

流量计应用指南

涡街流量计

姜仲霞 姜川涛 刘桂芳 编著



中国石化出版社

TH814
20

流量计应用指南

涡街流量计

姜仲霞 姜川涛 刘桂芳 编著

中国石化出版社

内 容 提 要

本书是《流量计应用指南》丛书的一个分册,专门介绍涡街流量计。该书以卡曼涡街形式、涡街信号检测与处理为基础,以产品为主线,讲述应用各种检测技术检测涡街信号的原理、仪表的测量电路及产品结构,分析了仪表的特点与局限性。并重点介绍了仪表选型、现场设计、安装投运、应用注意事项等内容。

该书可供从事流量测量、流量仪表开发、生产和应用等方面的人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

流量计应用指南. 涡街流量计/姜仲霞,姜川涛,
刘桂芳编著.

—北京:中国石化出版社,2005

ISBN 7-80164-901-X

I. 流… II. ①姜… ②姜… ③刘… III. 速度式
流量计—指南 IV. TH814-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 112846 号

中国石化出版社出版发行

地址:北京市东城区安定门外大街 58 号

邮编:100011 电话:(010)84271850

读者服务部电话:(010)84289974

<http://www.sinopec-press.com>

E-mail: press@sinopec.com.cn

北京精美实华图文制作中心排版

北京大地印刷厂印刷

新华书店北京发行所经销

*

850×1168 毫米 32 开本 16.375 印张 4 彩插 434 千字

2006 年 1 月第 1 版 2006 年 1 月第 1 次印刷

定价:35.00 元

10年来，我们用 **22**个遍布全国的办事处 **130**位优秀的客服人员
48小时内上门检修的承诺，书写了两个字

用心

因我用心，所以您安心。

上海肯特·中国流量计行业极具潜力的企业

选择上海肯特产品的同时，
也将享受到行业中极为完善的服务体系……



咨询电话：021-56027777

网站：www.shanghaikent.com



涡轮流量计

外夹式超声波流量计

电磁流量计

手持式流量计



SHANGHAI KENT
上海肯特

我用心 您安心



YIHUAN

亿环 亿和

**流量仪表专业
制造商**



智能电磁流量计



超声波气体流量计



锥型流量计



智能差压流量计



锥型蒸汽流量计

**专利
可带压拆表**



锥型流量传感器



采用ABB技术的
差压流量计



高压补偿型流量



带变径头的
差压流量计



插入式液体
流量传感器



智能流量显示仪



压力变送器

GPRS方式、CDMA
方式无线远传



天津总经销处

天津市 亿和自控仪表 有限公司
亿环自动化仪表技术



地址：天津市北辰科技园区万科新城紫苑1—102



厂址：天津市北辰区大张庄工业园 邮编：300402



电话（总机）：022—26712988 26722988

26991536 26991538



传真：022—26991537 26720252

手机：13902113872 13902113873

网址：www.tj-yihe.cn

www.china-yihuan.com

E-mail: yihe@tj-yihe.cn

yihuan@china-yihuan.com



河北宏业机械股份有限公司

国家二级计量单位 河北省流量仪表测试中心

公司通过 ISO9001 国际质量体系认证



● 差压流量计

- 集压力、温度变送器于一体，整个系统更简单、测量精度更高
- 可测多种参数测量（差压、体积流量、质量流量、压力、温度）直接输出数字流量信号
- 稳定性好、流量系数长期保持、检测周期长
- 使用寿命长、抗磨损免维护（无可动部件）
- 介质粘度能力强，适用于高粘度、腐蚀性、易结晶、含悬浮物的流体、无堵塞问题
- 比同级别的文丘里管更精巧
- 对安装工艺要求较低，能有效避免或减少测量系统的附加测量不稳定性
- 压力损失小，节约能源。

● 涡轮流量计

- 压力损失小、量程宽、精度高、抗干扰能力强、几乎不受液体密度、粘度、温度、压力、温度影响
- 无可动部件、可靠性高、维护量小
- 可在 $-80 \sim 350^{\circ}\text{C}$ 的工作范围内稳定运行
- 可输出模拟标准信号、可输出脉冲信号、可现场显示，也可与计算机或数据采集系统连接。



