

地面集输系统优化简化技术

黄辉¹ 邱伟伟¹ 彭凌岩²

摘要：减少工程投资、降低系统能耗是地面集输系统设计最主要的任务之一。完成这一任务的关键是地面集输系统的优化简化：进一步推广电工图量油以及串联管网，简化集输管网；加快研制多相混输设备，优化接转站设置，进行多相流基础理论研究及软件研发；积极采用预分水技术，减少污水处理设施规模；应用井下油水分离技术简化集输流程；进行油气集输系统“三化”建设，优化简化油气集输站场建设等。

关键词：地面工程；集输系统；优化；简化；节能降耗

Doi:10.3969/j.issn.1006-6896.2016.4.017

Optimization and Simplification of Oilfield Surface Gathering and Transportation System

Huang Hui, Qiu Weiwei, Peng Lingyan

Abstract: One of the most important tasks for the surface gathering and transportation system design is to reduce the investment and energy consumption of which the key point is optimization and simplification of oilfield surface gathering and transportation system. We should make further efforts to popularize and apply the electrical drawing for production measurement and network pipelines in series to simplify the pipeline network system. Also it's important to study on the equipments for multiphase flow transportation, optimize the transfer stations and research on multiphase flow theory and software. It's a good method to use water pre-separation technology to minimize the size of water treatment system. And application of downhole oil/water separation technology, popularization of standard design, modularization construction and standard procurement and optimization the construction of gathering stations and so on are some other ways to simplify gathering and transportation system.

Key words: surface engineering; gathering and transportation system; optimization; simplification; energy conservation and consumption reduction

减少工程投资、降低系统能耗是地面集输系统设计最主要的任务之一。完成这一任务的关键是地面集输系统的优化简化。地面工程设计人员对于集输系统的优化简化应高度重视，并将其应用于工作的全过程。随着科学技术的不断发展，国内地面集输系统优化简化工作取得了可喜的成果，但仍值得继续进行深研究。下面对几种集输系统优化简化技术进行探讨。

1 串联管网简化集输管网

传统的油井计量方式是建设量站，图1为以量站进行油井计量的集输流程。若解决了油井井口的计量问题，就可以实现串联管网（见图2），

与传统集输管网计量方式相比，明显简化了流程，减少了管线长度等。

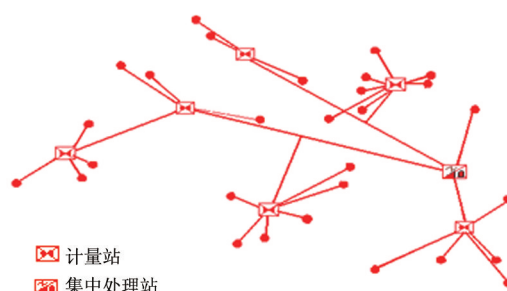


图1 传统集输管网计量方式示意图

1985年以前，通过测量示功图算出油井产量的方法已被现场采油工作人员掌握。随着示功图诊

¹中国石油化工股份有限公司石油勘探开发研究院 ²青海油田采油二厂乌南联合站

断技术的进步和油井自动化技术的发展,中石油在“港西模式”的基础上进一步发展和完善了油井示功图计量技术。该技术可以进行油井液量在线连续计量,能更好地反映油井的实际工况,并且可以实现串联管网集输。中石油自2008年以来,在大港、新疆、长庆等油田推广应用数万口油井,根据各油田的自身特点,因地制宜,发展、完善串联管网集输工艺,形成其配套技术,全面推广以示功图量油技术为核心的串联管网集输工艺,在中石化总部已经不再批准计量站模式的常规油气集输流程。

