设备、新工艺、新材料。在修订过程中,坚持了四个结合,即教材内容系统性与针对性的结合,教学目标先进性与实用性的结合,编写体系科学性与通俗性的结合;以及语言文字准确性与趣味性的结合。做到了精雕细刻、逐字推敲、创新发展、保持特色的基本要求。在流体力学基础篇中,坚持以液体机械运动基本方程式及流体流动阻力或阻力损失计算为主线的“实用型”流体力学基础知识新体系,增添了孔口出流、射流以及汽液、气固、液固两相流动等基本知识,强化了分析和绘制管道特性曲线的能力,使“实用型”体系更趋全面和完善。适当增添选讲的知识,有利于学生知识面的拓宽和就业能力的增强,同时也为学习循环流化床锅炉等新设备以及除尘除灰、制粉等系统提供必备的基础知识,更好地满足了高技能和复合型人才培训的要求。在泵与风机篇中,坚持以叶片式泵与风机结构剖面图、性能曲线和工作点为主线的“面线点型”内容新体系,增添了轴流式泵与风机的叶轮内流动、叶轮叶片结构和简化能量方程式以及性能曲线特点分析,突破动叶调节原理分析的难点;从运行角度增加了车削定律、泵与风机运行中几个问题、1000MW 机组配用的大型泵与风机等内容,合并离心式和轴流式泵与风机运行等知识,删去了重复的内容。

全书修订中坚持通俗易懂、科学实用、深入浅出、易教易学的编写特点。做到每篇开始有内容提要,单元开始有教学目的,课题开始有教学目标,每个单元后面均有小结、思考题和习题,并从便于教学考虑,对课题型模块结构进行了细化,将原教材中的单元改为篇,课题改为单元,课题中的大项改为课题。即流体力学篇由“研究对象块”、“基本规律块”、“阻力损失块”、“两相流动块”四个单元模块组成;泵与风机篇由“常识块”、“结构块”、“性能曲线块”、“工作点块”及“综合应用块”五个单元模块组成。还进一步完善了每个模块间的接口,使模块组合更加灵活,以适应学校深化教育教学改革,进行多层次多功能培训教学的需要。

本书第一版绪论,单元一的课题一、课题二、课题三,单元二的课题一、课题三、课题四,以及两个单元小结的内容由山东省电力学校毛正孝副教授编写;单元二的课题二、课题五由四川电力职业技术学院戚戎高级工程师编写。全书由重庆电力教育培训中心副主任敬勇主审。

此次修订,单元一、单元三、单元五、单元七、单元八由山东省电力学校毛正孝副教授编写;单元二、单元四由山东省电力学校李广华高级讲师编写;单元六、单元九由山东省电力学校王德坚高级实习指导教师编写。全书由毛正孝任主编,山东省电力学校校长张效胜副教授主审。

在编写过程中,保定电力职业技术学院、安徽电气工程职业技术学院、武汉电力职业技术学院、江西电力职业技术学院、河北省电力公司培训中心给予了热情支持,并提出宝贵意见;莱芜发电厂、邹县发电厂、山东电建一公司、沾化发电厂等有关单位和山东电力职工技能培训中心王焕金及山东省电力学校苏庆民、孙奎明等同志给予了大力帮助,在此谨一并致以衷心的感谢。

本书可作为中等职业学校(普通中专、成人中专、技工学校、职业高中)教材,也可作为职工培训用书或供电厂运行人员参考用书。

限于编者水平,书中错误和不妥之处,恳请读者批评指正。

编 者

2006年10月

第一版前言

《泵与风机》是教育部规划的中等电力职业学校重点建设专业“电厂热力设备运行”的主干课程教材，也是中等职业教育国家规划的一本教材。全书是依据中华人民共和国教育部职业教育与成人教育司 2000 年 9 月审定通过的“中等职业学校电厂热力设备运行专业教学改革整体方案”和教学计划，以及 2001 年 2 月审定通过的“泵与风机”课程教学大纲的要求进行编写的。