● 智能型一体化节流式流量计

- 节流装置和差压变送器甚至压力、温度变送器作成一体，节约安装、维护工作量及费用。
- 采用抗冻式设计，不需防冻液和保温处理，没有水柱误差，在长期维护不到位的情况下也能保证设备的安全运行
- 45度康达角便于清理取压孔（脏污或易结晶介质堵塞取压孔），也便于系统的在线维护
- 节流件采用精制不锈钢一体加工，确保了节流件的强度，并使可能的泄漏点为最少
- 预留压力传感器接口，避免了压力传感器的安装成本
- 管道直径：20 - 1200mm，节流件材质：1Cr18Ni9Ti、304、316、
被测介质：液体、气体、蒸汽，介质温度范围：-40 - 400℃，
介质压力范围：2 MPa、8.0MPa，范围度：6:1、10:1、15:1
系统精度： $\pm 1.0\%$

公司产品：流量仪表、电动气动及通用阀门、化工泵、节流装置、铸件等。

地址：河北省泊头市南仓街461号
电话：0317-8262277（仪表、化工泵销售）
0317-8286617（阀门、铸件销售）
<http://www.hbtongye.com>

传真：0317-8269121 8262289
0317-8221783-8082（节流装置销售）
E-mail: hbtongye@hbtongye.com

"If there's a problem,
Shouldn't you know?"



Prowirl 72/73 涡街流量计

液体、蒸汽和气体流量测量的明智之选

- Prowirl 72
基于专利的差动电容 (DSC) 测量元件的新一代涡街流量计
- Prowirl 73
内嵌测温元件的差动电容 (DSC) 传感器, 无需配备其他附加设备, 即可测量饱和蒸汽的质量流量
- RMS/RMC 621
新一代流量积算仪, 最多3通道, 可扩展模块, 多种数据传输方式

Online now
<http://www.cn.endress.com>

上海销售中心
上海四川北路455号

电话: (021) 64939630, 34029190
传真: (021) 64291300
邮编: 200031
E-mail: shanghai@cn.endress.com

北京销售中心
北京西便门大街32号

公司大楼72810号
电话: (010) 65982488
传真: (010) 65861723
邮编: 100021
E-mail: beijing@cn.endress.com

Endress+Hauser

People for Process Automation



可靠品质释放

永恒魅力

CHONGQING ENDURANCE INDUSTRY STOCK CO., LTD.



金属管浮子流量计



智能涡街流量计



智能孔板流量计



智能气体罗茨流量计



节流装置

[公司其它产品]

- FR、FT 系列膜壳（膜轮）流量计
- LSC 螺线双转子流量计
- HT 系列油库安全活动踏板
- LB、LBI 系列刮板流量计
- LL 系列链轮流量计
- LGBK 系列节流装置
- HLF 系列恒流阀
- LLQZ 系列智能气体腰轮流量计
- LZ 系列金属管浮子流量计
- YHG 系列流体输送鹤管
- DBLU 系列智能涡街流量计
- LPG 系列过滤器、XG 系列消气过滤器
- JSK 系列油料自动控制发油、监控系统

罗斯蒙特 8800CR

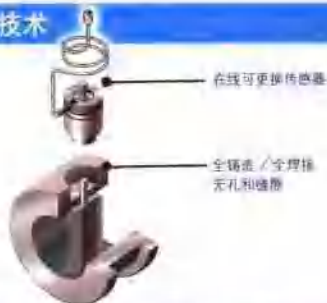
—— 缩径涡街流量计

罗斯蒙特 8800C 涡街流量计——可靠、有效的流量测量技术

8800C 涡街流量计可靠地应用于苛刻环境中

可靠性表现在:

- 不需要引压管
- 市场上唯一的无孔和焊缝的涡街流量计
- 全铸造、无堵塞设计
- 自适应数字滤波及传感系统确保平衡—超高级线性
- 在线可更换传感器
- 先进的诊断功能使得开车、调试、故障排除简单易行



8800CR 带缩径和扩径的涡街流量计降低成本, 增加小流量测量范围

降低成本表现在:

- 比标准涡街具有更广泛的小流量测量范围
- 避免现场焊接缩径和扩径, 节省安装时间和金钱
- 缩径涡街与标准的涡街具有相同的面对面尺寸, 减少动管线的风险

降低安装成本和项目风险

高成本应用:

按照管线尺寸选择缩径流量计口径
在许多应用中仪表不能测出小流量。

管线从 150mm 增至 100mm, 在美国
总体材料和人工费用为 USD 728



普通应用:

现场管线安装缩径和扩径以获得最好的
仪表性能, 但是管线的改变增加了
成本。

低成本应用:

根据流量范围选择带缩径消泡或标准
消泡, 无需改变管线设计。

与标准 8800CF 法兰型涡街流量计比较

举例 4 英寸 (100mm) 8800C

- 尺寸 - 8800CR040 与 8800CF040 面对面尺寸一致
- 测量范围 - 目前 8800CR040 与 8800CF030 (80mm) 一致



相同的面对面尺寸

艾默生过程管理中国机构

上海销售处
电话: 86-21-3295 4755

北京办事处
电话: 86-10-5821 1188

中国流量中心: 800-8201996 (免费)

广州办事处
电话: 86-20-8348 6098

前 言

与差压流量计、容积式流量计、浮子流量计、涡轮流量计、电磁流量计相比，在流量仪表家族中，涡街流量计还是一个小弟弟。自20世纪60年代末涡街流量计问世以来，经30多年的发展，它已跻身通用流量计之列。国内外都已开发出系列、规格和品种齐全的产品，其标准化工作也受到足够的重视，这说明它的发展速度是很快的。

迄今没有哪一种流量计比涡街流量计有更高的亲和力。它把卡曼涡街与热敏、超声、压电、应变、电容、磁电、光电(包括激光和光纤)等检测技术和谐地联系在一起，构成了年富多彩的产品世界。这些产品各具特色，在各种液体、气体、蒸汽及部分油品的流量测量中优势互补，满足从小口径到大口径，从低温到高温各种介质的流量测量需求。为此，本书用了较大的篇幅来介绍各种检测技术在涡街流量中的应用。

涡街流量计是发展中的仪表。近年来传感器技术、信号的数字处理技术、通信技术的发展与在仪表中的应用，给它带来了日新月异的变化，让人目不暇接。一体化智能式涡街流量计的出现，就是这些新技术应用的成果。

末书向广大读者系统地介绍了涡街流量计。以卡曼涡街形成和涡街信号的检测为基础，以产品为主线，讲述应用各种检测技术检测涡街信号的机理、信号放大与处理、涡街流量计产品的结构、特点和应用等内容。

本书是实用性读物，在编写过程中尽可能减少技术

推导，并把重点放在仪表的选型、安装及应用注意事项等方面。在了解和分析各种涡街流量计的特点和局限性的基础上，对读者正确选用涡街流量计有所帮助。

本书共分十五章，其中1~6章主要介绍涡街流量计共性方面的内容；第7~10章介绍了智能型、质量型、特殊型和插入型涡街流量计及应用。在介绍这些涡街流量计对，对它们的优缺点和使用注意事项也做了说明。第11、12章讲述涡街流量计的校准和干标定方面的内容；第13~15章以较大篇幅介绍了仪表的选型、安装和应用。

本书由姜仲霞编写第1~4章和第8~13章；姜川涛编写第6、7和14章；刘校芳与姜仲霞合作编写第5章；姜川涛与姜仲霞合作编写第15章。

在完成本书编写时，尤其应感谢量庆工业自动化仪表研究所张兴仁高工、刘玉萍高工、陈进博士和蔡孝国较师等。他们虽未直接参加本书的编写工作，但书中有些内容也凝聚了他们的劳动。在本书编写过程中还得到孙淮清和蔡武昌两位教授级高工的指导与支持，他们提出了很好的建议，也提供了部分参考资料，对他们的指导与帮助表示感谢。在这里还要特别感谢量庆工业自动化仪表研究所与耐德正奇流量仪表有限公司的领导和职工，他们为本书的编写创造了良好条件。

