

# 低液量井机采提效技术研究与应用

兰芳 邓小茹 王丽霞 孙春梅 (玉门油田分公司工程技术研究院, 甘肃 酒泉 735019)

**摘要:** Y油田大多为低渗透储层, 单井产量递减快, 低产液井井数占比高, 系统效率偏低, 导致机采能耗成本较大。依据现场统计资料, 研究和分析了影响低液量机抽井系统效率的主要因素, 提出相应的治理措施和技术方案, 通过提效方案的现场实施, 提高了抽油机井系统效率。

**关键词:** 低液量; 机抽井; 机采效率; 间开

## 1 机采系统现状分析

Y油田储层大多为低渗透, 单井产量递减快, 低产液井占比高。2019年对Y油田710口抽油机井进行了系统节能抽测, 平均系统效率11.76%, 与国标GB/T31453-2015《油田生产系统节能监测规范》规定的评价值20.1%相差10.07个百分点。油田单井平均产液量3.81t/d, 综合含水71.32%, 日产液量小于2m<sup>3</sup>/d的机抽井占49.80%, 平均系统效率仅为3.9%, 可见低液量井系统效率明显偏低, 影响了油田的整体机采系统效率指标。

## 2 影响机采系统效率的几点因素

### 2.1 油井供液不足, 动液面低, 系统效率偏低

油井供液不足, 产液量低, 泵充满程度不好, 造成井下系统效率偏低的主要原因。抽油泵沉没度在200-300m时, 抽油泵工况最好, 沉没度低于100m, 抽油泵的吸入系数降低, 泵效降低。L作业区约2/3的抽油井沉没度低于50m, 部分油井沉没度为负值; E作业区的平均沉没度为110m。泵效低导致井下系统效率低下是油田系统效率偏低的主要原因, 并且当油井处于供液不足工况时, 泵充满程度不好, 容易产生“液击”现象, 对杆柱及整个抽油系统的受力状况都有很大的影响。

### 2.2 抽油机井节能配套不完善, 地面效率低

①受油井参数、运行设备、现场管理等因素的影响, 配置的抽油机电机容量过大, 大马拉小车的现象较为严重, 电机长期处于低负荷状态下运行, 自身损耗增大, 影响抽油机的系统效率; ②抽油机的控制柜大部分没有安装功率因数补偿措施, 造成抽油机电机功率因数偏低; ③受油井产液量波动的影响, 抽油机负荷变化较大, 导致抽油机达不到平稳运行, 增加了地面系统的能量损失, 减少了系统的有效功率; ④节能型抽油机应用率低, 长冲程和塔式抽油机应用15井次, 占抽油机井开井数1.6%。

### 2.3 抽油机井举升设计和生产参数不合理, 井下效率低

①举升设计不合理、沉没度较低。总公司2018年评价的40415口抽油机井, 沉没度平均值240.3m, Y油田平均值仅为19m。杆泵设计不合理,  $\phi 38\text{mm}$ 抽油泵应用占50%以上, 抽油杆最大应力比小于0.5; ②生产参数不合理。主要表现在冲程偏低和冲次偏高。抽油机井在用最大冲程占比小于30%, 冲次在3-10次/min之间。如L采油厂3型抽油机运行冲程0.8m较多, 冲次

大多高于5次/min。

### 2.4 井筒条件复杂, 井下效率低

井筒环境复杂, 治理难度大。杆管偏磨、井筒结蜡、地层出砂和高气油比也是影响机采井下效率的原因。油井含蜡增大抽油机上行载荷, 增加抽油机下行阻力, 增大电机的无功功率损耗, 降低地面系统效率。如泵挂处于结蜡段, 抽油泵吸入口的液体粘度增大, 影响泵的吸入系数, 降低泵效。高气油比油井, 影响泵效, 造成井下效率低。

