

高职高专规划教材

JIANZHU
SHEBEI

建筑设备

主编 贾永康

 中国建筑工业出版社

高职高专规划教材

建 筑 设 备

主 编 贾永康
副主编 张 炯
参 编 成素霞 张 宇 崔 毅
主 审 马志彪 谢社初

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

建筑设备/贾永康主编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2009

(高职高专规划教材)

ISBN 978-7-112-11509-9

I. 建… II. 贾… III. 房屋建筑设备 IV. TU8

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 192275 号

责任编辑: 齐庆梅

责任设计: 赵明霞

责任校对: 袁艳玲 王雪竹

高职高专规划教材

建筑设备

主 编 贾永康

副主编 张 炯

参 编 成素霞 张 宇 崔 毅

主 审 马志彪 谢社初

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

霸州市顺浩图文科技发展有限公司制版

世界知识印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 17 $\frac{3}{4}$ 字数: 432 千字

2010 年 1 月第一版 2010 年 1 月第一次印刷

定价: 29.00 元

ISBN 978-7-112-11509-9

(18737)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

前 言

建筑类院校通常要设置土建、电气、暖通、装饰、造价、物业管理等专业，原因是几乎每幢建筑物的构成及建造过程都要涉及这些专业。“建筑设备”这门课，主要是为建筑类高等职业院校非建筑设备类专业的学生扼要介绍建筑设备类专业的课程体系、主要的研究对象及研究方法、主干课程的内容及专业之间的配合要点的课程，使非建筑设备类专业的学生在很短的时间内获得较多的常识性、专业性知识，同时，有助于学生综合能力的提高。

“建筑设备”作为建筑类院校非设备类各专业的一门相关专业课程，在保证各门专业课所需基本理论深度、基本知识广度的前提下，为体现高职教育特点，在内容整合、章节编辑等方面力求简约、实用，重视与其他相关专业的横向和纵向的衔接与联系。并在直接将工程实际应用引入课程中来进行了尝试，以期使得课程内容更加贴近专业的需要。本书参照相关指导性教学文件进行编写，全书包括建筑暖通设备和建筑电气设备两部分内容。本课程在适当介绍热工、流体力学泵与风机等基础知识后，在着重介绍供热工程、建筑给水排水工程、通风与空气调节工程等内容的基础上，对建筑设备常用的冷源与热源（制冷机房、采暖锅炉房）系统、室内燃气系统等内容也作了简单介绍。另外，建筑照明、建筑智能系统也是现代建筑设备不可或缺的内容，在本书中也作了必要的介绍。总学时按 76 学时考虑，基本可以满足高职层次非建筑设备类专业学生的教学需求。

本书可作为高职土建类非建筑设备类专业的教材，也可作为建筑工程从业人员的参考书和培训教材。

本书的绪论、第一章、第四章由山西建筑职业技术学院贾永康编写，第二章由山西建筑职业技术学院成素霞编写，第三章由山西建筑职业技术学院张炯编写，第五章由山西建筑职业技术学院崔毅编写，第六章、第七章由内蒙古建筑职业技术学院张宇编写，全书由贾永康统稿。

本书由内蒙古建筑职业技术学院马志彪（第一～五章）、湖南城市建筑职业技术学院谢社初（第六、七章）担任主审。

本书编写过程中参考了大量文献著作和相关教材，在此表示感谢！

由于作者的编写水平有限，书中缺点和不足之处请读者指教。

目 录

绪论	1
第一章 基础理论知识	3
第一节 流体力学基本知识	3
第二节 热工学基本知识	15
复习思考题	20
第二章 建筑给水排水工程	21
第一节 室外给水排水概述	21
第二节 建筑给水系统常用管材、附件、设备	25
第三节 建筑生活给水	32
第四节 建筑消防给水	38
第五节 建筑热水供应	43
第六节 卫生器具、排水管材及附件	47
第七节 建筑生活排水系统	54
第八节 屋面雨水排水系统	59
第九节 建筑给水排水工程施工图及识读	61
复习思考题	77
第三章 供暖工程	78
第一节 供暖系统组成及分类	78
第二节 热水供暖系统	80
第三节 供暖系统常用管材及散热设备	87
第四节 供暖系统主要设备及附件	93
第五节 供暖系统热负荷、散热设备选择及管道水力计算	101
第六节 供暖系统管路布置与敷设	105
第七节 热源及供热管网	108
第八节 室内供暖施工图识读	115
复习思考题	131
第四章 通风与空气调节	132
第一节 概述	132
第二节 通风	134
第三节 空气调节	137
第四节 通风空调管道与部件	142
第五节 空气处理与除尘设备	145
第六节 减振与消声设备	150

