



“十二五”
国家重点图书

流量测量技术全书

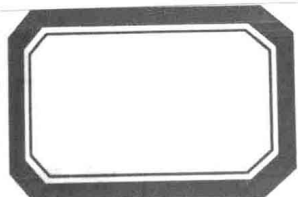
Flow Measurement Technique Handbook

下册

王池 王自和 张宝珠 孙淮清 编著



化学工业出版社



NATIONAL PUBLICATION FOUNDATION

“十二五”
国家重点图书

流量测量技术全书

Flow Measurement Technique Handbook

下册

王池 王自和 张宝珠 孙淮清 编著



化学工业出版社

·北京·

图书在版编目 (CIP) 数据

流量测量技术全书. 下册/王池等编著. —北京: 化学工业出版社, 2012. 6

ISBN 978-7-122-13436-3

I. 流… II. 王… III. 流量计量 IV. TB937

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 021487 号

责任编辑: 宋 辉 刘 哲

文字编辑: 孙 科

责任校对: 宋 玮

装帧设计: 尹琳琳

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 刷: 北京永鑫印刷有限责任公司

装 订: 三河市万龙印装有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张 44½ 字数 1254 千字 2012 年 6 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 108.00 元

版权所有 违者必究

《流量测量技术全书》

编审委员会

主任委员：王 池

副主任委员：王自和 孙准清 张宝珠

委 员：（以姓氏笔画为序）

马中元 王 池 王东伟

王自和 王京安 王树铎

朱凤书 伊树德 孙立军

孙准清 李 志 李捷辉

应启夏 沈士清 张 涛

张宝珠 邵友夫 金宁德

宗文波 段慧明 姜仲霞

徐英华 盛森芝 章承宏

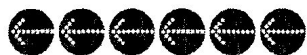
曾凡宏 詹志杰 满庆丰

樊尚春 魏 华

《流量测量技术全书》

编写人员

- 第1章 王 池 王东伟
第2章 张 涛 郑丹丹
第3章 张 涛
第4章 王 池
第5章 沈士清
第6章 张 涛 徐 英
第7章 孙淮清 李 志 李少峰 曾凡宏 王京安 李 健
第8章 应启夏
第9章 姜仲霞 姜川涛
第10章 魏 华
第11章 马中元 马 博
第12章 樊尚春
第13章 王京安 周国祥
第14章 朱凤书 朱晓群
第15章 詹志杰 徐英华 张 涛(女) 王树铎 章承宏
伊树德
第16章 金宁德 满庆丰 耿春明 盛森芝 张 玳 段慧明
李捷辉 邵友夫 孙立军 宗文波 刘艳山 王国欣
第17章 王 池
第18章 王 池
第19章 王 池
第20章 王 池
总附录 张宝珠



流量计量是科学计量的重要组成部分，也是仪器仪表工业最主要的内容之一。它在贸易结算、能源计量、过程控制、环境保护等方面得到了广泛的应用，发挥了重要的作用，并推动和支持了国民经济的发展。由于测量介质、流动过程、环境条件的复杂性和使用要求的广泛性，流量测量技术种类繁多、影响因素复杂，因而流量计量的方法和原理多样且繁杂，大的分类就有几十种。正确了解不同种类流量计的原理、特点、使用条件、校准方法等就成为流量计量工作者的需要，流量测量技术方面的书籍一直是相关领域技术人员急需的学习工具。

《流量测量技术全书》一书从帮助流量测量领域技术人员解决实际问题、提升人员技术水平出发，系统论述与流量测量技术相关的理论知识，描述流量计及流量校准装置的原理和结构，分析流量计及校准装置的适用性，分析使用条件对测量结果的影响，给出流量计及检测装置的检定校准方法，具有较强的实用性。该书还提供了国内外最新研究进展和成果，使得该书与同类书籍相比具有较高的学术价值。

该书的作者们长期从事流量计量研究工作，对流量仪表的计量性能有着深入的研究并积累了丰富的实践经验。相信该书能够对从事流量计和流量标准装置生产、使用、校准、研究的相关人员有所助益，能够对促进流量计量行业的发展有所助益。

