

# 激光流量计、料位计新技术浅析

王 珏

(中国石化集团上海工程有限公司, 上海 200120)

## 摘要

近年来, 激光因具有测量速度快、测程远、测距精度高、方向性好等优点而受到广泛重视。激光调制波的强度大, 有利于远处目标的距离测量, 保证了很好的测距方向。激光流量计、料位计也在逐步推广应用。对这类仪表予以探讨以求被更广泛地应用。

## 关键词

激光; 流量计; 料位计

中图分类号: TQ 056.1<sup>+</sup>5

文献标识码: A

文章编号: 1008-455X(2012) 01-0053-03

## Analysis of New Techniques for Laser Flow Meter and Level Meter

Wang Jue

(SINOPEC Shanghai Engineering Co., Ltd Shanghai, 200120)

**Abstract:** In recent years, laser has been more and more paid attention because of its advantages of fast measuring speed, long measuring distance, high precision and good direction. Laser modulation wave has strong intensity so that it is beneficial to use it in long distance measurement and to guarantee good direction at the same time. Also, laser flow meter and level meter are being popularized. In this article, this kind of instruments was introduced.

**Keywords:** laser; flow meter; level meter

## 1 引言

随着石化、粉体、医药等行业的迅速发展, 普通仪表已不能满足日益提高的工艺控制要求, 越来越多的石化装置在关键工艺点选用更先进的仪表进行控制和测量。

激光仪表的非接触式测量适合在腐蚀性化学物质和液体中应用。激光仪表利用在过程控制系统中激光技术对于筒型或箱体设备没有死区的优势, 可以远距离测量, 不受噪声和振动的影响。

## 2 激光流量计的测量原理及选型应用

### 2.1 测量原理

激光流量计是利用激光的多普勒效应制成的测速式流量计<sup>[1]</sup> (见流量测量仪表)。当激光光束照到运动的散射体上时, 被运动散射体散射的激光产生

多普勒频移。所谓多普勒频移是指一种由微粒散射的光从一束折向另一束并彼此干涉。频移与散射粒子的运动速度呈正比。激光源是激光多普勒测速仪 (LDV) 的一个重要组成部分。LDV 是利用随流体运动的微粒散射产生的多普勒频移来测量流体速度。在双光束光路条件下, 多普勒频移  $f_D$  与流速  $U$  有如下关系:

$$f_D = 2 \sin(k/\lambda) |U| \quad (1)$$

式中:  $\lambda$  — 激光波长

$k$  — 光束交角

由上式可知, 由于  $\lambda$  和  $k$  是常数, 故  $f_D$  与  $U$  成线性关系。

如果要测量圆形管道的流量, 只要测得沿圆管直径的流速分布, 就能用积分法获得管流量 (如图 1 所示)。由于完全发展的管道流动其速度剖面有一定的规律, 所以通常只要测定圆管中心点流速, 就能得到管流量。

光纤流量传感器与传统的其它流量传感器相比,

收稿日期: 2011-10-10

作者简介: 王珏 (1983—) 女, 工学学士, 主要从事医药和石化自控设计。

Tel: (021) 58366600 E-mail: wangjue.ssec@sinopec.com

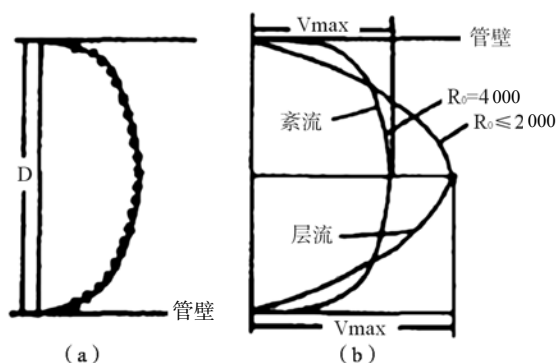


图1 圆管截面流速分布

具有测量灵敏度高、动态测量范围大、耐高温高压、抗电磁干扰力强等优点<sup>[2]</sup>。光纤多普勒流量传感器是一种频率调制的光纤传感器,可实现物体运动速度的非接触高精度测量。根据光的多普勒效应,当频率为 $f$ 的一束光投射到以相对速度 $v$ (远小于光速 $c$ )运动的流体上时,流体接收到的光频率为:

$$f_0 = f - v \lambda \cos \theta_1 \quad (1)$$

式中: $\theta_1$ 为投射光波矢与目标运动方向的夹角。如果相对投射光波静止的光探测器检测该流体的反射光,则探测器接收到的从流体反射的光频率为:

$$f_D = f_0 + v \lambda \cos \theta_2 \quad (2)$$

式中: $\theta_2$ 为反射光波矢与流体运动方向的夹角。由于流体运动导致探测器接收到的反射光波相对于投射光波(光源)的光频差为:

$$\Delta f = f_D - f = v \lambda (\cos \theta_2 - \cos \theta_1) \quad (3)$$

式(3)表明了光源、探测器和被测流体都在作相对运动的情况。光纤多普勒流速传感器就是基于三者的关系通过检测光频差 $\Delta f$ 来确定流体的运动速度的。可以采用干涉检测法(例如:内差法、外差法)检测多普勒频移。光纤多普勒流速传感器采用内差法检测示意图(如图2所示)。

从光纤顶端反射的光束与从散射粒子中反射的

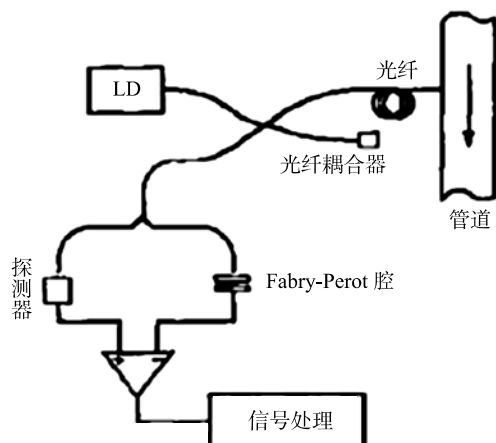


图2 光纤多普勒流速传感器内差法检测示意图

光束相互干涉,通过光纤耦合器进入光电探测器和Fabry-Perot腔中。由于Fabry-Perot腔引入的光程差与光纤端面到管道测量区的光程差相等,造成进入Fabry-Perot腔的两反射光束满足相干条件,而那些管道非测量区反射回来的光束因无法发生干涉而被滤除。这样可以有效地提高系统的信噪比。

## 2.2 选型要求

激光多普勒流量计与其它类型的流量计相比,具有更高的计量性能和动力学性能,尽管要考虑到其结构的复杂性、对光孔的定期清洁以及相对高昂的造价,但是长远来看,它们的应用是有前景的,首先可使用于各种特殊用途,例如:用于直接比对的检定流量装置中,作为标准器、试验台中不标准液流的流量测量、超粘性介质(冲压装置中的环氧树脂)的流量测量、微小流量(血液透析装置中,微小剂量系统中)测量等等。

应用激光多普勒相关技术于流量计测量具有非接触测量、精度高、动态响应快、无转动部件、无磨损、线性度好、动态测量范围大、功能强和便于智能化管理等优点,在某些特定场合,可以实现现场标定,而传统流量计由于要保证其校正精度,在其上下游都需要相当长的直管段。这种要求不仅在经济上要多加花费,而且在某些设备空间有限或结构特殊的部位是不可能实现的。而激光流量计由于它能实时测量当地管路内平均速度的空间分布,进而能获得流过该截面的实际流量,因而具有更好的适用性。但此类仪表也存在一定的缺陷,激光源和探测器之间需要足够的透明度,精度高度依赖发射和反射光束的一致性,价格昂贵,激光测量煤炭等深色物质有困难,因为煤炭是黑色物质,易吸收光波。激光流量计同时也不适用测水的流速,因为水的反射量小。因此,选用此类仪表需要综合考虑以上因素。

目前有测量以长度计量材料的光学长度、速度测量仪LIS-4。LIS-4是专为非接触测量各种用于生产、剪裁和配量的,以长度来计量的材料和产品而设计的,包括:电缆、光纤、金属丝导线、轧材、织物、纸张、胶片、三合板、地毯等。在对精度和可靠性尚未达到现代化要求的常规应用中,LIS-4允许替换成机械滚压和履带式速度、长度测量仪。LIS-4的工作原理是激光多普勒风速测定法。完整的光学模块和在DSP装置上平行处理数据的特殊处理器的使用,给LIS-4提供了高计量学和动力学参数。目前,激光流量计厂家有Digmesa AG等,还未找到具体的实例应用。

### 3 激光料位计的测量原理及选型应用

#### 3.1 测量原理

激光料位计也称激光物位计,是由半导体激光器发射连续或高速脉冲激光束,激光束遇到被测物体表面进行反射,光线返回由激光接收器接收<sup>[3]</sup>。并精确记录激光自发射到接收之间的时间差,从而确定从激光雷达到被测物之间的距离。其测量原理与传统的超声波、雷达等非接触式物位计相同,主要区别是其波长更短,测距更远,光束发散角更小,衰减更小,穿透能力更强、抗外界环境干扰的功能更强等。

