

国家计量技术法规统一宣贯教材

水表

(第二版)

国家质量监督检验检疫总局计量司 审定

詹志杰 编著

JJG 686—2006

JJG 162—2009



中国计量出版社

CHINA METROLOGY PUBLISHING HOUSE

国家计量技术法规统一宣贯教材

水 表

(第二版)

国家质量监督检验检疫总局计量司 审 定

詹志杰 编 著

中国计量出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

水表/詹志杰编著. —2 版. —北京: 中国计量出版社, 2009. 12

国家计量技术法规统一宣贯教材

ISBN 978-7-5026-3241-0

I. ①水… II. ①詹… III. ①水表—教材 IV. ①TH814

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 230144 号

内 容 提 要

本书是国家计量检定规程 JJG 162—2009《冷水水表》和 JJG 686—2006《热水表》的统一宣贯教材。全书共分 5 章, 较全面系统地介绍了水表的分类、各类水表的工作原理和结构特点、水表的技术要求、检定方法、测量不确定度以及水表的型式评价试验设备和试验方法、水表的选用和维护等内容。

本书可作为规程的宣贯培训教材, 供相关计量检定部门、水表授权检定站和水表制造企业使用, 也可作为科研单位从事相关检测研究和供水单位工程技术人员选用、维护水表的参考资料。

中国计量出版社出版

北京和平里西街甲 2 号

邮政编码 100013

电话 (010) 64275360

<http://www.zgjl.com.cn>

北京市迪鑫印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

版权所有 不得翻印

*

880 mm×1230 mm 16 开本 印张 12.25 字数 256 千字

2010 年 1 月第 2 版 2010 年 1 月第 2 次印刷

*

印数 2 001—4 000 定价: 48.00 元

Apartments

Industrial

Irrigation

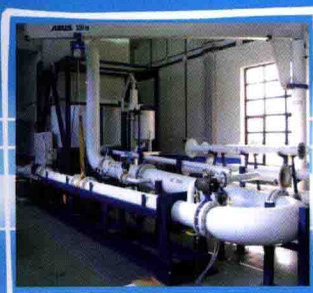
Commercial

Residential



爱拓利公司

世界领先的表计及系统提供商



AC 500
(大口径冷水表)



AC 500
(大口径热水表及热量表)



BPA 5
(小口径冷水表)



RAC 2200
(小口径热量表)

爱拓利公司高精度的大口径C级表Flostar M、水平螺翼式水表Woltex以及垂直螺翼式水表Woltmag，可为自来水公司提供无与伦比的计量效率。同时，爱拓利公司为全球多国国家实验室及计量检测机构提供先进的冷热水表及热量表检测设备。

我们的产品包括...

AC 500

称重法大口径水表检测台，口径从DN50至DN200，全自动检测，扩展精度小于0.14%。

BPA 5

活塞式全自动小口径水表检测台，实际产能大于100块表/小时。

AC 500 (热量表)

称重法大口径热量表检测台，口径从DN50至DN200。

RAC 2200 (热量表)

称重法全自动小口径热量表检测台，支持总量检定和分量检定，实际产能达到30台每小时。

爱拓利公司北京代表处
北京市朝阳区西坝河南路1号金泰大厦2310室
邮编：100028

电话：86 10 64403188
传真：86 10 64403129
www.actaris.com/cn

申舒斯大口径冷热水表技术国际领先：

在全球水表业内，申舒斯公司产品种类齐全、品种多、技术含量更高，如国内水表业的水平螺翼式、垂直螺翼式（有些地方称宽量程水表）、子母表（或复式表）等，这几种产品申舒斯早已采用国际新标准，部分取得MID认证，极有特色，尤其量程比Q3/Q1，水平螺翼式MeiStream系列，DN50口径达到315:1，部分口径达到800:1；而复式表系列DN50更可超过4000:1，DN100量程比超过25000:1，优于电磁流量计。



