

# 民用天然气小流量计量仪优选评价

刘洪<sup>1</sup> 王治<sup>2</sup> 胡昌权<sup>2</sup> 朱愚<sup>2</sup> 李山凤<sup>2</sup> 蒋华全<sup>2</sup>

(1.重庆科技学院 2.中国石油西南油气田公司重庆气矿)

刘洪等.民用天然气小流量计量仪优选评价.天然气工业,2006,26(7):110-113.

**摘要** 针对民用天然气流量范围波动较大且含有一定粉尘或杂质的特点,开展了民用天然气小流量计量对比试验研究,分析评价了不同类型的民用天然气流量计量仪的准确度等级、对气流环境和外界条件的适应能力等性能上的差异,并据此提出了民用天然气小流量计量仪表的优选建议。

**关键词** 民用天然气 小流量 流量计 最优化

天然气销售市场特别是中小流量的城镇民用气市场发展很快。中小民用天然气流量范围波动较大,即每日三餐时有3个用气高峰,其余时段流量很小或没有流量。然而,任何流量计测量的流量比均是有限的。目前国内用于民用天然气小流量计量的流量计主要包括差压式(如标准孔板流量计)、容积式(如腰轮(罗茨)流量计<sup>[1]</sup>)、速度式(如各类新型的涡轮、旋进旋涡、靶式流量计等)<sup>[1-5]</sup>。无论选用哪种流量计,如仅以高峰流量来确定流量计的规格,当供气流量低于所选流量计下限时,都会因计量漏失而造成负偏差<sup>[4-5]</sup>。对于DN50的流量计而言,若供气压力0.2 MPa,按每天低谷流量计量时间为2 h计算,将会造成30~60 m<sup>3</sup>/d的漏计损失,每年漏计损失量可达10950~21900 m<sup>3</sup>;如果运行中超出流量高限,造成的计量漏失更大,若每天存在30 min的超上限10%~50%运行,将造成每天25~125 m<sup>3</sup>的漏计损失,每台流量计每年的计量漏失可达9000~45000 m<sup>3</sup>,且易损坏流量计。

因此,根据现场工况选择合适的流量计和正确使用目前在用的流量计,使其在降低流量计量漏失的同时,保持用户供气的平稳、可靠,对于降低天然气供应商的隐形损失和维护合法利益十分重要。

## 一、民用气小流量计量对比试验研究

为了研究在现场不同工况条件下各类流量计的实际使用情况,结合民用气的特征,在一些实践经验的基础上,选择了比较典型的一个站场,通过串联安装各类流量计进行了对比试验。

### 1. 试验工况条件和安装要求

试验按照具有民用气性质的供气管路和便于试验观察、调整的原则,选择了某配气站。该站位于净化气长输管道的中下游,为纯民用气管路,符合流量波动较大的试验条件,气质条件相对较好,但天然气中仍含有一定的粉尘,其场地较宽裕,适合多台流量计的串联安装。该配气站平均供气量1200 m<sup>3</sup>/d,平均压力(绝压)0.20 MPa,最低瞬时流量0 m<sup>3</sup>/h,最高瞬时流量150 m<sup>3</sup>/h,用户约1200户。

试验选用DN50的流量计,其中智能涡轮流量计、SBL-GB智能靶式流量计、TDS智能旋进流量计、LUXZ智能旋进旋涡流量计的测量范围为10~150 m<sup>3</sup>/h(20℃,0.101325 MPa),准确度等级为1.5级,罗茨流量计可达到1.0级。各智能流量计在安装之前进行了实验室检定和校准,对已安装的孔板流量计进行了现场清洗检查和参数设置检查(未设置小信号切除),并对压力、差压、温度变送器等二次仪表进行了联校。试验流程布置原则为:①各流量计间按串联方式安装;②各种流量计间的连接直管段(无标准要求,说明书要求5~10 D)均按大于等于20 D要求,孔板流量计按SY/T6143-1996要求布置。

### 2. 对比试验分析

#### (1) 试验方案

在满足直管段要求的情况下,方案一将高级孔板阀、罗茨流量计、智能涡轮流量计、SBL-GB智能靶式流量计、TDS智能旋进流量计、LUXZ智能旋进旋涡流量计等6台流量计串联在一起,进行对比试验,试验流程见图1。然而,方案一中下游的罗茨流量计

