

# 海上油田大排量桥式偏心注水管柱研究及应用

辛小军

中法渤海地质服务有限公司湛江分公司 广东湛江 524057

**摘要:** 基于陆上油田桥式偏心技术发展与应用现状, 结合海上油田大注水量特点, 通过对北部湾注水管柱工艺分析研究, 形成一套适用海上9-5/8"和7"套管分层注水管柱及测调技术, 并在现场应用中取得良好效果, 满足了海上北部湾油田大排量注水的需求。

**关键词:** 桥式偏心, 管柱, 大注水量, 分层注水, 测调

目前北部湾油田分层注水主要以笼统注水和同心集成注水为主, 存在分注率偏低, 需要进一步精细分层注水, 近年国内油田一直开展桥式偏心精细注水技术与应用, 现已进入大面积推广应用, 但这种陆上油田相对成熟的技术直接引入到海上油田应用还存在一些局限性, 主要是工具内径尺寸小, 耐高温低, 注入量小等特点, 满足不了海上高温, 大排量注水需求。

首先, 笼统注水水量和压力控制在地面上调节, 适合多种井型; 便于设计和施工; 技术简单成熟, 成本较低。但是管柱功能单一, 仅能满足2层注水需求, 无法满足油藏进一步细分层系注水的要求。更不便于吸水剖面测试、地层静压测试等油藏动态监测。海上现有的同心集成注水技术虽然满足大斜度投捞和大排量注水要求, 满足压力和吸水剖面测试等资料录取, 但投捞次数多, 占井时间长, 不利于海上作业受限要求,

其次, 陆地油田所采用的偏心注水或桥式偏心注水, 工具尺寸最大只能满足5-1/2"套管, 注水量设计单层最大只能满足600 m<sup>3</sup>/d, 满足不了海上大排量要求<sup>[1]</sup>。

鉴于此必须要根据北部湾海上油田注水井特点进行精细注水技术研究。基于桥式偏心细分注水技术, 形成了一套大尺寸, 耐高温, 低成本, 高效率, 小卡距, 高精度的精细注水工艺;

## 1. 桥式偏心注水管柱研究

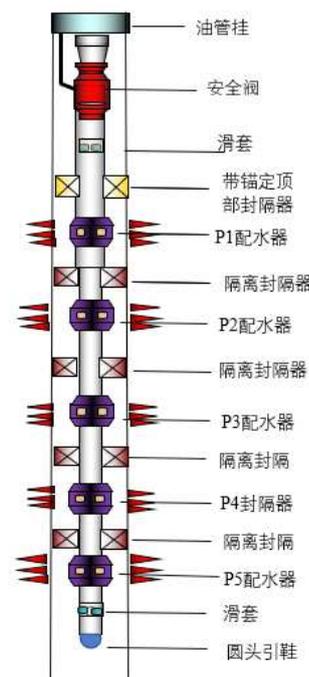
### 1.1 组成及原理

桥式偏心分层注水管柱主要由桥式偏心配水器, 堵塞器, 封隔器, 井下安全阀, 投捞工具及测调仪器组成。封隔器将每个配水器隔开, 配水器内部安装堵塞器实现精细注水。配水器主通道周围布有桥式通道, 测试目的层进行封隔器验封, 流量或压力测试时, 其它层依然可以通过桥式通道正常注水, 最大限度减少各层之间干扰, 从而提高调配效率<sup>[2]</sup>。

全新研究的桥式偏心配水器参数: 长度1500MM, 最大外径: 150MM, 最小内径60MM, 偏心工作筒28MM, 耐温150度, 承压35MPa, 适用井斜60度, 注水量0-800 m<sup>3</sup>/d。

### 1.2 整体管柱工艺的改进

海上油田注水井特点使得现有的桥式偏心注水技术不能直接应用到海上, 必须要研究适合海上油田的桥式偏心技术, 提出对井下配水器和测调工艺进行重新设计, 将配水器改为大尺寸, 大通径满足大排量注水, 耐高温, 结构简单易于调配。



图一: 桥式偏心注水管柱设计

针对海上北部湾油田分层注水井在9-5/8"或7"套管射孔完井特点, 该井的桥式偏心注水管柱是在每个注水层为下入一个偏心配水器作为本层注水的水量控制器。如果单井需要分N层配水, 则将N个配水器连接在分层