MeiTwin
复式表



MeiStream / MeiStream Plus
水平螺翼可拆式水表

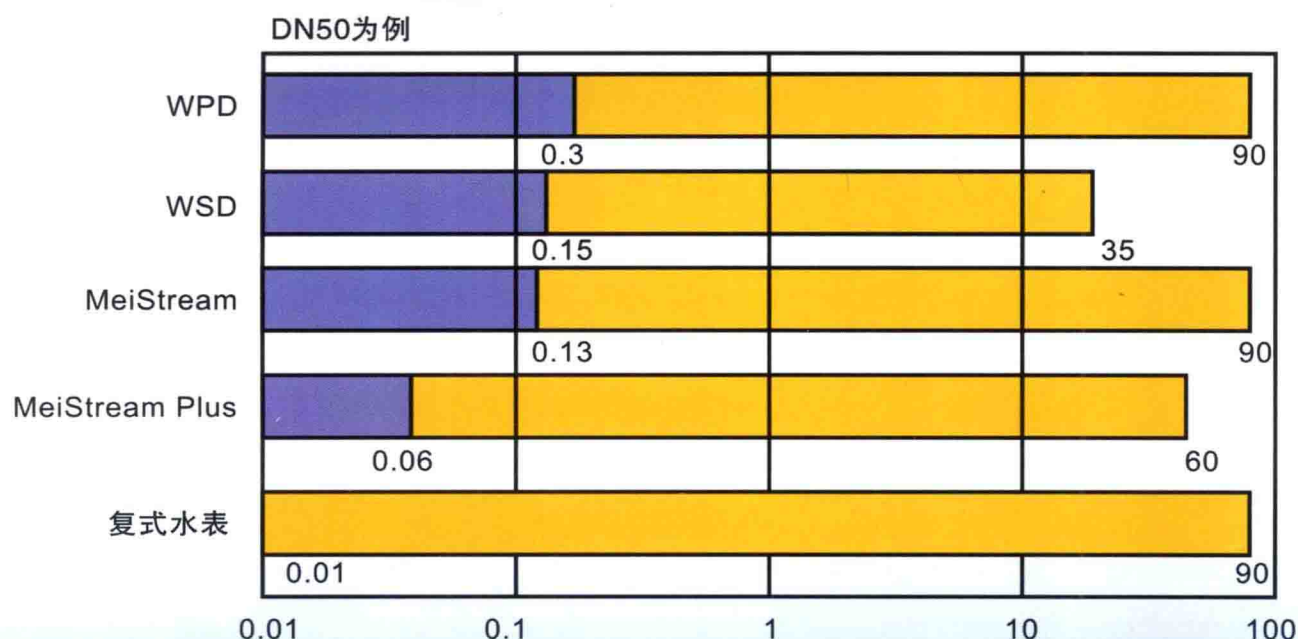


WSD
垂直螺翼可拆式水表



WPD
水平螺翼可拆式水表

当您面对管道水流量如此之大的波动，小到滴漏的叹息、大到心跳的加速，无论何种状态，申舒斯大口径水表，都能为您提供计量精确、稳定可靠的全面方案和选择！



申舒斯仪表系统（福州）有限公司

地址：福州市航空港工业集中区标准厂房78栋

电话：0591-28631389

传真：0591-28631009



宁波东海集团有限公司
DongHai NINGBO DONGHAI GROUP CORPORATION



地址：宁波市鄞州区横街镇
邮编：315181
电话：0574-88426871
网址：www.dhchina.cn
E-mail: export@dhchina.cn

企业简介

宁波东海集团有限公司是我国水表大型研发生产企业和主要出口生产基地，公司现有产品覆盖旋翼式、螺翼式、容积式、智能IC卡式、远传系统，口径(8~500)mm等各种冷水表，共有26个系列128个规格产品。东海DH商标2004年名列浙江省著名商标，2007年10月被认定为中国驰名商标。东海DH牌水表被授予中国名牌产品和国家免检产品荣誉称号。

公司隶属水表生产企业宁波东海仪表水道有限公司于2005年被列入国家重点高新技术企业，是浙江省新型计量仪表特色产业基地骨干企业。公司坚持走科技进步的企业发展之路，建立省级企业工程技术中心，近年来开发的多项水表新产品项目列入国家级重点新产品和科技部火炬计划，在水表及相关产品方面拥有发明和实用新型专利20项，多项水表产品技术性能达到国内领先、国际先进水平。

