

超长冲程抽油机井的举升工艺分析及优化研究

张振桐

大庆油田有限责任公司第五采油厂，黑龙江 大庆 163511

DOI: 10.61369/SSSD.2026090018

摘 要： 伴随着油气开采具备高效化、节能化、长效化特征的发展过程，超长冲程抽油机凭借超长冲程、超低冲次的特点，解决了传统抽油机产液能力差、杆管偏磨严重、系统效率低等问题，在油田开发中得到广泛的应用。本文以超长冲程抽油机井举升工艺为研究对象，根据大庆油田 TF 采油厂现场应用实例，对超长冲程抽油机井举升工艺进行系统化分析，并发掘出超长冲程抽油机及配套设备的技术优势，运用现场应用数据探究应用井的基本情况、泵效与沉没度之间的内在联系以及玻璃钢抽油杆的应用可行性，最后得出研究成果，为超长冲程抽油机井举升工艺的优化升级、推广使用、提高效益提供一定的理论依据和参考。

关 键 词： 超长冲程抽油机；举升工艺；抽油杆

Research on Lifting Process Analysis and Optimization of Ultra-long Stroke Pumping Wells

Zhang Zhentong

The Fifth Oil Production Plant of Daqing Oilfield Co., Ltd., Daqing, Heilongjiang 163511

Abstract： As the process of oil and gas extraction evolves, it exhibits characteristics of high efficiency, energy conservation, and long-term sustainability, energy conservation and long-term operation, ultra-long stroke pumping units, featured by ultra-long stroke and ultra-low pumping speed, have solved the deficiencies of traditional pumping units such as poor liquid production capacity, severe rod and tube eccentric wear and low system efficiency, and have been widely applied in oilfield development. Taking the lifting technology of ultra-long stroke pumping wells as the research object, this paper systematically analyzes the lifting process combined with the field application practice of the TF Oil Production Plant in Daqing Oilfield, and summarizes the technical advantages of ultra-long stroke pumping units and supporting equipment. Based on field measured data, it explores the basic conditions of application wells, the internal correlation between pump efficiency and submergence depth, as well as the application feasibility of FRP sucker rods. Relevant research conclusions are concluded, so as to provide theoretical basis and technical reference for the optimization, upgrading, popularization and benefit improvement of the lifting technology for ultra-long stroke pumping wells.

Keywords： ultra-long stroke pumping unit; lifting process; oil rod

引言

伴随着我国油气资源开发越来越深入到深层、低渗、低产区块，传统的游梁式抽油机也已经不能满足高效开采的要求。游梁式抽油机最大冲程为 2.5 ~ 5.5m，最低冲次为 1.5 ~ 3n/min，有冲程短、冲次高、能耗大、杆管偏磨严重、检泵周期短等固有缺陷，不但造成开采成本上升，而且影响产液量提高。在这种情况下，超长冲程抽油机应运而生，它突破了传统抽油机的结构束缚，达成了超长冲程，超低冲次的高效举升模式，足以成为破解低产低效油井开采难题，助力油田开发提质增效的关键设备。

一、超长冲程抽油机举升工艺的特点

超长冲程抽油机举升工艺优势在于它特殊的结构设计以及运行模式，主要表现在以下两个方面：

一是冲程大、冲次低，举升效率高。超长冲程抽油机的最大冲程可达 50m，最低冲次只有 1n/h，远高于游梁式抽油机的 5.5m

最大冲程和 1.5n/min 最低冲次，长冲程能增加抽油泵的有效排量，超低冲次能减少抽油杆和光杆的疲劳损伤，延长抽油杆、光杆、油管、抽油泵等主体井下工具的使用寿命，同时减少冲程损失，平均泵效可以达到 85% 以上，大幅度提高举升效率^[1]。

二是能耗小、系统效率高。该工艺把永磁同步电机和减速器集成起来，减少了传动环节，提高了传动效率，而且没有了平衡

块、曲柄、皮带这些零部件，从而降低了设备在运转时消耗及损失的能量，同传统的游梁式抽油机相比，其节电率不低于60%，如果采取动态平衡调整措施，节电率可达到66%以上，系统效率比一般的节能装置至少提高一倍^[2]。

