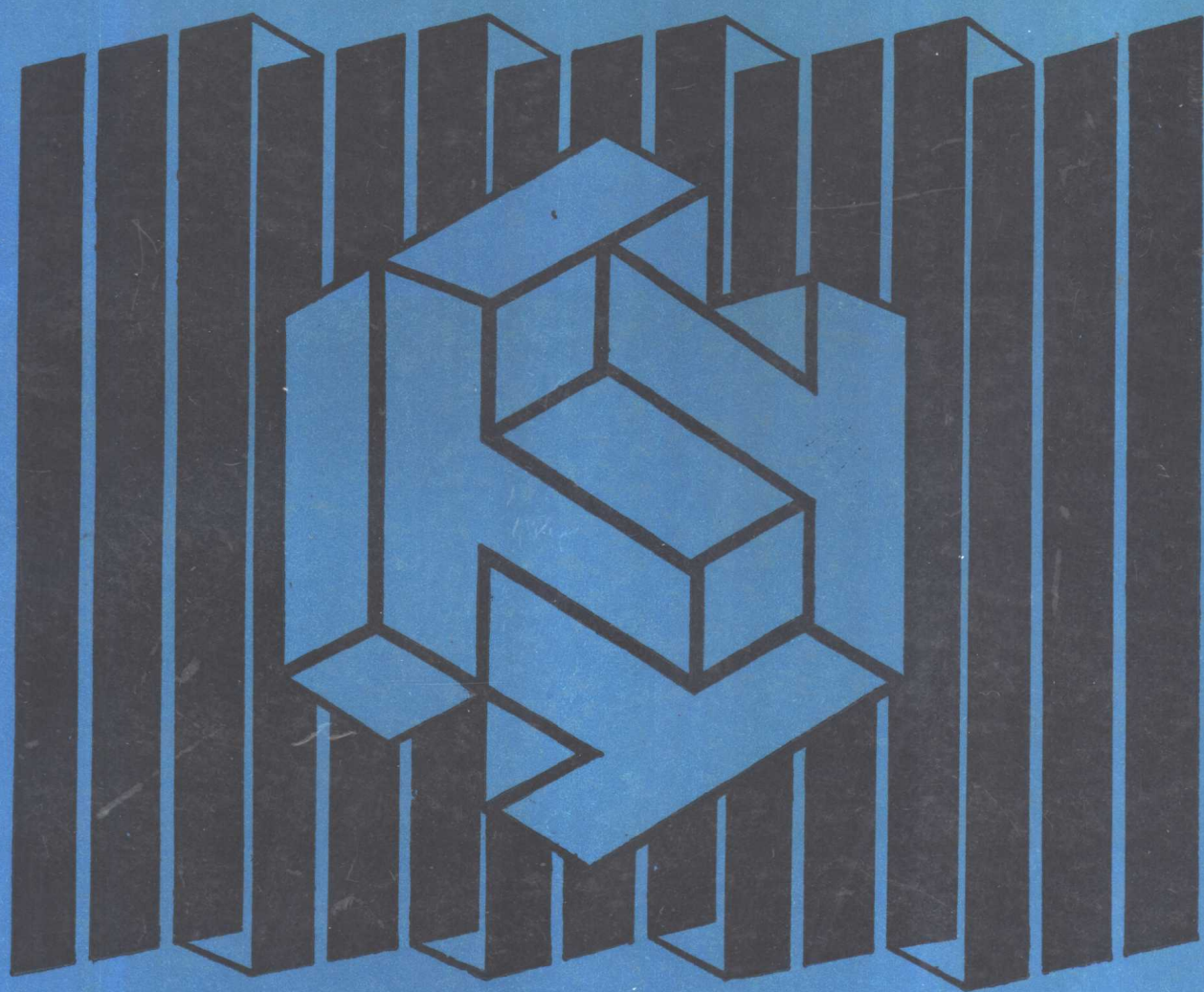


全国建筑安装企业中级技工培训教材



上海科学技术出版社

中国建筑业联合会安装协会

徐文德 主审

康文甲 钱德永 王旭 编
郑学珍 王裕林 周正民

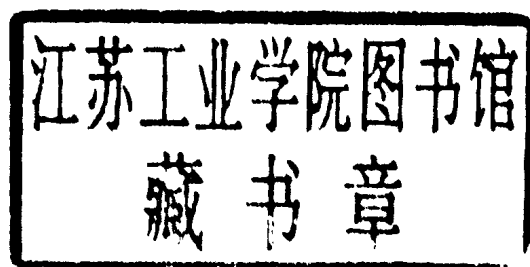
管道工

全国建筑安装企业中级技工培训教材

管 道 工

中国建筑业联合会安装协会

康文甲 钱德永 王 旭 编
郑学珍 王裕林 周正民
徐文德 主审



上海科学技术出版社

全国建筑安装企业中级技工培训教材

管 道 工

中国建筑业联合会安装协会

康文甲 钱德永 王 旭 编

郑学珍 王裕林 周正民

徐文德 主审

上海科学技术出版社出版

(上海瑞金二路 450 号)

新华书店上海发行所发行 上海市印刷三厂印刷

开本 787×1092 1/16 印张 47.5 插页 1 字数 142,000

1989年12月第1版 1989年12月第1次印刷

ISBN 7-5323-1457-X/TU·53

印数 1—19,000 定价: 16.00 元

内 容 提 要

本书是按城乡建设环境保护部颁发的《建筑安装工人中级技术理论教学计划和教学大纲》，结合新技术的发展编写的。内容包括管道中级工所必备的流体力学、传热学及材料力学基础知识；各类管道施工图的表示方法、识读方法及投影基本知识；给排水、采暖、制冷、锅炉及各种工业管道、仪表、仪表管道系统的组成、构造、工作原理、施工方法和安装技术要求等。全书共十八章分成三篇：即基础理论、专业识图和安装技术。

