



供水技术系列教材
GONGSHUI JISHU XILIE JIAOCAO

GONGSHUI DIAODU

供水调度

主 编 许 刚 龙志宏

副主编 刘文杰 朱子朋
冯颖欣 梅松军



华南理工大学出版社
SOUTH CHINA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS



供水技术系列教材
GONGSHUI JISHU XILIE JIAOCAO

GONGSHUI DIAODU

供水调度

主 编 许 刚 龙志宏

副主编 刘文杰 朱子朋
冯颖欣 梅松军



华南理工大学出版社
SOUTH CHINA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS

· 广州 ·

图书在版编目(CIP)数据

供水调度/许刚,龙志宏主编. —广州:华南理工大学出版社, 2014. 10

供水技术系列教材

ISBN 978 - 7 - 5623 - 4214 - 4

I. ①供… II. ①许… ②龙… III. ①城市供水 - 调度 - 技术 - 教材 IV. ①TU991.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 089387 号

供水调度

许 刚 龙志宏 主编

出 版 人: 韩中伟

出版发行: 华南理工大学出版社

(广州五山华南理工大学 17 号楼, 邮编 510640)

<http://www.scutpress.com.cn> E-mail: scutcl3@scut.edu.cn

营销部电话: 020 - 87113487 87111048 (传真)

责任编辑: 林起提 吴兆强

印 刷 者: 广州市穗彩印务有限公司

开 本: 787mm × 1092mm 1/16 印张: 13.25 字数: 339 千

版 次: 2014 年 10 月第 1 版 2014 年 10 月第 1 次印刷

印 数: 1 ~ 1500 册

定 价: 27.00 元

版权所有 盗版必究 印装差错 负责调换

序

在一个城市里，给水系统是命脉，是保障人民生活和社会发展必不可少的物质基础，是城市建设的重要组成部分。近年来，我国已成为世界城市化发展进程最快的国家之一，今后一个时期，城市供水行业发展也将迎来新的机遇、面临更大的挑战，城市发展对供水行业提出了更高的要求，我们必需坚持以人为本，不断提高人员素质，培养一批优秀的专业技术人员以推动供水行业的进步，从而使整个供水行业能适应城市化发展的进程。

广州市自来水公司，作为国内为数不多的特大型百年供水企业，一直秉承“优质供水、诚信服务”的企业精神，同时坚持“以科技为先导，以人才为基础”的发展战略，通过各类型的职工专业技能培训，不断提高企业职工素质，以适应行业发展需求。

为了进一步提高供水行业职工素质和技能水平，从2011年起，广州市自来水公司组织相关专业技术人员，历经3年时间，根据《城市供水行业2010年技术进步发展规划及2020年远景目标》要求，针对我国城市供水行业现状、存在问题及发展趋势，以“保障安全供水、提高供水质量、优化供水成本、改善供水服务”为总体目标，结合广州市中心城区供水的具体特点，按照“理论适度、注重实操、切合实际”的编写原则，编制了本系列丛书，主要包括净水、泵站操作、自动化仪表、供水调度、水质检验、抄表收费核算、管道、营销服务、水表装修等九个专业。

本次编写的教材可以用于供水行业职工的岗前培训、职业技能素质提高培训，同时也可作为职业技能鉴定的参考资料。

王建平

2014年10月

前言

为满足供水调度员工的培训和鉴定需要，按照建设部颁布的《职业技能标准》要求，结合供水行业的特点，由广州市自来水公司组织编写了“供水技术系列教材”——《供水调度》。

供水调度，作为供水企业生产运行的总指挥，要求调度人员在日常工作中掌握的知识面较广，需要熟悉供水运行多岗位的技能操作，因此，编写组在编写本教材时着重考虑了以下几个方面，力求给予调度一线员工更多生产运行方面实用的指导。

(1) 教材比较全面地介绍了供水调度人员需要熟知和掌握的基础知识，如水力学、电气、给水工程、水泵与水泵站等。

(2) 应广大一线供水调度人员的要求，增加了厂站、管网工程期间供水调度方案的制定、应急供水调度保障等方面的内容。

(3) 随着计算机、通信技术的发展，本书增加了计算机辅助调度系统在供水行业中的应用等相关内容。

(4) 在日常的生产运行分析中，供水调度人员需要利用水力模型模拟运行的工况，同时在大型管道的建设以及加压站、水厂的机组改造方面也离不开水力模拟分析的过程，因此，本书增加了水力模型的应用知识。

