



电磁随钻信号传输技 术研究

中国地质大学（武汉）工程学院

姚爱国

13035112786

yaoaiguocug@126.com



电磁波随钻遥测式自动垂钻系统

- “863”探索导向类项目——“电磁波随钻遥测式自动垂直钻进系统研究”（2007-2008）。
- 本课题的最终目标是研制一种多用途、低成本，能在地面实时监测的自动垂直钻进系统。
- 拟采用超低频电磁波作为信号传输通道，把随钻测量部分与自动垂钻部分做成一个整体，保持结构简单，控制方便的特点。
- 新型垂钻系统将有更广泛的适应性，可用于正常泥浆钻进、欠平衡（或多工艺空气）钻进；可用于地质工程钻进、煤田竖井施工钻进、水工钻进以及大陆科学钻探之中。

Three balloons in green, blue, and purple are positioned on the left side of the slide. Each balloon has a string and a small yellow starburst above it.

小直径电磁波随钻测量

- 可单独用于随钻测量，钻具外径**65mm**
- 可与垂钻系统对接，进行信号传输



固体矿产钻探电磁波随钻测量优点

- 固体矿床钻探钻遇岩层多为坚硬岩层，地层电阻率较高，电磁波在这类地层中传播，衰减相对较小；
- 与石油钻井相比，固体矿床钻探较钻孔较浅，电磁波使用频率可以相对较高；
- 固体矿床钻探钻孔直径较小，而电磁波随钻测量工具与泥浆脉冲随钻测量相比更容易制成小口径；
- 传输速率高，制作费用低，适用于空气多工艺钻进。



电磁随钻测量发展历史


- 无线随钻电磁信号传输始于**1980**年，位于美国加利福尼亚西湖村的地质科学电子公司**GEC (Geoscience Electronics Corporation)**研制出电磁钻杆传输系统，首次应用于穿越河流的钻进中。
 - 改进后应用于大口径的石油钻井，后来，又用于澳大利亚含气的煤层钻进中。
 - 增加了中继放大装置后可以从**6000m**深的钻孔传输数据。
 - 法国地质服务公司 (**Geoservices**) 在**1982**年研制出自己的**EM MWD**。他们首次应用在中途测试中 (**Drill Stem Testing**) 实时测量压力和温度信号。**1987**年开始用于水平井和斜井的控制当中，可达钻深**2000—3000m**。到**1994**年增加了中继装置可钻至**7000m**。
 - 根据发表的文献日本和俄罗斯也研制出自己的**EM MWD**
- 

表1 国外部分生产EM-MWD的厂家及产品名称

公司名称	产品名称
Schlumberger	E-pulse
Halliburton Sperry-Sun	EM-MWD
Precision Drilling Corporation	EMpulse
Cathedral Energy Services Income Trust	EM-MWD
Ryan Energy Technologies Inc	EM-MWD
Blue Star Tools Inc.	EM MWD
Geoservices	EM-MWD
Weatherford International Ltd.	TrendSET EM MWD
Phoenix Technology Income Fund	CLT EM-MWD
Scientific Drilling International.	Efield
GE Power	EM MWD
GeoLink	EM MWD
NQL Energy Services Inc (原NQL Drilling Tools Inc).	BlackStar EM MWD
Cryoton UK Ltd （英国）	EM-MWD
С а м а р с к и е Г о р и з о н т ы （俄罗斯）	EM-MWD



