

# iWell 油井智能监测系统的开发与应用

刘 影

中海石油（中国）有限公司天津分公司辽东作业公司 天津 300452

**摘 要：**海上某油田的油井在计量3至5小时后，通过读取液相、气相流量计差值再折算出日产液量、日产气量。目前的计量制度存在不足之处：若油井工况发生变化，产液量、产气量将会随之出现波动，中控人员在计量周期之后才能计算出当日产量，存在滞后性，不利于现场人员对油井的精细化管理。

鉴于此，生产人员对现行的油井计量制度进行了规范升级，同时搭建了智能监测系统，实现自动计算日产液量、日产气量，并具备单元格变色、弹出提示框等功能，可以让中控岗实时掌握计量井的产出情况，在一小时内就能发现产量异常，并及时做出反应。

**关键词：**油井；计量；智能监测

## Development and application of iWell intelligent monitoring system

Ying Liu

Liaodong Operating Company at Tianjin Branch Company Co., LTD of CNOOC, Tianjin 300452, China

**Abstract:** After metering for 3 to 5 hours, the oil wells in a certain offshore oilfield calculate daily liquid and gas production by reading the difference between the liquid and gas flow meters. However, the current metering system has shortcomings. If there are changes in well conditions, the liquid and gas production will fluctuate accordingly, and the central control personnel can only calculate the daily production after the metering cycle, leading to a lag and hindering the fine management of the wells by on-site personnel. In light of this, the production personnel have standardized and upgraded the existing well metering system. Additionally, an intelligent monitoring system has been implemented, enabling the automatic calculation of daily liquid and gas production. The system also includes features such as cell color change and pop-up prompts, allowing the central control personnel to real-time monitor the production of the metering wells. Any production anomalies can be detected within an hour, and prompt actions can be taken in a timely manner.

**Keywords:** Oil well; Measurement; Intelligent monitoring

### 一、监测系统开发背景

海上某油田目前的油井计量制度如下：1、将油井倒入计量系统，读取初始时间点计量分离器液相、气相流量计的读数；2、计量满4小时后再次读取流量计读数；3、根据时间差和流量差计算出该井日产量，并记录在纸质系统中。实践中发现，如果油井工况发生了变化，产液量、产气量将会随之出现波动，按照目前的工作制度，在计量结束之后才能计算出当日产量，两者之间存在一定的滞后，不利于油井精细化管理<sup>[1]</sup>。

以此问题为导向，生产人员对现行的油井计量工作制度进行了优化升级，并利用Visual Basic Application编程语言搭建了iWell油井智能监测系统，实现了计量曲线有效数据抓取、产量自动化计算，以及语音播报、变色提示、弹出报警框等功能。通过人机交互界面的实时反馈让操作者实时掌握计量井的产出情况，将产量异常响应时间精确到1小时以内。

### 二、iWell 油井智能监测系统框架搭建

本项目的技术创新主要是集成了数据处理、变色提示、

弹框报警、语音播报等人机交互功能的iWell油井智能监测系统，消除了原有的计量系统的的滞后性，提升了现场人员对油井的精细化管理水平。



图1 iWell 油井智能监测系统界面

#### 1. 优化油井计量制度

(1) 现场人员按照0:00、4:00、8:00、12:00、16:00、20:00等每四小时整点倒井一次，该油田井口平台的23口油井可以实现以4天为一个周期循环计量。

(2) 中控人员按照每小时整点从上位机上读取计量井的温度、回压、电流等参数;油井计量分离器液相流量计、气相流量计的读数,并记录在智能监测系统的数据处理中心。

井号	时间	回压 Kp a	温度 ℃	电流 A	电压 V	频率 H z	FI-130 l	产液量 m <sup>3</sup> / d	FI-131 l	产气量 m <sup>3</sup> / d
X2	1:00									
	2:00									
	3:00									
	4:00									
X3	5:00									
	6:00									
	7:00									
	8:00									

