

水务行业技术工种培训教材

# 供水管道检漏工

深圳市水务（集团）有限公司 编著



中国建筑工业出版社  
CHINA ARCHITECTURE & BUILDING PRESS

水务行业技术工种培训教材

# 供水管道检漏工

深圳市水务（集团）有限公司 编著

中国建筑工业出版社

**图书在版编目 (CIP) 数据**

供水管道检漏工/深圳市水务(集团)有限公司编著.  
北京: 中国建筑工业出版社, 2005  
水务行业技术工种培训教材  
ISBN 7-112-07338-3

I. 供... II. 深... III. 城市供水-检漏(管道)  
-技术培训-教材 IV. TU991.38

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 056893 号

责任编辑: 田启铭

责任设计: 崔兰萍

责任校对: 王雪竹 张 虹

水务行业技术工种培训教材

**供水管道检漏工**

深圳市水务(集团)有限公司 编著

\*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

新华书店经销

北京密云红光排版厂制版

世界知识印刷厂印刷

\*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 13¼ 字数: 322 千字

2006 年 1 月第一版 2006 年 1 月第一次印刷

印数: 1—3000 册 定价: 22.00 元

ISBN 7-112-07338-3

(13292)

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)

本社网址: <http://www.cabp.com.cn>

网上书店: <http://www.china-building.com.cn>

## 水务行业技术工种培训教材

组织编写单位：深圳市水务（集团）有限公司

编写委员会：

主    编：黄传奇

主    审：梁相钦

成    员：韩德宏 刘振深 郑庆章 闫振武 杜  红 姚文或  
          刘庆华 陆坤明 张金松 钟  坚 廖  强 李德宏  
          吴小怡

编写组长：柴培英

编写人员：徐辅萍 姚  青 柴培英 王垦宇 杨旭良 曾瑞恒  
          李  锋 曾  旭 张  宏 王春光 钟  雯

## 出版说明

为贯彻《建设部关于〈中共中央、国务院关于加强人才工作的决定〉的意见》，落实建设部、劳动和社会保障部《关于建设行业生产操作人员实行资格证书制度的有关问题的通知》（建人教〔2002〕73号）精神，加快提高城市水务行业生产操作人员素质，培养高素质的水务技能人才，深圳市水务（集团）有限公司组织编写了“水务行业技术工种培训教材”。

本套教材共13册，包括：安全用氯、供水管道检漏工、机泵运行工、供水调度工、供水营销员、供水仪表工、水表装修工、水质检验工、净水工、水务电工、供水管道工、污水处理工、下水道工。

本套教材注重结合水务行业的工作实际，充分体现水务行业的工作特点，重点突出技能训练要求，注重实效，既体现了现代供水企业的技术操作要求，又兼顾了国内的实际发展水平，对我国供水事业的发展，具有很强的指导意义。

本套培训教材由中国建筑工业出版社出版发行。

## 编者的话

我国是一个水资源短缺的国家，城市缺水问题尤为突出。随着经济的迅速发展和城市化进程的不断加快，相当部分城市缺水问题日趋严重，供求矛盾突出。因此，如何有效的利用有限的水资源、如何节约用水就成了当今社会必须面临和解决的问题。在各级政府都高度重视节约用水，供水企业致力降低供水漏耗，供水行业职业技能培训的不断发展和供水检漏技术不断更新之际，《供水管道检漏工》正是顺应这一历史的潮流和需求编写而成的。

《供水管道检漏工》的出版，填补了供水行业职业技能培训在检漏工种培训教材方面的空白，为检漏工的培训提供了理论依据。本书根据深圳市开展检漏工作的多年实践经验，结合国内外检漏技术的不断发展，从供水基本知识入手，着重介绍检漏技术、检漏方法、管线探测技术等，并利用适当篇幅介绍了与检漏相关的基本知识，如焊接、水泵、识图等。

本书由蔡倩主编，负责拟定编写大纲，组织编写和全书的统稿工作。参加编写的有蔡倩（第四、七、十、十二、十三、十四、十五章，第八、十一章部分），唐毅（第六、八、九、十一章，第七章部分），常永第（第一二三章），刘启香（第二十章），唐贻顺（第十六章，第六章部分），邱筱娟（第十九章），孟华（第十八章），曾瑞恒（第十七章），陈华（第五章），江贤新（第四章部分）。