(5) 由于供水管网地理信息系统（GIS）在供水企业得到了越来越广泛的应用，已成为调度人员必须掌握的技能之一，该系统的应用在书中也作了比较详细的介绍。

本书由许刚、龙志宏主编，其中水力学基础知识由吴海燕编写；电气专业相关基础理论由梅松军编写；给水工程由朱子朋编写；水泵与水泵站由陈俊良编写；供水调度专业知识由龙志宏、冯颖欣编写；城市给水计算机辅助调度系统由陈栩云、陈冬雷编写；管网水力水质模型由龙志宏、朱子朋编写；GIS供水管网地理信息系统由麦杰楠编写。

《供水调度》一书在编写过程中，得到了“供水技术系列教材”编委会以及广州市自来水公司供水调度技术骨干人员的大力支持。在此，编写组对编委会成员及江伟文、刘永杞、林延嘉、何伟伦、周志华、徐炳华、揭子盛、黄谷、潘先宁、陈文光、周辉荣、颜承杰、刘勇沛、徐鲁穗、赵佩如、谭汉

明、梁志恩、潘智敏、陈秉樑等一线调度人员表示诚挚的感谢。

由于编写组水平所限，书中还存在许多不足之处，恳请专家和读者批评指正，以便在下次修订时进行补充和完善。

《供水调度》编写组

2013 年 12 月

目 录

第一章 水力学基础知识	(1)
第一节 概述	(1)
一、水力学的研究对象与任务	(1)
二、液体的基本特性及主要物理性质	(1)
三、水力学的研究方法	(3)
第二节 水静力学	(4)
一、静水压强及其特性	(4)
二、静水压强的基本规律	(4)
三、静水压强的单位和测量	(5)
第三节 水动力学	(6)
一、描述水流运动的两种方法	(7)
二、水动力学的基本概念	(7)
三、水流阻力	(8)
四、水头损失	(9)
第四节 有压管道中的恒定流	(10)
一、概述	(10)
二、压水管中的水锤	(11)
第二章 电气专业相关基础理论	(14)
第一节 变压器	(14)
一、变压器类别和结构	(14)
二、变压器的工作原理	(15)
第二节 电动机	(17)
一、电机的种类	(17)
二、异步电动机的构造及基本原理	(18)
三、异步电动机的工作特性	(19)
四、异步电动机的起动方法	(20)
五、异步电动机的调速方法	(21)

第三节 供电系统基础	(22)
一、供电系统的基础知识	(22)
二、变电所	(23)
三、供电系统的继电保护	(25)
四、防雷和接地	(26)
五、无功功率补偿	(27)
 第三章 给水工程	(29)
第一节 概述	(29)
一、给水系统结构	(29)
二、用水目的分类	(29)
三、用水量及其标准	(30)
四、给水系统的任务关系	(30)
第二节 供水管道	(33)
一、概述	(33)
二、管网的水质及水压要求	(34)
三、管道的计算	(35)
第三节 净水工艺	(35)
一、混凝	(35)
二、沉淀	(38)
三、过滤	(40)
四、消毒	(44)
 第四章 水泵与水泵站	(46)
第一节 概述	(46)
一、水泵及泵站在给水中的作用	(46)
二、水泵定义和分类	(46)
第二节 离心泵	(47)
一、离心泵的工作原理与基本构造	(47)
二、离心泵的主要零件	(49)
三、叶片泵的基本性能参数	(52)
四、离心泵装置的运行工况	(53)
五、切削叶轮改变水泵特性曲线	(55)
六、水泵的调速	(57)

第三节 给水泵站	(57)
一、泵站分类与特点	(57)
二、水泵的选择	(58)
三、泵站的动力设备	(59)
四、吸水管路与压水管路	(60)
五、水锤及其防护	(61)
第五章 供水调度专业知识	(62)
第一节 调度理论	(62)
一、“供水系统”与“调度”概念	(62)
二、调度原则	(65)
三、调度的职责	(66)
四、影响调度指挥的主要因素	(66)
五、调度工作的发展前景	(68)
第二节 调度运行要素	(69)
一、用水量的变化分析及用水量预测	(69)
二、经济出口水压值的确定	(74)
三、合理确定管网服务压力	(74)
四、水库（清水池）的作用与运用	(77)
第三节 优化调度	(79)
一、优化调度的依据	(79)
二、优化调度的主要手段	(81)
三、优化调度方法	(81)
第四节 城市供水突发事件应急预案体系	(86)
一、概述	(86)
二、供水突发事件分级制度	(87)
三、供水突发事件预警	(90)
四、供水突发事件应急处置	(92)
五、供水突发事件应急预案分类	(93)
六、供水应急调度保障实例	(95)
第六章 城市给水计算机辅助调度系统	(97)
第一节 城市给水计算机辅助调度系统概述	(97)
一、城市给水计算机辅助调度系统的概念	(97)

