

提高油井生产时率的生产工艺优化与管理措施

张乾赐

曙光采油厂采油作业七区

DOI : 10. 12238/j pm. v5i 7. 7003

[摘要] 油井生产时率是指某段时间内油井的生产时间之和与日历时间之和的比值。这一指标用于评价油井的生产运行水平，直接反映了油田实际的生产情况。油井生产时率的提升对于提高油田的开发效益具有重要意义，它不仅能够体现油田的生产管理水平，还能够准确统计生产事件对产量的影响。

[关键词] 生产时率；采油作业；生产工艺；管理措施

Production process optimization and management measures to improve the production time rate of oil well

Zhang Qianci

Shuguang oil production plant oil production operation seven area

[Abstract] Oil well production time rate refers to the ratio of the sum of oil well production time to the sum of calendar time within a certain period of time. This index is used to evaluate the production and operation level of the oil well, which directly reflects the actual production situation of the oil field. The improvement of oil well production rate is of great significance to improving the development benefit of oil field. It can not only reflect the production management level of oil field, but also accurately count the impact of production events on output.

[Key words] production time rate; oil production operation; production process; management measures

六西格玛管理是一种起源于20世纪80年代的质量改进方法，由摩托罗拉公司创立。随着质量管理的不断发展，六西格玛管理逐渐产生并不断完善。在质量管理的发展历程中，经历了质量检验阶段、统计质量控制阶段和全面质量管理阶段^[1]。在这个过程中，数理统计被引入到质量管理中，并发展出了控制图等质量管理工具。在全面质量管理阶段，质量管理手段不再局限于数理统计，而是全面地运用各种管理技术和方法。在这个背景下，六西格玛管理应运而生，并逐渐发展成为一种广泛使用的质量管理工具^[2]。

1 定义阶段

定义阶段的主要工作是识别顾客需求、明确存在问题、梳理过程输出、确定项目涉及的关键流程节点，最终确定具体解决问题量化指标Y。项目组根据顾客（管理区）要求，油井应24h生产，达到油井最大生产能力^[3]。然而，由于多种故障导致停井较多，产液量及产油量均较低，油井生产能力达不到管理区要求，明确了项目的关键问题，将此次研究课题Y定义为油井生产时率^[4]。

1.1 Y值定义

定义Y值为油井生产时率^[5]，现状水平为94.3%，目标值为97%。Y值计算公式为：

$$Y = \frac{\sum \text{实际生产时间}}{\sum \text{日历时间} - \sum \text{计划关井时间}} \times 100\%$$

$$Y = \frac{\sum \text{实际生产时间}}{\sum \text{日历时间} - \sum \text{计划关井时间}} \times 100\%$$

根据影响实际生产时间、计划关井时间的因素，将Y分解为(y1, y2, y3, y4)，分别定义：y1为配电MTBF^[3]，y2为设备设施MTBF；y3为井筒MTBF；y4为流程MTBF。

1.2 项目计划

根据油井生产流程，对各个节点进行梳理，界定了项目范围，绘制了SIPOC流程图，确定了供方、输入、过程、输出和顾客的项目范围界定，如图1所示。



图1 SIPOC流程图

2 测量阶段

测量阶段的主要工作是明确油井生产现状, 确认测量系统精确性和能力评定。具体内容包括现状流程描述、数据收集、测量系统分析和流程能力分析。

2.1 现状流程

根据油井正常生产流程, 分析出影响流程的配电、设备设施、井筒、采出液输送等因素, 按照项目组(绿带项目)目前科研水平及正常工作控制能力, 找出可控因子、不可控因子及标准化因子。分析结果如下。

1) 配电: 影响配电的不可控因子为供电线路; 可控因子为变压器、电缆、控制柜; 标准化因子为日常巡检维护。

2) 设备设施: 影响设备设施的不可控因子为操作者、电机、抽油机; 可控因子为皮带、盘根; 标准化因子为日常保养。

3) 井筒: 可控因子为光杆、抽油杆、油管、泵; 标准化因子为定期检泵、检管。

4) 采出液输送: 不可控因子为外输泵、流程管线; 可控因子为储油罐。

2.2 数据收集计划

为统计分析油井停开井时间及原因, 需测量收集油井开井时间、油井计划停井时间、平均无故障运行时间、平均维修时间4项数据。其中油井的开井时间、油井计划停井时间通过PCS系统采集; 平均无故障运行时间通过油井开井时间减去计划停井时长得出; 平均维修时间提取非计划停井时间得出。

2.3 测量系统评定

油井停开井时长为PCS系统自动采集, PCS系统通过数据库自动提取控制柜运行状态。停井原因为四化管控岗按照《资料录取管理规定》^[6]进行标准录入, 数据存储在服务中, 可随时提取分析。服务器中的数据为电脑自动采集, 无法多次测量且数据单一, 根据现有技术手段, 其数据的采集、测量具有可靠性、真实性。