本书由深圳市水务（集团）有限公司的原副总经理李庆华（高级工程师）、总工程师张金松（教授级高工）、总经理韩德宏（教授级高工）、副总工程师廖强（高级工程师）审稿，并提出了许多宝贵意见，谨表深切敬意。

衷心感谢深圳市水务（集团）有限公司党委书记、董事长黄传奇（博士导师）为本书的封面题赠墨宝。

由于时间紧迫和编者的水平有限等原因，本书会存在许多不足和商榷之处，希望各位专家和同仁多提宝贵的意见，以便我们下次修改。

编者

# 目 录

## 第一部分 给水基础知识

|                           |    |
|---------------------------|----|
| <b>第一章 给水系统</b> .....     | 1  |
| 第一节 给水系统概述 .....          | 1  |
| 第二节 给水管网形式及种类 .....       | 3  |
| 第三节 水力学基本理论 .....         | 4  |
| <b>第二章 给水管道基础知识</b> ..... | 12 |
| 第一节 常用术语 .....            | 12 |
| 第二节 管材、管件 .....           | 12 |
| 第三节 给水管道的附属设施 .....       | 22 |
| <b>第三章 管道防腐</b> .....     | 28 |
| 第一节 概述 .....              | 28 |
| 第二节 金属管道腐蚀机理 .....        | 29 |
| 第三节 金属管道防腐的主要措施 .....     | 31 |
| 第四节 埋地金属给水管道的防腐 .....     | 35 |
| <b>第四章 给水管道的维修</b> .....  | 38 |
| 第一节 维修的重要性及分类 .....       | 38 |
| 第二节 造成管道漏水、破损的原因及种类 ..... | 38 |
| 第三节 常用的维修材料 .....         | 40 |
| 第四节 管道维修及抢修 .....         | 41 |
| 第五节 大口径管道抢修技术和方法简介 .....  | 45 |
| 第六节 土方开挖与回填的要求 .....      | 48 |
| 第七节 实例分析 .....            | 49 |
| <b>第五章 管网测压、测流</b> .....  | 52 |
| 第一节 概述 .....              | 52 |
| 第二节 管网压力的测定 .....         | 52 |
| 第三节 管道的测流 .....           | 54 |

## 第二部分 管道检漏

|                             |    |
|-----------------------------|----|
| <b>第六章 漏损控制的目的和意义</b> ..... | 56 |
| 第一节 水资源的重要性 .....           | 56 |
| 第二节 漏损控制的意义 .....           | 57 |
| 第三节 漏水控制的相关术语 .....         | 58 |
| 第四节 控制管网漏损的方法 .....         | 59 |
| <b>第七章 检漏技术</b> .....       | 63 |

|                                 |           |
|---------------------------------|-----------|
| 第一节 漏水声 .....                   | 63        |
| 第二节 漏水相似声 .....                 | 67        |
| 第三节 检漏技术简介 .....                | 67        |
| <b>第八章 检漏方法 .....</b>           | <b>70</b> |
| 第一节 常用检漏方法介绍 .....              | 70        |
| 第二节 音听检漏法 .....                 | 72        |
| 第三节 相关分析法 .....                 | 74        |
| 第四节 区域检漏法 .....                 | 76        |
| 第五节 区域装表法 .....                 | 79        |
| <b>第九章 检漏的基本要求 .....</b>        | <b>81</b> |
| 第一节 开展检漏工作应具备的基本条件 .....        | 81        |
| 第二节 检漏人员的基本素质要求 .....           | 82        |
| 第三节 发现漏水的途径 .....               | 83        |
| 第四节 检漏工作流程 .....                | 84        |
| <b>第十章 漏水量的估算和检漏周期的确定 .....</b> | <b>87</b> |
| 第一节 漏水量的估算 .....                | 87        |
| 第二节 漏水点的开挖与修复 .....             | 88        |
| 第三节 漏水周期的确定 .....               | 89        |
| <b>第十一章 常用设备 .....</b>          | <b>91</b> |
| 第一节 检漏设备 .....                  | 91        |
| 第二节 管线探测设备 .....                | 97        |
| 第三节 检漏附属仪器 .....                | 100       |
| 第四节 设备维护与保养应注意的几个问题 .....       | 100       |

