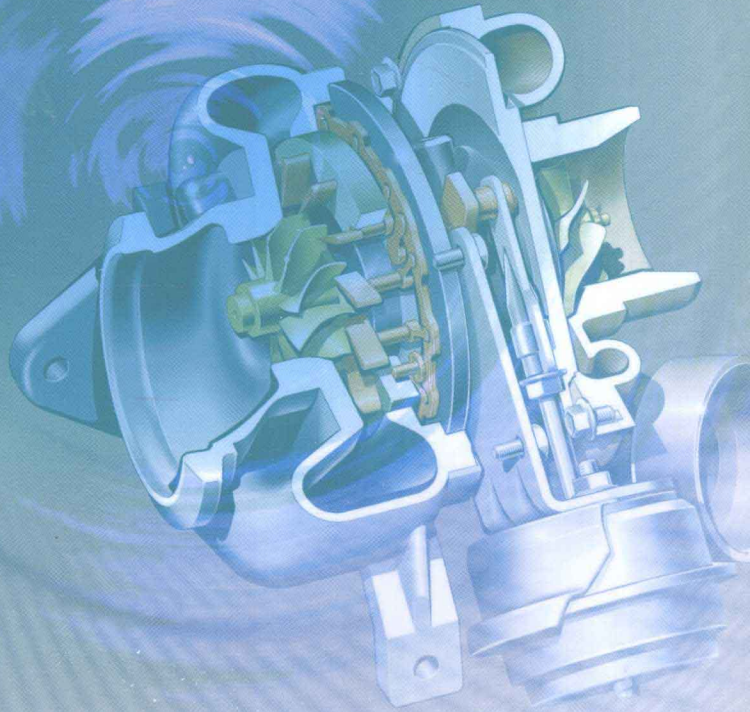



杨有涛 王子钢 主编

涡轮流量计

LIUTUANLIANGJI
WOLUANJI



 中国质检出版社

涡轮流量计

杨有涛 王子钢 主编

中国质检出版社

北京

图书在版编目 (CIP) 数据

涡轮流量计/杨有涛, 王子钢主编. —北京: 中国质检出版社, 2011. 8
ISBN 978 - 7 - 5026 - 3448 - 3

I. ①涡… II. ①杨…②王… III. ①涡轮流量计 IV. ①TH814

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 068377 号

内 容 提 要

本书分为五章, 较全面系统地介绍了涡轮流量计的工作原理和典型结构, 设计制造、应用及选型, 检定、校准以及安装、调试, 并简要介绍了常用流量标准装置的工作原理、结构及试验、检定方法。

本书可供从事流量专业计量检定的工程技术人员、流量计制造厂商、燃气公司、流量计使用者及相关技术人员参考、培训使用。

中国质检出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲 2 号 (100013)
北京市西城区复外三里河北街 16 号 (100045)
网址: www.spc.net.cn
电话: (010) 64275360 68523946
中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

*

开本 787 × 1092 1/16 印张 11.75 字数 279 千字
2011 年 8 月第 1 版 2011 年 8 月第 1 次印刷

*

定价: 40.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话: (010) 68510107

编 委 会

- 主编** 杨有涛 王子钢 (北京市计量检测科学研究院)
- 编委** 唐 蕾 刘佳鹏 (北京市计量检测科学研究院)
- 李 鹏
- 叶 朋 陶朝建 (浙江天信仪表有限公司)
- 李 旭 段慧明 (中国计量科学研究院)
- 廖 新 (重庆市计量质量检测研究院)
- 朱晓光 (丹东贝特自动化工程仪表有限公司)

前 言

坚持资源节约和环境保护的基本国策，事关人民群众切身利益和中华民族生存发展。我们要认真贯彻落实科学发展观，把节能减排作为调整经济结构、转变发展方式的重要抓手，确保实现“十二五”节能减排目标，完善节能减排经济政策，深化能源价格改革。提倡开展节能降耗，首先要求量化能源和损耗，即采用计量仪表准确地计量能源，要根据计量仪表所提供的计量数据来计算和考核能耗，依据计量的结果进行科学管理和生产，提高经济效益，才能实现真正意义上的节能降耗。因此，计量检测是节能降耗、消除贸易结算中双方矛盾所必需的基础手段。

正确使用和检定流量仪表，保证流量量值的准确和统一，不仅对于节约能源、提高经济效益具有重要作用，而且与人民利益密切相关。随着社会的发展和科学的进步，流量仪表和检测技术在国民经济和科技发展中占有特殊地位。流量仪表检测技术涉及国防、科研、工农业生产、能源管理、环境保护等各个领域，与我国国民经济发展息息相关。如果流量仪表计量不准确，会直接影响到国家和消费者的利益，同时还会影响到人民的生命、财产安全。也关系到国内、国际贸易双方的经济利益。

