

了解和选择科里奥利技术用于钻井液监控

摘要

连续、精确并可靠地测量钻井液的体积和密度有助于提高钻井作业的效率和安全，减少非工作时间 (NPT) 和油井增产。许多应用和系统采用了高准科里奥利流量和密度传感器技术，提供可靠、连续的钻井数据。

了解科里奥利技术关于钻井液应用难题的相关问题，可以极大地减少现场问题并确保该技术的成功应用。本白皮书将着重强调科里奥利传感器涉及与泥浆测井和钻井孔控制系统相关的各种应用的技术因素，以此来提高在现场对高准科里奥利技术的了解、选择和成功应用。

技术应用

科里奥利传感器是一种多变量传感器，提供质量和体积流量、密度和温度的测量。质量流量精度为流量的 ±0.05 至 0.1%。传感器由一个分流管组成，该分流管将液流分为两股，分别导入两条流管并导回分流管的出口侧。参见图 1。

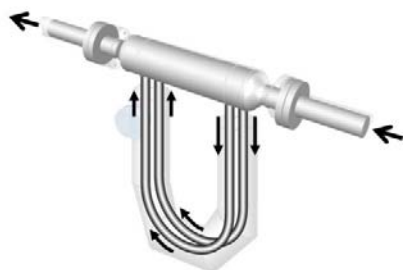


图 1 传感器流径

在两条流管的几何中心安装有一个驱动线圈，用于在固有谐振频率下振动过程流体和管道。流管的入口侧和出口侧装有一块磁铁和一个拾感器线圈，用于检测科里奥利效应。参见图 2。由于振动，线圈通过磁场移动并产生一个与运动量成比例的正弦波。

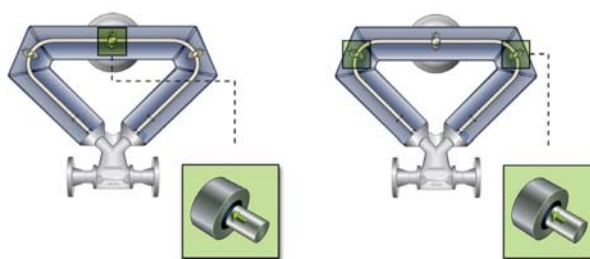


图 2 驱动和拾感器线圈

当流管充满过程流体并处于零流量状态时，拾感器入口和出口的正弦波同相。在有流量的条件下，科里奥利效应导致管道扭转，两条正弦波偏移并分开。两个信号间的时间差与质量流量成正比。参见图 3。

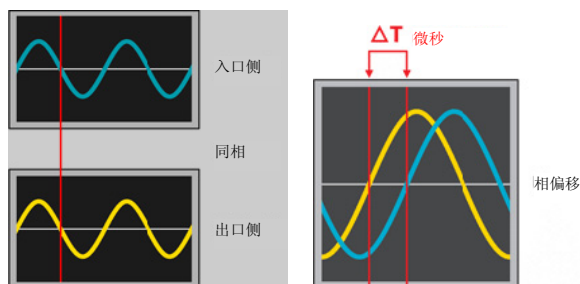


图 3 测量质量流量



测量管道振动频率使得可以直接测量流管中流体密度。参见图 4。只针对液体的密度精度为 $0.0002 - 0.0005 \text{ g/cm}^3$ ($0.0017 - 0.004 \text{ lb/gal}$)，操作范围高达 5 g/cm^3 (41.7 lb/gal)。

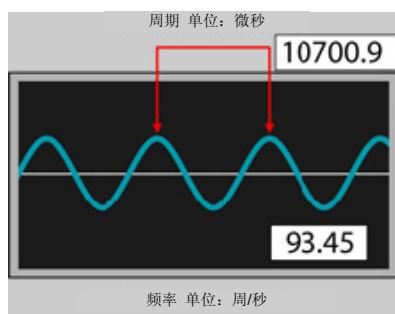


图 4 测量密度

操作条件下的流体体积流量为质量流量除以测量的密度。对于量程比高达 20:1 的情况，体积流量精度与质量流量精度规格相同。高准选型方案用于确定流量超过 20:1 量程比的质量流量不确定度，对于 ELITE® 系列的传感器，当量程比为 100:1 时通常不确定度小于 $\pm 0.5\%$ 。

仪表内的 RTD 用于测量流管温度，并且因为它不浸入液流，所以只适用于一般温度监控应用，精确到读数的 $\pm 1 \text{ }^\circ\text{C} \pm 0.5\%$ 。参见图 5。