### 第三部分 管 线 探 测

|                                |            |
|--------------------------------|------------|
| <b>第十二章 管线探测的意义与发展方向 .....</b> | <b>102</b> |
| 第一节 管线探测的意义 .....              | 102        |
| 第二节 管线探测的发展方向 .....            | 102        |
| <b>第十三章 管线探测技术 .....</b>       | <b>104</b> |
| 第一节 管线探测方法 .....               | 104        |
| 第二节 管线定位和定深方法 .....            | 109        |
| 第三节 地下管线探测的技术方法和设备的选择 .....    | 112        |
| 第四节 复杂情况下的管线探测 .....           | 114        |
| <b>第十四章 管线探测的基本要求 .....</b>    | <b>116</b> |
| 第一节 管线探测的原则及精度要求 .....         | 116        |
| 第二节 管线探测的工作流程与要求 .....         | 117        |
| 第三节 地下管线图形编制和成果整理 .....        | 118        |
| <b>第十五章 管线探测的操作实例 .....</b>    | <b>121</b> |
| 第一节 地下管线定位 .....               | 121        |
| 第二节 地下管线探测 .....               | 123        |
| 第三节 地下管线深度测量 .....             | 125        |



## 第四部分 检漏相关知识

|                               |     |
|-------------------------------|-----|
| <b>第十六章 流量仪表</b> .....        | 127 |
| 第一节 流量计 .....                 | 127 |
| 第二节 水表 .....                  | 133 |
| 第三节 水表系列产品 .....              | 133 |
| 第四节 常用水表的结构及性能参数 .....        | 134 |
| 第五节 水表计量特性 .....              | 139 |
| 第六节 水表外观检查 .....              | 139 |
| 第七节 水表选用原则及口径选用原则 .....       | 140 |
| 第八节 水表安装注意事项 .....            | 140 |
| <b>第十七章 水泵的基础知识</b> .....     | 143 |
| 第一节 水泵的结构与工作原理 .....          | 143 |
| 第二节 水泵的参数与性能曲线 .....          | 145 |
| 第三节 水泵的常见故障与处理方法 .....        | 149 |
| 第四节 潜水泵 .....                 | 151 |
| <b>第十八章 常用电气设备和安全用电</b> ..... | 154 |
| 第一节 电动机 .....                 | 154 |
| 第二节 电焊机 .....                 | 159 |
| 第三节 安全用电 .....                | 162 |
| <b>第十九章 管道焊接</b> .....        | 167 |
| 第一节 材料的焊接性 .....              | 167 |
| 第二节 焊接材料及选用 .....             | 167 |
| 第三节 电弧焊工艺 .....               | 169 |
| 第四节 常用金属管材的焊接性和焊接工艺 .....     | 171 |
| 第五节 焊接应力和变形 .....             | 172 |
| 第六节 塑料管材胶接工艺 .....            | 174 |
| 第七节 塑料管材的焊接 .....             | 177 |
| <b>第二十章 识图基础知识</b> .....      | 179 |
| 第一节 识图常识 .....                | 179 |
| 第二节 管道的表示方式及特点 .....          | 185 |
| 第三节 管道的剖面图 .....              | 189 |
| 第四节 管道工程图识读 .....             | 190 |
| <b>附录</b> .....               | 196 |
| 参考文献 .....                    | 203 |
| 参考书目 .....                    | 204 |