二、城市给水计算机辅助调度系统工作范围及监控管理主要内容	(97)
三、计算机辅助调度系统的作用	(98)
四、计算机辅助调度系统的建设目标	(99)
五、城市给水计算机辅助调度系统的基本模式组成	(101)
六、城市给水计算机辅助调度系统建立过程中应注意的主要问题	(103)
七、我国城市给水计算机辅助调度系统的发展历史	(104)
第二节 城市给水计算机辅助调度系统的功能	(104)
一、数据通信	(105)
二、数据采集与处理	(106)
三、人机界面	(107)
四、报警处理	(107)
五、调度控制调节	(108)
六、系统维护	(109)
七、扩展功能	(110)
第三节 城市给水计算机辅助调度系统的构成及选型	(112)
一、城市给水计算机辅助调度系统的结构	(112)
二、城市给水计算机辅助调度系统各部分组成	(113)
三、通信链路和通信协议的配置	(119)
四、设备选型建议	(119)
第四节 数据库和数据仓库	(123)
一、数据库的概念	(123)
二、数据库的基本知识	(124)
三、数据仓库和知识库	(127)
第五节 城市给水计算机辅助调度系统在广州供水的应用	(129)
一、系统概况	(129)
二、调度中心系统	(131)
三、通信组网	(131)
四、现场数据采集系统	(133)
五、中心软件	(134)
六、应用前景	(135)
 第七章 管网水力水质模型	 (137)
第一节 供水管网水力模型介绍	(137)
一、供水管网水力模型发展足迹	(137)

二、供水管网生命周期分析	(137)
三、供水管网建模技术分析	(138)
四、供水管网模型应用技术分析	(139)
第二节 实时水力水质模型系统	(141)
一、系统安装	(141)
二、系统登录	(144)
三、系统主窗口式样	(144)
四、实时监测窗口	(146)
五、实时模拟窗口	(147)
六、水力调度窗口	(150)
七、离线调度窗口	(152)
八、水龄模拟窗口	(157)
九、余氯模拟窗口	(159)
十、供水分区窗口	(159)
十一、历史数据窗口	(161)
十二、路径追踪窗口	(162)
 第八章 GIS 供水管网地理信息系统	 (164)
第一节 系统介绍	(164)
第二节 系统架构	(165)
第三节 软件体系	(165)
第四节 系统拓扑图	(166)
第五节 网络拓扑图	(166)
第六节 系统界面	(167)
一、操作界面	(167)
二、菜单类型	(167)
三、弹出窗口 (Dialog)	(168)
四、关于鼠标 (Mouse)	(168)
第七节 系统登录	(168)
第八节 加载 SDE 数据	(171)
一、加载 SDE 图层	(171)
二、叠加 SDE 影像	(172)
第九节 基本地图操作	(174)
一、放大	(174)

二、缩小	(175)
三、平移	(175)
四、全图	(175)
五、前一视图	(175)
六、后一视图	(175)
七、中心放大	(175)
八、中心缩小	(176)
九、清除操作	(176)
十、刷新视图	(176)
十一、测量	(176)
十二、放大镜	(177)
第十节 图层辅助操作	(179)
一、图层设置	(179)
二、标注设置	(181)
三、符号设置	(183)
四、字段设置	(184)
五、缩放到图层	(186)
第十一节 地图定位	(186)
一、地图查找	(186)
二、调图定位	(187)
三、路口定位	(191)
第十二节 要素属性查询	(193)
一、属性查询	(193)
二、点选查询	(194)
第十三节 管网简化	(195)
一、管网图形简化	(195)
二、加载简化管网	(197)
参考文献	(198)