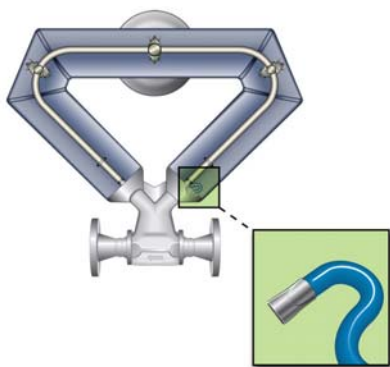


图 5 测量温度

由于提供了各种电子设备选项 — 包括用于传输多种过程变量和诊断数据的模拟、频率和通讯的组合 — 轻易地完成了高准科里奥利仪表与数据记录系统的连接。

高准科里奥利仪表目前用于测量钻孔钻井液、回流体积流量和/或密度。滑流和全流测量系统均用于下列主要应用：

- 混合时泥浆密度
- 即时混合系统中的泥浆流量
- 基于入桶量和出桶量 (BIBO) 的泥浆漏失和井涌检测
- 基于回流密度加强井涌检测
- 控制压力钻井系统的泥浆漏失和加强井涌检测
- 钻粉回注的注入量和泥浆质量

富有挑战性的应用问题

不同流体性质的不同基钻井液

因为科里奥利仪表可以直接测量质量流量，所以传感器不限于特定的流体类型，并能测量气体、液体或浓稠的浆液。温度、密度、粘度和成分引起的流体性质变化不影响测量性能。这意味着适当尺寸的传感器可用于测量水、油或包括钻井液中不同泥浆比重和化学添加剂在内的合成基流体。

流管工作温度和压力改变金属流管的弹性。这些变化在质量和密度测量中容易获得补偿。温度/压力与弹性间的关系众所周知并可预测。安装在流管上的 RTD 用于温度效应自动、实时地补偿弹性。

压力效应同样也是众所周知的，对于高于 $14.5 \text{ psi} / 1 \text{ bar}$ 标定压力的压力而言，压力效应值用每平方英寸磅数 (psi) 或每巴 (bar) 误差值的百分数表示。误差的实际值引入了仪表尺寸和设计的变化。如果预计过程压力会保持相对稳定，那么向电子设备输入工作压力会对压力效应提供基于固定值的精确补偿。如果预计压力会在大范围内持续变化，那么进入电子设备的压力信号将提供必要的动态补偿。在大多数应用中，变送器采用固定值已绰绰有余。表 1 提供了一个压力变化引起误差的示例，该例中采用高准 CMFHC3 传感器测量钻井液流量。

基准条件		
泥浆流量	1,200 gal/min	4,542 l/min
泥浆密度	12.5 ppg	1.5 kg/l
压力变化	100 psi	6.9 bar
流量		
体积流量误差	- 2.4 gal/min	- 9.1 l/m in
流量误差百分比	-0.20%	-0.20%
密度		
密度误差	- 0.03 ppg	- 0.00319 kg/l
密度误差百分比	-0.21%	-0.21%

表 1 压力对质量和密度的影响

基准条件		流体密度: 17 ppg	粘度: 40 cP		
		压力: 75 psig	温度: 80°C		
流量		质量流量精度		速度	
USGPM	lpm	流量的百分数		ft/sec	m/s
1,400	5,300	0.10		14.2	4.3
1,275	4,826	0.10		12.9	3.9
1,200	4,542	0.10		12.2	3.7
1,025	3,880	0.10		10.4	3.2
900	3,407	0.10		9.1	2.8
775	2,934	0.10		7.9	2.4
650	2,460	0.10		6.6	2.0
525	1,987	0.10		5.3	1.6
400	1,514	0.10		4.0	1.2
275	1,041	0.12		2.8	0.9
150	568	0.21		1.5	0.5

表 2 量程比与速度和精度

腐蚀性流体、恶劣的环境和过程条件

科里奥利仪表设计中没有浸入流体的机械部件，不会因突然的流量浪涌、气流或大颗粒而损坏。在温度、压力、运输（振动）和存在泵发出脉动流的苛刻的环境条件下，无机械设计提高了传感器的可靠性。传感器的工作温度范围是从 -400 °F (-240 °C) 至 +662 °F (+350 °C)。传感器的压力额定值取决于仪表和结构材料的尺寸，范围是 1,500 psi (103 bar) 至 2,855 psi (197 bar)。采用科里奥利仪表的滑流应用只用于测量密度，并且易于达到应用要求。全流测量中的问题集中在腐蚀和处理钻井液回流中的钻粉。科里奥利仪表可以在非常宽的量程比 — 通常为 100:1 — 下精确测量。这使得可以在应用中使用一台大仪表，通过降低流体速度在 12 ft/sec (3.6 m/sec) 以下来避免腐蚀，而不牺牲测量性能。大尺寸的仪表还可以促使流动的大颗粒（钻粉）通过仪表时不发生堵塞。参见表 2。

