

瞬变电磁技术

在管道检测中的应用

保定驰骋千里科技有限公司



引言——瞬变电磁法

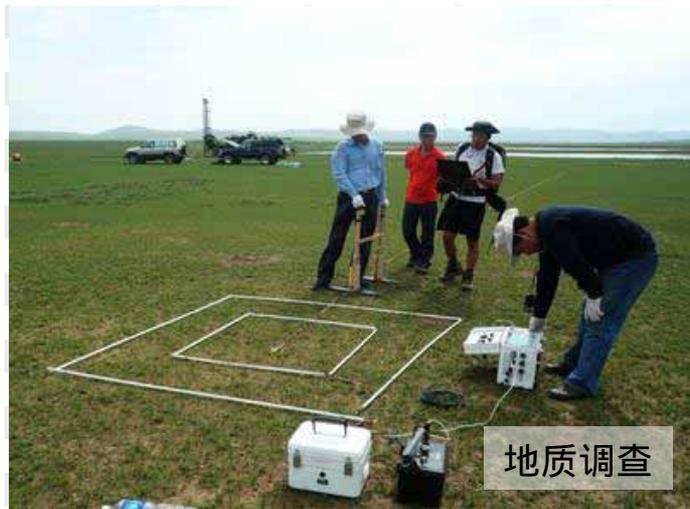


- 瞬变电磁（TEM）主要应用于地球物理勘探
- 1933年美国科学家提出
- 20世纪50年代，前苏联基本建立了瞬变电磁法解释理论与野外施工的方法技术
- 我国的瞬变电磁研究起始于20世纪70年代初，取得了一批好效果的应用实例。从20世纪90年代至今，国内TEM法进入了蓬勃发展阶段，在地质矿产（金属矿）、煤矿（采空区、超前探测、防治煤层水）、工程物探（溶洞、空洞、地裂隙、地下采空区、基桩钢筋笼、遗留炮弹、堤坝隐患）等行业广泛应用。



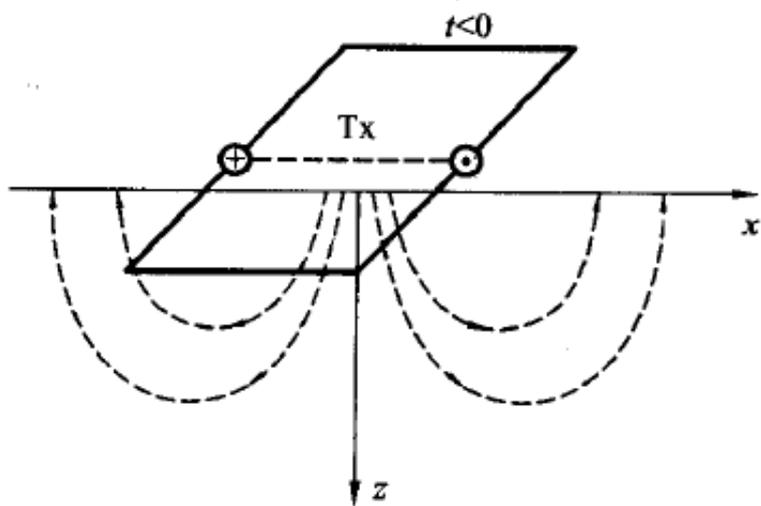
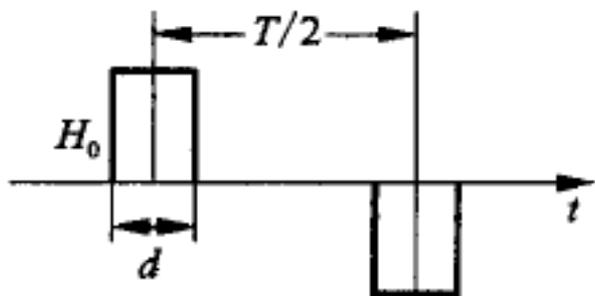
引言——瞬变电磁法

