

轮胎生产企业蒸汽流量计的选择和使用

王其营¹，毕研亮²，吴波²

(1. 中策橡胶(天津)有限公司，天津 300452；

2. 山东枣矿中兴慧通轮胎有限公司，山东 济南 271100)

摘要：对轮胎生产企业常用蒸汽流量计的种类、原理进行简要介绍，然后根据各类流量计的特点，对蒸汽流量计的选择、安装和使用进行重点阐述，为能源管理的数字化、智能化提供助力。

关键词：轮胎生产企业；蒸汽流量计；选择；使用

中图分类号：TQ330.8

文献标识码：B

文章编号：1009-797X(2025)05-0061-06

DOI:10.13520/j.cnki.rpte.2025.05.013

0 前言

流量计是测量蒸汽流量及相应参数的专用装置。随着数字化、智能化技术的发展，蒸汽流量计的种类越来越多，精度越来越高，用途也越来越广泛。因此，选择、安装和使用适宜的流量计对蒸汽计量的准确性、便捷性以及流量计的使用寿命都有较大影响。本文结合轮胎生产企业实际，对蒸汽流量计的种类、原理进行简要介绍，然后根据各类流量计的特点，对蒸汽流量计的选择、安装和使用进行重点阐述，以便于为能源管理的数字化、智能化提供助力。

1 蒸汽流量计的种类、原理

目前，常用的蒸汽流量计有差压式流量计、涡街流量计、旋翼式流量计、V 锥流量计、弯管流量计、孔板流量计、笛形均速管流量计等类型，下面分别就各类流量计的种类和原理进行简要介绍，以便于根据实际需要进行合理选择。

1.1 差压式流量计

差压式流量计是根据安装于管道中流量检测件产生的差压、已知的流体条件和检测件与管道的几何尺寸来计算流量的仪表。差压式流量计由一次装置(检测件)和二次装置(差压转换和流量显示仪表)组成，通常以检测件形式对差压式流量计分类，如图 1 所示。

1.2 涡街流量计

涡街流量计的工作原理是在测量管中垂直插入一个柱状发生体，当流体通过发生体时，发生体后方区域两侧形成低压区，在发生体两侧交替产生有规律的



图 1 差压式流量计外形图

漩涡，这种漩涡就称之为卡门涡街。涡街在发生体下游呈不对称排列，卡门涡街的释放频率与发生体的宽状有关；涡街流量计的流动速度和体积流量与漩涡频率成正比，如图 2 所示。

1.3 旋翼式流量计

旋翼式流量计主要是用来计量饱和蒸汽和微过热蒸汽流量的仪表，由节流体、阻尼器和指示器三大部件组成，是一种差压 - 分流原理仪表，如图 3 所示。

1.4 V 锥流量计

V 锥流量计又名 V 型锥流量计、锥型流量计、内锥式流量计、一体化 V 锥流量计等，其工作原理是：当充满管道的流体，流经管道内的流量孔板时，流速

作者简介：王其营(1967-)，男，高级工程师，橡胶机械专业，已发表论文 300 余篇。



图2 涡街流量计外形图



图3 旋翼式蒸汽流量计外形图

将在流量孔板的节流处形成局部收缩，从而使流速加快，静压力降低，于是在标准孔板前后便产生了压力降（压差），介质流动的流量愈大，在流量孔板前后产生的压差也就愈大，所以可通过测量压差来测量流体流量的大小。该测量方法是以流动连续性方程（质量守恒定律）和伯努利方程式（能量守恒定律）的原理为基础的，如图4所示。

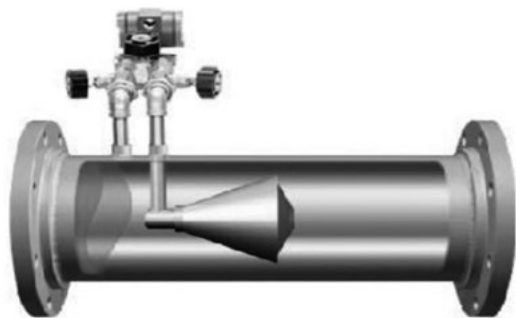


图4 V锥流量计结构示意图

1.5 弯管流量计

弯管流量计属于差压式流量计的范畴，弯管流量

计包括传感器、压差变送器、压力变送器以及显示仪表（弯管流量计的主机）等。压差变送器用来检测传感器产生的压差值，温度变送器测出的温度信号和压力信号一起送到显示仪表中。

