

油田地面工程建设论文集

高加峰 主编

石油工业出版社

油田地面工程建设 论文集

高加峰 主编

石油工业出版社

内 容 提 要

该论文集主要是针对油田地面工程建设方面的内容收集整理
的,包括了油气集输、供注水、供电、计量、住宅以及微机应用
等几个方面。这些论文都是以工程项目为依据,根据多年经验,
总结创新后发表出来的,希望能给广大设计人员以点滴启迪。

图书在版编目(CIP)数据

油田地面工程建设论文集/高加峰主编.

北京:石油工业出版社,2002.7

ISBN 7-5021-3807-2

I. 油…

II. 高…

III. 油田开发-地面工程-文集

IV. TE34-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 041987 号

石油工业出版社出版

(100011 北京安定门外安华里二区一号楼)

河北省地勘局测绘院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

*

850×1168 毫米 32 开本 4.125 印张 109 千字 印 1—1500

2002 年 7 月北京第 1 版 2002 年 7 月河北第 1 次印刷

ISBN 7-5021-3807-2/TE·2776

定价: 15.00 元

前 言

本文集是科技工作者理论与实践相结合的产物，也是科技工作者工作经验的总结。十几年来，广大设计工作者把自己学到的丰富知识，不断与工作实践相结合，结出了累累硕果，多次在国家级、省部级刊物上发表论文，为本行业的拓展提供了宝贵经验和新的思路。本论文集共收集论文 22 篇，是我们设计人员数十年来工作的结晶。由于时间较紧、水平有限，难免有遗漏、错误之处，望各位专家、读者批评指正。

编 者

2001 年 12 月 25 日

目 录

质量流量计在油田计量中的应用	王子明等 (1)
降低工程成本的措施和途径	高加峰等 (10)
出砂油井抽油泵砂卡原因及对策	耿拥军等 (15)
LXC-50 型旋球式计量仪的研制及应用	赵年合等 (20)
变频调速装置在油田注水站中的应用	张慧文等 (24)
独立小油田的供注水系统设计	张慧文等 (31)
谈油田集输系统中的氧气浓差电池腐蚀	高加峰等 (38)
钢骨架复合管在纯梁油田的应用	周洪利等 (45)
LWB 型混输泵在油田的应用	张慧文等 (50)
应用“短、单、简、小、新”技术节约工程投资 和成本	王子明 (55)
热载体加热装置在油田油气泵站的应用	刘海波等 (68)
天然气发电机在生产中的应用	蔡献民等 (72)
ZSDB-II 型增压泵在油田注水中的应用	王子明等 (77)
多功能罐在油田边远井开发中的应用	任勇刚等 (82)
污水除油水力漩流器在高青接转站的应用	蔺景亮等 (88)
纯梁注水系统新技术应用与发展	许海峰等 (94)
供电电网降耗节能的措施	蔡献民等 (101)
住宅建筑给水排水设计	江永强等 (104)
寒冷地区住宅建筑节能技术新探	蔡玉兰等 (110)
关于低温热水地板辐射供暖的初步探讨	刘广博等 (114)
微机绘图在工程设计应用中的常见失误分析及 对策	任勇刚等 (119)
大型停车场混凝土道面的裂缝控制	刘义收等 (122)

质量流量计在油田计量中的应用

王子明 耿拥军 刘海波

摘 要 介绍了质量流量计在油田计量中的实际装置构成，分析了计量中存在的问题及解决措施和方案，并从仪表硬软件设计及实际使用两方面提供了可行的解决途径。

油田计量主要是指油井和原油处理过程中转油站的生产计量，其中油井计量尤为重要，它能动态反映油田开采情况，通过产量分析可以为科学的开发提供重要依据。科氏奥力质量流量计（以下简称质量流量计）的出现又为单井计量找到了一条新的途径。这种流量计量仪表具有很多优点，能直接对质量流量进行测量，精度及可靠性高、量程比宽、内部结构简单，无可动部件，在流量测量的同时，可以测量流体的密度。在油田计量中可以利用质量流量计一表多用的特点实现油井和转油站含水原油的混液量、纯油量、含水量等的计量。由于转油站中待测介质较为稳定，质量流量计使用的问题较少，近几年已经得到推广应用，典型应用装置如图 1，文中不再详细讨论。相比之下，油井计量中情况非常复杂，表现为：不同油井产液量差别大；同一油井产液量波动大；多项介质混合且混合状态及混合比例不稳定等。这些情况给计量带来了很多问题，限制了质量流量计的使用，不能做到所有油井均能稳定且有效的计量。

