SAGD 防刺漏生产工艺的研制与应用

张建国（中国石油集团新疆分公司风城油田作业区 SAGD 二号采油站，新疆　克拉码依　834000）

摘　要：SAGD 生产技术是一种稠油开采的高效生产方式，目前已经成为新疆油田公司风城油田作业区主要产量构成部分，随着 SAGD 技术不断扩展，油田规模越来越大，该技术仍处于新技术应用的高速发展时期，出现一些尚需解决的问题，本文通过对 SAGD 生产过程出现的工艺流程、设备出现刺漏问题进行分析，提出解决方案，使该技术能够加快发展，达到安全生产的要求。

关键词：风城油田；超稠油；SAGD；工艺设备

SAGD 简称蒸汽辅助重力泄油（Steam Assisted Gravity Drainage，简称 SAGD）是一种将蒸汽从位于油藏底部附近的水平生产井上方的一口水平井注入油藏，被加热的原油和蒸汽冷凝液从油藏底部的水平井产出的采油方法，其机理是以蒸汽作为加热介质，采用双水平井布井方式，通过液体对流及热传导的共同作用，依靠重力作用开采稠油。SAGD 技术在国际上是超稠油开发的一项成熟技术，代表着超稠油开发的最高水平，最终采收率可达 50%–70%，是目前超稠油开发有效手段。中国石油新疆油田分公司风城油田作业区是中国最大的整装超稠油油田，为探索超稠油开采难题，因 SAGD 技术领先，单井产量高，开采周期长，开采程度高，风城油田作业区引进 SAGD 采油技术，经过连续不断开展技术创新，该技术在风城油田作业区的应用站在国内外超稠油开采领域尖端。

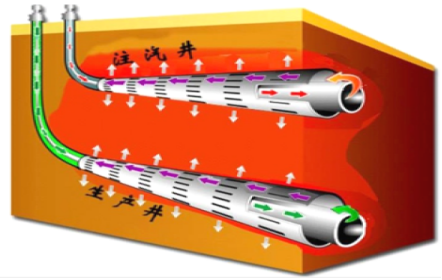


图 1 SAGD 生产原理图

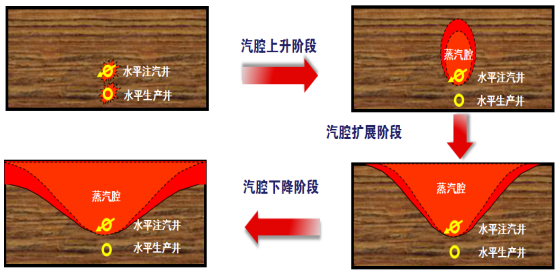


图 2 SAGD 生产阶段示意图

1 背景

风城油田作业区超稠油采用 SAGD 生产技术的有 2 个区块，SAGD 生产阶段中处在第一位的循环阶段，其主要目的是建立双水平井两井间的热循环通道，连通程度好坏直接决定了，双水平井水平段的动用程度，为下一阶段生产打好基础，如果动用程度不足，SAGD 生产井生产能会大打折扣，达不到预期效果。因此 SAGD 生产井需要时刻保持对注入蒸汽量及产出液量进行精确调控，以确保生产井在合理状态下生产，以保证循环预热及以后生产阶段的高效、稳产，放弃常规频繁更换普通油嘴调节油井生产，而采用调节阀来代替常规油嘴，以减少频繁更换油嘴带来的停产，现场将这些调节阀称为可调式油嘴。