涡轮流量计是一种测量流量的计量器具，其主要用途是定量计量气体和液体流量，保证气体和液体供应方和使用方的公平贸易、合理结算。本书分为五章，较全面系统地介绍了涡轮流量计的工作原理和典型结构，设计制造、应用及选型，检定、校准以及安装、调试，并简要介绍了常用流量标准装置的工作原理、结构及试验、检定方法。

本书的作者都是工作在设计、生产和计量检定一线的有丰富经验的工程师，书中大部分内容均取自生产实践中的工作总结，并兼顾流量计量新技术的实际应用，指导性强，通俗易懂，是一本实用性较强的书籍。

由于编者水平有限，编写时间仓促，因此书中难免有不完善与遗漏之处，恳请读者批评指正。

编 者

2011年4月

目 录

第一章 基础知识	(1)
第一节 概述	(1)
第二节 工作原理和典型结构	(3)
第三节 数学模型和特性曲线	(13)
第四节 特点和安装使用	(28)
第二章 选型、应用及设计制造	(32)
第一节 流量计的选型法则	(32)
第二节 选型的技术指标、原则和方法	(37)
第三节 应用场合	(49)
第四节 天然气的能量流量计量	(50)
第五节 结构分析与工艺设计制造	(55)
第三章 检定和校准	(78)
第一节 气体涡轮流量计的检定方法	(78)
第二节 液体涡轮流量计的检定方法	(90)
第三节 作为标准表的使用	(96)
第四节 测量不确定度评定	(98)
第五节 涡轮流量计型式评价试验	(102)
第六节 应用举例	(109)
第四章 安装和调试	(114)
第一节 验收依据和方法	(114)
第二节 涡轮流量计的安装	(117)
第三节 调试使用	(124)
第四节 常见故障及维修	(126)
第五章 流量标准装置	(128)
第一节 概述	(128)

第二节	钟罩式气体流量标准装置	(133)
第三节	标准表法流量装置	(145)
第四节	音速喷嘴法气体流量标准装置	(153)
第五节	静态质量法液体流量标准装置	(159)
第六节	动态质量法液体流量标准装置	(169)
第七节	静态容积法液体流量标准装置	(171)
第八节	动态容积法液体流量标准装置	(173)
第九节	体积管法液体流量标准装置	(174)
参考文献	(180)

第一章 基础知识

第一节 概述

一、涡轮流量计的组成

涡轮流量计属于速度式流量计，也有人将这类流量计称为叶轮式流量计。叶轮式流量计是利用置于流体中的叶轮的旋转角速度与流体流速成比例的关系，通过测量叶轮的转速来反映通过管道的流体体积流量大小，是目前流量仪表中比较成熟的高准确度仪表之一。主要有涡轮流量计、分流旋翼式流量计、水表和叶轮风速计等，涡轮流量计是其主要的品种。

涡轮流量计由涡轮流量传感器和流量显示二次仪表（流量积算仪）组成，可实现瞬时流量和累积流量的计量。传感器输出与流量成正比的脉冲频率信号，该信号通过传输线路远距离传送给显示仪表，便于进行累积和显示。此外，传感器输出的脉冲频率信号可以单独与计算机配套使用，由计算机代替流量显示仪表实现密度或温度、压力补偿，显示质量流量或流体体积流量。

涡轮流量计一般由下列典型的五部分组成：

1. 表体

表体的材料一般为铸铁或钢，其两端为连接法兰。小口径表也有采用螺纹接口方式的。

2. 整流器

整流器用来使流体流过涡轮流量计时处于规则状态，以消除扰动对计量的不利影响。提高计量准确度。

3. 测量组件

涡轮上有经过精密加工的叶片，它与一套减速齿轮和轴承一起构成测量组件，支撑涡轮的两个高精度不锈钢永久自润滑轴承保证该组件有较长的使用寿命。涡轮流量计也可以选用外部润滑油泵润滑轴承，但是注意不能过量。

4. 磁耦合传动装置

该装置将处于大气环境中的计数器部分与被测量气体分离开来，并将测量组件的转动传递给计数器。

5. 计数器

计数器面板上标有下列重要信息：

(1) 最大工作压力/温度；

- (2) 最小和最大流量/计量等级;
- (3) 产品编号/型号;
- (4) 防爆标志;
- (5) 低频或者高频脉冲所对应的流体当量和接线方式。

二、涡轮流量计的特点

优点：测量准确度高，复现性和稳定性均好；量程范围宽，量程比可达（10~20）：1，线性好；耐高压，压力损失小；对流量变化反应迅速，可测脉动流；抗干扰能力强，信号便于远传及与计算机相连。

缺点：制造困难，成本高。

三、涡轮流量计的应用

涡轮流量计广泛应用于石油、化工、电力、工业锅炉、燃气调压站、输配气管网天然气、城市天然气等领域，并已被广泛应用于贸易计量。它不仅适用于轻质成品油、石化产品等液体和空气、天然气等低黏度流体介质，随着技术水平不断提高，在原油计量和气固测量领域也得到应用。