变化的流量

某些情况下钻井作业可能要求降低钻井液循环速度，例如建立连接、排出井涌时抽吸压井泥浆以及控制压力钻井系统控制流量。科里奥利仪表有很高的量程比性能，对测量精度和对流量变化的敏感度不产生大的影响。这使得在降低循环速度时能可靠地测量小的体积变化。

图 6 说明了一般的流量量程比与一台 ELITE 科里奥利仪表流量质量精度的关系。

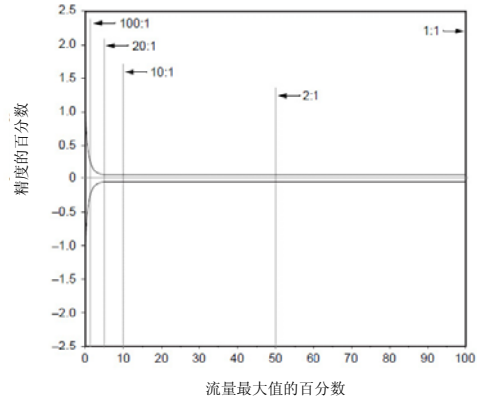


图 6 量程比与质量流量精度

如果我们采用表 2 中的最小流量点，一个 150 gpm (568 lpm) 的微小流量会精确到 ±0.31 gpm (±1.2 lpm) 以内，包括了重复性、线性、滞后和零点稳定性的综合效应。

为确保高量程比下对流量变化的敏感度最大，在选择科里奥利仪表时，保证所有误差来源包含在精度规格内 — 尤其是零点稳定性 — 非常重要。

夹带气体

科里奥利仪表测量两相流的质量流量和密度。气体容积率较低 $\leq 5\%$ 时，夹带气体引起的质量流量和密度误差通常非常小。然而，密度测量会代表相关的两相流的容积率，导致密度读数小。因为体积流量由质量流量除以合并的流体密度得出，传感器会指示由于存在夹带气体，体积流量增加。气体容积率大于 5% 会导致流量和密度测量的读数减小。

在存在夹带气体的情况下，传感器的设计极大地影响科里奥利仪表的性能。要使测量最精确，需要更高剖面、流量管频率低的双管传感器，如高准 ELITE 传感器。通常，传感器剖面越小，工作频率越大，导致两相流不随管道振动，产生大流量和密度测量误差。

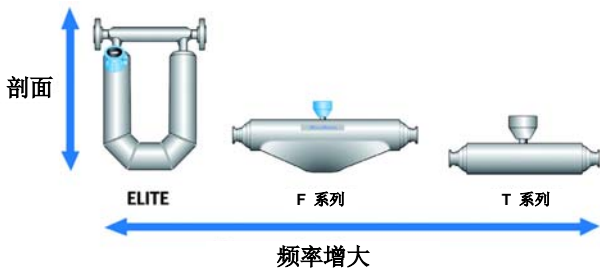


图 7 传感器剖面与型号系列

高准电子设备的 MVD 技术具有数字信号处理 (DSP) 性能，允许变送器移动或“核查”两相流产生的噪音，只

报告流体真实的流量测量数据。这可以通过配置传感器在“特殊模式”下工作来实现，该模式可加快传感器向变送器报告数据的速度。

仪表安装方式和占用空间

对于含悬浮颗粒或夹带气体的液体，推荐的科里奥利仪表安装方式分别为“旗标”型和“管道下设”型。事实上，传感器可根据多种组态定位，满足特殊的应用要求。对于钻井液的特殊应用，标准的仪表安装方式会引起测量问题。图 8 中分别显示了在滑流、样品流以及全流应用中推荐的仪表安装方式。