**作者简介:**刘洪,1972年生,博士,副教授;2003年毕业于原西南石油学院,现从事油气藏开采技术等方面的科研教学工作。地址:(400042)重庆市渝中区石油路1号重庆科技学院石油学院。电话:(023)89092540。E-mail:liubret@vip.sina.com

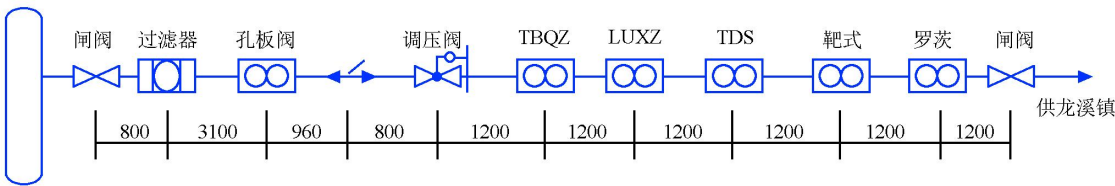


图 1 方案一试验流程示意图

运行产生的脉动流干扰可能影响部分流量计的计量性能。因此,为了观察脉动流干扰对其他流量计的影响程度,方案二在方案一的试验流程中取消罗茨流量计,再对其他流量计进行对比。

(2)对比分析

表 1、2 分别为方案一和方案二得到的对比试验

日流量(限于篇幅只列出有代表性数据)。根据表 1 和表 2 日流量试验数据,孔板流量计的计量结果最高,其次为罗茨流量计,其余从高到低依次为:智能涡轮流量计、TDS 智能旋进流量计、SBL-GB 智能靶式流量计、LUXZ 智能日旋进旋涡流量计。

根据表 2,方案二流程中取消罗茨仪表以后,孔

表 1 方案一中流量计串联对比试验日流量表

| 日期          | 罗茨流量计* | LUXZ 智能旋进旋涡流量计 |        | TDS 智能旋进流量计 |       | SBL-GB 智能靶式流量计 |        | TBQZ 智能涡轮流量计 |       | 孔板流量计(配单片机) |       |
|-------------|--------|----------------|--------|-------------|-------|----------------|--------|--------------|-------|-------------|-------|
|             | 流量(m³) | 流量(m³)         | 偏差(%)  | 流量(m³)      | 偏差(%) | 流量(m³)         | 偏差(%)  | 流量(m³)       | 偏差(%) | 流量(m³)      | 偏差(%) |
| 2002 年 10 月 |        |                |        |             |       |                |        |              |       |             |       |
| 7 日         | 1363   | 590            | -56.71 | 1310        | -3.89 | 1237           | -9.24  | 1338         | -1.83 | 1423        | 4.40  |
| 8 日         | 1379   | 592            | -57.07 | 1329        | -3.63 | 1226           | -11.09 | 1357         | -1.60 | 1422        | 3.12  |
| 9 日         | 1286   | 516            | -59.88 | 1219        | -5.21 | 1127           | -12.36 | 1267         | -1.48 | 1341        | 4.28  |
| 10 日        | 1301   | 516            | -60.34 | 1256        | -3.46 | 1127           | -13.37 | 1287         | -1.08 | 1358        | 4.38  |
| 平均          | 1332   | 554            | -58.45 | 1279        | -4.04 | 1179           | -11.48 | 1324         | -1.50 | 1386        | 4.03  |

注: \* 为计算流量对比偏差的基准值,下同。

表 2 方案二中流量计串联对比试验日流量表

| 日期          | TBQZ 智能涡轮流量计* | LUXZ 智能旋进旋涡流量计 |        | TDS 智能旋进流量计 |       | SBL-GB 智能靶式流量计 |        | 孔板流量计(配单片机) |       |
|-------------|---------------|----------------|--------|-------------|-------|----------------|--------|-------------|-------|
|             | 流量(m³)        | 流量(m³)         | 偏差(%)  | 流量(m³)      | 偏差(%) | 流量(m³)         | 偏差(%)  | 流量(m³)      | 偏差(%) |
| 2002 年 10 月 |               |                |        |             |       |                |        |             |       |
| 11 日        | 1235          | 766            | -37.98 | 1202        | -2.67 | 1071           | -13.28 | 1300        | 5.26  |
| 12 日        | 1221          | 1026           | -15.97 | 1205        | -1.31 | 1131           | -7.37  | 1305        | 6.88  |
| 13 日        | 1339          | 1125           | -15.98 | 1314        | -1.87 | 1179           | -11.95 | 1417        | 5.83  |
| 14 日        | 1436          | 1208           | -15.88 | 1422        | -0.97 | 1259           | -12.33 | 1515        | 5.50  |
| 平均          | 1308          | 1031           | -21.14 | 1286        | -1.68 | 1160           | -11.30 | 1384        | 5.85  |

