

示范院校国家级重点建设专业

■ 建筑工程技术专业课程改革系列教材

——学习领域十三

建筑设备工程施工 与组织

主 编 王 锋



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

示范院校国家级重点建设专业

■ 建筑工程技术专业课程改革系列教材

——学习领域十三

建筑设备工程施工 与组织

主 编 王 锋



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本教材为示范院校国家级重点建设专业——建筑工程技术专业课程改革系列教材之一。本书包括建筑给排水系统施工与组织、建筑采暖系统施工与组织、通风与空调系统施工与组织、建筑电气系统施工与组织、建筑小区管网系统施工与组织 5 个学习情境。本书在教材内容上以工作过程为导向,将建筑设备所涉及的内容通过典型的学习情境体现,以工作任务引领知识、技能和态度,让学生在完成工作任务的过程中学习相关的知识。

本书可作为高职高专建筑工程、工程造价、建筑设备及相关专业的教材使用,也可作为广大从事建筑设备的安装、维护、管理的操作工人、技术人员、管理人员等的学习和参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

建筑设备工程施工与组织/王锋主编. —北京:中国水利水电出版社, 2009

(示范院校国家级重点建设专业、建筑工程技术专业课程改革系列教材·学习领域十三)

ISBN 978-7-5084-6722-1

I. 建… II. 王… III. 房屋建筑设备-工程施工-高等学校-教材 IV. TU8

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 134618 号

书 名	示范院校国家级重点建设专业 建筑工程技术专业课程改革系列教材——学习领域十三 建筑设备工程施工与组织
作 者	主编 王 锋
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路 1 号 D 座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (营销中心)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京瑞斯通印务发展有限公司
规 格	184mm×260mm 16 开本 16.75 印张 397 千字
版 次	2009 年 8 月第 1 版 2009 年 8 月第 1 次印刷
印 数	0001—1300 册
定 价	64.00 元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

前言

《建筑设备工程施工与组织》是非设备专业的一门职业技术课程，本课程的基本任务是使学生掌握建筑给排水与采暖工程、通风与空调工程、建筑电气系统的组成、常用设备及工作原理，掌握一般建筑设备工程施工图的识读方法、施工工艺和质量验收标准，了解建筑设备工程施工对非设备专业的土建工种的协调配合要求。

本教材是以某综合楼全套安装工程施工图为载体，全面介绍建筑设备所涉及给排水系统、采暖系统、电气系统、通风空调系统、小区管道系统的组成、原理、施工图识读及施工过程。

在教材内容上以工作过程为导向，将建筑设备所涉及的内容通过典型的学习情境体现，以工作任务引领知识、技能和态度，让学生在完成工作任务的过程中学习相关的知识；将知识目标、能力目标、素质目标培养三者有机结合，学生在完成学习型工作任务的过程之中自主地获得知识，习得技能，建构属于自己的知识体系，将有利于真正培养学生的职业能力。

本教材由杨凌职业技术学院王锋主编，由黄河水利职业技术学院王付全教授主审。本书共分五个学习情境。其中，杨凌职业技术学院王锋编写学习情境1、学习情境2，中建一局缪亮俊、西安高等专科学校张瑞杰编写学习情境3，陕西省建设厅造价办赵启哲、杨凌职业技术学院王兵利编写学习情境4，陕西第五建筑工程公司洪解伟、杨凌职业技术学院王杨睿编写学习情境5。