国内研究现状

- 中石化（德州石油所）
- 中石油（北京石油勘探院）
- 中国地质大学（武汉）
- 武汉**712**所
- 郑州



电磁随钻测量

- 发射

- 电磁波产生方式
- 电磁波发射频率
- 电磁波发射方式
- 发射天线
- 发射功率

- 接收

- 接收效率
- 接收灵敏度
- 信号干扰



电磁波的产生

- 随时间变化的电流
- 波形
 - 方波
 - 正弦波
- 调制
- 功率放大

发射频率、地层电阻率与穿透深度

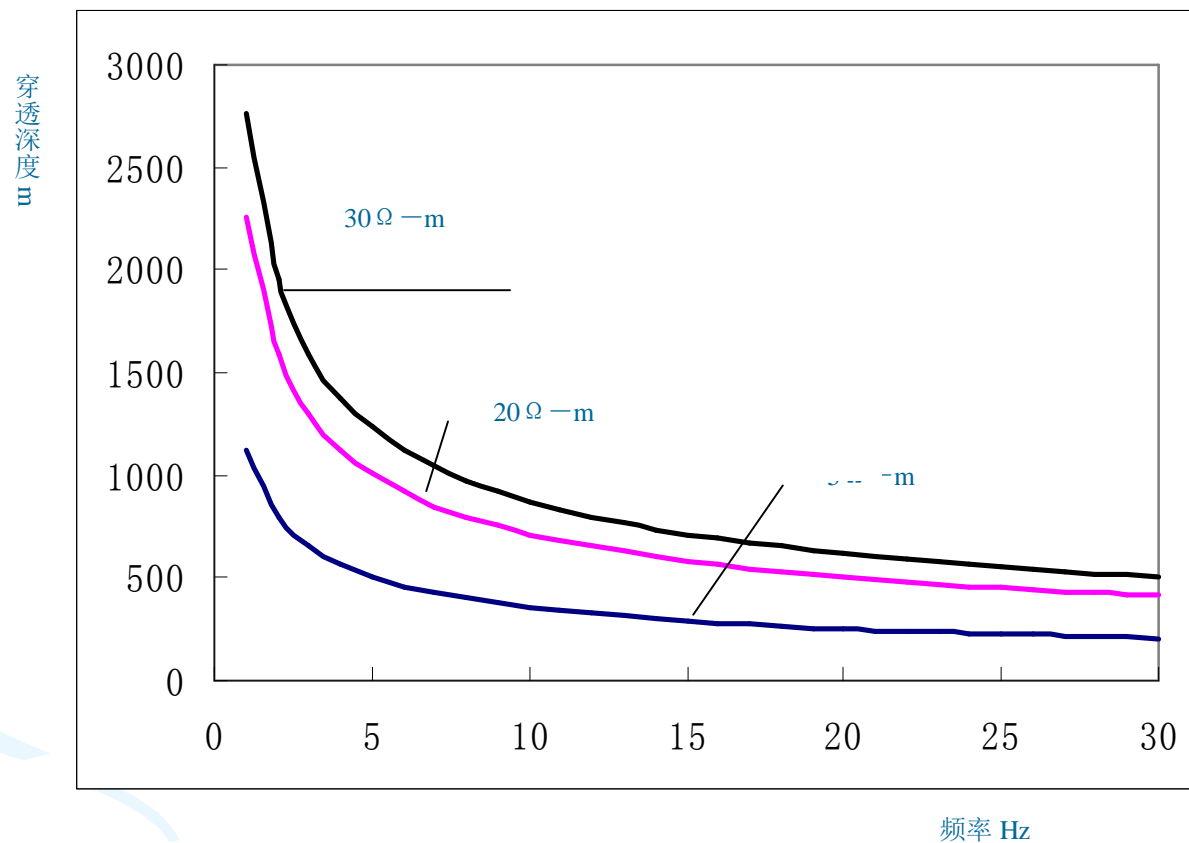
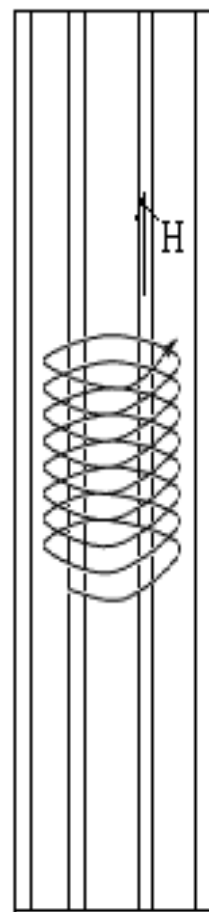