SAGD 循环预热阶段产出液含汽量高流速快，且超稠油油藏埋藏较浅，地层出砂量大，超稠油原油粘度高，携砂能力强，特别是在 SAGD 循环预热阶段，注汽量高，用于沟通井组上下 2 个水平井之间的油流通道，在油流通道没有建立前，注入的蒸汽在井下水平段中循环一周后随即被采出，采出液温度高、压力高、流速快，在高含砂量作用下，对节流部分加剧冲刷，极易发生刺漏情况，也造成大面积环境污染。在地面工艺流程中因油嘴处缩径节流更加大了流速增加，这些砂粒在高流速运动下对可调油嘴及管线造成剧烈摩擦，造成可调油嘴频繁刺漏，严重井组可调油嘴磨穿仅需 4–8h，由于 SAGD 井循环预热阶段压力高，油嘴刺漏造成严重的环境污染，更换可调油嘴及处理环境污染的过程长，费用高，同时降低油井有效循环预热时间，增加员工工作量，亟需研制针对性油嘴实现刺漏预警，避免发生污染，消除环保对生产带来的压力。

2 改进思路

SAGD 井口管线或可调油嘴节流处发生刺漏后，常规做法是采用更换可调油嘴，或对刺漏处采取焊接的方法进行处理，刺漏不严重的区块，此方法能很好解决刺漏造成影响，但在出砂严重区块，刺漏严重的井，只需 4–8h 即可将可调油嘴节流处刺穿，使井组始终处于维修状态，无法正常循环生产，频繁关井处理刺漏还会造成注入井下的一段蒸汽，由于没有后续的蒸汽供给，蒸汽温度会下降，蒸汽冷凝成水析出，原来处于饱和状态稠油也从蒸汽中析出，造成出液粘度的增加，待刺漏处理完后，后续蒸汽重新注入，这部分粘度增加的产出液由于粘度的增加，会携带更多的砂粒，造成井口管线或可调油嘴节流处重复刺漏，形成恶性循环，也会造成循环效果变差，延长循环周期，井下汽腔越大时，这一现象越明显。如果为了减少刺漏的发生，采用降低循环注入蒸汽量的方法降低出液流速，会造成 SAGD 循环预热周

期延长，转抽时间推迟，而且由于油层的非均质性，很可能造成水平动用程度降低。

循环预热阶段注入蒸汽量较转抽后高出很多，延长了循环预热阶段的生产时间，这也意味着会造成蒸汽注入量的增多，蒸汽生产成本的增加，所以延长可调油嘴使用寿命，刺漏后提前预警，减少环境污染的发生是解决地面工艺设备刺漏的主攻方向。

3 现场实施对策

生产现场出现刺漏后由于出液压力高极易造成大面积原油污染，处理起来耗时耗力，含油污泥处理费用高，环保压力巨大，从根本上消除刺漏发生解决这些问题，或保守情况下，刺漏后能及时发现，减少刺漏造成原油泄漏的量，减小处理刺漏的环保压力，经现场反复试验，做出以下解决方案。

①采用双层结构，具体做法是在可调油嘴易刺漏部位本体处加装外层护管，SAGD 生产工艺管线为外径 76mm 管线，在此管线外部加装一层 114mm 管线，形成双层套管结构，外层 114mm 管线加装长度结合生产现场刺漏情况统计得出数据，长度要超过已发生刺漏点的长度，并预留可能出现刺漏点长度，确保刺漏只发生在双层套管内部，双层套管施工过程只需常规电气焊作业 1h 即可完成，通过现场实施，双层结构在一定程度上缓解刺漏速度，当第一层 76mm 管线刺穿后，因 SAGD 产出液含有饱和蒸汽，在闪蒸作用下，可起到一定的缓解作用，使最外层 114mm 管线的刺穿速度大大降低，可调油嘴更换周期由 1–2 天延长至数天；

②在外层护管上安装压力监测装置，具体做法是在外层护管上打孔，通过焊接方式，安装压力监测装置，当可调油嘴本体被磨穿后，压力通过磨损点传递到外层护管内，通过压力监测装置可直观的发现刺漏，通过及时更换避免造成环境污染，压力监测装置通过优化目前工艺仪表，挑选非关键节点自动化仪表作为防刺漏预警油嘴监测仪表，远程监控报警系统实现 24h 实时监控，当压力升高时及时检查可调油嘴实现刺漏预警，设定预警压力时要考虑双层套管的空气，因外界环境温度的变化和产出液温度变化造成的空气膨胀或收缩造成的表显压力，经过现场测试此压力不会超过 0.13MPa，所以远程预警压力设定要超过此压力，以免造成误报。目前生产现场通过安装远程监控预警装置 12 井次，提前预警 15 井次，减少刺漏造成环境污染，及时清理环境污染带来的人员、车辆、污油泥回收处理的费用；