第七节 高层建筑防排烟·····	152
第八节 空调用冷源·····	156
复习思考题·····	159
第五章 建筑燃气供应 ·····	160
第一节 燃气供应·····	160
第二节 建筑燃气供应·····	167
复习思考题·····	173
第六章 电工理论基础 ·····	175
第一节 直流电路·····	175
第二节 单相交流电路·····	181
第三节 三相交流电路·····	191
复习思考题·····	196
第七章 建筑电气系统概述 ·····	197
第一节 建筑电气系统的作用、分类及基本组成·····	197
第二节 建筑电气设备的构成及选择·····	198
第三节 建筑供配电及照明系统·····	213
第四节 建筑弱电工程·····	223
第五节 安全用电与建筑防雷·····	251
第六节 建筑电气施工图识读·····	269
复习思考题·····	275
主要参考文献 ·····	276

绪 论

建筑类学校通常要设置土建、电气、暖通、装饰、造价、物业管理等专业，因为每幢建筑物的构成及建造过程都要涉及这些专业。现代建筑中建筑设备配置越来越多，比重越来越大，对于工程技术人员来说，各专业之间的相互了解、沟通、配合，无论是在工程的设计阶段、施工管理阶段，还是工程完成后的物业管理维护阶段，都是十分必要的。所以适当了解相关专业的课程体系、掌握必要的相关专业知识，既是圆满完成本专业工作之必需，也是实现专业配合，实现优良工程，实现优良服务之必需。

“建筑设备”这门课，主要是为土建类高等职业院校非建筑设备类专业的学生扼要介绍建筑设备类专业的课程体系、主要的研究对象及研究方法、主干课程的内容及专业之间的配合要点的课程，使非建筑设备类专业的学生在很短的时间内获得较多的常识性、专业性知识。同时，有助于学生综合能力的提高。

建筑设备类专业的课程体系与各专业类似，包括公共课（数学、计算机、外语等）、相关课（房屋构造、机械基础、工程识图等）、专业基础课（热工学、流体力学泵与风机）、专业课（供热工程、通风与空气调节工程、建筑给水排水工程、制冷技术、锅炉与锅炉房设备、施工技术、预算与组织管理等）。限于时间和篇幅，本课程在适当介绍热工、流体力学泵与风机等基础知识后，在着重介绍供热工程、建筑给水排水工程、通风与空气调节工程等内容的基础上，对建筑设备常涉及的冷源与热源（制冷机房、采暖锅炉房）系统、室内燃气系统等内容也作了简单介绍。

另外，建筑照明、建筑智能系统也是现代建筑设备不可或缺的内容，在本书中也作了必要的介绍。

本课程的主要内容包括以下几部分：

一、流体力学与热工学基础知识

建筑卫生设备工程中大量涉及、使用的工作介质是流体，如采暖工程中用到的热媒是热水或蒸汽，建筑给水排水工程中涉及的介质是液体，空调工程中主要用到的工作介质是空气及水，这些流体介质的性质、特点以及输送流体的机械——泵与风机的工作原理、构造组成，都是要学习、讨论的。

另外，热能的利用、转移及传递问题，也是工程中及日常生活中经常遇到的。热传递的基本方式、基本规律的研究，属于传热学范围；热能的利用和及转换，则属于工程热力学讨论的内容。传热学与工程热力学通常称为热工学。

二、建筑给水排水工程

水是生活、生产、消防中不可缺少的物质，是生命之源，随着人们生活质量的提高，人们对建筑给水系统的要求越来越高。以合理、经济、安全的方式向建筑物提供水质、水量、水压均满足要求的生活、生产、消防用水，安全有效地将各种污、废水排出建筑物并进行适当处理，这些都将在本课程中讨论。同时，将以一定的篇幅介绍工程中、生活中常

遇到的各种管材、阀件、卫生器具及设备等内容。

三、供热工程

保护环境、减少能耗、消除污染，是目前人类遇到的最大挑战。我国北方地区冬季采暖耗煤量极大，能耗多，建设部提出在 2010 年全面实现采暖分户计量。以前的采暖系统与新的区域或集中分户热计量采暖系统有何区别、分户热源种类有哪些、各有何特点、怎样配合建筑特点选择采暖方式及散热设备、热源负荷如何确定，这些问题都将在本课程中予以简明扼要的讨论。

四、通风与空气调节工程

无论是舒适性空调，还是工艺性空调，都对由空气调节系统送入室内的空气的温度、速度、湿度、洁净度有一定的要求。使用什么方式，选择哪些设备，付出多大的代价来实现预期的空气调节的目的，常用的空气处理过程有哪些，各有何特点，都是本课程内容所要涉及的。

除了一般性的介绍暖通专业知识及有关施工图的识读方法外，针对不同专业的不同目的和要求而各有所强调，是编者竭力想在本教材中体现的，例如土建专业所关心的孔洞预留、金属件预埋及施工工序配合等问题；造价专业必定涉及的管材种类、管件规格、设备名称及保温结构等问题；电气专业的消防控制，火灾报警、设备功率等问题，以及装饰专业对管道走向、散热器和卫生设备的布置与处理等问题。这一点也希望学习者和讲授者予以注意。