# 第一部分 给水基础知识

作为一名管道检漏工，有必要了解给水基础知识，了解管道工程施工工艺、管材及其属性等。本部分简单阐述了给水系统的基本概念、基本理论和基本知识及基本技能。

## 第一章 给 水 系 统

学习目的和要求：了解给水系统的分类方式及内容，对给水系统组成及管网的形式等基础知识有所认识。掌握水力学基本理论，能熟练进行简单的水力计算等。

### 第一节 给 水 系 统 概 述

#### 一、给水系统分类

水在人们生活和生产活动中占有重要地位，它会直接影响工业产值和国民经济的可持续发展。因此，给水工程是城市的重要基础设施。

给水系统是保证城镇、工矿企业等用水的各项构筑物和输配水管网组成的系统。根据系统的性质，可分类如下：

1. 按水源种类，分为地表水（江河、湖泊、蓄水库、海等）和地下水（浅层地下水，深层地下水等）给水系统。

2. 按给水方式，分为自流系统（重力给水）、水泵给水系统和混合给水系统。

有些水厂设置的地势较高，水厂的清水池水位较服务的区域地势高出很多，一般在30m以上，此时可采用自流的给水方式，即清水池出水管直接与管网连通。另外一种就是采用水泵加压给水方式，通过加压达到提高服务水量和水压。还有些地势存在高低区域，可适当考虑上述两种给水方式。无论采用哪一种给水方式，都必须首先满足用户的水压、水量要求，其次考虑运行的经济效益。

3. 按使用目的可分为生活饮用给水、生产给水和消防给水系统。

生活饮用水包括居住建筑、公共建筑、生活福利设施的生活饮用、洗涤、炊事、清洁卫生等用水，以及工业企业中工人的生活洗浴和食堂用水等。它的水质关系到人们的身体健康，在感官方面、化学方面和细菌学方面有严格的要求。各国根据本国的情况制定各自的水质标准。我国制定的生活饮用水标准为《生活饮用水卫生标准》（GB5749—85），其中针对水厂出厂水及管网水的水质有详细规定。生活用水量的大小与人的生活水平、习惯、卫生设备条件、气候情况等因素有关，各地有相应的用水量标准。市政管网压力能够满足建筑物用水的服务水头时一般由市政管网直接供给生活用水，满足不了的个别建筑物需要较高压力时，应由建筑物内部自行加压解决。对地势相对较高的区域可考虑局部区域的整体加压。

工业生产用水对水量、水质、水压的要求与生产工艺有关。工业性质不同，生产工艺不同，对水质、水量、水压的要求也不同。

消防用水是在发生火警时用于扑灭火灾的用水，可分为室外消防用水与室内消防用水。室外消防用水通过室外给水管网的消火栓供给，每个室外消火栓应能供给  $10 \sim 15 \text{ L/s}$  的水量，且消防时管网的服务水头一般不小于  $0.15 \text{ MPa}$  ( $15 \text{ mH}_2\text{O}$ )，以满足水从消火栓流入加压泵车的水头需求。

#### 4. 按给水的整体性可分为统一给水系统和分区给水系统

统一给水系统是指整个给水区域，利用共同的取水构筑物、净水厂、输配水设备（水质、水压相同），统一供应生产、生活及消防等各项用水。

给水区地势高差较大或功能区分比较明显，且用水量较大时，可以采用相互独立的给水系统，这种系统称为分区给水系统。根据用户对水质及水压的不同要求，分区给水又分为分压给水系统和分质给水系统。具体如下：

(1) 当给水区域（给水管网）的地势高差较大时，若采用同一个给水系统，则势必会因地势较低的区域水压过高，而造成不必要的水头浪费，同时也会给使用和维修带来困难，管网的使用寿命也将降低，运行及维护费用较高。对此我们可采用分区的给水方式，将管网分成高低两个供水区，或高、中、低等若干个区域分别进行加压的给水方式，这样就减小了管网的工作压力，降低了管网的运行费用。一般地势高差达  $30 \text{ m}$  左右，可考虑分压给水。

(2) 对于一般的工业用水（除电子、仪表等行业外），其水质要求比城市生活饮用水水质低，此时可以采用分质供水。若条件适宜，可不用同一水源。例如，取地表水经过简单处理后供工业用水，地下水经过标准处理后供生活饮用水。

### 二、给水系统的组成

给水系统由相互联系的一系列构筑物和输配水管网组成。它的任务是从水源取水，根据用户对水质的具体要求进行处理，然后将水输送到给水管网，并向用户配水。如图 1-1 所示。

