



郑庆红 高 湘 王慧琴 主编

XIANDAI JIANZHU SHEBEI GONGCHENG

现代 建筑设备工程

冶金工业出版社

现代建筑设备工程

郑庆红 高 湘 王慧琴 主 编



北 京
冶 金 工 业 出 版 社
2004

内 容 提 要

全书共分 19 章,系统地介绍了现代建筑物中的给排水、消防、暖通空调、燃气供应、建筑防排烟、建筑照明、智能建筑等系统和设备的工作原理,国内外建筑设备技术方面的最新发展,以及在建筑中的应用情况。

本书可作为高等院校 建筑类各专业的一门技术基础课(建筑、管理、建筑工程专业)教材,或高职高专教材,也可作为相关技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

现代建筑设备工程/郑庆红等主编. —北京:冶金工业出版社,2004. 9

ISBN 7 - 5024 - 3174 - 8

I. 现… II. 郑… III. 房屋建筑设备 IV. TU8

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 019038 号

出版人 曹胜利(北京沙滩嵩祝院北巷 39 号,邮编 100009)

责任编辑 俞跃春 美术编辑 李 心

责任校对 符燕蓉 李文彦 责任印制 李玉山

北京百善印刷厂印刷;冶金工业出版社发行;各地新华书店经销

2004 年 9 月第 1 版,2004 年 9 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16; 30.25 印张; 730 千字; 467 页; 1-5000 册

45.00 元

冶金工业出版社发行部 电话:(010)64044283 传真:(010)64027893

冶金书店 地址:北京东四西大街 46 号(100711) 电话:(010)65289081

(本社图书如有印装质量问题,本社发行部负责退换)

前 言

随着我国社会主义市场经济体制的建立和完善,科学技术及设备的不断发展和更新,人民物质文化生活水平的不断提高,人们对建筑物的功能要求也越来越高。现代建筑,特别是高层建筑的迅猛发展,对建筑物的使用功能和质量提出了越来越高的要求。现代建筑中水、电、空调和消防等系统的设备日趋复杂,建筑设备投资在建筑总投资中的比重越来越大,建筑设备工程在建筑工程中的地位也越来越重要。因此,从事建筑类各专业工作的工程技术人员,需要对现代建筑物中的给排水、供暖、通风、空调、燃气供应、供配电、消防、智能建筑等系统和设备的工作原理和功能,以及在建筑中的应用情况有所了解,以便在建筑和结构设计、建筑施工、室内装修、房地产开发和建筑管理等工作中合理的配置及使用能源和资源,以便做到既能完美地体现建筑物的设计和使用功能,又能尽量地减少能量的损耗和资源的浪费。同时新的建筑设备的相关规范也陆续出台,为适应这种变化,我们编写了本教材。

本书在编写体系上注重了基础理论与工程应用的有机结合,以符合对事物循序渐进的认识规律,并加入了大量形象化的图例,便于读者更好地理解和掌握有关的学习内容。本书内容较全面,各单位可根据自己的教学计划要求,有所侧重,以满足教学要求。

本书由郑庆红、高湘、王慧琴担任主编。参加编写的有:郭明(第1章),高湘(第2、3、4、6、7、8章),冯丽(第5章),张莉(第11、12章及第10章部分内容),何东(第10章),郑庆红(第9、13、14章),王慧琴(第15、16、17、18、19章)。

本书在编写过程中参阅了许多文献和国家发布的最新规范,并列于书末,以便读者进一步查阅有关的资料,书中采用了东方仿真的部分图片,在此表示感谢,同时对各参考文献的作者表示衷心的感谢。感谢西安建筑科技大学李慧民、赵建荣两位老师的大力支持。由于编者水平所限,书中不妥之处,敬请读者批评