由于编者水平有限，书中难免有不足之处，恳请读者批评指正。

编者

2008年1月

课程描述表

学习领域十三：建筑设备工程施工与组织 第二学年 其中：理论 60 学时、校内实训 30 学时、企业实训 30 学时			基本学时：120 学时
学习目标 ● 能够选用室内给水与排水的材料、设备，并分析系统组成与工作原理； ● 能够选用室内强电与弱电系统的材料、设备，并分析系统组成与工作原理； ● 能够分析室内采暖、通风、空调系统的系统组成与工作原理； ● 能够利用计算机辅助绘图设计布置建筑设备系统； ● 能够识读给排水、采暖、通风空调、建筑电气等建筑设备工程施工图； ● 具有确定建筑设备工程的施工方案、进行施工组织设计的能力； ● 能确定放线方案、进行施工放线的能力； ● 具有施工企业管理的初步能力； ● 具有对建筑设备工程系统进行质量检测的能力； ● 能够选择并使用相关工具进行设备系统安装； ● 能够对建筑设备工程施工进行指导、质量监督及验收； ● 能够解决建筑施工、管理及监理工作中与建筑设备工程施工协调配合的常见问题； ● 能够编制项目安全、环境计划及安全作业交底			
内容 ◆ 流体力学与传热学； ◆ 给水与排水系统； ◆ 电工与电子基本知识； ◆ 强电与弱电系统； ◆ 采暖与通风空调系统； ◆ 系统构造与施工图识读； ◆ 施工准备工作与支吊架安装； ◆ 系统安装定位与放线； ◆ 安装工程工程量计算； ◆ 设备系统施工方案、施工组织及进度计划； ◆ 安装工程施工方法和工艺要求； ◆ 建筑设备工程质量检验与评定； ◆ 安全生产、文明施工、环境保护		方法 ◆ 讲授； ◆ 参观； ◆ 分组讨论； ◆ 设计项目； ◆ 实训项目； ◆ 小组工作； ◆ 项目教学； ◆ 企业实训； ◆ 案例教学； ◆ 项目教学； ◆ 任务驱动教学	
媒体 ■ 建筑设备施工图； ■ 施工方案工作页； ■ 录像、多媒体； ■ 质检表格页	学生需要的技能 ■ 施工方案及进度计划编制； ■ 质量验收； ■ 工作保护； ■ 材料消耗量计算； ■ 建筑构造； ■ 建筑识图； ■ 测量放线	教师需要的技能 ■ 具有教师资格的学士/硕士； ■ 工程实践经验； ■ 建筑学； ■ 项目管理； ■ 施工规范与操作规程； ■ 质量检测； ■ 建筑室内设备	

目 录

前言

课程描述表

学习情景 1 建筑给排水系统施工与组织	1
学习单元 1.1 建筑给水系统分析	1
1.1.1 学习目标	1
1.1.2 学习任务	1
1.1.3 任务分析	1
1.1.4 任务实施	2
1.1.4.1 流体性质分析与计算	3
1.1.4.2 给水系统常用材料选用	8
1.1.4.3 生活给水方式选择	13
1.1.4.4 室内消防系统分析	17
学习单元 1.2 建筑排水系统分析	26
1.2.1 学习目标	26
1.2.2 学习任务	27
1.2.3 任务分析	27
1.2.4 任务实施	27
1.2.4.1 排水系统的类别、体制及组成分析	27
1.2.4.2 排水系统常用材料和卫生设备选用	28
1.2.4.3 屋面雨水排水系统分析	36
学习单元 1.3 高层建筑给排水系统分析	39
1.3.1 学习目标	39
1.3.2 学习任务	40
1.3.3 任务分析	40
1.3.4 任务实施	40
1.3.4.1 高层建筑给水系统分析	40
1.3.4.2 高层建筑排水系统分析	43
学习单元 1.4 建筑给排水系统施工图识读	47
1.4.1 学习目标	47
1.4.2 学习任务	47
1.4.3 任务分析	47

1.4.4 任务实施	47
1.4.4.1 建筑给排水设计施工说明识读	48
1.4.4.2 建筑给排水施工图识读	51
1.4.4.3 住宅给排水施工图识读实例	53
学习单元 1.5 建筑给排水系统施工与组织	57
1.5.1 学习目标	57
1.5.2 学习任务	58
1.5.3 任务分析	58
1.5.4 任务实施	58
1.5.4.1 施工准备与支吊架安装	58
1.5.4.2 管子加工与连接	60
1.5.4.3 室内给水系统施工	67
1.5.4.4 室内排水系统施工	71
学习情境 2 建筑采暖系统施工与组织	75
学习单元 2.1 建筑采暖系统分析	75
2.1.1 学习目标	75
2.1.2 学习任务	75
2.1.3 任务分析	75
2.1.4 任务实施	75
2.1.4.1 传热过程及方式分析	75
2.1.4.2 采暖系统类别及组成分析	77
2.1.4.3 热水采暖系统分析	78
2.1.4.4 蒸汽采暖系统分析	82
2.1.4.5 采暖系统主要设备选用	85
2.1.4.6 低温热水地板辐射采暖系统分析	90
学习单元 2.2 建筑采暖系统施工图识读	91
2.2.1 学习目标	91
2.2.2 学习任务	92
2.2.3 任务分析	92
2.2.4 任务实施	92
2.2.4.1 采暖设计说明识读	92
2.2.4.2 采暖平面图识读	92
2.2.4.3 采暖系统图识读	92
2.2.4.4 采暖详图识读	93
2.2.4.5 宿舍楼采暖施工图识读实例	93
学习单元 2.3 建筑采暖系统的施工与组织	95
2.3.1 学习目标	95
2.3.2 学习任务	95