二、超长冲程抽油机及其配套设备的技术优势

（一）超长冲程抽油机本体的技术优势

超长冲程抽油机在结构设计、技术核心方面有突出表现，自身所具有的主要特点有三个方面。一是结构简单，可靠性好^[3]。与游梁式抽油机相比，该种设备去除了平衡块、曲柄、皮带这些容易损坏的部件，采用电机直接驱动的方式，减少传动环节，降低故障出现的概率，提高系统的可靠度，同时使用滚筒式卷扬结构，传动系统简洁，一次投入较少，运行维护费用较低。动力部分先进，传动效率高。采用永磁同步电机与减速器一体化配备的设计思路，电机效率高、能耗低，减速器传动比准，低速平稳，柔性光杆采用多层钢丝缠绕以及高分子涂层的方式，与传统光杆相比，其抗拉强度和抗弯强度提高很多，也提高了密封性，延长了光杆的使用寿命，同时传动效率也得到明显的改善。三是运行灵活，适用范围广。该设备可以实现单井或者双井之间的切换，可以满足最小5米的井口间距要求，完全满足丛式井组的布局需求，并且具有修井快速让位的功能来提高作业效率；根据油井渗透率、产能差异不同做个性化的参数调节，保证每口井处在最佳的工作状态，特别适合“三低”油藏高效开采。另外设备具有智能控制功能，可以对设备进行远程启停、数据传输、监控，大大提高了设备的运行稳定性，使运行时率得到保证^[4]。

（二）配套设备的技术优势

超长冲程抽油泵是核心配套设备，采用长泵筒、长活塞结构，与超长冲程抽油机相匹配，发挥长冲程优势，在抽油杆和光杆的往复运动中增大单次抽汲排量，降低气体影响，提升泵效，优化密封结构，降低漏失量，适合超低冲次运行^[5]。专用双向油管锚采用Φ116mm规格，为超长冲程抽油机井生产管柱蠕动问题提供优化方案，锚定性能理想稳定，管柱蠕动可控，防止油管磨损、断裂，解决常规Φ114mm双向油管锚适配性差的问题，保证管柱运行的稳定性。

清防蜡设备上用连续管式固体防蜡器和连续杆式固体防蜡器相结合的化学清防蜡技术，可降低采出液的黏度，减小结蜡对举升工艺的影响，比传统热洗、高温高压热洗等清防蜡方式更环保、更高效，不会造成高频次热洗造成的设备损伤；电加热清蜡技术作为补充的清防蜡技术，适用于结蜡严重的油井，尽管投资成本大、耗电量大，但是清防蜡效果明显，可以根据油井实际状况酌情考虑使用^[6]。

三、超长冲程抽油机井在生产实践中的应用分析

（一）应用井基本概况

大庆油田TF采油厂A区块为低渗透油藏，油层埋藏较深，

无连通水井，原油黏度中等，结蜡现象较常见，前期采用游梁式抽油机举升，泵效低、能耗大、杆管偏磨严重等问题突出，后期改用超长冲程抽油机举升，选取3口井进行试点，具体基本情况如表1所示。

3口试点井均采用了超长冲程抽油机，配备Φ57mm超长冲程抽油泵，初始泵深根据地质资料及生产需求确定，使用Φ116mm专用双向油管锚固定管柱，采用连续管式固体防蜡器化学清防蜡技术。地质资料包含油层厚度、射孔顶界深度、原油密度、渗透率等参数，射孔顶界深度直接影响泵挂深度合理设定；设备流程数据有抽油机冲程、冲次、额定载荷、抽油泵泵径、泵长、油管规格、抽油杆类型、抽油杆长度等；生产数据有产液量、泵效、沉没度、悬点载荷等，具体数据见表1。^[7]

