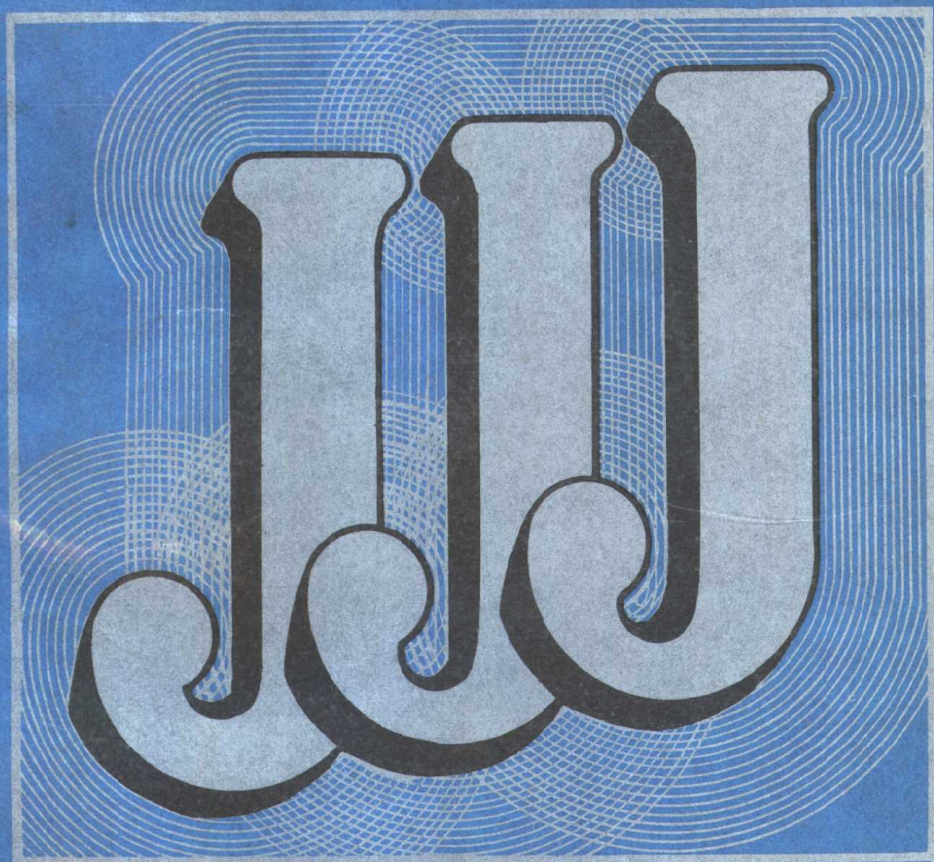


国家机械工业委员会统编

高级管道工工艺学

机械工人技术理论培训教材

JIXIE GONGREN JISHULILUN PEIXUN JIAOCAI



机械工业出版社

T-0

8.10

机械工人技术理论培训教材

高级管道工工艺学

国家机械工业委员会统编

机械工业出版社

本书简述了流体力学和热工理论的基本知识；较详细地介绍了工厂动力系统的锅炉房、煤气站、压缩空气站、氧气站、乙炔站、燃油站、制冷设备等管道系统的安装和维修，以及简单管网设计、管道工程施工组织和预算编制的方法。本书还结合复杂管道系统安装、维修生产实践，收集了较多现行规程中的数据、图表，为现场施工提供了许多有用资料。