... -

编 者

2004年3月

目 录

1 流体力学基础

1.1 流体的主要物理性质	1
1.1.1 流体的密度和重度	1
1.1.2 流体的压缩性、热膨胀性和流体的粘滞性	1
1.1.3 作用于流体上的力	4
1.2 流体静压强及分布	4
1.2.1 流体的静压强及特性	4
1.2.2 流体静压强的分布规律	5
1.2.3 流体压强的度量和单位的表示	6
1.2.4 流体压强的测量	6
1.3 流体运动的基本规律	7
1.3.1 基本概念	7
1.3.2 恒定流的连续性方程式	9
1.3.3 恒定总流能量方程式	11
1.4 流体运动阻力及水头损失	14
1.4.1 流动阻力和水头损失的两种形式	14
1.4.2 流动的两种形态	15
1.4.3 沿程水头损失	16
1.4.4 沿程阻力系数 λ 和流速系数 C 的确定	17
1.4.5 局部水头损失	19

2 管材、器材及卫生器具

2.1 管材、附件及水表	23
2.1.1 建筑给水管材及连接	23
2.1.2 给水附件	30
2.1.3 仪表设备	38
2.1.4 建筑排水管材及配件	40
2.1.5 排水附件	45
2.2 卫生器具	48
2.2.1 概述	48
2.2.2 卫生器具的选用	49
2.2.3 便器类配件	62

3 建筑给水工程

3.1 给水系统	66
3.1.1 建筑给水系统的分类与组成	66
3.1.2 建筑给水系统的水质	67
3.1.3 用水量标准和用水量计算	68
3.1.4 给水方式	76
3.2 给水管道布置与敷设	79
3.2.1 给水管道的布置方式	79
3.2.2 给水管道布置原则	79
3.2.3 给水管道的敷设	81
3.2.4 管道防护	82
3.3 建筑内部给水管网计算	83
3.3.1 建筑给水系统所需水压	83
3.3.2 管道水力计算	83
3.4 建筑内部给水设备的构成	85
3.4.1 离心水泵	85
3.4.2 水箱	87
3.4.3 储水池	89
3.4.4 气压给水设备	90

4 建筑消防给水系统

4.1 建筑消防栓给水系统	93
4.1.1 消防栓给水系统的组成	93
4.1.2 室内消防栓给水系统	96
4.1.3 消防用水量和消防栓给水系统的计算	97
4.2 自动喷水灭火给水系统	102
4.2.1 自动喷水灭火系统的分类	102
4.2.2 自动喷水灭火系统的基本组成	105
4.2.3 建筑消防系统中水泵、水箱及水池的设置	110
4.3 其他灭火系统	112
4.3.1 水雾灭火系统	113
4.3.2 蒸汽灭火系统	113
4.3.3 卤代烷灭火系统	113

5 热水供应系统

5.1 热水水质和热水用水量标准	116
5.1.1 热水用水量标准	116
5.1.2 热水水质	117

5.1.3 水温标准	117
5.2 水的加热方式和加热设备	120
5.2.1 加热方式	120
5.2.2 加热设备	120
5.2.3 水温的调节	125
5.2.4 加热贮水箱	126
5.3 热水管网	127
5.3.1 热水系统及组成	127
5.3.2 热水供应方式与选用	128
5.3.3 热水管布置、敷设的基本原则	129
5.3.4 设备及管道的防腐	134
5.3.5 热水用水量、耗热量及热媒耗量的计算	134
5.3.6 热水供应设备	136
5.4 饮水供应系统	137
5.4.1 饮水定额	137
5.4.2 饮水水质	138
5.4.3 饮水温度	138
5.4.4 饮水制备	138
5.4.5 饮水系统计算	142

6 建筑排水系统

6.1 建筑排水系统的组成与分类	144
6.1.1 排水系统的分类	144
6.1.2 排水系统的组成	145
6.2 建筑排水系统的管路布置与敷设	149
6.2.1 排水系统管路的布置原则	149
6.2.2 排水系统管路的敷设	149
6.3 建筑排水系统的水力计算	150
6.3.1 排水量标准和设计秒流量	150
6.3.2 排水管路的水力计算	152
6.4 建筑排水系统污水的局部处理设施	155
6.4.1 建筑排水的局部处理设施	155
6.4.2 医院污水处理	158
6.5 屋面雨水的排放	159
6.5.1 外排水系统	160
6.5.2 内排水系统	160
6.6 雨水的利用	164
6.6.1 雨水利用的服务对象	164
6.6.2 雨水利用的方法	164