经过对质量流量计 15 年的深入研究及其在单井计量中近 10 年的应用研究，我们与油田科研人员积极合作，获得了大量现场实测数据，经过摸索总结，提出了以下的单井计量装置的构成方案，并对计量过程中存在的主要问题，提出了行之有效的技术措施及结构方案。

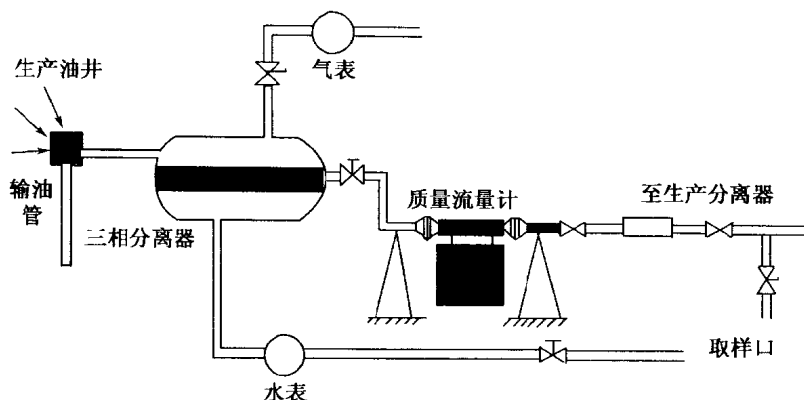


图 1 装置构成

一、装置构成

1. 构成原理

国内油井单井计量中大量采用的是二相分离器加计量器。如图 2，本装置中同样采用了二相分离器对油井的含气液进行分离，然后由质量流量计对油水混合液的流量、密度进行测量。用密度法推算出含水比，进而求出产油量。

2. 存在的问题

(1) 安装应力及外界振动的影响。

如果传感器安装中不能做到“零应力”安装，外装管道带来的弯曲力和扭转力均会作用到敏感管上影响正常振动，严重时将导致无法正常测量；由于质量流量计的敏感管工作在振动状态，强加的外界振动会引起仪表的零点发生变化，造成流量的测量误差。另外，外界应力和振动会影响振动的谐振频率，引起密度测量误差。

(2) 常数引入误差对含水比计算的影响。

由于质量流量计可测得油水混合液密度，利用密度法即可推

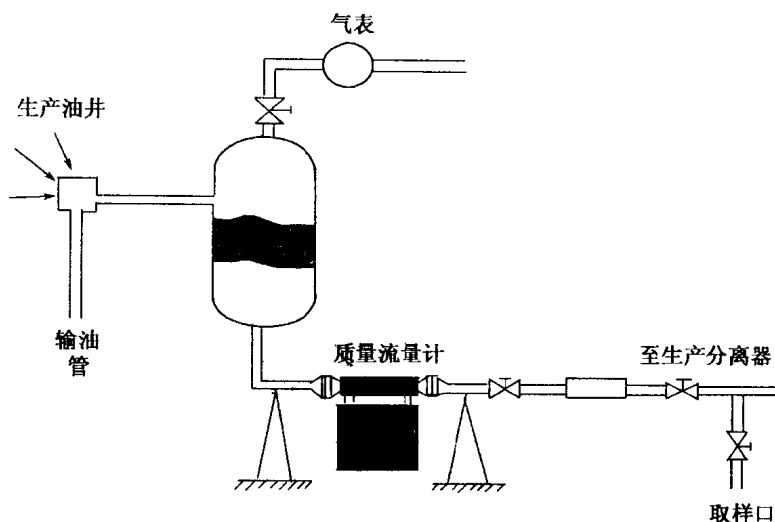


图2 装置构成

算出混合液的含水比（体积比）：

$$X_{\omega} = (\rho_m - \rho_0 / \rho_{\omega} - \rho_0) \times 100\% \quad (1)$$