吉祥如意

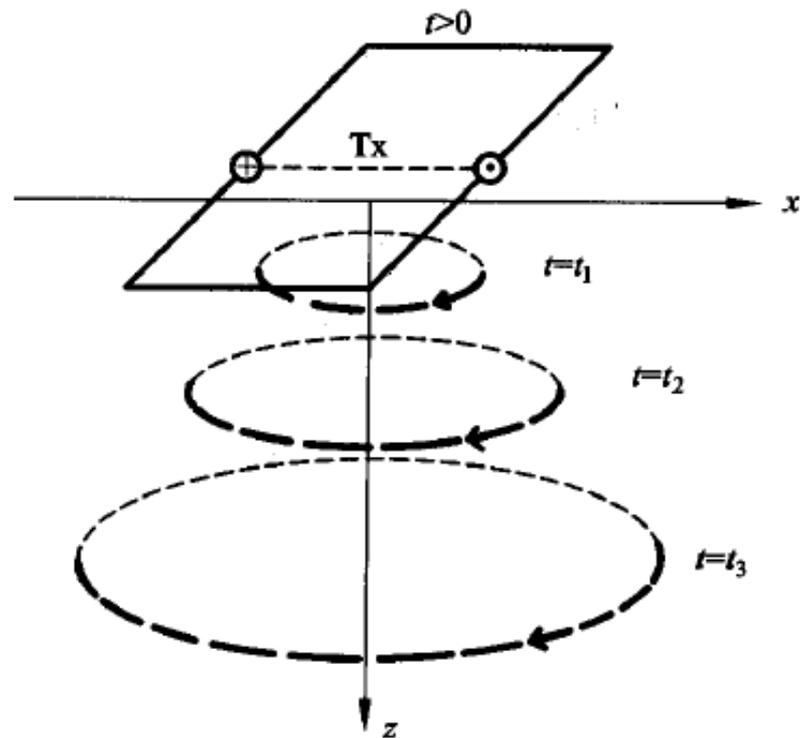


引言——方法原理

吉
祥
如
意



矩形回线中产生的磁力线



等效涡流环

吉
祥

如
意

吉
祥
如
意

在管道检测中的应用

吉
祥
智
慧

- 埋地管道
 - 外腐蚀
 - 内腐蚀
 - 规格变化
 - 破坏损伤

■ 工艺管道



普智

埋地管道

普智行

引言——管道壁厚常规检测方法

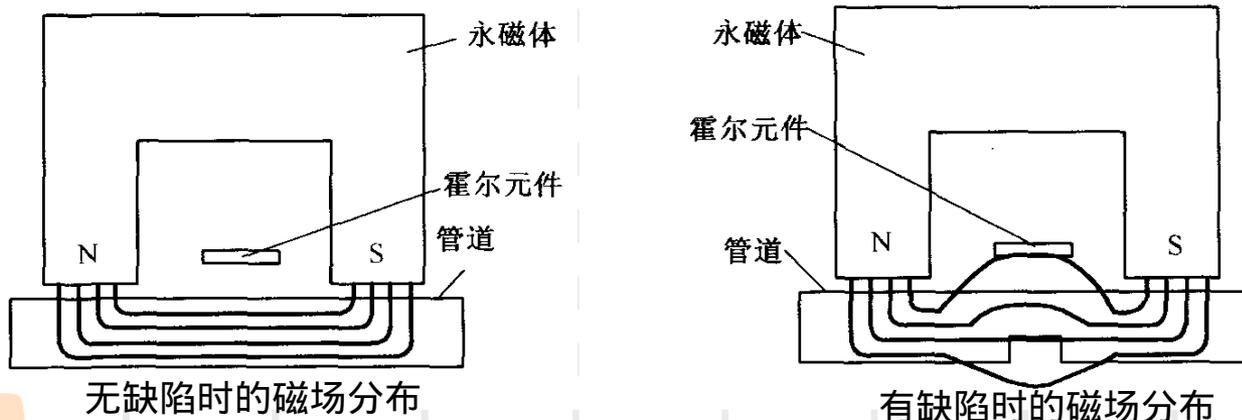
- 国内检测埋地管道壁厚的主要工作流程



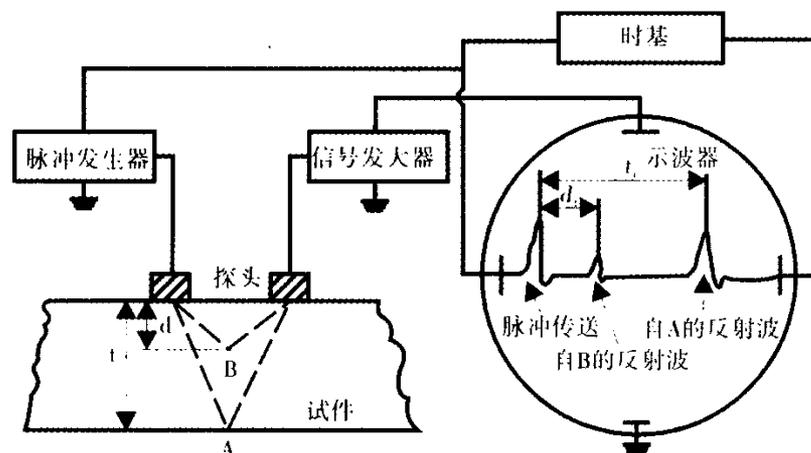
- 检测数据代表性和评估结论的可靠性受开挖点数及分布范围的影响
- 破坏性检测方法，在某些地区因开挖检测成本和对环境的破坏难以实施

引言——管道内检测

吉祥



漏磁检测原理图



超声波检测原理图

吉祥

吉祥

吉祥

吉祥

吉祥

吉祥

引言——管内检测



- 管内检测方法较准确直观
- 对管道的建设条件、管径大小和管路平直程度的要求严格
- 需在管道上预先安装收发装置并做清管处理
- 油田大量的已建集输管线难以实施



方法原理

吉祥

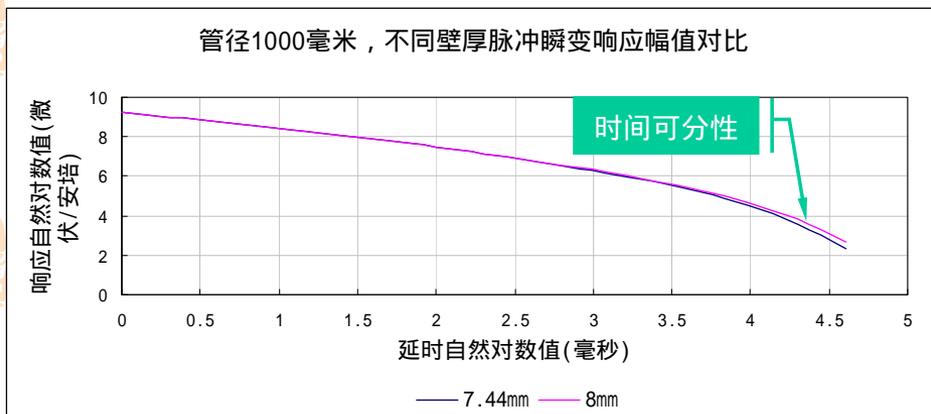
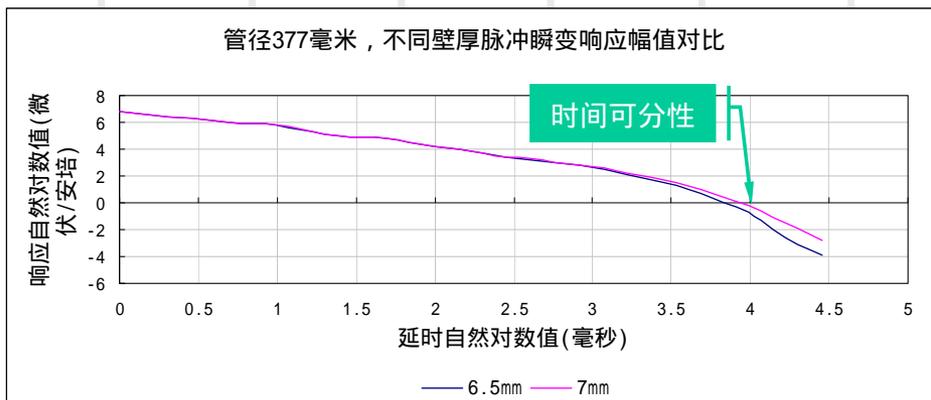


