

流体机械基础教程

陆肇达 主编

哈尔滨工业大学出版社

内 容 提 要

本教程以叶片式流体机械为重点,对流体机械的各相关内容,兼顾到不同特点和共性问题两个方面,作为一个完整的学科整体作了较全面的介绍。

全书共分四篇,第一篇是概论和基础篇,分两章叙述。第二篇是叶片式流体机械,分概述、叶片泵、水轮机、液力传动机械和气体介质叶片式流体机械共五章叙述。第三篇是容积式流体机械,分往复泵、其他形式液体介质容积式流体机械和气体介质容积式流体机械三章讨论。第四篇是其他形式流体机械,分特殊形式泵和特殊形式流体传动机械两章简要介绍。

本书可作为高等学校热能动力工程专业的教学参考书使用,也可节选作为教材使用。本书也可供机械类或近机类相关专业的学生以及从事流体机械及流体动力工程工作的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

流体机械基础教程/陆肇达主编. —哈尔滨:哈尔滨
工业大学出版社,2003.10
ISBN 7-5603-1934-3
I.流… II.陆… III.流体机械-高等学校-教材
IV.TH3
中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 088100 号

出版发行 哈尔滨工业大学出版社
社 址 哈尔滨市南岗区教化街 21 号 邮编 150006
传 真 0451-86414749
印 刷 哈尔滨工业大学印刷厂
开 本 787×1092 1/16 印张 21.75 字数 482 千字
版 次 2003 年 12 月第 1 版 2003 年 12 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 7-5603-1934-3/TH·115
印 数 1~3 000
定 价 30.00 元

前 言

本教程是为适应教学改革的新形势,在总结以往教学科研实践的基础上编写的一本教学参考书,以面向热能动力工程或相近专业的本科教学为基本出发点,同时考虑到不同类型、不同层次的继续教育和自学者的需要,也可以作为有关工程技术人员入门性读本。对尚有后续相关专业课程知识的读者来说,本书只是一个“基础引论”,而对于其他读者而言也是一个“学科概说”。

流体机械应用极其广泛,工程性很强,种类繁多,很多产品属于“通用机械”。但是就整体而言,流体机械主要涉及的是动力工程和机械工程的产业领域,在理论上有很强的专业性和系统性。在以往本科专业教学十分细化的条件下,各种关于流体机械的教材一般均是以产品为主线,进行非常专业性的讨论,譬如关于叶片泵、水轮机、通风机、压缩机、液压传动、液力传动、气压传动等等,都有十分深入的专门教材。这对于培养相关的专业学生或专业技术人员来说,固然十分适合,今后也仍是需要的,但是这种“分而治之”的教科书也给初学者以比较狭隘的认识,妨碍了他们对有关流体机械共性和特性的辩证了解和思路的开阔。本教程在内容上力求既重视整个流体机械学科横向的覆盖,介绍不同类型流体机械的基本结构形式、工作原理、基本参数和应用领域,又努力把握各种流体机械在本质上的机理共同性和相互间的有机联系与差异。其目的,一方面在于适应当今本科教学中学生知识摄取方面的横向拓宽要求和今后择业的多元性,同时也能使学生掌握有关的基本知识,有利于在进一步深造中的跨学科发展和积极的科技创新。

作为一种探索,本教程在叙述方面力求深入浅出,加强对物理本质的理解,在理论概念方面尽量做到准确、精炼。对于有关具体设计计算等更为深入的专业性理论分析,则有待作为更专业的著作或课程教学的讨论内容,本书不予更多的涉及。

在叙述方式上,作者力图遵循人们认识事物的客观规律,从个别到一般,从感性到理性,因此仍以按产品纵向叙述为主线,尤其是以叶片式泵为重点,在此基础上加强横向的对比联系,掌握共性特点,升华局部认识。

本书由陆肇达教授主编,负责全书的统筹和校定,编写第一篇第一章,并参与了其他篇章的若干编写工作。其他第一篇第二章和第四篇由王成敏编写,第二篇第一章由王洪杰编写,第三、四章由闫国军编写,第五章由董泳编

写,第三篇由季天晶编写。哈尔滨工业大学流体力学及流体机械教研室的其他同志也为本书的出版给予了极大的帮助和支持。

限于水平,本教程中不当之处和错误观点在所难免,敬请读者批评指正,我们将致最诚挚的谢意!