涡轮流量计主要用于测量准确度要求高、流量变化快的场合，还用作标定其他流量的标准仪表。

四、相关技术标准

目前，在欧洲和美国天然气输配干线上，气体涡轮流量计是仅次于孔板流量计的流量测量仪表。在国内的天然气管线上，气体涡轮流量计更是占首要地位的计量仪表。作为天然气计量上举足轻重的仪表，从20世纪60年代开始，国际上就对涡轮流量计应用于天然气测量进行了大量的试验研究及实践检验，这些成果反映在国际标准、国际建议以及工业发达国家的标准规范上：

- (1) 欧共体标准 EN 12261 Turbine gas meters（涡轮气体流量计）及其2005的修订版

EN12261 作为目前欧盟全体成员国共同采用的气体涡轮流量计标准，从2006年10月30日起，和 OIML R137 一起成为强制性指令 MID 的指导检测标准。从目前国际上现行的标准比较来看，EN12261 是气体涡轮流量计最全面、最有针对性的标准规范，它不仅从计量性能、设计和材料要求、输出、标记、文件资料等方面进行了具体、全面的规范，而且对每项要求都提出了比较详细的检测方法。

- (2) 国际法制计量组织（OIML）R137：2006 Gas Meters（气体流量计），R6：1989 General provisions for gas volume meters（气体容积式流量计通用规范）和 OIML R32：1989 Rotary piston gas meters and turbine gas meter（腰轮流量计与涡轮流量计）

OIML R137 作为国际法制计量组织2006年推出的替代 R6：1989 气体体积流量计通用腰轮规范、R31：1995 膜式燃气表、R32：1989 流量计和涡轮气体流量计这三个文件的替代性文件，于2006年8月14日生效。目前，它也是欧盟 MID 指令的指导检测标准。在 OIML R137 中，不仅对涡轮流量计有要求，而且对其他类型的流量计及其二次电子仪表整体的性能及其安装使用都有要求。单从气体涡轮流量计方面来讲，其要求和 EN12261 比较接近。

(3) 美国天然气协会 AGA No. 7 Measurement of fuel gas by turbine meters (涡轮流量计在燃气的测量) 1981

AGA No. 7 不是产品标准, 而是一份美国天然气协会关于气体涡轮流量计的技术报告。它总结了 20 世纪 60 年代以后气体涡轮流量计在燃气中使用的理论与实践。AGA No. 7 内容包括应用范围, 结构安装, 操作, 仪表特性, 校准, 体积流量和质量流量测量, 现场检查, 计算表格等。从我们目前查阅的资料来看, AGA No. 7 在美国应该和 GB/T 18940—2003 在国内具有同样的地位, 并得到国内很多涡轮流量计生产厂家的认可。

(4) 国际标准 ISO 9951: 1993 Measurement of gas flow in closed conduits-turbine meter (封闭管道气体流量测量 涡轮流量计) 及其 1994 修订版

ISO 9951: 1993 是气体涡轮流量计第一部国际标准, 它标志着气体涡轮流量计已成为国际认可的通用流量计, 该标准规定了仪表结构, 压力试验, 流量计特性, 读数装置要具有现场校验功能, 压力损失, 管道规定仪表结构, 它使各国的产品技术参数协调一致。特别为满足现场安装需要, 要求流量计能在严重流动干扰下无需长的直管段落安装, 对流量计计量品质提出很高的要求。

(5) 国家标准 GB/T 18940—2003 《封闭管道中气体流量的测量 涡轮流量计》

GB/T 18940—2003 是等同采用 ISO 9951: 1993 的中华人民共和国国家标准。

(6) 日本的涡轮流量计工业标准 JIS Z8765: 80 タ - ヒシ “流量计” じよろ流量测定方法

第二节 工作原理和典型结构

一、速度式流量计的特点

利用测量管道内介质流动速度来得到流量的测量方法, 称为速度式测量方法, 是目前流量测量的主要方法之一。利用该原理测量流量的仪表称为速度式流量计, 主要包括叶轮式流量计、旋涡流量计、超声波流量计、电磁流量计等。

速度式测量方法使速度式流量计对管道内流体的速度分布有一定的要求, 工作时必须是满管流, 且对被测介质的流速大小及分布有一定的要求, 流量计前端和后端须有一定长度的直管段 (一般要求前表直管段至少 10DN, 表后直管段至少 5DN) 以形成稳定的流速分布, 这是速度式流量计一个共同的特点。

二、涡轮流量计的工作原理

涡轮流量计由涡轮流量传感器和流量显示仪表 (体积修正仪或流量积算仪) 组成, 如图 1-1, 可实现瞬时流量和累积总量的计量, 加温度和压力补偿时可实现标准状态的瞬时流量和累积总量的计量。