- 管道壁厚TEM检测方法是基于瞬变电磁（TEM）原理，用发射回线向金属管道发送一次脉冲磁场，用接收回线测量二次涡流磁场，根据不同规格、材质的管道在瞬变衰减特征上的区别来评估管体金属损失的一种检测手段。

吉祥

吉祥

检测可实现性的理论分析



- 管径、材质、管内输送介质相同但管壁厚度不同的管体，脉冲瞬变响应具有时间上的可分性，它正是实现管道腐蚀（管壁减薄）检测的技术与方法基础。

方法特点

吉祥慶

- 地面检测，不开挖、不破坏管道外防腐，不影响管道运行
- 对管道环境要求低，适用于大多数油田管线
- 应用于管道内检测和其它无损探伤手段不便实施的管道



应用实例——外腐蚀

吉祥

- 从检测实践看，腐蚀范围大、腐蚀强烈（壁厚减薄超过10%）的局部腐蚀容易被发现。此外，发生在防护失效部位的局部腐蚀比发生在防护正常部位的易于发现（在进行外检测的基础上）。

吉祥

吉祥

吉祥

吉祥

吉祥

胜利油田输油管道17800测点

吉祥



管道规格219 × 6mm；管道壁厚检测值5.4mm，壁厚减薄率10%；超声实测值5.43mm

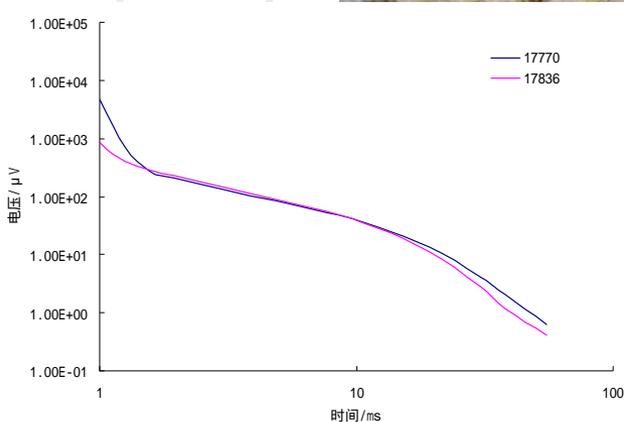
吉祥
吉祥
吉祥
吉祥
吉祥

胜利油田输油管道17836测点

吉祥



吉祥



管道规格 $219 \times 6\text{mm}$ ；管道壁厚检测值 5.3mm ，壁厚减薄率 11.7% ；超声实测值 5.16mm

吉祥

应用实例——内腐蚀



- 管道内壁腐蚀的规模较大时，可以利用TEM技术检测管道壁厚变薄部位、评价管体腐蚀程度、查找腐蚀风险点。



胜采四矿输油管道250测点

- 检测值：防腐层综合等级为一级，管体剩余平均壁厚6.3mm。
- 开挖验证：防腐层质量良好，管体外表面腐蚀轻微。总共采集8个环带512个超声波测厚数据，每个环带数据取平均值作为此环带的管道壁厚值，8个环带的管道壁厚值再做平均得到该处管道平均剩余厚度值，数据具有统计意义。超声波检测管道壁厚最大值为7.31mm，最小值为2.27mm，平均值为6.51mm，经过分析后发现腐蚀主要发生在管道下部的管内壁处。
- TEM检测壁厚值相对实际壁厚值的误差为3.20%，检测结果与实际情况相符。



大港油田注水管线3180测点

吉祥



管道规格219×17mm；防腐层综合等级为二级

管道壁厚检测值15.45mm；实测值15.58mm；壁厚减薄率9.1%

吉祥

吉祥

吉祥

吉祥

吉祥

吉祥

华北油田TEM检测腐蚀严重的管段

嘉祥

嘉祥



在中原油田的应用

TEM非开挖检测技术提高管道检测时效

2010-4-12 11:21:12 中国石化报



中国石化报4月12日讯 3月17日，中原油田技术监测中心安全监测站技术人员应用TEM非开挖检测技术，对采油三厂卫城油藏经营管理区25号~28号站间的管道进行腐蚀监测评估。实践表明，该技术可提高埋地管道检测时效40%。

中国石化报4月12日讯 3月17日，中原油田技术监测中心安全监测站技术人员应用TEM非开挖检测技术，对采油三厂卫城油藏经营管理区25号~28号站间的管道进行腐蚀监测评估。实践表明，该技术可提高埋地管道检测时效40%。

量身定制的石油信息监测产品



TEM非开挖检测技术是目前国内先进的管道检测技术。该技术可在埋地管道上方形成一个可控瞬变磁场，产生随时间变化的“衰变涡流”，进而在管体周围产生与瞬变磁场同向的二次“衰变磁场”。技术人员对磁场变化动态进行分析，科学地评估埋地管道的腐蚀状况。