公司本着“锐意进取，永创一流”的精神，以国际先进水平为企业发展标杆，立足自主创新，实施品牌发展战略，以优质产品和服务回报客户，为提高我国民用计量仪表技术和应用水平贡献力量。



大口径水表校验



LXH-15
旋转活塞容积式冷水水表



MAZAK车铣复合五轴联动加工中心



LXLKYY-100
水平螺翼可拆卸液封远传水表



LXSY
旋翼液封塑壳冷水水表



LXSG-15D
干式单流表B级



LXSGZ-20
旋翼干式智能卡式冷水水表



宁波龙康智能仪表有限公司
Ningbo LongKang Intelligent Instrument Co., Ltd.

公司简介

宁波龙康智能仪表有限公司的前身是慈溪龙康电子配套厂，创建于1997年，是国内最早从事IC卡水表设计、制造的企业。公司从一家设计生产智能阀门、IC卡座的工厂逐步发展为一家专业从事智能计量仪表和控制阀门产品，集科研、生产和销售于一体的高新技术企业。

公司是国内唯一一家能够自主进行IC卡水表电路、阀门、机械结构和系统软件设计和生产的企业。公司拥有IC卡水表设计专利20余项，开发并生产出了“中国第一个由电池驱动的水管道阀”、“中国第一个大口径先导阀用电池供电、电机驱动控制器”、“中国第一个小功耗电机驱动大口径先导阀”。现已开发、生产了IC卡冷水表、热水表、远传水表、户外卡表、大口径IC卡水表、大口径射频卡水表等17个系列108种整机及其结构套件产品。

从1997年开始，公司不仅为行业内的几十家智能水表生产企业供应基表、阀门、控制器等各种零部件，而且也为企业进行智能水表的整机贴牌服务；2002年公司推出龙康品牌智能水表，开始从代加工业务向自有品牌扩展。2004年8月公司在北京成立全国营销服务中心，进一步扩大了销售和售后服务队伍，同时也加大了品牌的宣传力度。从公司成立至今，

已经为市场提供了超过150万套的智能水表部件和整机，在北京、山东、山西、西北、东北、江苏、河北等地都有大规模应用，客户遍及全国。

可靠稳定的产品品质、灵活快速的供货支持、竭诚为客户服务的宗旨、稳健诚信的经营风格为公司赢得了客户的信任，也赢得了市场。随着“一户一表”水表改造工程在全国的贯彻落实，智能水表市场将迎来一个高速发展的历史机遇。为此，龙康积累了十年，已经奠定了自己的技术优势和市场基础。

全国销售中心

电话: +86-10-68436601 88552051 88552651

传真: +86-10-68436080

地址: 北京市海淀区紫竹院路88号紫竹花园A座501

邮编: 100089

工厂

地址: 浙江省慈溪市龙山镇工业园区

电话: +86-574-23668618

传真: +86-574-23668600

网址: www.lktech-ic.com

邮编: 315311



新材料 硬品质
龙康[®]陶瓷合金水表



可靠稳定的产品品质、灵活快速的供货支持、竭诚为客户服务的宗旨、稳健诚信的经营风格为公司赢得了客户的信任，也赢得了市场。随着“一户一表”水表改造工程在全国的贯彻落实，智能水表市场将迎来一个高速发展的历史机遇。为此，龙康积累了十年，已经奠定了自己的技术优势和市场基础。

宁波龙康 —— 用实力赢得您的信任!

序 言

水表是量大面广、与百姓生活和工作生产密切相关的流量计量仪表，是国家有关部门公布的首批重点管理计量器具之一。水表的用途是计量水资源，保证供水用水双方的公平贸易、合理结算。正确评价和检定水表，有利于保证流量量值的准确和统一，保护国家和消费者利益，促进节约水资源工作的开展。

水表规程的修订参照了国际法制计量组织水表国际建议 OIML R49:2006《测量可饮用冷水和热水的水表》和国际标准 ISO 4064:2005《封闭满管道中水流量的测量 饮用冷水水表和热水水表》，技术指标和试验方法基本相同。水表 2009 版规程以及 2007 版标准的批准实施，有利于消除水表国际贸易中的技术壁垒，促进我国水表行业提高产品质量。