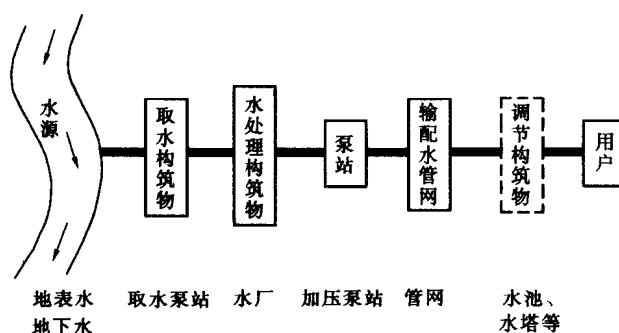


图 1-1 给水系统组成

为了完成上述任务，给水系统常由下列工程设施组成：

1. 取水构筑物：用以从选定的水源（包括地表水和地下水）取水，并输送原水至水厂。

2. 水处理构筑物：用以将从取水构筑物的来水加以处理，以符合用户对水质的要求。这些构筑物常集中布置在水厂范围内。

3. 泵站：用以将所需水量提升到要求的高度，可分为抽取原水的一级泵站、输送清水的二级泵站和设于管网中的增压泵站等。

4. 输水管渠和管网：输水管渠是将原水送到水厂或将水厂的水送到管网的管渠，其主要特点是沿线基本无流量分出。管网则是将处理后的水送到各个给水区的全部管道（主要指直径较大的干管）。

5. 调节构筑物：它包括各种类型的贮水构筑物，例如高位水池、水塔、清水池等，用以贮存和调节不均匀的用水量。

泵站、输水管、管网和调节构筑物等总称为输配水系统，从给水系统整体来说，它是投资最大的子系统。

## 第二节 给水管网形式及种类

我们把水厂送水泵房到用户水表前部分的给水管道称为给水管网，根据其功能不同，我们将管网中管径相对较大的管道称之为输水管道，驳接各用户的管道且管径相对较小，我们称之为配水管道。给水管网的任务是把净水厂的净化水输配到各用水的区域，然后通过用户的引入管将水引入建筑物的给水管中，供卫生设备或生产设备及消防设备等用水。也有将位于管道市政道路上的部分称为市政管网，小区或自然村的管网称为小区管网。另外用户表后的部分，一般称之为室内给水管网。

给水管网是整个给水系统工程中工程量最大，投资最多的部分，其投资额约占给水系统工程的  $2/3$  以上。作为城镇给水，一般城镇发展到哪里，给水管网就延伸（覆盖）到哪里，管网的设计、规划是否合理关系到给水管网的安全、可靠运行，从而直接关系到广大人民群众的生活及工业生产的水量、水压及水质。另一方面，由于管道一般敷设在地下，给管道的使用及维护都带来一定的难度，进行管网建设时，应尽量作到规划、设计、施工既经济又合理，运行既安全又可靠。

管网的布置形式多种多样，但是总的来说有两种基本形式：树状网和环状网，如图1-2所示。

树状网中，主管上分出支管，支管上分出用户管，管径逐渐变小，整个管网犹如树枝状。对于管网中用户，单方向来水，给水可靠性较差，任一段管损坏或停水时，该管段以后的所有管线都会断水。此外，由于树状管网的水流为单向流动，当末端因用水量较小，水流就会缓慢，甚至停滞不动，水质容易变坏。

环状网中，管道与管道之间相互连接，整个管网形成许多个环，对于管网中用户，双向来水，任一管段损坏时，可用阀门隔开，进行检修，水可以从其他方向的管线供应用

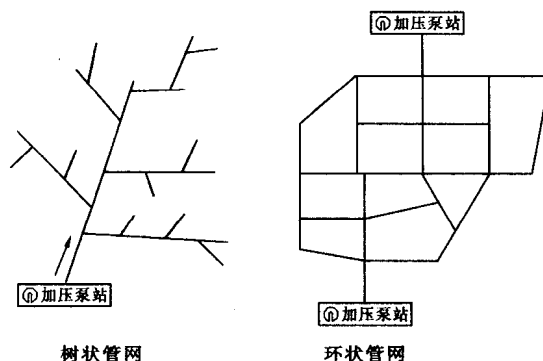


图 1-2 管网形式

户，缩小停水区域，从而增加给水可靠性。此外，环状管网，可大大减轻因水锤造成的危害。而在树状管网中，水锤对管网的冲击基本没有缓冲能力，易出现此类事故。但是由于管网连成环状，这使建设投资明显比树状管网高。