第一章 水力学基础知识

第一节 概述

一、水力学的研究对象与任务

水力学是研究液体处于平衡和机械运动状态下的力学规律，并探讨运用这些规律解决工程实际问题的一门科学。在诸多种类的液体中，由于工程实际中接触最多的是水，本学科是以水作为液体研究的主要对象，故称之为水力学。水力学的基本原理和一般水力计算方法不仅适用于水，也同样适用于其他一些液体。

水力学由水静力学和水动力学两部分组成。水静力学研究液体处于静止（或相对静止）状态下的力学规律及其在工程实际中的应用；水动力学主要研究液体处于机械运动状态下的各种规律及其在工程实际中的应用。

很多工程实践都与水流现象有着密切联系，对给水排水工程尤其是这样。近代城市一般均由城市集中供水，即水厂利用泵将江河、湖泊或地下水抽上来，经过净化和消毒处理，再用泵通过输配水管网把水输送到用户。有时为了均衡泵的负荷，还需要修建水塔或高地水池等。从城市居住区和工业生产设备排出的污水，一般要用排水管渠送到污水处理厂加以处理和综合利用。这样就必须解决一系列的水力学问题。例如，给水管网与排水管渠的设计与计算，水泵的选择，给水和污水处理厂的规划与设计等。

二、液体的基本特性及主要物理性质

（一）液体的基本特征

自然界的物质可分为固体、液体和气体三种存在形式。固体的主要特征是具有固定的形状，在外力的作用下不容易变形。液体和气体统称为流体，流体的共同特征是容易流动和变形。液体和气体的基本区别在于，液体在外力的作用下不易压缩，而气体在外力的作用下则容易压缩。

液体由运动的分子所组成，分子与分子间具有空隙。从微观角度来看，液体是不连续和不均匀的。但是在水力学中，研究的不是液体的分子运动，而是液体的宏观机械运动，把液体的质点作为最小的研究对象。所谓质点是指由许多液体分子组成，但它的尺寸仍然非常微小，和所研究问题中的一般尺寸相比可以忽略不计。因此我们可以把液体看作是液体的质点一个挨着一个地流满着容器的全部体积，这样就可以把液体看作是连续介质，而且它的各部分和各方向的物理性质是一样的。

总之，在水力学中研究的液体是一种容易流动的、不易压缩的、均匀等向的连续介质。

(二) 液体的主要物理性质

1. 质量和密度、重量和容重

(1) 质量和密度

质量是物体惯性大小的度量。质量愈大的物体，惯性愈大，其反抗改变原有运动状态的能力也就愈强。设物体的质量为 m ，加速度为 a ，则惯性力为

$$F = -ma$$

质量的标准单位为 g 或 kg ；加速度的单位为 m/s^2 。

对于质量是均匀分布的均质液体，其单位体积的质量称为密度，用符号 ρ 表示。如果体积是 V 的液体，它的质量为 m ，那么

$$\rho = \frac{m}{V}$$

密度的国际制单位为 g/cm^3 或 kg/m^3 。

(2) 重量和容重

众所周知，地球上的物体都会受到地心引力的作用，这种地球对物体的引力就称为重量(或重力)。重量用 G 表示，重量的单位为 N 或 kN 。对于质量为 m 的液体，其重量为

$$G = mg$$

式中， g 是重力加速度，国际计量委员会规定 $g = 9.80665 m/s^2$ ，为简化计算，采用 $g = 9.80 m/s^2$ 。

对于均质液体，单位体积的重量称为容重，则容重

$$\gamma = \frac{G}{V}$$

容重的单位为 N/m^3 或 kN/m^3 。在水力学中，容重有时也称为重度或重率。

根据牛顿第二定律，可知 $m = G/g$ ，得到密度和重度的关系式为

$$\rho = \frac{\gamma}{g} \quad \text{或} \quad \gamma = \rho g$$

2. 粘滞性

液体在运动状态下，流层间存在着相对运动，从而产生内摩擦力，具有抵抗剪切变形的能力。液体这种产生内摩擦力，具有抵抗剪切变形能力的特性，称为液体的粘滞性。粘滞性只有在流层间存在相对运动时才显示出来，静止液体是不显示粘滞性的。也就是说，静止状态下的液体是不能承受剪切力来抵抗剪切变形的。