在编写本书时，还参考了不少国内外专家学者的论文与专著、部分制造厂的产品使用说明书和选型资料，在此也向他们表示衷心的感谢。

限于水平，书中存在的缺点和错误在所难免，敬请读者批评指正。

目 录

第一章 绪论	(1)
第一节 涡街流量计的发展概况	(1)
第二节 与涡街流量计有关的概念与术语	(8)
第二章 旋涡分离现象和卡曼涡街	(19)
第一节 流体的绕流运动和旋涡分离	(19)
第二节 卡曼涡街	(23)
第三章 工作原理、结构和特点	(30)
第一节 基本工作原理	(30)
第二节 组成与结构	(32)
第三节 分类	(33)
第四节 特点与局限性	(35)
第四章 旋涡发生体	(41)
第一节 单发生体	(42)
第二节 双(多)发生体	(50)
第三节 发生体的几何尺寸	(52)
第四节 发生体的斯特劳哈尔数	(57)
第五节 发生体的力学特性	(62)
第六节 三维旋涡发生体——环状发生体	(69)
第五章 涡街信号的检测	(78)
第一节 旋涡形成和分离过程中的物理现象	(78)
第二节 涡街信号的检测方式和要求	(82)
第三节 热敏检测技术的应用和热敏式涡街流量计	(86)
第四节 压电检测技术的应用和应力式涡街流量计	(99)
第五节 超声检测技术的应用和超声式涡街流量计	(129)
第六节 应变检测技术的应用和应变式涡街流量计	(151)
第七节 电容检测技术的应用和电容式涡街流量计	(163)

第八节	磁电检测技术的应用和振动体式涡街流量计	(175)
第九节	光电检测技术的应用和光电(光纤)式涡街流量计	(181)
第六章	信号处理及电路	(188)
第一节	信号处理	(188)
第二节	热敏式涡街流量计的信号处理电路	(193)
第三节	应力式涡街流量计的信号处理电路	(201)
第四节	超声式涡街流量计的电路	(217)
第五节	应变式涡街流量计的信号处理电路	(224)
第六节	电容式涡街流量计的信号处理电路	(227)
第七节	振动体式涡街流量计的信号处理电路	(229)
第八节	光电(光纤)式涡街流量计信号处理电路	(231)
第九节	频率 - 电流转换电路	(232)
第七章	智能型涡街流量计	(244)
第一节	特点和功能	(244)
第二节	硬件组成	(250)
第三节	仪表系数的修正和流体状态参数的补偿	(256)
第四节	软件设计	(262)
第五节	噪声的鉴别与处理	(265)
第八章	质量型涡街流量计	(271)
第一节	间接式涡街质量流量计	(272)
第二节	旋涡强度型涡街质量流量计	(274)
第三节	差压型涡街质量流量计	(276)
第四节	超声型涡街质量流量计	(282)
第九章	插入式涡街流量计及选用	(289)
第一节	工作原理和结构	(289)
第二节	仪表系数	(292)
第三节	仪表系数的简便近似计算方法	(294)

第四节	选型计算	(296)
第五节	仪表选用注意事项	(298)
第十章	几种特殊型涡街流量计及其应用	(301)
第一节	缩径型涡街流量计	(301)
第二节	小管径涡街流量计	(309)
第三节	低雷诺数涡街流量计	(312)
第四节	宽范围涡街风速仪	(314)
第五节	车用空气流量测量装置	(316)
第十一章	涡街流量计的校准	(320)
第一节	校准装置	(320)
第二节	涡街流量计的校准	(326)
第十二章	涡街流量计的干标定	(336)
第一节	国外开展干标定的情况	(337)
第二节	国内开展干标定的情况	(344)
第三节	发生体的选型与试验	(346)
第四节	试验方法与试验设计	(349)
第五节	数学模型及预测预报	(356)
第六节	干标定的后续工作	(363)
第十三章	涡街流量计的选型	(366)
第一节	合理选型的重要性	(366)
第二节	选型应考虑的因素	(367)
第三节	仪表选型步骤	(378)
第四节	选表举例	(384)
第十四章	涡街流量计的现场安装与调试	(395)
第一节	现场安装设计	(395)
第二节	安装注意事项	(414)
第三节	安装作业	(419)
第四节	现场调试	(424)
第五节	现场安全操作注意事项	(426)
第六节	故障分析与排除	(428)