表1 试点井基本参数

井号	射孔顶界深度（m）	原油密度（kg/m ³ ）	冲程（m）	冲次（n/h）	初始泵深（m）	抽油杆类型
a	1650	890	40	2	1580	普通HY级钢制抽油杆
b	1720	885	45	1.5	1650	普通HY级钢制抽油杆
c	1680	895	42	1.8	1620	普通HY级钢制抽油杆

（二）泵效与沉没度的关系分析

泵效是评价抽油机举升工艺效率的重要指标，沉没度是决定泵效的重要因素，它直接影响到抽油泵的供液能力及举升效果。沉没度过低，抽油泵供液不足，就会出现液击现象，加大抽油杆和油管的偏磨、断脱风险；沉没度过高，会使泵的充满系数下降，抽油杆和油管容易发生伸缩变形，造成较大的冲程损失，会抑制油层出液，降低系统的效率^[8]。为了探究超长冲程抽油机井泵效和沉没度之间的关系，选取的3口试点井配套的Φ57mm抽油泵进行现场实测，得到正常生产工况下沉没度的最大值、最小值、平均值和对应的泵效最大值、平均值，具体数据见表2。

表2 试点井沉没度和泵效的最小值、最大值和平均值

井号	沉没度最小值（m）	沉没度最大值（m）	沉没度平均值（m）	泵效最小值（%）	泵效最大值（%）	泵效平均值（%）
a	480	580	530	62	68	65
b	490	590	540	63	69	66
c	470	570	520	61	67	64

（三）玻璃钢抽油杆应用可行性分析

超长冲程抽油机井举升工艺中，抽油杆是关键部件，其性能好坏直接影响举升系统是否稳定、能耗的高低以及使用寿命的长短^[9]。传统的普通HY级钢制抽油杆具有很高的抗拉强度，但是由于单位长度的质量较大，所以会加大悬点的载荷，在泵挂加深后，最大载荷和交变载荷增大的问题更加严重，而且杆管偏磨现象也不能完全解决。玻璃钢抽油杆作为一款新型抽油杆，具有单位长度质量轻、耐腐蚀、耐磨损等优点，近几年来在抽油机井中

逐渐推广应用。

第一，技术上讲，玻璃钢抽油杆的主要性质和超长冲程抽油机的运行方式是相适应的。玻璃钢抽油杆抗挤强度小，只适合下入冲次 3.5n/min 及以下的井，而超长冲程抽油机最高冲次为 0.2n/min（试点井冲次为 1.5 ~ 2n/h），远远小于玻璃钢抽油杆的适用冲次范围，所以从运行速度来说，玻璃钢抽油杆完全符合超长冲程抽油机井的举升要求。另外玻璃钢抽油杆的密度只有钢材的四分之一左右，单位长度质量轻，以 Φ25mm 玻璃钢抽油杆为例，单位长度质量仅为 1.34kg/m，比同规格普通 HY 级钢制抽油杆（2.76kg/m）低很多，可以有效地减轻抽油杆柱的自重，降低悬点最大载荷，满足深井应用中载荷超标的需求，和超长冲程抽油机深井应用的优化要求相吻合^[10]。

第二，在性能上来说，玻璃钢抽油杆比普通 HY 级钢制抽油杆要节能、抗偏磨得多。一方面，单位长度质量轻能大大降低悬点载荷，节省电机和配电箱的能耗，按照预测理论的最大载荷经验公式计算，在相同的泵深、冲程、冲次等条件下，用 Φ25mm 玻璃钢抽油杆代替同规格普通 HY 级钢制抽油杆，3 口试点井的预测理论最大载荷可降低 30% 以上，载荷利用率可以达到 70% 以内，有效地避免了由于载荷过大引起的停机问题。另一方面，玻璃钢抽油杆表面光滑、摩擦系数低，和油管之间摩擦力比普通 HY 级钢制抽油杆要小很多，可以有效地减少杆管偏磨现象，对试点井这样井斜角大的油井来说尤其适用，能够进一步延长检泵周期，有效降低维修成本。

