

重复式地层测试器 RFT 配接 KSKS05 便携式测井系统

陈小东 孙伟 熊伟 何文武 陈雄 刘海

(川庆钻探工程有限公司测井公司 重庆 400021)

摘要:重复式地层测试器配接 KSKS05 便携式测井系统的关键是对信号通道进行合理分配。压力信号采用脉冲方式输入,再通过软件解析的方法分离出各个压力位,其它辅助信号则全部采用模拟方式进行输入输出。建立刻度库时,需设置一个模拟通道用作虚拟温度输入,并在服务表中添加个、十、百、千四条占位曲线。温度校正算法采用线性插值法。测井时,需先加载压力温度校正图板,再记录压力曲线。

关键词:重复式地层测试器;测井系统;硬件;软件;配接;温度校正

0 引言

在 CSU 测井系统彻底退出市场的背景下,作为与之配套的重复式地层测试器(RFT)^[1],在国内先后与 ECLIPS 5700、ECSELL 2000 等各种国外测井系统实现了配接,但随着勘探步伐的加快,RFT 与上述测井系统配接测井时暴露出诸多问题,如占用设备资源过多、影响生产效率、不能对压力进行实时温度校正等等。为解决这些问题,川庆测井公司经过反复试验,成功实现了 RFT 与国产便携式测井系统 KSKS05 的配接,并对配套软件模块进行了改进,使其能同时完成压力数据的采集及对压力数据进行实时温度校正。

1 KSKS05 测井系统

基于 FPGA 技术的 KSKS05 国产便携式测井系统采用主从式测控结构,系统小巧、便携,工作方式高度灵活,可完成射孔、动态测井、工程测井、地层参数测井等多种任务,且对不同的测井项目,只需由上位机下传不同的程序指令,下位机逻辑模块即生成

相应的硬件电路,完成相应的测井任务^[2]。

2 系统配接

KSKS05 模拟信号测量通道为 8 个,可对 0 ~ ± 5V 范围的模拟信号进行 64 级放大和 16 位采样,采样时间小于 1 μs,最高分辨率为 5 μV。除开预留张力、CCL 和磁记号 3 个模拟通道外,KSKS05 实际可用模拟通道为 5 个;KSKS05 脉冲信号测量通道也为 8 个,可对幅度为 0.3 ~ ± 12V、频率为 0 ~ 200KHZ、脉冲宽度大于 10 μs 的信号进行 64 级放大、采样和处理。KSKS05 模拟道、脉冲道的信号放大倍数均为 0 ~ 21。

经 RFT 测量面板 RFP 输出的模拟信号有上取样(UPPER)、下取样(LOWER)、密封(SEALING)、伽玛(GR)、马达转速(RPS)、压力个位(ONE)、压力十位(TEN)、压力百位(HUNDRED)、压力千位(THOUSAND)、压力万位共 10 个,其中 GR 和 RPS 可通过档位切换(STEP)共用一个信号通道,但在进行压力温度校正时,软件需要占用一个模拟通道用作虚拟温度输入,因此,若 KSKS05 全部采用模拟方式进行信号接入,通道远

第一作者简介:陈小东(1972-),男,硕士,高级工程师,1997年毕业于江汉石油学院电子仪器及测量技术专业,现在川庆钻探工程有限公司测井公司从事特种仪器维护工作。

不够用。

根据 KSKS05 对输入信号的要求,可采用脉冲方式接入 RFT “总压力” 信号,而其它辅助信号 (UPPER、LOWER、SEALING、GR、RPS) 采用模拟方式接入,这样既可解决通道资源不够的问题,还可直接实现输入、输出信号的匹配,省去硬件接口模块。RFT 与 KSKS05 硬件配接及信号通道分配如 (表 1) 所示。

表 1 硬件配接与信号通道分配

定义	RFP 面板输出信号		KSKS05 信号通道
	部位	描述	
压力	A3 板 35 号引脚	三角波, 1~2KHZ, 0~5.4V	P2, 脉冲道 4
上取样	TTR (J20) -e	高/低电平, 14.2/0.3V	A5, 模拟道 5
下取样	TTR (J20) -n	高/低电平, 14.2/0.3V	A4, 模拟道 4
密封	TTR (J20) -r	低/高电平, 0.3/14.2V	A3, 模拟道 3
GR/RPS	TTR (J20) -k	-3.6~5.8VDC, 可调	A2, 模拟道 2
GND	TTR (J20) -T	信号地	GND
N/A	N/A	温度 (°C)	A1, 模拟道 1 (附加通道)