技术人员对埋地管道进行前期风险预测，精确采集管道重点区域的动态数据，找准风险点，然后利用堵漏技术和防腐技术，对管道实施开挖检测，检测时效提高40%。

与传统检测技术相比，TEM非开挖检测技术可大幅减少管道开挖点。技术人员在管道不开挖、不停输状态下，可对管体腐蚀情况进行评估，有针对性地对风险点实施开挖检测，节约人力、物力和财力。

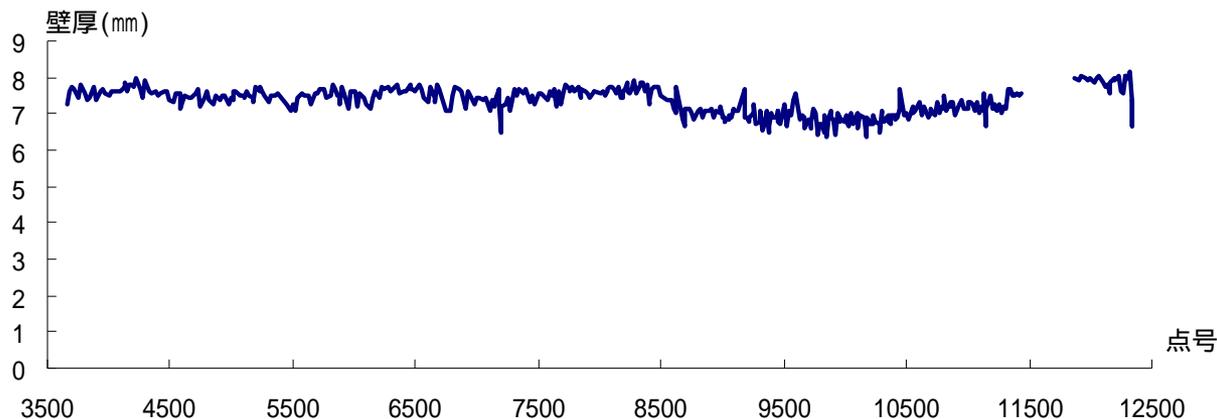
目前，中原油田埋地管道长2600多千米，完成日常输油、输气、注水等集输任务。该技术的应用可有效提高管道隐患监测定位的精准性与针对性，为管道更换及维护提供科学依据。

目前，中原油田埋地管道长2600多千米，完成日常输油、输气、注水等集输任务。该技术的应用可有效提高管道隐患监测定位的精准性与针对性，为管道更换及维护提供科学依据。

目前，中原油田埋地管道长2600多千米，完成日常输油、输气、注水等集输任务。该技术的应用可有效提高管道隐患监测定位的精准性与针对性，为管道更换及维护提供科学依据。



应用实例——判断管道规格变化



华北油田输油管道TEM检测结果

最新更换状况与检测概略分段对照

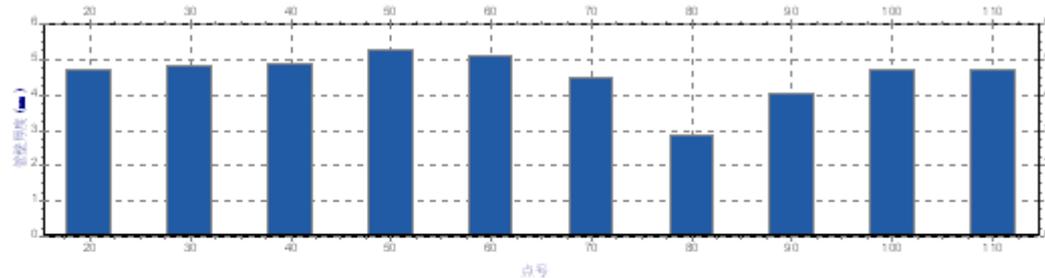
段序号	更换起止点	管道规格	更换年度	TEM分段
1	3650 ~ 8536	219 × 7	1998、2000	3610 ~ 8579
2	8536 ~ 11872	219 × 6	1998	8600 ~ 11310
3	11872 ~ 12360	219 × 7	2000、2004	11325 ~ 12340

香港煤气公司

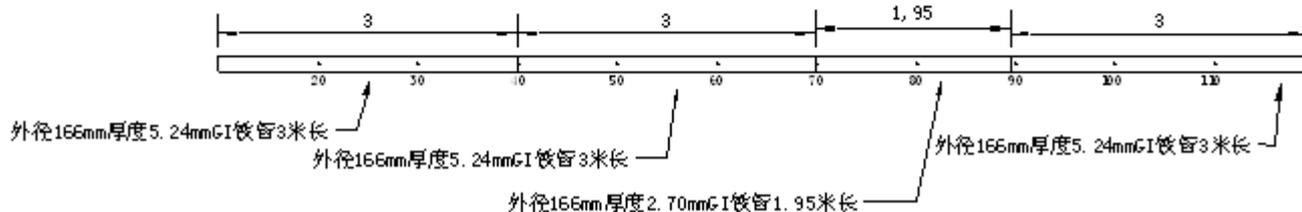


- 为检验管道壁厚TEM检测技术的效果，香港煤气公司使用3段3米长管道规格 165 × 5.24mm铁管（GI），中间夹1段1.95米长壁厚 2.70mm铁管，用点焊方法连在一起，并用苫布覆盖。我方使用最新研制的GBH管道腐蚀智能检测仪，检测时按照距起点的距离，每隔一米布设一个测点，检测后判定80测点是壁厚2.70mm的铁管，经煤气公司技术人员认定，与实际焊接位置相符。（下图中上方是检测结果，下方是测点位置和焊接示意图）