表1 油井计量数据表

### 2. 电泵井“剔除法”数据优选

计量满四个小时的数据之后,系统内置计算公式将会自动计算出此时间段内各个流量计的差值,并折算为日产液量、日产气量。但是简单的选取油井倒入、倒出计量时的流量差值来折算日产量可能存在一个误差。

海上某油田现有23口油井,产液量最大的X15井超过1200方/天,产液量最小的X33井只有24方/天。产量不同的油井在切换到计量系统之后,计量分离器的液位、压力会出现显著波动,液相、气相流量计瞬时量数据也波动较大,往往会出现一个非常陡峭的“异常波峰”或者“异常波谷”,如果仍然选取倒井时的整点读数来计算产量,将会产生较大误差<sup>[2]</sup>。

为了消除这种“整点法”的误差,我们探索出“剔除法”的计算方法。以低产井切换高产井为例,8:00将X20井(真实日均产液量66方)切换计量X24井(真实日均产液量270方)。如果选取8:00与12:00两个数据Q8和Q12,用“整点法”折算当天日产液量为:

$$Q_{\text{日产液量}} = \frac{Q_{12} - Q_8}{12 - 8} \times 24 = 253\text{m}^3/\text{d}$$

$$\text{误差}\Delta Q = \frac{Q_{\text{真实}} - Q_{\text{日产液量}}}{Q_{\text{真实}}} \times 100\% = 6.3\%$$

如果剔除第一个小时的波动,只选取平稳区间的9:00与

12:00两个数据Q9和Q12,用“剔除法”折算当天日产液量为:

$$Q_{\text{日产液量}} = \frac{Q_{12} - Q_9}{12 - 9} \times 24 = 272\text{m}^3/\text{d}$$

$$\text{误差}\Delta Q = \frac{Q_{\text{真实}} - Q_{\text{日产液量}}}{Q_{\text{真实}}} \times 100\% = 0.74\%$$

同理,以高产井切换低产井为例,“整点法”和“剔除法”计算出来的误差分别为5.8%和0.66%,即选取的区间内计量曲线越平稳,误差越小。

### 3. 自喷井“周期法”数据优选

自喷井X34的井口产液呈现明显的周期性波动现象<sup>[3]</sup>,根据这个特性,我们采用“周期法”优选数据计算区间:

(1) 把包含完整波峰、波谷、平稳段划分为一个周期T;

(2) 选取t1-t2范围内连续6个完整的周期做为计算区间,这样折算出来的日产量更加贴近真实产量。

自喷井X35的井口产液周期性波动现象与X34基本类似,但是波峰高度并不完全一致,需要选取t1至t2时间段内最平稳的2.5小时作为计算区间。

所以针对这两口自喷井,其计量单元格需要优化,不再局限机械地选取整点数据作为计算周期,而是通过灵活地观察计量曲线,从中优选出最理想的时间段来作为计算区间。

井号	时间 区 间	回压 Kp a	温度 ℃	FI-130 l	产液量 m <sup>3</sup> / d	FI-131 l	产气量 m <sup>3</sup> / d
X34	t1						
	t2						
X35	t1						
	t2						

表2 自喷井周期法计量数据表

## 三、iWell 油井智能监测系统的语音播报和变色

### 功能

为了实时掌握油井的产出状况,让中控人员能够第一时间发现油井产量出现的波动,及时通知现场采取处理措施,生产人员在系统中加入了语音播报和智能提示功能。

井号	时间	FI-13 01	FI-13 02	瞬时产液量 m3/h	异常监测	参照产液量 m3/d
X26	1:00	0	0	-		120
	2:00	5	0	5	正常	
	3:00	11	0	6	波动	
	4:00	18	0	7	注意	

表3 系统自动变色提示

1.设置比较基准

首先选取X26井近期一个月稳定生产的平均日产液量120方，日产气量2400方为参照产液量；然后将X26井的瞬时产液量5方/时，瞬时产气量100方/时作为智能监测系统逻辑判断函数的比较基准。

2.设置分级系数

设置波动系数为10%，报警系数为20%，这两项系数可以根据不同油井不同时期的产能情况不断修正，通过嵌套两层if逻辑判断函数来实现此功能<sup>[4]</sup>：