本书是管道中级技术岗位培训专业教材，也可供有关工程技术人员作自学参考用书。

前 言

为适应职工岗位培训的需要,根据国家建设部劳资局的指示,由我中心组织编写了一套全国建筑安装企业中级技术工人(4~6级)培训教材。这本《管道工》教材,是根据国家建设部劳资局颁发的《建筑安装工人中级技术理论教学计划和教学大纲》编写的,全书由管道安装基础理论、管道安装专业识图及管道安装技术三篇组成。教学时数约为400课时。

本书在编写过程中,十分重视理论联系实际,力求在内容上做到深入浅出,通俗易懂,既适合课堂教学使用,又能够满足自学的要求。初稿形成后,广泛征求了各方面的意见,进行补充和修改,使其尽量适合中级技工岗位培训使用。

本书由康文甲、钱德永、王旭、郑学珍、王裕林、周正民等同志编写。

参加本书审稿的有徐文德、夏延年、郭荣祥、刘钟义、李学贞、徐美华等同志,由徐文德同志担任主审。

本书编写过程中,得到了上海市工业设备安装公司、陕西省设备安装工程公司、四川省工业设备安装公司、山东省工业设备安装公司、江苏省工业设备安装公司、中建二局安装公司、湖南省工业设备安装公司等单位的大力支持。对参加本书编审的同志和支持编审工作的单位,谨致以衷心感谢。读者在使用过程中,请提宝贵意见,以便充实、改进。