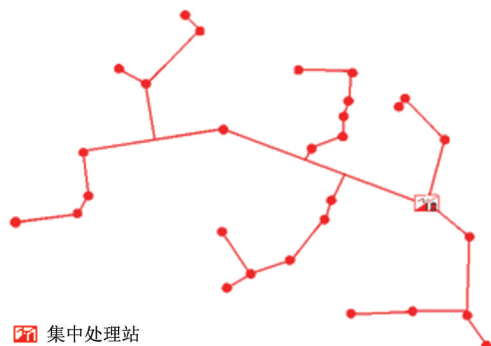


图2 串联管网计量方式示意图

串联管网集输工艺的核心是利用油水井远程监测计量技术,示功图量油是应用最多的一种。管网的串联布局,简化了流程,降低了能耗,可节省管线数量30%~40%,集输系统工程投资节省25%~30%;改变了传统的计量站、配水间模式,平均单井可节约用地0.1~0.15亩(1亩 \approx 666.666 666 7 m²),提高了油田管理水平。但是,示功图量油技术不适应于无杆泵采油、自喷井、连喷带抽及油管漏失的油井。中国石化石油勘探开发研究院正在研究适用于无杆泵采油的电功图量油技术^[1],已经取得了实质性进展。

串联管网技术在应用过程中被不断完善。例如,针对单井管线的穿孔造成串联管网上油井大面积停产的问题,可使用新型埋地式截断阀等技术,对管网进行分区域隔断。高效井口电加热器解决了高寒冷地区单管集输工艺停输再启动的问题。但对于串联管网的水力平衡问题需要进行系统设计。

2 油气混输优化接转站设置

对于复杂地形、边远低产量油田的开采,油、气、水多相混输技术的优势逐步显现出来。采用多相混输可以降低井口回压、增加集油半径、减少接转站设置、优化集输管网。尤其对于海上油田的生产,将井流物直接输送至岸上处理终端进行油气处理,不仅节省了海上平台的空间,同时减少了海底

管道建设投资,并降低了运行管理风险。

近几年来,油气混输技术在国内滩海、沙漠、西部黄土塬地区和东部老区外围小断块油田得到应用,可使油气集输系统建设工程投资降低30%左右。

国外从20世纪70年代开始,投入大量资金、人力,开展多相混输基础理论与应用技术研究,其成果已在上百条长距离混输管线上得到应用。2007年挪威Statoil公司建设了2条并列敷设海底长距离混输管道(DN750 mm、120 km)。国内的混输管道多为小口径、短距离集输管线。

我国多相混输技术与国外相比仍有较大差距,主要表现在以下两个方面:

(1) 大型混输泵。多相混输技术的一个核心内容是多相混输泵的研制。欧美发达国家已投入巨资研究多年,研制出了近10种不同类型的多相泵。按照使用场合的不同,分为陆上多相泵和水下多相泵;按照工作原理的不同,又可以分为旋转动力式多相泵和容积式多相泵。目前,俄罗斯、欧美等国正在研究螺杆泵输送装置,即一种在系统内带有发电机的多相流双螺杆泵。国际上已用于工程实际的油气混输泵的单泵最大功率为6 000 kW,国产泵功率一般在300 kW以下,且泵型单一,与国际先进水平差距明显。

(2) 多相流基础研究。近几年来,英、美、法、挪威等国相继建立了不同规模的试验环道,采用多种先进测量仪表和计算机数据采集系统,在大量高质量的实验数据基础上进行多相流研究,如美国德克萨斯大学多相流环道、多相流技术公司等建立了室内或先导性多相流环道。同时,多个石油公司致力于多相流软件的开发,如挪威国家石油公司研究院联合多家研究院共同开发了OLGA软件,法国IFP、道达尔、ELF以及AEC石油公司等进行了多相流软件研发工作。

总体说来,欧美等发达国家已基本形成了低黏原油多相流计算的理论和方法,并开发出获得国际油公司广泛认可的多相流模拟软件(PIPEFLOW、PIPEPHASE、OLGA等),而国内在多相流计算商业软件的开发上处于不利地位。

3 预分水技术优化油水处理流程

国内大部分油田已进入高含水或特高含水开发期,现有集输系统普遍存在污水循环输送、无效加热、低效处理现象,需在接转站或井组预先分出部分游离水,以降低能耗和运行成本。

国外原油预分水技术起步早、水平较高、种类多、效果好。俄罗斯高含水油田预分水系统包括末端分相管和斜管预分水器等设备，用于脱除80%的游离水，减小沉降时间。欧美国家推广应用仰角式游离水脱除器。

