

国家计量技术法规统一宣贯教材

水表

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—2007

国家计量技术法规统一宣贯教材

水 表

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. —北京:中国计量出版社, 2008. 11

国家计量技术法规统一宣贯教材

ISBN 978-7-5026-2915-1

I. 水… II. 詹… III. 水表—教材 IV. TH814

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 164357 号

内 容 提 要

本书是国家计量检定规程 JJG 162—2007《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 字数 253 千字

2008 年 11 月第 1 版 2008 年 11 月第 1 次印刷

*

印数 1—2 000 定价: 48.00 元

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。

水表新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。水表新规程以及新标准的批准实施，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。

水表新规程的宣贯，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—2007《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

2008年10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。2008年5月，新的水表国家标准和国家计量检定规程相继开始实施。

为了满足国家计量检定规程 JJG 162—2007《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。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。水表新规程和新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—2007《冷水水表》与 JJG 686—2007《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

2008年10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 新规程与国际建议、国际标准的差异	(30)
第二章 水表工作原理和结构	(38)
第一节 水表工作原理	(38)
第二节 旋翼式水表	(42)
第三节 螺翼式水表	(55)
第四节 容积式水表	(60)
第五节 其他机械式水表	(63)
第六节 带电子装置水表	(67)
第七节 基于电磁或电子原理测量的水平表	(77)
第八节 水表口径和总尺寸	(83)
第三章 水表的技术要求和检定方法	(87)
第一节 水表的技术要求	(87)
第二节 水表的检定	(101)
第三节 检定注意事项	(110)
第四节 测量不确定度	(114)
第四章 水表的型式评价	(117)
第一节 型式批准的申请和核准程序	(117)
第二节 型式评价的项目和参比条件	(125)
第三节 型式评价方法 (适用所有水表)	(128)
第四节 带电子装置水表的性能试验	(153)

第五章 水表的选用和维护 (174)

第一节 水表的选用 (174)

第二节 水表的安装 (179)

第三节 水表的使用维护 (180)

第四节 水表使用的常见问题和解决方法 (180)

参考文献 (184)

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,如何保护和合理的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,水表的结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,新的水表国家计量检定规程和新的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

般有两种流动状态：层流流动和紊流流动。这是两种截然不同的流动状态。

层流流动时，管内流体分层流动，各流层之间互不混杂而平行于管道轴线流动，流层间没有流体质点的相互交换。流体通过一段管道的压力降与流量成正比。

紊流流动时，管内流体不再分层流动，流体质点除沿管道轴线方向运动外，还有剧烈的各向运动，流体通过一段管道的压力降与流量的平方成正比。

判断管内的流动状态的依据是一个无量纲数——雷诺数 Re 。它实际上是流体流动时惯性力与粘性力的比值。其数学定义为

$$Re = \frac{ul\rho}{\eta} = \frac{ul}{\nu} \quad (1-10)$$

式中： u ——流体的平均流速，m/s；

l ——流束的特征尺寸，m；

ν, η ——工作状态下流体的运动粘度 (m^2/s) 和动力粘度 ($Pa \cdot s$)；

ρ ——流体密度， kg/m^3 。

从式(1-10)可知，雷诺数的大小取决于流速、特征尺寸和流体粘度三个参数。对于圆形管道，特征尺寸一般取管道直径 D ，雷诺数的计算公式变为

$$Re = \frac{uD}{\nu} \quad (1-11)$$

雷诺数小，说明管内流动占主要地位的是粘性力，各流体质点平行于管道内壁有规则地分层流动，流动呈层流流动状态。雷诺数大，说明管内流动占主要地位的是惯性力，流体呈紊流流动状态。一般认为，管道雷诺数 $Re_D \leq 2320$ 时为层流状态，高于此值时，流动将开始转变为紊流状态。

在工程应用中，对雷诺数相等的流动可认为流动是相似的。因此，流量仪表在某种标定介质(通常气体流量计用空气，液体流量计用水)中标定得到的流量系数，可以根据在相同雷诺数下流量系数相等速的原则换算出另一种介质(被测介质)的流量(或流速)。这是许多流量计实流标定的理论基础。

2. 速度分布与平均流速

在管道横截面上流体速度轴向分量的分布模式称为速度分布。这是由于实际流体都具有粘性而造成的。一般的规律是，越靠近管壁，由于流体与管壁的粘滞作用，流速越小，管壁上的流速为零；越靠近管中心，由于流体与管壁的这种粘滞作用越小，流速就越大，管道中心的流速达最大值。

图 1-1 为典型的层流状态和紊流状态下轴向剖视图。

图中这样典型的管内流速分布是指充分发展了的管内流动所具有的流速分布，即管内流体只有通过足够长的直管段以后才能形成，并非管内流动都是这样的分布。恰恰相反，由于流动过程中存在各种干扰，在一般情况下，管内的流速分布总是偏离这种典型分布，从而对流量测量造成影响。因为流体流经阻流件(如弯头、三通、阀门等)时，流速分布会发生畸变以及产生旋涡，这种情况称为非充分发展管流。非充分发展