注水管柱中即可,两相邻配水器用封隔器隔开,改进后的管柱结构简单,操作可靠,能够实现任意层数配注及测试,图一为海上桥式偏心注水管柱图(五层),这种偏心配水管柱设计满足了全通径分层注水要求,又实现高效,准确录取地层数据,有效减少测试时层间干扰,实现分层直测与单芯电缆边测边调工艺。1.3桥式偏心配套测试技术

采用桥式偏心配水管柱,在进行封隔器密封验封,地层压力测试时,利用钢丝或电缆下入双通道压力计综合测试仪可实现测试目的<sup>[3]</sup>。

### 1.3.1 分层验封测试

原理。双通道压力计综合测试仪压力计设置完成,在注水管柱确定反应层,激动层,用钢丝将综合测试仪坐入反应层配水器偏心工作筒内,在井口做注水压力“高-低-高”制度改变压力激动,每个压力点稳压10-15分钟,捞出反应层的双通道压力计综合测试仪,对压力计数据回放,根据反应层和激动层压力变化绘解出封隔器的密封情况。

特点。若双通道压力计综合测试测得地层压力稳定,不随油管的压力改变而改变,则封隔器坐封完好,层间封隔密封正常。

### 1.3.2 分层压力测试

#### (1) 分层压力测试

测压时将设置好测试压力计与钢丝相连,采用钢丝作业将测试压力计坐入偏心工作筒,依次在全部的目的层配水器内投入压力计,待井口压力稳定后再依次捞出各压力计,绘制各注入层的地层静压曲线。

#### (2) 流量及分层指示曲线测试

测试时下入电磁流量计。在各层都空水嘴的情况下,以从高到低的注入压力进行测试。从最大注水压力起测,间隔1-2MPa,视井口注入压力和注入量而定,保证拉开注入量差距。当注入压力和井口注入量稳定至少半小时后,开始测试分层流量。测完一个工作制度下的分层流量后,调整注入压力,待稳定半小时后继续进行测试,直到完成4个工作制度测试。电磁流量计停点深度在桥式偏心配水器上部3-5m处,各点测试15-20min。测试完成后起出流量计。根据各点测得的各个注入压力/流量数据,绘制地层吸水指示曲线。根据分层吸水指示曲线计算在同一注入压力条件下的各层段注入量,初步确定层段性质为限制层或加强层。根据流量计测试数据计算出各地层的注入量是否达到配注标准。

### 1.3.3 单芯电缆高效测调

桥式偏心配水器在不改变井下配水器时,更换可调配水堵塞器,实现单芯电缆一趟入井完成测试与水嘴开度调节,大大提高作业时效。

桥式偏心边测边调仪,系统由地面控制仪、井下测调系统两大部分组成:地面控制系统包括地面控制仪、电脑及软件、井下系统包括投捞器、机械臂控制系统、电磁流量计(可测量流量、温度、压力)、磁定位、加重杆等机构的组成,有以下一些特点:

(1) 被测流体的温度、压力及导电率变化不影响流量的测量,既能满足注水井的分层流量测调,也可应用检漏、验封;

(2) 灵敏度高,测量精度高,零点漂移小,启动排量小,量程范围宽(0~2000m<sup>3</sup>/d),还可以指示反响流量,探头无机械运动部件,可靠性好;

特点:(1) 不需投捞井下水嘴,节约大量的人力、物力和时间;(2) 一次下井可实现全部层的测调工作;(3) 可适应深井、斜井等不同的配水工艺;(4) 调配精度高,合格率高,单层可控制精度在5%以内;(5) 对于提高经济效益,降低成本,合理开发油田有明显效果。

全新研究的边测边调仪参数:仪器总长度1800MM,仪器外径:56MM,测量范围0~2000m<sup>3</sup>/d,可调堵塞器单层注水0-1000 m<sup>3</sup>/d,耐温150度,承压小于等于60MPa,精确度±2% F·S 3-1/2寸标准油管,入井后能够实现定位功能。