中国建筑业联合会安装协会人才培训中心

一九八八年十二月十九日

目 录

第一篇 管道安装基础理论

第一章 流体力学	3
第一节 流体的力学性质	3
一、流体力学研究的对象	3
二、流体的力学性质	3
习题1-1	11
第二节 流体静力学	11
一、流体的静压强	11
二、液体静压强的方程	12
三、液体静压强的度量	15
四、液体对外力的传递	16
五、连通器原理	17
习题1-2	18
第三节 流体动力学	8
一、基本概念	18
二、流体运动的分类	21
三、运动流体连续性方程	23
习题1-3	25
第四节 伯努力方程及应用	26
一、伯努力方程	26
二、伯努力方程的应用	29
三、流量计和流速计	31
习题1-4	36
第五节 运动流体的阻力	37
一、阻力	38
二、阻力的计算	40
三、减小阻力的途径	48
习题1-5	50
第二章 传热学基础	52
第一节 传热的形式	52
一、概述	52
二、基本概念	52
三、传热的基本方式	53
习题2-1	60
第二节 导热、对流、辐射换热的计算	60
一、平壁和圆筒壁导热的计算	60
二、对流换热量的计算	66
三、物体间辐射换热量的计算	67
习题2-2	72
第三节 传热与隔热	73
一、传热过程	73
二、平壁和圆筒壁的传热	74
三、增强传热和削弱传热	80
习题2-3	84
第四节 水蒸气	85
一、液体的气化	85
二、定压下水蒸气的形成	87
三、水蒸气的比焓	89
四、水蒸气表	90
习题2-4	94
第五节 理想气体的状态方程	94
一、理想气体的状态参数	95
二、理想气体的状态方程	96
习题2-5	98
第三章 材料力学的基本知识	99
第一节 概述	99
一、材料力学的任务	99
二、变形固体	100
三、基本假设	101
四、外力、内力与截面法	102
五、杆件变形的基本形式	103
习题3-1	105
第二节 轴向拉伸和压缩	105
一、拉杆及压杆横截面上的内力	105
二、拉杆及压杆截面上的应力	107
三、拉杆和压杆的强度计算	109
四、拉伸及压缩时自重的影响	111
五、拉杆和压杆的变形	113
习题3-2	117
第三节 材料的力学性能	117
一、低碳钢的拉伸试验	118
二、铸铁的压缩试验	120
三、硬度	121
四、徐变及松弛现象	122
五、塑性材料和脆性材料力学性能的比较	123

六、许用应力和安全系数	124
习题3-3	124
第四节 剪切、扭转和弯曲	125
一、剪切	125
二、扭转	127
三、弯曲	130
习题3-4	134

第五节 圆筒形容器、管道及附件的强度	134
一、圆筒形薄壁容器的强度	134
二、管道的强度计算	136
三、圆形平端盖和平堵头的强度计算	137
四、支架的强度计算	138
五、焊缝的强度计算	140
习题3-5	142

第二篇 管道安装专业识图

第四章 识图基本知识

第一节 正投影的基本概念	145
一、正投影法	145
二、点、直线和平面的正投影特性	146
三、投影的积聚和重合	147
第二节 投影图	148
一、单面投影图	148
二、三面投影图的形成	150
三、三面投影图的特性	151
第三节 直线和平面的投影	153
一、直线在三投影面体系中的投影	153
二、平面在三投影面体系中的投影	154
第四节 基本形体的投影	157
一、平面立体	157
二、曲面立体	159
三、几种常见管配件的投影	161
第五节 管道单双线图表示方法的	163
一、管子的单双线图	163
二、弯头的单双线图	163
三、三通的单双线图	165
四、四通的单双线图	166
五、大小头的单双线图	166
六、阀门的单双线图	167
第六节 管子的积聚、重叠和交叉	167
一、直管的积聚	167
二、弯管的积聚	167
三、管子与阀门的积聚	168
四、管子的重叠形式	169
五、两根管线的重叠表示方法	169
六、多根管线的重叠表示方法	169
七、两根管线的交叉	170
八、多根管线的交叉	170
第七节 符号及图例	171
一、线型	171
二、管路的规定代号	172

三、管道图例	172
四、设备图例	172
第八节 施工图表示方法	174
一、标题栏	174
二、比例	174
三、标高	175
四、坡度及坡向	175
五、方向标	186
六、尺寸标注及尺寸单位	176
七、管子连接的表示方法	177
八、管线的表示方法	177
九、管螺纹的识读	178
第九节 管道图识读的基本知识	178
一、管道施工图的分类	178
二、管线正投影图的识读	180
三、管道支架图的识读	182
习题4	185

第五章 管道的剖面图

第一节 剖视图的概念	191
一、剖视图的基本概念	191
二、剖视图的标注	192
三、全剖视图	193
四、半剖视图	193
五、局部剖视图	193
第二节 剖面图的概念	194
一、剖面的基本概念	194
二、重合剖面	195
三、移出剖面	195
四、分层剖面	195
第三节 单根管线的剖面图	196
一、表示形式	196
二、识图举例	196
第四节 管线间的剖面图	197
一、表示形式	197
二、识图举例	198