流体在通过弯管时，由于离心作用，在进入弯管前 $2D$ （ D 为流量计口径，下同）左右，流体内部被加速，而外部流体被减速，直至进入弯管流体的流速形式成为梯形速度流动模式，且在弯管 45° 截面处达到最大。由于流速的变化，在弯管内、外侧壁上产生压力差，曲率半径一定的 90° 弯头，在离开其弯曲中心最远位置和最近位置上所测得的压力差的平方正比于流体的流速，即正比于流体的流量。由主机中单片机进行必要的逻辑分析和计算，从而显示出流量值，如图5所示。



图5 弯管流量计外形图

1.6 孔板流量计

孔板流量计又称为差压式流量计，是由一次检测件（节流件）和二次装置（差压变送器和流量显示仪）组成。在充满管道的流体流经管道内的节流装置时，在节流件附近造成局部收缩，流速增加，在其上、下游两侧产生静压力差；在已知有关参数的条件下，根据流动连续性原理和伯努利方程可以推导出差压与流量之间的关系而求得流量。

孔板流量计具有结构简单，维修方便，性能稳定，使用可靠等特点，因此被广泛应用于气体、蒸汽和液体的流量测量，如图6所示。

1.7 笛形均速管流量计

笛形均速管流量计又称阿牛巴流量计或托巴管流量计，属于差压式流量计，是采用皮托管测量原理，测量挡体上游的动压力与下游的静压力之间形成的压差，从而达到测量蒸汽、液体、气体流量的目的。如

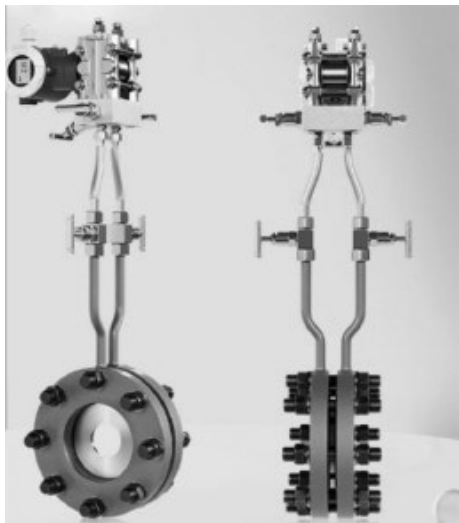


图 6 孔板流量计外形图

图 7 所示。

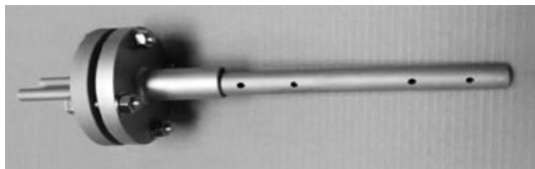


图 7 笛形均速管流量计外形图

2 蒸汽流量计的特点、选择、安装及使用

轮胎生产企业必须根据各类蒸汽流量计的特点，选择适宜的蒸汽流量计，并正确安装、合理使用，才能收到理想的效果。

2.1 差压式流量计的特点、安装及使用

在所有类型的蒸汽流量计中，差压式流量计使用最为广泛。其优点比较明显：

- (1) 整套仪表是由不同厂家的标准节流装置、差压变送器和流量积算仪等组合，使用比较灵活方便。
 - (2) 由于有权威标准作为依据，检测件易于复制。
 - (3) 结构比较简单、牢固，性能可靠，使用寿命较长。
 - (4) 可使用的温度、压力范围广，尤其适合测量高温、高压的饱和蒸汽蒸汽和过热蒸汽。
 - (5) 不用实流校准，使用方便，整体价格较低。
- 差压式流量计也有其缺点：

- (1) 安装比较复杂，在使用过程中易泄漏，维修拆卸较麻烦。
- (2) 量程需要根据结构确定，像差压式流量计量

程仅为 3:1，而线性孔板差压式流量计可达 100:1。

(3) 使用中如果测量条件发生变化，工艺参数偏离了设计值，就会产生较大的测量误差。

由于自身的特点，在选用、安装和使用差压式流量计时，尽量避免因为其自身缺点影响差压流量计的安装和使用。特别是在安装过程中，务必按照安装要求进行，以免因为泄漏造成返工，增加工作量及延长安装时间。由于差压流量计的量程较小，在蒸汽流量、压力、温度等参数发生变化时，会对测量精度产生一定影响，所以在选用时，必须把蒸汽参数的极限值考虑周全，避免在使用过程中出现误差。