五、燃气供应

在当前环境保护问题日益受到重视，燃气作为清洁能源，其使用日趋广泛。建筑燃气供应系统已是现代建筑设备不可或缺的组成部分。本书用较少的篇幅介绍了城市燃气的种类、特性、系统形式、常用燃气具安装、安全使用常识等内容。

六、建筑电气

对建筑用电工的基本知识作了必要的介绍后，重点介绍了建筑供配电、建筑照明、建筑智能化系统等内容。

不同专业的研究对象、研究方法都不尽相同，学习过程中，如果学习者注意到这一点的话，必定对读者综合能力和素质的提高大有帮助。另外，作为常识性问题，如家用分体空调器、家用电冰箱的构成、原理、性能，卫生器具种类、特点，燃气的安全使用等内容，在日常生活中也是常会涉及和需要了解的。

七、建筑设备工程施工图

专业之间的默契配合源于相互之间的沟通与了解，施工图作为工程语言，在初步学习了有关建筑设备工程的基本内容后，能够读懂有关的施工图纸，熟悉建筑设备施工图的组成及识读要点，就是这部分内容的目的所在。而浅显适用的例子，可以使学生举一反三。为了便于学习，这部分内容穿插于各章中分别进行介绍。但其识图要点都颇具共性。

第一章 基础理论知识

第一节 流体力学基本知识

一、描述流体性质的几个物理量及流体特性

(一) 密度和重度

1. 密度

对于均质流体，单位体积的流体具有的质量称为密度。

其表达式为：
$$\rho = \frac{M}{V} \quad (1-1)$$

式中 ρ ——流体的密度， kg/m^3 ；

M ——流体的质量， kg ；

V ——流体的体积， m^3 。

质量大的物体，其惯性也大，而密度在一定程度上就反映了流体的惯性特征。

2. 重度

重力场中，对于均质流体，单位体积的流体所受的重力（所具有的重量）称为重度。

其表达式为：
$$\gamma = \frac{G}{V} \quad (1-2)$$

式中 γ ——流体的重度， N/m^3 ；

G ——流体的重量， N ；

V ——流体的体积， m^3 。

按照牛顿第二定律，流体的重度和密度存在以下关系：

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

式中 g ——重力加速度，取 $g = 9.81 \text{m}/\text{s}^2$ 。

可见，重力加速度 g 值取定后， ρ 与 γ 是一一对应的，只能算做一个独立参数。

另外，同一种流体，处于不同的温度和压力条件时，其密度（或重度）是变化的。如：在一个标准大气下，温度为 4°C 时，水的密度具有最大值： $\rho = 1000 \text{kg}/\text{m}^3$ ，冬天气温在零度以下时，冰的密度比水的要小，这正是许多鱼类能够在冰下过冬的原因。另外，日常生活中我们能够利用燃烧的火焰将水壶中的水煮沸，也是借助于地球重力中温度差引起的重度差导致烟气及水的对流而实现的。在太空中，用传统方式要想把水加热是不可能的。

(二) 压缩性与膨胀性

在一定的条件下，流体受压，体积缩小，密度增大的性质称为流体的压缩性。

在一定的条件下，流体的体积随温度的变化而变化的性质称为流体的膨胀性（一般情况下，温度升高，体积增大）。

液体的压缩性和膨胀性都很小，气体的压缩性和膨胀性都很大。这也是工程中多采用液体进行管道系统的强度试验而尽量不采用气体进行试压的原因之一。

（三）黏滞性

流体在外力作用下产生流动时，流体内部发生相对运动的各质点之间或各流层之间会同时产生内摩擦力（即流体的黏滞力）以反抗这种相对运动，这种性质即叫做流体的黏滞性。

关于流体的黏滞性，着重强调以下几点：

（1）不同的流体，其黏滞性的大小不同，如油和水。

（2）同一种流体，其黏滞性的大小随温度变化而变化。一般情况下，液体的黏滞性随温度升高（降低）而变小（增大）；气体的黏滞性随温度升高（降低）而增大（减小）。

（3）流体黏滞性大时，输送流体所付出的代价（机械能的损耗）也大，原油输送过程中通常要有伴热管，就是利用原油被加热后黏性降低来节省输送能耗的。

（4）通常用物性参数运动黏度 $\nu(\text{m}^2/\text{s})$ 或动力黏度 $\mu(\text{Pa}\cdot\text{s})$ 来定量反映流体黏性的大小，二者存在以下关系

