



油气井试油作业数字井筒建设实践

汇报人：韩 雄

单位：川庆钻探工程有限公司钻采工程技术研究院

二〇一七年十月



汇报提纲



数字井筒简介



建立数字井筒的必要性



数字井筒国外技术水平



数字井筒解决方案简介



现场应用情况

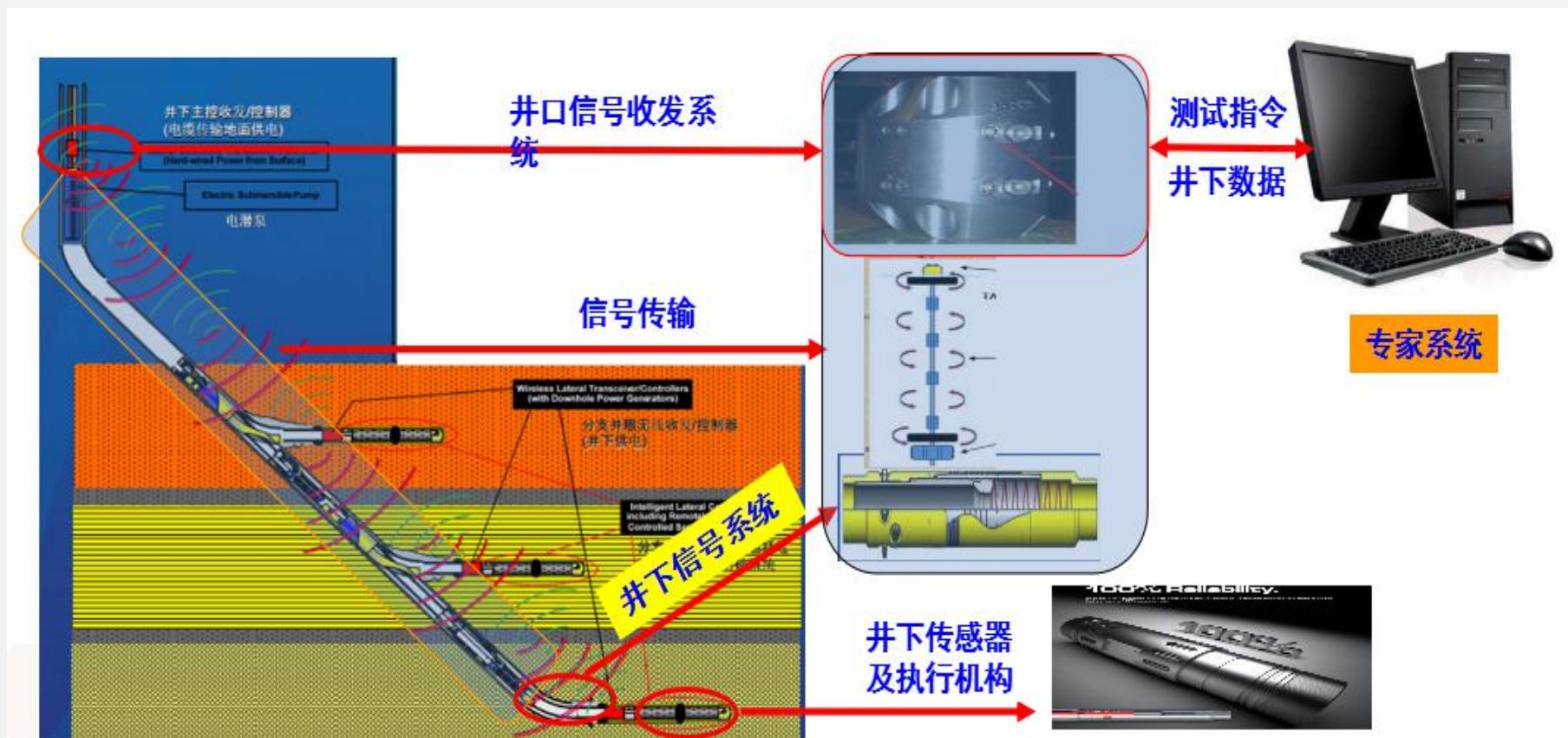


现场应用情况



1、数字井筒简介

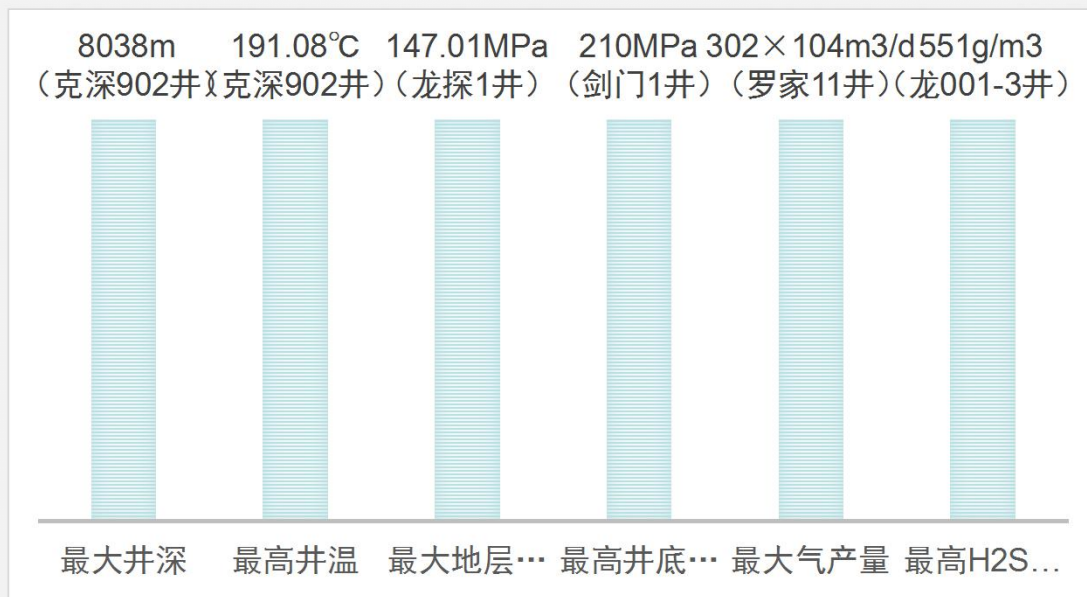
试油测试数字井筒是将无线传输技术、传感器技术、专家系统等技术结合为一体，搭建一个井下与地面沟通的信息平台，及时将井下工况发送到地面，供工程师决策，进一步可对井下进行控制。