水表 2009 版规程的宣贯，可以帮助承担水表新产品型式评价的技术机构、水表检定站和水表制造单位了解掌握水表的基本知识、技术要求和试验检定方法，对于水表的产品改型、正确检定、合理使用具有重要的指导意义。本书是配合宣贯新规程 JJG 162—2009《冷水水表》和 JJG 686—2006《热水表》的培训教材。

本书较全面系统地介绍了与水流量测量相关的基础知识，各类水表的结构、工作原理、选用和维护，计量检定方法、型式评价试验，以及相关的试验设备介绍、测量不确定度分析等内容，对相关的技术人员具有较大的参考价值。

国家质量监督检验检疫总局计量司

2009 年 11 月

前 言

水表是国家有关部门公布的首批重点管理计量器具之一，是与百姓生活和工作生产密切相关的重要计量器具。20年来，我国水表行业有了很大的发展，法制计量管理不断健全完善，技术要求也逐渐与国际接轨。

为了满足国家计量检定规程 JJG 162—2009《冷水水表》和 JJG 686—2006《热水表》宣贯的需求，帮助大家更好地理解水表检定规程的内容，改进现有的水表产品，正确开展型式评价和计量检定工作，保证流量量值的准确和统一，特编写这本《水表》教材。为满足水表 2007 版规程宣贯的需要，本书的第一版于 2008 年 11 月出版。现本书根据水表 2009 版规程的要求，对第一版中不能满足现有要求的内容做了修订。冷水水表 2009 版检定规程是针对 2007 版规程实施后出现的一些问题难点，结合国内水表产品和试验设备现状，做了适当的修订，主要是对大口径水表的计量要求和型式评价试验项目做了调整。考虑到代表性和工作实际情况，本书以冷水水表为主要内容进行阐述。

全书分五章，第一章概述了水表的分类和相关的流量测量基本知识，介绍了水表规程的起草过程；第二章描述了各类水表的工作原理和结构特点；第三章介绍了水表的技术要求和检定方法及测量不确定度；第四章重点讲述了水表的型式评价试验设备和试验方法，还介绍了目前国内型式批准和制造计量器具许可证管理规定；第五章介绍了水表的选用维护知识。

在本书的编写过程中，得到了全国流量容量计量技术委员会、中国计量协会水表工作委员会、中国城镇供水排水协会设备材料工作委员会的热情支持，得到浙江省计量科学研究院同仁的大力协助。宁波东海仪表水道有限公司林志良总工、申舒斯仪表系统（福州）有限公司查家宁总经理、宁波水表股份有限公司赵绍满高工等在编写过程中给予热情帮助，在此深表感谢。另外，水表的国家标准和行业标准主要起草者李明华高工、陈含章高工、叶显苍高工给予了热心指点，在此一并表示谢意。

由于编者水平有限，书中难免存在缺点和错误。水表 2009 版规程和 2007 版国家标准的实施正促使一些水表产品改型，也会出现新的试验设备和方法，书中对这些变化难免存在未预料与遗漏之处，敬请读者批评指正。

本书可作为 JJG 162—2009《冷水水表》与 JJG 686—2006《热水表》计量检定规程的宣贯培训教材，供相关计量检定部门、水表授权检定站和水表制造企业使用，也可作为科研单位从事相关检测研究和供水单位工程人员选用、维护水表的参考资料。

编者

2009 年 11 月

目 录

第一章 概 述	(1)
第一节 流量测量基础知识	(2)
第二节 水表的术语和主要参数	(8)
第三节 水表的分类和型号命名	(18)
第四节 与水表有关的技术文件	(24)
第五节 规程编写说明和过程	(26)
第六节 规程与国际建议、国际标准的差异	(30)
第二章 水表工作原理和结构	(39)
第一节 水表工作原理	(39)
第二节 旋翼式水表	(43)
第三节 螺翼式水表	(56)
第四节 容积式水表	(61)
第五节 其他机械式水表	(64)
第六节 带电子装置水表	(68)
第七节 基于电磁或电子原理测量的水表	(78)
第八节 水表口径和总尺寸	(84)
第三章 水表的技术要求和检定方法	(88)
第一节 水表的技术要求	(88)
第二节 水表的检定	(102)
第三节 检定注意事项	(111)
第四节 测量不确定度	(115)
第四章 水表的型式评价	(118)
第一节 型式批准的申请和核准程序	(118)
第二节 型式评价的项目和参比条件	(126)
第三节 型式评价方法 (基本试验项目)	(130)
第四节 带电子装置水表的性能试验	(155)