所有液体都有不同程度的粘滞性。由于粘滞性的存在，给研究液体运行的力学规律带来很多困难。因此在水力学中，先忽略液体的粘滞性进行研究，待得出运行规律之后，再将其规律进行必要的修正，以应用于实际液体。我们把忽略粘滞性的液体称为“理想液体”，所以，理想液体是人为地对实际液体的一种科学抽象。

3. 压缩性

液体不能承受拉力，只能承受压力，抵抗体积压缩变形，当压力除去后又恢复原状，消除变形。液体具有的这种性质称为液体的压缩性，亦可称之为弹性。

一般情况下，液体的压缩性很小，因此，在一般的水力学计算中，水的压缩性可以不考虑，把水看成不可压缩的，这样水就成为一种均质液体。但在讨论水锤计算时应考虑水

的压缩性或弹性。

4. 表面张力

由于液体表层分子之间的相互吸引,因此使得液体表层形成拉紧收缩的趋势。液体的这种在表面薄层内能够承受微小拉力的特性,称为表面张力特性。表面张力不仅存在于液体的自由表面上,也存在于不相混合的两层液体之间的接触面上。表面张力很小,通常情况下可以忽略不计,仅当液体的表面曲率很大时才需考虑。由于水利工程中所接触到的水面一般较大,自由表面的曲率很小,故在水力学问题中,一般不考虑表面张力的影响。

5. 汽化压力

当液体分子具有足够大的动能时,就会克服分子间的引力,从液面放射出来而为蒸汽,这种现象称为汽化。液体汽化时所具有的向外扩张的压力(压强)就是汽化压力,也叫饱和蒸汽压。若液体所受外界压力等于或稍低于汽化压力,液体就沸腾(冷沸)。水在正常流动时,如因压力降低而汽化时将影响水流运动,造成不良后果,必须注意防止。

三、水力学的研究方法

每门学科,由于其学科特点和研究对象的不同而有各自不同的研究方法。水力学主要采用的是理论分析法、试验研究法和数值计算法。

(一)理论分析法

水力学是以古典力学为基础的。理论分析法就是根据古典力学中机械运动的普遍原理,如力系平衡原理、质量守恒原理、能量守恒与转化原理、动能原理、动量原理等,结合液体运动的特点,运用严密的数理分析方法,来建立液体平衡和机械运动的基本规律,并通过生产实践检验、补充、发展和完善其理论体系。理论分析方法在建立水流运动的一般规律方面已经比较成熟。但由于实际水流运动的多样性和复杂性,对于某些复杂的水流运行形式和复杂的边界条件,单靠理论分析方法往往难以求得解答。

(二)试验研究法

由于理论分析法的局限性,试验研究法就成为水力学研究的一种必不可少的手段。现阶段水力学试验研究主要有以下几个方面:

1. 原型观测

对天然的以及工程中的实际水流现象直接进行现场观测,收集第一手资料,为检验理论分析成果,总结、探索水流运动的某些基本规律提供依据。

2. 模型试验

在实验室内,将实际工程按一定的比例缩小成物理模型,并在模型上模拟相应的实际水流运动,从而得出模型水流的规律性,再把模型水流上的试验成果按一定的关系换算成实际水流的成果,为工程设计提供依据。

(三)数值计算法

近十几年来,随着计算机技术的不断发展,数值计算方法已成为水力学研究中的基本方法。在水力学的研究中,有时水流运动的基本方程和边界条件都比较复杂,当用常规的数理方法很难得到其理论解析,而试验又受到客观条件的限制时,就往往需要运用数值计算方法来寻求其近似解,以满足工程实际需要。所谓数值计算法,就是对水力学中由基本

方程、边界条件、初始条件所构成的完整的数学模型，如通过有限差分、有限元及边界元等一些特定的计算方法，用计算机来求出其数学近似解。

第二节 水静力学

一、静水压强及其特性

(一) 静水压强

所谓液体的静止或相对静止，是指液体质点间不存在相对运动，也就是说静止液体中不存在切力，所以只有垂直于受压面（也称作用面）的压力。作用在作用面整个面积上的压力称为总压力或压力，作用在单位面积上的压力是压力强度，简称压强。用数学式表达为