3 压力温度校正

3.1 校正图板

RFT 配接 KSKS05 测井系统时,软件模块设计了压力温度校正图板,图板根据压力计的量程和标定时的压力变化上限分为 15000 和 20000 两种。除温度、压力外,图板还提供面板编号、电子单元编号、压力计编号、压力偏置 (offset)、标定日期、标定人等各种技术信息。测井之前,操作员加载此图板,即可在测井过程中对压力进行实时温度校正。

3.2 校正算法

目前关于地层测试器压力计温度校正的方法主要有“线性插值法”和“16 系数法”,“线性插值法”适用于应变压力计,“16 系数法”适用于石英压力计。因此,RFT 配接 KSKS05 仍采用“线性插值法”进行压力温度校正,校正参数和原理分别如 (表 2)、(图 1(a)、(b)、(c)) 所示。

设在 t °C 时的压力测量值为 P_M , 按以下步骤进行温度校正:

(1) 在压力校正图板内查找与 t °C 相邻的两个标定温度值 t_1 和 t_2 ;

(2) 在图板内找到与 t_1 对应同一行的数据,并在该行内查找与 P_M 邻近的两个压力值 P_{A1} 、 P_{A2} , 利用 P_1 、 P_2 、 P_{A1} 、 P_{A2} 、 P_M 求得 t_1 °C 时 P_M 对应的实际压力值 P_{t1} , 如图 1(a) 所示;

(3) 按“2”中的方法求得 t_2 °C 时 P_M 对应的实际压力值 P_{t2} , 如图 1(b) 所示;

(4) 以温度 (°C) 为纵坐标,实际值 (psi) 为横

坐标,利用 P_{t1} 、 P_{t2} 、 t_1 、 t_2 、 t 求得 t °C 时压力实际值 P_t , 如图 1(c) 所示。

表 2 压力温度校正参数

温度 °C	测量值 psi	标准压力 (实际值) psi
t_1	P_{A1} P_M P_{A2}	P_{t1} P_{t1} P_{t1}
t	P_M	P_t
t_2	P_{A1} P_M P_{A2}	P_{t2} P_{t2} P_{t2}

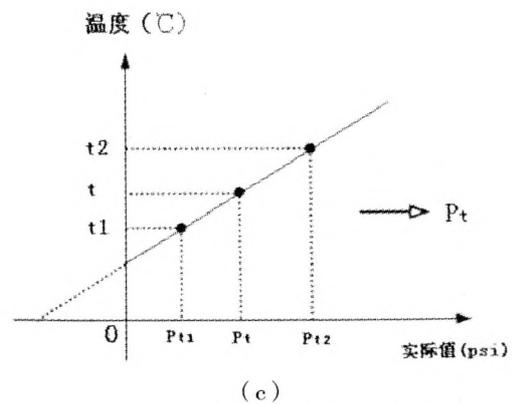
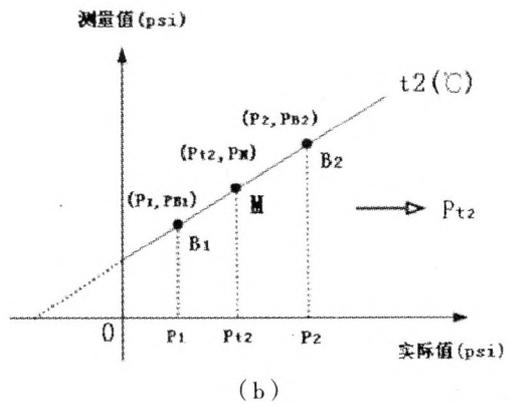
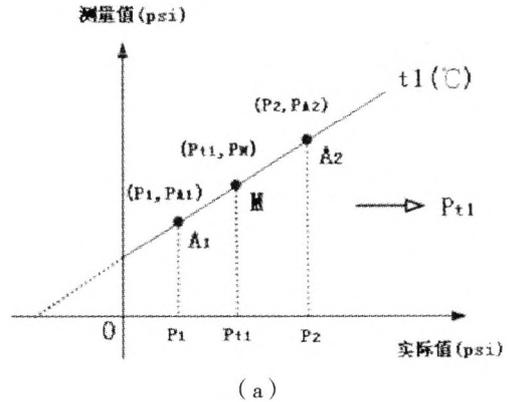