## 3 提高系统效率的措施及应用

### 3.1 油井实行间开生产措施

供液不足油井地层能量不足或油层物性差, 渗流能力较低, 液量较小, 压力恢复曲线比较平缓, 续流时间较长。泵效低, 检泵率较高。这种油井连续开抽, 液面很快降低在一定高度, 沉没度接近于零, 供液能力严重不足。即使选择最小工作参数, 泵效仍然很低, 一般泵效在10%以下, 导致泵筒长时间干磨。因此对严重供液不足的低产液井实行油井间开制度降低单耗, 油井间开就是要充分利停井时间作为液面恢复时间。一般情况下, 供液不足井实施间开后液量基本维持不变, 但耗电量却大幅降低。间歇开抽可以提高泵充满程度, 达到节能降耗的目的。2020年1-10月间开现场实施134口, 对63口间开井进行机采系统效率测试工作, 平均泵效提高了11.2个百分点, 平均井下效率提高了7.85个百分点, 平均机采系统效率提高了4.12个百分点, 平均有功功率由2.68kWh下降到2.44kWh(节电8.89%)(见表1)。

### 3.2 应用超长冲程抽油机

超长冲程CCRZCYJ型抽油机是Y油田机械厂最新研制开发的一种新型抽油机, 配套变频智能控制柜、柔性光杆、专用盘根盒、抽油杆杆柱、长冲程管式抽油泵等设备。其结构及工作方式与传统的游梁抽油机相比有很大改变。通过其与柔性光杆、超长冲程抽油泵配套, 大大降低抽油冲次, 实现“超长冲程, 超低冲次”采油的运行状态, 以降低抽油泵磨损, 减少杆管偏磨和疲劳次数, 延长使用寿命和检泵周期, 达到节能降耗、降低油井维护费用等目的。超长冲程抽油泵由于充满度高, 冲程损失小, 系统效率提高15%左右, 节能降耗效果明显, 系统节电在50%-70%, 可根据油井的实际情况对冲程、冲次、泵径等进行灵活调整匹配, 以满足油井

不同排量需求。2020年1-10月超长冲程抽油机现场实施7口井,泵效平均提高51.9%。L采油厂NF246井应用超长冲程采油技术,冲次由安装前每小时270次降为1.9次,冲程由1.8m升为47.5m,泵效由安装前22%提高至85%,能耗降低77%。HQ采油厂205平台6口井,采用泵径 $\Phi 38\text{mm}$ ,冲程45m,冲次3次/h,平均单井日产液 $3\text{m}^3$ ,平均泵效82%。

### 3.3 调整抽油机井工作参数

供液差井采用“合理泵径、长冲程、慢冲次”可提高抽油泵的充满程度,减少抽油泵来回往复的无用功。科学合理调大抽油机井的冲程,降低冲次可以提高抽油杆和抽油泵的寿命。由于冲程长,冲次低,可以减少抽油泵磨损,提高抽油泵的使用寿命。低冲次对供液不足的油井,降低冲次对提高系统效率效果明显。2020年现场实施了以下三类措施,效果明显。

#### 3.3.1 降低抽油机冲次

现场降低抽油机冲次101井次(表2),冲次平均降低了1.18r/min,泵效平均提高了13.87个百分点,平均井下效率提高7.07个百分点,平均系统效率提高了2.47个百分点(系统效率测试56口)。

#### 3.3.2 更换泵径小的抽油泵

2020年1-10月结合油井检泵现场换小泵提效试验18井次(表3),平均泵效提高4.94个百分点,平均井下效率提高3.47个百分点,平均系统效率提高2.07个百分点。

#### 3.3.3 开展柔性控制技术试验

柔性控制技术是针对不同的频率曲线,以优化抽油系统的工作性能为目标,制定柔性运行控制策略,通过

对设计变量的优化求解得到符合变速优化目标函数的最优频率曲线,从而实现对电源频率的优化。系统主要安装有电量模块、角位移传感器、示功仪、RTU、智能柔性控制器。采控参数:冲程,冲次,位移,地面功图,电流、电压、有功功率、无功功率,电流峰值平衡度、功率峰值平衡度,电机频率等。2020年1-10月现场试验2井次,泵效提高10.3个百分点,井下效率提高了5.8个百分点,系统效率提高了2.66个百分点。