遵照教育部关于“面向 21 世纪职业教育课程改革和教材建设规划”的原则和基本思路，力求做到切实为实现培养高素质劳动者和中初级专门人才的目标服务，体现以能力为本位的新观念，注意培养学生综合职业能力、创新精神和实践能力，密切联系生产实际，反映电力生产技术领域的新知识、新科技。根据专业覆盖岗位（工种）所需的综合能力和素质要求，对内容进行了增删、分解和重组。在流体力学单元中，建立了以液体机械运动基本方程式和流体流动阻力或阻力损失计算公式为主线的“实用型”流体力学基础知识新体系；删去了与《热工基础》课程重复的或偏深、偏难的内容，例如气体流动基本方程式、环量与环流等；理清了压力、风压、压头、流动阻力及其损失等容易混淆的概念；以流动阻力损失为题重新组合流动阻力、水力计算及气体动力学基础的知识，较好地突破了长期存在的教学难点；新体系更加注重能头、能头线、稳定流、附面层、激波等基本概念的建立，重点阐明能量方程式与管内流动阻力损失等基本理论的表达形式、意义及适用条件；突出用公式进行定性分析或定量计算的基本技能训练，强调促进解决生产实际问题能力的形成。在泵与风机单元中，建立了以叶片式泵与风机结构剖面图、性能曲线和工作点为主线的“面线点型”内容新体系；删去了叶片式泵与风机基本方程式的推导过程、环流系数经验公式以及轴流式泵与风机的叶轮公式等偏深、偏多、偏难的内容；以性能曲线为题重新组合基本方程式、性能曲线、相似定律、无因次性能曲线和比转数等基本理论内容，并新增 $[H_s] - q_v$ 和 $[\Delta h] - q_v$ 性能曲线，形成《泵与风机》的主干内容，突出了“面线点型”课程内容体系的主线，组成了相对独立、比较完整、比较系统的知识新模块；再加，将管道特性曲线、泵与风机的基本性能参数、性能曲线和工作点等重点和难点内容，按难点分散、循序渐进的教学原则，先后在不同的四个课题内阐述，从而使新体系不仅有利于学生掌握为技能服务的应用性知识，也有利于提高学生的自学能力，增强开拓创新能力。此外，新体系还以现代热力发电厂常用泵与风机为例，一方面注重培养学生掌握识读结构图、剖析结构特点、学习运行规程、分析判断运行工况等方面的基本技能；另一方面又向学生介绍泵与风机的新知识、新技术、新工艺和新方法。全书编写中强调理论与实践、知识与技能、实用性与科学性、针对性与先进性的紧密结合，注重定性分析，阐明物理意义和应用方法，简化某些论证和数学推导，努力做到通俗易懂、内容正确、深入浅出、易教易学。

在本书内容的编排、组合上,采用课题型模块结构。流体力学单元由“研究对象块”、“基本规律块”、“阻力损失块”三个模块组成;泵与风机单元由“常识块”、“结构块”、“性能曲线块”、“工作点块”及“综合应用块”五个模块组成。每个模块的内容都具有相对的完整性和独立性,并具有一定的可拆性。在使用时,可以在一定程度上灵活选用,迭加组成满足不同教学层次需要的各种泵与风机教材,以适应当前学校教育改革中,进行多层次多功能教学的需要。

本书还根据电力职业教育指导委员会的统一要求,做到各单元开始有内容提要,各课题开始有教学目的,各单元后面有小结和取材于工程实际的思考题、习题,可供教学中抓住重点、讲清难点参考,对学生预习、复习起着很好的指导作用。

本书绪论,单元一的课题一、课题二、课题三,单元二的课题一、课题三、课题四,以及两个单元小结的内容由山东省电力学校毛正孝副教授编写;单元二的课题二、课题五由四川电力职业技术学院戚戎高级工程师编写。全书由毛正孝副教授主编,由重庆高级电力技工学校敬勇高级讲师主审。