中国工程院院士：

张钟华

2012年2月20日



流量测量技术是伴随着全球经济工业化、贸易化而在近半个世纪快速发展起来的应用型测量技术，应用于天然气、石油等能源流体的贸易结算，水资源的贸易结算，各种流体的计量，废水、废气的排放量监测，家用燃气、自来水等的计量结算，也大量应用于工业过程控制、工厂设备的效率提高和运行管理等方面，因此流量测量与能源节约、环境保护、产业发展以及人们的日常生活密切相关，应用范围广泛。特别是在能源和资源日益短缺、环境保护日益重要的今天，人们对流量测量准确性和可靠性的需求逐渐提高，流量测量技术近年来有了飞跃式的发展，流量测量领域从业人员已达到几十万人，他们迫切需要了解相关技术。

本书面向流量测量领域从事研究、检测、设计、生产、使用等工件等相关技术人员，以流量测量领域相关科学理论、国内外最新研究成果、实际应用中积累的先进技术和经验为主要参考资料，系统论述流量测量领域相关的物理学、流体力学、不确定度等方面的理论基础，描述各种流量计及流量校准装置的原理和结构，分析各种流量计及校准装置的适用性，分析使用条件对测量结果的影响，提供国内外最新研究进展和成果，给出流量计及检测装置的检定校准方法，给出流量测量技术应用中可能出现的技术问题的解决方案。希望本书能使读者对流量测量技术有较为客观、完整而深入的理解，并能够解决读者在实际工作中碰到的问题。本书特别对检测工作及数据的正确分析、流量计选型和正确使用提供指导，以促进相关技术人员技术水平的提升。

本书在收入流量计基础知识的同时收入了仪表选型、使用要点等相关知识，并增加了计量检测标准装置、检测方法和数据分析方面的内容，具有较强的实用性。

本书的主要参编人员都是长期从事流量测量技术研究的科研人员。国家水大流量计量站王自和高工提供了全书的最初框架，并对书稿的大部分内容做了审查。张宝珠高工承担了书稿完成过程中联系人员、督促进度、整理、再编辑等大量而琐碎的工作。

本书的编写还得到以下人员的帮助：朴立华、沈明、沈军、沈勤、关海达、于海滨、戴军、殷参、袁斌、张金晶、王会龙、陈宝顺、丁华、郭玉梅、张宇、徐宝珍、耿存隆、李广荣、陈胜娟、应毓、颜海林、刘桂芳、杨曼丽、杨宗明、商希莲、路学敏、许战、刘爱党、王祯、王荣琴、王晨阳、常征、王莹莹、李晓蕾、赵海升、孙梅芳、喻嘉闽、果志英、雷蕾、奥武平、张龙飞、刘坤、耿永刚、刘森林、金岚、陈超洋、沈才忠、郑丽华、马丙辉、李然、孙定浩、应为忠、韦晨、李惠霞、伊正阳、金中爱、高忠科、王振亚、郑桂波、宗艳

波、盛强、贾辛、史伟明。

流量测量技术丰富而繁杂，还在不断发展和完善。由于编者水平有限，不妥之处在所难免，恳请读者批评指正。

编 者



上册

第 1 篇 流量测量基础 >>>>>>>>

第 1 章 流量测量概述	2
第 2 章 流量测量常用物性参数	12
第 3 章 管道流流体力学基础	20
第 4 章 不确定度基础	45

第 2 篇 流量测量仪表 (上) >>>>>>>>

第 5 章 容积流量计	62
第 6 章 浮子流量计	116
第 7 章 差压流量计	143
第 8 章 涡轮流量计	457
第 9 章 流体振动流量计	489
第 10 章 超声流量计	608
第 11 章 电磁流量计	631

下册

第 3 篇 流量测量仪表 (下) >>>>>>>>

第 12 章 质量流量计	2
第 13 章 流量计算机	46
第 14 章 明渠流量计	101
第 15 章 民用流量计	217
第 16 章 其他流量测量	422

第 4 篇 流量标准装置及校准 >>>>>>>>

第 17 章 流量标准装置概述	613
第 18 章 液体流量标准装置	616
第 19 章 气体流量标准装置	639
第 20 章 其他流量标准装置	658
附录	668