作 者

2003年8月于哈尔滨

书中使用符号含义说明

本书采用的符号,有主符和脚注符两类。凡脚注符与主符相同的,也表示主符的相关含义,主符中没有的脚注符含义也列写于后。

主符

- A** 面积(m^2);
- a** 面积(m^2),音速(m/s);
- B** 宽度(m);
- b** 宽度(m);
- C** 汽蚀比转速;
- c** 绝对速度(m/s);
- c_p** 定压比热容[$\text{J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$];
- c_v** 定容比热容[$\text{J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$];
- D** 直径;
- d** 直径;
- E** 恩氏粘度,流体的能量(J);
- e** 单位量流体(受单位重力作用流体,单位质量流体或单位体积流体)的能量,偏心距;
- e_G** 单位重力作用流体的能量(m);
- e_m** 单位质量流体的能量(m^2/s^2);
- e_v** 单位体积流体的能量($\text{N}/\text{m}^2, \text{Pa}$);
- F** 作用力(N);
- f** 频率(Hz),摩擦系数,拱度;
- G** 重力(N),负载,过载系数;
- g** 重力加速度(m/s^2);
- $H(H_G)$** 流体机械的重力能头,在叶片泵和水轮机中称扬程和水头,表示单位重力液体通过机械时的能量增量,也可表示为 $H_G(\text{m})$,焓(J),高度(m);

- H_v 流体机械的体积能头,指每立方米(m^3)流体在流体机械中的能量增加量,在风机中称“升压”;
- H_m 流体机械的质量能头,指每千克气体通过流体机械时的能量增量;
- h 管路负载(重力)能头,即为克服流动阻力消耗于每牛顿流体上的能量(m);比焓(J/kg);高度(m);
- i 转速比,即输出与输入转速之比;
- K 变矩系数,其他系数值;绝对温度(K);
- k 定熵指数,其他系数值;
- L 动量矩($kg \cdot m^2/s^2$);
- l 长度量
- M 转矩,力矩($N \cdot m$);马赫数;
- m 质量(kg),射流泵的面积比,冲击式水轮机的直径比;
- n 转速(r/min),多变指数,作用次数(min^{-1});
- P 功率(kW);
- p_F 风机升压(Pa);
- p 相对压力(Pa),管网某处的气体(体积)能头,电机极对数;
- p' 绝对压力(Pa);
- p_g 以体积能头表示的管网阻力能头;
- Q 热量(J);
- q 单位质量流体的热量(J/kg);
- q_v 体积流量(m^3/s);
- q_m 质量流量(kg/s);
- R 气体常数 J/($kg \cdot K$),半径(m),区宽比;
- r 半径,转;
- S 行程(m),熵(J/K),偶合器滑差;
- s 比熵 J/($kg \cdot K$);
- T 热力学温度(K);
- t 时间(s),摄氏温度($^{\circ}C$),节距;

- U 气体内能(J);
 u 比内能(J/kg),牵连速度(m/s);
 V 体积(m^3);容积泵的排量(m^3/r)或(ml/r);
 v 气体比容(m^3/kg);
 W 功量(J),宽度(m);
 w 单位质量介质的功量(J/kg),相对速度(m/s);
 Z 叶片数,作用数,齿数,缸数,轮斗数,气体压缩性系数;
 z 高度(m),位置能头(m);
 n_s 比转速;
 Re 雷诺数;
 α 角度,在速度三角表中 $\alpha = (\hat{u}, c)$, 系数量;
 α_V 液体膨胀系数;
 β 叶片倾斜角,速度三角形中 $\beta = [-\hat{u}, w]$;
 Γ 速度环量(m^2/s);
 γ 角度;
 δ 叶片厚度,间隙,调节开度;
 ϵ 压力比;
 ζ 流动阻力系数, $h_s = \zeta \cdot \frac{c^2}{2g}$;
 η 效率;
 θ 角度;
 λ_M 转矩系数($\text{min}^2/\text{m} \cdot r^2$);
 λ_V 容积系数;
 λ 绕流压降系数(汽蚀分析),升力角;
 μ 动力粘度($\text{Pa} \cdot \text{s}$);有限叶片扬程修正系数;
 ν 运动粘度(m^2/s),轮毂比(液环泵);
 ξ 流动损失系数($h_s = \xi \cdot q_v^2$);
 ρ 密度(kg/m^3);
 σ 汽蚀系数;