板流量计的计量结果仍然最高,其次为智能涡轮流量计,其余计量结果从高到低的排序与方案一完全相同,但偏差的幅度有所变化。

从表 3 可以看出,TBQZ 智能涡轮流量计、TDS 智能旋进流量计、LUXZ 智能旋进旋涡流量计在低谷流量时均出现了回零的现象,而罗茨流量计、孔板流量计、智能靶式流量计在低谷流量时计量数据比较接近。可以看出前 3 种仪表出现了小流量漏失现象,而后 3 种仪表低谷流量时运行比较正常。

通过表 1、表 2 试验数据对比分析发现,各类流量计中孔板流量计计量结果最高,说明电动仪表提高了孔板流量计的性能。在表 3 中也可看出低谷流量时(涡轮、旋进旋涡流量计已显示为 0),孔板流量计的测量值与罗茨流量计基本一致,避免了漏失计量。这也证明了表 2 日流量数量中,孔板流量计和罗茨流量计计量结果比较接近这一现象。

表 1、2 中智能涡轮流量计和孔板流量计的日流量计量结果也比较接近。方案一的偏差为 -5.72% ,

表 3 方案一中流量计串联对比试验瞬时流量表

| 时间<br>(2002 年)    |       | 罗茨流量计 <sup>a</sup>          | LUXZ 流量计                    |           | TDS 流量计                     |           | 靶式流量计                       |           | TBQZ 流量计                    |           | 单片机                         |           |
|-------------------|-------|-----------------------------|-----------------------------|-----------|-----------------------------|-----------|-----------------------------|-----------|-----------------------------|-----------|-----------------------------|-----------|
|                   |       | 瞬时流量<br>(m <sup>3</sup> /h) | 瞬时流量<br>(m <sup>3</sup> /h) | 偏差<br>(%) | 瞬时流量<br>(m <sup>3</sup> /h) | 偏差<br>(%) | 瞬时流量<br>(m <sup>3</sup> /h) | 偏差<br>(%) | 瞬时流量<br>(m <sup>3</sup> /h) | 偏差<br>(%) | 瞬时流量<br>(m <sup>3</sup> /h) | 偏差<br>(%) |
| 10<br>月<br>5<br>日 | 4:00  | 9                           | 0                           | -100      | 0                           | -100      | 6                           | -33.3     | 0                           | -100      | 9                           | 0         |
|                   | 8:00  | 71                          | 31                          | -56.3     | 69                          | -2.82     | 65                          | -8.45     | 69                          | -2.82     | 71                          | 0         |
|                   | 11:54 | 132                         | 47                          | -64.4     | 134                         | 1.515     | 25                          | -81.1     | 136                         | 3.03      | 138                         | 4.545     |
|                   | 20:00 | 82                          | 58                          | -29.3     | 81                          | -1.22     | 76                          | -7.32     | 79                          | -3.66     | 82                          | 0         |
|                   | 24:00 | 25                          | 0                           | -100      | 27                          | 8         | 23                          | -8        | 26                          | 4         | 24                          | -4        |
| 10<br>月<br>6<br>日 | 3:54  | 10                          | 0                           | -100      | 0                           | -100      | 8                           | -20       | 0                           | -100      | 10                          | 0         |
|                   | 7:50  | 64                          | 29                          | -54.7     | 65                          | 1.563     | 60                          | -6.25     | 63                          | -1.56     | 63                          | -1.56     |
|                   | 12:00 | 128                         | 37                          | -71.1     | 126                         | -1.56     | 116                         | -9.38     | 125                         | -2.34     | 133                         | 3.906     |
|                   | 15:57 | 35                          | 0                           | -100      | 34                          | -2.86     | 27                          | -22.9     | 33                          | -5.71     | 36                          | 2.857     |
|                   | 19:50 | 90                          | 71                          | -21.1     | 89                          | -1.11     | 82                          | -8.89     | 86                          | -4.44     | 93                          | 3.333     |

取消罗茨流量计后也无明显变化,相互偏差为-5.97%。但是涡轮流量计计量结果明显比孔板流量计低。通过表 3 发现,低谷流量时涡轮流量计出现了回零的现象,而孔板流量计运行比较正常,说明涡轮流量计存在小流量计量漏失的现象。