6.6.3 雨水利用的流程实例	165
-----------------------	-----

7 高层建筑给排水系统

7.1 高层建筑给排水的特点	166
7.2 高层建筑给水系统	166
7.2.1 技术要求	166
7.2.2 技术措施	166
7.2.3 高层建筑给水系统的水力计算	168
7.3 高层建筑消防系统	169
7.3.1 技术要求	169
7.3.2 技术措施	169
7.4 高层建筑的热热水供应	175
7.4.1 技术要求	175
7.4.2 技术措施	175
7.5 高层建筑的排水系统	177
7.5.1 技术要求	177
7.5.2 技术措施	177
7.6 高层建筑管道布置	183

8 居住小区给排水工程

8.1 居住小区给排水工程的概念	185
8.2 居住小区给水系统	185
8.2.1 居住小区给水水源及设计用水量	185
8.2.2 居住小区供水方式	186
8.2.3 居住小区给水系统的设计及管道布置和敷设	187
8.3 居住小区排水系统	189
8.3.1 排水体制	189
8.3.2 居住小区排水量及水力计算	190
8.3.3 居住小区排水管道的布置与敷设	191
8.3.4 污水处理	192
8.4 居住小区中水系统	192
8.4.1 中水源水	192
8.4.2 中水供水水质	194
8.4.3 中水系统类型和组成	194
8.4.4 中水处理工艺流程	196

9 暖通空调相关知识

9.1 热工学的基本概念	199
9.1.1 基本概念	199

9.1.2 水蒸气的物理性质	200
9.2 湿空气的物理性质与焓-湿图	202
9.2.1 湿空气的组成	202
9.2.2 湿空气的状态参数	202
9.2.3 湿空气的焓湿图	203
9.2.4 湿球温度与露点温度	205
9.3 传热基本原理	206
9.3.1 传热的基本方式	206
9.3.2 传热过程	208

10 供暖工程

10.1 供暖系统热负荷	210
10.1.1 采暖建筑及室内外设计计算温度	210
10.1.2 热负荷	217
10.2 室内供暖系统	223
10.2.1 供暖系统的分类及特点	223
10.2.2 分户热计量采暖系统	231
10.2.3 地板辐射采暖系统	233
10.2.4 供暖系统的选择	235
10.3 小区供暖系统	236
10.3.1 小区供暖负荷	236
10.3.2 集中供热系统形式	240
10.3.3 热力管网及热力引入口	249
10.4 散热设备	255
10.4.1 散热器种类及基本要求	255
10.4.2 散热器的布置	259
10.4.3 散热器的热工计算	261
10.5 室内供暖系统的管路布置和主要设备	264
10.5.1 室内热水供暖系统的管路布置和主要设备	264
10.5.2 热水供暖系统的主要设备和附件	265
10.5.3 蒸汽供暖系统的管路布置与设备	267
10.5.4 蒸汽供暖系统主要设备及附件	268
10.6 高层建筑采暖	268
10.6.1 分区式高层建筑热水采暖系统	268
10.6.2 其他类型的高层建筑热水采暖系统	270
10.7 供暖系统的敷设	271
10.7.1 采暖用户入口的敷设	271
10.7.2 供热管道的布置	272
10.7.3 供热管道附件	278

11 锅炉及锅炉房设备

11.1 供热锅炉的种类、基本构造及工作原理	282
11.1.1 常用供热锅炉类型及型号	282
11.1.2 锅炉的基本构造	284
11.1.3 锅炉工作过程	287
11.1.4 电热锅炉简介	288
11.2 锅炉房工艺系统及主要设备	288
11.2.1 锅炉房的工艺系统	288
11.2.2 引、送风系统	289
11.2.3 水、汽系统	289
11.2.4 燃料系统	290
11.2.5 仪表附件及控制系统	291
11.3 锅炉房布置	291
11.3.1 锅炉房位置的确定	291
11.3.2 锅炉房布置的一般原则	292
11.3.3 锅炉间、辅助间及生活间布置	293
11.3.4 锅炉房对土建施工的特殊要求	294