本书在编写过程中,得到了哈尔滨电力学校、重庆电力高级技工学校、兰州电力学校、保定电力学校、武汉电力学校、江西电力学校的热情支持,并得到了邹县发电厂、石横发电厂、聊城发电厂、靖远发电厂、平凉发电厂等有关单位和山东电力职工技能培训中心王焕金、郭广宏等同志的大力帮助;电力职业教育指导委员会动力类专业教研会王宝贵、宋文复、李志丽、侯林军、张劲松等专家领导,也先后对书稿提出了许多宝贵意见和建议,在此谨一并致以衷心的感谢。

限于编者水平以及编写时间短促,书中缺点和不足之处难免,恳切希望广大师生和读者批评指正。

编 者

2001年7月28日

目 录

中等职业教育国家规划教材出版说明

前言

第一版前言

绪 论	1
思考题	3

第一篇 流体力学基础

单元一 流体及其压力的概念	4
课题一 流体及其基本物理性质	4
课题二 流体的压力及其表示	8
小 结	11
思考题	13
习 题	13
单元二 液体机械运动的基本规律	14
课题一 液体静力学基本方程式及其应用	14
课题二 液体动力学基本方程式及其应用	27
小 结	45
思考题	49
习 题	50
单元三 流体流动的阻力损失	56
课题一 概 述	56
课题二 管内流动及孔口管嘴出流阻力损失	63
课题三 绕流的阻力与升力	83
课题四 激波阻力损失	88
小 结	89
思考题	94
习 题	95

单元四 两相流动基本知识	100
课题一 气液两相流动	100
课题二 气固两相流动	110
课题三 液固两相流动	123
小 结	126
思考题	128
习 题	128

第二篇 泵与风机

单元五 泵与风机的基本常识	130
课题一 泵与风机的分类及工作原理	130
课题二 叶片式泵与风机的分类及型号	137
课题三 叶片式泵与风机的基本性能参数	145
小 结	151
思考题	152
习 题	153
单元六 叶片式泵与风机的构造	154
课题一 离心式泵的结构	154
课题二 离心式泵的推力及平衡	160
课题三 轴流式泵与混流式泵的结构	163
课题四 离心式风机和轴流式风机的结构	166
小 结	172
思考题	174
单元七 叶片式泵与风机的性能曲线	175
课题一 叶片式泵与风机性能曲线的基本概念	175
课题二 理想叶片式泵与风机输送理想不可压缩流体时的性能曲线	176
课题三 叶片式泵与风机性能曲线	184
课题四 叶片式泵与风机性能曲线的变换	194
课题五 叶片式泵与风机性能曲线的其他类型	202
课题六 叶片式泵的 $[H_s] - q_v$ 和 $[\Delta h] - q_v$ 性能曲线	206
小 结	214
思考题	220
习 题	221

单元八 叶片式泵与风机的工作点	223
课题一 叶片式泵与风机工作点的确定	223
课题二 叶片式泵与风机的不稳定工作点	226
课题三 叶片式泵或风机的联合工作点	230
课题四 叶片式泵与风机运行工况的调节	235
课题五 叶片式泵与风机变速调节的变速方式	243
课题六 离心式泵与风机并联运行中的工况调节	249
小 结	251
思考题	257
习 题	258
单元九 火力发电厂常用泵与风机及其运行基本知识	261
课题一 火力发电厂常用泵简介	261
课题二 泵的运行	272
课题三 火力发电厂常用风机简介	277
课题四 风机的运行	287
课题五 泵与风机运行中的几个问题	290
课题六 泵与风机的经济运行	297
小 结	300
思考题	305
参考文献	306

绪 论

内容提要

阐明流体力学、泵与风机及理论等概念；介绍流体力学、泵与风机及理论在国民经济各行业，特别是在火力发电厂中的地位 and 作用，说明本课程的内容、性质、学习的目的和任务，并简单介绍了古今中外流体力学、泵与风机及其理论的发展概况。

一、本课程的性质及学习的目的和任务

泵与风机是将原动机（如电动机、汽轮机等）提供的机械能转换成流体的机械能，以达到输送流体或造成流体循环流动等目的的机械。通常，把提高液体机械能的机械称为泵，把提高气体机械能的机械称为风机。