给水管网的布置既要求安全可靠供水，又要注重经济效益；一方面考虑一次性投资，也要兼顾其运行能耗。树状管网一般适用于小城镇和小型工矿企业，此外在城镇发展初期可采用树状管网，以后逐步连成环状。实际上，现有城镇给水管网多是树状网和环状网结合起来。在城镇中心地区，布置成环状网，在郊区则以树状网形式向四周延伸。给水可靠性要求较高的工矿企业必须采用环状网。设计施工中，尽量将环状网和树状网灵活的结合起来，可达到既安全又经济的效果。

### 第三节 水力学基本理论

水力学是用实验和理论的分析方法来研究液体平衡和机械运动规律，以及这些规律在工程实际问题方面应用的一门科学，水力学是给水排水专业的一门主要专业基础课。在给水处理工程的设计、施工等实际工程中，常用到水力学的基本理论加以分析、解决。例如：如何根据用水量来确定给水管道的管径，如何根据地势、水压确定水泵型号、扬程等，如何进行管网的设计及规划等。因此，有必要掌握一定的水力学基础知识。

#### 一、液体的几个主要物理性质

力对液体的作用，都是通过液体的自身的物理性质来表现的。在水力学中，常常出现的液体主要的物理性质有重力密度和黏性，在某些情况下还要涉及液体的压缩系数、表面张力和汽化压强等。

##### 1. 流动性

在桌子上倒一些水，水会向低处流淌；在具有坡度的管道内，液体向下坡方向连续流动，这些都是其流动性的表现。液体之所以具有这种性质，是由于构成液体的物质分子间的内聚力极为微弱的缘故。

##### 2. 浮力

木头能在水中漂浮，船能够在水中不沉没，都是因为液体对物体产生的浮力。浮力的方向向上，浮力的大小等于物体排开同体积液体的重量。

##### 3. 传递外力（压强）

对于管道或容器中的液体施加外力，液体会迅速把外力传递给管道和容器的内壁。严格的说液体传递的相同大小的压强。压力的方向是垂直于管道和容器的内表面。管道工程中常用的水压机、千斤顶等都是采用这种原理进行工作的。

##### 4. 质量密度和重力密度

液体和固体一样，也具有质量和重力，分别用密度  $\rho$  和重力密度  $\gamma$  表示。

均质液体的质量密度  $\rho$  是单位体积液体的质量，即：

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

式中  $\rho$ ——液体的密度， $\text{kg}/\text{m}^3$ ；

$M$ ——液体的质量， $\text{kg}$ ；

$V$ ——液体所占体积, 单位  $\text{m}^3$ 。

均质液体的重力密度  $\gamma$  是单位体积液体的重力, 即:

$$\gamma = \frac{Mg}{V} = \rho g \quad (1-2)$$

式中  $\gamma$ ——液体的重力密度, 单位  $\text{N}/\text{m}^3$ ;

$g$ ——重力加速度,  $\text{m}/\text{s}^2$ 。

工程计算中, 通常取淡水的质量密度为  $\rho = 1000\text{kg}/\text{m}^3 = 1\text{t}/\text{m}^3$ ,  $g$  一般采用  $9.8\text{m}/\text{s}^2$ , 故重力密度  $\gamma$  一般取  $9.8\text{N}/\text{m}^3$ 。

## 5. 黏度和表面张力

液体的黏度是抵抗剪切变形速率能力的量度。

表面张力是液体自由表面在分子作用半径一薄层由于分子引力大于斥力在表面沿表面方向而产生的拉力。

## 二、静水力学

静水力学是研究水处于静止状态下的平衡规律及其在实际中的应用。所谓静止是一个相对的概念, 它是指水的各质点之间不存在相对运动, 而处于相对静止或相对平衡的状态。一般情况是指对地球不做相对运动状态。