第五节 管线断面的剖面图	198	一、概述	246
一、表示形式	198	二、施工图的识读	247
二、识图举例	199	三、施工图识读举例	249
第六节 管线间的转折剖面图	200	第六节 制冷管道施工图	255
一、表示形式	200	一、概述	255
二、识图举例	201	二、施工图的识读	257
习题 5	202	三、施工图识读举例	259
第六章 管道轴测图	205	习题 7	265
第一节 轴测图的概念	205	第八章 化工工艺管道图	271
一、轴测图的作用	205	第一节 工艺安装流程图	271
二、轴测图的分类	205	一、安装流程图的内容	271
第二节 正等测图	207	二、安装流程图的识读	271
一、轴间角和各轴向的简化缩短率	207	第二节 设备布置图	272
二、单根管线的轴测图	207	一、设备布置平面图	272
三、多根管线的轴测图	209	二、设备布置立面图	272
四、交叉管线的轴测图	209	三、管口方位图	273
五、弯管的轴测图	210	第三节 管路布置图	273
六、三通的轴测图	210	一、管路平面图	273
七、画法举例	211	二、管路立面图	274
第三节 斜等测图	213	三、管段图	274
一、轴间角和轴向缩短率	213	四、管架图及管件图	275
二、单根管线的轴测图	214	五、识读方法和步骤	275
三、多根管线的轴测图	215	第四节 识读举例	276
四、交叉管线的轴测图	215	习题 8	291
五、画法举例	216	第九章 管件展开图	293
第四节 轴测图的简单画法	220	第一节 圆管的展开	293
一、偏置管的画法	220	一、等分圆的求法	293
二、简单画法和步骤	220	二、圆管的展开图	295
习题 6	221	第二节 马蹄弯的展开	295
第七章 水暖制冷管道施工图	225	一、直角马蹄弯展开图	295
第一节 室内给水排水管道施工图	225	二、任意角度马蹄弯展开图	295
一、概述	225	第三节 虾壳弯的展开图	297
二、施工图的识读	225	一、90°单节虾壳弯展开图	297
三、施工图识读举例	230	二、90°两节虾壳弯展开图	297
第二节 室外给水排水管道施工图	231	第四节 三通管的展开图	299
一、概述	231	一、同径直交三通管的展开图	299
二、施工图的识读	232	二、异径直交三通管的展开图	299
三、施工图识读举例	232	三、同径斜交三通管的展开图	302
第三节 室内采暖管道施工图	234	四、异径斜三通管的展开图	302
一、概述	234	五、异径一侧直交三通管的展开图	302
二、施工图的识读	234	六、同径顺流三通管的展开图	305
三、施工图识读举例	241	七、异径顺流三通管的展开图	306
第四节 室外供热管道施工图	241	八、同径弯头三通管的展开图	307
一、施工图的识读	241	第五节 大小头的展开	308
二、施工图识读举例	246	一、同心大小头的展开图	308
第五节 锅炉房管道施工图	246		

二、偏心大小头的展开图	308	习题 9	309
-------------------	-----	------------	-----

第三篇 管道安装技术

第十章 管道安装基础知识313

第一节 常用金属管子和管路附件	313
一、管子与管路附件的标准化	313
二、常用管材及管件	317
三、钢管的选用	329
第二节 管道连接的基本方式	332
一、螺纹连接	332
二、焊接连接	335
三、法兰连接	341
四、承插口连接	353
第三节 管子的弯曲及管件制作	356
一、管子的弯曲	356
二、焊接三通	367
三、异径管的制作	369
第四节 管道的支架	370
一、支吊架间距的确定	370
二、管道支吊架所承受的负荷	371
三、常用支架的类型	371
四、支、吊架选择和安装的基本要求	375
五、支架在结构上的固定	376
第五节 管道阀门	378
一、阀门的类别、构造和用途	378
二、阀门型号编制方法	386
三、阀门的识别	389
四、阀门的选用	389
五、阀门安装前的检验及安装注意事项	392
第六节 管道工程施工准备及其安装	394
一、管道安装工程的施工准备	394
二、管道安装工程的施工程序	395
三、管道安装的一般要求	395
习题10	396

第十一章 给排水卫生工程417

第一节 室内给水	417
一、给水系统及给水方式	417
二、室内给水管道计算的一般知识	419
三、水箱及气压装置	426
四、给水管道布置及安装要求	428
第二节 室内热水供应	430
一、热水供应系统的组成	430
二、水的加热和贮存	431
三、热水系统计算的一般知识	433

