

新型螺旋涡轮流量计用于液态烃贸易计量

厉勇¹ 李昊洋² 汤涛³

1 大庆油田工程有限公司 2 大庆油田采油六厂 3 东北石油大学电子科学学院

摘要: 传统涡轮流量计虽然具有良好的测量精度和响应特性,但对介质黏度、温度和压力较敏感,难以保持在多变条件下的长期稳定性。螺旋流量计采用一体化车制的螺旋形叶片,既保持了传统涡轮流量计精度高、压降低、响应快、质量轻、体积小以及维护安装方便等诸多优点,又具有叶片结构坚固、适应黏度范围大、长期稳定性好等新特点。该流量计在实验室测试和现场使用测试中,表现出了良好的计量特性;在不同介质测试中的重复性极佳,在原油测试中具有较好的线性度,能够满足包括原油在内的液态烃贸易计量的要求。

关键词: 螺旋涡轮流量计; 液态烃; 计量; 测试; 准确度

doi:10.3969/j.issn.1006-6896.2015.10.037

引言

1953年出现的早期螺旋叶片涡轮流量计主要用于航空飞行器内部燃料油的传输消耗计量。20世纪60年代中期,螺旋涡轮流量计开始进入欧洲油气工业计量,在北海严酷环境下表现出良好的原油计量性能。1994年美国引入双螺旋涡轮流量计,2000年API颁布MPMS 5.3《用涡轮流量计计量液态烃》,对包括螺旋涡轮在内的涡轮流量计使用进行规范。

传统涡轮流量计虽然具有良好的测量精度和响应特性,但对介质黏度、温度和压力较敏感,难以保持在多变条件下的长期稳定性。经过不断发展和完善,螺旋涡轮流量计克服了上述缺点,将涡轮流

量计适用黏度扩展至高黏原油,成为一项应用前景广阔的新型液态烃流量计。该流量计采用一体化车制的螺旋形叶片,既保持了传统涡轮流量计精度高、压降低、响应快、质量轻、体积小以及维护安装方便等诸多优点,又具有了叶片结构坚固、适应黏度范围大、长期稳定性好等新特点。

目前,螺旋涡轮流量计主要有法国Faure-Herman HELIFLU™ TZN型双螺旋涡轮流量计、美国Emerson Smith公司生产的MV系列螺旋涡轮流量计和其旗下Daniel公司生产的1500系列螺旋涡轮流量计等,主要用于石油产品管输计量、油轮及海上平台原油计量和油库管理等,其中HELIFLU™ TZN型双螺旋涡轮流量计标称长期稳定性大于5年。几种典型液态烃贸易交接用螺旋涡轮流量计参数见表1。

表1 典型液态烃贸易交接用螺旋涡轮流量计参数

厂家	型号	口径 D /mm	流量 / $m^3 \cdot h^{-1}$	适应黏度 /cSt	准确度 /%	重复性 /%	工作温度 / $^{\circ}C$	前直管段长度
Faure-Herman	HELIFLU™ TZN	10~500	0.12~6 000	<350	± 0.15	0.02	-30~180	4 D ~6.5 D
Smith	MV系列	80~400	14~4 290	<160	± 0.15	0.02	-40~70	
Daniel	1500系列	80~450	15.8~6 359.5		± 0.15	0.02	-40~204	10 D

1 新技术特点及优势

螺旋型与传统型涡轮流量计明显不同之处是,螺旋涡轮流量计转子上只有2个螺旋型叶片,而不是传统型的多叶片型式,如图1所示。螺旋涡轮流量计在测量高黏性原油时,可减少原油在转子界面层的积滞。口径为8 in (1 in=2.54 cm)的传统型和螺旋涡轮流量计转子,当转子界面层厚度都增加0.001 in时,会导致传统型涡轮流量计流动剖面面积产生0.3%的变化,螺旋涡轮流量计只产生0.1%

的变化,即传统型受影响程度是螺旋型的3倍。流动剖面面积的改变直接影响流体通过流量计的速度,进而影响流量计的准确度。另外,螺旋型转子叶片的形状、安置角度等,也可以改善转子叶片周围的流动状态,降低仪表对流体黏度的敏感性,提高仪表稳定性和使用年限。螺旋涡轮流量计拓展了传统型涡轮流量计的测量范围,对原油计量有更好的适应性。

与传统结构相比,螺旋涡轮流量计结构更加简单,布局更加合理,其应用范围已覆盖部分容积式



流量计的最佳黏度范围^[1],如图2所示。而且它只有一个可动部件,并采用高强度碳化钨作轴承,采用钛或铝作转子,可实现长期的稳定性和可靠性。根据 Faure Herman 提供的资料,双螺旋涡轮流量计在国外原油计量应用中,曾连续使用7年流量计系数几乎没有变化。