=IF(AND(\$L\$2/24\*0.9<=J4,J4<=\$L\$2/24\*1.1),"正常",IF(AND(\$L\$2/24\*0.8<=J4,J4<=\$L\$2/24\*1.2),"波动","注意"))

将瞬时产液量在比较基准5方/时的±10%以内定义为“正常”；

将瞬时产液量在比较基准5方/时的±10%至±20%以内定义为“波动”；

将瞬时产液量超出比较基准5方/时的±20%以上定义为“注意”。

3.变色提示功能

利用单元格条件格式的色阶填充规则，分别将“正常”、“波动”、“注意”填充为绿色、橙色和红色。

4.多功能实现过程

(1) 首先调取excel中非功能区命令“朗读单元格”；

(2) 操作人员在单元格内每输入一项数据，后台都会同步进行语音播报，能够有效地避免数据记录错误；

(3) 每个整点数据记录完毕之后，每小时瞬时产量单元格就会自动判断前一小时的产量情况，与进准进行比较，呈现相应的“红色、橙色、绿色”等。

语音播报和智能提示功能包括两项：一是利用听觉反馈来确保数据录入员的准确，二是利用视觉变色来提醒中控人

员掌握当前计量井的瞬时产出情况，直观而且简洁。

#### 四、iWell 油井智能监测系统弹框报警功能

为了进一步提高人机互动性，生产人员使用Visual Basic Application程序语言编写了执行程序，实现了弹框报警功能<sup>[5]</sup>。

1.在计量瞬时量“正常”的情况下，系统不做任何动作；

2.在计量瞬时量“波动”的情况下，系统将会弹出“产液量有波动”

3.在计量瞬时量“注意”的情况下，系统将会弹出“产液量报警”

系统弹出提示框之后，中控人员必须手动单击“确定”才能关闭提示框，否则无法对系统进行任何其它操作。弹框功能的强制提醒比静态的颜色填充的效果更好。

#### 五、现场实施效果

1.油井计量误差对比

上某油海田井口平台对全部油井的计量进行了针对性优化，措施前后的计量误差对比见下图：



表4 计量误差对比表

从图7中可以看到，采取优化措施后，23口油井整体计量误差均明显下降，平均计量误差从措施前的0.97%下降到0.36%，实施效果显著，能够将油井的真实产量情况牢牢地掌握在操作人员手中。

2.计量异常处理案例

2021年11月3日0:00，X31井倒入油井计量系统。近期X31生产稳定，日产液量290方，日产气量9000方，折算瞬时产液量12方，瞬时产气量370方。3:00，中控岗在iWell智能监测系统数据处理中心模块中录入液相流量计数据，系统弹出报警“3点产液量有波动”。

中控岗立即对计量数据进行核对排查。X31井2:00-3:00产液量为10.5方，产气量为312方，仅为正常瞬时的85%。同时发现X31井回压2:12开始从685KPa缓慢下降至656KPa，电流从33A下降到31A。操作班长指令井口岗立即赶到现场

进行检查,发现X31井油嘴有明显堵塞情况。经过充分地活动油嘴开度,堵塞情况很快消除。4:00至8:00,继续跟踪计量四小时,产液量292方,产气量8960方,各项数据均恢复正常。

#### 参考文献

[1] 张琪.采油工程技术手册 P110-P113.  
[2] 敖娟.油井多相连续计量技术研究及实施方案;东北石油大学.

[3] 杨海波,徐振,闫旭.渤海某平台油井计量分离器计量精度提升研究;中海石油(中国)有限公司曹妃甸作业公司.

[4] 杨桂元.一种可用于预测分析的工具软件—EXCEL;安徽财贸学院.

[5] 郁永章.基于 Excel 的 VBX 编程[M];北京 科协教育出版社,2001.

作者简介: 作者简介: 刘影 (1989-02-05), 男, 汉族, 工学学士, 工程师, 2012年毕业于中国石油大学(华东)石油工程专业, 现从事海洋油气田生产工作。