四、热水管道的安装技术要求	439
---------------------	-----

第三节 室内排水440

一、排水系统及其组成	440
二、排水量标准及排水管道管径选择	441
三、排水管道的布置及安装技术要求	445
四、雨水管道的安装	448

第四节 卫生设备安装449

一、卫生设备安装尺寸	449
二、卫生设备安装的一般要求	454

第五节 消防管道安装455

一、普通消防给水系统	455
二、自动喷水灭火系统	460

第六节 室外给排水管道及其安装464

一、室外给水管道系统	464
二、室外排水管道系统	465
三、室外给排水管道安装要求	467
习题11	469

第十二章 采暖工程471

第一节 室外热力管网471

一、室外热力管网的布置方式	471
二、室外热力管道的敷设形式	472
三、管道的热膨胀及其补偿	474
四、蒸汽管道的疏水装置	482
五、热力管道的用户入口装置附件安装	485

第二节 采暖散热器486

一、房屋采暖耗热量计算知识	486
二、散热器的种类和构造	488
三、散热器的计算及布置	491
四、散热器的安装	492

第三节 热水采暖496

一、热水采暖概述	496
二、自然循环热水采暖的主要系统图式	496
三、机械循环热水采暖的主要系统图式	498
四、热水采暖系统的膨胀水箱和放气装置	501
五、热水采暖系统的管路布置及安装要求	504
六、热水采暖系统管道的水力计算	507

第四节 蒸汽采暖514

一、蒸汽采暖系统的分类和特点	514
二、蒸汽采暖系统图式	515
三、蒸汽采暖的回水方式	517
四、蒸汽采暖系统的管路布置	518

五、低压蒸汽系统管道管径选择	519	第五节 锅炉房的运行及安全规定	594
第五节 其它采暖	520	一、锅炉的正常运行及操作	594
一、辐射采暖	520	二、加强巡回检查和做好原始记录	595
二、太阳能热水器安装	522	三、闷炉、停炉和紧急停炉	595
第六节 采暖系统试压与试运行	522	四、建立锅炉安全运行制度	596
一、采暖系统的试压	522	习题13	597
二、热水采暖系统的冲洗、充水和运行	523	第十四章 制冷及空调工程	599
三、蒸汽采暖系统的通汽运行	524	第一节 蒸汽压缩式制冷装置	599
四、采暖系统运行中常见的故障及其排除	524	一、蒸汽压缩式制冷装置工作原理	599
习题12	525	二、蒸汽压缩式制冷系统的组成	600
第十三章 锅炉及锅炉房设备	527	第二节 制冷剂和冷媒	601
第一节 锅炉和锅炉房的基本知识	527	一、制冷剂	601
一、锅炉的概念	527	二、冷媒	603
二、锅炉的基本特性	528	第三节 压缩式制冷装置的主要设备	603
三、锅炉的分类及型号	529	一、压缩机	603
四、锅炉房的布置	531	二、冷凝器	604
第二节 锅炉的基本构造	535	三、蒸发器	605
一、锅筒	535	四、膨胀阀	607
二、水冷壁	536	五、辅助设备	608
三、对流管	536	第四节 压缩式制冷系统的管道安装	614
四、蒸汽过热器	537	一、制冷系统管道的配置要求	614
五、省煤器	538	二、制冷系统管道的安装	621
六、空气预热器	539	第五节 制冷系统试验及试运转	624
七、燃烧设备	540	一、制冷系统的吹扫	624
八、钢架	544	二、气密性试验	625
九、炉墙和拱	545	三、抽真空试验	625
十、锅炉附件和表、计	546	四、充灌制冷剂检漏	626
第三节 锅炉房的附属设备	553	五、充灌制冷剂	626
一、送、引风机	553	六、抽除系统内制冷剂	628
二、除尘器	555	七、负荷运转与调试	628
三、上煤设备	559	第六节 空调机及其管道安装	630
四、除渣设备	560	一、集中式空调系统	630
五、给水设备	561	二、整体式空调机	633
六、水处理设备	562	三、分体式空调机组	633
第四节 锅炉机组的安装及试运行	565	第七节 其它制冷系统类型介绍	634
一、锅炉基础的检查和划线	565	一、溴化锂吸收式制冷装置	634
二、锅炉钢架和平台安装	566	二、蒸汽喷射式制冷装置	635
三、锅筒、集箱的安装	569	习题14	637
四、对流管、水冷壁管安装	572	第十五章 泵	638
五、过热器安装	581	第一节 泵的分类	638
六、省煤器安装	582	第二节 泵的性能	642
七、空气预热器安装	583	第三节 泵的选择	645
八、附件安装	583	第四节 泵的安装及试运转	646
九、炉排安装	584	习题15	656
十、水压试验	589		
十一、烘炉、煮炉及试汽	591		