表 1、表 2 中 TDS 智能旋进流量计计量结果比孔板流量计、罗茨流量计、涡轮流量计都低。从表 3 中可以看出该流量计也存在小流量计量漏失的现象。

智能(变面积)靶式流量计的计量结果偏低。从检查情况来看,其原因在于:靶片制作得很薄,材质较差,在较高流速的气流作用下,造成其靶片严重变形,有效面积变小、靶径发生改变,从而引起流量计流出系数发生变化。

从试验数据中看出,LUXZ 智能旋进旋涡流量计与其他流量计计量结果比较偏差较大,低谷流量时存在明显漏失计量。而且罗茨流量计运行产生的气流干扰对其有明显影响。表 1 中 LUXZ 智能旋进旋涡流量计与 TBQZ 涡轮流量计之间的偏差为-57.74%,取消罗茨仪表以后,表 2 中下降到-19.0%。说明气流干扰对 LUXZ 智能旋进旋涡流量计影响较大,该流量计计量性能较差。

二、计量仪优选建议

(1)对中小流量民用气计量的流量计的选择比较复杂,需慎重对待。对于流量波动较大且含有一定粉尘或杂质的民用气的流量计量,须根据实际环境,既要考虑流量计的测量准确度、工况条件,也要结合现场使用经验等几方面来综合考虑选择流量计。①结合使用流量计的环境条件,对各种流量计的性能进行综合分析,评价其综合性能,不可片面追

求流量计某方面的优异性能而忽略其他不利影响;②必须明确供气压力、供气流量及其可能的波动范围、供气性质等;③若流量波动较大,既要考虑流量高时的计量,又要兼顾流量低时的计量需求,以免造成过大的漏计损失量。

(2)当二次仪表为高性能的智能变送器及自动积算仪时,孔板流量计计量性能得到大大改善。从准确度、对现场的适应性等综合性能来看,孔板流量计的稳定性好,流量测量的量程可调节幅度大,对现场的适应性好。民用气的管路口径大于等于 DN50 mm 时,应首选配智能变送器及智能积算仪的孔板流量计。

(3)智能罗茨流量计对流态不敏感,漏失计量几率最小,计量性能比较可靠。若孔板流量计不能适应,可以选择智能罗茨流量计。但是若存在较严重的粉尘,易造成智能罗茨流量计转动不灵活,影响其计量准确度,甚至造成智能罗茨流量计损坏。

(4)智能涡轮流量计虽然存在一定的小流量漏失计量现象,但是其计量结果和孔板流量计以及智能罗茨流量计比较接近。需注意的是:智能涡轮流量计不适应强气流冲击,若可能存在较强冲击性气流,易造成涡轮流量计叶片损坏,更换涡轮叶片对智能涡轮流量计计量性能有一定影响。

(5)TDS 智能旋进流量计虽然对现场的适应性较好,在较复杂的环境下能正常运行,且具有较好的抗干扰能力,但该型流量计起步流量相对较大,存在一定的漏失计量,造成计量结果偏低。

(6)LUXZ 智能型旋进旋涡流量计,抗干扰能力力差,不适合有干扰的场合。且该型流量计起步流量相对较大,漏失计量现象比较严重。在大多数天然气计量场合,不推荐使用该型流量计。

(7)从试验情况看,智能变面积靶式流量计对波动幅度较大的民用气计量的适应性差,当流量达到或接近流量计上限时,容易造成流量计损坏。由于缺乏足够的试验数据,因而在天然气流量计量中,应慎重选择使用智能变面积靶式流量计。

(8)计量仪表安装时,流量计上游直管段应尽量长,以减少气流干扰对流量计的干扰;同时,流量计应尽量安装在距离调压阀较远的下游,降低压力提高工况流量,减少漏计损失对流量计量的影响。

#### 参 考 文 献

[1] 田军,杨惠明,任毅松,等.天然气中小流量计量仪表[J].

天然气工业,2002(2).

[2] 王贵波,申世芳,陈伟,等.孔板流量计自动计量模式的最佳选择[J].天然气工业,2004(10).

[3] 王东,郭淑梅,白岩,等.差压式孔板流量计的误差来源与控制对策[J].天然气工业,2004(10).

[4] 苏宏春,袁宗明.天然气流量计量仪表及选择原则.西南石油学院学报,2001(1).

[5] 郭明.浅议腰轮流量计的误差[J].国外油田工程,2006(1).

(修改回稿日期 2006-05-25 编辑 赵 勤)