式中 X_{ω} ——油水混合液体积含水比；

ρ_m ——油水混合液密度；

ρ_{ω} ——纯水密度；

ρ_0 ——纯油密度。

由（1）式可以看出，含水比的推算精度主要取决于混合液密度的测量精度，同时还与纯油、纯水密度的引入精度有关。现场实际经验还告诉我们，混合液中游离气的比例对含水比的推算也有很大影响。含水比的总不确定度可以用下式表述：

$$\Delta X_{\omega} = (\Delta \rho_0^2 + \Delta \rho_{\omega}^2 + \Delta \rho_m^2 + \Delta X_g^2)^{1/2} \quad (2)$$

式中 ΔX_{ω} ——含水比总不确定度；

$\Delta \rho_0$ ——纯油密度的引入误差；

$\Delta \rho_{\omega}$ ——纯水密度的引入误差；

$\Delta\rho_m$ ——混合液密度的测量误差；

ΔX_g ——游离气的体积比含量。

关于混合液密度的测量误差的影响，笔者已在《石油工业技术监督》1995年第11期“温度对哥式力质量流量计测原油含水率的影响”一文中详细论述，此处不再重复。在实际测量中，我们发现即使同一个计量站的几口油井，它们各自的纯油和矿化水的密度都有所不同，而且同一口井的这两个参数在不同的时期也存在着差异，因此在含水比计算中引入的密度参数必须加以区别。解决的主要办法是将所有待测油井的纯油、纯水密度提前输入到计算机中，独立存储。纯油密度的引入误差还存在一个主要影响因素，就是“死油”密度和“活油”密度问题。(1)式中引入的纯油密度应该是在分离器即时压力和温度条件下含有溶解气的饱和原油密度，即“活油”密度；而实际中由油田提供的密度值均为化验原油密度，也就是在常温、常压条件下，释放了游离气体及轻质成分后的原油密度值，即“死油”密度。不同油井的“死油”密度与“活油”密度的差别也不尽相同。

由(1)式，可得 ΔX_w 与 $\Delta\rho_0$ 的关系为：

$$\Delta X_w = - \{ (1 - X_w) / [\rho_w - (\rho_0 + \Delta\rho_0)] \} \times \Delta\rho_0 \times 100\% \quad (3)$$

式中 $\Delta\rho_0$ ——“死油”密度与“活油”密度之差。

在此我们取一组有代表性的数据加以分析。假设 $\rho_0 = 0.8600\text{g/cm}^3$ ， $X_w = 75\%$ ， $\rho_w = 1.0000\text{g/cm}^3$ ， $\Delta\rho_0 = 0.01\text{g/cm}^3$ ，则由(3)式可得： $\Delta X_w = -2\%$ 。从(3)式我们还可知：含水比越小， ΔX_w 越大。由此可见不同的纯油密度取值对含水比推算误差的影响是不可忽视的。

(3) 混合液中携带的游离气对测量的影响。在实际应用中，由于油井产出液状况变化很大，分离器不能完全地分离出其中的游离气。当液相中的游离气含量较小时，对流量测量影响不大，但对密度的测量影响较大，那么推算出的含水比就会受到影响。

由(1)式，含水比的推算误差 ΔX_w 与游离气体积比含量

ΔX_g 的关系为:

$$\Delta X_w = \rho_0 / (\rho_w - \rho_0) \times \Delta X_g \times 100\% \quad (4)$$

现在我们取一组有代表性的数据加以分析: 假设 $\rho_0 = 0.8600\text{g/cm}^3$, $X_w = 75\%$, $\rho_w = 1.0000\text{g/cm}^3$, $\Delta X_g = 0.5\%$, 则由 (4) 式可得 $\Delta X_w = 3\%$ 。由此可见, 游离气的含量对含水比推算影响非常大。

二、问题的解决

针对上述问题, 我们分别从仪表结构设计、测量装置构成及应用软件等几方面入手, 采取积极有效的措施, 加以解决。

1. 仪表结构设计

为了解决油井计量现场存在的一些问题, 流量传感器的设计构思主要围绕降低安装要求, 提高抗振动性能及提高传感器对含气介质的适应性两方面进行。

(1) 采用双平行 C 形敏感管, 巧妙地将支撑基座与分流体合为一体, 缩小了分流体 (即结构基座) 的尺寸, 增大了传感器的抗弯扭刚度, 使其更具抵抗外界安装应力的能力; 同时缩短了安装距离, 使安装的接口尺寸与现有质量流量计中最短接口尺寸相当。该结构的另一优点是提高了传感器的零点稳定性, 可保证仪表长期稳定可靠的测量。