本书是电厂热力设备运行专业的一门主干专业课程教材。全书共分两篇，第一篇是流体力学基础，第二篇是泵与风机。流体力学是研究流体的机械运动规律及其在生产实践中应用的一门科学，其内容精深，应用广泛。本课程仅根据中等电力职业学校电厂热力设备运行专业培养目标的需要，研究流体力学的基础知识。主要内容是将以水为代表的不可压缩流体（简称液体）作为研究对象，介绍表示液体机械运动规律和流体流动阻力损失规律的各种数学公式，讨论这些公式的形式、意义及适用条件，研究它们在分析和解决工程实际问题中使用的方法、步骤和注意事项。泵与风机部分的主要内容是结合火力发电厂常用的泵与风机，介绍泵与风机的分类构造、工作原理和基本性能参数等基本知识；着重讨论泵与风机性能曲线及其变换原理、工作点及其调节原理等基本理论；研究泵与风机结构图的识读、性能曲线的分析比较和变换、工作点和调节方法的确定以及运行维护等基本应用知识。

流体和泵与风机分别是国民经济各个部门都广泛应用的工作介质和通用机械。例如，航空航天事业中的卫星、载人飞船上天、火箭升空和超音速飞机的翱翔蓝天；农业中的排涝、灌溉；石油工业中的输油和注水；化学工业中高温、腐蚀性流体的排送；其他工业和人们日常生活中的采暖通风、给水、排水等都离不开流体和泵与风机。据统计，在全国的总用电量中，有 30% 左右是泵与风机耗用的，其中泵的耗电可占到 21% 左右。由此可见流体和泵与风机在我国国民经济中的地位 and 作用是十分重要的。

火力发电厂更是离不开流体和泵与风机。电能的生产就是依靠汽、气、水、油等流体介质在泵与风机同其他热力设备用管道连接组成的系统（热力系统和一些辅助生产系统）中流动，来安全、经济地实现热与功的转换，为发电机提供足够的机械能，去实现机械功向电能的转换。

其中，各种类型的泵分别维持着系统中给水、凝结水、冷却水、疏水、润滑油等液体的流动，各种类型的风机则分别维持空气、烟气、含煤粉空气等气体的流动，从而使泵与风机成为系统中必不可少的重要设备，它们的运行以及流体在系统内流动的正常与否都直接影响着发电厂生产的安全性和经济性。例如：向锅炉供水的给水泵若突然发生故障，或给水管道的

破裂发生严重泄漏,就会使锅炉缺水,甚至发生烧干锅而被迫停止发电的重大事故。又如一个 1000MW 的发电厂,一般厂用电占机组容量的 7%~10%,其中的 70%~80%被泵与风机耗用(假定全部由电动机驱动),即消耗电功率为 49~80MW;而且流体在管道内流动阻力损失的增大,泵与风机的效率降低都会使耗用功率增大。假如这些泵与风机的效率从 80%降到 70%,则它们将多消耗 7~11.4MW 的电功率。由此可见,减小流体在系统内的流动阻力损失,提高泵与风机的效率,都是降低耗用功率,减少厂用电量,降低发电成本,提高电厂经济性的关键技术问题。因此,从事电厂热力设备运行专业各工种的运行人员,必须具有流体力学、泵与风机知识,掌握流体在系统中的流动规律以及泵与风机等热力设备的性能特点,提高自身运行分析和操作的技能,才能确保系统及有关热力设备在安全、经济的状态下运行。另外,本课程的内容也为学习《汽轮机设备》、《锅炉设备》、《热力设备试验》、《单元机组运行》、《热力发电厂》等后续课程提供了必须首先具备的基本理论知识。由此可知,对动力类专业的学生而言,学好本课程是极为重要的。