图3 发射频率与地层电阻率对穿透深度的影响

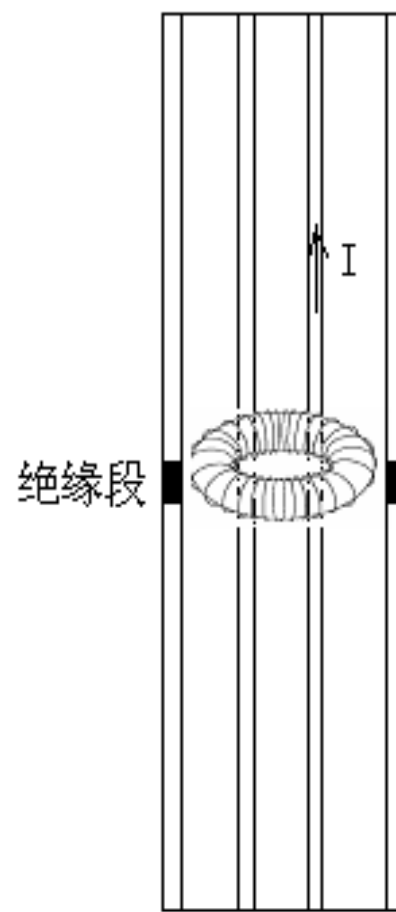
试验频率 1-100Hz

发射方式

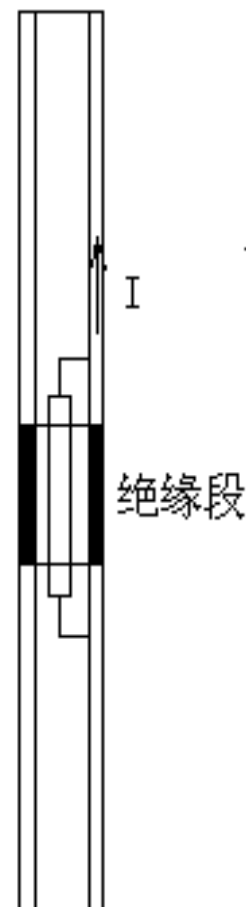
- (a) 垂直磁场天线
- (b) 环形线圈耦合垂直电场天线
- (c) 直接耦合垂直电场天线



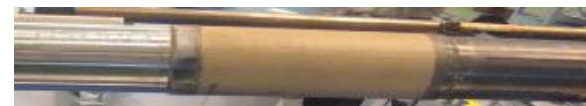
(a)



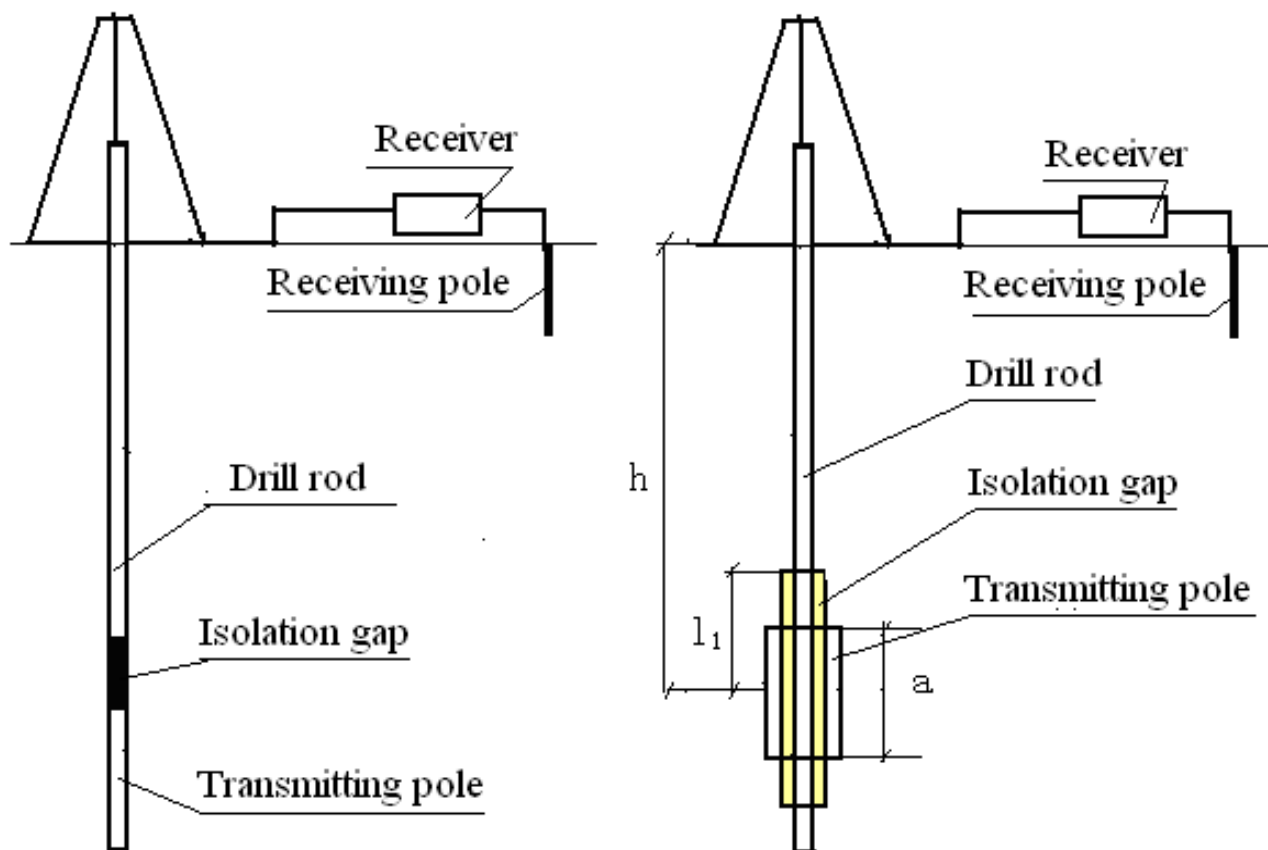
(b)