- τ 切应力(Pa);
- φ 相对湿度,角度;
- χ 余隙系数,湿周;
- ψ 能头系数,排挤系数;
- Ω 反应度(反动度,反作用度);
- Π 穿透性系数;
- NPSH 汽蚀余量(m)。

其他脚注符号

- a 大气;
- av 平均的;
- B 泵,泵轮;
- c 冲击,冷却,传动机构;
- co 压缩机;
- cr 临界的;
- D 导叶,导轮,电动机;
- d 设计;
- dy 动力学的;
- e 额定的,有效的;
- ex 出口;
- F 风机,阀门;
- f 表面,辅助室;
- G 仪表的;
- GZ “灌注”;
- g 管路的,管网;
- i 指示值,惯性;
- im 进口的;

in 内部的;
J “级”的;结构的;
j 机械的;
k 动能的,空气室;
LZ 轮阻;
M 马达,模型;
m 摩擦,轴面(子午面);
out 外边的;
ou 偶合器工况;
P 动力机;
po. 位能;
L 叶轮;
l 流动;
lim 极限的;
max 最大的;
min 最小的;
R 容积的;
sta. 标准的;
sh 轴上的;
s 损失,吸上,吸入,源(表示损失用 s);
sp. 弹簧;
st. 静压的,滞止的;
se. 密封;
T 涡轮;
th 理论的;
tec. 技术的;
v 汽化;
W 水的;

- w 尾水管的;
- xi 吸水;
- y 液流,液体;
- yp 圆盘;
- zk 真空;
- z 轴向的,装置的,负载,载荷,喷嘴;
- Σ 总的;
- ∞ 无限多的;
- * 上角标,表示设计工况;
- “0” 位置状态点,表示叶轮进口前;
- “1” 位置状态点,表示叶轮进口后;
- “2” 位置状态点,表示叶轮出口前;
- “3” 位置状态点,表示叶轮出口后。

目 录

| | |
|---|----|
| 第一篇 概论与基础篇 | 1 |
| 第一章 流体机械概论 | 1 |
| 1.1.1 什么是流体机械 | 1 |
| 1.1.2 流体机械的种类 | 1 |
| 1.1.3 流体机械在国民经济和社会生活中的重要地位 | 3 |
| 1.1.4 分析观察流体机械的几种不同视角 | 4 |
| 第二章 工程流体力学和工程热力学相关知识简述 | 6 |
| 1.2.1 流体的物理性质及流体静力学若干基本知识 | 6 |
| 1.2.2 流体的定常流动及其质量守恒关系——流动连续性方程 | 11 |
| 1.2.3 定常流动液体的能量守恒关系之一——重力场中的伯努利方程 | 12 |
| 1.2.4 定常流动液体的能量守恒关系之二——重力、离心力联合场中的伯努利方程 | 13 |
| 1.2.5 流体运动的动量及动量矩方程 | 14 |
| 1.2.6 关于运动流体的流态及流动的机械能损失 | 15 |
| 1.2.7 气体介质(工质)的状态参数及“过程” | 18 |
| 1.2.8 气体稳定流动的能量方程——热力学第一定律的应用 | 19 |
| 1.2.9 热、功能量守恒关系式在不同“热力系统”中的具体形式 | 23 |
| 1.2.10 气体的热力性质及热力过程简介 | 24 |
| 1.2.11 马赫数及拉伐尔喷管 | 33 |
| 1.2.12 关于流体能量的品质(或质量)关系 | 34 |
| 第二篇 叶片式流体机械 | 38 |
| 第一章 概述 | 38 |
| 2.1.1 液体介质叶片式流体机械简介 | 38 |
| 2.1.2 气体介质叶片式流体机械概况 | 42 |
| 第二章 叶片式泵 | 47 |
| 2.2.1 叶片式泵的基本结构形式及种类简介 | 47 |
| 2.2.2 叶轮的图形表示方法及轮内的流体运动分析 | 53 |
| 2.2.3 离心式叶片泵的压水室和吸水室 | 59 |
| 2.2.4 离心泵的启动工作及其能头特性 | 63 |
| 2.2.5 离心泵的性能参数及特性曲线 | 72 |
| 2.2.6 离心泵的相似理论 | 76 |