通常, 将涡轮流量计感知流体流速的涡轮组件 (包括前后导流体、叶轮、轴承、壳体、信号检测组件) 统称为涡轮流量传感器, 而将涡轮转速检出后的信号处理、转换部分称为二次仪表或显示仪表。

涡轮流量计按叶轮相对于流向的安装方向, 分为切向式和轴流式两种。切向式的构造

是：由介质切向流动，使计量室内叶轮转动，它可以形象地描述成“水车”；与此相反，轴流式把叶轮设置成保持轴与管中流向平行，叶轮在轴向介质作用下而使其转动，可以形象地描述成“风车”。

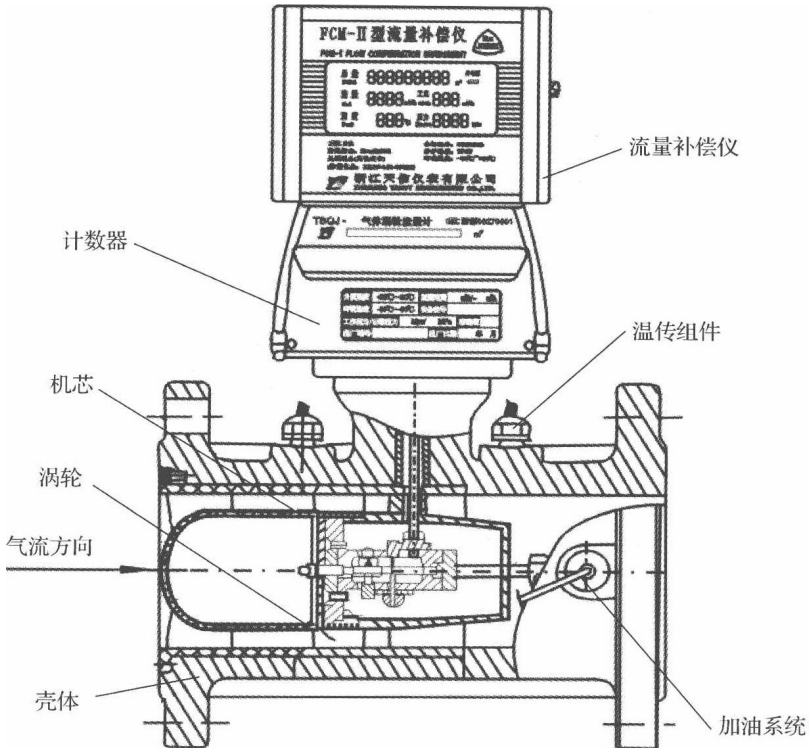


图 1-1 涡轮流量计

不同厂家、不同应用场合，涡轮流量传感器输出方式不同。有些涡轮流量传感器输出与流量成正比关系的脉冲频率，输入到流量显示仪表或计算机。有些涡轮流量传感器在每单位体积时输出 n 个脉冲，输出脉冲当量为 0.01 ($/0.1/1/10$) $/m^3$ 等。

通常分析轴向涡轮工作原理时根据两种理论作为基础：其一是根据动量守恒的原理通过涡轮受力过程进行分析；另一种是根据飞行动力学推力的副翼理论进行分析的。第一种理论的优点是它较直观描述基本工作过程，常用于对影响因素的定量分析，需要配合实验数据求得他们之间的关系；第二种方法的优点是通副翼理论分析，使得其分析更充分和全面，但计算过程较复杂，需要处理大量的数据。下面讨论使用动量守恒动量交换方法作为轴向涡轮流量计分析的一些概念。

涡轮流量计的原理示意图如图 1-2(a) 所示。在管道中心安放一个涡轮，两端由轴承支撑。当流体通过管道时，冲击涡轮叶片，对涡轮产生驱动力矩，使涡轮克服摩擦力矩和流体阻力矩而产生旋转。在一定的流量范围内，对一定的流体介质黏度，涡轮的旋转角速度与流体流速成正比。由此，流体流速可通过涡轮的旋转角速度得到，从而可以计算得到通过管道的流体流量。

涡轮的转速通过装在机壳外的传感线圈来检测。当涡轮叶片切割由壳体内永久磁钢产生

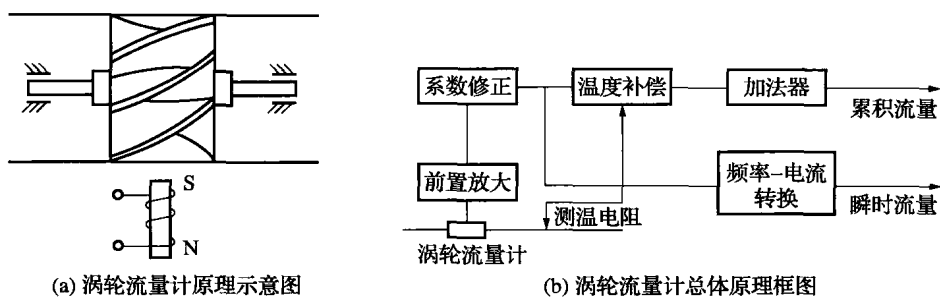


图 1-2 涡轮流量计原理示意图及框图

的磁力线时，就会引起传感线圈中的磁通变化。传感线圈将检测到的磁通周期变化信号送入前置放大器，对信号进行放大、整形，产生与流速成正比的脉冲信号，送入单位换算与流量积算电路得到并显示累积流量值；同时亦将脉冲信号送入频率电流转换电路，将脉冲信号转换成模拟电流量，进而指示瞬时流量值。涡轮流量计总体原理框图如图 1-2(b) 所示。