### 3.4 开展井筒综合治理,提高井筒举升效率

①根据不同区块油井气油比大小采取相应的防气措施,采取井口控制套压方法,保证合理沉没度,减少气体对泵效的影响;②采用井下防蜡器热洗以及井筒加药等清防蜡措施;③对于井筒结垢严重的油井,采用井下固体防垢器、井筒投加防垢剂;④油管柱腐蚀严重的油井,在井筒投加缓蚀剂;⑤合理配置抽油杆柱组合比例及扶正防磨措施;⑥推广应用整筒泵,井斜角超过 $35^\circ$ 应用斜井泵,配套油井助抽设施等提高泵效措施。2020年应用以上6类井筒综合治理技术65井次,延长了油井免修期,系统效率提高约0.6个百分点。

## 4 结语

通过对Y油田机采井系统效率的研究与应用,形成了一套针对低液量油井的提高机采系统效率的方法,为今后提高类似油田机采井系统效率提供了技术支持。

### 参考文献:

- [1] 万仁溥,罗英俊.采油技术手册(修订版)[M].北京:石油工业出版社,2008.
- [2] SY/T5873-2005.有杆泵抽油系统设计、施工推荐作法[S].中华人民共和国国家发展和改革委员会,2005.

表1 间开技术现场实施前后效果对比表

单位	井数	平均液量 ( $\text{m}^3/\text{d}$ )		平均泵效 (%)		平均井下效率 (%)		平均机采效率 (%)	
		间开前	间开后	间开前	间开后	间开前	间开后	间开前	间开后
L	52	0.54	0.53	5.50	17.45	5.03	13.1	4.76	8.94
Y	6	2.25	2.05	13.1	19.6	8.23	16.02	2.99	7.69
J	3	2.37	2.4	8.17	15.33	8.01	13.23	7.91	11.71
Q	2	0.48	0.50	1.96	13.8	1.84	8.24	1.73	3.24
合计	63	0.79	0.76	6.24	17.44	5.38	13.23	4.65	8.77
				上升 11.2		上升 7.85		上升 4.12	

表2 冲次调整前后效果对比表

单位	井数	平均冲次 (r/min)		平均液量 ( $\text{m}^3/\text{d}$ )		平均泵效 (%)		平均井下效率 (%)		系统效率变化 (%)	
		调整前	调整后	调整前	调整后	调整前	调整后	调整前	调整后	调整前	调整后
Y	56	3.12	2.23	3.92	3.83	16.55	33.01	14.75	22.6	7.65	11.67
L	29	4.77	2.76	2.9	2.85	27.1	38.7	18.9	25.3	7.11	8.44
J	15	3.89	3.22	8.8	8.75	29.9	38.21	26.5	31.6	20.75	22.83
Q	1	5.4	4	12.39	13.33	42.5	61.1	34.1	46.3	22.75	27.64
合计	101	3.73	2.55	4.44	4.37	21.82	35.69	17.88	24.95	11.49	13.96

表3 更换小泵前后效果对比表

单位	井数	泵径 (mm)		平均液量 ( $\text{m}^3/\text{d}$ )		平均泵效 (%)		平均井下效率 (%)		平均系统效率 (%)	
		换泵前	换泵后	换泵前	换泵后	换泵前	换泵后	换泵前	换泵后	换泵前	换泵后
L	9	38	32	0.82	0.83	6.48	9.39	5.21	7.68	3.71	5.02
J	6	38	32	2.24	3	9.78	18.37	9.02	14.2	8.03	11.71
Q	3	44	38	3.29	3.35	8.46	12.21	8.16	11.22	7.65	8.77
合计	18	39.00	33.00	1.71	1.97	7.91	12.85	6.97	10.44	5.81	7.88