第五章 水表的选用和维护	(176)
第一节 水表的选用	(176)
第二节 水表的安装	(181)
第三节 水表的使用维护	(182)
第四节 水表使用的常见问题和解决方法	(182)
参考文献	(187)

第一章 概述

水是最重要的生命元素,是各类生产离不开的重要资源,也是一些能源的载体之一。

随着全球性水资源的日益紧缺,如何保护和合理地使用水资源已成为当今人们面临的重大问题之一。合理使用水资源,倡导全社会节水,已成为国际上的共识。我国是一个水资源严重缺乏的国家,人均水资源量约为 2200 立方米,是世界平均水资源的四分之一。全国 660 个城市中,有 400 多个缺水,110 个严重缺水,工业、农业每年因缺水损失数千亿元。在水资源如此缺乏的情况下,我国的水资源利用率和节水效果却并不理想,这也加重了这一问题的严重程度。我国水资源利用率低下,全国平均每立方米实现国内生产总值仅为世界平均水平的五分之一,万元工业增加值取水量是发达国家的 5~10 倍,灌溉水利用率仅为 40%~45%,城市供水管网漏失率居高不下、损失严重。随着经济社会的发展,用水量持续增长,用途结构也在不断调整,农业用水占总用水量的比重下降,工业用水和城镇生活用水比重增加,这一趋势还在继续。

提高水利用率、使各种节水措施行之有效,已是各行各业的行动和努力方向,而这些行为都必须从做好水计量工作着手。

水表是流量仪表中一种专门用于测量管道水流累积体积的仪表,广泛用于各个领域。水表是一种以其使用介质和用途命名的仪表,指用于计量流经管道的清洁冷水或热水累积体积的流量计。

水表的发展已有近二百年的历史,从 1825 年英国的克路斯发明了真正具有仪表特征的平衡罐式水表以来,水表的机构先后出现了往复式单活塞式水表、旋转活塞式水表、圆盘式水表、旋翼式水表和螺翼式水表(又称沃特曼水表)等型式。这些水表的工作原理和基本结构至今仍被各国水表制造企业沿用,但在设计、工艺和选材等方面不断进步,大大提高了水表的计量性能和可靠性,降低了制造成本。热水表是用于计量水温超过 30℃ 的热水的仪表,还可以成为热能表的流量传感器的主要选择,实现对载热液体释放能量的计量。

电子技术与机械式水表的结合可以实现水表多种形式的智能化功能。电子远传水表可以安装电子传感器或编码电路来实现水量信号的转换和输出。预付费水表可以安装适当的电控装置和软件来实现预付费、阶梯式水价计费等功能。

机械式水表结构简单、流量量程宽、成本相对较低、维护方便,加上无需供电,机械计数器显示通用简便,因而大量用于住宅用水计量、工业用水计量。

在水表国际标准 ISO 4064:2005 和国际建议 OIML R49:2006(E) 中,水表的工作原理除了可用基于机械式原理外,还可基于电磁或电子原理进行工作,这样就把测量管道清洁水的同样用途的电磁流量计和超声流量计等也包括在水表的范围内了,这

一方面扩展了水表的内涵范围,同时也带来了流量计界定分类的交叉,给管理提出了一些新的要求。

在百姓生活和工业生产中,水表的用途是计量水的使用量,保证供水方和用户之间公平合理的贸易结算。我国总用水量的三分之一由城镇供水企业制水供应,其所用水表的计量读数是企业向用户回收水费的依据,因而水表是强制检定的计量器具之一。