本书为高级管道工培训教材，也可供从事管道工程施工、设计的工程技术人员和工厂动力部门的技术管理干部查阅参考。

本书由沈阳重型机器厂严丹、沈阳建工学院姜湘山、沈阳水泵厂林亲深编写；由沈阳重型机器厂马福安、沈阳第一机床厂刘永和审稿。

高级管道工工艺学

国家机械工业委员会统编

责任编辑：俞逢英

责任校对：宁秀娥

封面设计：林胜利

方 芬

版式设计：张世琴

责任印制：张俊民

机械工业出版社出版（北京阜成门外百万庄南里一号）

（北京市书刊出版业营业许可证出字第117号）

中国农业机械出版社印刷厂印刷

机械工业出版社发行·新华书店经销

开本 787×1092^{1/32}·印张11·字数242千字

1988年12月北京第一版·1988年12月北京第一次印刷

印数 00,001—29,000·定价：3.80元

ISBN 7-111-01169-4/TU·5

前 言

1981年，原第一机械工业部为贯彻、落实《中共中央、国务院关于加强职工教育工作的决定》，确定对机械工业系统的技术工人按照初、中、高三个阶段进行技术培训。为此，组织制定了30个通用技术工种的《工人初、中级技术理论教学计划、教学大纲(试行)》，编写了相应的教材，有力地推动了“六五”期间机械行业的工人培训工作，初步改变了十年动乱造成的工人队伍文化技术水平低下的状况，取得了比较显著的成绩。

鉴于原机械工业部1985年对《工人技术等级标准(通用部分)》进行了全面修订，原教学计划、教学大纲已不适应新《标准》的要求，而且缺少高级部分；编写的教材，由于时间仓促、经验不足，在内容上存在着偏深、偏多、偏难等脱离实际的问题。为此，原机械工业部根据新《标准》，重新制定了33个通用技术工种的《机械工人技术理论培训计划、培训大纲》(初、中、高级)，于1987年3月由国家机械工业委员会颁发，并根据培训计划、大纲的要求，编写了配套教材149种。

这套新教材的编写，体现了《国家教育委员会关于改革和发展成人教育的决定》中对“技术工人要按岗位要求开展技术等级培训”的有关精神，坚持了文化课为技术基础课服务，技术基础课为专业课服务，专业课为提高操作技能和解决生产实际问题的能力服务的原则。在内容上，力求以

基本概念和原理为主，突出针对性和实用性，着重讲授基本知识，注重能力培养，并从当前机械行业工人队伍素质的实际情况出发，努力做到理论联系实际，通俗易懂，具有工人培训教材的特色，同时注意了初、中、高三级之间合理的衔接，便于在职技术工人学习运用。

这套教材是国家机械工业委员会委托上海、江苏、四川、沈阳等地机械工业管理部门和上海材料研究所、湘潭电机厂、长春第一汽车制造厂、济南第二机床厂等单位，组织了200多个企业、院校和科研单位的近千名从事职工教育的同志、工程技术人员、教师、科技工作者及富有生产经验的老工人，在调查研究和认真汲取“六五”期间工人教材建设工作经验教训的基础上编写的。在新教材行将出版之际，谨向为此付出艰辛劳动的全体编、审人员，各地的组织领导者，以及积极支持教材编审出版并予以通力合作的各有关单位和机械工业出版社致以深切的谢意！

编好、出好这套教材不容易；教好、学好这些课程更需要广大职教工作者和技术工人的奋发努力。新教材仍难免存在某些缺点和错误，我们恳切地希望同志们在教和学的过程中发现问题，及时提出批评和指正，以便再版时修订，使其更完善，更好地发挥为振兴机械工业服务的作用。

国家机械工业委员会
技工培训教材编审组
1987年11月

目 录

前言

第一章 流体力学基本知识	1
第一节 流体的主要物理性质	1
第二节 流体静力学	6
第三节 流体动力学	18
第四节 管道的压力损失计算	32
复习题	42
第二章 热工理论基本知识	45
第一节 工质的状态参数	45
第二节 理想气体与实际气体	51
第三节 热力学第一定律	54
第四节 热力学第二定律	57
第五节 水蒸气	60
第六节 传热方式	66
第七节 传热过程与传热量计算	73
第八节 传热的增强与减弱	82
复习题	83
第三章 锅炉房管道及附件的安装与维修	85
第一节 锅炉的基本构造、分类和工作过程	85
第二节 锅炉的基本特性	87
第三节 工业锅炉的构造	91
第四节 锅炉房设备	95
第五节 锅炉安装	97
第六节 锅炉附属设备及附件的安装	120
第七节 锅炉房汽水系统管道的安装	122
第八节 水压试验	127