第3篇 流量测量仪表（下）>>>>>>>>

第12章 质量流量计

12.1 简述	2
12.1.1 质量流量的测量方式	2
12.1.2 质量流量的间接测量方式	2
12.1.3 质量流量的直接测量方式	4
12.2 科氏质量流量计	4
12.2.1 基本工作原理分析	5
12.2.2 基础理论	6
12.2.3 测量原理	11
12.2.4 实现方式	16
12.2.5 分类	18
12.2.6 检测电路	19
12.2.7 主要应用领域及其特点	26
12.2.8 选用考虑要点	28
12.2.9 安装使用注意事项	32
12.2.10 常见故障与对策	33
12.2.11 标准和检定规程	34
12.3 热式质量流量计	34
12.3.1 基本测量原理与实现方式	34
12.3.2 分类	38
12.3.3 主要应用领域及其特点	39
12.3.4 选用考虑要点	40
12.3.5 安装使用注意事项	43
12.3.6 标准和检定规程	44
参考文献	44

第13章 流量计算机

13.1 流量计算机的功能与技术要求	46
13.1.1 概述	46

13.1.2	流量计算机与流量积算仪的主要区别	46
13.1.3	流量计算机通用技术要求	47
13.1.4	流量计算机功能要求	47
13.1.5	流量计算机硬件系统要求	48
13.1.6	流量计算机软件系统要求	49
13.2	流量计算机的硬件构成	51
13.2.1	概述	51
13.2.2	流量计算机内部总体结构	51
13.2.3	流量计算机的中央处理器	52
13.2.4	流量计算机的人机界面	52
13.2.5	流量计算机的信号采集	53
13.2.6	流量计算机的数据输出	56
13.2.7	流量计算机的存储器	57
13.3	流量计算机遵从的标准及模型的选用	58
13.3.1	用标准节流装置测量充满圆管的流体流量	58
13.3.2	用其他流量计测量流量的标准	60
13.3.3	用流量计算机对流体物性进行在线修正	60
13.3.4	参比条件下流量不确定度计算	76
13.4	流量计算机通信系统	77
13.4.1	概述	77
13.4.2	流量计算机与一次仪表的通信	78
13.4.3	流量计算机与上位机的通信	79
13.4.4	流量计算机应用局域网络升级软件	86
13.5	流量计算机的应用	87
13.5.1	概述	87
13.5.2	流量计算机在节流装置流量测量中的应用	87
13.5.3	流量计算机在流量测量相关物性值计算中的应用	88
13.5.4	流量计算机在多机数据共享中的应用	89
13.5.5	流量计算机在组建流量数据网络中的应用	92
13.5.6	流量计算机在特殊场合的应用	96

第14章 明渠流量计

14.1	概述	101
14.1.1	明渠的水流特征	101
14.1.2	明渠流量计的水力学基础	102
14.1.3	明渠的流量测流方法及其评价	105
14.1.4	明渠流量计的特点与种类	108
14.2	转子式流速流量计	108
14.2.1	过水断面测量设备	108

14.2.2	转子式流速仪	110
14.2.3	转子式流速流量计的测流方法	113
14.3	多普勒流量计	117
14.3.1	原理	117
14.3.2	声学多普勒流量计的类型	118
14.3.3	走航式多普勒流量计	118
14.3.4	定点式多普勒流量计	123
14.4	时差法超声波流量计	126
14.4.1	工作原理	126
14.4.2	仪器组成	128
14.4.3	应用方式	128
14.4.4	仪器的安装	129
14.4.5	应用	131
14.5	雷达流量计	134
14.6	堰槽流量计的构成、原理及水头测量技术	135
14.6.1	堰槽流量计的构成及测流原理	135
14.6.2	堰槽流量计的设计与安装	137
14.6.3	堰槽流量计的水头测量	137
14.6.4	浮子式水位计	138
14.6.5	压力式水位计	143
14.6.6	超声波水位计	144
14.6.7	雷达水位计	146
14.7	量水堰	147
14.7.1	三角形薄壁量水堰	147
14.7.2	矩形薄壁量水堰	149
14.7.3	梯形薄壁量水堰	151
14.7.4	矩形宽顶堰	152
14.7.5	三角形剖面堰	155
14.7.6	平坦V形堰	159
14.7.7	V形宽顶堰	164
14.8	量水槽	166
14.8.1	巴歇尔量水槽	166
14.8.2	无喉段量水槽	170
14.8.3	抛物线形无喉段量水槽	172
14.8.4	直壁式量水槽	175
14.8.5	U形长喉道量水槽	176
14.8.6	长喉道量水槽	178
14.8.7	文丘里水槽	183
14.8.8	机翼形量水槽	184
14.8.9	P-B槽(帕尔默-玻鲁斯水槽)	186