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

式中 ρ ——流体密度

（四）流体的基本特性

流体的流动性是流体的基本特征，其特性是由它的力学性质决定的。通常，固体都具有较好的抗压、抗拉、抗切的能力，而流体则大不相同。流体承受拉力和切力的能力极小，也就是说，即使在非常微小的切力作用下，流体各质点间也会发生相对运动，这正是流体极易流动的原因，也是流体便于用管道输送的原因。需要注意的是流体具有较好的抗压能力，特别是液体，具有很好的抗压性，以至于在许多工程实际中认为液体是不可压缩流体。另外，液体有相对固定的体积（即其体积受温度、压力、压强的影响很小），却没有固定的形状。气体既没有相对固定的体积（即其受温度、压力的影响很大），也没有固定的形状，所以，在使用体积来反映气体物量时，一定要注意指明其所处的状态（ t 、 p ），否则，体积量没有确切的意义。工程中所用的风机铭牌上标注的风量都是指在某一基准状态（ t 、 p ）下的体积流量。

二、流体的压强

（一）流体压强的概念

静止的和流动的流体中都具有一定的压强。一般情况下，垂直作用于单位面积上的流体压力称为压强。如果在面积为 A 的作用面上受到的流体压力为 P ，则平均压强可表示为：

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

p 的单位为 N/m^2 或 Pa 。

例如：地球表面存在有相当厚度的大气，在海平面上，每平方米的面积上产生的压力

(大气重力) 约 101325N, 则在海平面上的大气压强 (标准大气压强) 为:

$$p = 101325\text{N}/\text{m}^2 = 101325\text{Pa}$$

(二) 流体静压强的表示方法及量度单位

1. 流体静压强的表示方法

由于大气压强的存在, 使得工程上通常使用的测压仪表 (如弹簧式压力表) 不能够直接测出流体的真实压强, 只能测出相对于当地大气压强的表压强, 以致流体压强的表示出现了三种情况:

(1) 流体的绝对压强

流体的绝对压强就是流体的真实压强, 通常用符号 p_j 表示, 是以绝对真空状态为零基准计算的, 它的数值应大于等于零。通常, 当 $p_j > B$ 时, 称流体处于正压状态, 表压强为相对压强。当 $p_j < B$ 时, 称流体处于负压状态或真空状态, 表压强为真空度。

(2) 流体的相对压强

以当地大气压强 B 为零基准计算的流体压强, 称为相对压强, 用符号 p_x 表示。主要用于正压状态下流体压强的表示。因直接由压力表测出的即是相对压强, 故又称为表压强。

(3) 真空度

当流体所处的绝对压强 $p_j < B$ 时, 压力表只能测出流体的真实压强 p_j 不足于当地大气压 B 的那部分值, 即 $p_j - B$ 是负的相对压强。为使用方便, 将其取正, 称为真空度, 用 p_k 表示。

下面, 用图说明一下 p_j 、 p_x 及 B 的关系。

如图 1-1 所示, 以绝对真空状态 $O-O$ 为零基准的压强值为绝对压强 p_j , 如点 A 的绝对压强值 $p_{Aj} > B$, 处于正压状态, 而点 C 的绝对压强值 $p_{Ci} < B$, 处于负压状态。以当地大气压 $B-B$ 为零基准向上算起时, 为相对压强值; 以当地大气压 $B-B$ 为零基准, 向下算起时, 为真空度值。显然, 真空度 p_k 的最大值为 B , 此时为绝对真空, 即 $p_j = 0$, $p_k = B$ 时, 则 p_x 等于 $-B$, 此时 $p_j = 0$

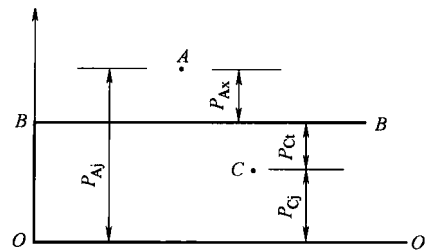


图 1-1 p_j 、 p_x 及 B 的关系

正压状态下: $p_j > B$, 则 $p_j = p_x + B$ 或 $p_x = p_j - B$ (1-6)

真空状态下: $p_j < B$, 则 $p_j = B - p_k$ 或 $p_k = B - p_j$ (1-7)

可见, 相对压强 p_x 反映的是流体真实压强超出当地大气压 B 的那部分压强值, 工程中通常涉及的容器承压等问题, 主要考虑的就是相对压强值 p_x 。而真空度 p_k 反映的是流体真实压强不足于当地大气压 B 的那部分压强值。 p_x 与 p_k 都是相对于当地大气压 B 计算的表压值。

2. 流体压强的单位

流体压强的单位通常用以下三种方法来表示:

(1) 按压强的定义, 有 $p = \frac{F}{A}$, 单位为 N/m^2 或 Pa (帕斯卡)

$$1\text{kPa}=1000\text{Pa}, 1\text{MPa}=10^6\text{Pa}.$$

(2) 用液体的柱高表示

如：1) 用水柱高度表示压强： $1\text{mH}_2\text{O}=9807\text{Pa}$ ；

2) 用汞柱高度表示压强： $1\text{mmHg}=133.332\text{Pa}$ 。

也可以用其他种类的流体柱高表示压强

3) 用大气压的倍数表示压强

如：标准大气压（物理大气压）的单位为 atm， $1\text{atm} = 760\text{mmHg} = 101325\text{Pa} = 10.33\text{mH}_2\text{O}$ 。