2.3.3 任务分析	95
2.3.4 任务实施	96
2.3.4.1 室内采暖管道的施工	96
2.3.4.2 散热设备安装	98
2.3.4.3 采暖系统试压、冲洗和通热	101
2.3.4.4 低温热水地板辐射采暖系统施工	104
学习情景3 通风与空调系统施工与组织	107
学习单元3.1 通风与空调系统分析	107
3.1.1 学习目标	107
3.1.2 学习任务	107
3.1.3 任务分析	107
3.1.4 任务实施	107
3.1.4.1 通风系统分析	107
3.1.4.2 民用建筑防、排烟系统分析	110
3.1.4.3 空气调节系统分析	113
3.1.4.4 空调水系统分析	117
学习单元3.2 通风与空调系统施工图识读	118
3.2.1 学习目标	118
3.2.2 学习任务	118
3.2.3 任务分析	118
3.2.4 任务实施	118
3.2.4.1 文字说明部分识读	119
3.2.4.2 图纸部分识读	120
3.2.4.3 空调施工图识图实例	122
学习单元3.3 通风与空调系统施工与组织	126
3.3.1 学习目标	126
3.3.2 学习任务	126
3.3.3 任务分析	126
3.3.4 任务实施	126
3.3.4.1 金属风管制作	126
3.3.4.2 非金属风管制作	129
3.3.4.3 风管安装	130
3.3.4.4 空调水系统安装	133
3.3.4.5 空调及通风设备安装	134
3.3.4.6 通风空调系统运行调试	137
学习情景4 建筑电气系统施工与组织	139
学习单元4.1 建筑电气系统分析	139

4.1.1	学习目标	139
4.1.2	学习任务	139
4.1.3	任务分析	139
4.1.4	任务实施	139
4.1.4.1	建筑供配电系统分析	139
4.1.4.2	三相正弦交流电分析	141
4.1.4.3	配电系统接地的形式分析	144
4.1.4.4	民用建筑供配电线路分析	145
4.1.4.5	建筑电气照明系统分析	148
4.1.4.6	共用天线电视系统分析	150
4.1.4.7	建筑电话通信系统分析	154
4.1.4.8	火灾自动报警控制系统分析	155
4.1.4.9	火灾自动报警控制系统形式分析	158
学习单元 4.2 建筑电气施工图识读		159
4.2.1	学习目标	159
4.2.2	学习任务	159
4.2.3	任务分析	159
4.2.4	任务实施	159
4.2.4.1	电气施工图的组成及阅读方法	159
4.2.4.2	强电系统施工图识读	163
4.2.4.3	弱电系统施工图识读	167
学习单元 4.3 建筑电气系统施工与组织		172
4.3.1	学习目标	172
4.3.2	学习任务	172
4.3.3	任务分析	172
4.3.4	任务实施	173
4.3.4.1	导线加工与连接	173
4.3.4.2	室内线路配线施工	176
4.3.4.3	照明装置的安装	183
4.3.4.4	防雷与接地装置安装	185
4.3.4.5	触电防护和电气安全	189
4.3.4.6	有线电视系统安装	192
4.3.4.7	火灾自动报警系统的安装	195
4.3.4.8	电气安装工程质量评定和竣工验收	202
学习情境 5 建筑小区管网系统施工与组织		204
学习单元 5.1 建筑小区管网系统分析		204
5.1.1	学习目标	204
5.1.2	学习任务	204

5.1.3 任务分析	204
5.1.4 任务实施	204
5.1.4.1 小区给水系统分析	204
5.1.4.2 小区排水系统分析	206
5.1.4.3 小区供热系统分析	207
学习单元 5.2 建筑小区管网系统施工图识读	208
5.2.1 学习目标	208
5.2.2 学习任务	208
5.2.3 任务分析	208
5.2.4 任务实施	209
5.2.4.1 小区给水排水平面图识读	209
5.2.4.2 小区给水排水管道断面图识读	209
5.2.4.3 小区给水排水节点图识读	210
5.2.4.4 室外供热管道施工图识读	212
学习单元 5.3 建筑小区管网系统施工与组织	213
5.3.1 学习目标	213
5.3.2 学习任务	213
5.3.3 任务分析	213
5.3.4 任务实施	213
5.3.4.1 室外给水管道施工	213
5.3.4.2 室外排水管道施工	215
5.3.4.3 室外给排水管道试压	217
5.3.4.4 室外供热管道施工	218
5.3.4.5 室外供热管网试验及调试	223
附录	225
附录 1 学习情境 1 载体——某综合楼给排水施工图	225
附录 2 学习情境 2 载体——某综合楼采暖施工图	236
附录 3 学习情境 3 载体——某综合楼通风与空调施工图	242
附录 4 学习情境 4 载体——某综合楼电气施工图	247
附录 5 学习情境 5 载体——某小区给排水施工图	255
参考文献	258

