

# 石油钻进过程最优控制

赵国强 (中石化胜利石油工程公司塔里木分公司, 山东 东营 257000)

**摘要:** 在完成石油探测后, 为了开采石油需要开展石油钻进作业。而在石油钻进过程中需要综合考虑各种影响因素, 并通过数学计算以及模型构建等方式对最优值进行求解, 以实现石油钻进过程的最优控制, 在提高石油钻进质量和效率的基础上降低石油钻进成本, 从而为石油开采工作的顺利实施提供可靠的参考依据, 并推动我国石油事业的现代化发展。

**关键词:** 石油开采; 石油钻进; 钻进过程; 最优控制

石油钻进是石油开采中的重要环节, 为了实现对石油钻进过程的最优化控制需要对相关的各项参数进行综合性的计算分析。随着我国石油钻进技术的不断进步, 先进的钻头以及钻进工艺被越来越广泛的应用于石油钻进作业中, 进尺的明显增加以及地层参数的复杂化都对最优化计算方法提出了新的要求。因此需要对新时期的石油钻进过程最优控制进行深入的研究, 合理构建数学模型并选择相应的计算公式及方法, 以准确掌握最优控制值分布特点, 从而实现对石油钻进过程的最优控制。

## 1 概述现阶段石油钻进过程最优控制

随着我国石油钻进技术设备的进步, 钻头的钻进效率不断提高, 能够在使用单一钻头的情况下完成几百到上千米的钻进作业, 传统的钻进参数最优计算方式已经难以满足实际作业控制的需要, 因此需要在地质层参数发生变化的条件下采用新的石油钻进过程最优控制计算方式, 从而优化控制参数, 达到降低钻进成本的目的。

## 2 石油钻进过程最优控制

### 2.1 石油钻进过程最优控制系统描述

#### 2.1.1 石油钻进过程最优控制系统方程及状态分析

在描述石油钻进过程最优控制系统方程时, 应综合考虑机械转速、钻头类型以及其轴承和牙齿等部件的磨损情况, 同时还应合理选择可钻性、压差影响以及水利净化等乘积系数, 并结合地层研磨性、地层门限钻压、钻头轴承以及牙齿的各相关系数值等进行计算分析<sup>[1]</sup>。此外, 还应根据控制变量以及状态变量等分别对系统方程的初态和终态进行状态描述。

#### 2.1.2 石油钻进过程最优控制目标函数的合理选择

在选择目标函数时, 可以根据实际需要选择进尺总成本函数或者瞬时单位成本函数。砌筑进尺总成本函数主要是由钻头轴承磨量、进尺以及牙磨量等相关参数与瞬时单位成本共同构成。而为了确保单位进尺成本在石油钻进中始终能够保持最低值, 在目标函数选择中应用瞬时单位成本取代传统的平均单位成本。

### 2.2 进尺总成本以及单位成本

在计算瞬时单位进尺成本时, 其函数关系的构建应以钻进时间段、钻头磨损量以及轴承磨损量等作为基础参数, 并利用微分函数对各瞬时成本总和进行求解, 并根据所构建的瞬时单位进尺总成本函数方程对进尺总成本进行计算分析。

### 2.3 控制模型的构建

在进行石油钻进过程最优控制模型的构建时, 为了提

高衡量标准的精细化程度, 应以瞬时单位进尺作为成本最优控制的基础, 以达到进一步降低石油钻进成本的目的。

#### 2.3.1 合理简化终端状态量

在研究中为了简化分析可以设定终端状态量固定不变, 也就是在终端状态固定的条件下对石油钻进过程最优控制进行模型构建及计算。同时由于在石油钻进实践中, 为了提高钻头的利用率, 降低作业成本, 通常会尽量加大单个钻头进尺, 因此还可以进一步简化终端状态量, 将其设定为 1, 从而使纯钻时间尽可能增加。