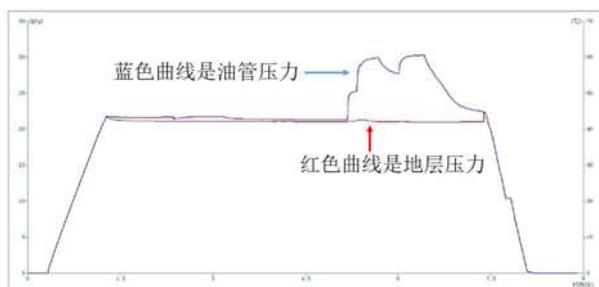
## 2. 现场应用

桥式偏心注水技术在陆上油田已经普遍应用,我国海上油田在南海西部海域应用15井次,均取得了良好的效果。

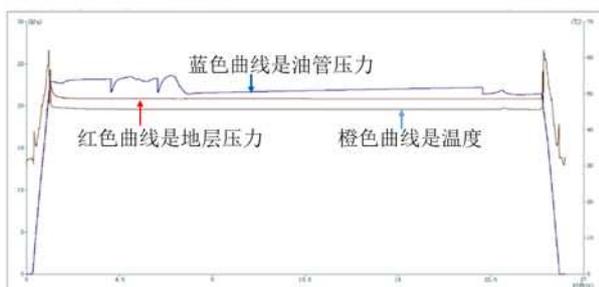
2.1 桥式偏心配水器适用9-5/8”和7”套管,该井是在7”套管下入配水器,实现精细分层注入。管柱设计(由下至上):圆堵+油管+滑套+偏心配水器+扶正器+分层封隔器+N层+偏心配水器+扶正器+顶部带锚定永久可回收封隔器+油管+井下安全阀+油管+油管挂。

### 2.2 压力测试效率高,资料精准

由于设计桥式通道,使本层段进行测试时不影响其它层注入,可实现分层直接测试,有效减少测试时层间干扰。因此该技术在封隔器验封也可以采用单层验封,可以确保层间密封性,图二,图三是一口井的验封曲线与测压曲线。



图二：封隔器 验封曲线



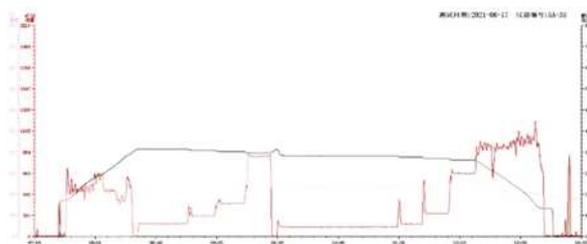
图三：测地层静压曲线

### 2.3 流量测试准确，调配效率高

采用桥式偏心注水技术，由于各层的独立且有过流通道，流量测试时减少层间影响，可大幅度缩短调配时间，边测边调更时一趟入井在线直读完成全部测调，测试误差小，较好的解决了效率低问题。

表二：XX 井配注测试数据

中控注入压力 (Mpa)	13.23				
中控注入总量 (m <sup>3</sup> /d)	782.4				
流量计实测总量 (m <sup>3</sup> /d)	837.2				
	水嘴	流量计实测	中控 (修正)	设计要求	修正与设计差值
偏 1 层注入量 (m <sup>3</sup> /d)	8mm	493.6	461.2	470.0	-8.8
偏 2 层注入量 (m <sup>3</sup> /d)	4mm	132.0	123.4	120.0	3.4
偏 3 层注入量 (m <sup>3</sup> /d)	空	79.6	74.4	80.0	-5.6
偏 4 层注入量 (m <sup>3</sup> /d)	5mm	132.0	123.4	130.0	-6.6



图四：分层流量测试曲线

### 3. 结束语

3.1 适用海上 9-5/8” 或 7” 套管，桥式偏心配水器内径 60MM，耐压 35MPa，耐高温 150 度，满足单层注入量 0-800 m<sup>3</sup>/d 的偏心配水器该技术在工艺成熟，可靠。

3.2 该技术兼顾钢丝投捞与电缆直读测试，测试易于操作，电缆直读边测边调节约时间，大幅提高测调效率。

3.3 桥式偏心注水技术管柱结构设计利用多级配水器对几个吸水层段的分别配注，结构简单，施工方便，测试调配可实现单层测试，提高了注水井压力与流量测试高效，准确。

3.4 该管柱设计最上一级封隔器采用带锚定可回收永久封隔器承压高，锚定解决管柱蠕动。隔离封隔器无卡瓦支撑，对套管损伤小，起到了一定的保护套管作用。

#### 参考文献：

- [1]李明，金文庆，巨亚锋，等.桥式偏心分层注水技术在大斜度井上应用.石油机械.2010.38 (12):70-71
- [2]王庆明，李锋，朱丽娟，等.桥式偏心分层注水技术在油田应用中的发展与完善.采油工程.2006. (02): 21-22
- [3]王建江，郭建国，等.桥式偏心分层注水工艺及测试技术在注水工艺中的应用.新疆石油科技, 2013, 23 (04):33-36

个人简介：辛小军，男，汉，1983年5月，甘肃平凉，本科，中级职称，试井，xinxj@cfhg.com。