第九节 烘炉、煮炉	129
第十节 锅炉房管道系统常见故障及排除方法	132
复习题	133
第四章 煤气站管道系统安装与维修	135
第一节 煤气的分类、性质与应用	135
第二节 固体燃料汽化简单原理与过程	141
第三节 煤气发生站的工艺流程与设备	144
第四节 煤气管道及管道附件	155
第五节 煤气管道的敷设安装	167
第六节 煤气管道的维护与修理	174
第七节 煤气管道设备的试压	181
第八节 煤气管道设备安装修理安全技术	183
复习题	186
第五章 压缩空气站管道安装与维修	188
第一节 压缩空气及其在机械工厂中的应用	188
第二节 压缩空气站的工艺流程与设备	191
第三节 厂区压缩空气管道的敷设	201
第四节 压缩空气管道安装与试压	205
复习题	206
第六章 氧气站管道系统安装与维修	208
第一节 氧气的性质、应用和制取方法	208
第二节 空分制氧的基本原理及其工艺流程	211
第三节 氧气站工艺系统管道敷设安装	216
第四节 氧气管道及附件安装	224
复习题	234
第七章 乙炔站管道系统安装与维修	235
第一节 乙炔的性质与应用	235
第二节 乙炔发生器及乙炔站工艺流程	238
第三节 乙炔站工艺设备及其安装	246

第四节 乙炔管道安装和修理	251
复习题	254
第八章 燃油站管道系统的安装与维修	256
第一节 燃料油的性质与种类	256
第二节 燃油站的组成、工艺流程与设备	260
第三节 供油管道的敷设和安装	270
第四节 燃油站设备管道的检修及安全措施	276
复习题	279
第九章 制冷设备管道安装与维修	281
第一节 制冷、制冷工质和冷媒	281
第二节 压缩制冷流程与设备	285
第三节 制冷设备管道安装	297
第四节 制冷管道系统的清洗、试压和充液	302
复习题	305
第十章 简单管网设计	307
第一节 管网设计概述	307
第二节 初步设计	308
第三节 施工图设计	310
第四节 厂区管网设计知识	312
第五节 车间内部管道施工图设计	321
第六节 协作关系	322
复习题	323
第十一章 管道工程施工组织设计及预算编制	324
第一节 施工组织设计	324
第二节 施工顺序和施工方法	327
第三节 施工进度计划的编制	329
第四节 建筑安装工程预算的组成及编制 依据和编制方法	335
第五节 管道工程预算工程量计算规则	340
复习题	344

第一章 流体力学基本知识

管道工程和流体有着十分密切的关系，如给水排水、供热通风与空调制冷、动力等管道工程中广泛采用水、蒸汽、空气、油类等流体作为工作的媒介物质，并以流体力学作为理论基础。流体力学就是研究流体的平衡及其运动的规律，并以其规律来解决管道工程中的各种实际问题。

第一节 流体的主要物理性质

从日常生活中我们所见到的水、蒸汽、空气、油类等这些物质，它们的共同特征是易于流动，没有固定的形状。我们把具有这些特征的物质统称为流体。流体又可分为液体（如水、油）和气体（如空气、蒸汽）两类。利用流体的流动性，使流体在外力的作用下，通过管道连续地输送到指定的地点，如工厂车间、农村和其它用户。

液体没有固定的形状，但有固定的体积，并能形成自由表面。这是由于液体各质点间的内聚力极小，几乎不能承受拉力和抵抗拉伸变形，因而不能保持其固定的形状，但能承受压力，并对压缩变形具有很大的抵抗力，所以液体具有固定的体积。

气体与液体不同，既无固定的形状，也无固定的体积。气体各质点间的内聚力极小，不能承受拉力和抵抗拉伸变形，而且不能承受压力，很容易被压缩。

流体的主要物理性质如下：

一、惯性

惯性是物体维持原有运动状态的性质。运动状态的任何改变，都必须克服惯性的作用。表征惯性的物理量是质量。质量愈大，惯性愈大，运动状态愈难改变。对于均质流体，单位体积内的质量称为密度，以 ρ 表示。