#### 2.3.2 准确确定进尺状态量

在控制模型的构建中可以根据平均单位进尺成本确定瞬时单位成本, 其中平均单位成本可以结合一般石油钻进最优值进行取值, 并以此为依据合理选择最小瞬时成本参数。不过要注意的是, 在此条件下纯钻时间以及钻进进尺均会受到一定的限制。当终端状态量确定后, 就可以完成最优控制模型的构建, 且最小瞬时单位成本也就是石油钻进过程的最优控制。

### 2.4 计算最优化控制参数

#### 2.4.1 在地质参数无明显变化条件下的最优化控制参数计算

在在地质参数无明显变化条件下计算最优化控制参数时, 由于地质参数在一定的钻入进尺范围内为固定值, 地层门限钻压、转速以及乘积系数等均不会随钻进时间以及钻进进尺而发生变化, 在各参数间形成微分函数关系, 因此可以通过微积分方式利用数学模型将参数带入到模型内进行计算求解, 从而获得最优控制状态下的钻进成本值。

#### 2.4.2 在地质参数无明显变化条件下的最优化控制参数计算

但在石油钻进的实际过程中, 随着进尺的增加, 地质参数往往会发生改变, 所以在石油钻进过程最优控制的实际计算中应对这些因素进行综合性的分析, 并灵活选择数学模型以及计算方法<sup>[2]</sup>。如果地质参数在钻进过程中未发生频繁改变时, 可以根据定值参数模型对最优控制成本进行计算分析。而当地质参数在钻进过程中存在阶段性变化时, 可以首先进行阶段划分, 然后再进行最优控制成本计算。

## 3 石油钻进过程最优控制计算实践

### 3.1 某石油钻进概况

某石油钻进过程中采用的钻头类型系数中 Q 值为  $6.525 \times 10^{-5}$ , 而 P 值为 1.5。为了对其石油钻进过程最优控制进行计算分析, 将时间间隔确定为 0.5h, (下转第 184 页)

开展的根本问题,施工企业的相关人员在执行采购工作时需要有认真和专业的态度,并且企业应向采购人员明确劣质原材料会对管道安装造成的不利影响,要提高其对管道原材料的认识,选择高质量的管道原材料,同时要考虑管道的型号、类型是否符合设计图纸要求,是否与其他相关的配件能够密切匹配,保证在进行安装时每段管道之间都能严丝合缝的连接,确保管道与配件承接后能够正常发挥作用,避免造成输送物质泄露以及管控部件失灵等问题,因此必须重视选择高质量管道原材料的必要性。

#### 4.2 严格把控管道的焊接工作

在对管道进行焊接时,为了避免发生漏焊或者焊接不当的情况,焊接施工人员应先提高自身的焊接技术水平,必须取得相应的资质,施工单位在选择工作人员时必须提高选用标准,通过定期对焊接人员进行专业培训等措施,促进焊接施工人员的技术能力以及对焊接工作的重视意识得到提升,使其能够严格按照焊接标准执行工作,确保每个环节都不会产生失误;在焊接时防止漏焊可以用特殊的记号在已完成焊接工作的管道上进行标记,不同管道的焊接标准也有所不同,结合实际需要选择合适的焊条、电流、焊接方法等具体的工艺技术,在焊接工作完成后相关人员也应进行严格的检查审核,确保焊接无误。

#### 4.3 加强管道的防腐

在管道安装过程中加强管道的防腐是非常必要的,因

为一旦管道被外在因素所腐蚀,就会导致输送介质的泄露,对周围环境造成危害,若是危险性较高的物质还会对人的生命安全造成威胁。因此必须做好管道的防腐性工作,首先在对管道表面喷砂之前要将管道表面清理干净,然后才能对管道进行喷砂、刷防腐底漆,待到底漆完全干透,再进行中间漆、面漆的涂刷等工艺,确保管道防腐工作的认真落实,从而提高管道的质量,保护输送介质的安全,并延长化工管道的使用时间。