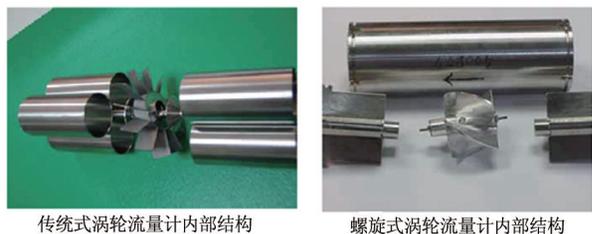


图1 传统式与螺旋式涡轮流量计结构对比

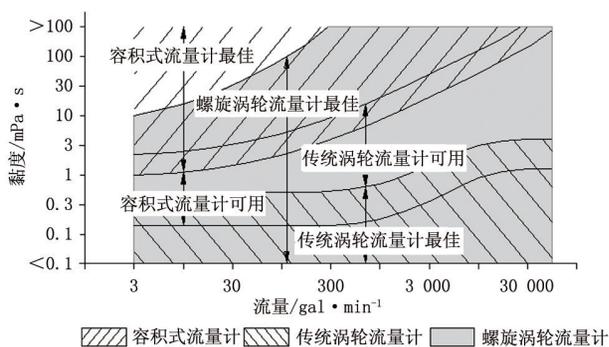


图2 API MPMS 5.1 推荐的涡轮流量计适用黏度范围

2 TZN100-300螺旋涡轮流量计性能

2004年2月至5月,大庆油田工程有限公司曾对法国 Faureman Herman 公司一台配有标准直管段的 TZN100-300型螺旋涡轮流量计进行实验室性能测试。该台流量计口径为 DN100 mm, 计量准确度 $\pm 0.15\%$, 重复性优于 0.02% , 流量范围 $30\sim 300\text{ m}^3/\text{h}$ 。测试内容包括水装置测试和原油测试两部分,原油测试依据美国石油协会标准 API MPMS5.3 进行^[2]。

水装置测试温度约为 $10\text{ }^\circ\text{C}$, 表压约为 0.3 MPa , 密度约为 999.7 kg/m^3 , 黏度约为 1.31 cSt , 共测试4个流量点,每个流量点测3次,测试数据见表2。

表2 TZN100-300涡轮流量计水装置测试数据

检定流量/ $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$	平均 K 系数/ $\text{N} \cdot \text{m}^{-3}$	重复性/%
77.6	1 616.5412	0.02
126	1 620.3555	0.02
199	1 613.9870	0.01
279	1 619.3575	0.02

原油测试油温约为 $70\text{ }^\circ\text{C}$, 表压约 0.45 MPa , 密度约 980.0 kg/m^3 , 黏度约 25 cSt , 共测试5个流量点,每个流量点测3次,测试数据见表3。

TZN100-300螺旋涡轮流量计以水和原油为介

质进行9组测试,重复性误差均不超过 0.02% , 测试误差不超过 $\pm 0.2\%$,如图3所示。

图3中浅灰色区域为0.2级流量计的 K 系数允许波动范围。从图3及测试数据中可以看出,在以原油和水为介质开展的流量测试范围内,该流量计测试误差及重复性均符合0.2级测量准确度要求,原油测得的线性度优于水。

表3 TZN100-300涡轮流量计原油测试数据

检定流量/ $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$	平均 K 系数/ $\text{N} \cdot \text{m}^{-3}$	重复性/%
56.7	1 596.8076	0.02
126.8	1 599.0554	0.00
161.2	1 598.1308	0.01
235.3	1 597.1393	0.01
279.1	1 597.4307	0.01

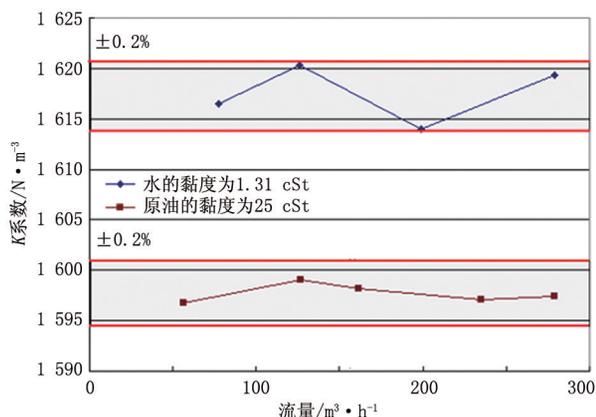


图3 TZN100-300水和原油测试 K 系数分布

以水为介质获得的平均 K 系数为 $1\ 617.56\text{ N} \cdot \text{m}^{-3}$, 较以原油为介质获得的平均 K 系数 ($1\ 597.71\text{ N} \cdot \text{m}^{-3}$) 正向相差 $19.85\text{ N} \cdot \text{m}^{-3}$, 约为平均 K 系数的 1.23% 。可见,介质黏度依然对流量计 K 系数影响较大。

3 现场使用测试

2004年,公司购置一台 TZN100-200型螺旋涡轮流量计作为标准表,用于海上油轮的体积管检定。该流量计口径为 DN100 mm, 计量准确度 $\pm 0.15\%$, 重复性优于 0.02% , 流量范围 $20\sim 200\text{ m}^3/\text{h}$ 。

在检定海上油轮船载体积管时,需在检定前后,利用活塞式体积管以现场原油为介质检定两次涡轮流量计,取两次 K 系数平均值。在检定船载体积管时,将船载体积管与涡轮流量计串联,记录体积管运行一周期涡轮流量计所产生的脉冲数,利用此脉冲数与 K 系数平均值的乘积算出船载体积管的标准体积,将标准量值传递给体积管。