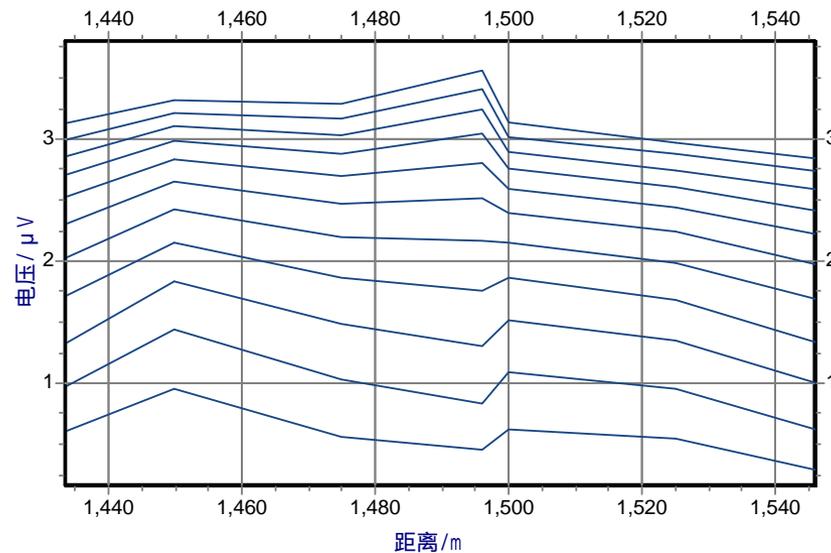
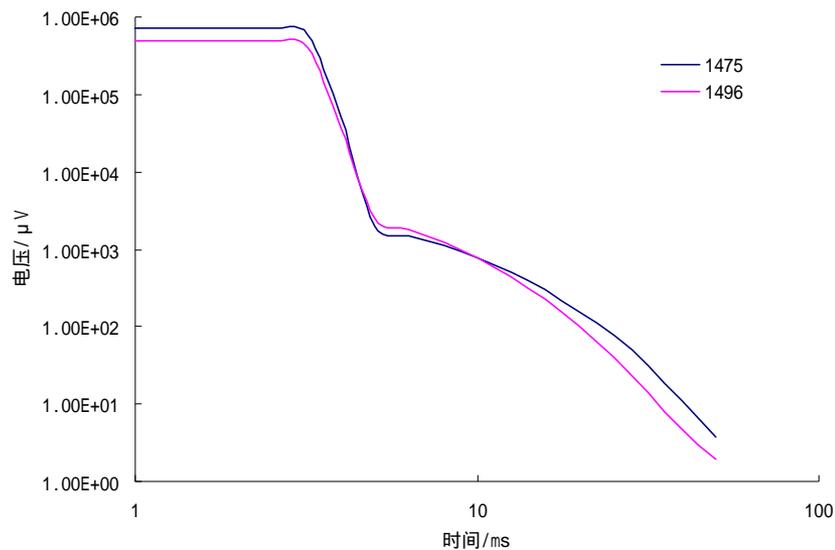
管壁厚度分布图