管流是速度分布从一个横截面到另一个横截面在变化的流动。只有在很长的直管段末端或加装整流器后速度分布才能恢复到充分发展的管流。这正是许多流量计需要足够长的表前直管段的根本原因。

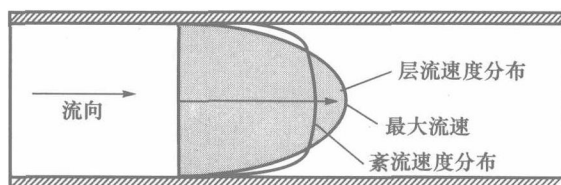


图 1-1 速度剖面图

平均流速一般指管道截面上的平均流速，其含义是当管内流体以这样的平均流速通过管道横截面的流量与管内流体以某一速度分布通过该管道截面的流量相等。通过检测流体速度来求得流量的速度式流量计一般都是通过检测管道内流体的平均流速来求得流量的。在流量测量中，平均流速是一个很重要的概念，如计算雷诺数、计算流量等。凡是用到流速的地方，几乎都是使用平均流速来计算的。

3. 流动基本方程

在流量测量与仪表的设计计算中连续性方程和伯努利方程是用得最广泛的两个基本方程。

(1) 连续性方程

连续性方程实际上就是质量守恒定律在运动流体中的具体应用。

在工程流体力学中，流体被认为是由无数流体微团连续分布而结成的连续介质，表征流体属性的密度、粘度、速度、压力等物理量是可以连续变化的。

对于可压缩流体非定常流动，连续性方程为

$$\rho_1 u_1 A_1 = \rho_2 u_2 A_2 = q_m(t) \quad (1-12)$$

式中： ρ_1, ρ_2 ——管道截面 1, 2 的平均密度， kg/m^3 ；

u_1, u_2 ——管道截面 1, 2 的平均流速， m/s ；

A_1, A_2 ——管道截面 1, 2 的截面面积， m^2 ；

$q_m(t)$ ——质量流量， kg/s 。

对于可压缩流体定常流动，连续性方程为

$$\rho_1 u_1 A_1 = \rho_2 u_2 A_2 = q_m = \text{常数} \quad (1-13)$$

对于不可压缩流体定常流动，连续性方程为

$$u_1 A_1 = u_2 A_2 = \text{常数} \quad (1-14)$$

(2) 伯努利方程

伯努利方程实际上就是能量守恒定律在运动流体中的具体应用。

可以证明,当无粘性正压流体在有势外力作用下作定常运动时,其总机械能量(位置势能、压力能和流体动能之和)沿流线是守恒的。

对于不可压缩流体,伯努利方程可用以下两式表示

$$gz + \frac{p}{\rho} + \frac{u^2}{2} = \text{常数} \quad (1-15)$$

或

$$z + \frac{p}{\rho g} + \frac{u^2}{2g} = z + \frac{p}{\gamma} + \frac{u^2}{2g} = \text{常数} \quad (1-16)$$

式中: g ——重力加速度, m/s^2 ;

z ——垂直位置高度, m ;

γ ——流体重度, N/m^3 。

上述两个公式左边三项分别表示单位质量流体的位置势能、压力能和流体动能。整个式子表示单质量流体的总能量沿流线守恒。第一项代表流体质点所在流线的位置高度,称位势头;第二项相当于液柱底面压力为 p 时液柱的高度,称压力头;而第三项代表流体质点在真空中以初速度垂直向上运动所能达到的高度,称速度头。按照方程,位势头、压力头、速度头之和沿流线不变。

在实际流动中机械能沿流线并不守恒,因为流动中的粘性摩擦力所作的功将转变为热能而损失在流体中。因此在粘性流体中使用伯努利方程,必须考虑由于阻力造成的能量损失。

4. 空化和空蚀

空化是工程上很重要的一类现象,它是一种当液体内部局部压力降低时,液体内部或液固交界面上蒸汽或气体的空穴(气穴)的形成、发展和溃灭的过程。在水泵、水轮机、螺旋桨等工程应用中经常会遇到空化问题。空化现象的成因如下:当流体因流动使压力 p 下降到低于流体温度 t 所对应的蒸汽压力 p_v 时,局部液体中将形成蒸汽。由于液体转变为气体的过程中体积增大,压力又重新上升,蒸汽凝结填满气穴,然后使气穴溃灭并发出猛烈噪声。空化现象使流体流动失常,流量计会给出错误的示值,严重时还将损坏流量计检测件,产生空蚀(气蚀)现象。有些流量计(如涡轮流量计)在测量流量时,其流量上限受空蚀的限制,这时要特别注意其背压是否已下降到蒸汽的范围内。出现空化现象的地方是在流速最大、静压最低的位置。对于流量计来说,最大流速和最低压力往往出现在流量计检测件的地方。为了防止气穴的形成,常常需要控制流量计的最小背压。