水表是重要的资源和能源贸易结算计量仪表,也是涉及面最广的法制计量仪表之一,在国计民生的计量中有着重要的地位。从1999年开始,原国家质量技术监督局将水表列为首批六个重点管理计量器具之一,对水表制造企业提出生产的必备条件,要求水表的型式评价必须由国家质检总局授权的实验室承担,水表的制造计量器具许可证由省级计量行政管理部门发证。2008年5月起,2007版水表国家计量检定规程和2007版水表国家标准开始实施,这两个重要技术文件与国际接轨,分别参照或等同采用水表的国际建议和国际标准修订,促进我国水表行业积极应对技术壁垒、加快发展的步伐。

第一节 流量测量基础知识

一、流量与流量计

1. 流 量

流量是单位时间内流过管道横截面或明渠横断面有效面积的流体量。如果流体量以体积表示,称为体积流量;如果流体量以质量表示,称为质量流量。

$$q_V = \frac{\Delta V}{\Delta t} = uA \quad (1-1)$$

$$q_m = \frac{\Delta m}{\Delta t} = \rho uA \quad (1-2)$$

式中: u ——平均流速, m/s ;

A ——截面积, m^2 ;

ρ ——流体密度, kg/m^3 。

式(1-1)和式(1-2)中 Δt 应足够短,可以认为在该段时间内流动是稳定的。因此,流量的概念是瞬时的概念,流量是瞬时流量的简称。

如果流动是不随时间变化而只与位置有关的,我们称之为定常流。如果流动时非定常流,则流量随时间不断变化。

在SI单位制里,体积流量的单位为立方米每秒(m^3/s),质量流量的单位为千克每秒(kg/s)。工程中常用的流量单位有 m^3/h , L/h , L/min , kg/s , t/h 。

2. 累积流量

在一段时间内流过管道横截面或明渠横断面有效面积的流体总量称为累积流量，有时称为总量。

$$V = \int_{t_1}^{t_2} q_V dt \quad (1-3)$$

$$m = \int_{t_1}^{t_2} q_m dt \quad (1-4)$$

3. 流量计

所有测量瞬时流量或累积流量的仪器称为流量计。测量体积流量的称为体积流量计，如涡轮流量计、涡街流量计、电磁流量计、容积式流量计等；专门测量质量流量的称为质量流量计，如科氏力质量流量计等。

二、流量测量方法

流量计的测量方法分为四大类：

1. 利用伯努利方程原理来测量流量的流量计是以输出流体流动时的差压信号来反映流量的，称为差压式流量测量方法；
2. 将流动的流体分隔成已知容积值的计量腔不间断进行测量，以连续测量的累积次数来得到流量计的累积流量，称为容积式流量测量方法；
3. 采用测量流速来得到流量的称为速度式流量测量方法；
4. 以测量流体质量流量为目的的测量方法称为质量流量测量方法。

水表一般采用容积式和速度式测量方法，相应的水表称为容积式水表和速度式水表。

三、流量计量常用参数

在流量测量中，要进行流量计算、节流装置设计，或进行体积流量与质量流量的换算，或进行流量仪表的选型等，都需要用到一系列反映流体属性的物理参数，常用的有流体密度 ρ 、动力粘度 η 等。这些物性参数都与温度、压力有关，对流量的准确测量起到极为重要的作用。

1. 流体的密度

流体的体积质量或质量密度（简称密度）是流体的重要参数之一，它表示单位体积内流体的质量，一般用符号 ρ 表示。在一般工业生产中，流体通常可以认为是均匀的介质，其密度可以由下式定义

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1-5)$$

式中： ρ ——流体密度， kg/m^3 ；

m ——流体的质量, kg;

V ——流体的体积, m^3 。

在工业测量中有时用到“比体积(又称比容)”或“相对密度(曾称比重)”的概念。比容是密度的倒数。对于液体,某状态下的相对密度(比重)是该液体在该状态下的密度与水在规定的参比温度下(对于自然科学是用 4°C 的蒸馏水)的密度之比;对于气体,其相对密度是该气体的密度与同温同压下的空气密度之比。

流体密度一般随压力增加而变大,随温度升高而减小。

对于水来说,通常情况下可视为不可压缩流体,其密度变化主要与温度有关,与压力关系不大。在水温($0\sim 4$) $^\circ\text{C}$ 范围内,水的密度变化规律与常规相反,温度增高密度变大,温度降低密度减小。