涡轮流量传感器的简单结构如图 1-3 所示。它主要由仪表壳体、前后导向架组件、叶轮组件和信号检测放大器组成。当被测流体通过涡轮流量传感器时，流体通过导流器冲击涡轮叶片，由于涡轮的叶片与流体流向间有一倾角 θ ，流体的冲击力对涡轮产生转动力矩，使涡轮克服机械摩擦阻力矩和流动阻力矩而转动。涡轮由导磁不锈钢材料制成，装有螺旋状叶片。叶片数量根据直径变化而不同，一般有 2~24 片不等。为了使涡轮对流速有很好的响应，要求质量尽可能小。对涡轮叶片结构参数的一般要求为：叶片倾角 $10^\circ \sim 15^\circ$ （气体）， $30^\circ \sim 45^\circ$ （液体）；叶片重叠度 P 为 1~1.2；叶片与内壳间的间隙为 $(0.5 \sim 1)\text{mm}$ 。流体从机壳的进口流入。通过支架将一对轴承固定在管中心轴线上，涡轮安装在轴承上。在涡轮上下游的支架上装有呈辐射形的整流板，对流体起导向作用，避免流体自旋而改变对涡轮叶片的作用角度。在涡轮上方机壳外部装有传感线圈，能够接收磁通变化信号。

实践表明，在一定的流量范围内，对于一定的流体介质黏度，涡轮的旋转角速度与通过涡轮的流量成正比。所以，可以通过测量涡轮的旋转角速度来测量流量。

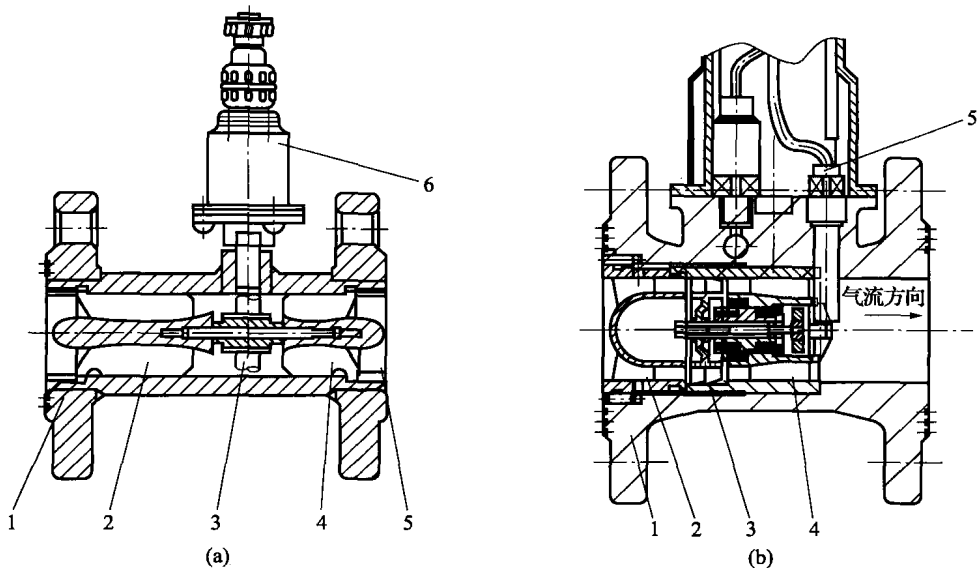
涡轮的旋转角速度一般都是通过安装在传感器壳体外面的信号检测放大器用磁电感应的原理来测量转换的。当涡轮转动时，涡轮上由导磁不锈钢制成的螺旋形叶片依次接近和离开处于管壁外的磁感应线圈，周期性地改变感应线圈磁回路的磁阻，使通过线圈的磁通量发生周期性的变化而产生与流量成正比的脉冲电信号。此脉冲信号经信号检测放大器放大整形后送至显示仪表（或计算机）显示流体流量或总量。

在某一流量范围和一定黏度范围内，涡轮流量计输出的信号脉冲频率 f 与通过涡轮流量计的体积流量 q_V 成正比，即

$$f = Kq_V \quad (1-1)$$

式中， K 为涡轮流量计的仪表系数 ($1/L$ 或 $1/m^3$)，在涡轮流量计的使用范围内，仪表系数 K 应为一常数，其数值由实验校准标定得到。每一台涡轮流量传感器的校准（或合格）证上都标明经过实流校验测得分段不同流量范围的仪表系数 K 值。