(c)



直接耦合发射天线



自制电磁 随钻测量 样机

小口径电磁随钻测量系统技术

参数

项目	参数
----	----

电源电压	$\pm 36V$
------	-----------

功率	120W
----	------

频率	1~100Hz
----	---------

电池	标准锂电池
----	-------

外径	65mm
----	------

精度:

井斜角	$0\sim 180^\circ \pm 0.2^\circ$
-----	---------------------------------

方位角	$0\sim 360^\circ \pm 1.0^\circ$
-----	---------------------------------



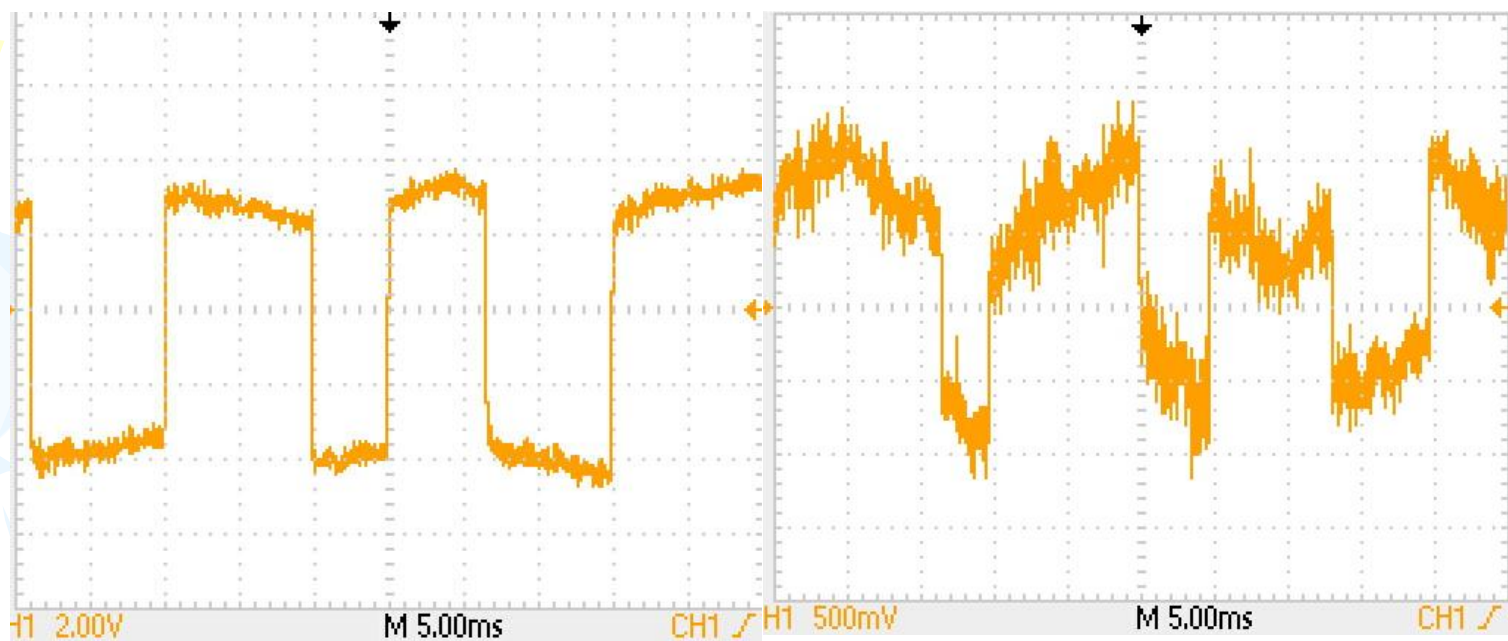
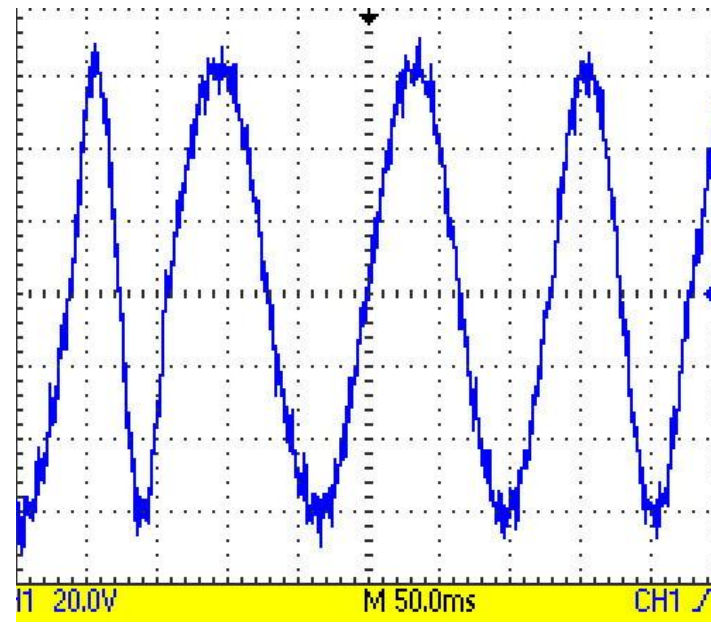
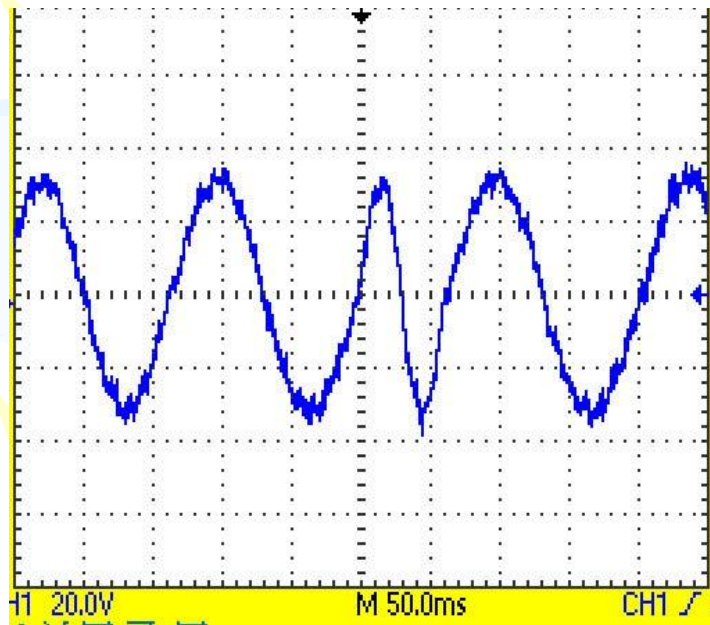