第十五章	涡街流量计的应用及注意事项	(439)
第一节	液体流量测量	(439)
第二节	气体流量测量	(455)
第三节	天然气流量测量	(466)
第四节	蒸汽流量测量	(480)
附 录		
附录 A	液体的物理性质	(490)
附录 B	气体的物理性质	(492)
附录 C	液体、气体粘度的 X 、 Y 值表和一般液体、 气体在常压下的粘度图	(495)
附录 D	天然气超压缩系数表	(500)
附录 E	地区气象表	(511)

第一章 绪 论

第一节 涡街流量计的发展概况

在自然界中，存在许多流体振动现象。例如旗帜在风中飘扬；野外架空电线在风中发出的嗡嗡声响；小溪流使水中的水草、禾苗、小树干频频摆动等，都是流体振动现象的具体表现。

在流体振动(hydrodynamic oscillation)现象中，流体振动频率与流速之间存在着对应关系。应用这种原理测量流量的仪表主要包括旋涡分离流量计(Vortex Shedding Flowmeter)常称涡街流量计；旋涡进动流量计(Vortex Precessing Flowmeter)常称旋进旋涡流量计；射流流量计(Fluidic Flowmeter)。

自20世纪60年代中期开始，美、欧各国和日本的科学家先后以不同的方式投入流体振动流量计的研究。到60年代末和70年代初，先后出现了以上三种流量计。因制造、应用和推广方面的原因，三种流量计的发展情况有所不同。涡街流量计的特点发挥得比较充分，被用户接受较早，发展最迅速。其他两种仪表发展相对缓慢些，但这几年也逐步在推广。本书将以涡街流量计为主题，对涡街流量计进行系统的介绍。

古时候，人们就注意到风可以使拉紧的琴弦发出不同的声音。也有半夜里，挂在床头墙壁的自鸣琴，被夜风吹得发出声响，把主人从梦中唤醒的记载。16世纪中期，著名画家、科学家达·芬奇就在他的作品中描绘了插入水中钝体的后方出现的旋涡列。

世界上最早研究涡街现象的人是匈牙利物理学家斯特劳哈尔(Strouhal)。1878年，在他指导的实验中发现：在风的作用下，一根细弦丝发声的音调与风速成正比，而与弦丝的直径成

反比。

1879年，罗德·拉雷特(Lord. Rayleigh)发现：旋涡引起流体振动时，振动方向与流动方向相垂直；他还观察到：琴弦的固有音调与风对其作用的音调相吻合时，声响会骤然增大。

1908年贝纳德(Benard)指出了圆柱体后方尾流的周期性与旋涡的形成和排列有关。

1912年，德国物理学家冯·卡曼(Von. Karman)在进行了大量实验观察的基础上，研究了涡街的稳定性，并发表了关于无限大均匀流场中涡街稳定条件的著名论文。从数学上证明了圆柱体下游形成涡街的稳定条件。卡曼的这一结论为涡街流量计的发展与应用奠定了理论基础。

然而，人们早期对涡街现象研究的主要目的却是为了防灾。随着工业发展，特别是航空工业的发展，发现了涡街形成对生产和建筑设施的破坏作用，例如高层建筑物、桥梁、塔架、港口设施、船舶桅杆、缆绳、钻井平台支架等，在大风浪中遭破坏；锅炉排管、热交换器中的汇管、管道中的测温套管的损坏或折断都与涡街形成有关。因此，在较长时间内，学者们都在观察和研究涡街形成的规律性，探索涡街产生破坏作用的原因，寻找防止这种破坏作用的方法。20世纪中期，就有学者声称：人类与旋涡危害作用的斗争已持续了近半个世纪。

事物总是存在着两面性，当一些人在研究防止涡街破坏作用的时候，也有另一些人则在探讨如何利用涡街现象和原理做些有益的工作，应用卡曼涡街测量流体流速的设想就是其中之一。这种设想最先见于1935年的美国专利。到20世纪50年代，美国科学家罗什科(Roshko)提出了应用卡曼涡街测量风速的可能性，并进行了有关试验。1960年，在日本志波号船上，进行了应用卡曼涡街原理测量船速的试验。

以上各项试验研究工作，均是在无限大的二维均匀流场条件下进行的。在三维的管流流场中，进行涡街测量流量的研究工作。则要推迟到20世纪60年代中期。在这期间，日本、美