第十六章 工业管道安装657**第一节 工业管道概述657**

一、工业管道的分级657

二、工业管道的分类657

三、工业管道的焊缝等级657

四、工业管道分级、分类及焊缝等级之间的关系659

第二节 压缩空气管道安装659

一、压缩空气的应用及其性质659

二、压缩空气站的设备工艺流程660

三、压缩空气管道的系统布置及其安装663

第三节 煤气管道安装665

一、煤气的成分及其性质665

二、煤气管道安装666

三、煤气管道的试压要求674

第四节 氧气管道安装676

一、氧气的性质和制造676

二、氧气管道的管材和管件677

三、氧气管道的脱脂678

四、氧气管道的安装679

第五节 乙炔管道安装682

一、乙炔的性质682

二、乙炔的生产工艺流程683

三、乙炔管道的管材和管件684

四、乙炔管道的安装685

第六节 输油管道安装689

一、输油管道种类及石油的性质689

二、输油系统689

三、输油管道的安装690

第七节 不锈钢管道安装694

一、常用不锈钢管道的种类和性质694

二、不锈钢管道加工工艺及安装技术要求696

第八节 铝及铝合金管道安装700

一、铝及铝合金管道的种类、性能与用途700

二、铝及铝合金管道的安装701

第九节 铜及铜合金管道安装702

一、铜及铜合金管道的种类、性能与用途702

二、铜及铜合金管道的安装703

第十节 钛管道安装705

一、钛的性质及其应用705

二、纯钛管道的安装705

第十一节 硬聚氯乙烯管道安装706

一、硬聚氯乙烯管道的性能706

二、硬聚氯乙烯管道的安装706

第十二节 高压管道安装710

一、概述710

二、高压管道的预制和安装710

第十三节 管道的系统试验、吹扫与清洗714

一、管道的系统试验714

二、管道系统的吹扫和清洗717

习题16720

第十七章 仪表及仪表管道安装722**第一节 温度测量仪表722**

一、玻璃温度计安装722

二、压力式温度计安装723

三、热电阻和热电偶安装724

第二节 压力测量仪表726

一、弹簧管压力计安装727

二、U形管压力计安装728

第三节 流量测量仪表728

一、转子流量计安装729

二、差压式流量计安装729

第四节 液位测量仪表733

一、玻璃液面计安装733

二、浮标液面计安装734

第五节 气动单元组合仪表735

一、压力变送器安装735

二、差压变送器安装736

三、气动薄膜调节阀安装737

四、阀门定位器安装739

第六节 仪表管道安装739

一、仪表盘(箱)的安装739

二、仪表管道的分类及配件740

三、管道连接的一般规定741

四、仪表管路的支架742

五、仪表管路的敷设743

习题17744

第十八章 管道工程的涂漆、绝热及工程验收746

一、涂漆746

二、绝热746

三、工程验收746

习题18749

一、涂漆746

二、绝热747

三、工程验收748

习题18749

一、涂漆746

二、绝热747

三、工程验收748

习题18749

一、涂漆746

二、绝热747

三、工程验收748

习题18749

第 一 篇

管道安装基础理论

原
书
缺
页

第一章 流体力学

第一节 流体的力学性质

一、流体力学研究的对象

流体力学是研究流体平衡和运动的规律以及在实践中应用的一门科学。¹

流体力学研究的对象是流体,流体包括液体和气体。

液体在重力作用下具有自由面,不可压缩,具有一定的容积,但其形状随着容器形状而改变。

液体的这种性质和它的分子结构及其运动有关,液体分子间距离比固体分子间距离大而引力小,因此,不能维持一定的形状。液体分子间斥力比气体大,能抵抗外力的压缩,从而形成液体不可压缩的特性。

气体在重力作用下没有自由面,它总是占满所在的容器空间,很容易膨胀或被压缩。

气体的这种特点是因为气体分子间的距离很大而引力又很小,因此,它既不能保持一定的形状,也不能维持一定的体积。由于分子间的斥力很小,不能抵抗外力的压缩,因此,很容易被压缩。气体分子间引力和斥力都很小,使气体分子能够自由运动,充满所占的容器空间。

