

# 油田开发初期大排量注水泵匹配小配注量创新研究

张 潮 李云鹏 (中海石油(中国)有限公司天津分公司, 天津 300451)

**摘要:** 针对海上油田开发初期, 由于开发井及注水井较少, 因此生产水、注水井配注量相对较少, 而注水泵是根据油田最大注水量设计选型, 在油田投产初期存在大排量注水泵与小配注量之间的存在无法匹配的矛盾, 如果单纯从设备角度出发, 通过购买或租赁小注水泵进行注水将受到现场空间及增加预留口的限制同时将会增加额外的费用。本文将从油田整体生产系统出发, 通过简单的流程优化调整, 让大排量注水泵稳定运行的同时, 满足油田初期注水需求。

**关键词:** 新油田; 注水泵; 配注量; 排量; 温度

## 1 注水系统介绍

### 1.1 注水系统及主要设备

渤海谋新投产油田生产污水系统采用“斜板除油器+溶气气浮+核桃壳过滤器”三级处理流程。从平台分离器分离出的生产污水通过斜板除油器初步分离, 分离出的水进入溶气式浮选机对其中的油进行进一步去除, 经浮选机处理后的生产污水最后进入核桃壳过滤器, 处理合格的污水进入注水系统。

注水系统由注水增压泵增压后通过注水泵在本平台回注, 详见表1注水系统设备主要参数。

表1 注水系统设备主要参数

	泵排量 (m <sup>3</sup> /h)	入口操作压力/温度 (kPa/°C)	出口操作压力/温度 (kPa/°C)	设计压力 (kPa)	设计温度 (°C)
注水缓冲罐	\	\	\	-2-35	93
生产水缓冲罐	\	\	\	-2-35	93
核桃壳供给泵	225	87-107kPa/ 50-63°C	450kPa/ 50-63°C	\	\
注水增压泵	225	48-68kPa/ 50-63°C	900-1200kPa/ 50-63°C	\	\
注水泵	225	900-1200kPa/ 50-63°C	1100kPa/ 50-63°C	\	\

### 1.2 水源井直注阶段

新油田投产初期采油井含水率较低, 生产水量少, 同时注水井配注低, 污水处理系统无法正常投运。初期完钻3口注水井, 但是总配注量仅为340方/天。现场人员通过摸索试验发现, 3口注水井在该配注量时注入压力较低, 可以通过平台水源井进行直注, 来实现初始阶段注水井注水。现场通过连接软管将水源井引入注水管汇, 将水源井压力调整至2.6MPa, 通过调整各注水井的油嘴进行注水量的调节, 满足现场注水要求。

随着油田不断开发, 注水井数量及配注量的不断增加, 注入压力随之升高, 水源井已经达到调压极限, 水

源井直注呈现达不到配注的情况, 根据该油田配注数据分析, 该油田小注入量将持续较长时间, 如果任然采取水源井直注方式将会造成油藏欠注情况, 进而影响油田注水开发效果。

## 2 注水系统瓶颈分析

### 2.1 水源井直注存在瓶颈

该油田为稠油油田生产原油粘度较大, 流程处理过程中需要水源井掺水提温降粘, 并进行掺水外输, 如果水源井故障, 将直接影响流程处理及海管安全管输。根据生产流程需要, 水源井油压一般控制在2.0-3.0MPa, 频率在40-45Hz, 注入压力逐步上升至2.6MPa, 达到水源井提压极限, 水源井直注无法满足注水配注量, 于此同时水源井直注涉及水量的频繁调整, 将会影响水源井运行的稳定性。

### 2.2 生产流程稳定性

生产水系统未投用, 原油系统生产分离器水相无法正常投用, 造成生产分离器油相含水高, 影响外输泵(螺杆泵)输送效率。现场通过置换泵转生产分离器水相, 给海管掺水的同时降低油水界面, 进而降低油相含水, 提升外输泵泵效。但置换泵作为应急设备, 不宜长期占用, 于此同时注水系统未投用, 导致注水管汇至服务管汇流程不能正常使用, 洗压井功能不具备, 影响生产井洗压井效率, 尤其针对稠油井。

### 2.3 注水系统试运行存在问题

在生产水处理系统中核桃壳供给泵排量为225m<sup>3</sup>/h, 注水系中注水增压泵及注水泵单台排量均为225m<sup>3</sup>/h, 现场在注水系统试运行时, 为了满足18.2m<sup>3</sup>/h(437m<sup>3</sup>/d)配注量需求, 通过调整注水泵及核桃壳供给泵出口回流阀开度, 维持大排量泵运行, 其中核桃壳供给泵回流开度30%, 注水泵回流开度50%, 运行3h, 生产水缓冲罐温度由50°C上涨至80°C, 当注水缓冲罐温度上涨至93°C时造成注水增压泵气蚀, 手动停注水增压泵、注水泵。

通过现场试运行发现注水泵在低排量运行, 单纯通过开打泵回流调节阀开度的工况下, 由于大部分高压水回流至注水缓冲罐, 注水缓冲罐温度不断被加热, 易造成泵体气蚀高温风险<sup>[1]</sup>, 于此同时通过泵出口截止阀控

制排量,易造成泵高压运行、机封刺漏等风险,因此利用原设计流程无法现场流程无法实现安全稳定与运行。

### 3 常规解决方案可行性分析

#### 3.1 增加注水量

由于油田为新投产平台,正处于边钻井、边完井、边生产的初始阶段,其生产井较少,注水开发系统不够完善,油水井联通关系尚未明确,同时受限于地层压力、注采比等限制,配注量上调空间有限。