12 燃气工程

12.1 燃气的分类	295
12.1.1 天然气	295
12.1.2 人工燃气	295
12.1.3 液化石油气	296
12.2 燃气输配系统	296
12.2.1 长输管道系统	296
12.2.2 城市燃气输配系统	297
12.3 建筑燃气供应系统	299
12.3.1 建筑燃气供应系统的构成	299
12.3.2 建筑燃气管道的布置和敷设要求	299
12.4 燃气表与燃气用具	302
12.4.1 燃气表	302
12.4.2 燃气用具	302
12.5 民用燃气用具的烟气排除	304
12.5.1 单独烟道	304
12.5.2 共用(联合)烟道	304

13 建筑通风及防排烟

13.1 有害物的来源及危害	306
----------------------	-----

13.1.1 有害物的来源	306
13.1.2 有害物的危害	308
13.1.3 卫生标准和排放标准	310
13.2 通风方式	313
13.2.1 通风的分类	313
13.2.2 自然通风作用原理	314
13.2.3 机械通风	315
13.2.4 全面通风量的确定	317
13.3 建筑防火排烟	322
13.3.1 建筑火灾烟气的特性	322
13.3.2 火灾烟气控制原则	324
13.3.3 通风空调系统的防火	328
13.4 通风系统及设备	329
13.4.1 通风系统的设备组成	329
13.4.2 通风系统的附件	334
13.4.3 通风管道常用板材	335

14 空气调节及其冷源

14.1 空气调节系统组成及分类	338
14.1.1 空调系统的组成	338
14.1.2 空调系统的分类	338
14.1.3 空调系统的特点	340
14.2 空调房间热工要求及空调冷负荷	348
14.2.1 空调房间热工要求	348
14.2.2 空调冷负荷	350
14.3 空调房间气流组织与效果	353
14.3.1 空调效果	353
14.3.2 送、回风口的形式及气流组织形式	353
14.4 空气处理设备	358
14.4.1 空气冷热处理设备	358
14.4.2 空气加湿、减湿设备	361
14.4.3 空气净化设备	365
14.4.4 消声设备	366
14.5 空调冷源	368
14.5.1 制冷循环原理及类型	368
14.5.2 空调和制冷机房及设备	374

15 建筑电气概述

15.1 研究建筑电气的意义	378
----------------------	-----

15.2 建筑电气设备的分类	378
15.2.1 创造环境的设备	378
15.2.2 追求方便性的设备	378
15.2.3 增强安全性的设备	379
15.2.4 提高控制性及经济性的设备	379
15.3 建筑电气系统的分类	379
15.3.1 建筑的供配电系统	379
15.3.2 建筑动力系统	381
15.3.3 电气照明系统	381
15.3.4 减灾系统	382
15.3.5 信息系统	382
15.4 建筑电气与建筑的关系	383
15.5 建筑电气工程图的分类	383

16 供配电系统

16.1 电能的生产、输送和分配	385
16.1.1 电力系统的组成	385
16.1.2 电力系统的电压	386
16.1.3 供电系统的方案	389
16.1.4 配电系统的设备和接线方式	390
16.2 用电负荷的计算	391
16.2.1 负荷分类	391
16.2.2 用电设备的工作制	392
16.2.3 负荷曲线和负荷的种类	393
16.2.4 负荷计算的方法	394
16.3 导线的选择	397
16.3.1 一般原则和要求	397
16.3.2 导线和电缆型号的选择	397
16.3.3 导线和电缆截面的选择	398
16.4 常用低压电气设备的选择	400
16.4.1 低压开关刀的选择	400
16.4.2 熔断器的选择	400
16.4.3 配电线路断路器的选择	401
16.5 配电盘、柜和变配电室	401
16.5.1 配电盘(箱)	401
16.5.2 配电柜	402
16.5.3 变配电所(室)	403
16.6 建筑电气系统设计	404
16.6.1 建筑电气设计的有关问题	404