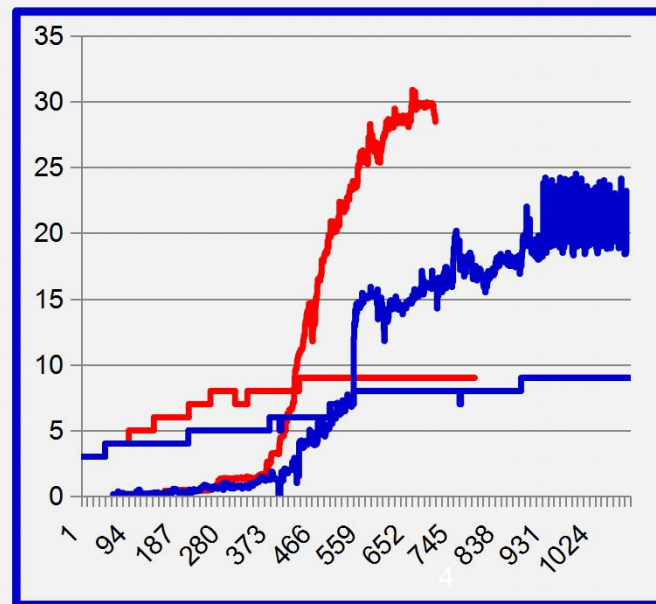


2、建立数字井筒的必要性

- 复杂深层油气试油井筒工况复杂：深度大（8000m），井底温度高（191℃）、井底压力高（147MPa）、硫化氢含量高、气产量大。建立井下工况监测措施，可实时优化调整作业决策，确保井筒安全和高效作业，及早获取地层油气资料，节约试油周期。
- 页岩气储层改造后，在排液采气期间长期监测地层能量变化规律，可为地区产能预测评估和更加合理的设计排采制度提供依据，确保页岩气更高的采收率。