图5 孔内泥浆条件不同时方波信号的对比

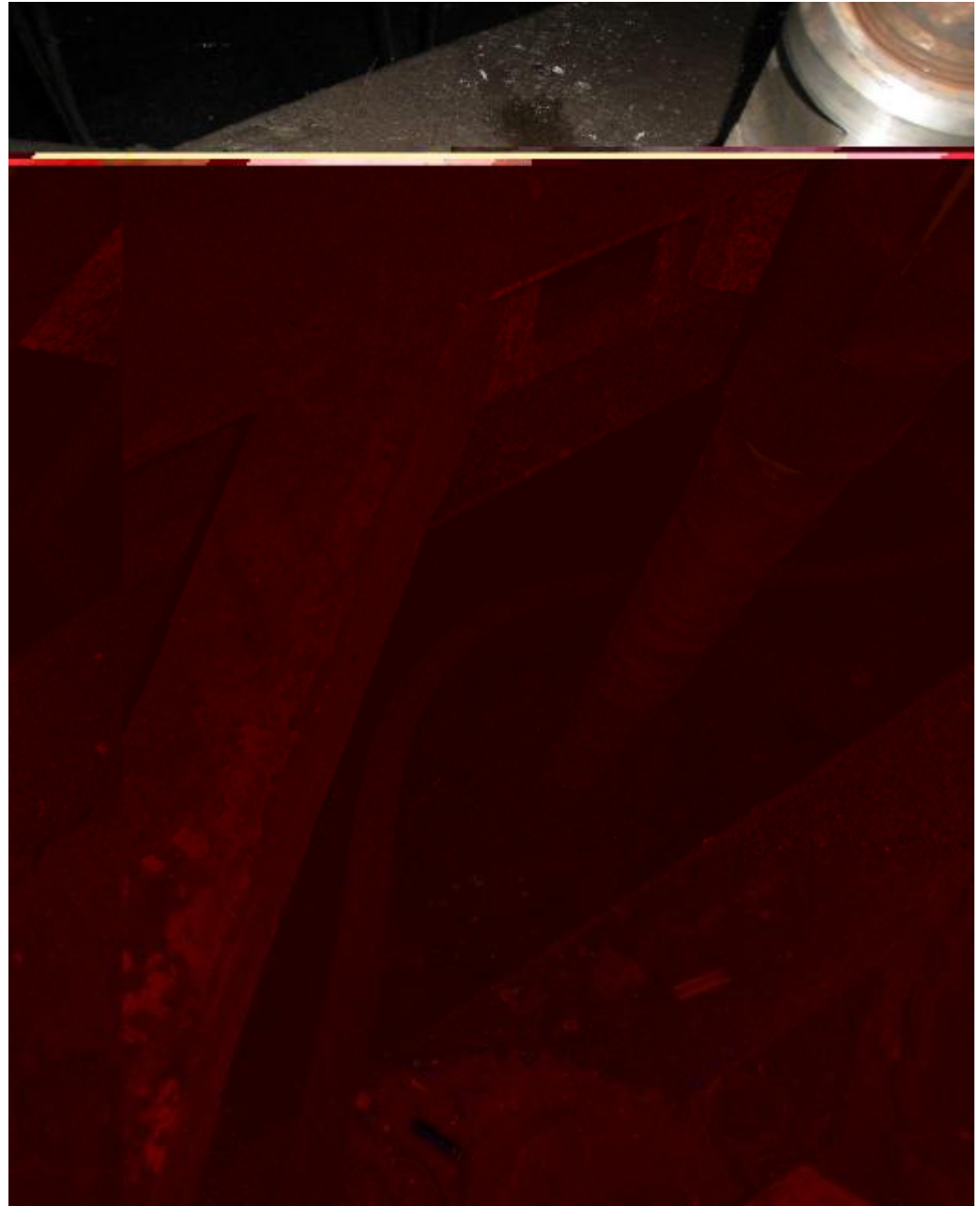




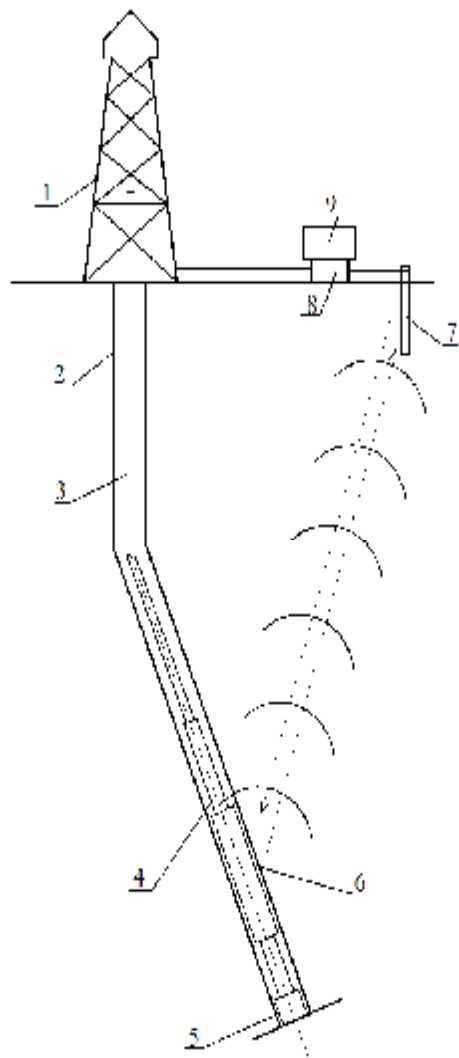
采集时间	倾 角	自转角	Gx	Gy	Gz	温 度	校 验	倾角（复算）	P1	P2	P3	
15:06:03	89.08	38.15	0.7977	0.6269	-0.0163	17	OK	89.08	160081	459622	0	
15:06:09	89.08	38.15	0.7977	0.6269	-0.0163	17	OK	89.08	160081	459622	0	
15:06:15	89.08	49.17	0.7977	0.6269	-0.0163	17	OK	89.08	160081	459622	0	
15:06:21	89.08	38.15	0.7977	0.6269	-0.0163	17	OK	89.08	160081	459622	0	
15:06:27	88.39	38.15	0.7969	0.6269	-0.0285	17	OK	88.39	130656	481334	0	
15:06:33	89.08	38.15	0.7977	0.6269	-0.0163	17	OK	89.08	160081	459622	0	
15:06:39	89.08	38.15	0.7977	0.6269	-0.0163	17	OK	89.08	160081	459622	0	
15:06:45	89.08	38.15	0.7977	0.6269	-0.0163	17	OK	89.08	160081	459622	0	
15:06:51	89.08	38.15	0.7977	0.6269	-0.0163	17	OK	89.08	160081	459622	0	