学习情境 1 建筑给排水系统施工与组织

学习单元 1.1 建筑给水系统分析

1.1.1 学习目标

通过本单元的学习，能够分析不同类型的给水系统的组成及特点；能够选用给水系统所用的管材、管件、附件和设备；能够选择给水系统方式及进行布置；能够分析消火栓灭火系统组成及工作原理；能够分析自动喷淋灭火系统组成及工作原理；能够选用消防系统所用材料及设备。

1.1.2 学习任务

本学习单元以某综合楼给水系统（附录 1）为例，对给水系统的组成、给水方式、工作原理进行分析。具体学习任务有流体性质分析与计算、给水系统常用材料选用、生活给水方式选择、室内消防系统分析。

1.1.3 任务分析

根据学习目标及任务，首先必须熟悉流体运动的规律及给水系统的任务和要求，分析给水系统组成及原理，然后选择系统所用材料及设备并进行验收，包括材料的种类、规格以及型号。最后进行给水管道布置与敷设。

建筑给水系统是将城、镇给水管网（或自备水源给水管网）中的水引入一幢建筑或一个建筑群体，供人们生活、生产和消防之用，并满足各类用水对水质、水量和水压要求的冷水供应系统。

给水系统按照其用途可分为三类基本给水系统。

1. 生活给水系统

为民用建筑和工业建筑内的饮用、盥洗、洗涤、淋浴等日常生活用水所设的给水系统称为生活给水系统，其水质必须满足国家规定的饮用水的水质标准。

2. 生产给水系统

为工业企业生产方面用水所设的给水系统称为生产给水系统，如冷却用水、锅炉用水等。生产给水系统的水质、水压因生产工艺的不同而异。

3. 消防给水系统

为建筑物扑灭火灾用水而设置的给水系统称为消防给水系统。消防给水系统对水质的要求不高，但必须根据建筑设计防火规范要求，要保证足够的水量和水压。

上述三类基本给水系统可以独立设置，也可根据各类用水对水质、水量、水压、水温的不同要求，结合室外给水系统的实际情况，经技术经济比较，或兼顾社会、经济、技术、环境等因素的综合考虑，设置成组合各异的共用系统。如生活、生产共用给水系统，生活、消防生产共用给水系统等。



