



解决含蜡重油贸易交接难点：

流量计和标定体积管系统实现精确计量

□ Trilochan Gupta / 艾默生过程管理（新加坡）

1998年，印度拉贾斯坦邦的曼加拉地区发现了石油，这一发现使印度减少了对进口石油的依赖。据估计，该油田的原油储量为36亿桶。Cairn India Limited公司[以下简称Cairn公司，现已与总部位于伦敦的韦丹塔资源集团（Vedanta Resources PLC）合并]负责该油田生产，迄今已钻出100多口油井。该油田已于2008年开始产油，高峰产量预计将达到每天265,000桶——如果每桶价格在73美元左右，则每年产值约为70亿美元——相当于印度石油产量的20%。

输油系统设计中的主要难题是

所输送石油的性质。该油田产出的石油性质粘稠，其API比重在25~30之间，并且含蜡，在25℃的室温下会凝固。相比倾点在3℃的轻质原油，这种粘性油的倾点为38℃~42℃，并且在64℃时开始析蜡。为输送这种高倾点含蜡石油，Cairn公司在五年内完成了一条横跨680公里、世界同类型管道中最长的输油管道建设并初步投产。加热和保温管道将石油从曼加拉油田的油井输送至印度西海岸的6家炼油厂。加热器和保温层的设计温度是90℃。管道基础设施到位后，下一个大难题是解决如何分

析和正确测量输送至买方的产品数量。通过招标程序，Cairn公司选择了总部位于美国德克萨斯州休斯顿的Daniel Measurement and Control（Daniel计量与控制，以下简称Daniel公司）来提供完整的解决方案。作为艾默生过程管理的核心业务部门，Daniel公司在油气贸易交接计量领域具有世界领先的地位。

重油计量

在Daniel公司的指导下，Cairn公司在各个客户终端安装设计完善的集成式贸易交接计量橇，橇内设

置超声波流量计。原油直接输送给下游客户的过程中，这些计量橇将用作最终的测量点，以确保最高水平的计量精度和可重复性。超声波流量计的一大优势是全通径，并且在流量计内没有易磨损或转动的机械零部件，这种结构可减小压降，进一步节约能源并且免维护。而传统的流量计（如容积式流量计和涡轮流量计）具有活动部件，维护频繁且更加繁琐。

曼加拉的原油具有含蜡量高和倾点高的特点，使计量具有相当高的难度。本着在原油交易中，绝不降低贸易交接计量性能的理念，Daniel公司应邀设计了符合API《石油测量标准手册》（MPMS）的各个计量站：通过采用成熟的技术和理念合理设计各个组件，并为各计量站提供充分的伴热和保温，确保了原油的温度始终远高于倾点；在停输的情况下，计量系统亦可加温以防止结蜡。

Daniel公司采用高度集成设计的计量系统方案，依照经批准的管道仪表流程图（P&ID），使用三维比例模型来进行计量站解决方案设计（图1）。该三维模型可帮助Cairn公司在项目的不同阶段提前审查其要求设计的计量解决方案，从



图1 Daniel计量橇设计软件创建的计量站橇座的三维图像

而使Cairn公司能轻松对系统设计进行更改。它还有助于Cairn公司审查制造过程所需的完整材料清单，以及对总体布置、应力分析、重心计算和其他因素进行工程审查。通过将这种三维设计方法整合到制造过程中，可缩短此类大型项目的交付时间。

这种计量橇具有大体积重型结构的特点，每个橇都安装有Daniel多通道时间差式液体超声波流量计、Daniel小型体积管和S600+流量计算机、MicroMotion密度计、Rosemount压力和温度变送器、Fisher控制阀、EGS伴热设备和配电及接线箱，以及其他必要组件。在一个橇座上集成了计量和自动取样系统，有效解决了对重质含蜡原油实现精确流量计量难题。在抵达各个炼油厂时，需通过起重机将计量橇装置吊起并放置到管道和炼油厂之间的安装位置上。由于计量橇座相对紧凑，可轻松安装到客户的生产场所中。安装计量系统后，Daniel公司对Cairn公司员工提供所需的培训，并就系统的启动和试运行筹备工作提供支持。

贸易交接

Cairn公司销售给各炼油厂的所有原油都通过销售点（POS）的贸易交接计量系统（CTMS）进行输送，系统产生的数据可用于财务交易结算。CTMS包括贸易交接流量计（即计量用超声波流量计）、校验计量流量计的比对回路、一个用于品质检