| | | |
|------------|------------------------------|------------|
| 2.2.7 | 离心泵叶轮的切割和泵的合理工作区 | 83 |
| 2.2.8 | 泵的汽蚀问题 | 87 |
| 2.2.9 | 轴流泵工作理论简介 | 93 |
| 2.2.10 | 叶片泵流体动力系统 | 100 |
| 2.2.11 | 关于叶轮的工作状态及泵的全特性问题 | 106 |
| 第三章 | 水轮机 | 112 |
| 2.3.1 | 水轮机及水力发电简介 | 112 |
| 2.3.2 | 反击式水轮机工作的基本理论 | 123 |
| 2.3.3 | 反击式水轮机的特性 | 133 |
| 2.3.4 | 切击式水轮机 | 145 |
| 2.3.5 | 水轮机的运行与调节 | 152 |
| 第四章 | 液力传动机械 | 161 |
| 2.4.1 | 液力传动元件的结构形式及工作原理 | 161 |
| 2.4.2 | 液力元件工作腔中的能头关系及元件的液力特性参数 | 167 |
| 2.4.3 | 液力传动元件的外部特性 | 174 |
| 2.4.4 | 液力传动系统(装置)的传动特性 | 181 |
| 2.4.5 | 液力元件的种类及其不同特点 | 185 |
| 2.4.6 | 液力传动的工程应用问题 | 192 |
| 第五章 | 气体介质叶片式流体机械 | 201 |
| 2.5.1 | 离心式通风机的结构及工作理论 | 201 |
| 2.5.2 | 轴流式通风机 | 212 |
| 2.5.3 | 通风机在管网中的工作及调节问题 | 216 |
| 2.5.4 | 离心式压缩机的基本结构形式及工作中的功能关系 | 221 |
| 2.5.5 | 离心式压缩机的特性及其使用问题 | 232 |
| 2.5.6 | 风力涡轮机 | 241 |
| 2.5.7 | 涡轮(透平)膨胀机及其在热泵(制冷)装置中工作的作用原理 | 243 |
| 第三篇 | 容积式流体机械 | 247 |
| 第一章 | 往复式泵 | 251 |
| 3.1.1 | 往复泵的基本工作理论(一) | 251 |
| 3.1.2 | 往复泵的基本工作理论(二) | 260 |
| 3.1.3 | 往复泵的若干其他特殊问题 | 265 |
| 第二章 | 其他形式液体介质容积式流体机械 | 274 |
| 3.2.1 | 转子型容积式泵 | 274 |
| 3.2.2 | 转子型容积式液动机(液压马达、油马达) | 281 |
| 3.2.3 | 往复式液动机——油缸 | 282 |
| 3.2.4 | 容积式液体介质流体机械工作系统 | 283 |
| 第三章 | 气体介质容积式流体机械 | 288 |
| 3.3.1 | 容积式气体压缩机 | 288 |

| | | |
|------------|-------------------------|------------|
| 3.3.2 | 容积式气动机械 | 294 |
| 第四篇 | 其他形式流体机械 | 301 |
| 第一章 | 特殊形式泵 | 302 |
| 4.1.1 | 旋涡泵 | 302 |
| 4.1.2 | 液环泵 | 306 |
| 4.1.3 | 部分流泵 | 314 |
| 4.1.4 | 射流泵 | 316 |
| 第二章 | 特殊形式流体传动机械 | 325 |
| 4.2.1 | 自复式液力传动装置——螺旋推进器 | 325 |
| 4.2.2 | 无滑差静液力机械耦合器 | 325 |
| 4.2.3 | 液体粘性传动装置 | 328 |
| | 参考文献 | 333 |