14.9	闸门式量水计	187
14.9.1	原理与组成	187
14.9.2	流态判别	188
14.9.3	流量计算公式	191
14.9.4	流量系数	193
14.9.5	应用	195
14.10	节流式量水放水闸	196
14.10.1	锥形喷嘴式量水放水闸	197
14.10.2	环式量水放水闸	197
14.10.3	短管式量水放水闸	198
14.10.4	可调型节流板式量水分水闸	201
14.11	分流式流量计	203
14.11.1	构造与测流原理	203
14.11.2	M 值的率定	204
14.11.3	设计安装及管理要求	204
14.11.4	分流式量水计规格及其测流范围	205
14.12	全断面水量计	205
14.12.1	构造与形式	205
14.12.2	原理及流量计算公式	205
14.12.3	涵管设计与使用条件	206
14.12.4	旋杯式流速仪的安装位置	206
14.12.5	应用	206
14.13	流量计的误差分析	208
14.13.1	测流误差的表示方法	208
14.13.2	量水的不确定度	209
14.13.3	转子式流速流量计测流不确定度的估算	210
14.13.4	闸门式量水计流量不确定度的估算	210
14.13.5	堰槽式流量计流量不确定度	212
14.13.6	超声波流量计流量不确定度	214
	参考文献	215

第15章 民用流量计

15.1	水表	217
15.1.1	概述	217
15.1.2	水表分类	217
15.1.3	水表型号命名	219
15.1.4	水表的技术要求	220
15.1.5	水表口径和总尺寸	224
15.1.6	旋翼式水表	226

15.1.7	螺翼式水表	236
15.1.8	容积式水表	239
15.1.9	同轴水表	241
15.1.10	复式水表	241
15.1.11	全机械式自控水表	242
15.1.12	高灵敏度水表	243
15.1.13	远传水表	244
15.1.14	智能卡式水表	246
15.1.15	水表的选用	251
15.1.16	水表的安装	253
15.1.17	水表的使用维护	254
15.1.18	水表的检定	258
15.1.19	水表的型式评价	265
15.2	燃气表	289
15.2.1	城市燃气	289
15.2.2	可测燃气流量计简介	293
15.2.3	膜式燃气表	304
15.2.4	智能 IC 卡膜式燃气表	315
15.2.5	膜式燃气表检定装置及检定方法	323
15.2.6	型式评价	346
15.2.7	膜式燃气表安装、使用和维修	356
15.2.8	膜式燃气表的选型	368
15.3	热能表	369
15.3.1	热能表的分类和用途	369
15.3.2	热能表的原理	370
15.3.3	热能表结构和相关技术	372
15.3.4	热分配表	375
15.3.5	热能表的选型	376
15.3.6	热能表的使用	376
15.4	加油机	378
15.4.1	加油机的含义	378
15.4.2	加油机的基本功能与分类	378
15.4.3	加油机的基本工作原理	381
15.4.4	加油机的性能指标与要求	392
15.4.5	加油机的计量检定	393
15.4.6	加油机的发展趋势	401
15.5	汽车用天然气加气机	403
15.5.1	液化石油气加气机	403
15.5.2	压缩天然气加气机	410
15.5.3	液化天然气加气机	417