第二节 水表的术语和主要参数

本节介绍与水表有关的流量计术语和主要参数。JJF 1004—2004《流量计量名词

术语及定义》对流量计量术语进行了定义和解释。

一、流量仪表通用术语

1. 公称口径

水表的公称口径,又称为标称口径或公称通径,是表示水表规格的主要参数。管道式水表的口径以连接端的螺纹尺寸或法兰的公称通径表示。每一种水表口径均相应有一组固定的总尺寸。

水表的口径系列值,与管道基本一样,机械式传感器的水表一般从 8mm~800mm,其中还包含了一些像 32mm、65mm、125mm 这样的国内非推荐性规格。

水表的公称口径与常用流量、连接端螺纹并没有固定的对应关系,因此公称口径 8mm、10mm、13mm 等这些规格的水表的连接端螺纹与 15mm 通径的水表可能是相同的,都为 G3/4B。另外,水表新规程和新标准中,相同通径的水表可能根据使用场合的需要选择采用不同的计量机构,产生不同的常用流量和流量范围。

2. 流量范围

流量计的流量范围是指流量计在正常使用条件(或称额定工作条件)下,测量误差不超过最大允许误差的最大流量至最小流量范围。最大与最小流量的代数差称为流量的量程。最大流量与最小流量的比值通常称作流量计的量程比。

部分流量计设定有低区和高区,即用一个介于最大流量和最小流量之间的流量(称为分界流量)把流量范围分割成低区和高区,其最大允许误差在低区和高区的要求不相同。

水表的流量特性由最小流量 Q_1 、分界流量 Q_2 、常用流量 Q_3 、过载流量 Q_4 确定。对复式水表,还要增加一个转换流量 Q_x 。水表的额定流量范围为 $Q_1 \sim Q_3$ 。最小流量 Q_1 至分界流量 Q_2 为低区,分界流量 Q_2 至常用流量 Q_3 为高区。

3. 特性曲线

流量计特性曲线是反映流量计性能随流量变化的曲线。特性曲线较常用的有两种不同的表示形式:一种是表示流量计的某种特性(通常是流量系数,也有的是某一与流量有关的输出量)与流量 q 或雷诺数 Re 的关系;另一种是表示流量计测量误差随流量 q 或雷诺数 Re 变化的关系,这种特性曲线一般称为流量计的误差特性曲线,如图 1-2 所示。

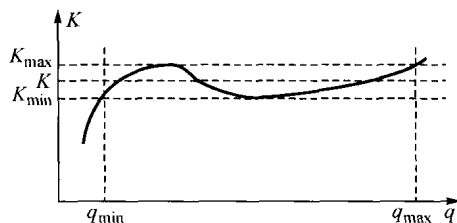


图 1-2 流量计误差特性曲线

流量计的特性曲线可以通过对流量计进行理论分析而得到,而更为准确可靠的是对流量计进行检定得到,即在整个流量计的流量范围上进行一系列的实验得到。

在水表新规程和新标准中,水表一般采用示值误差 E 随流量 q 变化情况的误差特

性曲线。

4. 仪表系数

仪表系数 K 为单位体积流体流过流量计时, 流量计发出的信号脉冲数, 或单位体积流量流过流量计时, 流量计发出的信号脉冲数。其计算式为

$$K = \frac{N}{V} = \frac{f}{q_V} \quad (1-17)$$

式中: K ——流量计仪表系数, $1/\text{m}^3$ 或 $1/\text{L}$;

N ——流量计发出的脉冲数, 次;

V ——通过流量计的流体体积, m^3 ;

f ——流量计发出的脉冲频率, Hz ;

q_V ——通过流量计的体积流量, m^3/s 。

仪表系数 K 是频率脉冲型流量计流量特性的主要参数, 它由流量标准装置标定而得到。涡街流量计、涡轮流量计等通常都有该参数。部分水表采用电子传感器计数的也是用到此参数。

5. 线性度

流量计的线性度是在整个流量范围内的流量特性曲线与规定直线之间的一致程度。对于用仪表系数 K 表示特性曲线的流量计, 可用仪表系数 K 在整个流量范围内的偏差表示, 如图 1-2 所示。其数学表达式为

$$E_L = \pm \frac{K_{\max} - K_{\min}}{K_{\max} + K_{\min}} \times 100\% \quad (1-18)$$

式中: E_L ——流量计的线性度;

$K_{\max}, K_{\min}$ ——流量范围内各测量点仪表系数的最大值和最小值。

6. 重复性

流量计的重复性是指在下述条件下对同一被测的量进行多次测量所得结果的一致程度。这些条件是: 相同的测量方法和测量过程, 相同的观察者, 相同的测量仪器, 相同的使用条件, 相同的地点以及在短期内的重复测量。重复性只表明测量值的分散程度, 而不同于准确度的概念。

7. 准确度和误差

准确度和误差都是表征测量仪表所测量的结果与被测量真值之间的吻合程度不同。仪表准确度越高, 其示值越接近真值, 误差也就越小。

流量计的准确度常用准确度等级、最大允许误差和扩展不确定度来表示。

误差分绝对误差和相对误差, 绝对误差是测量值与真值的差值, 相对误差是绝对误差与被测量真值的比值。在流量测量中常用两种方法来表示相对误差: 一种是为引