仪表系数 K 的意义是单位体积流量（或单位体积的流体量）通过涡轮流量传感器时传感器输出的信号脉冲频率 f （或信号脉冲总数 N ）。所以，当测得传感器输出的信号脉冲频率



1—壳体组件；2—前导向架组件；3—叶轮
组件；4—后导向架组件；5—压紧圈；
6—带放大器的磁电感应转换器

1—壳体；2—前导向架组件；3—机芯组件；
4—后导向架组件；5—流量信号检测组件

图 1-3 涡轮流量传感器

或某一时间内的脉冲总数 N 后，分别除以仪表系数 K ($1/L$ 或 $1/m^3$)，就可得到体积流量 q_V (L/s 或 m^3/s) 或流体总量 Q (L 或 m^3)，即

$$q_V = \frac{f}{K} \quad (L/s \text{ 或 } m^3/s) \quad Q = \frac{N}{K} \quad (L \text{ 或 } m^3) \quad (1-2)$$

三、涡轮流量传感器的结构

如上所述，涡轮流量传感器的结构主要由仪表壳体、导流器、叶轮（涡轮）、轴承和信号检测放大器等组成。

1. 仪表壳体

仪表壳体一般采用不导磁的材料如铝合金或不锈钢（如 1Cr18Ni9Ti）制成，对于大口径传感器亦可用碳钢与不锈钢组合的镶嵌结构。壳体是传感器的主体部件，它起到承受被测流体的压力、固定安装检测部件、连接管道的作用，壳体内装有导流器、叶轮、轴、轴承，壳体外壁安装有信号检测放大器。对于一体化温度、压力补偿型的流量计，壳体上还安装有温度、压力传感器（座）。

2. 导流器

导流器亦称整流器或流量调整器，选用不导磁的铝合金、工程塑料或不锈钢材质、硬铝材料制作，安装在传感器进出口处，对流体起导向整流作用，避免意外扰动对叶轮的影响，但应注意采用导流器有一定的压力损失。

3. 涡轮叶轮

涡轮叶轮亦称叶轮（图 1-4），检测气体一般采用工程塑料或铝合金材质，检测液体一般采用高导磁性材料（如 2Cr3 或 Cr17Ni2 等），是传感器的检测部件，其作用是把流体动能转换成机械能。叶轮有直板叶片、螺旋叶片和丁字形叶片等几种。通过叶轮旋转，在叶片上取出和流量成正比的频率信号。亦可用嵌有许多导磁体的多孔护罩环来增加有一定数量叶片涡轮旋转的频率。叶轮由支架中轴承支承，与壳体同轴，其叶片数视口径大小而定。叶轮的几何形状及尺寸对传感器性能有较大影响，要根据流体性质、流量范围、使用要求等设计。叶轮的动态平衡很重要，直接影响仪表的计量性能和使用寿命。

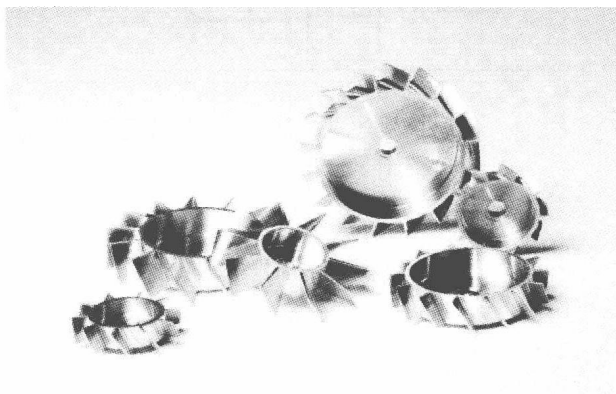


图 1-4 叶轮

4. 轴与轴承

通常选用不锈钢（如 2Cr13, 4Cr13, Cr17Ni2 或 1Cr18Ni9Ti 等）或硬质合金制作，它们组成一对运动副，支承和保证叶轮自由旋转，并需有足够的刚度、强度和硬度、耐磨性、耐腐蚀性等。它决定着传感器的可靠性和使用寿命。传感器失效通常是由轴与轴承引起的，因此其结构与材料的选用以及维护是重要问题。

轴承一般有碳化钨、聚四氟乙烯和碳石墨三种规格：碳化钨的精度最高，可作为工业控制的标准件；聚四氟乙烯、碳石墨能防腐，一般在化工场所优先选用。轴承的寿命与流速的平方成正比，故流速最好选择最大流速的 1/3。