第一篇 概论与基础篇

第一章 流体机械概论

1.1.1 什么是流体机械

流体机械的种类和品种十分繁多,在工程上,乃至日常生活中,几乎随处可见。可是要问到底什么是流体机械,却未必都能给出准确的回答。是不是有流体参与工作的机械装置都是流体机械?答案是否定的。例如,一台水泵是流体机械,可是一个闸门,虽然有的也是庞然大物,却不能称之为流体机械;一台锅炉,虽然也是大型装置,工作中又离不开水、蒸汽等流体物质,加热过程中还包含有能量交换过程,可它是一个热动力装置,也不属于流体机械的范畴。

可以这样说,流体(液体或气体)介质(或称工质)和机械构件(如叶轮、活塞等),在个别情况下则是与另一工作流体(如在射流泵中,此时工作流体可视为一个流体构件),在一个共容的特定腔室或空间里,通过相互间的作用与反作用,实现机械功-能量的交换、传热的机械装置称为流体机械。在流体机械的工作中,也会有某种热力过程发生,但在一般情况下这只是伴生过程,并非机械的基本功能。

按照这样的认识,汽轮机、燃气轮机、内燃机等机械的工作,虽然也有与流体机械类似的作用过程,但它们是以热能与机械能的转换为主,不属于流体机械的范畴,而是属于热力发动机的一类动力机械。

1.1.2 流体机械的种类

根据不同的原则,流体机械可以有不同的分类。

一、按不同的作用机理分类

1. 叶片式(也称动力式)流体机械。它包括离心泵、轴流泵等各种叶片式泵、反击式水轮机、通风机、压缩机等,也包括液力传动机械。其基本特点是工作过程借助于叶轮的作用来实现。

2. 容积式流体机械。它包括各类液、气介质的往复式泵和转子泵、液气动马达、压缩机、液压缸筒、气缸等。它们的工作过程均通过“工作容积”的作用来实现。

3. 其它作用机理流体机械,如射流泵、液环泵、旋涡泵、部分流泵、冲击式水轮机等,具有与叶片式和容积式不同作用机理的流体机械。

叶片式和容积式是两类基本形式的流体机械,它们的共同特点是具有可作为工作机

械和动力机械的工作可逆性,如同电动机与发电机那样,而其它作用机理的流体机械则一般不具有这种可逆性。当然,作用机理的可逆性并不等于实际工程装置都可以可逆使用。

二、按不同的流体形态分类

按所用流体形态的不同可有液体介质和气体介质两类流体机械。这两类机械由于介质密度相差悬殊,因此在单位功率体积比上也相差很大,同时在介质密封的方法和具体结构上也大有差别。

顺便说明,由于理论和工程习惯的原因,在讨论中“液体”、“气体”和“流体”的称谓有时实难处处确切分开说明,所以何时只适用于液体或气体,何时又均适用于二者流体,读者应加注意。不过大多情况下本书叙述中也有一定的倾向性,对反复以“流体”称谓的问题一般对液、气体都是适用的,而对单指液体或气体的问题,大凡具有一定的特定性,但也不是绝对的。

三、按工作中是否考虑流体的可压缩性分类

流体介质可近似按密度为常数考虑的为不压缩介质流体机械,各种液体介质机械和工作压力较低的通风机均属此类。这类流体机械也常称作“水力机械”,因为水是最常见和常用的不可压缩流体。必须考虑流体可压缩性的流体机械则称可压缩流体机械,工作压力较高的鼓风机、压缩机等气体介质机械,包括叶片式和容积式的,均属此类,它们的工作过程必须计及流体密度的变化因素和相应产生的热力过程。