(2) 单井计量过程中, 由于油井产出气液混合物的状况是千变万化的, 即使使用了两相分离器, 也难以保证液路中不混杂有伴生气。为此要求传感器对这种气液两相介质测量应有较高的适应性, 即要求当油水混合液中含有不均匀伴生气体时, 对流量测量和密度测量灵敏度的影响最小; 这两项性能是通过增加流量敏感管壁厚来保证的。例如, 单井现场使较多的 ZLJC7 和 ZLJC36 型传感器敏感管壁厚均达到 2mm 以上。管壁厚的增加, 使管子更具刚性, 同时也增加了振动体质量中固定质量的比例, 因此增加管子壁厚可减小由于混合液中游离气体量的变化引起的密度变化对敏感管振动特性的影响。除此之外, 壁厚的增加也提高了敏

感管的耐磨损的能力，这一性能对含砂量较大的油井计量尤为重要。

(3) 变送器中的驱动回路部分采用了无滞后可变增益的模拟闭环环节。根据反馈信号的大小分段确定增益，从而使回路具有良好的响应特性（主要是响应的快速性及控制的稳定性）。此外，这种设计拓宽了响应频带宽度，提高了振动环路响应的灵敏性，一定程度上弥补了敏感管壁厚增加带来的振动不灵敏性，彻底解决了单井计量中由于窜气等原因引起的敏感管停振问题。

ZLJC 系列质量流量计在实验室内及现场实液试验中均已证实，当油水混合液中含有的游离气体积比不超过 15% 时，流量计可以正常稳定工作。含气量越大测量精度越低，当含气量小于 5% 时，流量测量精度几乎不受影响；当含气量约为 10% 时，流量测量误差小于 3%。

2. “活油”密度值的确定

从上面的分析可看出，如果使用“死油”密度作为纯油密度，则含水比的推算值将会偏低，而纯油的产量将会偏高。实际测量中，由于混合液中含有的溶解气的比率不同，以及不同的分离器压力、温度条件，使得“活油”密度、“死油”密度相差很大，因此必须确定出管道中的纯油密度。

我们采取带压现场取样，实验室测量的办法来获得“活油”密度。首先进行带压现场取样，如图 3。

取一个能承受压且容积约为 500mL 的取样罐，在其入口与出口安装阀门 V_3 与 V_4 ，将其入口连接至质量流量计下游的取样口，并将取样罐垂直放置。打开取样阀 V_1 及取样罐入口阀 V_3 ，使油水混合液流入取样罐，缓慢打开样罐出口阀 V_4 ，让混合液充满取样罐。待取样罐出口有混合液流出后，关闭出口阀 V_4 ，静止 5~10min，缓慢打开出口阀门 V_4 ，放掉已经分离出的矿化水。当有油样流出时，再关闭出口阀 V_4 ，重复上述过程直至单次分离出的矿化水较少（小于 50mL）为止，记录此时分离器压力数据。关闭所有阀门，保证无泄漏。将取样罐从现场取样口拆

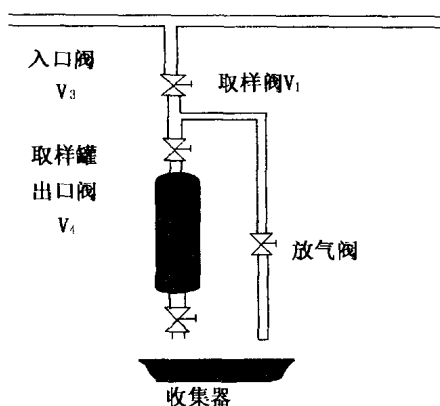


图 3 取样流程图

下，带回实验室，垂直放置（出口朝下）一段时间，使其油水进一步分离。此时允许采用加热等措施加速油水分离。接下来进行实验室内化验，如图 4，将取样罐的入口连接至一压力源（最好选用氮气瓶），出口接至室内用在线密度计。参照记录的分离器压力数据，调节入口压力，缓缓打开取样罐入口、出口阀 V₃、V₄ 与密度计出口阀 V₅，在气源压力作用下，使取样罐中的试样通过密度计，观察其读数，当示值出现最大且较为稳定时记录一组数据作为矿化水密度。之后密度示值逐渐变小，当示值小到一定程度且较为稳定时，记录一组数据作为纯油密度（即“活油”密度）。以上测得的两组数据均需平滑处理及温度补偿换算，才能作为最终引入到计算机中的常数。在操作过程中，应确保密度计中的压力与所记录的分离器压力一致，否则会造成测量误差。