图 1 线性插值法压力温度校正原理

4 测井操作要点

4.1 刻度库

RFT配接 KSKS05 时, 刻度库的建立与常规测井相同,但在进行压力温度校正时,软件需要占用一个模拟通道用作虚拟温度输入,因此在建立刻度库时,应增加一条温度曲线,并将温度信号通道设置为“模拟道 1”。

4.2 服务表

在 RFT 配接 KSKS05 测井时,服务表和常规测井有所不同,需要在已建立的服务表中再添加“个、十、百、千”四条压力位曲线,以便将校正的“总压力”曲线值解析成四组不同的值。由于四条压力位曲线值从“总压力”曲线值解析而来,不占用信号通道,被称为“占位曲线”。

4.3 压力温度校正图板

在进行 RFT 测量时,首先要加载“温度压力校正图板”。加载后,在校正曲线中选择压力曲线,输入标定温度(℃)值、标定时的实际压力值(psi)和测量值(psi),保存图板,以便重复使用。如果想使用已保存好的刻度板,可点击“加载”按钮,选择相应的图板文件即可。

温度校正时,若不考虑温度的变化,可选择“固定温度”。通常 RFT 要在不同深度点进行压力测试,因此不应选择“固定温度”,而是输入测试深度处的实际井温值用于校正。

4.4 曲线解析

当完成服务表的加载,就可以对曲线进行解析,方法为:选择主菜单的“项目”菜单项,然后选择“曲线解析”,在解析曲线列表中,选择要解析的曲线,即“总压力”曲线,然后在个位、十位、百位、千位选项中选择相应的占位曲线,点击“确定”即可产生四条压力位曲线。

5 测井应用

重复式地层测试器(RFT)自成功配接 KSKS05 便携式测井系统以来,已成功地在川渝地区、苏里格气田作业十多井次,成功取得气、水样品 12 个,所取压力数据可靠,资料合格,得到了市场的认可,(图 2)为 RFT 配接 KSKS05 系统的典型测井曲线图。

6 结 论

(1)RFT 与便携式测井系统 KSKS05 配接测井时,占用设备资源少,能同时完成压力数据采集及实

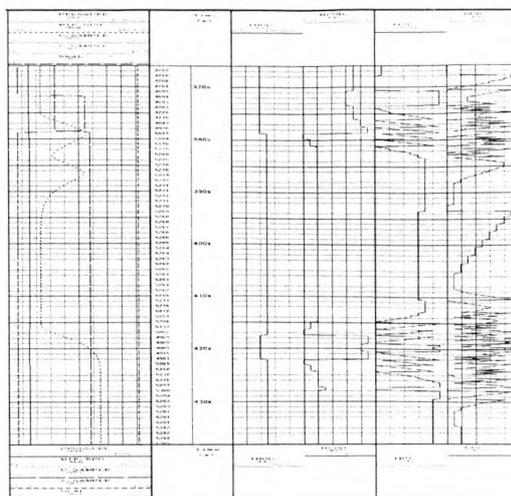


图 2 RFT 配接 KSKS05 系统测井曲线

时温度校正工作,测井效率较高;

(2)RFT 配接 KSKS05 时,由于压力信号选择“频率”输入,根据频率与压力值的对应关系,在 10K 档时,每单位频率与 10psi 对应;在 20K 档时,每单位频率与 20psi 对应。由于压力刻度时软件设定采样方式为“算术平均值”,刻度时间越长,采样精度越高,而 RFT 刻度时,要求在“ZERO”和“CALIBRATE”档停留时间不能超过 10S(压力计“ZERO”和“CALIBRATE”档电源被切断),因此,软件刻度允许时间与硬件刻度允许时间存在着冲突,这会给测量精度带来一定影响,并可能导致在测试深度间隙过小时压力数据变化趋势异常;

(3)压力温度校正算法采用“线性插值法”,算法较为简单,影响测量精度,并可能导致“0”压力时,压力显示负值;

(4)压力温度校正时,温度参数不能实时获取,只能通过井底温度和地温梯度估算测试点的温度,从而给压力温度校正带来误差,这是 RFT 配接各种测井系统时遇到的共同问题;

(5)RFT 的测量精度主要受应变压力计(Strain Gauge)测量精度的影响,若要提高 RFT 的测量精度,最有效的方法是用石英晶体压力计代替应变压力计,并对相关电路及机械结构进行相应技术改造。

参考文献:

- [1] Schlumberger. TRAINING MANUAL: RFT-A HARDWARE[Z].1986
- [2] 北京紫贝龙科技有限责任公司, KSKS05 数控测井系统[Z],2006