目前，国内主要采用三相分离器或五合一装置在接转站进行预分水，一定程度上起到了预分水的效果。但三相分离器或五合一装置是以出油含水达到一定指标为目的而设计、制造的设备，分出水含油指标一般要求控制在1 000 mg/L以下，实际运行中水中含油量在500~1 000 mg/L之间，分出的水还需要建设污水处理站进行处理。污水后续处理系统投资、占地和运行费用均较高。

中国石化石油勘探开发研究院积极开展预分水技术攻关，研制了适用于高含水油田的预分水专用设备^[2]。这是以控制出水指标研制的新型一体化预分水装置。在高效分水的同时，强化除油功能，改善出水水质，使预分水除油设施出水含油、含悬浮物均降到5 mg/L以下，水质稳定，分水比50%，实现一套装置即能完成在脱水的同时使出水水质直接达到回注水水质标准，从而简化处理工艺，降低和减少脱水及污水处理设施占地、投资、能耗和运行费用。

初步测算，该项技术的应用可以使地面系统改造投资降低约30%~50%，运行费用降低约10%以上，减少用地70%。经济效益十分可观，简化了污水处理设施。

在集输系统流程规划时，应积极采用预分水技术，以减少污水处理设施规模，减少污水输送管道，优化集输管径，降低工程造价。

4 井下油水分离技术简化集输流程

井下油水分离技术(DOWS)的基本原理是利用分离装置将油层产出的油水混合液在井下直接进行分离，然后将油液举升到地面，分离出的水在井下回注到另一地层之中，回注层可以选择本井的水层，或水淹废弃之后的油层段。目前井下油水分离的基本方式主要有两种：水力旋流分离技术和重力分离技术。

加拿大C-FER技术公司、哈里伯顿等在井下油水分离技术方面处于世界领先水平，在美国、加拿大有应用实例^[3]。其示范工程采用该技术后产油量由4 m³/d增加到15 m³/d，产出水回注率为88%。中石化在胜利、河南油田开展了先导性试验，但是还没有进行推广，与国际水平存在一定差距。

井下油水分离技术受到层位、油藏、产液物性、井型等诸多条件限制，价格较高也是该技术难以推广的重要原因。例如，安装1台电潜泵DOWS系统，费用通常为9~25万美元，比1台常规电潜泵的费用要高2~3倍。

由于泵、分离器系统都在井下工作，特别是水力旋流器类型的DOWS，不能进行直接监测和控制。无法直观监测会影响分离效率，并且存在产出水中含有大量原油回注的风险。鉴于上述种种原因，统计表明，其成功率在50%左右。将来，随着技术的不断完善进步，井下油水分离技术会得到更多的应用。

5 “三化”建设优化地面集输系统

国外近30年来，特别是在美国、加拿大、英国、俄罗斯等国的油气田建设中所用的各种装置和设施，大多采用整体预制橇装模块化技术，已实现定型化、系列化、通用化和商品化，并由单元预制拼装向整体超大型化发展。

2007年长庆苏里格气田试行“标准化设计、模块化建设”工作取得了较好的示范效果^[4]。“标准化设计”的技术核心可归纳为“工艺流程通用化、井站平面标准化、工艺设备定型化、建设标准统一化、安装和预配模块化”；而“模块化建设”则是通过工艺环节划分，对不同功能模块进行分项批量预制，推行橇装化、预制化和现场组装相结合的施工方法。

“标准化设计、模块化建设”工作可大大缩短设计和施工周期，加快场站建设速度，保证建设质量，减少一线安装工人。同时，通过标准化设计也为集中、规模采购及标准化预算及标准化价格体系提供了可能，有效控制建设投资。其适应滚动开发油气田地面建设当年施工、当年投产、施工工期紧张的客观要求。

2008年10月，中石油全面部署推进油气田标准化设计工作。在随后的三年中，中石油应用该项技术成效显著：节省投资29.81亿元，节约土地3.27万亩，减少劳动定员14 064人，节能29.7万吨标煤，多生产原油104万吨，多生产天然气21亿立方米，经济效益显著。“标准化设计、模块化建设”模式作为地面工程建设过程中的一场变革，在地面建设中已显现出了较好的适应性和良好的势头。

目前，中石化“标准化设计、模块化建设、标准化采购”的“三化”建设尚处于（下转第55页）