20~110号点1米1个测点



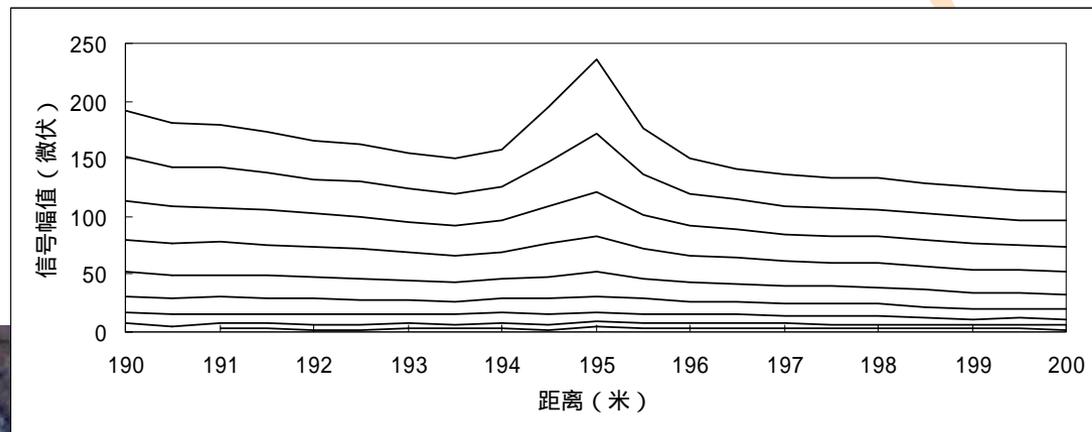
应用实例——管体损伤



盗油卡子
华北油田

应用实例——管体损伤

吉祥



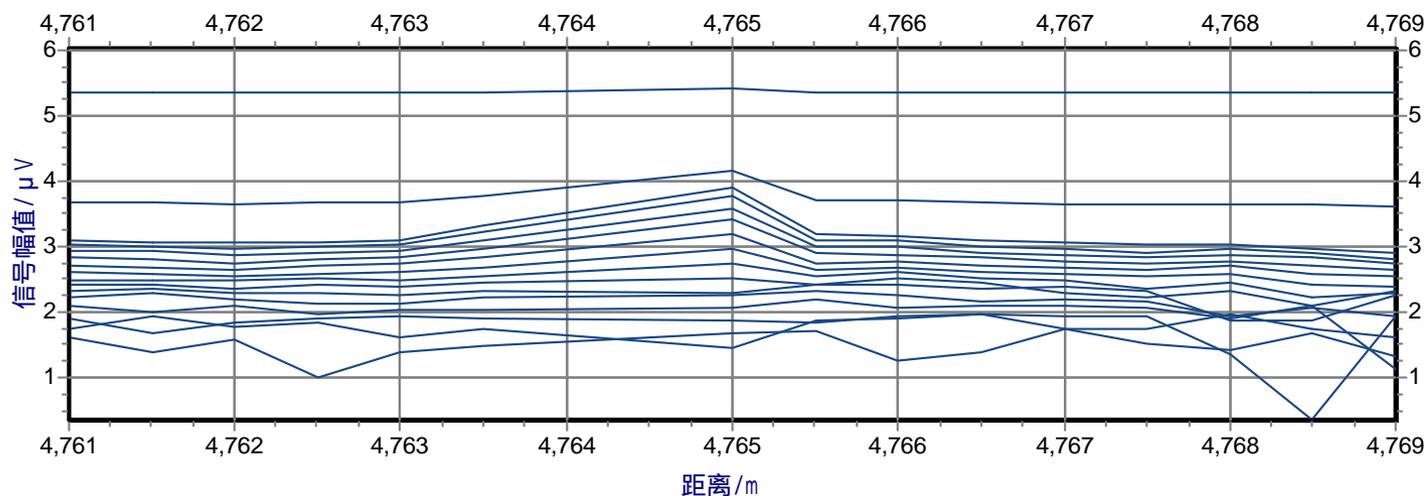
全覆盖TEM检测管体异常，开挖验证为埋入地下的测试桩引线焊接点。

吉祥

吉祥

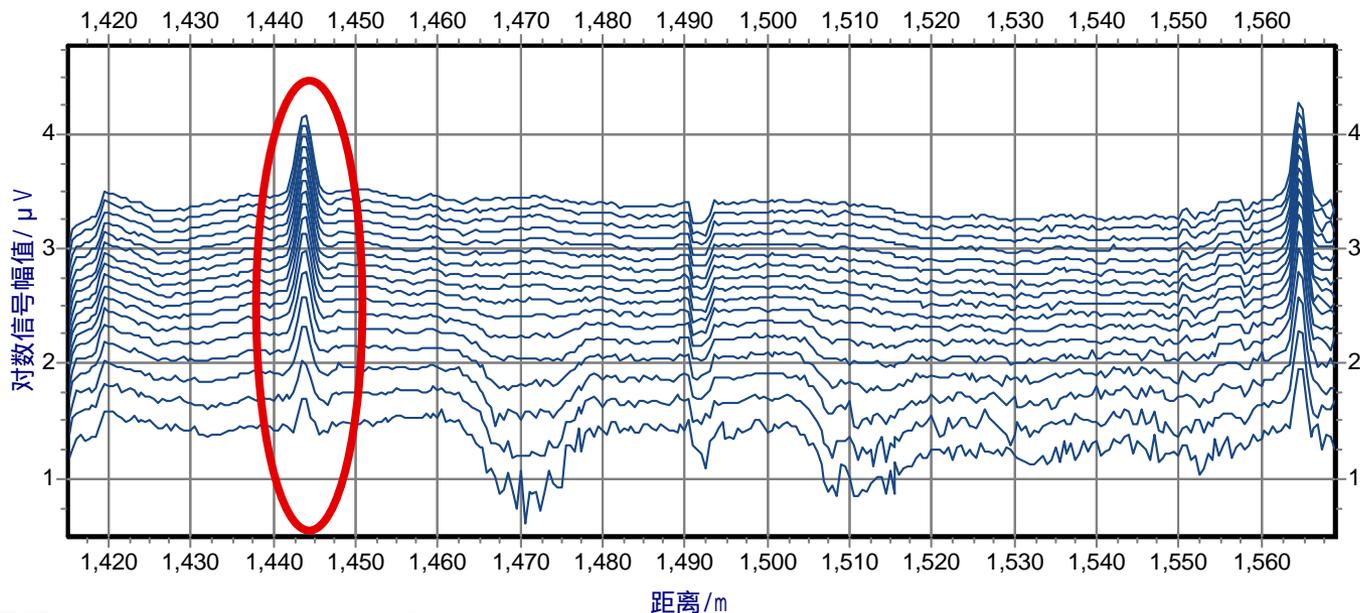
吉祥

应用实例——管体损伤



- 测试桩引线不规范焊接引起的异常。

应用实例——管道交叉



- 当埋深大致相同时，突然出现的圆峰，而且峰值较高，可判断为管道交叉。

应用效果

吉祥慶

- 2002 ~ 2006年间开挖并采用超声测厚仪验证的检测点总计78处，其中验证符合的有65处，符合率为83%。
- 2004 ~ 2006年，由于对数据采集、解释方法做了改进，在胜利油田的15处开挖验证符合率达到93%。