$$P_0 = \frac{P}{S}$$

式中 P_0 ——静水压强，Pa、kPa；

P ——静水压力，N 或 kN；

S ——受力面积， cm^2 或 m^2 。

(二) 静水压强的特性

(1) 静水压强的方向与受压面垂直并指向受压面。

(2) 静水中任何一点上各个方向的静水压强大小均相等，或者说其大小与作用面的方位无关。

由于压强是指单位面积上的压力，因此，静水压强的大小与容器中水的总重量没有直接关系，而只与水的深度有关。水深相同，静水压强就相等。

二、静水压强的基本规律

(一) 静水压强的基本方程

从实验可以得出静水压强是随水深的增加而增加的，根据静力学平衡方程可以得到静水压强基本方程式：

$$P = P_0 + \gamma h$$

式中 P_0 ——表面压强；

γ ——水的重度；

h ——水柱高度。

这是常用的静水压强基本方程式，它表明：仅在重力作用下，水中某一点的静水压强等于表面压强加上水的重度与该点水深的乘积。

(二) 静水压强的规律

(1) 若表面压强 P_0 以某种方式使之增大，则此压强可不变大小地传至液体中的各个部分。这就是帕斯卡原理。静止液体中的压强传递特性是制作油压千斤顶、水压机等机械的原理。

(2) 在重力作用下的静止均质液体中, 自由表面下深度 h 相等各点, 压强相等。压强相等各点组成的面称为等压面。自由表面是水深等于零的各点所组成的等压面, 重力作用下静止液体中的等压面都是水平面。同样, 两种不相混杂液体的分界面也是水平面。

(3) 重度不同, 产生的压强也就不同, 一个容器, 装满清水(重度 $1000\text{kg}/\text{m}^3$)或装满汞(重度 $13600\text{kg}/\text{m}^3$)或装满海水(重度 $1020 \sim 1030\text{kg}/\text{m}^3$), 对于容器底压强不相同。基本方程在一定范围内也适用于气体。

三、静水压强的单位和测量

(一) 压强的单位

1. 以应力单位表示

压强用单位面积上受力的大小, 即应力单位来表示, 这是压强的基本表示方法。工程单位制中以 kg/cm^2 、 t/m^2 表示。国际单位制中以 Pa 、 kPa 表示。

2. 以大气压表示

工程中规定, 1 工程大气压 $= 98\text{kPa}$ 。

3. 以水柱高表示

由公式 $P = \gamma h$, 则 $h = \frac{P}{\gamma}$ 。因为水的容重 γ 为常数, 则水柱高度 h 可以表示某点压强的大小, 即用压强水头表示点压强的大小。

例如: $P = 10\text{t}/\text{m}^2$ 就相当于底面积为 1m^2 , 10m 高的水柱所产生的压强, 即 $P = 10\text{t}/\text{m}^2 = 10\text{m}$ 水柱高, 通常写成

$$h = \frac{P}{\gamma} = \frac{10}{1} = 10(\text{m})$$

在工程实践中, 有时也习惯写成 $\frac{P}{\gamma} = 10\text{m}$ 水柱高。

压强三种单位间的关系为

$$1\text{kg}/\text{cm}^2 = 10\text{t}/\text{m}^2 = 10\text{m 水柱高} = 1 \text{ 工程大气压}$$

(二) 压强的测量及计算

1. 测压管

测压管是最简单的液压计, 将两端开口玻璃管, 一端接在和被测点同一水平面的容器壁孔上, 观读测压管高度就是和该点压强相应的液柱高度, 或按 $P = \gamma h$ 计算出其相对压强。

测压管不宜太长, 所以测压范围不宜超过 2m 水柱。

2. U 形水银测压计

压强较大的, 可用 U 形汞压强计测定, 如图 1-1 所示。

$$P_A + \gamma h_2 = \gamma'(h_2 + h_3)$$

$$P_A = \gamma'(h_2 + h_3) - \gamma h_2$$

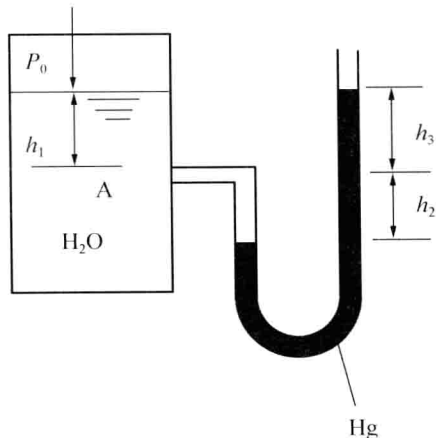


图 1-1 U 形汞测压计