验的自动取样系统和流量计算机。此外，为检验体积管的性能，还按照API MPMS要求，配备了水标系统。

由于原油包含杂质和水（BS&W），需计量实际得到的纯原油量，因此系统特配备了一个在线取样装置，以便能获取具有代表性的原油样品。采集的样本被保存在取样罐中，然后由实验室分析原油的特性、杂质与水的含量。流量计算机可对流量计计量总量、杂质与水的测量结果进行流量计算，得出净油量，以确定原油的实际销售量，并保留这些计算过程以供给相关部门进行必要的审计追踪。

流量计算机会在具有审计追踪功能的环境中执行冗余计算。类似地，各CTMS都具有一个处于热备用状态的流量计量回路，以应对某些原因导致的在用流量计量回路异常情况。流量计算机配有最新的软件和算法，支持全自动化系统。需要提供多层次上传系统冗余时，可通过以太网访问所有的流量计算机测量数据。此外，根据设计，该系统可对多条流量计量回路提供流量计量硬件的冗余。

计量流量计已在德克萨斯州休斯顿的Daniel流量实验室进行了湿标，这种湿标可确定各流量计的流量标定因子（又称为K系数）。在现场安装超声波计量橇后，按照API MPMS的要求，需要进行例行的现场标定，以确定实际运行条件下超声波流量计的流量系数。除了首检以外，必



图2 各计量站均配有自用的标定系统，因此可以根据 Cairn 公司或其客户的需要随时在现场完成流量标定

须对超声波流量计进行定期标定以确保或重新确定计量流量计的性能精度。Cairn公司的各计量站都在现场配有固定的小型体积管装置，将体积管和流量计进行串联，可完成超声波流量计的实流标定（图2）。

标定的基本原理是将已知的体积管标准体积与来自被测流量计计量的体积结果进行比较，将计量流量计与体积管串联，准确计量通过管内的流体。通过这种方式，Cairn公司可以依照规范、法规以及客户的要求来校验超声波流量计的精度。

在标定期间，应先使原油通过体积管，待流量、温度、压力和密度趋于稳定状态，再进行标定操作。利用Daniel的小型体积管，Cairn公司可以根据是否能够在连续五次标定中达到优于 $\pm 0.05\%$ 的重复性，检验超声波流量计的性能是否符合API MPMS的要求。经验证，该流量计流量系数的不确定性完全符合标准。完成标定并获得结果后，需打开体积管排放口和排气口来释

放流体压力，然后排出残留的原油。不使用体积管时，需关闭系统的所有电源，以延长组件寿命和节约能源。

通常情况下，买卖双方会约定计量系统标定的周期，以确保计量数据的置信度，该数据是商业交易的重要组成部分。自计量标定系统启动后，经过一年多的使用，Cairn公司与客户之间从未产生任何纠纷。Cairn公司通常会在客户在场的情况下进行标定，而客户对于流量计和系统的性能非常满意。

目前该项目采用的是离线诊断方式，通过流量计和本地诊断主机之间的以太网连接完成。通常情况下或在需要时，可提取这些记录并通过电子邮件发送给Daniel服务专家进行分析，以确定是否因外部因素而产生流体扰动、堵塞、管道噪音或其他问题，对流量计性能产生影响。未来Cairn公司希望实现在线诊断，这样就可以在必要时实时提取



图3 计量超声波流量计Daniel3804

数据，对计量流量计和其他组件进行实时性能检验。

应用结果

液体超声波流量计的应用（图3），在此超大型计量项目中获得成功。它能够对项目计量难度非常高的原油进行精确计量，很好的满足了Cairn公司的计量需要。该贸易交接系统能够提供现场检定，并可溯源到印度国家相关标准。

整个管道和Cairn公司各终端计量站的工程规划、设计、施工、安装和试运行得到了艾默生公司诸多的技术和服务支持。同时，为确保系统的完整性，Daniel公司将在设备的整个生命周期内为Cairn公司提供服务和维修。迄今为止，这项工程已有四处不同地点的五个原油交付点建成并投入使用；一个海运出口油库正在兴建中，将于2013年投入使用。

如需了解更多信息，请发送邮件至：Daniel.China@Emerson.com **P+E**

如您对本文有任何评论或见解，请发邮件至：
shiyouzhuangbei@yahoo.com.cn
或登录：zazhi.cippe.net