复杂深层油气试油工况



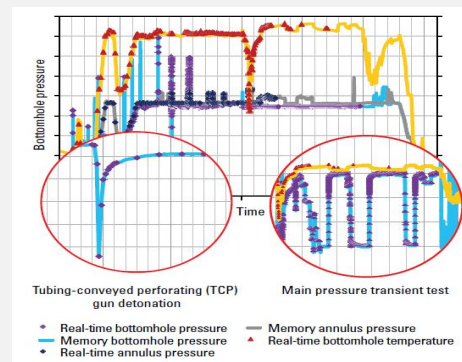
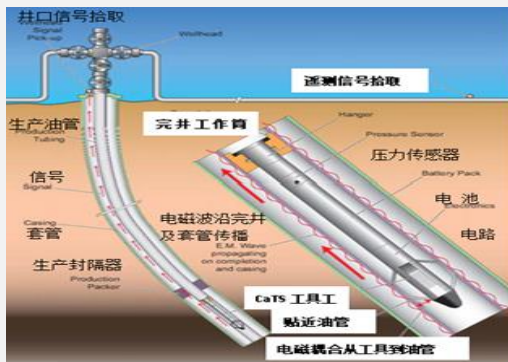
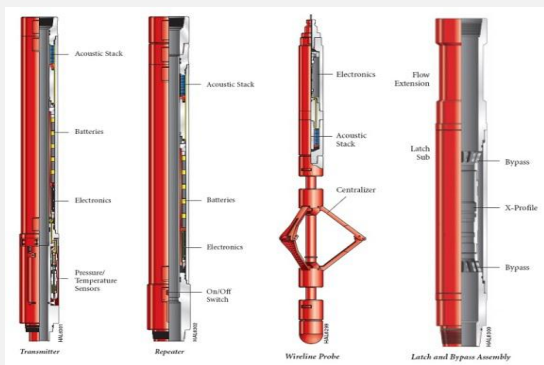
页岩气排采制度与气产量



3、数字井筒国外技术水平

试油测试数字井筒建设开发主要有Schlumberger, EXPRO、Halliburton几家公司, 且不出售产品, 其采用的技术模式主要有电磁波传输 (代表有EnCAT系统、CAT系统) 和声波传输 (代表有ATS系统) 两种方式。国内处于开发初期。

系统名称	传输方式	系统参数
EnACT系统	低频电磁波	103MPa/150℃, 传输距离3353m
CAT系统	低频电磁波	103MPa/150℃, 传输距离4000-5000m, 传输速率90s/组
ATS系统	声波	140MPa/180℃, 传输距离3650m, 10s/组



电磁波传输模式的数字井筒相对于声波模式的数字井筒, 其传输速率更快, 系统相对简单, 因此项目组选择开发电磁波模式的数字井筒。



4、数字井筒解决方案简介

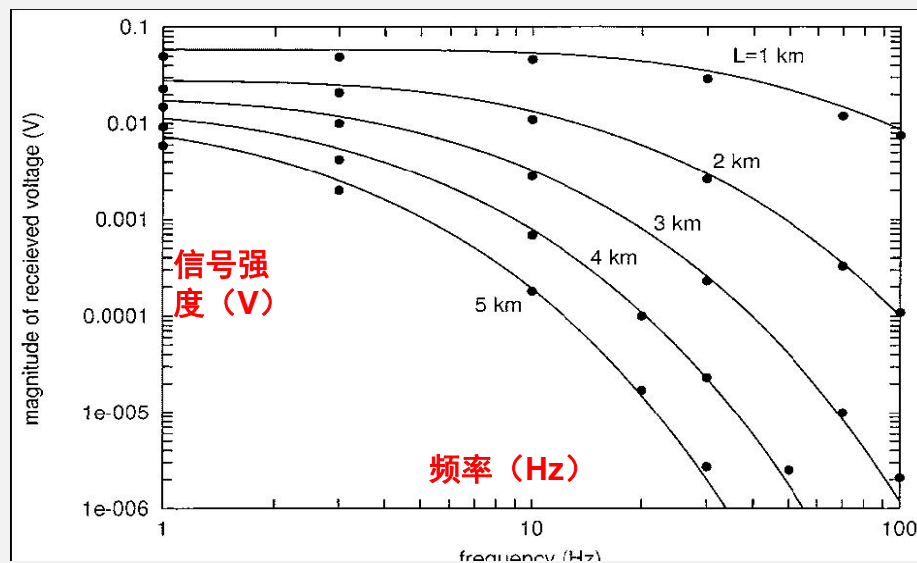
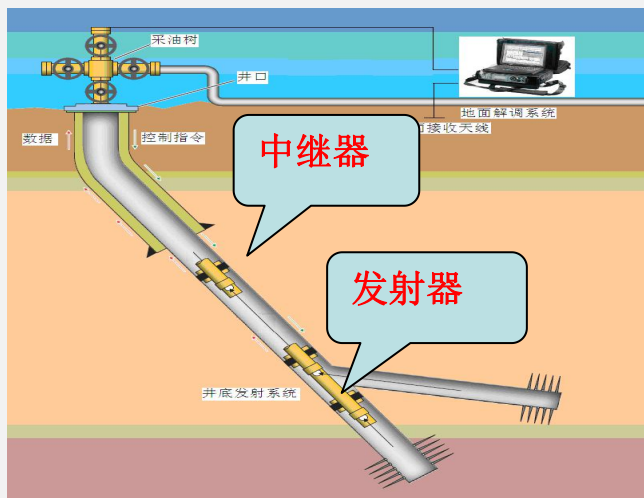
无线传输技术、传感器与电子电路技术、专家系统