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

式中 ρ ——流体的密度(kg/m^3)；
 m ——体积为 V 的流体质量(kg)；
 V ——质量为 m 的流体体积(m^3)。

二、重力特性

物体受地球引力的特性称为重力特性，常用重度来表示。对于均质流体，作用于单位体积流体的重力称为重度，以 γ 表示。

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

式中 γ ——流体的重度(N/m^3)；
 G ——体积为 V 的流体的重力(N)；
 V ——重力为 G 的流体的体积(m^3)。

密度和重度的关系是

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

式中 g ——重力加速度，取 9.81 m/s^2 。

在计算中常用的流体密度 ρ 如下：

水的密度 $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$

汞的密度 $\rho_{\text{Hg}} = 13600 \text{ kg/m}^3$

干空气在温度 290 K 、压强 101.325 kPa (汞柱高度 760 mm) 时的密度 $\rho_a = 1.2 \text{ kg/m}^3$ 。

三、粘滞性

流体在流动时会显示出粘滞性，这一性质可用流体在管道中的流动情况加以说明，用流速仪测出管道中某一断面的流速分布，如图 1-1 所示。

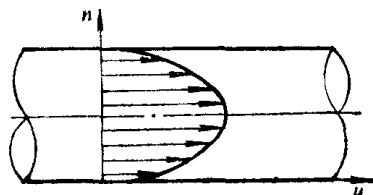


图1-1 管道中断面流速分布图

流体在管内流动时，水流断面上出现了速度快慢不一的无数流层，紧贴管壁处的流速为零，并向着

管轴心方向逐渐增大，而管轴心处的流速最大，呈曲线形状变化。相邻两流层的流速差与该两流层的厚度之比称为流速梯度。由于流体各流层的流速不同，相邻两流层产生相对运动，致使流体两流层的接触面上产生一种相互作用的剪切力，这个力称为流体的内摩擦力，亦称粘滞力。流体具有这种粘滞力的性质称为流体的粘滞性。流体内的摩擦力与两流层的流速梯度、流层间接触面积的乘积成正比，并与流体本身的物性有关。流体的这一性质用动力粘度 μ 表示，其单位为 $(\text{Pa}\cdot\text{s})$ 。还可用运动粘度 ν 表示，其单位为 (m^2/s) 。动力粘度 μ 与运动粘度 ν 之间的关系是：

$$\mu = \rho \nu \quad (1-4)$$

实验指出，压力对同一流体的 μ 值影响小，而温度对 μ 值影响大。如水的粘度随温度升高而减小；空气的粘度随温度升高而增大。这是因为粘度是分子间的吸引力和分子的不规则的热运动产生动量交换的结果。温度升高，分子间的吸引力降低，动量增大；反之，温度降低，分子间的吸引力增大，动量减小。对于液体，分子间的吸引力是决定性的因素。

所以，液体的粘度随温度升高而减小。对于气体，由于分子不规则的热运动产生动量交换是决定性的因素，所以气体的粘度随温度升高而增大。水和空气的粘度变化示于表1-1和表1-2。

表1-1 水的动力粘度和运动粘度

$t(^{\circ}\text{C})$	$\mu(10^{-3}\text{Pa}\cdot\text{s})$	$\nu(10^{-6}\text{m}^2/\text{s})$	$t(^{\circ}\text{C})$	$\mu(10^{-3}\text{Pa}\cdot\text{s})$	$\nu(10^{-6}\text{m}^2/\text{s})$
0	1.792	1.792	40	0.656	0.661
5	1.519	1.519	45	0.599	0.605
10	1.308	1.308	50	0.549	0.556
15	1.140	1.140	60	0.469	0.477
20	1.005	1.007	70	0.406	0.415
25	0.894	0.897	80	0.357	0.367
30	0.801	0.804	90	0.317	0.328
35	0.723	0.727	100	0.284	0.296

表1-2 压强为98.07kPa(1at)空气的粘度

$t(^{\circ}\text{C})$	$\mu(10^{-3}\text{Pa}\cdot\text{s})$	$\nu(10^{-6}\text{m}^2/\text{s})$	$t(^{\circ}\text{C})$	$\mu(10^{-3}\text{Pa}\cdot\text{s})$	$\nu(10^{-6}\text{m}^2/\text{s})$
0	0.0172	13.7	90	0.0216	22.9
10	0.0178	14.7	100	0.0218	23.6
20	0.0183	15.7	120	0.0228	26.2
30	0.0187	16.6	140	0.0236	28.5
40	0.0192	17.6	160	0.0242	30.6
50	0.0196	18.6	180	0.0251	33.2
60	0.0201	19.6	200	0.0259	35.6
70	0.0204	20.5	250	0.0280	42.8
80	0.0210	21.7	300	0.0298	49.9