四、结论及展望

（一）结论

超长冲程抽油机举升工艺具备超长冲程、超低冲次、高效节

能、杆管轻度偏磨等显著优点，可以有效地提升泵效，缩减能耗并延长检泵周期，适合低渗、低产这类复杂地质条件的油井；不过在深井的现场应用中会遭遇悬点载荷过高、飘绳、管柱蠕动等状况，清防蜡工作较为繁杂，需要通过采用改良的配套设备以及设定合理的工艺参数来加以应对。

超长冲程抽油机及配套设备构成了一个协同高效的举升系统，抽油机自身结构简单、动力先进、运行灵活，配套的超长冲程抽油泵、超长冲程抽油机井专用油管锚、清防蜡设备等辅助元器件又大大提高了系统的稳定性及举升效率，比传统游梁式抽油机的举升系统节约能耗可达到 60% 以上，泵效提高明显。

（二）展望

一是对设备结构及工艺参数做进一步的改善。根据不同的油藏地质条件以及生产需要，对超长冲程抽油机的冲程、冲次等主要参数进行优化，开发出适合下入定点测试井、套变套损井的小直径专用油管锚；改善抽油泵的结构，提高抽油泵抗偏磨、抗漏失的能力，使抽油泵的使用寿命得到进一步的延长。以长庆油田的动态平衡技术为借鉴实例，研究多井协同举升方式，利用削峰填谷原理来减少举升系统的总悬点载荷及总扭矩，从而达到改善节能效果，保持举升系统稳定的目标。

二是推广新型配套技术及新型材料。加大玻璃钢抽油杆等新型材料的研发与应用力度，改善其抗挤强度和连接性能，削减初期的投资成本。研发既高效，又长效的清防蜡技术，解决清防蜡有效期短、热洗周期短、投资成本高等难题，改良清防蜡效果，避免设备发生短周期损害，消除安全环保事故。探究智能化清防蜡技术和举升系统相结合的方法，达到对清防蜡全过程进行实时监测、自动调控的目的。

参考文献

- [1] 贾俊敏, 张涵淇, 郝瑞辉, 等. 井下滑动密封超长冲程抽油机举升技术研究 [J]. 石油工业技术监督, 2025, 41(02): 46–49. DOI: 10.20029/j.issn.1004–1346.2025.02.010.
- [2] 单欣. 大庆油田超长冲程采油技术的应用探讨 [J]. 化学工程与装备, 2024, (07): 56–58+65. DOI: 10.19566/j.cnki.cn35–1285/tq.2024.07.029.
- [3] 刘玲. 超长冲程抽油机井增效原理研究 [D]. 东北石油大学, 2024. DOI: 10.26995/d.cnki.gdqsc.2024.001084.
- [4] 江旺权. 超长冲程采油系统举升性能研究 [D]. 东北石油大学, 2024. DOI: 10.26995/d.cnki.gdqsc.2024.001009.
- [5] 吴方方. 基于碳纤维连续抽油杆的超长冲程抽油机研究 [D]. 西安石油大学, 2024. DOI: 10.27400/d.cnki.gxasc.2024.000579.
- [6] 陈星言. 超长冲程抽油机设计与维护 [J]. 设备管理与维修, 2024, (05): 77–80. DOI: 10.16621/j.cnki.issn1001–0599.2024.03.25.
- [7] 倪勃. 超长冲程抽油机采油技术在油田的研究与应用 [J]. 石油石化节能, 2023, 13(07): 25–28.
- [8] 张端光. 柔性光杆超长冲程抽油机的设计 [J]. 石化技术, 2023, 30(01): 48–50+34.
- [9] 超长冲程抽油机技术及产品 [J]. 石油科技论坛, 2022, 41(03): 109.
- [10] 邢敏. 柔性超长冲程抽油机控制系统设计与故障诊断研究 [D]. 兰州理工大学, 2022. DOI: 10.27206/d.cnki.ggsgu.2022.001143.