2. 流体的粘度

流体的粘度是表示流体内摩擦力大小的一个参数,所有实际流体在流动时都有阻止其流体质量点发生相对滑移的性质,这就是流体的粘性,粘度就是用来度量流体粘性大小的参数。显然,各种流体在流动时所受到的阻力是不同的,因此各种流体在相同状态下也有不同的粘度。

粘度与流体温度和压力密切相关。在一般工程计算中,液体的粘度只需要考虑温度对它的影响,不需要考虑压力。温度越高,液体的粘度就下降,而气体的粘度则增大,表现相反,这是由于液体与气体产生粘性的机理不一样。液体的粘性主要由于液体分子间的内聚力而产生;气体分子间的间隙较大,其内聚力很小,气体粘性主要由于气体流层分子之间的动量交换而产生。因此温度上升时,液体由于体积膨胀内聚力减小而使粘度下降,气体则由于分子间动量交换加剧而使粘度上升。

表征流体的粘度常用动力粘度(η)、运动粘度(ν)和恩氏粘度($^\circ\text{E}$),通常采用前两种。

(1) 动力粘度

流体的动力粘度可用牛顿内摩擦定律来表示。当流体流动时,流层之间发生相对滑移而产生的内摩擦力与流体流层间的速度梯度、流层接触面积以及流体本身的动力粘度有关。其数学表达式为

$$\eta = \frac{\tau}{\frac{du}{dh}} \quad (1-6)$$

式中: η ——流体的动力粘度, $\text{Pa} \cdot \text{s}$;

τ ——单位面积上的内摩擦力, Pa ;

u ——流体流动速度, m/s ;

h ——流体流层间距离, m ;

$\frac{du}{dh}$ ——流层间速度梯度, $1/\text{s}$ 。

动力粘度的单位为 $\text{Pa} \cdot \text{s}$, 是国际单位制 (SI) 的导出单位。

(2) 运动粘度

由于流体的粘度与密度有关, 将动力粘度与流体密度的比值作为粘度的另一参数, 称为运动粘度, 常用 $\nu (\text{m}^2/\text{s})$ 来表示

$$\nu = \frac{\eta}{\rho} \quad (1-7)$$

3. 流体的压缩性和膨胀性

(1) 流体的压缩性

当作用在流体上的压力增加时, 流体所占有的体积将会缩小, 这种特性称为流体的压缩性。其压缩性系数定义为: 当温度不变时, 其体积随压力的变化而发生的相对变化率, 即

$$\beta = -\frac{1}{V} \frac{\Delta V}{\Delta p} \quad (1-8)$$

式中: β ——流体的体积压缩系数, $1/\text{Pa}$;

V ——流体原体积, m^3 ;

ΔV ——流体的体积变化量, m^3 ;

Δp ——作用在流体上的压力变化量, Pa 。

式中负号表示压力增加时流体体积缩小。

一般工程应用中, 只要压力不是太高, 液体的体积压缩系数非常微小, 以至被认为是不可压缩流体。0℃时水在压力 (0.1~1) MPa 时的体积压缩系数 β 约为 $0.539 \times 10^{-9}/\text{Pa}$ 。

(2) 流体的膨胀性

当流体的温度升高时, 流体所占有的体积将会增加, 这种特性称为流体的膨胀性。其膨胀性系数定义为: 当压力不变时, 其体积随温度的变化而发生的相对变化率, 即

$$\alpha = \frac{1}{V} \frac{\Delta V}{\Delta T} \quad (1-9)$$

式中: α ——流体的温度膨胀系数, $1/\text{K}$ 或 $1/^\circ\text{C}$;

V ——流体原体积, m^3 ;

ΔV ——流体的体积变化量, m^3 ;

ΔT ——流体的温度变化量, K 。

液体的温度膨胀系数也不大, 常温常压下水温度膨胀系数约为 $18 \times 10^{-5}/^\circ\text{C}$ 。

四、管流知识

1. 层流与紊流

理想流体不考虑粘性, 但实际流体都具有粘性。当实际流体在管道内流动时, 一