### 1. 静水压强的定义

常识告诉我们, 在盛满水的容器侧面或底部存在缝隙, 水会从缝隙中流出, 这种现象说明静止的水有压力存在, 这种压力叫静水压力, 如图 1-3 所示。

作用在整个容器面积上的静水压力, 称为静水总压力, 用符号表示为  $P$ , 作用在单位面积上的静水压力, 称为静水压强, 用符号  $p$  表示。两者的数学计算式如下:

$$P = \frac{p}{w} \quad (1-3)$$

式中  $P$ ——平均静水压强,  $\text{N}/\text{m}^2$  或  $\text{Pa}$ ;

$p$ ——总静水压力,  $\text{N}$ ;

$w$ ——受压面积,  $\text{m}^2$ 。

### 2. 静水压强的特性

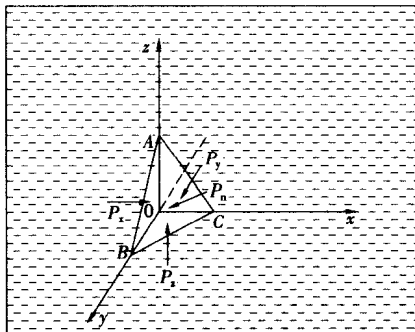


图 1-4 静水压强的特性

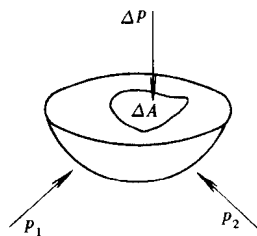


图 1-3 静水压力示意

(1) 静水压强方向与作用面的法向方向重合。

(2) 静止液体中某一点静水压强的大小与作用面的方位无关, 或者说作用与同一点各方向的静水压强大小相等。在静止液体内部, 由于没有切应力的存在, 在相邻表面的力只能是垂直表面的压力。因此, 在静止液体内部同一点的静水压强大小在各个方向是一样的 (见图 1-4)。

### 3. 重力作用下静水压强的分布规律

#### (1) 水静力学的基本方程



接触，并具有自由表面，这种流动称为无压流。由于无压流是借助于自身重力作用而产生的由高向低流动，所以又称为重力流。例如：作为市政的各种雨水及污水管道或管渠一般都是无压流。

(2) 恒定流和非恒定流

液体的流动可分为恒定流和非恒定流，若流场中所有空间上一切运动要素（流速、压强等）都不随着时间而改变，这种流动称为恒定流。例如，图 1-5 中水箱的水位若保持不变时，各小孔的出水保持流速和压强不变。反之，当液体流动时，对于任意空间的质点，在不同时刻所通过的流质点的流速，压强等运动要素是变化的，这种流动称为非恒定流。同样上述水箱液面降低时，通过各小孔的流质点的流速、压强将随时间的变化而逐渐减小。

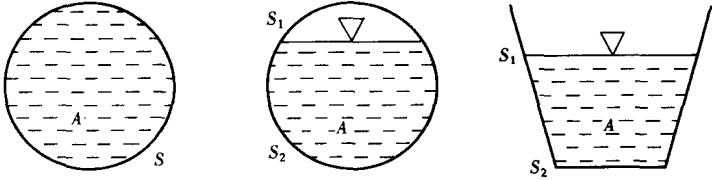


图 1-8 压力流与重力流示意

(3) 过流断面、流量、断面平均流速

a. 过流断面

与液体流动方向垂直的液体横断面，或者说与流体的流线方向垂直的断面，称为过流断面。过流断面积不一定是平面的，当流线互不平行时，过流断面为曲面，流线相互平行的均匀流时，过流断面才是平面，如图 1-9 所示。