四、按机械的作用功能分类

1. 工作机械类,它包括叶片式和容积式的泵、风机、压缩机等,其特点是吸收原动机提供的机械功量,输出高能量的流体(高压、高速流动的流体)。

2. 动力机类,包括水轮机、液动或气动马达、缸筒,以及涡轮动力机,乃至风力发电的风车也属此类机械。其特点是利用输入的流体机械能(位能、压力能、动能),通过机械的转换而输出机械功量(以转速和转矩形式输出)。

3. 动力传动类。这是一类特殊的流体机械,用来作为机械动力的传输、变换装置使用,包括液力传动机械、液压传动机械及气压传动机械三大类。这类机械对外输入、输出主接口都是机械接口,没有流体接口,是一类隐态的流体机械。

五、按流体运动特点分类

有压流动类。绝大多数流体机械在工作过程中流体是在封闭流道中运动的,相对压力一般不等于零,流动属有压流动。

无压流动类。此类流体机械工作中流体运动有一个相对压力为零的自由表面,因此称无压流动。至于液体内部各处相对压力也不一定完全为零。冲击式水轮机,无内环的液力耦合器等就属于这类流体机械。由于“自由表面”的存在,流动的几何约束条件有了“自由”度,因此机械的“结构流道”与流动的“浸润流道”(流体在结构流道中实际占据的空间)一般并不相同,这给流动计算带来了不确定性。

此外,按照不同的应用和结构特点,流体机械尤其是泵和风机类产品,还有很多工程上的习惯分类,如船用泵、矿用泵、潜水泵、磁力驱动泵、自吸式泵、无堵塞泵、杂质泵、核工程用泵、航天航空用泵、输送特殊气体的压缩机、耐高温的锅炉引风机,等等。它们在工作原理上并无新的本质性特点。

与气体压缩机工作过程相反的气体膨胀机械,它们是将被压缩的气体冷却然后在机械中膨胀至低压,此时机械也输出机械功,但工程上可用它来实现制冷的功能,这是流体机械作为一种制冷机械使用的较特殊的情况。

本教程将以作用机理的特点作为分类的主线,分篇加以叙述。

1.1.3 流体机械在国民经济和社会生活中的重要地位

很难想像,假如人类在工程事业和社会生活中不利用包括了固、液、气三态物质中两大形态的流体,将是一种什么样的结局。而要利用流体,在现代就离不开流体机械,包括由它们组成的各类流体动力系统。实际上,它们在当今国民经济和社会生活中的不可或缺地位也许仅次于电力工程了。如果把奔流着千百种液体和气体物质的各类大小流体动力系统视为工程和社会生活的血管,那么流体机械就是它们的核心和动力所在——心脏。有人把流体机械仅仅看作只是一类传统甚至是古老的机械产品,那是一种极大的误解。实际上,它们永远不会被替代或消亡,现代高科技的发展只会把它们提升到高效率、高功能和高技术的制造,以及“绿色”化、智能化运行的新水平,并且越来越拓宽它们使用的新领域。据统计,我国发电量约35%耗用于各类泵和风机,其中固然也有反映我国流体机械行业能耗指标还不尽人意,性能大有提高发展的空间这一方面问题外,这一数字本身也足以说明它们的丰功伟绩。可以具体列举几个重要产业部门中使用各种流体机械的简单例子。

电力,无论是火电、水电或是核电,流体机械都是些部门中举足轻重的重要机械设备。高压高温工作的锅炉给水泵,是火电厂除锅炉、汽轮机、发电机外最重要的机械设备。还有,锅炉通风、引风机、输送灰渣的渣浆泵,大大小小的各式循环泵、冷凝泵,以及应用于它们调速运行的液力偶合器,它们占用了厂用电的绝大部分份额,而工厂自用电可能高达电站发电量的(5~8)%。在核电站,一回路使用的冷却剂泵,二回路使用的给水泵、冷凝泵、循环泵,它们都是电站运行和安全工作的关键设备。在这些领域里,我们的泵业制造水平已经接近或达到了国际先进水平。至于在水电站,水轮机更是利用水能的关键主机,不久即将问世的国产三峡电站单机70万千瓦的水轮发电机组更将使我国的水轮机制造业水平推向无可争议的国际先进水平!