吉祥慶

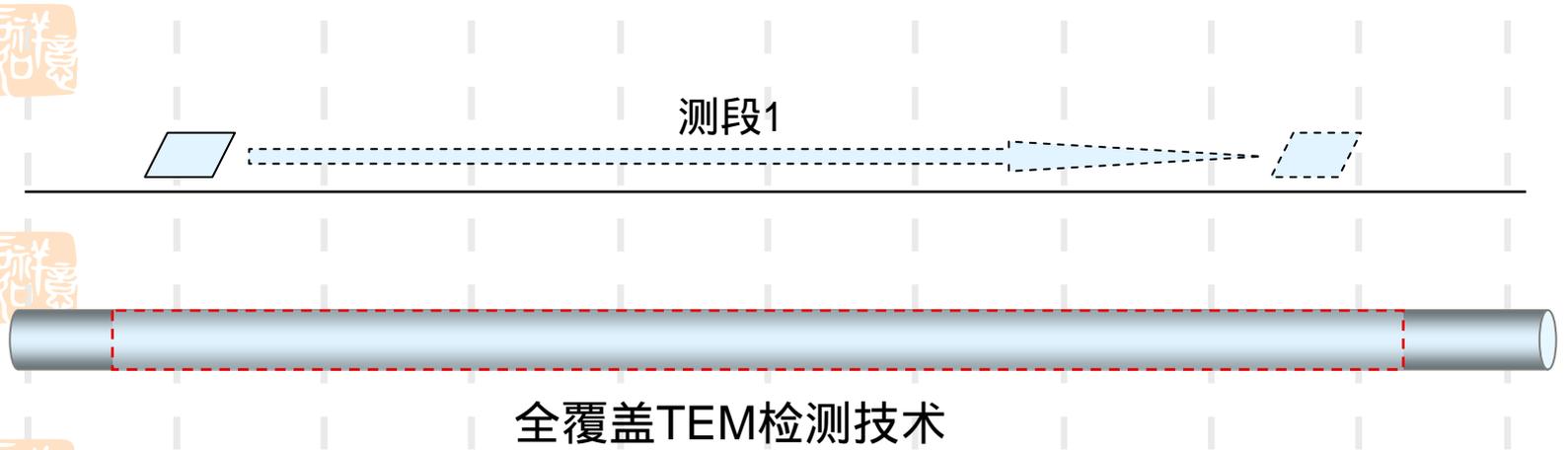
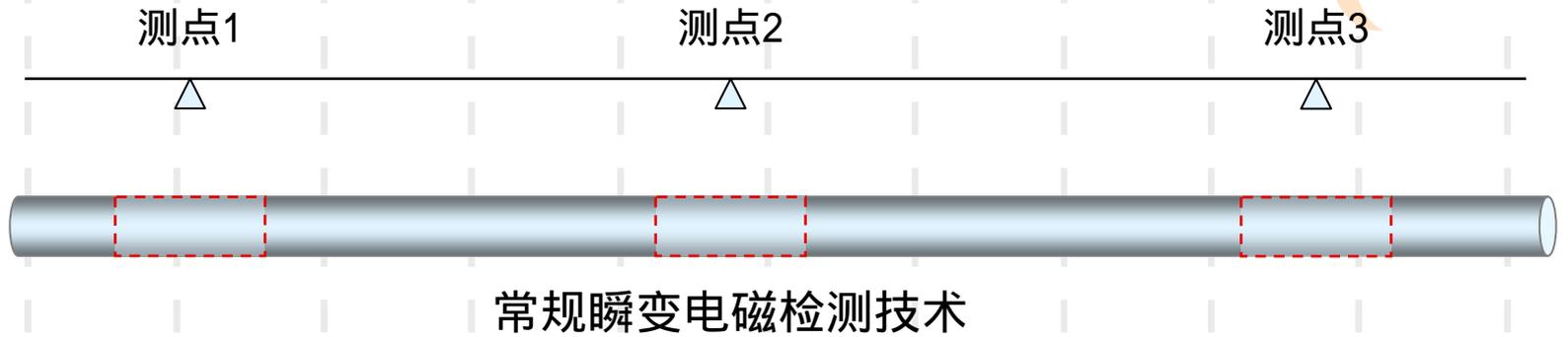
吉祥慶

吉祥慶

吉祥慶

吉祥慶

目前研究进展



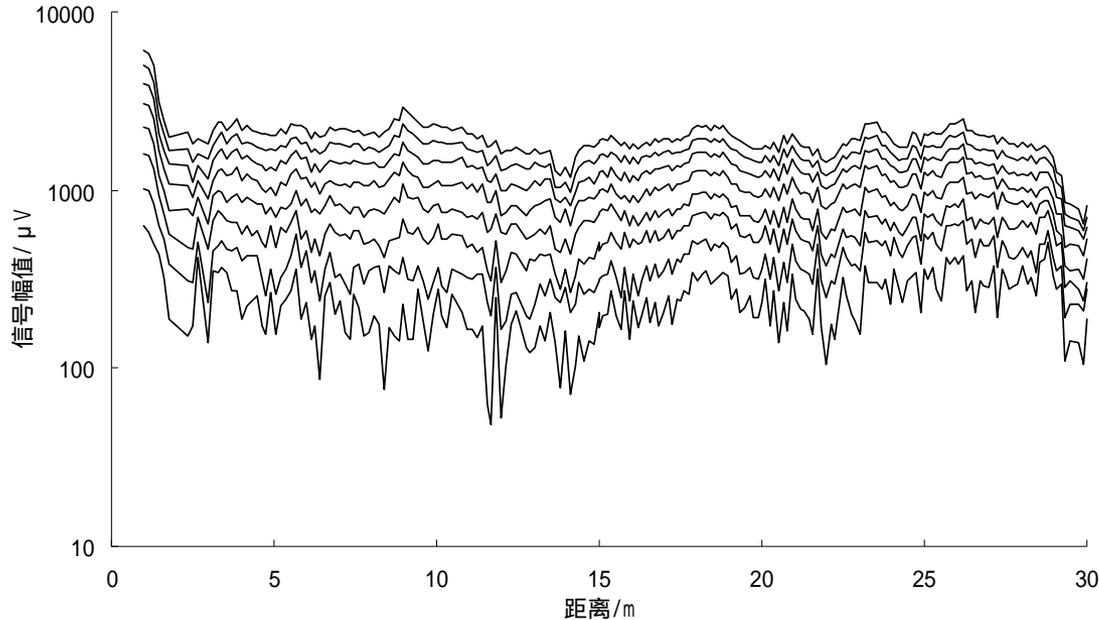
全覆盖TEM检测技术与常规瞬变电磁检测技术的不同在于采用了移动式连续采集手段，覆盖整个管段进行检测。