流体力学研究问题的方法首先是从分析研究液体着手,建立起关于液体的一些基本规律。这些液体的基本规律对于运动速度远小于声速的气体也是适用的。

流体力学分为两大部分:流体静力学和流体动力学。流体静力学是研究静止流体中的压力分布规律及流体对固体壁的作用力问题;流体动力学是研究运动流体的各运动参数的变化规律及流体对固体壁的作用力问题。

同样都是研究流体平衡和运动的规律,但是由于研究方法不同而分成两个分支;一个是流体力学,一个是水力学。

流体力学偏重于数学分析,它在研究问题时要求数学上的严密性和精确性。但是由于影响流体运动的因素极为复杂,使得某些实际问题很难用数学方法获得解决。水力学则偏重于实验研究,它是以流体力学的理论为基础,但是,并不要求数学上的严密性和精确性,遇到用数学方法不能解决的问题时,便通过实验,用实验资料和经验公式来解决。

现代工程流体力学是指在流体力学的基础理论中,引入实验资料和经验公式,来解决工程实际问题的一门科学,也可以说是流体力学和水力学两门科学相结合而又紧密联系工程实践的一门科学。

二、流体的力学性质

(一) 流体的质量和所受重力

流体和固体一样,具有质量和重力。

质量是指物体所含物质的多少。它是物体本身的一种属性,不随物体的形状、温度、状态等的变化而变化。把一块铁锻打成铁件时,形状虽然变了,然而,其质量并没有改变;一块冰融化成水,由固体变成液体,其质量也未发生变化。

物体的质量不随其位置的变化而变化。对于一个物体而言,不管放在地球的什么地方,其质量都是一样的。即使把它放在地球外,宇宙中什么地方,例如,用火箭把它运载到月球上去,质量仍然保持不变。

质量的法定计量单位名称是“千克”、“吨”,其单位符号是“kg”、“t”;它们之间的关系是:

$$1 \text{ 吨} = 1000 \text{ 千克}$$

物体所受的重力是指地球对物体的吸引力。重力不但有大小,而且具有一定的方向,一个物体重力的大小随其在地球上的位置的变化而变化,例如,把质量为 1 千克的物体放在纬度为 45° 的海平面上重力是 9.8067 牛顿,而放在赤道上其重力就变为 9.7805 牛顿。重力的方向始终是竖直向下指向地心的。

重力的法定计量单位名称是“牛顿”,其单位符号是“N”,中文代号是“牛”。

由此可见,质量和重力是两个完全不同的概念。

流体单位体积的质量和重力分别用密度和重力密度表示。

1. 密度

密度是指在均匀流体中,流体所具有的质量与其所占有的体积的比值,用符号“ ρ ”来表示。

设流体的质量为 m , 体积为 V , 则有

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

式中: ρ ——流体的密度, 千克/米³;

m ——体积为 V 的流体的质量, 千克;

V ——质量为 m 的流体的体积, 米³。

由上可以看出,某种物体的密度就是单位体积的质量,即 $\text{密度} = \frac{\text{质量}}{\text{体积}}$ 。

常见流体的密度列于表 1-1 中,供选用。

表 1-1 常见流体的密度(千克/米³)

液 体		气 体 (在 通 常 情 况 下)	
物 质	密 度	物 质	密 度
酒 精	0.8×10^3	氢 气	0.09
柴 油	0.85×10^3	氮 气	0.18
水	1×10^3	一氧化碳	1.25
海 水	1.03×10^3	空 气	1.29
甘 油	1.26×10^3	氧 气	1.43
硫 酸	1.84×10^3	二氧化碳	1.98
水 银	13.6×10^3	氯 气	3.21

2. 重力密度(重度)

重度是指在均匀流体中,流体的重力与其所占容积的比值,用“ γ ”表示。]

设流体所受重力为 G , 体积为 V , 则

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

式中: γ ——流体的重力密度, 牛/米³;

G ——体积为 V 的流体的重力, 牛顿;