16.6.2 建筑电气设计的原则与步骤	404
16.6.3 建筑电气设计的图纸与说明	405
16.6.4 配电系统设计	405
16.6.5 动力电气平面图	406
16.6.6 供电系统设计举例	406

17 电气照明技术

17.1 照明的基本知识	408
17.1.1 光的概念	408
17.1.2 基本光学度量单位	408
17.1.3 光的性质	408
17.2 电气照明种类和照度	409
17.2.1 照明的种类	409
17.2.2 照明的方式和设置	410
17.2.3 照度标准	410
17.3 照明质量和灯具的布置	412
17.3.1 电光源的选择	412
17.3.2 照明质量	413
17.3.3 灯具的选择	414
17.3.4 灯具的布置和安装	417
17.3.5 照明节能	419
17.4 照度计算	420
17.4.1 利用系数法	420
17.4.2 单位容量法	424
17.4.3 电气照明设计初步设计内容	426

18 智能建筑的电气系统

18.1 智能建筑的组成和功能	428
18.1.1 智能建筑的优势	428
18.1.2 智能建筑的组成和功能	428
18.2 语音通信系统	430
18.3 CATV 系统和有线广播	432
18.3.1 CATV 系统	432
18.3.2 有线广播	436
18.4 计算机网络	437
18.4.1 计算机网络的基本概念	437
18.4.2 网络的拓扑结构	438
18.4.3 网络屏蔽	439
18.5 建筑火灾报警消防系统	440

18.5.1 火灾自动报警消防系统的组成	440
18.5.2 火灾自动报警消防系统的分类	440
18.5.3 火灾探测器	441
18.5.4 消防控制中心	443
18.6 防盗保安系统	443
18.6.1 防盗保安系统的功能	443
18.6.2 智能门禁系统	444
18.6.3 防盗报警系统	445
18.6.4 电视监控系统	446
18.7 楼宇自动控制系统设计	447
18.7.1 控制系统的内容	447
18.7.2 主要设备和系统构成	448
18.7.3 各类控制系统的介绍	448
18.8 综合布线	450
18.8.1 概 述	450
18.8.2 综合布线的构成	451
18.8.3 综合布线的标准	454
18.8.4 综合布线系统的设计	455
19 接地与防雷	
19.1 雷电的特性及危害	457
19.1.1 雷电的特性	457
19.1.2 雷电对建筑物的危害	457
19.1.3 触电及对人体的伤害形式	458
19.1.4 触电的原因	458
19.2 接地与接零	459
19.2.1 接地类型	459
19.2.2 保护接地的应用	461
19.2.3 接地装置及其一般要求	461
19.3 建筑物防雷	463
19.3.1 建筑物防雷等级和防雷措施	463
19.3.2 建筑物防雷措施	464
19.3.3 建筑物防雷装置	464
19.3.4 建筑工地防雷	466
参考文献	467

1 流体力学基础

流体包括液体和气体。流体力学是研究流体处于平衡、运动状态时的力学规律及其工程应用的一门科学。

流体力学按介质可分为水力学和气体力学。水力学的主要研究对象是液体。当气体的流速和压力不大,密度变化不多,气体的压缩性影响可以忽略不计时,液体的各种运动规律对于气体同样适用。流体力学在建筑工程中应用广泛,是给水、排水、供热、供燃气、通风和空调等工程设计、计算和分析的理论基础。

1.1 流体的主要物理性质

流体的特性是易于流动,任何微小的剪切力都能使静止流体发生很大的变形,因此流体没有一定的形状,只能被限定为其所在容器的形状。在分析流体静止和运动时,通常认为流体是无空隙、充满一定空间的连续介质,所有参数都是空间坐标的连续函数。