流体的粘度大小对流体流动的影响很大，它对流体的流动作负功，不断地损耗流体流动的能量，这将在流体流动的方程式中讨论。

四、流体的压缩性和热胀性

流体在压强增大时，体积被压缩而减小，密度增大，这一性质称为流体的压缩性。流体的温度升高，体积增大，而密度减小，这一性质称为流体的热胀性。表1-3列举了水在压强为98.07kPa (1at)，不同温度(℃)时的密度。表1-4列举了空气在压强为101.325kPa (1atm)，不同温度(℃)的密度。

表1-3 水在压强为98.07kPa下的密度

温度 (℃)	密度 (kg/m ³)	温度 (℃)	密度 (kg/m ³)	温度 (℃)	密度 (kg/m ³)
0	999.9	15	999.1	60	983.2
1	999.9	20	998.2	65	980.6
2	1000.0	25	997.1	70	977.8
3	1000.0	30	995.7	75	974.9
4	1000.0	35	994.1	80	971.8
5	1000.0	40	992.2	85	968.7
6	1000.0	45	990.2	90	965.3
8	999.9	50	988.1	95	961.9
10	999.7	55	985.7	100	958.4

表1-4 空气在压强为101.325kPa(1atm)下的密度

温度 (℃)	密度 (kg/m ³)	温度 (℃)	密度 (kg/m ³)	温度 (℃)	密度 (kg/m ³)
0	1.293	25	1.185	60	1.060
5	1.270	30	1.165	70	1.029
10	1.248	35	1.146	80	1.000
15	1.226	40	1.128	90	0.973
20	1.205	50	1.093	100	0.947

394625

水的热胀性和压缩性是很小的，在一般情况下均可以忽略不计。只是在某些特殊情况下，例如产生水击现象，以及热水采暖等装置上，才需要考虑水的压缩性及热胀性。

气体与液体不同，具有显著的压缩性和热胀性。温度与压强的变化对气体密度的影响很大。在温度不太低，压强不太高时，气体的密度、压强和温度三者之间的关系服从于理想气体状态方程，这将在第二章有关内容中进一步讨论。在工程上，通常只考虑气体的压缩性。

五、表面张力

液体具有自由表面，而且存在着使自由表面自动收缩到最小表面的力，这种力称为表面张力。表面张力不仅在液体与气体接触的周界面上发生，而且还会在液体与固体（如汞和玻璃等），或一种液体与另一种液体（如汞和水）相接触的周界面上发生。

气体不存在表面张力，气体分子由于扩散作用而不存在自由表面。所以，表面张力是液体的特有性质。由于液体表面张力的作用，如果把细管竖立在液体中，液体就会在细管中上升或下降，这种现象称为毛细管现象。对于浸润管壁的液体，如水，会沿毛细管上升；对于不浸润管壁的液体，如汞会沿毛细管下降。在为管道工程所修建的建筑物中，需设置防潮层，就是为防止毛细管现象所产生的危害。

第二节 流体静力学

静止状态下的流体，我们在日常生活中是经常见到的，如贮水池中的水、水库中的水，一个完全封闭状态下房间内的空气，它们都处于相对静止的状态。当流体处于静止状态时，其质点间无相对运动，不存在切应力，只受到压力和重

力的作用。人在游泳时，当水淹过胸部后，会感觉呼吸有些困难，这就是因为胸部受到水的压力。因此，我们可以感觉到流体内有压力，这种压力称为流体静压力。作用在整个物体面积上的流体静压力，称为流体总静压力。作用在单位面积上的流体静压力，称为流体静压强。流体静力学就是研究流体在静止状态下的平衡规律及其在工程上的应用。

一、流体的静压强及静压强的特性

根据压强的定义，作用在单位面积上的压力称为压强（在工程上，一般称为压力），用下式表示：

$$\bar{p} = \frac{\Delta p}{\Delta A} \quad (1-5)$$

式中 $\bar{p}$ ——平均压强(Pa)；

Δp —— ΔA 面积上的总压力(N)；

ΔA ——面积(m²)。

某一面积 ΔA 上作用有压力 Δp ，用式(1-5)求得的压强为单位面积上的平均压强。若面积无限缩小，而趋于某一点时，这一点上所受到的压强称为点压强，常用 p 表示。