V ——重力为 G 的流体的体积, 米³。

由上述可知, 某种物质的重力密度就是指单位体积的重力, 即: 重力密度 = $\frac{\text{重力}}{\text{体积}}$ 。

还必须指出, 重力密度和比重是两个完全不同的概念。比重是指物质的重力密度与4°C的水的重力密度之比, 是一个没有单位的比值。

密度和重力密度的区别是: 密度是对质量而言的, 而重力密度是对重力而言的, 是两个完全不同的概念。但是它们之间也有一定的关系, 此关系可根据物体的质量 m 与重力 G 的关系式推导出来。

由物理学得知:

$$G = mg$$

上式等号两边同除以体积 V 得:

$$\frac{G}{V} = \frac{m}{V} g$$

而

$$\frac{G}{V} = \gamma, \quad \frac{m}{V} = \rho$$

则

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

这就是重力密度和密度的关系式。

式中: γ ——流体的重力密度, 牛/米³;

ρ ——流体的密度, 千克/米³;

g ——重力加速度, 一般取 $g = 9.81$ 米/秒²。

常见流体的重力密度列于表 1-2, 供选用。

(二) 流体的压缩性和膨胀性

表 1-2 常见流体的重力密度(牛/米³)

液 体		气 体 (在 通 常 情 况 下)	
物 质	重 力 密 度	物 质	重 力 密 度
酒 精	7.84×10^3	氢 气	0.88
柴 油	8.33×10^3	氮 气	1.76
水	9.8×10^3	一氧化碳	12.3
海 水	1.01×10^4	空 气	12.6
甘 油	1.23×10^4	氧 气	14.0
硫 酸	1.8×10^4	二氧化碳	19.4
水 银	13.3×10^4	氯 气	31.5

当温度不变时,流体所受的压力增大时,体积会缩小的性质叫流体的压缩性。

当压力不变时,流体温度升高时,体积会增大的性质叫流体的膨胀性。

1. 液体的压缩性和膨胀性

1) 液体的压缩性

液体压缩性的大小用体积压缩系数 β 表示,其意义是指温度不变的条件下,压强每增加一个大气压时,液体体积的相对缩小量。即

$$\beta = \frac{V_1 - V_2}{V_1 \Delta P} \quad (1-4)$$

式中: β ——液体的体积压缩系数,米²/牛;

V_1 ——压缩前液体的体积,米³;

V_2 ——压缩后液体的体积,米³;

ΔP ——压强增加值,帕(牛/米²)。

体积压缩系数 β 的倒数叫弹性系数,用“ E ”表示,其单位是牛/米²。即

$$E = \frac{1}{\beta}$$

根据测定,在常温下水的体积压缩系数 β 随压强变化很小。在 0℃ 时,每增加 1 个大气压, $\beta \approx 0$; 在常温下,从 1 个大气压增加到 100 个大气压时,其体积缩小 0.48%,即减少的体积还不到 0.5%,这充分说明液体的压缩性很小。

在 0℃ 时,水在不同压强下的压缩系数列于表 1-3,供选用。

表 1-3 水在 0℃ 时的压缩系数(米²/牛)

压强(大气压)	5	10	20	40	80
β	0.538×10^{-9}	0.536×10^{-9}	0.531×10^{-9}	0.528×10^{-9}	0.515×10^{-9}

2) 液体的膨胀性

液体的膨胀性一般用体积膨胀系数 α 表示,其意义是指在压强不变的条件下,温度每增加 1℃ 时,液体体积的相对增大量。即

$$\alpha = \frac{V_2 - V_1}{V_1 \Delta t} \quad (1-5)$$

式中: α ——液体的体积膨胀系数,1/℃;

V_1 ——液体膨胀前的体积,米³;

V_2 ——液体膨胀后的体积,米³;

Δt ——液体温度升高值,℃。

在一个大气压下,水在不同的温度下的密度和重度列于表 1-4,供查用。

从表 1-4 看出,水在 0℃ 时,每增加 1 个大气压,水的密度约增加二万分之一;在温度较低时(10~20℃),温度每增加 1℃,水的密度减小约为万分之一点五;在温度较高时(90~100℃),水的密度减小也只有万分之七,这说明水的膨胀性是很小的。一般情况下,都忽略不计,但是在某些特殊情况下,仍然应考虑水的压缩性和膨胀性。尤其是比较大的密闭容器内的液体,往往由于体积的膨胀会造成容器的破裂。例如,在热水采暖系统中,系统内水的