#### 3.2 增加泵出口回流阀开度

增加注水泵、核桃壳供给泵等出口回流开度,当回流阀开度大,泵循环做功,将造成上游注水缓冲罐和生产水缓冲罐运行高温情况。在试运行生产水缓冲罐温度上升至 $80^{\circ}\text{C}$ ,注水缓冲罐温度上升至 $93^{\circ}\text{C}$ ,造成注水增压泵气蚀,引起泵振动较大,现场手动停泵。

#### 3.3 对大排量注水泵进行换型

为保证整个水系统运行,需对核桃壳供给泵、注水增压泵、注水泵同步更换为小排量泵,满足现场注水需求,该方案一次性投入成本大,具体施工受到现场空间的限制,随着后期注水量的不断上涨,还需要将小排量泵重新更换为大排量注水泵,总体费用较高,而且现场改造工作量较大,虽然可以直接解决现场问题但是从经济角度上不建议采取该方案。

#### 3.4 对大泵叶轮优化改造

对注水系统注水泵、注水增压泵、核桃壳供给泵叶轮进行优化改造<sup>[2]</sup>,来满足现阶段小排量注水需求。该方案存在技术难度大、安装精度高,叶轮改造后具有不可恢复性,后期配注量上提以后,需重新配置叶轮,成本较大等问题,不适用于临时性改造。

#### 3.5 对电泵电机由工频转为变频优化

将工频电机改为变频通过调整电泵频率来调整泵排量来实现不同阶段的注水需求<sup>[3]</sup>,海上油田注水泵大多使用的 $6.3\text{kV}$ 电力,经过软启动器,再到注水泵。

电气改造思路是使用 $400\text{V}$ 的电力,经过 $400\text{V}$ 低压变频器变频后,再到升压变压器( $400\text{V}$ 变 $6.3\text{kV}$ ),最后到注水泵。实现注水泵的变频运行,能够适应不同流量、不同压力的运行工况,该项改造完成后,即使后期注水量调整不用进行改造,但是需新增升压变压器和低压变频器等电气设备,对于海上油气田现场空间较为紧凑,特别是电气设备均需设置在电气房间内,根据现场调研发现该平台如果增加变压器及变频器等设备需要增加电气房间,以目前现场的空间来看无法实现该项改造。

## 4 创新实践可行性方案

### 4.1 创新思路

对平台生产流程进整体分析寻找突破口,该油田属于稠油开发,该油田原油流程处理及海管安全管输均需掺水处理,考虑将注水泵与原油处理流程进行流程优化调整,实现满足掺水功能的同时增加注水泵出口排出量,实现原油处理流程提温降粘及匹配小注水量的“双赢”效果。

### 4.2 优化方案

从注水管汇预留口连接管线至高温管汇,启动注水泵为各注水井进行正常注水,部分高温注水通过新连接管线掺入稠油处理流程,为稠油流程提供高温水源,实现注水系统与稠油处理系统双稳定的目的。

### 4.3 改造可行性分析

该平台高温管汇压力等级E级,注水管汇压力等级E级,“关联”流程压力等级相同,满足要求。高温管汇关断级别高于注水系统,且流程管汇等设置压力保护、单流阀和关断阀,可实现异常情况设备关停、流程隔离。若注水系统停运,优化改造流程无法使用,可随时切换至原掺水流程,不影响流程处理及安全管输。注水系统温度较高,具备“高温水”要求。

## 5 效果评价

运行效果。通过从注水管汇至各井洗压井管汇流程,引管线接入高温管汇,实现将注水泵出口“高温水”掺入稠油处理流程。从而增加注水系统流通量,确保了注水系统的稳定运行。

运行效果显著:

①解决大排量注水泵无法匹配小注水量问题;②注水井达到配注,且注水系统运行稳定;③水源井无需频繁调节或增压,运行更加稳定;④提升稠油处理流程温度,温度由 $50^{\circ}\text{C}$ 上升至 $56^{\circ}\text{C}$ 。同时生产水系统投用,实现了对生产分离器油水界面的有效调节,控制外输含水率提升了外输泵泵效。“解放”了置换泵,目前该置换泵已停泵备用。外输泵两用一备;⑤稠油处理流程的升温,同步提高了海管的输送温度,实现海管掺水量下调,缓解了下游中心平台生产水处理压力;⑥实现注水至洗压井管汇功能,提升生产井洗压井效率。尤其针对稠油井,促进热采提效;⑦避免增加小排量泵、或泵改造等带来的改造费用。

## 6 总结

利用流程处理及生产特征,通过优化调整,创新实践,“关联”注水泵。将注水泵出口高温水掺入处理流程,提高处理温度,提升处理效果的同时,实现注水泵排量增加,成功解决海上油田开发初期大排量注水泵与小配注量不匹配难题,该方案现场操作简单,无需增加改造费用即可实现双赢效果,为海上油田开发初期流程稳定生产提供理论依据,具有一定的推广和借鉴意义。

### 参考文献:

- [1] 刘维震,廖成锐.胜利油田注水泵的应用现状及发展[J].石油机械,1999(02):41-43.
- [2] 李文治.泵的结构与维修[M].重庆:科技技术出版社重庆分社,1993.
- [3] 离心泵设计基础编写组.离心泵设计基础修订第一版[M].北京:机械工业出版社,1974.

### 作者简介:

张潮(1987-),男,河南安阳人,大学本科,工程师,从事海上油气田开发开采、生产管理方面工作。