2.2 涡街流量计的特点、安装及使用

涡街流量计在饱和蒸汽流量测量中使用较多，其优点包括：

- (1) 结构简单，无可动机械零件，维护量小。
- (2) 测量范围大，量程比可达 10:1。
- (3) 压力损失小，测量精度高。
- (4) 采用压电应力式传感器，可靠性高，可在 $-20\sim+250\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的工作温度范围内工作。
- (5) 有模拟标准信号，也有数字脉冲信号输出，易与数字化、智能化系统配套使用。

涡街流量计的缺点：

- (1) 定期检定需要拆下送检，一般用户无法自检。
- (2) 在测量工况体积流量时几乎不受流体密度、压力、温度、粘度等参数的影响，但是受流速的影响较大，对振动较敏感，易受管道或设备振动的影响而出现测量误差。
- (3) 温度范围有限制，通常不能超过 $300\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，故涡街流量计适合饱和蒸汽流量测量，不宜用于过热蒸汽流量测量。

(4) 不能测量多相流，如湿度较大的饱和蒸汽等。

涡街流量计的优点比较明显，但是缺点也比较突出，特别是在蒸汽流速变化（在轮胎硫化过程中经常出现因蒸汽用量变化造成蒸汽流速不稳定）较大时，容易引起管道及流量计的振动，进而出现明显的测量误差。为此，可以通过使用隔离更换抗震型感应式涡街流量计来解决此类问题。该款流量计壳体采用世界先进的隔离技术设计，结构坚固，无密封件、无安装螺丝、无泄漏；装备隔离且现场不停流更换传感器，不影响连续生产和计量及控制；传感器具有优良的抗震及超高压和超高温的性能，基本是免维护，可实现多重增效；变速器内置先进的电子信号频谱扫描与处

理电路,进一步优化了抗震性能;不受流体密度、压力、温度、粘度等参数影响,下限流量低,测量精度较高;量程比宽,可以达到 20:1~40:1;测量介质温度范围广,从 $-50\sim 500\text{ }^{\circ}\text{C}$,可以测量过热蒸汽;无可动机械零件,压力损失小,安全可靠;直管段要求,流量计前为 $20D$,流量计后为 $5D$;综合运行成本较低,可以弥补普通涡街流量计的缺点。

隔离更换抗震型感应式涡街流量计根据安装方式,分为法兰式、对夹式和插入式三种,企业根据根据现场实际情况进行选择,并按照要求进行安装,其外形图如图 8 所示。

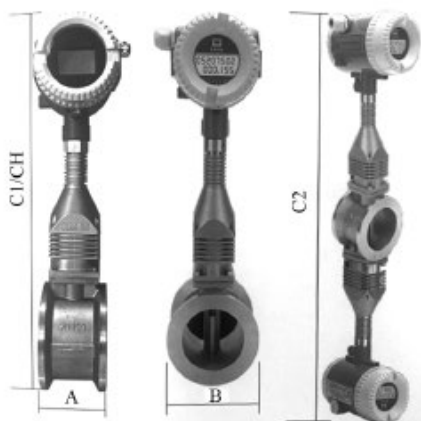


图 8 隔离更换抗震型感应式涡街流量计外形图

2.3 旋翼式流量计的特点、安装及使用

旋翼式流量计具有以下优点:

- (1) 结构简单、牢固、维护量小。
- (2) 调整量程简洁,只需更换内孔板,并有人工调整的压力补偿功能,不用电源等。

旋翼式流量计的缺点:

- (1) 对直管段有一定的要求。
- (2) 只能在水平位置安装,管径的适应范围有限,
- (3) 测量精度不高,只能就地人工抄表。

旋翼式蒸汽流量计的结构和特点决定了其使用范围。虽然在目前数字化、智能化技术推行的情况下,不便于系统管理,但是由于其结构简单、安装便捷、维护量小,不但可以计量饱和蒸汽流量,而且还可以计量微过热蒸汽流量,因此比较适合于现场机台计量。

2.4 V 锥流量计的特点、安装及使用

V 锥流量计具有以下优点:

- (1) 具有良好的准确度 ($\leq 0.5\%$) 和重复性 ($\leq 0.1\%$)。
- (2) 量程较宽,可达 10:1~15:1。

(3) 耐高温、高压、耐腐蚀、不怕震动,可以进行饱和蒸汽和过热蒸汽测量。

(4) 具有自保护功能,节流件关键部位不磨损,能保持长期稳定地工作。

(5) 具有自整流功能,只需要极短的直管段,流量计之前为 $1\sim 3D$ 、流量计之后为 $0\sim 1D$ 即可。

(6) 具有自清洁功能,故可测流体的种类非常广泛(液、气、蒸汽),流量测量区域宽(微小流量—大流量),适应的管径范围大(DN15~DN3000)。

V 锥流量计同时具有以下缺点:

- (1) 存在一定的压力损失。
- (2) 测量高温过热蒸汽时,需要安装冷凝器,或者把导管引长来保护仪表。

(3) 测量蒸汽流量时,需要进行温度、压力的补偿。

由于 V 锥流量计的准确度高、量程宽、耐高温,而且适应管径范围大,因此普遍用于蒸汽主管道的计量,特别是用于蒸汽的贸易计量;同时,由于 V 锥流量计对直管段要求较低,所以安装比较方便。当然,在使用过程中,必须根据 V 锥流量计本身的要求做好温度和压力补偿,以便于计量数据的准确。

2.5 弯管流量计的特点、安装及使用

弯管流量计具有以下优点:

- (1) 结构简单,外形就是一个具有固定几何尺寸、固定形状的弯头。
- (2) 没有任何附加件和节流件,基本没有压力损失。
- (3) 量程比可达 10:1,安装维护方便,测量精度可达 $\pm 1\%$ 。
- (4) 测量装置免维护,性能稳定,寿命长,耐高温、耐高压、耐振动等。

弯管流量计的主要缺点是对差压变送器的选择要求较高,原因是测量产生的差压较低(一般在 3 000 Pa 左右),所以测量蒸汽流量时,需要进行温度、压力的补偿。

弯管流量计在安装时,是将作为弯管传感器的标准弯头代替原来安装在管道上的弯头进行流量测量,没有插入件或者节流件等流量转换环节和元件,是无附加压力损失的节能型流量测量装置。弯管流量计对直管段要求不高,只需要保证前 $5D$ 后 $2D$ 直管段即可。由于弯管流量计能在管径 10~2 000 mm 的大范围管道中精确测量各种流体的流量,因此弯管流量计的使用比较广泛。

2.6 孔板流量计的特点、安装及使用

孔板流量计具有明显的特点：

(1) 节流装置结构易于复制，简单、牢固，性能稳定可靠，使用年限长，价格低廉。

(2) 一体型孔板安装更简单，无须引压管，可直接接差压变送器和压力变送器。

(3) 智能型孔板流量计采用进口单晶硅智能差压传感器，精度高，具有完善的自诊断功能，量程可自编调整，可同时显示累计流量、瞬时流量、压力、温度等，配有多种通讯接口，更适用于智能管理平台。

(4) 稳定性高，量程可达 10:1，可抗高压。

(5) 应用范围广，全部单相流皆可测量，部分混相流亦可应用。

孔板流量计在安装和使用时必须注意以下要点：

(1) 安装前应仔细核对标准孔板的编号、位号、规格是否与管道、流量范围等参数相符。

(2) 严格按照安装规范施工，否则会造成孔板测量不准确。

(3) 孔板流量计的安装位置必须做到直管前 10D 后 5D。

(4) 对于新设管路系统，必须先经扫线后再安装标准孔板，以防管内杂物堵塞或损伤标准孔板。

(5) 标准孔板的中心线应当与管道中心线同轴。

(6) 若在孔板流量计前后安装阀门，最好选闸阀，且在运行中全开。

2.7 笛形均速管流量计的特点、安装及使用

笛形均速管流量计具有以下特点：

(1) 独有的内部二次平均结构，提供了高精度 ($\pm 1\%$) 和高重复性 ($\pm 0.1\%$)。

(2) 压损小，能耗低，节能效果显著。

(3) 量程比可达到 10:1。

(4) 测量管径范围：DN50—DN5000(mm)。

(5) 工作压力，均速管无提出功能型： ≤ 20

MPa，均速管可提出型： ≤ 10 MPa。

(6) 流体温度： ≤ 450 °C。

笛形均速管流量计的缺点：

(1) 均速管前直管道长度要求高，必须达到 20~30D。

(2) 现场安装条件要求高，其产生的差压较小，必须配用高精度的微差压变送器。

(3) 需要测量管道截面积，由于均速管只能测流速，要测流量必须乘管道截面 (圆管要测内径，矩形管需测宽与高)，故管道截面的准确度会影响流量的精确度。

笛形均速管流量计由均速管、三阀组、温压补偿、变送器组成一体化结构，使用方便；外层冲击管采用一整块耐高温、耐腐蚀的材料加工制作而成，无焊接，强度高；不受磨损影响、无泄漏，是孔板的完美替代品。虽然笛形均速管流量计外形比较简单，但是直管段的长度必须满足要求；同时，在安装前，必须把管道截面的全部参数测量准确，以便于准确计算管道的截面积。