③可调油嘴内部安装抗磨性陶瓷材料，通过生产现场双层防刺漏结构的试验，虽然能够缓解可调油嘴的刺漏情况，但未达到理想状态，查阅资料后，采用以氧化铝为主要材质的人造陶瓷材料做为可调油嘴防刺漏的关键突破点，氧化铝含量为 95% 陶瓷管做为可调油嘴内管，即将外径为 55mm 陶瓷管安装在常规 76mm 管线内部，采用在管线内部焊接固定块的方式，将陶瓷管固定在 76mm 管线内部，陶瓷管将易刺漏部位全部覆盖，使陶瓷管首先接受产出液冲刷，以陶瓷管的高强度对抗砂料的加剧磨损，降低可调油嘴刺漏频次，经现场试验 11 井次，可调油嘴的使用寿命从原来的 1–2 天，延长到 1 个月以上，最长达到 10 个月时间，达到延长可调油嘴使用寿命，减少可调油嘴更换频次，减少 SAGD 井停产时间，提高油井有效预热时间、提高 SAGD 井循环预热效果；

④应用注意事项：a 陶瓷管虽然硬度高，但材质较脆，不能大力碰撞，易造成陶瓷管破碎，在搬运、安装过程中轻拿轻放，严禁碰撞，杜绝野蛮操作；b 陶瓷管在 76mm 管线内要固定可靠，否则在产出液的冲刷下，陶瓷管发生位移，位移的过程发生撞击，易造成陶瓷管的破损，从而造成达不到使用要求；c 可定期转动陶瓷管，使陶瓷管多方位受到冲刷，以延长陶瓷管的使用寿命。

4 应用效果

通过为期近一年生产现场试验，防刺漏预警可调油嘴基本达到生产现场要求，达到延长使用寿命，减少原油污染，节约生产成本，增油节汽，降低员工劳动强度的目的。

经济效益：通过应用防刺漏预警可调油嘴，全区块预计可有效预防油嘴刺漏造成较大环境污染 40 次，每次产生含油污泥 40t，全年减少含油污泥产生 1600t，极大的节约了含油污泥的处理费用，减轻了环保带来的生产压力。

材料及车辆：全区块全年预计可减少可调油嘴使用数量 80 个，节约大量材料费用。减少清洗用料及特车费用。

增油节汽：全区块预计转抽时间提前 8 天，单井净增油 5t/d，此项既可增加效益 100 余万元。可调油嘴发生刺漏时，造成无效蒸汽使用时间，通过减少刺漏的发生全区可节汽超万吨。

投入费用：可调油嘴改造费用约 0.2 万元 / 个，全区块发生成本费用不足 10 万元，此创新成果通过现场实施效果显著，投入产出比巨大，产生的经济效益可观。

5 技术创新点

防刺预警可调油嘴的应用，解决了超稠油生产过程中，由于含砂量高，超稠油携砂能力强，砂粒随着产出液对工艺设备冲刷后易造成刺漏问题，同时实现了远程预警，耐磨陶瓷管的应用，不仅适用于 SAGD 循环预热阶段使用，在其他易发生刺漏生产环境中都可以单独使用，应用前景广泛。

参考文献：

[1] 张锐等 . 稠油热采技术 [M]. 北京 : 石油工业出版社，1984.

[2] 霍进等 , 风城油田蒸汽辅助重力泄油启动阶段注采参数优化 [J]. 新疆石油地质 ,2015,36(02):191-194.

作者简介：

张建国（1972- ），男，汉族，新疆克拉玛依人，采油高级技师，主要从事油气田开发工作。