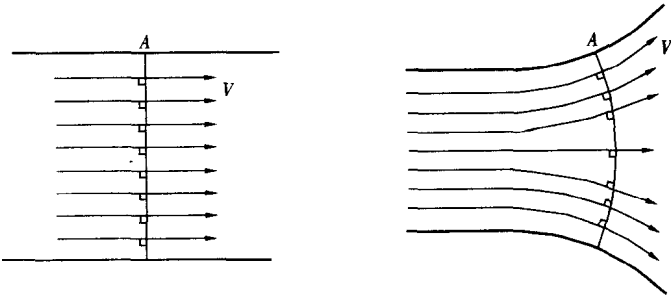


图 1-9 过流断面

过流断面用符号  $A$  表示。单位为  $m^2$  或  $cm^2$ 。

b. 流量

单位时间内通过过水断面的液体的体积，称为流量，以符号  $Q$  表示，流量的单位为  $m^3/s$  或  $L/s$ 。一般情况流量指的是体积流量，但也有引用重量流量或质量流量，它们分别表示单位时间内通过过流断面的液体重量与质量。

c. 断面平均流速

水流质点在单位时间内流经的位移称为点流速，一般以符号  $v$  表示，单位  $m/s$  或  $cm/s$ 。由于液体具有黏滞性，所以在过流断面上，存在与过流断面垂直的切向力，从而导



致过流断面上各水流质点的流速并不相等。一般其水流速度的大小呈现抛物线形状，如管道的四周材质均匀，沿中心线对称分布，管壁处的流速为 0，在管中心处的质点流速最大。为简化问题，在实际工程当中，通常引用断面平均流速的概念。它假设各水流断面上。各水流质点以相同的某一流速  $v$  流动，使通过的流量与实际通过的流量相当，则流速  $v$  就称为此断面平均流速。如图 1-10 所示：

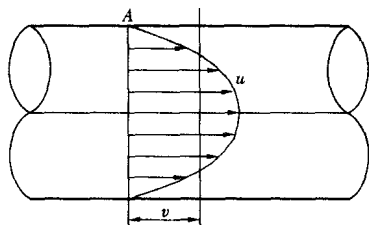


图 1-10 断面平均流速

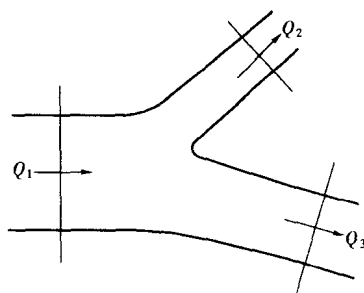


图 1-11 连续性方程

#### d. 三者关系

$$Q = v \times A \quad (1-5)$$

式中  $Q$ ——流量， $\text{m}^3/\text{s}$  或  $\text{L/s}$ ；

$v$ ——断面平均流速， $\text{m/s}$ ；

$A$ ——过流断面面积， $\text{m}^2$  或  $\text{cm}^2$ 。

#### (4) 连续性方程

液体的连续性方程是水力学中的一个基本方程，它是质量守恒原理在水力学中的具体体现。连续性方程是个不涉及任何作用力的运动学方程，所以，它无论对于理想液体或实际液体都适用。同时它不仅适用于恒定流条件下，而且在边界固定的管流中，即使是非恒定流，对于同一时间的两个过水断面仍然适用。如图 1-11 所示，即：

$$Q_1 = Q_2 + Q_3 \quad (1-6)$$

上式表明：对于不可压缩的液体，单位时间内单位体积空间内流出和流进的液体体积相等。

#### (5) 液体的势能、动能、压强势能

与一般运动着的固体一样，流动的液体同样具有动能、势能，此外由于存在压力流还具备压强势能。

a. 势能 从物理学的基本原理得知，当一个物体相对于某一平面有一定高度时，该物体具备一定的势能，同样我们将固体的势能概念引入，当液体（重量为  $mg$ ）相对某一水平面高出一定高度  $Z$  时，则其所具备的势能为  $mg \times Z$ 。单位重量的液体的势能是  $mg \times Z / mg = Z$ ，单位为米。

b. 动能 同样道理，当重量为  $mg$  的液体以速度  $v$  流动时，它所具有的动能是  $mv^2/2$ 。由此，单位重量的液体所具有的动能为：

$$mv^2/2 / mg = v^2/2g \quad (1-7)$$

单位为米。 $v^2/2g$  是单位重量液体的动能，又称为流速水头。