4、数字井筒解决方案简介

(1) 无线传输技术

- 采用以“井下油管-套管-大地”为复合传输媒介的电磁场传输模式，载波能力强，传输距离远，适用于低阻抗环境下的长距离无线传输，而在传输架构上采用“发射器+中继器”的模式，进一步提高传输距离，使用一个中继器理论可实现5500m传输。
- 有效传输距离主要受到工作频率、地层电阻率的影响，与套管和油管尺寸及材质也有一定关系。



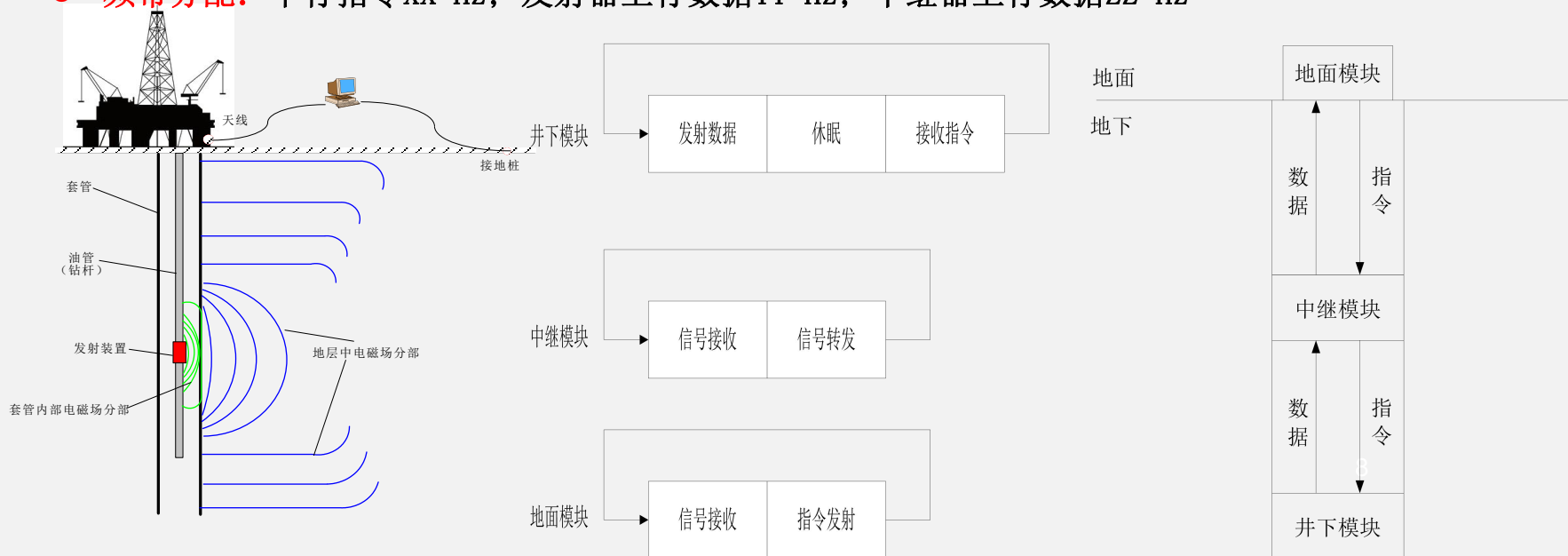


4、数字井筒解决方案简介

(1) 无线传输技术

□ 采用采用“时分复用”和“频分复用”解决各中数据信号之间的干扰（上传数据信号、下传指令信号）。

- **时隙分配：**发射器发送数据时不接收数据，接收数据时不发送数据；中继器长时间未收到数据或指令，对外发射“识别数据”
- **频带分配：**下行指令XX Hz；发射器上行数据YY Hz；中继器上行数据ZZ Hz





4、数字井筒解决方案简介

(2) 井下传感器及电子电路技术

井下传感器是识别井下工况的眼睛，而井下数字电路板是转换传感器信号的工具，在深井环境，地层温度高，在优选电子元件的基础上，进行系统模块降功耗设计和热点散布优化，避免元器件本身热量屏蔽带来系统大幅升温。