第16章 其他流量测量

16.1	多相流流量测量技术.....	422
16.1.1	绪论.....	422
16.1.2	两相流流动参数基本概念.....	423
16.1.3	两相流流型.....	425
16.1.4	油水两相流及油气水三相流流量测量技术.....	432
16.1.5	两相流相关流量测量技术.....	448
16.1.6	气液两相流流量测量技术.....	453
16.1.7	气固两相流流量测量技术.....	460
16.2	固体流量测量.....	477
16.2.1	概述.....	477
16.2.2	皮带秤.....	478
16.2.3	失重秤.....	481
16.2.4	转子秤.....	483
16.2.5	冲击式流量计.....	486
16.2.6	科氏固体质量流量计.....	489
16.2.7	其他固体流量测量技术简介.....	494
16.2.8	固体质量流量测量技术存在的问题及研究现状.....	497
16.3	流速测量.....	498
16.3.1	概述.....	498
16.3.2	机械转子流速仪.....	498
16.3.3	皮托管.....	503
16.3.4	热线热膜流速仪.....	508
16.3.5	激光流速计 (简称 LDV)	534
16.3.6	粒子成像速度场仪 (简称 PIV)	539
16.4	速度面积法.....	553
16.4.1	名词术语.....	554
16.4.2	工作原理.....	554
16.4.3	结构.....	555
16.4.4	速度面积法流量装置的应用.....	555
16.4.5	计量段横截面积测量.....	556
16.4.6	流体流过计量段横截面积的流速测量.....	556
16.4.7	速度面积法流量装置技术指标.....	557
16.5	层流流量计.....	557
16.5.1	层流流量计基本构造与原理.....	558
16.5.2	层流流量计的设计参数与基本方程.....	560
16.5.3	层流流量计的选型.....	562

16.5.4	典型层流流量计	563
16.6	同位素质量流量计	566
16.6.1	同位素质量流量计的分类	566
16.6.2	同位素质量流量计测量原理及仪表结构	566
16.6.3	仪表的用途	568
16.6.4	仪表性能及应用选型	568
16.6.5	同位素仪表的使用	569
16.6.6	仪表安全辐射防护知识	573
16.7	流量开关	575
16.7.1	流量开关的用途	575
16.7.2	流量开关的分类	575
16.7.3	流量开关的原理	576
16.7.4	流量开关的选型和使用	580
16.8	流量计量泵	584
16.8.1	流量计量泵概述	584
16.8.2	柱塞(活塞)计量泵	590
16.8.3	隔膜计量泵	592
16.8.4	蠕动计量泵	593
16.8.5	齿轮计量泵	595
16.8.6	计量泵辅助部分	597
16.8.7	计量泵的选型	598
16.8.8	计量泵安装及使用	600
16.8.9	计量泵的现场流量测定	604
16.8.10	国内外计量泵技术现状和发展趋势	604
16.8.11	计量泵产品	606
	参考文献	610

第4篇 流量标准装置及校准 >>>>>>>>

第17章 流量标准装置概述

17.1	装置的作用	613
17.1.1	实现流量量值的统一和正确传递	613
17.1.2	流量仪表的性能研究	613
17.1.3	相关参数和流动条件研究	613
17.2	装置的发展	613
17.3	装置的分类	614
17.4	流量计量器具的量值传递	614
	参考文献	615

第18章 液体流量标准装置

18.1 静态质量法	616
18.1.1 结构和工作原理	616
18.1.2 称重系统	617
18.1.3 稳压设备和稳压技术	618
18.1.4 换向器	620
18.1.5 液池	621
18.1.6 泵	621
18.1.7 管路阀门	621
18.1.8 整流器	621
18.1.9 装置的校准方法和不确定度分析	622
18.1.10 装置的特点	624
18.2 静态容积法	625
18.2.1 结构	625
18.2.2 工作量器	626
18.2.3 不确定度分析	627
18.2.4 水表检定装置	628
18.2.5 特点	629
18.3 动态法	630
18.3.1 动态质量法装置	630
18.3.2 动态容积法装置	630
18.3.3 装置不确定度分析特点	631
18.4 体积管	631
18.4.1 原理	631
18.4.2 分类	631
18.4.3 几种主要体积管的基本结构	631
18.4.4 标准体积值	633
18.4.5 脉冲内插技术	635
18.4.6 球式体积管标准不确定度评定	635
参考文献	638

第19章 气体流量标准装置

19.1 钟罩	639
19.1.1 结构	639
19.1.2 原理	640
19.1.3 流量计算	640
19.1.4 钟罩内压力和补偿机构	641