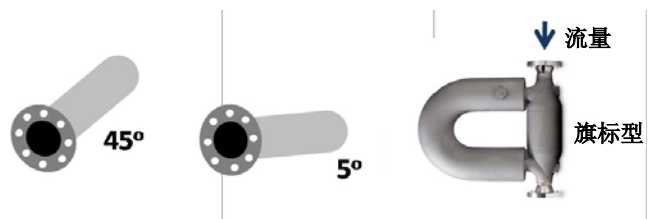


图 8 传感器安装模式

鉴于流体属性，实际上这样的定位有助于确保悬浮材料和/或夹带气体通过仪表排出，避免存留在仪表内部和流管内。

运行速度等于或高于 3 ft/sec 或 0.91 m/sec 可以很好地保证固体和气体从流管内排出。对于排出因为流动停止然后又重新开始而产生的残留材料，这样的定位同样也是“最好办法”。这在钻井工作采用油基流体时特别重要。

因为科里奥利仪表不要求任何规定的管段或流体条件，所以可以安装在紧致空间内。参见图 9。在传感器入口和出口均装有带弯管的仪表的情况很常见。



图 9 紧致安装

高准科里奥利仪表已成功用于回流/密度应用，该回流管上有旋转头和足够的静水压。目的是产生足够的静压水头压力（A 点），抵消仪表以及仪表出口到振动筛（B 点）间的高压流量管道的压降。至振动筛的流管内压力升高确保了科里奥利仪表始终充满钻井液。参见图 10。

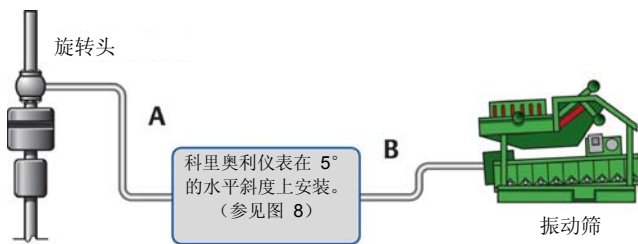


图 10 平衡静水压确保流量和满管

可靠性

可靠的现场测试要求确保制定决定的质量数据，并将对钻井工作的阻碍最小化。虽然采用了所有最好的措施来确保科里奥利测量流量和密度的性能持久，定期检验仪表的性能仍是很好的办法。仪表取出、清洁和标定的常规方法对大多数钻探设备现场而言不是最便捷的。

高准科里奥利提供众多传感器和电子设备及高级诊断，有助于提前确定变压装置或应用问题。

对于科里奥利仪表，流管劲度是一个关键参数，所有因腐蚀、侵蚀或损坏导致的流管劲度的变化都将影响流量和密度测量。高准科里奥利仪表可提供早期诊断，在有流量或零流量的情况下，采用过程流体进行现场流管劲度的仪表在线自校验。将此数据与电子设备的基准值比较，正指示意味着管道的物理完整性和仪表标定都未发生变化。

总结

科里奥利流量和密度传感器很快被接受用于广泛的钻井液混合和测井作业中。几家公司已现场证实了科里奥利仪表技术可靠、精确和连续测量的能力。通过对科里奥利技术正确的理解，并采用本书概述的最佳实践，钻井液应用中的难题很快被解决。克服这些困难证明，通过提高钻井效率和早期检测井涌和泥浆漏失，可取得显著成果。

 www.micromotion.com

© 2009 高准公司 保留所有权利。

Micro Motion 和 Emerson 标志是艾默生电气公司的商标和服务商标。Micro Motion、ELITE、MVD、ProLink、MVD Direct Connect 和 PlantWeb 均为艾默生过程管理家族中某一公司的商标。所有其它商标均为各自公司之资产。

高准所提供的本出版物仅作参考之用。虽然已尽力确保本出版物内容准确，但是我们并非进行性能索赔或过程建议。高准不但保或保证所介绍之任何信息、产品和过程的准确性、完整性、及时性、可靠性以及有用性，也不对其承担任何法律责任。我们保留对产品规格或规格随时更改或改进的权利。如有更改，恕不另行通知。如要获取实际产品信息或建议，请联系您的当地高准代表。

艾默生过程控制有限公司
上海市浦东新区新金桥路1277号
邮编：201206
电话：86-21-2892 9000
传真：86-21-2892 9001
服务热线：400-820-1996（免费）

北京办事处
北京市朝阳区雅宝路10号
凯威大厦十三层
邮编：100020
电话：86-10-5821 1188
传真：86-10-5821 1100

广州办事处
广州市东风中路410-412号
健力宝大厦2107室
邮编：510030
电话：86-20-8348 6098
传真：86-20-8348 6137

艾默生过程控制流量技术有限公司
江苏南京江宁区兴民南路111号
邮编：211100
电话：86-25-5117 7888
传真：86-25-5117 7999