15:06:57	89.08	24.9	0.7977	0.6269	-0.0163	17	OK	89.08	160081	459622	0	
15:07:03	89.08	38.15	0.7977	0.6269	-0.0163	17	OK	89.08	160081	459622	0	
15:07:09	89.08	38.15	0.7977	0.6269	-0.0163	17	OK	89.08	160081	459622	0	
15:07:15	89.08	38.15	0.7977	0.6269	-0.0163	17	OK	89.08	160081	459622	0	
15:07:21	89.08	38.15	0.7977	0.6269	-0.0163	17	OK	89.08	160081	459622	0	
15:07:27	89.08	38.15	0.7977	0.6269	-0.0163	17	OK	89.08	160081	459622	0	
15:07:33	89.08	38.15	0.7977	0.6269	-0.0163	17	OK	89.08	160081	459622	0	
15:07:39	89.08	38.15	0.7977	0.6269	-0.0163	17	OK	89.08	160081	459622	0	
15:07:45	89.08	38.15	0.7977	0.6269	-0.0163	17	OK	89.08	160081	459622	0	
15:07:51	89.08	38.15	0.7977	0.6269	-0.0163	17	OK	89.08	160081	459622	0	
15:07:57	89.08	38.15	0.7977	0.6269	-0.0163	17	OK	89.08	160081	459622	0	