1.1.4 任务实施

建筑内部给水系统如图 1.1.1 所示，一般由以下各部分组成：

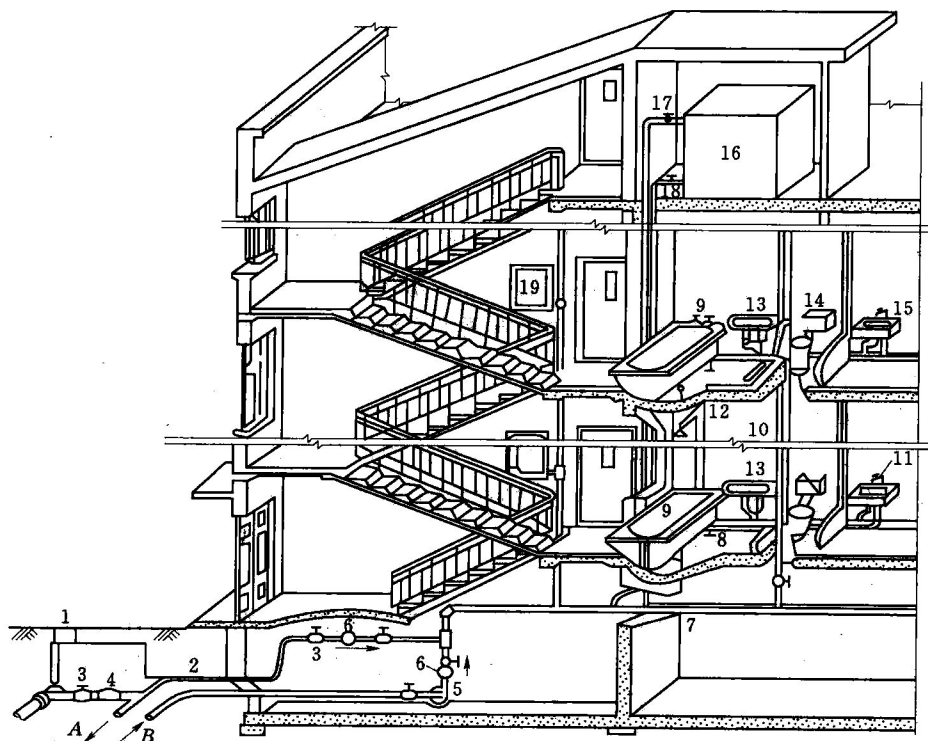


图 1.1.1 生活给水系统

- 1—阀门井；2—引入管；3—闸阀；4—水表；5—水泵；6—止回阀；7—干管；8—支管；9—浴盆；
10—立管；11—水龙头；12—淋浴器；13—洗脸盆；14—大便器；15—洗涤盆；16—水箱；
17—进水管；18—出水管；19—消火栓
A—进入贮水池；B—来自贮水池

(1) 水源。是指城镇给水管网、室外给水管网或自备水源。

(2) 引入管。引入管又称进户管，是市政给水管网和建筑内部给水管网之间的连接管道。其作用是从市政给水管网引水至建筑内部给水管网。对一幢单独建筑物而言，引入管是穿越建筑物承重墙或基础，自室外给水管网将水引入室内给水管网的管段，也称进户管。对于一个工厂、一个建筑群体、一个学校，引入管是指总进水管。

(3) 水表节点。水表节点是指引入管上装设的水表及其前后设置的阀门及泄水装置等的总称。如图 1.1.2 所示。此处水表用以计量该幢建筑的总用水量。水表前后的阀门用以水表检修、拆换时关闭管路之用。

水表及前后的附件一般设在水表井中，温暖地区的水表井一般设在室外，寒冷地区为避免水表冻裂，可将水表设在采暖房间内。

(4) 给水管网。给水管网指建筑内给水水平干管、立管和横支管等。

(5) 配水装置和附件。在管道系统中调节水量、水压，控制水流方向以及关断水流等

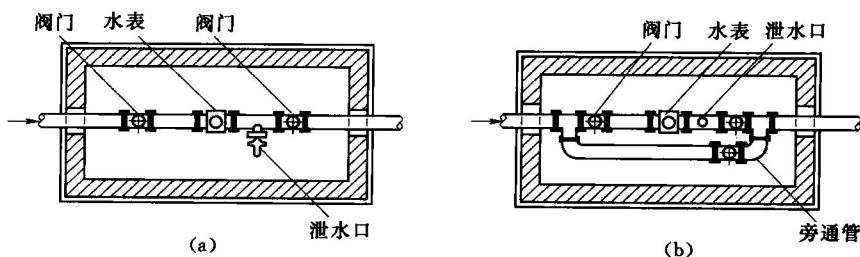


图 1.1.2 水表节点

(a) 水表节点; (b) 有旁通管的水表节点

作用,即配水龙头、消火栓、喷头与各类阀门(控制阀、减压阀、止回阀等)。

(6) 增压、贮水设备。当室外给水管网的水压、水量不能满足建筑给水要求或要求供水压力稳定、确保供水安全可靠时,应根据需要在给水系统中设置水泵、气压给水设备和水池、水箱等增压、贮水设备。

(7) 给水局部处理设施。当有些建筑对给水水质要求很高,超出生活饮用水卫生标准或其他原因造成水质不能满足要求时,就需设置一些设备、构筑物进行给水深度处理。

1.1.4.1 流体性质分析与计算

在建筑给排水、采暖、通风工程中,所用的工作介质都是流体。因此,首先必须了解流体的性质并掌握流体运动的规律。

1.1.4.1.1 流体的性质分析

1. 流体的主要力学性质分析

流体的流动性是流体的最基本的特性,流动性是指流体不能承受切向力,如果有切向力存在,即使切向力很微小,流体也会发生变形。流体的流动主要是由其力学性质决定的,流体的主要力学性质有:

(1) 质量密度和重量密度。单位体积流体的质量称为流体的密度,即

$$\rho = m/V \quad (1.1.1)$$

流体单位体积内所具有的重量称为重度或容重,以 γ 表示。

$$\gamma = G/V \quad (1.1.2)$$

质量密度与重量密度的关系为

$$\gamma = G/V = mg/V = \rho g \quad (1.1.3)$$

(2) 流体的黏性。表明流体流动时产生内摩擦力阻碍流体质点或流层间相对运动的特性称为黏性,内摩擦力称为黏滞力。

黏性是流动性的反面,流体的黏性越大,其流动性越小。

平板间液体速度变化如图 1.1.3 所示。实际流体在管内的速度分布如图 1.1.4 所示。

实验证明,对于一定的流体,内摩擦力 F 与两流体层的速度差 du 成正比,与两层之间的垂直距离 dy 成反比,与两层间的接触面积 A 成正比,即

$$F = \mu A du/dy \quad (1.1.4)$$

在通常情况下,单位面积上的内摩擦力称为剪应力,以 τ 表示,单位为 Pa,则式

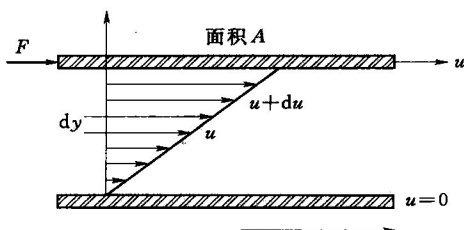


图 1.1.3 平板间液体速度变化

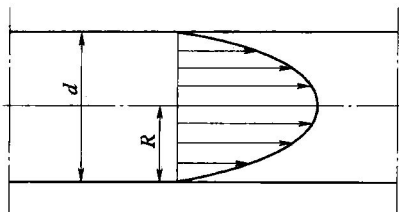


图 1.1.4 实际流体在管内的速度分布

(1.1.4) 变为

$$\tau = \mu du/dy \quad (1.1.5)$$

式(1.1.4)、式(1.1.5)称为牛顿黏性定律,表明流体层间的内摩擦力或剪应力与法向速度梯度成正比。

(3) 流体的压强。垂直作用于流体单位面积上的压力称为流体的压强,以 p 表示。单位 Pa, 俗称压力,表示静压力强度。

以绝对真空为基准测得的压力称为绝对压力,它是流体的真实压力;以大气压为基准测得的压力称为表压或真空度、相对压力,它是在把大气压强视为零压强的基础上得出来的,如图 1.1.5 所示。

三种压力之间的关系为

表压强 = 绝对压强 - 大气压强(压力表度量)

真空度 = 大气压强 - 绝对压强(真空表度量)

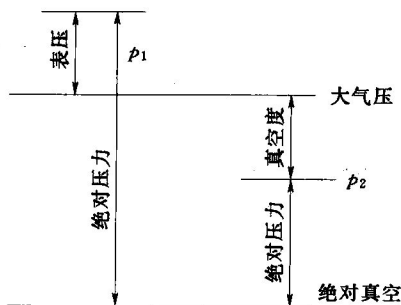


图 1.1.5 绝对压力、表压
与真空度的关系

(4) 压缩性和膨胀性。流体受压、体积缩小、密度增大的性质,称作流体的压缩性;流体受热、体积膨胀、密度减小的性质,称作流体的热胀性。

在实际工程中,首先把流体视作连续介质,即在所研究空间内,流体是质点间无空隙的连续体;其次,在一些问题中的研究中,流体可以看作无黏性流体,即忽略流体的黏滞性影响;再次,把流体看作不可压缩流体,流体的压缩性很小,可以忽略而对气体来讲,在气体流速不超过音速的情况下,其压缩性对流的宏观运动影响很小,因此也视为不可压缩流体。

2. 流体运动的基本概念分析

(1) 流线和迹线。流线是指同一时刻不同质点所组成的运动的方向线。迹线是指同一个流体质点在连续时间内在空间运动中所形成的轨迹线。流线是为了形象化的描述流体的运动而引入的概念。在实际工程中,通常关注的是流体在某一固定断面或固定空间的运动状况,而不关心其来龙去脉,因此主要研究流线。流线可以反映流体流动的一些性质,如图 1.1.6 所示。某点的流速方向就是流线在该点的切线方向;流线的疏密可以反映流速的大小,流线越疏,流速越小,流线越密,流速越大;流线不能相交,也不能是折线,只能是一条光滑的曲线或直线。

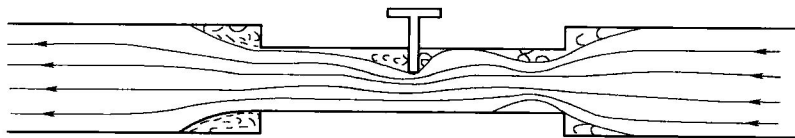


图 1.1.6 流线

(2) 过流断面。在流体中取一封闭垂直于流向的平面，在其中划出极微小面积，则其微小面积的周边上各点都和流线正交，该横断面称为过流断面。

(3) 流量。流体流动时，单位时间内通过过流断面的流体体积称为流体的体积流量，一般用 Q 表示，单位为 L/s 。单位时间内流经管道任意截面的流体质量，称为质量流量，以 ms 表示，单位为 kg/s 或 kg/h 。