1.1.1 流体的密度和重度

均质流体各点的密度相同,单位体积流体所具有的质量称为密度,用 $\rho(\text{kg}/\text{m}^3)$ 表示

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1-1)$$

式中 m ——流体的质量, kg;

V ——流体的体积, m^3 。

单位体积流体所受的重力称为容重(重度),用 $\gamma(\text{N}/\text{m}^3)$ 表示

$$\gamma = \frac{G}{V} \quad (1-2)$$

式中 G ——流体的重力, N。

流体的容重和密度的关系是:

$$\gamma = \rho g \quad (1-3)$$

式中 g ——重力加速度,其值为 $9.807\text{m}/\text{s}^2$ 。

对于同一种流体,其密度和容重受外界压力和温度的影响而稍有变化。但在一般情况下,液体的密度和容重随外界压力和温度的变化很小,在工程计算中可以忽略不计,如水的密度常采用 $1000\text{kg}/\text{m}^3$,容重值采用 $9800\text{N}/\text{m}^3$ 。对于气体应当考虑外界压力和温度对其密度的影响,其变化规律可按气体状态方程计算。

1.1.2 流体的压缩性、热膨胀性和流体的黏滞性

当流体所受的压力增大时,其体积缩小,密度增大,这种性质称为流体的压缩性。流体压缩性的大小,一般用压缩系数 $\beta(\text{Pa}^{-1})$ 来表示。压缩系数是指在体系温度不变时单位压强所引起的体积相对变化量:

$$\beta = -\frac{1}{V_0} \frac{dV}{dp} \quad (1-4)$$

式中 V_0 ——受压缩前的流体体积, m^3 ;

V ——流体体积, m^3 ;

p ——流体的压强, Pa 。

假定压强由 p_0 变化到 p , 体积由 V_0 变化到 V , 由式(1-4)可以得到流体密度随压强变化的规律:

$$\rho = \frac{\rho_0}{1 - \beta(p - p_0)} \quad (1-5)$$

流体的压缩性还可以用体积弹性系数 E 来表示, E 为表示体积压缩系数的倒数, 如下:

$$E = \frac{1}{\beta} \quad (1-6)$$

可见 E 值越大, 流体越不易压缩。

流体因温度升高会使原有的体积增大, 密度减小的性质称为流体的热膨胀性。热膨胀性的大小用热膨胀系数 α ($1/\text{K}$ 或 $1/^\circ\text{C}$) 来表示, 热膨胀系数是指在体系压力不变时, 单位温度引起的体积相对变化量, 可表示为:

$$\alpha = \frac{1}{V_0} \frac{dV}{dT} \quad (1-7)$$

式中 V_0 ——初温度 T_0 (K) 时的流体体积, m^3 ;

T ——温度, K 或 $^\circ\text{C}$ 。

假定温度由 t_0 升高到 t , 体积由 V_0 膨胀到 V , 由式(1-7)可以得到流体密度随温度变化的关系:

$$\rho = \frac{\rho_0}{1 + \alpha(t - t_0)} \quad (1-8)$$

液体分子之间的间隙小, 在很大的外力作用下, 其体积只有极微小的变化, 例如水从一个大气压增加到 100 个大气压时 ($1.01325 \times 10^{-1} \sim 10.1325 \text{MPa}$), 每增加一个大气压, 水的密度增加 $1/2000$ 。当水温 10°C , 水的体积弹性系数约为 20 万分之一; 水温为 $10 \sim 20^\circ\text{C}$ 时, 温度每增加 1°C , 水的密度减小 $3/20000$, 当水温为 $90 \sim 100^\circ\text{C}$ 时, 温度每增加 1°C , 水的密度减小 $7/10000$ 。可见水的压缩性和热膨胀性是很小的, 计算时一般可看成是不可压缩流体。在建筑设备工程中, 除水击和热水循环系统外, 一般计算均不考虑液体的压缩性和热膨胀性。

从流体的分子结构来看, 气体分子之间的间隙大, 分子之间的引力很小, 气体的体积随压强和温度的变化是非常明显的, 称为可压缩流体, 若在一定容器内气体的质量不变, 则两个稳定状态之间的参数关系, 可由理想气体状态方程确定:

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2} \quad (1-9)$$

式中 p_1 、 V_1 和 T_1 ——分别为气体状态变化前的压强、体积和绝对温度;

p_2 、 V_2 、 T_2 ——分别为其变化后的相应值。

但气体在流动过程中, 若流速不大 (不超过 $70 \sim 100 \text{m/s}$, 小于音速), 相对压强不超过 $2.86 \times 10^3 \text{Pa}$, 可看做是不可压缩流体, 例如空气在一温差较小的空间内的流动, 在通风管道内的流动, 因其密度变化很小, 可看做是不可压缩流体。但在不同空间流动的空气, 例如室内外, 由于存在温差, 空气的密度有所不同, 会因密度不同产生空气的自然流动, 形成自然通

风。干空气的密度 ρ 按下式计算:

$$\rho = 0.003484 \frac{p}{273.15 + t} \quad (1-10)$$

式中 p ——空气压强, Pa;

t ——空气温度, $^{\circ}\text{C}$ 。

实际流体具有黏滞性,黏性在流动中才表现出来。流体由静止到开始流动,是一个流体内部产生剪切力,形成剪切变形,静止状态受到破坏的过程。

黏性是流体抵抗其发生剪切变形的一种特性。当相邻的流体层有相对运动时,各层之间因流体的黏性而产生内摩擦力。摩擦力使流体摩擦生热,流体的机械能部分地转化为热能。所以,运动流体的机械能总是沿程减少的。

流体黏性的典型实验观察:

管道中流体流动。当流体在管中缓慢流动时,紧贴管壁的流体质点黏附在管壁上,流速为零,位于管轴心线上的流体质点流速最大,在这两者之间的流体质点(或流体层)各具有不同的流速,可以连线形成图 1-1 所示的流速分布曲线。

牛顿在实验的基础上,提出了流体内摩擦力大小的经典理论——牛顿内摩擦定律。

τ (Pa)表示单位面积上的内摩擦力,牛顿公式

可表示如下:

$$\tau = \frac{F}{S} = \mu \frac{du}{dy} \quad (1-11)$$

式中 F ——内摩擦力, N;

S ——摩擦流层的接触面积, m^2 ;

μ ——流体动力黏性系数, $\text{Pa} \cdot \text{s}$;

$\frac{du}{dy}$ ——流速梯度,速度沿垂直于流速方向

的变化率, s^{-1} 。

动力黏性系数 μ 表示流体黏性的大小,它决定于流体的种类和温度,也称黏度或动力黏度。流体黏性还可由运动黏性系数(或称运动黏度)表示,运动黏性系数 ν (m^2/s)与动力黏度的关系是:

$$\mu = \rho \nu \quad (1-12)$$

运动黏性系数更能说明流体流动的难易程度。运动黏度愈大,反映流体质点相互牵制的作用明显,流动性能愈差。

压强对流体黏度基本无影响,仅在高压系统中流体的黏度才稍有增加,因此一般不考虑压强对流体粘性的影响。但温度对流体粘性的影响较大,且温度对气体和液体的黏性影响情况不相同。表 1-1 表示在不同温度下水和空气的黏性系数值。

表 1-1 水和空气的黏度系数

水			空 气		
$t/^{\circ}\text{C}$	$\mu/\text{Pa} \cdot \text{s}$	$\nu/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	$t/^{\circ}\text{C}$	$\mu/\text{Pa} \cdot \text{s}$	$\nu/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$
0	1.792×10^{-3}	1.792×10^{-6}	0	0.0172×10^{-3}	13.7×10^{-6}

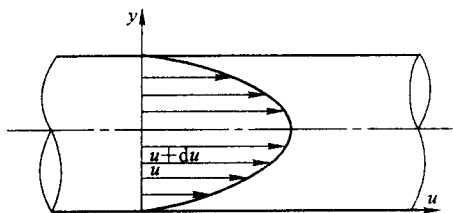


图 1-1 流体的黏性作用