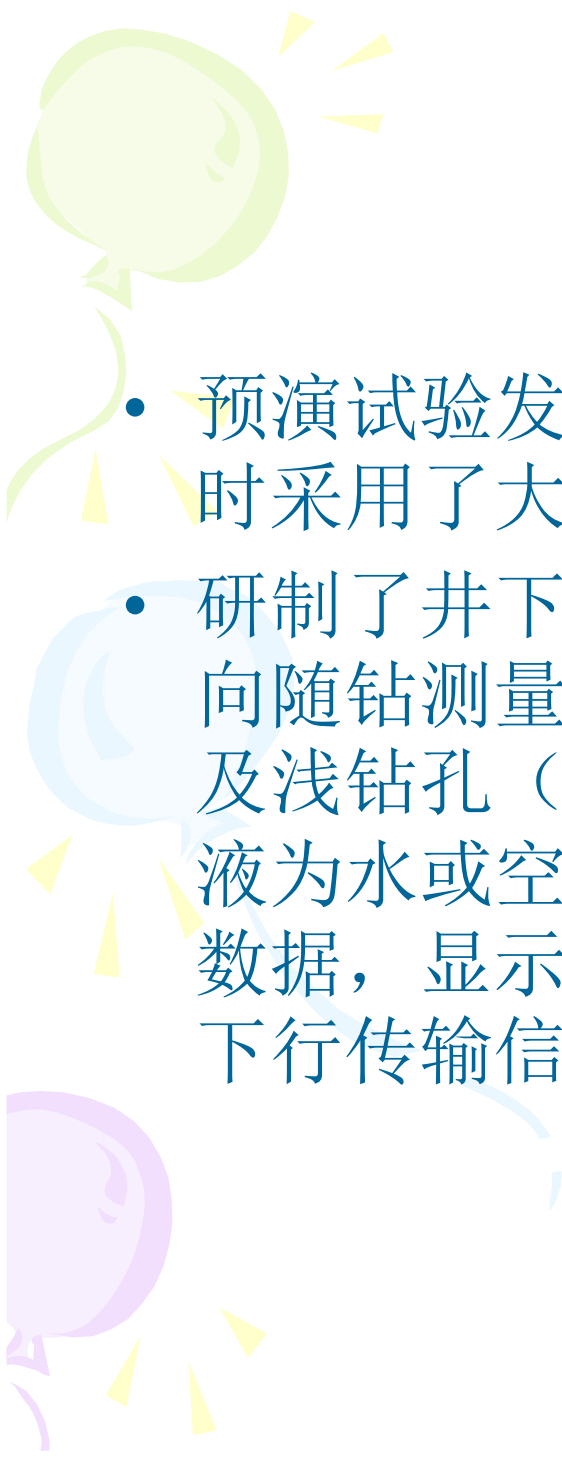
强度试验



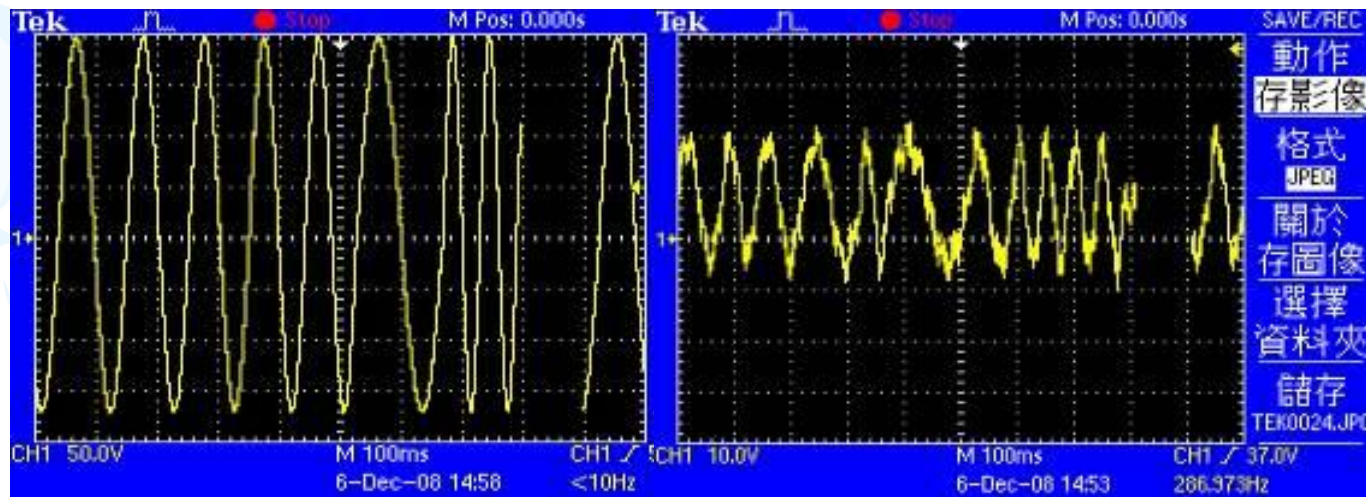
电磁波双向信号传输试验



- 为了适应深部探矿、采矿的实际需求，进行电磁波双向信号传输试验，获得成功。

- 
- 预演试验发现下行传输信号衰减较大，正式试验时采用了大功率信号放大器放大下行信号。
 - 研制了井下信号传输试验装置，其基本参数与单向随钻测量装置大致相同。分别进行了室内试验及浅钻孔（**68m**深）试验。结果表明，钻孔冲洗液为水或空气时，双向发射与接收均能正常传输数据，显示波形均正常，但在同等条件下，测定下行传输信号的衰减比上传信号大**2~3**倍。

电磁波双向信号原理性试验结果





结论

- 电磁随钻测量技术传输速率高，适用于含气体钻井液钻进。目前电磁随钻测量系统多采用直接电激励模式，使用偶极天线发射。
- 利用自行研制的电磁波随钻测量样机，测定了不同波形对电磁波传播的影响。地层的噪音干扰对方波传播不利影响较大，特别在钻孔内有泥浆，接收信号较小时误码率较高。正弦波传播受干扰程度较小。
- 初步进行了双向电磁波信号传输试验，试验结果证明在浅孔条件下，信号传输正常。但下传信号衰减较大，需要提高下行信号发射能力。

静悄悄， 谢谢！