流体静压强具有两个重要的基本特性。

(1) 流体静压强的方向与作用面垂直，其方向指向作用面。

(2) 静止流体内任意一点上各方向的静压强均相等。

第一个特性可用以下实验证明，若在一个水箱壁上开个小孔，水会从小孔中喷射而出，说明水流方向与水箱壁面垂直。若在一水箱壁上开一小孔，再用一薄胶皮封住，胶皮会发生变形，其方向是向外凸而不是向里凹，这同样说明了流体静压强的方向垂直于作用面并指向作用面。几种容器和管道中的流体静压强方向如图1-2所示。

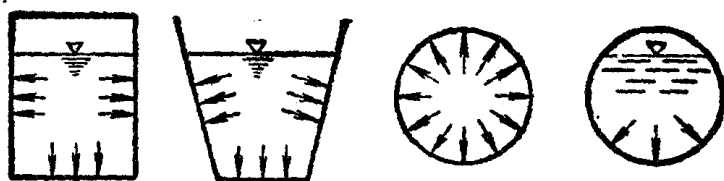


图1-2 几种容器和管道中的静压强方向

第二个特性可以用实验和数学式证明。

二、流体静压强的分布规律

在静止的液体中，取出一铅垂的小圆柱体作为隔离体，如图1-3所示，对其进行受力的分析。

已知自由液面上（指液体与气体的交界面）压强为 p_0 ，圆柱体顶面与自由液面重合，高度为 h ，端面面积为 ΔA 。分析如下：

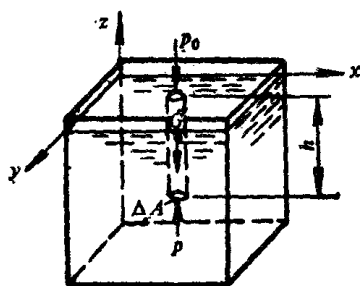


图1-3 静止液体中的小圆柱体静力分析

(1) 圆柱体顶面上的压力垂直向下，等于自由液面上的压强与端面面积的乘积，即 $p_0 \Delta A$ 。

(2) 圆柱体底面上的压力垂直向上，等于底面上的压强与端面面积的乘积，即 $p \Delta A$ 。

(3) 圆柱体侧面上的压力是水平的，又是对称的，故相互平衡。

(4) 圆柱体的重力垂直向下，等于重度与体积的乘积，即 $G = \gamma \Delta A h$ 。

由于小圆柱体处于静止状态，故作用于小圆柱体上的力

是平衡的。令向上的力为正，向下的力为负，则沿铅垂轴线方向上的各力平衡方程式为

$$p\Delta A - \gamma\Delta Ah - p_0\Delta A = 0$$

将上式各项除以 ΔA ，整理后得

$$p = p_0 + \gamma h \quad (1-6)$$

式中 p —— 静止液体内某点的压强(Pa);

p_0 —— 液面压强(Pa);

h —— 某点在液面下的深度(m);

γ —— 液体的重度(N/m³)。

从式(1-6)可知，流体内各点在重力作用下的压强分布规律是：

(1) 静止液体中任意一点的压强等于液面的压强和该点深度与重度乘积的和。

(2) 静止液体中压强大小随深度按直线规律变化。

(3) 在静止液体内深度相同的各点，其压强也相等。由深度相同即压强相等的各点所构成的面是一个水平面，称为等压面。

(4) 在密闭的容器内，如果液面压强增加某一值，则流体内各点的压强也相应地增加这一相同值。即加在密闭液体上的压强，能够按照原来的大小由液体向各个方向传递，这就称为帕斯卡定律。水压机等液压传动机械就是根据这个原理制成的。

式(1-6)称为静水压强基本方程式。静水压强基本方程式还可另一种形式表示，如图1-4所示。

设水箱水面的压强为 p_0 ，水面到任选基准面0—0的高度为 z_0 ，水中任选两点1和2，高度分别为 z_1 和 z_2 ，压强为 p_1 和 p_2 ，那末根据式(1-6)得知：