该流量计自投用3年来,共完成7次船载体积管的检定,检定数据见表4。



表4 TZN100-200涡轮流量计现场检定数据

检定日期	检定地点	初检			复检			平均K系数/ N·m ⁻³
		流量/m ³ ·h ⁻¹	K系数/N·m ⁻³	重复性/%	流量/m ³ ·h ⁻¹	K系数/N·m ⁻³	重复性/%	
20050408	南海开拓号油轮	87.5	2 069.169	0.00	87.4	2 069.373	0.02	2 069.271
20060409	南海开拓号油轮	91.2	2 104.780	0.01	91.2	2 105.135	0.02	2 104.957
20070602	南海开拓号油轮	76.0	2 118.779	0.01	77.0	2 118.870	0.01	2 118.824
20060526	南海发现号油轮	105.0	2 103.303	0.00	105.0	2 103.546	0.01	2 103.424
20070823	南海发现号油轮	161.0	2 110.410	0.01	161.0	2 110.140	0.01	2 110.275
20060221	南海盛开号油轮	113.7	2 100.332	0.01	113.7	2 100.203	0.00	2 100.268
20070910	南海胜利号油轮	42.0	2 091.750	0.02	42.0	2 092.121	0.02	2 091.935

TZN100-200螺旋涡轮流量计作为船载体积管检定用的标准表,在2005年至2007年14次检定中,重复性均不超过0.02%,显示出良好的稳定性。

4 结论

从对TZN型螺旋涡轮流量计的实验室测试和现场使用测试情况来看,螺旋涡轮流量计具有较强的稳定性和可靠性,较传统涡轮流量计对介质的黏度不敏感,在不同介质测试中的重复性极佳,在原油测试中具有较好的线性度,能够满足包括原油在内的液态烃贸易计量的要求。

参考文献

- [1] General Considerations for Measurement by Meters; API MPMS5.1[S]. Washington D C: American Petroleum Institute, 1995: 2.
- [2] Measurement of Liquid Hydrocarbons by Turbine Meters; API MPMS5.3[S]. Washington D C: American Petroleum Institute, 2000: 3-7.

[第一作者简介] 历勇: 工程师, 2003年毕业于大庆石油学院电子信息工程专业, 从事计量检定技术研究工作。

15303698280、li_yong7966@126.com

收稿日期 2015-02-04

(栏目主持 焦晓梅)

国内首例高温电潜泵助力SAGD百吨井

辽河油田公司杜84-馆平15井日产液522 t, 日产油168 t, 自加入百吨井家族以来, 日产油始终排名第一, 这得益于它的好伙伴——国内首例高温电潜泵的鼎力相助。作为油田公司重大试验项目之一, 这台高温电潜泵自2013年6月投入生产以来, 已成功服役2年, 交出了一份令人满意的答卷。SAGD对于井下机采设备的耐温、耐腐蚀、耐磨蚀、安装方式都有严格的要求, 目前国内SAGD开发普遍采用管式泵+抽油机举升方式。这种方式虽然能够满足高温大排量举升要求, 但存在检泵周期短、泵效下降快、抽油杆和脱接器断脱等诸多问题, 而且无法满足排量大于500 t/d的生产需求, 这些因素都影响和制约了SAGD持续稳定生产。为解决这些问题, 该公司开展了SAGD有杆泵工艺技术的重要探索。

据了解, 高温电潜泵在国际上已有应用先河, 在国内尚属首次。相对于有杆泵采油, 采用高温电潜泵具有排量扬程范围大、功率大、生产压差大、适应性强、地面工艺流程简单、机组工作寿命长、管理方便等技术优势。考虑到杜84-馆平15井的实际运行情况, 高温电潜泵的本土化难免受到质疑: 实际耐温能力够不够, 能不能达到理论排量, 经济适用性是否合理等。面对这些质疑以及投入运行后可能会遇到的问题, 该公司积极组织技术人员, 从前期技术论证、和外界交接详细调研, 到中期的试验方案设计、试验选井、设备采购及验收, 再到最后的作业施工方案及下井作业施工都反复研讨, 精益求精。

为提高耐温能力, 该公司研究出优化泵挂深度、增加井下温度监测及地面超温保护系统、增加动液面监控装置和增加掺水降温应急流程四项技术对策, 投产后目前泵上温度199℃, 动液面平稳, 达到方案要求。为确保电潜泵在大排量下高效、平稳运行, 该公司精心组织, 科学管理, 持续跟踪馆平15井生产效果, 及时调整运行参数, 试抽排量达到800 t/d, 系统效率达71%。截至目前, 这台电潜泵已经连续稳定运行760天, 累计创效2 432.75万元, 投入产出比达1:1.5, 经济效益十分可观。

高温电潜泵在SAGD油井上试验应用的初步成功, 填补了国内SAGD开采无杆泵技术应用空白, 标志着国内SAGD举升工艺技术迈上新台阶, 也为SAGD技术未来发展提供了更为广阔的前景。

马强报道