3. 液相内游离气体影响的解决

进入到混合液体的游离气体有 3 个途径：一是液体夹带；二是由于管线压力降低，造成液相中溶解气释放；三是油井气量突然加大，分离器不能及时分离。所以在装置流程设计时，须格外注意选择结构合理、性能优良的分离器，尽量使气体脱净。在安

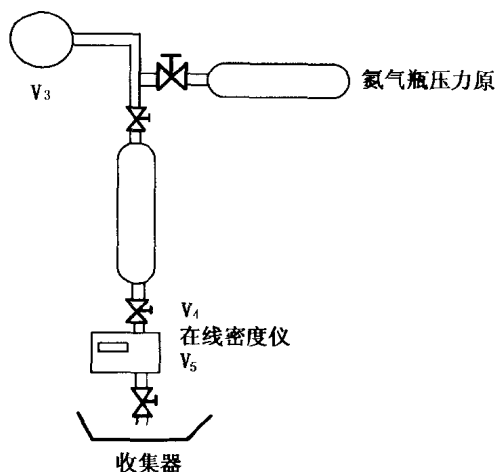


图 4 室内测量流程图

装时，应尽可能使质量流量计靠近分离器安装，在二者之间尽可能减少其他管路单元，如三通、弯头和节能元件等，以减少管路中的动压损失，避免溶解气出现闪蒸。在一些特殊场合应用时，如稠油开采计量，气体不易释放，这时必须采取加大分离器容积，甚至采取加入化学药物等措施，使气体与液体分离。

在质量流量计变送器软件中，同样采取一定措施，对短暂的游离气影响做出判断，并对相关数据加以校正。变送器中的微处理器对敏感管的振动实时监控，根据数据分析判断出是否有游离气通过。若发现有游离气通过敏感管，发出警告，同时取消此时的密度测量值，并用此次测量前的 5 次测量数据的平均值代替本次测量密度值参与运算。当游离气体通过后，再行通过原有正常工作方式。

由于游离气体含量直接影响流体密度，因此可通过密度是否超出设定范围来判定游离气体是否超标。密度的设定范围可以根据现场情况及需要进行修改。当微处理器判断出游离气体含量超

标且持续了一定时间时，它会自动放弃测量及推算数据，并发出警告。

三、结 论

采取上述措施的 ZLJ 质量流量计近两年中已有 50 余台在东西部几大油田得到现场应用，取得了较好效果。我们坚信只要努力提高质量流量计的性能，不断解决实际应用中出现的问题，质量流量计会在油田计量中得到更大范围的推广应用。

降低工程成本的措施和途径

高加峰 耿拥军 任勇刚

摘 要 工程成本不断增加，一方面是占比重最大的材料价格不断上涨，施工费用不断增加造成的；另一方面是由于工程图纸考虑经济实用的方法或设计不合理及施工中管理不善造成的。降低工程成本，使有限的投资获取最大的经济效益，是工程技术人员认真钻研的一项重要课题。由于工程造价不但受时间、地点、环境因素的影响，而且受工程技术人员的技术水平甚至工作态度的影响，所以降低工程造价并不是一件容易的事。合理的降低工程成本，要全方位地实行工程成本的动态管理，并抓住重点环节重点突破。