2.4 流程能力评定及分析

用Minitab软件做出单样本T检验的功效曲线, 得出样本数量最少为30个。根据管理区油井生产参数的不同, 在管理区114口油井中按3个组随机抽取30口开井时率低于97%的油井进行数据分析。项目组通过统计样本油井开井时长和非计划停井时长, 计算出30口样本油井2019年1—10月每周的油井开井时率。根据周生产时率数据, 做出30口样本油井的能力报告, 通过报告分析, 时率均值在94.24%且流程不稳定, 按照客户(管理区)希望油井能够最大限度达到24h/d生产, 将理想规格上下限定为94%—100%。

3 分析阶段

分析阶段运用定性和定量分析方法与工具, 找到影响Y的X因素。项目组运用MTBF和MTTR可靠性研究思路, 通过数据整理, 筛选出每口油井生产时间不足24h的数据, 计算得出油井MTBF, 根据停井时间及维修后开井时间计算得到MTTR^[4], 对30口油井的MTBF、MTTR以及停井原因进行分析。对其中1口井进行分析, 其余29口油井均按此分析。以油井GDGB21-7

为例, 根据GDGB21-7的MTBF, 做出MTBF均值控制图, 从图2可以分析出, MTBF为22.3d。

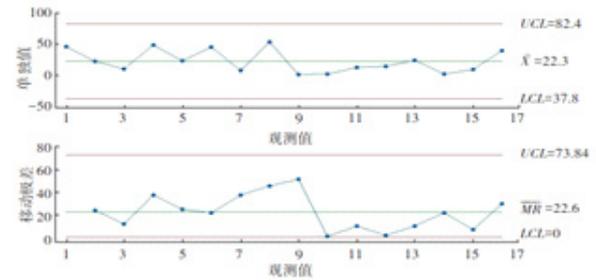


图2 GDGB21-7的I-MR控制图

根据GDGB21-7MTBF的Weibull分布概率图和百分位数表, 可以查出80%的概率下MTBF为35.4d, 与实际MTBF22.3d相比, 实际平均无故障运行时间较短。根据GDGB21-7MTTR数据, 做出MTTR的控制图(图3), 分析出MTTR为13.7h, 查阅停井原因记录表, 查出第7个数值为油井作业占井时长, 不做剔除处理。

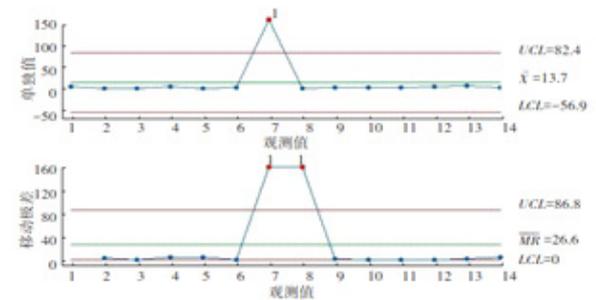


图3 GDGB21-7MTTR的I-MR控制图

按照GDGB21-7MTBF和MTTR的分析方法, 对其余29口油井进行分析汇总, 计算出30口油井的MTBF为21.183d和MTTR为11.32h。项目组从人、机、料、法、环五方面进行原因分析, 通过鱼骨图找出不可控因子和可控因子, 着重对可控因子进行分析。汇总30口油井停井原因及发生次数, 做出帕拉图, 可以分析出设备设施故障占比最大, 井筒故障次之。对设备设施故障和井筒故障细原因做出帕拉图, 可以看出更换盘根、更换皮带、蜡卡、换电机原因对油井MTBF影响较为明显, 其中管杆泵、电机为不可控因素, 所以对管杆泵、电机等不可控因素进行分析优化^[7-8]。

4 改进阶段

改进阶段的目标是针对分析阶段找到的关键因子提出改善方案, 并且筛选最优方案, 按照改善方案试运行, 效果显著。

4.1 改进方案制定

项目组统计样本井中因设备设施故障停井相邻两次故障之间的MTBF为20.14d和MTTR为1.6h。项目组查询停井计划统计表, 分析出影响MTBF和MTTR的主要因素为更换盘根和皮带的施工水平引起维修质量较低, 造成MTBF较短, 维修过程中等待时间长引起MTTR较长。高频率故障对策及零件寿命延长的技术改造措施如下。

1) 完善生产管理考核制度。对井口及皮带四点一线调整

等工作量化考核,提高更换盘根和更换皮带的施工质量。

2) 利用新工艺、新技术解决井口盘根泄漏等问题。依据 SMED 快速换模理论,对油井维修流程进行改进,在日常维修维护作业时,进行内外作业分离,缩短内作业时间,制定标准化新的生产准备程序。对于油井维修作业,将准备工作放在停井之前,待设备配件准备完毕后再停井,同时提高维修质量和速度,缩短停井时长。

4.2 制定预防油井结蜡对策

统计 30 口样本井筒原因停井两次故障之间的 MTBF 为 208d 和 MTTR 为 152.1h。项目组调取样本井蜡卡躺井数据发现,油井载荷差、日耗电与结蜡程度之间存在相关性,从蜡卡前数据可以看出,日耗电持续上升,载荷差增大,功图面积增大等数据变化。项目组根据蜡卡前各项参数的变化进行 PCS 阈值的设置,能够提前发出预警,提前干预,预防结蜡故障的发生,从而提高 MTBF,减少故障率。