#### 5 结束语

在石油化工企业发展的过程中,必然涉及到管道的安装工作。石油化工管道设备的安装需要结合实际的情况,做出相应的处理,从而保证整个工程的施工质量。安装工程需要经过缜密的图纸设计、现场交底、良好施工、验收等工序,对于管道安装中遇到的具体情况,施工人员要结合实际进行处理,仔细地分析图纸相关方面的要求,保证化工设备管道的安装顺利进行。

#### 参考文献:

- [1] 杜文康. 石油管道工程建设水平提升路径 [J]. 化工管理, 2018(23):214-216.
- [2] 张文齐. 石油管道建设中存在的土地使用权问题探究 [J]. 化工管理, 2019(27):410-411.
- [3] 王凯鹏. 石油管道储运的安全管理分析 [J]. 化工设计通讯, 2018(20):93.

(上接第 182 页)并与平均单位进尺模式下的最优成本加以对比,以判断变参控制是否由于变参控制何。

### 3.2 石油钻进过程最优控制曲线分析

#### 3.2.1 分析石油钻进过程控制曲线

通过计算以及对控制曲线图的分析可以发现,在 0.5h 的钻进时间内钻压并未发生明显改变,仅随钻进时间的增加出现了缓慢平缓的上升,曲线几乎接近直线状态。但是钻速则在钻进时间增加后发生了明显的变化,形成了类似幂函数的曲线形态。

#### 3.2.2 分析石油钻进过程进尺及钻速曲线

当钻进时间增加后,机械钻速出现了下降的变化,其变化规律符合实际的石油钻进过程特点。这主要是由于在钻进开始阶段钻头牙齿较为尖锐,但其在钻进过程中会逐渐变钝,因此在曲线形态上出现较陡的变化趋势,而在后期曲线变化逐步趋于平缓<sup>[3]</sup>。机械钻速虽然有明显的下降,不过在后期仍能够维持在较高的钻速水平上,钻速的最低值仍比恒参状态下的最优钻速值要高,是哦吗变参最优控制的钻速平均值明显优于恒参控制。随着钻速的逐步下降以及钻进时间的增加,在进尺曲线中出现了前期增加明显而后逐渐平缓的变化特点,符合石油钻进的实际情况。

#### 3.3 分析石油钻进过程磨损量曲线

随着钻进时间的增加,钻头轴承以及牙齿磨损曲线均呈相应增加的趋势,不过与轴承磨损曲线相比,牙齿磨损曲线在钻进开始阶段的上升更为明显,但随后则逐步趋于平缓,这种变化特点去石油钻进的实际过程相一致。

#### 3.4 分析石油钻进过程成本曲线

在成本曲线中,进尺总成本则是呈不断增加的状态。随着钻进时间的增加,瞬时单位成本加大且无极值点存在,这主要是由于钻速逐渐下降,且比牙磨速下降的更为明显。而当石油钻进时间增加时,平均进尺成本出现了先快后慢的变化趋势,且当钻进时间达到 6h 以上后,其成本比恒参控制条件下的成本值低。通过对比分析可知以瞬时单位进尺成本作为最优控制基础能够更好的控制成本,将其作为衡量标准能够实现对成本的精细化控制。

#### 4 总结

为了实现对石油钻进过程的最优控制,应首先进行控制模型的构建,并综合分析各相关参数,合理选择计算方法及公式,在不同参数条件下进行计算分析,科学分析曲线变化,为合理控制石油钻进成本提供可靠的参考依据。通过石油钻进过程最优控制促进我国石油开采质量效率以及作业水平的全面提升,推动我国石油事业的现代化发展,从而更好的满足我国社会发展以及国民经济建设对石油能源的需求。

#### 参考文献:

- [1] 任伟. 石油钻进过程最优控制 [J]. 化工设计通讯, 2017, 43(10):233-234.
- [2] 李根生, 先知, 田守增. 智能钻井技术研究现状及发展趋势 [J]. 石油钻探技术, 2020(3):12-14.
- [3] 郭卫红, 崔猛, 葛云华. 大数据分析技术在钻井生产中的研究与应用 [J]. 化工管理, 2019, No.526(19):65-66.