一、优化设计方案

设计方案的优化选择，是设计阶段的重要任务，对工程造价起着举足轻重的作用。现阶段，企业逐步走向市场，建设、施工单位都把建设项目的投资效益作为关注的焦点，这就要求设计单位在图纸设计时不但要考虑技术上的可行性，而且要考虑经济上的合理性，要结合现场的地理环境因素，合理地选择安全系数，还要考虑建设单位的人力、财力、物力提出多种方案加以比较，优化选择。合理降低工程造价，首先从设计入手，必须改革工程设计阶段的现行管理机制，引入工程项目设计的招投标制，把工程项目设计推向市场。把技术经济分析列为一项重要内容，优化选择单位或个人，谁的方案优越、造价合理，就由谁来设计。另外在会审图纸的时候，对于结构复杂、施工难度高的项目，要加倍认真，要既方便施工有利于加快工程进度和保证工程质量，又能降低工程成本，增加工程收入等方案综合考虑，提出有科学根据的合理化建议，争取业主和设计单位的认同。

二、加强合同预算和计划管理

首先深入研究招标文件、合同内容，正确编制施工图预算，凡是政策允许的，要做到该收的滴点不漏，以保证项目的预算收入。

工程预算人员要不断深入工地调查研究，携同定额核算员，对施工组织设计和施工方案（必须经建设单位认同）的各个环节吃透“以支定收”。其次把合同规定的“开口”项目作为增加预算收入的重要方面。

工程变更和施工隐蔽工程资料也是工程决算的重要管理内容，要及时实事求是地与建设单位、监理工程师签发有关资料，不只是工程竣工验收的资料，也是工程结算的重要依据。计划预算成本限额、限量、限价，动态管理。

三、制定合理的施工方案

对重要和复杂的工程，施工单位在技术经理的主持下，严格编制施工组织设计，并达到具有实际意义的可操作性，认真按期实施。对一般工程可由项目经理编制可行施工方案，报批后实施。

施工方案主要包括 4 项基本内容：施工方法的确定、施工机具的选择、施工顺序的安排和流水施工的组织。施工方案不同，工期就会不同，所需机具也不同，因而发生的费用也就不同。因此，施工方案的优化选择是施工企业降低成本的主要途径。制定施工方案要以合同工期和上级要求为依据，联系项目的规模、性质、复杂程度、现场条件、装备情况、人员素质等因素综合考虑。可同时制定几个方案，互相比较，从中选出最合理、最经济的一个。

落实技术组织措施，走技术与经济相结合的道路。以技术优势来取得经济效益，是降低工程成本的又一个关键。一般情况下，项目应在开工前根据工程情况制定技术组织措施计划，作为

降低成本计划内容之一列入施工组织设计。为了保证技术措施计划的落实，并取得预期效果，工程技术人员、材料员、现场管理人员应明确分工，形成落实组织措施一条龙。

四、加强材料管理，降低材料成本

在工程建设中，材料成本约占整个工程成本 60% ~ 70%，而且有很大的潜力，往往在其他成本出现亏损时，要靠材料成本的节约来弥补。因此，材料成本的节约，也是降低工程成本的关键。组成工程成本的材料包括主要材料和辅助材料，主要材料是构成工程实体的材料，如钢材、木材（门窗）水泥等，辅助材料是完成工程实体所必须的手段材料，如氧气、乙炔气、电焊条、砂纸、锯片、砂轮等。材料价格的高低受市场价格的影响，材料价格的动态管理必须首先从市场信息入手，搜集和调查当地建筑材料市场价格的供应情况、价格高低，及时参阅工程造价部门市场信息和刊物发布的近期材料价格，选择有质量保证且价格合理的供应渠道。采用“低谷购进，高峰卖出”的经济策略，避免市场价格的冲击或因货源紧张造成停工待料或采用替代产品增加工程造价的局面。材料节约还有以下几种途径：对购进的材料遇数量不足、质量差等情况，要利用合同条约进行索赔；材料消耗要严格执行材料消耗定额，严格计划管理，通过限额领料来落实；对各种材料，要坚持余料回收；改进施工技术，推广新技术、新工艺、新材料；加强现场管理，合理堆放，减少搬运，减少仓储和返工、损耗等。另外，合理降低材料的消耗还在于材料的巧用，使材料的损耗率降低到最低水平。如定额中的 1% ~ 3% 的损耗量，这部分钢材可用于管道支架和预埋铁件的制作，既节约了资金又不影响工程。因此，各单位要严格按公司材料管理制度的规定执行，严格各项手续和考核办法，坚持堵住跑、冒、滴、漏和进料出库手续，责任到人，奖罚到人。