5 控制阶段

控制阶段是项目团队维持改进成果的重要步骤,主要目的是保持项目取得的成效。内容包括输出过程改进成果的文件化,包括新流程与规范,过程控制计划和新的过程指标测量与监控。

5.1 建立皮带打滑预警模型

项目组对更换或调整紧固皮带的油井数据进行分析,寻找皮带松紧度与电流、载荷、冲次等参数之间的关系。以组合预警模型功能中趋势、阈值的两大建模方式,建立模型如图 7 所示。通过制度的完善和皮带打滑预警模型的建立,统计 30 口样本井换盘根的次数由 137 次下降到 91 次,皮带更换由 67 条下降到 47 条,样本井设备设施相邻两次故障之间的 MTBF 由 2 0.12d 延长到 38.37d,而 MTTR 由 1.6h 降至 0.7h,方案的实施效果明显。

5.2 建立油井结蜡预警模型

利用油井载荷差、日耗电与结蜡程度之间相关性,找出变化规律,按照规律设置参数和阈值,形成三级结蜡预警模型(表 1)。

表 1 三级结蜡预警机制

级别	一级预警	二级预警	三级预警
阈值	日耗电急剧上升, 载荷差增大 15% 以上	日耗电加剧上升, 载荷差增大 10%~15%	日耗电持续上升, 载荷差增大 5%~10%
应对机制	加清蜡剂应急治理, 及时安排热洗进行彻底清蜡作业	上报热洗清蜡计划, 并组织实施	加密观察跟踪

通过预警模型的建立,提前对油井进行加清蜡剂应急治理,及时安排热洗进行彻底的清蜡作业,避免因蜡卡导致躺井由同期内 9 井次降至 3 井次,井筒 MTBF 由 208d 上升到 321d。

5.3 采用分因素停井控制技术提高采油时率

分因素停井控制技术是指把影响停井和躺井的因素根据实际情况分为内外因素并分单项分析停井原因,查找问题制定

相应措施进行整改,而且制定单项工作量的施工时间及停井时间,强化工作标准、工作质量、工作时间的考核,对超节原因加以分析,总结经验整改不足,不断提高工作质量和工作标准。其主要方法是通过地层油井生产预警、井筒油井生产预警、地面油井生产预警和工作复命制来实施

(1) 地层因素油井生产预警

地层因素油井生产预警是以反映地下流体、能量的状态参数为油井生产预警参数,通过参数变化分析,提出预防措施,保证油井正常生产。其油井生产预警参数包括水油比、含水上升速度、沉没度、含砂上升速度。当水油比大于 49,或含当日含水上升速度 $\geq 1\%$ 时,油井进入油井生产预警期;当折算沉没度低于合理沉没度 100m,且因为沉没度变化引起液量下降时,油井进入油井生产预警期;当含砂上升速度 $\geq 0.01\%$ 时,油井进入油井生产预警期。通过地层油井生产预警 16 井次,发现当日含水上升速度超过 1%,经过井组调配最后控制住含水有 2 井次;发现沉没度下降速度快,导致油井供液变差、产量降低的油井 3 井次,通过调整对应注水井注水量恢复供液能力有 1 井次;发现油井含砂上升速度大于 0.01%的油井 3 井次,经过调整生产参数和作业修井,确保油井正常生产。与去年同期相比因地层因素引起的油井躺井减少 4 井次。

(2) 井筒因素油井生产预警

井筒因素油井生产预警是以反映井筒工作状态的参数为油井生产预警参数,通过参数变化分析,提出预防措施,保证油井正常生产。其油井生产预警参数包括油井免修期、泵效、杆应力。免修期是应用油井免修期台账,按照不同的泵型绘制免修期综合油井生产预警图版,以计算出的平均免修期为纵坐标,实际免修期为横坐标,以实际免修期=平均免修期*90%作为油井生产预警线,油井生产预警线以下的井进入油井生产预警区域。泵效油井生产预警是根据油井的泵效(油井泵效=油井计量出的液量/油井理论排量*100%)变化与生产时间的关系,确定出两条极限值,一条是平均泵效线,一条是泵效油井生产预警线。泵效在油井生产预警线以上的时期为生产稳定期;泵效油井生产预警线以下为油井生产预警期;平均泵效线与泵效油井生产预警线之间的时期为油井生产观察期。杆应力油井生产预警是应用公式计算杆应力,当杆应力倍率达到 0.9 时,进入油井生产预警。通过井筒油井生产预警 13 井次,与同期相比因井筒因素引起的躺井减少 3 井次。

6 结论

项目实施后,统计 30 口样本油井生产时率的能力报告,每周生产时率均值在 97.58%,均值落在 94.5%~100%控制线内,流程稳定达到预期目标。

[参考文献]

- [1]何桢.六西格玛管理[M].3 版.北京:中国人民大学出版社,2014.
- [2]高福成.TPM 全面生产维护推进实务[M].北京:机械工业出版社,2009.