(三) 流体静压强基本方程式

1. 流体静压强的特性

静止流体产生的压强称为流体静压强，流体静压强有两个基本特性：

(1) 流体静压强的方向垂直且指向作用面，如图 1-2 所示。

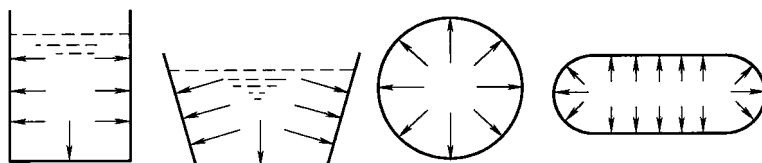


图 1-2 流体静压强方向

(2) 静止流体中，任意一点的流体静压强的大小与方向无关，只与该点的位置有关。

限于篇幅，这两个特性不予证明。特性（1）实质上也是流体抗剪力极弱的反映，而特性（2）说明：各点的位置不同，压强可能不同，位置一定，则不论取哪个方向，压强的大小完全相等。因此，流体静压强的根本问题即是流体静压强在深度方向分布规律的问题。

2. 流体静压强基本方程式

如图 1-3 所示，敞口水箱内水的重度为 γ ，且处于静止状态，其机械能只具有势能。

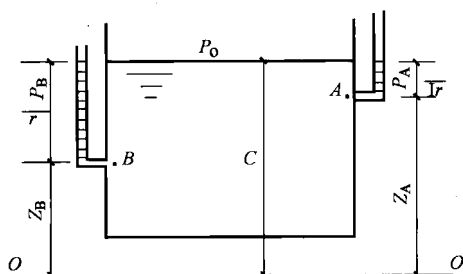


图 1-3 势能分析图

对任意一点 A 所具有的势能包括两部分：一部分是位置势能 Z_A ，即相对于基准面 O-O 的高度，单位是 mH_2O ；另一部分是压强势能 P_A/γ ，单位也是 mH_2O 。事实上，在与 A 点同高的壁面上开个孔，设置一个测管，如图所示，则 A 点的流体则会在测管中上升 P_A/γ 的高度而与水箱内水位同高。可见，在 A 点压强 P_A 的作用下，A 点处的流体具有上升 P_A/γ 高度的能力（即压强势能）。

同样，对另一点 B，也有 Z_B 和 P_B/γ ，而且有

$$Z_B + P_B/\gamma = Z_A + P_A/\gamma = C$$

对水箱内任意一点，其位置势能为 Z ，压强为 P ，则有：

$$Z + \frac{P}{\gamma} = C \quad (1-8)$$

常数 C 为该敞口容器自由液面至基准面 $O-O$ 的高度，可见基准面取定后，箱内任一点处均具有 $Z + p/\gamma = C$ 的势能。如果液面压强为 P_0 ，液面位置势能为 $Z_0 = C$ ，则液面下任一点与液面上一点之间有：

$$z + \frac{P}{\gamma} = Z_0 + \frac{P_0}{\gamma}, \text{ 即 } p = P_0 + (Z_0 - Z)\gamma$$

取 $(Z_0 - Z) = h$ ，则液面下深度为 h 处的压强为：

$$p = p_0 + \gamma h \quad (1-9)$$

公式 (1-8) 和公式 (1-9) 是流体静压强基本方程的两种表达形式，公式 (1-8) 反映了静止流体内部机械能守恒的规律，即是能量守恒与转换定律在流体静力学中的应用，因为在静止流体中机械能的存在形式只有势能（包括位置势能和压强势能）。而公式 (1-9) 则直观的反映出静止流体的压强分布规律，也称为流体静压强基本方程，在工程实际中应用很广。

应用公式 (1-9) 时要注意，如果液面压强 p_0 为相对压强时，则 p 为相对压强， p_0 为绝对压强时， p 亦为绝对压强。

【例 1-1】 图 1-4 (a) 为某密闭压力容器，已知压力表读数为 0.35MPa ，当地大气压 B 为 0.1MPa 。

问：(1) 容器中液面绝对压强和相对压强为多少？

(2) 如图 1-4 (b) 所示，假如在容器上开个测管， $h_1 = 1\text{m}$ ，问此管至少需设多高？

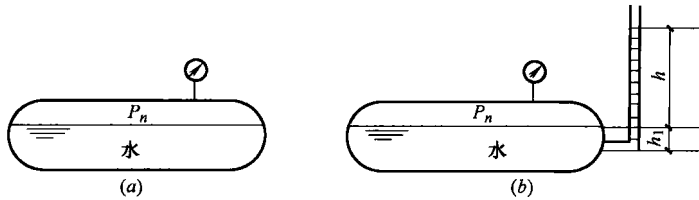


图 1-4 例题示意图

解：(1) $P_{ox} = 0.35\text{MPa}$ $B = 0.1\text{MPa}$

则： $P_{oj} = P_{ox} + B = 0.45\text{MPa}$

(2) 因容器内为水，取水的重度 $\gamma_{\text{H}_2\text{O}} = 9810\text{N/m}^3$ ，

则： $h = (P_{ox}/\gamma) = 0.35 \times 10^6 \times \frac{1}{9810} = 35.68\text{mH}_2\text{O}$