距离物料表面的距离  $D$  与脉冲的时间行程  $T$  成正比:

$$D = C \times T/2$$

其中,  $C$  为光速。

因空罐的距离  $E$  已知,则物位  $L$  为:

$$L = E - D$$

根据用户设置的量程和满度信息,处理器计算出当前料位的百分比,然后按照比例输出 4~20 mA 或 0~5 V 等模拟信号、RS485 或 Modbus 数字信号、警示报警继电器开关信号等。

#### 3.2 主要特点

可实现连续的准确测量;激光料位计以光波的形式进行测量,并且激光的穿透能力很强,所以,激光料位计不受被测物质的粉尘浓度、气体密度和压力等因素影响。

#### 3.3 选型要求

料位计的选型首先要考虑被测对象是属于哪一类设备,如槽的容积较小,测量范围也不会太大;罐的容积较大,测量范围可能比较大。其次,还要看介质的物化性质及洁净程度,首选差压式及浮筒式,还要对接触介质部分的材质进行选择,高黏度介质的液位及高压设备的液位,由于设备无法开孔,可选用放射性液位计或激光料位计。由于激光料位计是非接触,连续的测量,激光不受介电常数的影响,不受空气、温度、压力或者周围环境影响,狭窄光束可以精确测量圆锥型料仓底部。所以,对于介质受温度影响较大,物位变化比较快的场合,高要求项目,要求精确,精度高,可选用此类仪表。当然激光料位计也存在一定的缺陷,如易受测试波段光源干扰,价格昂贵。因此,在选型上需要综合考虑

以上因素。

#### 4 应用实例

随着激光料位计的使用,越来越多的厂家已投入生产各种各样的料位计<sup>[4]</sup>。如 K-TEK 的 LASER-METER 系列,约克仪器的 Optech 激光料位计,霍克川仪生产的 HS 系列,澳大利亚 HAWK 生产的 SULTAN 系列等。

K-TEK 是全球领先的物位测量仪表生产商<sup>[5]</sup>,全球超过 35 000 项应用,涉及在纸浆制造处理、采矿建筑、食品加工、石油和天然气、化学处理等。K-TEK 的 LASERMETER 系列包括:LM2D™、LM3D™、LM80™、LM200™、SURESHOT™。

下面详细介绍一下 K-TEK 的 LASERMETER 系列的激光料位计及其应用。我们以 LM80™ 激光物位变送器<sup>[6]</sup>为例,它主要在苛刻环境中测量物位、距离和定位用大量程可达 500 英寸/150 m(定位应用)或 100 英寸/30 m(物位测量应用),无射束发散,即无虚假回波,用窄波束在任意角度测量任意介质表面,射束发散角度小于 0.5°,用于物位测量,瞄准点可选,双腔铝制或不锈钢外壳 IP66, NEMA 4X,分辨率在 ±0.4 之间,精确度在 ±1 英寸,供电 16~32VDC,输出 4~20 mA 信号,RS232 用于设置、故障处理。可应用于测量塑料颗粒、谷仓、食品加工工业、碎石仓、矿石仓、户内、户外定位一起重机和小车定位。

K-TEK 的 LM™ 系列激光料位计已在北京东方搬迁的 PVA 料仓上有过具体应用。

#### 5 结束语

激光流量计、料位计是一种新技术,由于能解决以前仪表的一些难点,目前在一些工业中已开始应用。

#### 参考文献:

- [1] 沈熊. 激光多普勒相关流量测量系统[J]. 传感器世界, 2008, 8(2): 15-17.
- [2] 李前萌, 高占武, 白海军. 光纤流量传感器在石油领域中的进展[J]. 中国电子研究会出版刊物, 2010(5): 22-24.
- [3] <http://www.lasermesureland.com>.
- [4] <http://www.instrumentation.co.za/news.aspx?pklnnewsid=11559>.
- [5] [http://www.efunda.com/designstandards/sensors/laser\\_doppler/laser\\_doppler\\_intro.cfm](http://www.efunda.com/designstandards/sensors/laser_doppler/laser_doppler_intro.cfm).
- [6] [http://www.alibaba.com/Laser-Levels\\_pid190402](http://www.alibaba.com/Laser-Levels_pid190402).