在设计时应考虑轴向推力的平衡，流体作用于叶轮上的力使叶轮转动，同时也给叶轮一个轴向力，使轴承的摩擦转矩增大。为了抵消这一轴向力，在结构上采取各种轴向推力平衡措施。另外，轴承磨损要小。这是提高测量准确度、延长仪表寿命的重要环节。滚动轴承虽然摩擦力矩很小，但对脏污流体及腐蚀性流体的适应性较差，寿命不长。因此，目前仍广泛应用滑动轴承（空心套形轴承）。滑动轴承的轴与轴承间的摩擦转矩与叶轮的重量及轴的直径成正比，因此在机械强度允许的情况下，应尽可能把轴做细，使叶轮的重量减轻。合理选择轴与轴承的材质及两者的配合间隙也是很重要的，目前常采用的材料是耐磨性好的碳化钨硬质合金材料，轴承也可用宝石、塑料或石墨等材料。为减小石墨轴承的磨损，常常在不锈钢轴表面镀以硬铬并进行精磨，其表面粗糙度为 $(0.8 \sim 0.2) \mu\text{m}$ 。为了彻底解决轴承磨损

问题，我国目前生产无轴承的涡轮流量变送器。

涡轮的轴承一般采用滑动配合的硬质合金轴承，要求耐磨性能好。由于流体通过涡轮时会对涡轮产生一个轴向推力，使轴承的摩擦转矩增大，加速轴承磨损，为了消除轴向力，需在结构上采取水力平衡措施，这种方法的原理如图 1-5 所示。由于涡轮处直径 D_H 略小于前后支架处直径 D_s ，所以，在涡轮段流通截面扩大，流速降低，使流体静压上升 Δp ，这个 Δp 的静压将起到抵消部分轴向推力的作用。

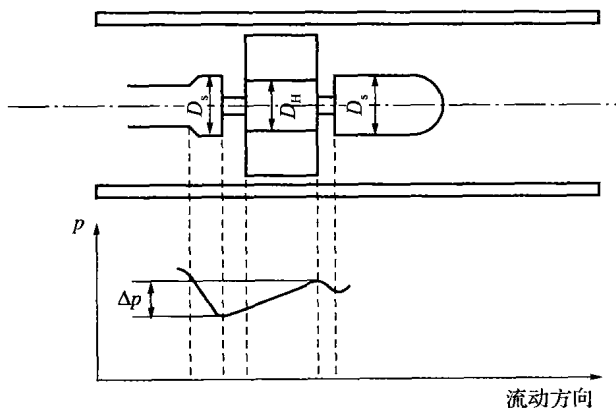


图 1-5 水力平衡原理示意图

5. 信号检测放大器

国内常用信号检测放大器一般采用变磁阻式，它由永久磁钢、导磁棒（铁芯）、线圈等组成，其作用是把涡轮的机械转动信号转换成电脉冲信号输出。由于永久磁钢对高导磁材料制成的叶片有吸引力而产生磁阻力矩，对于小口径传感器在小流量时，磁阻力矩在诸阻力矩中成为主要项，为此将永久磁钢分为大小两种规格，小口径配小规格以降低磁阻力矩。一般线圈感应得到的信号较小，需配上前置放大器放大、整形输出幅值较大的电脉冲信号。线圈输出信号有效值在 10mV 以上的，也可直接配用流量计算机。

图 1-6 为常用的两种前置放大器电气原理图，图(a) 采用稳流二极管作负载，采用复合管射极输出形式，图(b) 采用负反馈电路以提高仪表的稳定性。它们都具有温度稳定性好、放大系数高、负载能力强等特点。

前置放大器由磁电感应转换器与放大整形电路两部分组成，如图 1-7 所示。

国内的磁电转换器一般采用磁阻式，它由永久磁钢及外部缠绕的感应线圈组成。当流体通过使叶轮旋转的，叶片在永久磁钢正下方时磁阻最小，两叶片空隙在磁钢下方时磁阻最大，涡轮旋转，不断地改变磁路的磁通量，使线圈中产生变化的感应电势，送入放大整形电路，变成脉冲信号。输出脉冲的频率与通过流量计的流量成正比，其比例系数 K 为