①耐温：大于150℃

②数据精度：0.025%F.S

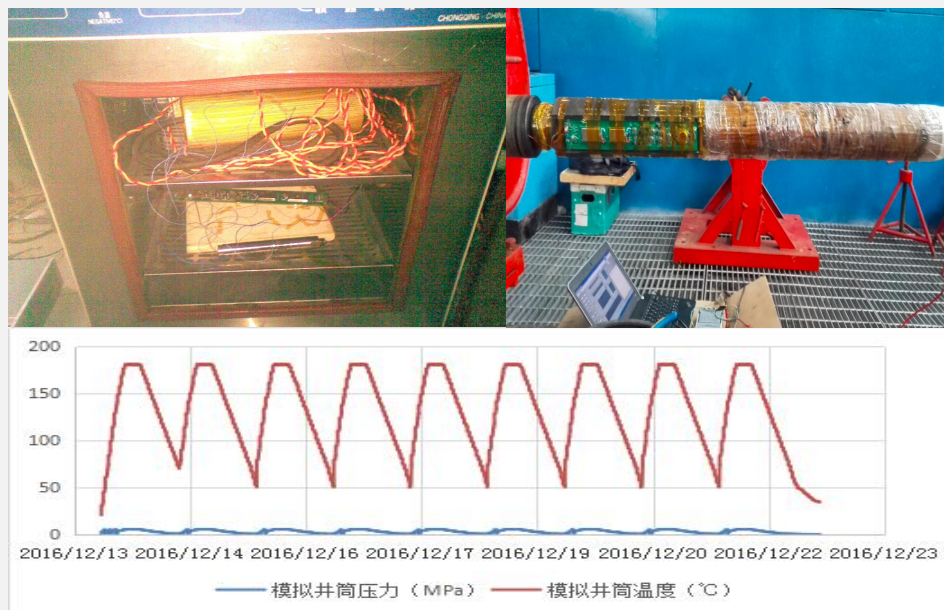
③抗震：5G

④稳定工作时间：大于480h

⑤电子电路静态功耗小

满负荷运行时器件温升小于5℃。

⑥电池能量利用率90%





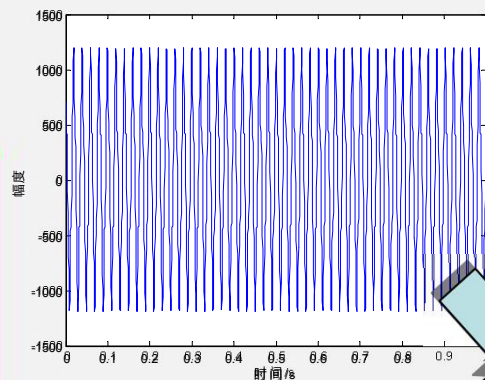
4、数字井筒解决方案简介

(3) 地面接收与专家系统

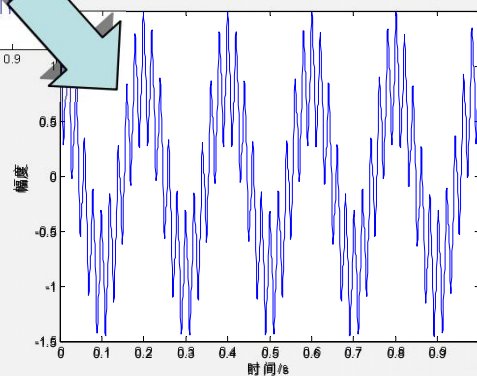
地面接收系统接收到井下发送的调制信号（地面噪声是信号的1000倍以上），配合低通滤波器和小波变换滤波技术（时域-频域-时域的变换、分离与重构），实现微弱信号可采集、可提取。将所接收到的信号进行滤波、放大、采集等一系列处理后（能实现10 μ v级别的信号识别），对收到的数字信号进行解析，并显示井下测量数据。



地面接收系统



处理前



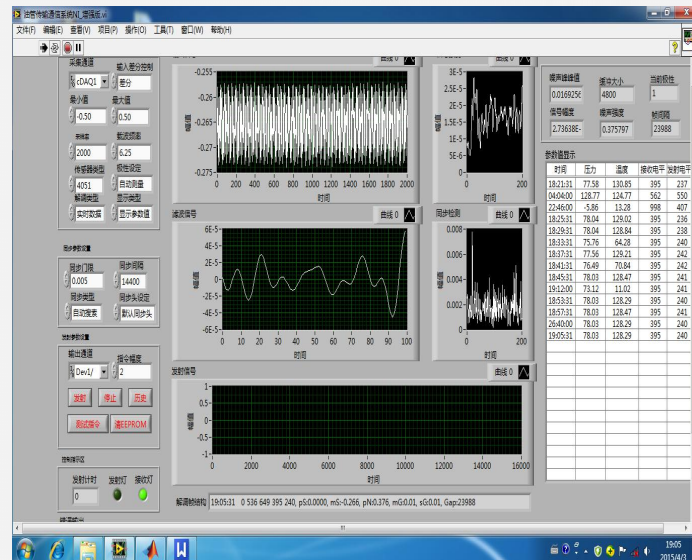
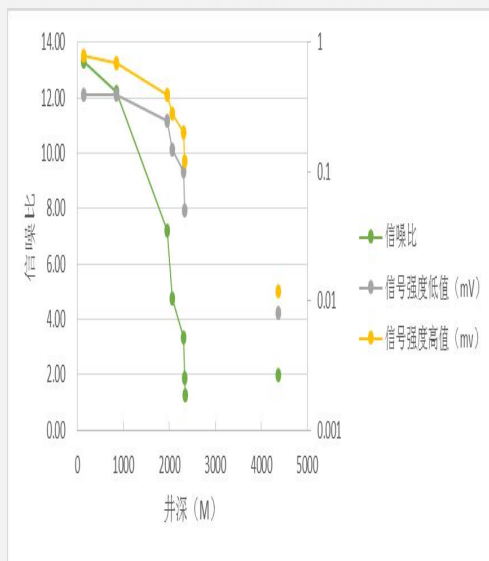
处理后