二、流体力学、泵与风机及其理论的发展概况

流体力学、泵与风机理论和其他科学一样,也是人类在生产实践过程中建立和发展起来的,今后还将随着生产力水平的提高而更加成熟和完善。

在古代,人类为了生存,在向洪水作斗争、向自然要动力的过程中,积累了丰富的实用水力学和简单流体机械的知识。例如我国从公元前两千多年前的大禹治水开始到春秋战国和秦朝时修建的都江堰、郑国渠和灵渠三大古老的水利工程,隋朝时开通的闻名中外、全长为 1782km 的京杭大运河,在生产和生活中使用的戽斗、吊杆、辘轳、水车、风箱等简单流体机械,以及古希腊学者阿基米德在公元前 250 年撰写的《论浮体》论文等,都是古人在流体力学、泵与风机学科中留下的宝贵历史遗产。

但是,流体力学作为一门独立的学科是从 18 世纪开始,经过欧拉、伯努利、拉格朗日、拉普拉斯等科学家的研究,从建立流体力学模型开始,以严格的数学分析为工具,逐步建成了《古典理论流体力学》。由于这种理论在建立模型时,常常忽略或简化流体黏性等性质,因此,所得结论大多与复杂的实际流动存在较大误差。于是,人们为了解决生产实践中的问题,又通过大量的试验和观察,以经验公式和系数的形式总结流体运动规律,建立了《实用水力学》。在这方面,达西、威斯巴赫、雷诺等学者作出了杰出的贡献。由于这种试验性的科学忽视理论而无力概括与分析大量试验的数据,因而它的应用受到较大的限制。此后,到 19 世纪,由纳维尔、柯西、波阿松、斯托克斯等科学家研究建立了纳维尔—斯托克斯方程,并在 20 世纪又溶入儒可夫斯基研究的机翼理论、普朗特提出的附面层理论,以及我国著名工程热物理学家吴仲华教授发表的“轴流、离心及混流透平机械内亚声与超声速三元流体一般理论”等,促使理论流体力学与实用水力学走向结合,形成一门比较完善的应用科学《工程流体力学》。随着计算机水平的迅速提高,这门科学在解决工程中流体力学和流体机械的实际问题时已发挥越来越大的作用。

泵与风机理论的形成也始于 18 世纪,由于蒸汽机的发明和采矿、钢铁工业的需要,出现了一种当时比较先进的以蒸汽机为动力的往复式泵与风机。之后,又制造出离心式和轴流式泵与风机。到 19 世纪末,由于电动机的发明,各种泵与风机在工农业生产中得到了广泛的应用。这种应用极大地促进了泵与风机理论与生产实际的紧密结合,加大它对流体力学、金属材料等学科先进理论的应用与研究,使它迅速地从一种介绍构造,原理、操作、维修等

实用性的知识提升为以欧拉方程式和儒可夫斯基的机翼理论为主线的专门学科,为泵与风机的设计、制造、安装、运行、检修等研究和生产领域提供了充分的系统的理论根据。泵与风机的输送能力、效率、轴功率、转速等性能也因此得到不断提高,应用范围亦愈加广泛。近几十年来,随着现代科学技术的不断进步,泵与风机正向着大功率、高转速、高效率及高度自动化方向发展。目前,国外轴流式送、引风机的电动机功率已达 11000kW (707MW 机组用);两台离心式送风机合用一台汽轮机驱动,功率为 10100kW (729MW 机组用);而锅炉给水泵的驱动功率已高达 55MW,转速亦升为 7500r/min (1800MW 机组用)。泵与风机的单机配用功率迅速增大,转速成倍提高,又促使其结构型式发生很大变化。如风机由于大容量发电机组的低风压、大流量要求,正向着轴流式发展。国外已有轮毂直径为 2240mm 的超大型伐列克斯型轴流风机。现代大型高扬程给水泵虽然仍用离心泵,但结构上采用了新型圆筒形双层壳体,级数也因转速的提高而减至 2~3 级。这种泵效率高,检修方便,轴承间跨距小,轴的刚性强,运行安全可靠。

此外,为了提高大容量泵与风机运行的经济性和自动化水平,变速传动已被广泛采用。在 300MW 以上发电机组中,通常配用汽轮机驱动的锅炉给水泵和采用电动机加液力耦合器的启动备用给水泵。锅炉送、引风机除采用汽轮机驱动或液力耦合器作变速传动外,还广泛采用双速电动机、可控硅串激调速的绕线式电动机或变频器作变速传动。