测管至少应为 $h + h_1 = 35.68 + 1 = 36.68\text{m}$ 高。实际中不会设此测管，但此例说明了压强势能与位置势能的等价性。此类测管工程中习惯称为测压管。

三、过流断面、水力半径、流速、流量

1. 过流断面与湿周

过流断面指的是与流速方向相垂直的流体截面积，用符号 A 表示，单位为 m^2 。如图 1-5 所示，(a) 为管道中满管流动的过流断面积；(b) 为管道中非满管流动的过流断面积，而且 h/D 称为充满度；(c) 为明渠流动的过流断面积。

过流断面上，流动流体与壁面相接触的部分称为湿周，其长度用 x 表示，如图 1-6 所示。同样的过流断面积，如湿周越大，则管壁面对流体的阻碍作用也越大。

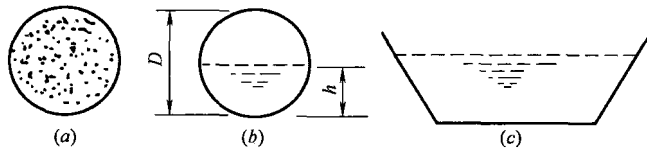


图 1-5 过流断面形式

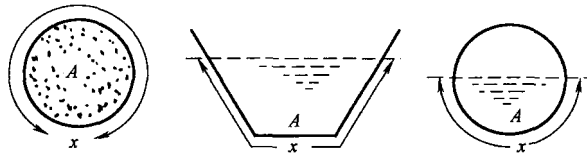


图 1-6 湿周说明

2. 水力半径

过流断面面积 A 与湿周 x 的比值称作水力半径，用符号 R 表示，单位是 m 。即 $R=A/X$ 。水力半径综合反映了过流断面和断面形状（尺寸）对流动的影响，其他条件相同时， R 越大，流道的过水能力就越强，流动产生的阻力就越小；反之，水力半径 R 越小，流道的过水能力也就越差，对流体流动形成的阻力也越大。需要注意的是，水力半径 R 与管道的几何半径是两个完全不同的概念，如图 1-5 (a) 所示，水力半径 R 为圆管几何半径 r 的二分之一。

3. 流速

流速是指流体在单位时间内所流动的距离。需要指出的是流体在管道中流动时在整个过流断面上不同位置流体质点的流速是不同的，图 1-7 (a) 反映了某过流断面上各个质点流速分布的情况：靠近管壁的流体质点速度远低于管中心的流速。通常所说的流速是断面平均流速，用符号 v 表示，单位为 m/s ，实际的流动体积为图 1-7 (b)，按平均流速 v 计算则相当于图 1-7 (c)。工程中通常不需计算质点流速，而是用流体断面平均流速来计算流量。

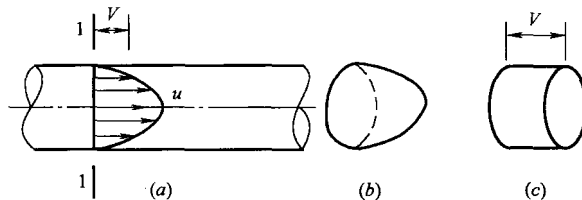


图 1-7 质点流速与平均流速及流量的关系

4. 流量

单位时间通过流体过流断面 A 的流体的量称为流量。根据流体物量不同，有三种流量单位：

- (1) 质量流量：用 M 表示，单位为 kg/s 或 kg/h ，工程中水力计算时常用此单位；
- (2) 体积流量：用 Q 表示，单位为 m^3/h 或 L/s ，工程中水泵、风机流量常用此单位；
- (3) 重量流量：用 G 表示，单位为 N/s 或 kN/s 。

三种流量单位之间存在以下换算关系

$$M=Q \cdot \rho \quad (1-10)$$

$$G=M \cdot g \quad (1-11)$$

式中 ρ ——流体密度, kg/m^3 ;

g ——重力加速度, m/s^2 。

四、流体的水头及水头损失

1. 水头

流体力学中习惯上将单位重量 (1N) 的流体 (其质量为 $1/g$) 所具有的机械能称为水头, 单位是流体的柱高, 如: 米水柱 (mH_2O)。前面讨论的静止流体的位置势能 Z , 压强势能 P/γ , 也可称作位置水头或压强水头。