体积流量与质量流量的关系为

$$ms = Q\rho \quad (1.1.6)$$

体积流量、过流断面面积 A 与流速 u 之间的关系为

$$Q = Au \quad (1.1.7)$$

3. 流体运动的类别分析

流体运动的分类依据和运动特点见表 1.1.1。

表 1.1.1

流体运动的分类

分类依据	名称	运 动 特 点
根据流动要素与流行时间来进行分类	恒定流	流场内任一点的流速与压强不随时间变化，而仅与所处位置有关
	非恒定流	运动流体各质点的流动要素随时间而改变
根据流体流速的变化来进行分类	均匀流	在给定的某一时刻，各点速度都不随位置变化而变化
	非均匀流	流体中相应点流速不相等
按液流运动接触的壁面情况分类	压力流	流体过流断面的周界为壁面包围，没有自由面者称为有压流或压力流。一般供水、供热管道均为压力流。压力流有 3 个特点：流体充满整个管道；不能开成自由表面；流体对管壁有一定的压力
	无压流	流体过流断面的壁和底均为壁面包围，但有自由液面者称为无压流或重力流，如河流、明渠排水管网系统等
	射流	流体经由孔口或管嘴喷射到某一空间，由于运动的流体脱离了原来的限制它的固体边界，在充满流体的空间继续流动的这种流体运动称为射流，如喷泉、消防栓等喷射的水柱

1.1.4.1.2 流体计算

1. 流速计算——恒定流连续性方程分析（质量守恒定律）

恒定流系统如图 1.1.7 所示，流体连续地从 1—1 截面进入，再从 2—2 截面流出，且充满全部管道。以 1—1、2—2 截面以及管内壁为衡算范围，在管路中流体没有增加和漏失的情况下，单位时间进入截面 1—1 的流体质量与单位时间流出截面 2—2 的流体质量必然相等，即

$$ms_1 = ms_2 \quad (1.1.8)$$



$$\text{或} \quad \rho_1 u_1 A_1 = \rho_2 u_2 A_2 \quad (1.1.9)$$

推广至任意截面, 有

$$ms = \rho_1 u_1 A_1 = \rho_2 u_2 A_2 = \cdots = \rho_u A = \text{常数} \quad (1.1.10)$$

式 (1.1.15) ~ 式 (1.1.17) 均称为连续性方程, 表明在定态流动系统中, 流体流经各截面时的质量流量恒定。

对不可压缩流体, $\rho = \text{常数}$, 连续性方程可写为

$$Q = u_1 A_1 = u_2 A_2 = \cdots = uA = \text{常数} \quad (1.1.11)$$

对于圆形管道, 式 (1.1.18) 可变形为

$$u_1/u_2 = A_2/A_1 = (d_2/d_1)^2 \quad (1.1.12)$$

【例 1.1】 如图 1.1.8 所示, 管路由一段管径 $89\text{mm} \times 4\text{mm}$ 的管 1、一段管径 $108\text{mm} \times 4\text{mm}$ 的管 2 和两段管径 $57\text{mm} \times 3.5\text{mm}$ 的分支管 3a 及 3b 连接而成。若水以 $9 \times 10^{-3} \text{m}^3/\text{s}$ 的体积流量流动, 且在两段分支管内的流量相等, 试求水在各段管内的流速。

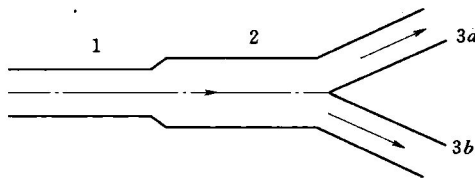


图 1.1.8

【解】 管 1 的内径为 $d_1 = 89 - 2 \times 4 = 81 (\text{mm})$, 则水在管 1 中的流速为

$$u_1 = 1.75 \text{m/s}$$

管 2 的内径为 $d_2 = 108 - 2 \times 4 = 100 (\text{mm})$,

由式 (1.1.19), 则水在管 2 中的流速为

$$u_2 = 1.15 \text{m/s}$$

管 3a 及 3b 的内径为 $d_3 = 57 - 2 \times 3.5 = 50 \text{mm}$

因水在分支管路 3a、3b 中的流量相等, 则有

$$u_2 A_2 = 2u_3 A_3$$

即水在管 3a 和 3b 中的流速为 $u_3 = 2.30 \text{m/s}$

2. 扬程计算——伯努利方程分析 (能量守恒定律)