$$K = \frac{f}{q_v} \quad (1-3)$$

式中 f ——涡轮流量计输出脉冲频率；

q_v ——通过流量计的流量。

该比例系数 K 亦称为涡轮流量计的仪表系数。

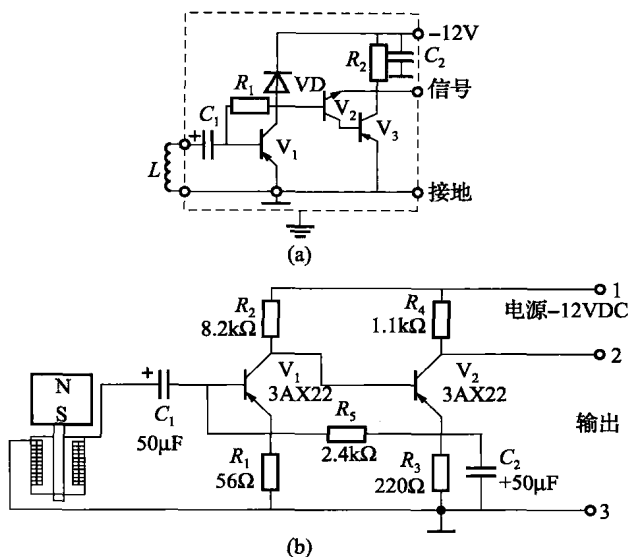


图 1-6 前置放大器电气原理图

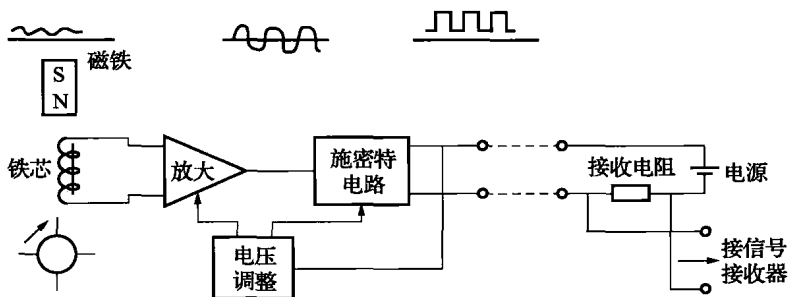


图 1-7 涡轮流量计前置放大器原理图

信号接收与显示器由系数校正器、加法器和频电转换器等组成，其作用是将从前置放大器送来的脉冲信号变换成累积流量和瞬时流量并显示出来。

四、涡轮流量传感器的分类

(一) 按传感器结构分类

1. 轴向型（普通型）

叶轮轴中心与管道轴心重合，是涡轮流量计的主导产品，有全系列产品（DN10 ~ DN600）。

2. 切向型

叶轮轴与管道轴心垂直，流体流向叶片冲角约 90° ，适合于小口径微流量产品。

3. 机械型

叶轮转动直接或经磁耦合带动机械计数机构，指示积算总量，测量准确度比电信号检测

传感器稍低，其传感器与显示仪组成一体，方便使用。

4. 井下专用型

适用于石油开采、井下作业及采输用，测量介质有泥浆或油气流等，传感器体积受限制，耐高压、高温及流体冲击等。

5. 自校正双涡轮型

可用于天然气等气体流量测量，传感器由主、辅双涡轮转速差自动校正流量特性的变化。

6. 广黏度型

在波特型浮动转子压力平衡结构基础上扩大上锥体与下锥体的直径、增加黏度补偿翼及承压叶片等结构措施，使传感器可用于高黏度液体（如重油，黏度达 $30\text{mm}^2/\text{s}$ ）。

7. 一体型

涡轮流量传感器叶片转动直接或经磁耦合带动机械计数机构或智能显示模块，指示积算总量，其传感器与显示仪组成一体，方便使用。

目前，国际上涡轮流量计达到的指标：

公称直径：(6 ~ 760) mm

测量范围：气体 (0.025 ~ 25500) m^3/h ；实际液体 (0.036 ~ 13000) m^3/h

重复性：液体 $\pm 0.1\%$ 读数；气体 $\pm 0.25\%$ ，甚至高准确度为 $\pm 0.1\%$

线性（原始的）：液体 $\pm 0.25\%$

气体 $\pm 0.5\%$

高准确度流量计：液体 $\pm 0.15\%$ ；气体 $\pm 0.25\%$ （通常是指流量在最大量程比 10 : 1 范围之下）

工作温度范围：(-270 ~ +650) $^{\circ}\text{C}$

工作压力范围：从真空到 400 MPa

最大流量下的压降：气体最大为 0.3 kPa；液体最大为 70 kPa

（二）按被测介质分类

1. 液体用涡轮流量传感器

(1) 普通型：适用于测量低黏度 ($\leq 5\text{mPa}\cdot\text{s}$) 液体体积流量，公称通径为 DN10 ~ DN600，准确度等级为 0.25 ~ 0.5（高准确度型为 0.15），使用介质温度为 (-20 ~ ± 120) $^{\circ}\text{C}$ ，压力为 6.3 MPa。

(2) 高黏度型：适用液体黏度 (70 ~ 400) $\text{mPa}\cdot\text{s}$ ，通常为大口径，口径越大黏度可更高，同一台传感器黏度增大，流量下限值提高，范围度缩小。

(3) 耐腐型：适用腐蚀性流体，如稀硫酸、稀硝酸等，一般只有小口径产品 (DN20 ~ DN50)。

(4) 高温型：适用液体温度在 300 $^{\circ}\text{C}$ 以下，被测液体温度受检测线圈耐温性能限制。

(5) 低温型：被测流体温度可低至 -250 $^{\circ}\text{C}$ ，应用于液态氧、液态氮等流体的流量