对于流动的流体, 所具有的机械能除上述两项势能外; 单位重量流体还具有动能, 即 $v^2/2g$, 也就是流速水头。这样, 单位重量的流动流体在某断面上具有的总水头 (机械能) 为:

$$H=z+\frac{p}{\gamma}+\frac{v^2}{2g} \quad (1-12)$$

2. 沿程阻力与沿程水头损失

流体流动时, 由于流体内摩擦力及管壁粗糙度, 在一定管段长度上对流体产生的阻力称作沿程阻力。单位重量流体克服沿程阻力而产生的机械能损失称为沿程水头损失, 用符号 h_f 表示, 单位是 m , 并按下式计算:

$$h_f=\lambda \cdot \frac{L}{d} \cdot \frac{v^2}{2g} \quad (1-13)$$

式中 λ ——沿程阻力系数, 与流体种类 (黏性)、管壁粗糙度等因素有关;

L ——计算管段长度, m ;

d ——计算管段内径, m ;

v ——计算管段断面平均流速, m/s ;

g ——重力加速度, 取 $9.81\text{m}/\text{s}^2$ 。

在工程中上式通常整理为以下形式:

$$h_f=\lambda \cdot \frac{L}{d} \cdot \frac{v^2}{2g}=i \cdot L \quad (1-14)$$

式中, i 称作单位比摩阻, 表示单位管长的沿程水头损失, 而且 h_f 通常由水力计算表来确定 d 、 v 、 i 等值。对由若干个管段组成的一个管路系统, 总沿程水头损失为各管段沿程水头损失的代数和:

$$H_f=\sum h_f \quad (1-15)$$

3. 局部阻力与局部水头损失

流体通过阀门、弯头、三通等管件、附件时, 流动状态非常紊乱, 质点间相互碰撞, 形成漩涡, 故在这些点上产生较大阻力, 称为局部阻力。相应的单位重量流体克服局部阻力所产生的机械能损失称为局部水头损失, 用符号 h_j 表示, 用下式计算:

$$h_j=\zeta \cdot \frac{v^2}{2g} \quad (1-16)$$

式中 ζ ——局部阻力系数。

对整个串联管路系统, 其总的局部水头损失为各个局部水头损失之和:

$$H_j = \sum h_j \quad (1-17)$$

在工程中, H_j 可通过查各种管道附件的 ζ 值由式 (1-16) 计算, 有时也可按 H_f 来估算 H_j 。例如室内采暖系统, H_f 与 H_j 可按 1:1 来估算。

如: H_f 计算结果为 $5\text{mH}_2\text{O}$, 则取 $H_j = 5\text{mH}_2\text{O}$, 这样, 室内采暖系统总的水头损失 ΔH 约为 $10\text{mH}_2\text{O}$ 。

4. 总水头损失

对于整个管路系统的总水头损失, 就等于串联管段沿程水头损失与局部水头损失之和, 即:

$$\Delta H = H_f + H_j = \sum h_j + \sum h_j \quad (1-18)$$

需要注意的是, 这里说的由于流体内摩擦力及管壁与流体之间产生的摩擦所造成的水头损失 (机械能损失), 只是一种习惯说法, 这种损失并非真正数量意义上的损失, 而是能量形式的转换, 即可用性极好的机械能转换为可用性极差的热能, 使得能量的可用性大大降低。这种转换是不希望的, 故称为机械能损失, 其实质是能量可用性的损失。后面的学习内容将涉及大量有关能量的讨论。

五、离心水泵与风机

向流体提供机械能以期输送或提升流体的机械称为流体机械, 包括泵与风机。事实上, 前面提到的流体流动阻力就是由流体机械提供的机械能来克服的。

针对液体工作的流体机械通常称为泵, 如: 水泵、油泵、氨泵等; 针对气体工作的流体机械通常称为风机, 如: 排烟风机、鼓风机等, 但有时也称作泵, 如: 真空泵、气泵。

按照工作原理不同, 常用流体机械有以下的分类:

容积型——往复式: 如活塞式真空泵;

罗茨式: 如罗茨风机。

速度型——离心式如离心水泵、离心风机 (工程中使用最多);

轴流式: 如轴流风机、轴流水泵 (如深井泵);

混流式: 如混流泵。

下面, 简述一下常用的离心式水泵与风机的基本构造、原理及性能。

(一) 离心式水泵

1. 离心式水泵的基本构造与工作原理

如图 1-8 所示, 离心式水泵主要由叶轮、泵壳、泵轴、填料 (密封函) 等部件组成。

通常, 在水泵的吸水管、压水管上要装压力表、阀门, 工地上有“一泵三阀”之说, 即水泵入口管段处设一个闸板阀, 出口管段上设一个闸板阀、一个逆止阀。如图 1-9 所示, 水泵工作时吸水管及泵体内必须充满水, 而且水泵安装高度有一定的限制, 不可太高。水泵工作时, 叶轮内的水被叶轮沿径向快速甩出, 流入泵壳并逐渐减速、增压 (离心水泵和风机外壳所起的作用就是汇集流体并扩压, 即将流速水头转换为压强水头), 同时, 在大气压强作用下 (对于密闭系统, 则有循环水及时流入吸水管), 吸水管中的水沿水泵轴向进入叶轮, 如此连续工作, 将水增压或提升。