4、数字井筒解决方案简介

(3) 地面接收与专家系统

井场作业和发电机是电磁噪声的主要来源，达到背景噪音10倍左右，其严重影响通信的质量与传输距离。地面要监测到信号并能成功解调出温度、压力数据，需要保持信噪比大于1.5。





4、数字井筒解决方案简介

(4) 数字井筒参数

关键参数：

模式：发射器+中继器

工作压力：140MPa

工作温度：165℃

信号识别：10⁻⁶V

数据传输速率：1组/4min

传输深度：5500m



信号解调器



井口天线



接地天线

地面接收系统





汇报提纲



建立数字井筒的必要性



数字井筒基本组成



现场应用情况



结 论



5、现场应用情况

合探1井（龙王庙酸化测试）

试验井基本情况

地 点：地 点：重庆市合川区大石镇包塘村3组

井 号：合探1井

井 型：直井

井深结构：井深结构：244.5mm[（TP110TS /11.99mm）
×（0~2269.1m）] +247.65mm[（TP110TT /13.84mm）
×（2269.1~2968.98m）] +177.8mm[（TP110TS
/12.65mm）×（2586.12~3952.47m）]

+177.8mm[（TP140V/12.65mm）×（3952.47~
5362.37m）]，塞面5050m

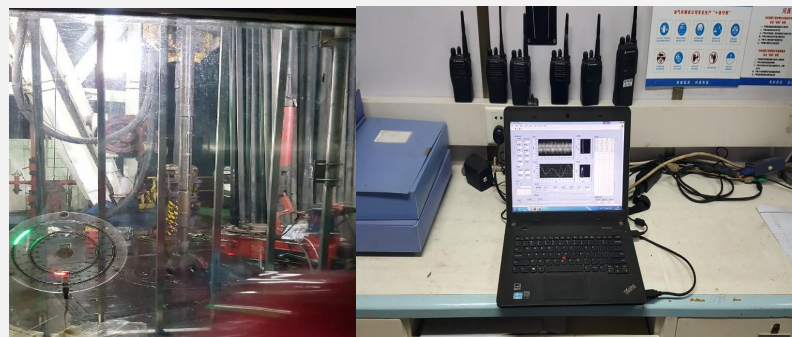
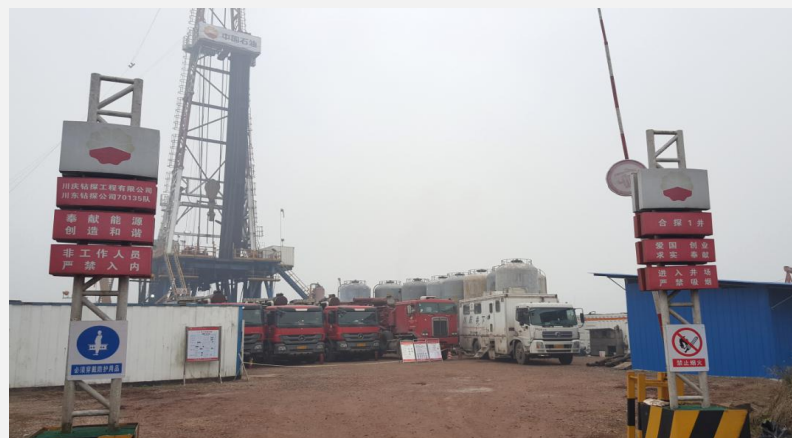
无线发射器下入深度：4200m；