在理想流动的管段上取两个断面 1—1 和 2—2, 两个断面的能量之和相等, 即

$$Z_1 + \frac{P}{\gamma} + \frac{u_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P}{\gamma} + \frac{u_2^2}{2g} \quad (1.1.13)$$

假设从 1—1 断面到 2—2 断面流动过程中损失为 h , 则实际流体流动的伯努利方程为

$$Z_1 + \frac{P}{\gamma} + \frac{u_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P}{\gamma} + \frac{u_2^2}{2g} + h \quad (1.1.14)$$

【例 1.2】 如图 1.1.9 所示, 要用水泵将水池中的水抽到用水设备, 已知该设备的用水量为 $60 \text{m}^3/\text{h}$, 其出水管高出蓄水池液面 20m , 水压为 200kPa 。如果用直径 $d = 100 \text{mm}$ 的管道输送到用水设备, 试确定该水泵的扬程需要多大才可以达到要求?

【解】 (1) 取蓄水池的自由液面为 1—1 断面, 取用水设备出口处为 2—2 断面。

(2) 以 1—1 断面为基准液面, 根据伯努利方程列出两个断面的能量方程

$$Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{u_1^2}{2g} + h_b = Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{u_2^2}{2g} + h$$



式中: $Z_1 = 0$, $P_1 = 0$, $u_1 = 0$; $Z_2 = 20\text{m}$, $P_2 = 200\text{kPa}$, 且 $u_2 = Q/A = 4Q/(\pi D) = 60 \times 4/(3.14 \times 0.01 \times 3600) = 2.12(\text{m/s})$

故水泵的扬程为

$$h_b = Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{u_2^2}{2g} + h = 40.92 + h$$

3. 能量损失计算

(1) 沿程损失计算。流体在直管段中流动时, 管道壁面对于流体会产生一个阻碍其运动的摩擦阻力(沿程阻力), 流体流动中为克服摩擦阻力而损耗的能量称为沿程损失。

通常采用达西—维斯巴赫公式计算, 即

$$h_f = \lambda \frac{l}{4R} \frac{v^2}{2g} \quad (1.1.15)$$

(2) 局部损失计算。流体运动过程中通过断面变化处、转向处、分支或其他使流体流动情况发生改变时, 都会有阻碍运动的局部阻力产生, 为克服局部阻力所引起的能量损失称为局部损失。计算公式为

$$h_j = \xi u^2 / (2g) \quad (1.1.16)$$

流体在流动过程中的总损失等于各个管路系统所产生的所有沿程损失和局部损失之和, 即

$$h = \sum h_l + \sum h_j \quad (1.1.17)$$

【例 1.3】 如图 1.1.7 所示, 若蓄水池至用水设备的输水管的总长度为 30m, 输水管的直径均为 100mm, 沿程阻力系数为 $\lambda=0.05$, 局部阻力有: 水泵底阀一个, $\xi=7.0$; 90° 弯头 4 个, $\xi=1.5$; 水泵进出口 1 个, $\xi=1.0$; 止回阀 1 个, $\xi=2.0$; 闸阀 2 个, $\xi=1.0$; 用水设备处管道出口一个, $\xi=1.5$ 。试求:

- (1) 输水管路的局部损失。
- (2) 输水管道的沿程损失。
- (3) 输水管路的总水头损失。
- (4) 水泵扬程的大小。

【解】 由于从蓄水池到用水设备的管道的管径不变, 均为 100mm, 因此, 总的局部水头损失为

$$h_j = \sum \xi u^2 / (2g) = 4.47(\text{m})$$

整个管路的沿程损失为

$$h_l = \lambda L u^2 / (d 2g) = 3.45(\text{m})$$

输水管路的总损失为

$$h = h_j + h_l = 4.47 + 3.45 = 7.92(\text{m})$$

水泵的总扬程为

$$h_b = 40.92 + h = 40.92 + 7.92 = 48.84(\text{m})$$

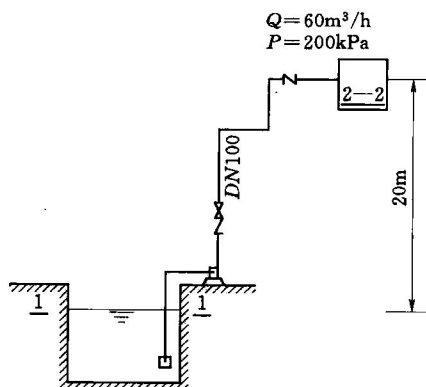


图 1.1.9