2. 离心式水泵常用类型及基本参数

(1) 常用离心式水泵分类

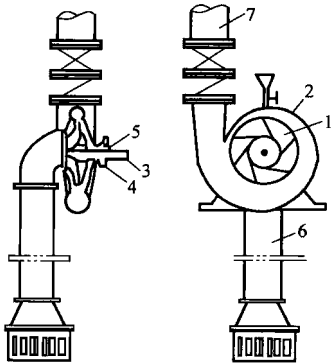


图 1-8 单级卧式离心水泵构造示意图

1—叶轮；2—泵壳；3—泵轴；4—轴承；
5—填料函；6—吸水管；7—压水管

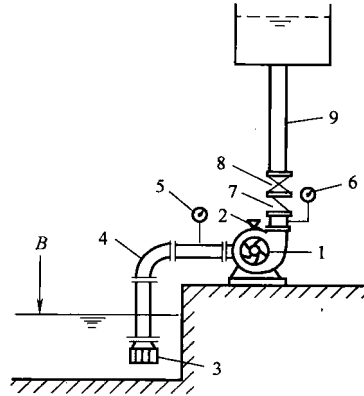


图 1-9 离心水泵工作原理示意图

1—水泵；2—注水漏斗；3—底阀；4—吸水管；5—真空表；6—压力表；7—止回阀；8—闸阀；9—压水管

按泵轴的位置情况，离心式水泵可以分为卧式泵与立式泵，如图 1-10 所示。前者占地较大，后者维修不如卧式泵方便。

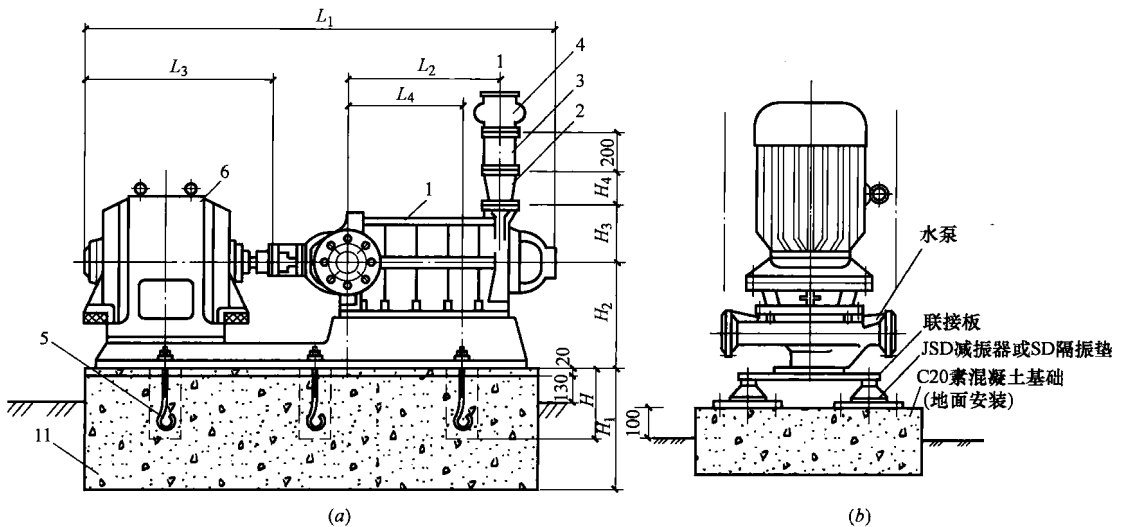


图 1-10 离心水泵类型

(a) 卧式多级水泵；(b) 立式单级水泵；

1—水泵；2—吐出锥管；3—短管；4—可曲挠接头；5—地脚螺栓；6—电机

按水泵叶轮个数不同，可分为单级泵（一个叶轮）与多级泵，如图 1-10 所示，后者产生的扬程较大。

按输送水质情况，可分为清水离心泵和污水离心泵。后者叶轮的叶片较少且较厚。

按照水进入叶轮的情况不同，可分为单吸泵与双吸泵，后者用于流量大的情况。

按照叶轮中叶片形状与转向的关系，可分为前向式叶轮与后向式叶轮，后向式叶轮运转平稳，效率高，水泵及大、中型风机均采用后向式叶轮。

另外，建筑工地上还多采用潜水泵，此类泵可直接放入水中工作，几乎没有汽蚀问