3 结语

从上述对蒸汽流量计的种类、原理、特点介绍可以看出，不同结构的蒸汽流量计都有一定的适用范围。因此，在实际使用过程中，应该根据蒸汽的参数、实际用量等的变化、现场环境及相关因素进行综合考虑，以便于选择适宜的蒸汽流量计；在流量计安装时，必须满足其最基本的要求，以便于提高计量的准确度；在实际使用过程中，无论是用于智能平台还是现场显示，都要随时观察和分析流量计参数的变化，以便于及时发现异常，尽快解决存在的问题；如果条件具备，可以在相同的环境中选用不同类型的蒸汽流量计，对比蒸汽流量计的特点，以便于选择更适宜的流量计，为能源管理的数字化、智能化打好基础。

Selection and use of steam flow meters in tire manufacturing enterprises

Wang Qiyang¹, Bi Yanliang², Wu Bo²

(1. Zhongce Rubber (Tianjin) Co. LTD., Tianjin 300452, China;

2. Shandong Zaokuang Mining Group Zhongxing Huitong Tyre Co. LTD., Jinan 271100, Shandong, China)

Abstract: This article briefly introduces the types and working principles of steam flow meters commonly

used in tire production enterprises, and combines the characteristics of various flow meters to focus on the selection, installation, and use points of steam flow meters, aiming to provide support for the digitization and intelligence of energy management.

Key words: tire manufacturing enterprises; steam flowmeter; choice; use

(R-03)

聚酰胺塑料光催化转化领域研究获进展

Progress has been made in the research of photocatalytic conversion of polyamide plastics

华东理工大学化学与分子工程学院教授张金龙团队，提出了一种基于过渡金属过氧化物的水相光催化方法，不仅为聚酰胺塑料的化学回收提供了一种高效、环保的新方法，还为其他类型塑料废弃物的高效转化提供了新的思路。近日，相关研究成果发表于《德国应用化学》。

聚酰胺（PA）塑料，俗称尼龙，广泛应用于纺织、汽车、电子等领域。传统的塑料回收方法往往伴随着高能耗、高成本和二次污染问题。因此，开发一种能够在温和条件下将聚酰胺塑料转化为高附加值化学品的技术具有重要的科学意义和应用前景。

研究团队深耕光催化领域，开发了基于过渡金属过氧化物的水相光催化方法，通过引入过氧化氢（ H_2O_2 ）调控催化剂的结构，诱导了不对称性的钼-氧（Mo-O）单元的形成，制备出具有准二维片状晶体结构的过氧钼酸（ H_2MoO_5 ）催化剂。该催化剂与过氧化氢进一步作用形成了高效“假液相”催化体系。在可见光照射下，该催化体系能够生成低碳醇类化合物。同时，催化剂表现出的 Lewis 酸性，加速了可溶性聚酰胺低聚单体的形成。实验结果显示，在一定条件下，该催化体系能够展现出优异的催化性能。此外，该催化剂还表现出良好的循环使用性能，经过多次反应后仍能保持较高的催化活性。

摘编自“中国科学报”

轮胎巨头 36 亿海外项目，被传叫停！

Tire giant's 3.6 billion overseas project is rumored to be halted!

因美国关税带来的不确定性，墨西哥有 80 项投资被叫停，其中，中策橡胶投建的墨西哥工厂建设进度也疑似放缓。

当地园区开发公司总裁 César Cantú García 表示，该项目眼下处于搁置状态，企业应该在观察美国接下来的关税政策走向。同时，该公司另一位高管认为项目正处在待命阶段，“项目并没有完全停止，只能说速度减慢了”。

据了解，中策橡胶墨西哥项目总投资约 36 亿元，于 2024 年 8 月奠基。

美国曾宣布对墨西哥和加拿大的产品加征 25% 关税，后虽对符合“美墨加协定”（USMCA）的进口商品免征关税，但相关豁免政策只持续至 4 月 2 日。这种关税政策的不确定性，使得在墨西哥有投资项目的企业面临较大风险，不得不重新评估投资计划和建设进度。不过，在这次对话后不久，美国宣布给予墨西哥豁免待遇，除汽车、钢铁和铝制品以外，其他项目不会受关税的直接影响。

这一豁免政策，对中策橡胶墨西哥工厂后续建设进度，存在一定积极影响，但目前尚不清楚对该工厂后续建设进度的具体影响。

摘编自“中国轮胎商务网”

(R-03)