中继器设计下入深度：3200m

无线发射器承受最大温度压力：130.11℃，122.36MPa；

中继器器承受最大温度压力：91.05℃，114.21MPa

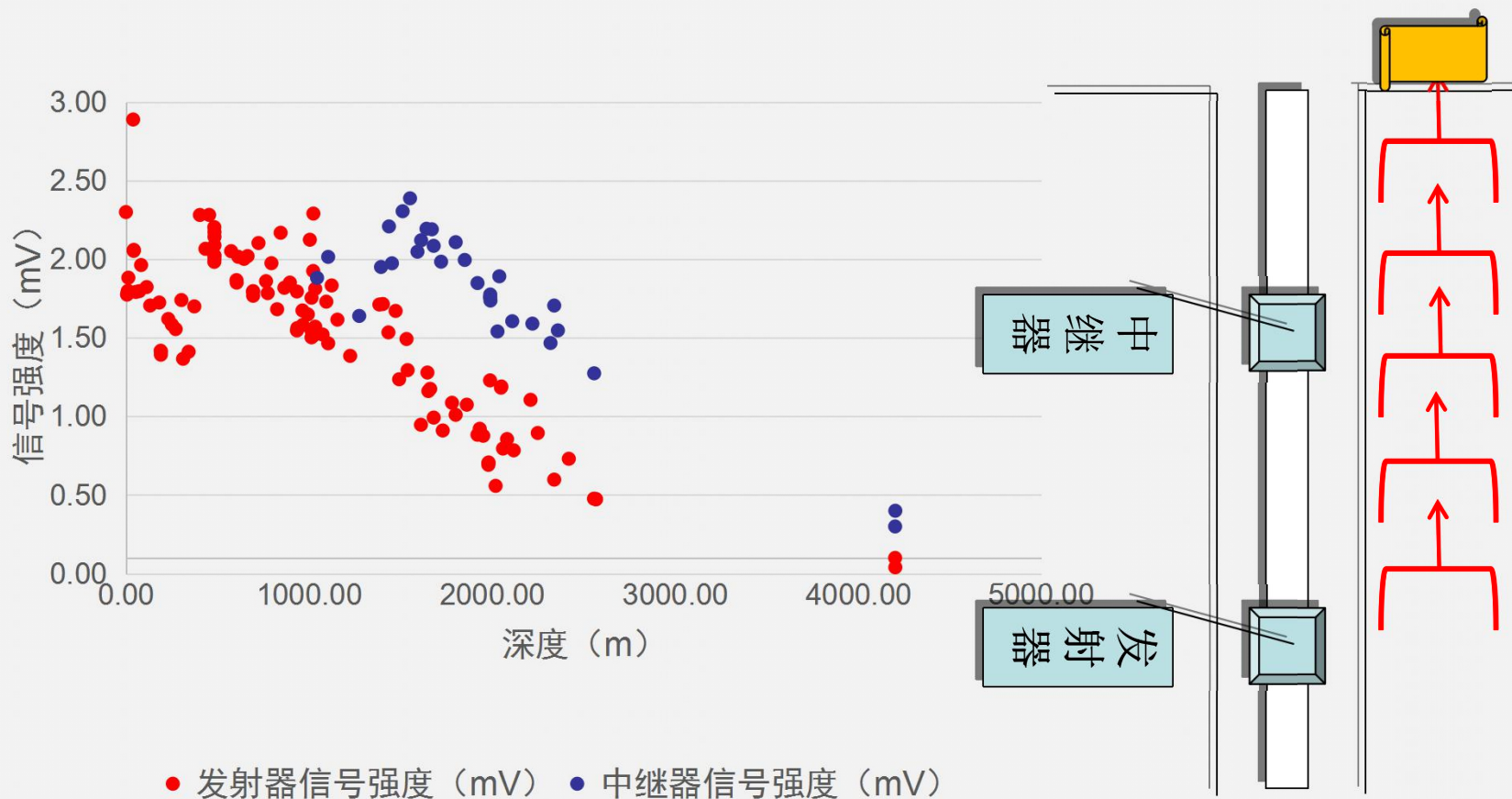
试验日期：2016.12.07~12.20日





5、现场应用情况

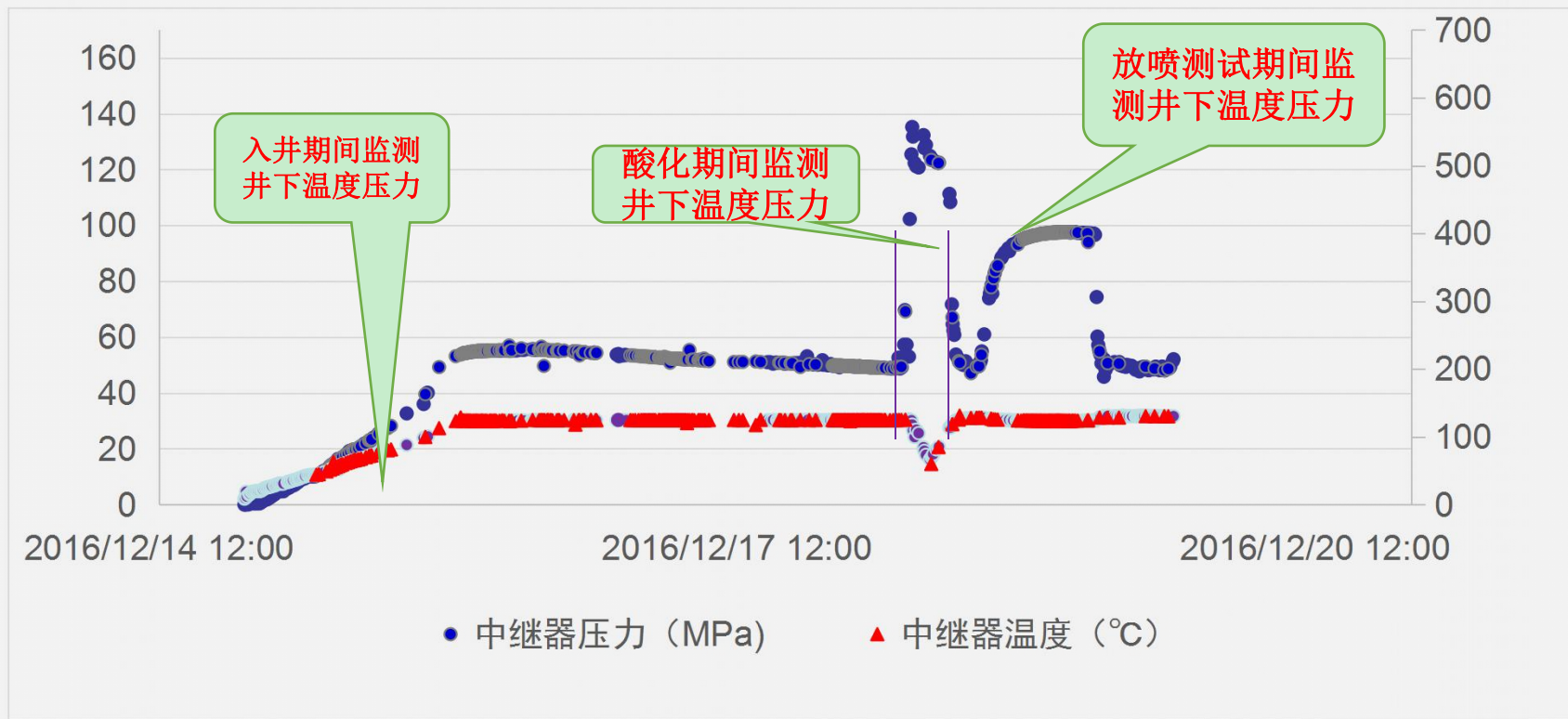
从“信号—深度”曲线图可以看出，随着深度的增加，中继器信号比发射器（明显较强，在4200米处，发射器信号0.04mV，中继器0.3mV，有利于地面获取井底信号。





5、现场应用情况

井下测试数据全井无线传输系统：通过“发射器+中继器”模式实现了4200m的井下信号传输深度，监测了从工具入井、酸化、放喷测试期间的全过程，监测井底最大温度130.11℃，最大122.36MPa，保证了整个作业过程的安全高效的执行。





5、现场应用情况

目前，已在酸化、通井、刮管等各种工况下开展了10余次试验，成功获取了井下数据，基本实现了井筒数字化功能，效果良好。1、放喷测试期间，井下数据接收率98%以上；井场一般作业干扰（吊装、安设备）接收率50%，下钻和酸化期间数据接率10-20%。

	MX23井	GS19井	Mx116井	MX117井			MX105井		HT1井	
级数	单级	单级	单级	单级	单级	单级	接力	接力	接力	接力
深度 (m)	4473	3916	4298	4060	4040	4189	4179	4420	5005	4200
类型	酸化	酸化	通井	通井	刮管	酸化	刮管	通井	酸洗	酸化
时间 (h)	216	456	25	45	25	198	41	30	39	112



6、结 论

(1) 将传感器技术、无线传输技术，专家系统等技术结合为一体，搭建一个井下与地面沟通的数字井筒信息平台，在试油测试期间测试人员可以实时掌握和控制井底情况，实现动态调整测试作业程序提高测试数据录取质量，以及及时发现井下异常情况，降低安全风险。

(2) 利用试油工具与发射器搭建井下低频电磁波发射天线，并通过中继器接力信号，解决了信号远距离传输难点。

(3) 基于系统模块降功耗设计和热点散布优化，解决了元器件本身热量屏蔽带来系统大幅升温问题。

(4) 利用低通滤波器和小波变换滤波技术，实现微弱信号可采集、可提取。