在石油、化工行业,用于向地层注水注气的高压泵、压缩机,用于集油和输油的泵和输气压缩机;以及化工流程中输送酸、碱、盐、原料、成品半成品的耐腐蚀泵;可以完全避免泄漏的屏蔽泵;输送液态烃、氧、氢等低温液体的低温泵;合成氨装置,尿素、甲醇、乙烯、石油精炼工艺等所需泵和压缩机,等等,几乎无一不是生产中的关键性设备。实际上,化工设备中除了反应罐、塔等高压高温容器装置外,就是各种泵和压缩机,因为密如蛛网的各种管网输送的液态和气态物质,都需依靠它们作为流转的动力。

在机械制造及自动化领域里,还有一类数量极大,品种和功能要求各异的特殊流体动

力装置,这就是流体传动及控制装置,包括液压、气动及液力传动控制三大分支,它们实际上都是工作机与动力机两类流体机械的耦合使用,装备着包括陆、海、空各个领域里的无数机电产品,而这类传动机械易于和微电子技术、计算机技术融合发展的特点更使它们可以沿着光、机、电一体化发展的方向,在高新技术浪潮中永葆生机。

在冶金、矿业、舰船、交通、航空航天,乃至市政设施、水利工程、家用电器、医药卫生等各个领域里,也都同样离不开各类流体机械的工作,对此我们无需一一列举了。

总之,流体机械及基于它们而工作的数以百千计的各种流体动力系统,关系着各类液、气态物质,甚至也有固态物质的社会存在方式和价值,关系着国计民生和科学技术的发展进步,需要众多的科技人才服务于它们的研制开发、设计运行和高新化提升,我国的流体机械工程界也必将在不久的将来全面跻身于世界先进水平的行列!

1.1.4 分析观察流体机械的几种不同视角

以上关于流体机械的定位,一般而言,可以认为是从机械工程的视角来阐述的。在机械工程中,讨论流体机械常常着眼于“机械”二字:从机械结构的特点,分析机械的工作原理,机械功与流体机械能间的转换、传递过程,以及基于机械基础和流体力学分析流体机械设计方法等等,并且更侧重于水力机械类产品。在性能分析方面,则只讨论机械处于平衡工作状态时的特性,即所谓“静态特性”。

但是,流体机械也是热能动力工程的一个重要方面,从热能动力的视角来观察,它们是一类除热力发动机以外,具有机械功输出(或输入)的“热力系统”。在工程热力循环中,如制冷工程热力循环,火电厂蒸汽动力循环中,流体机械的功能是完成循环中的某一过程段的工作。机械的不同形式,只是实现这一过程功能的具体结构体现,比如采用叶片式或容积式结构。热力系统的分析以气体工质为典型,水力机械则属于一类具有工质密度为常数特点的流体机械,工作理论分析以热力学为重要理论基础。当然,热能动力工程的视角也关注具体的结构形式,在性能分析方面也仅指静态特性而言。

除了以上的传统讨论外,现代工程中也不乏流体机械工作在机电控制系统或过程控制系统的使用情况,例如,被称为液压马达或液压缸的容积式液动机,常常被用作机电控制系统中的“执行元件”,实现系统中某些位置、速度和力参数的自动控制;在泵和风机等流体动力系统中有时也需要实现压力、流量、温度等参数的自动控制;在水力发电中为保证供电频率的稳定,也需要实现水轮机转速的恒值控制,等等。此时需要基于控制工程理论的分析来讨论这些流体机械的工作特性。

从控制工程的视角分析流体机械的工作,与机械工程和热能动力工程的视角是大有差别的,此时,流体机械工作的物理过程特点将被淡化而以基于物理过程分析而导出的微分方程抽象化为机械工作的“数学模型”,转矩、转速、压力、流量等具体的物理量也被抽象化为输入量、输出量、干扰量等信号量,讨论的特性也不再是这些物理量的静态特性,而是反映从一个平衡工作状态转变为另一个平衡工作状态之间的过渡过程特点的动态参数指