尤其是我国航空航天事业和电力工业取得的辉煌成就以及突飞猛进的发展速度,更能说明我国流体力学、泵与风机及其理论在现代化建设中的巨大贡献和步入世界先进行列的科技水平。从电力工业的发展历程看,新中国成立前全国发电设备完全依赖国外进口,单机最大容量小于 6000kW,总装机容量也只有 1850MW。但是,新中国成立后发展迅速,特别是党的十一届三中全会以来更是发展惊人。截至 2005 年 12 月 29 日,我国电力装机容量已突破 5 亿 kW。我国自行设计、制造的定型火力发电机组最大单机容量为 1000MW。当今世界最大的水电厂长江三峡水力发电厂总装机容量达 1.82×10^4 MW,其左岸 14 台 700MW (共计 9800MW) 的机组已于 2005 年 9 月全部投产发电。装机容量为 12600MW 的金沙江溪落渡水电站也正在兴建之中。在核能发电方面,我国秦山和大亚湾两座核电站,总容量达 2268MW,而且还有多座核电站已建成投产或正在建设之中。这些令世人瞩目的标志着我国正从电力大国走向电力强国。已经启动的南水北调等大型水利工程,也充分说明了工程流体力学、泵与风机及其理论,已经并还将在我国电力及其他相关行业的高速发展中发挥着越来越重要的作用。与此同时,我国工程流体力学、泵与风机的理论水平也必将在祖国辉煌的现代化进行中得到空前的提高与发展。

思 考 题

0-1 什么叫流体力学?它在热力发电厂中的作用和地位怎样?

0-2 泵与风机同《泵与风机》的含义有什么不同?它们在热力发电厂中的作用和地位怎样?

0-3 学习本课程的目的和任务是什么?

0-4 了解流体力学、泵与风机的发展概况,对本课程的学习有何帮助?

第一篇 流体力学基础

内容提要

本篇介绍流体及其基本物理性质。阐述压力、流速、能头、流量、流态、孔口出流与射流、管道特性曲线、升力和阻力、附面层及其分离、马赫波和激波两相流动及其流型、临界流化速度、第一临界流速等基本概念。阐明液体机械运动的基本规律和流体流动阻力损失以及两相流动压降的基本知识，并举例说明它们在生产实践中的应用。

单元一 流体及其压力的概念

教学目的

理解流体及其压力的概念。掌握流体的基本物理性质与压力表示方法。介绍流体力学中几个常用力学模型。

课题一 流体及其基本物理性质

教学目标

1. 能举例说明流动性、流体、常用流体力学模型的定义及其意义。
2. 熟练阐述连续介质基本物理性质、量度及其影响因素；能举例说明它们的应用。
3. 熟练阐述最常用流体的密度值，会查表确定一般流体的密度、黏度，会用公式进行完全气体密度和流体运动时内摩擦力的简单计算。

一、流体的概念

日常生活中我们可以看到，物体受到切向力作用时，会产生两种不同特性的基本变形。一种是在一定大小的切向力作用下，形状只会产生一定程度的变化，即产生一定的变形。其特性是切向力不变，则变形也不变。例如，放在斜面上的固体所产生的变形。另一种是在任何微小的切向力作用下，会产生与固体变形不同的变形。其特性是只要有任何微小的切向力作用，变形就会持续不断地进行下去，直到切向力消失为止，这种连续变形的特性叫做流动性，具有流动性的物质称为流体。例如，观察倒在倾斜桌面上的油，在自身重力沿桌面的切向分力作用下流向低处；烟囱排出的烟气在微风作用下飘荡不息等自然现象，可以看出液体和气体都具有这种流动性。因此，液体和气体又统称为流体。

流体是由分子组成的，而分子之间是存在间隙的。我们从微观角度看，流体的内部并不连续。但分子之间的间距很小，即使是分子排列很松散的空气，在一个标准大气压 101325N/m^2 、 0°C 时， 1cm^3 的体积内也有 2.7×10^{19} 个分子左右。这么小的体积却有如此多