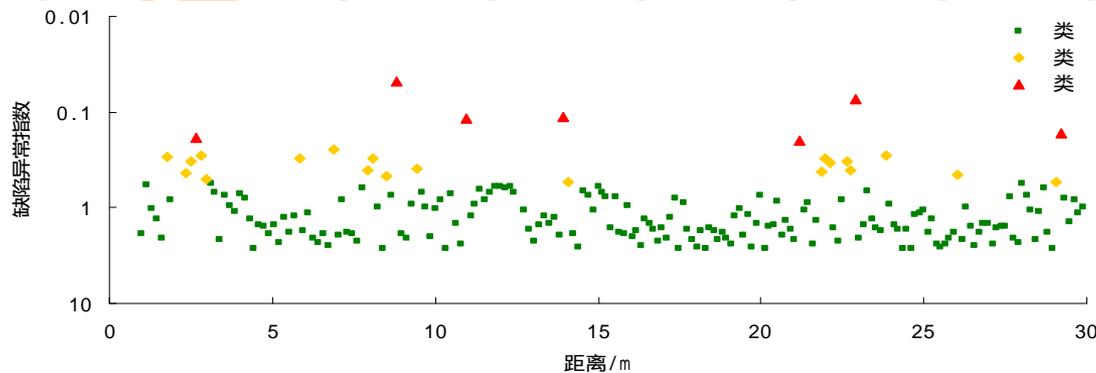
全覆盖TEM用于缺陷检测

- 全覆盖TEM检测技术不仅研究单个测点的衰减规律差异，还对比测点间的信号波动特征。不仅可检测金属腐蚀，通过对检测信号的识别，由信号波动幅度计算状态异常指数，反映管道埋深、管径、焊接等状态异常。由衰减综合参数计算缺陷异常指数，反映管体缺陷、腐蚀、应力集中等缺陷异常。

缺陷检测试验



全覆盖TEM检测信号波形图



全覆盖TEM检测缺陷异常图

- 试验管道规格：
114 × 5mm
，预置14处
模拟缺陷，检
测结果与实际
缺陷位置相符
的有12处。

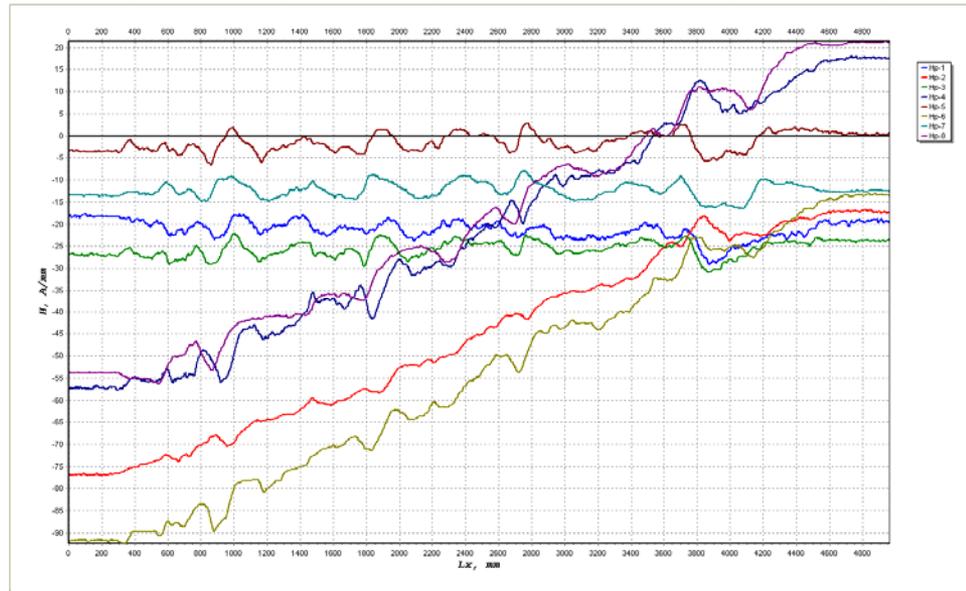
缺陷检测试验

- 对三处没有预置缺陷，但全覆盖TEM检测有缺陷异常的部位进行开挖验证。



缺陷检测试验

1) 8.9米处验证结果

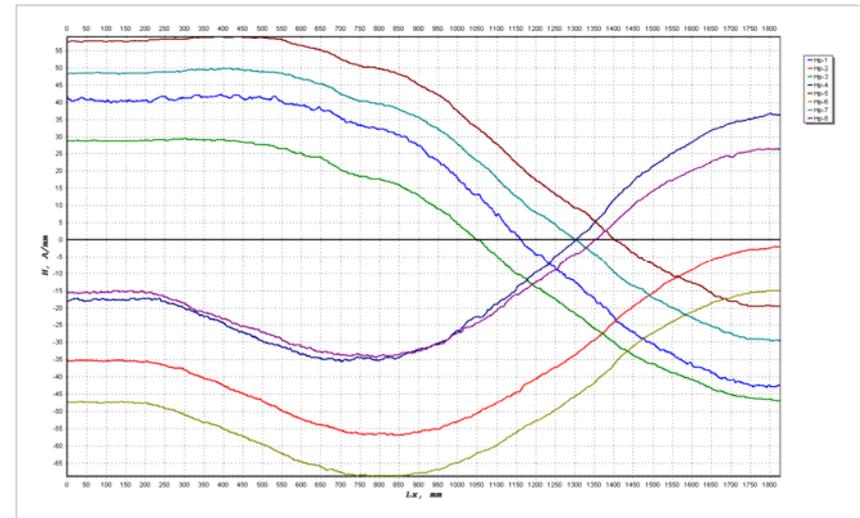
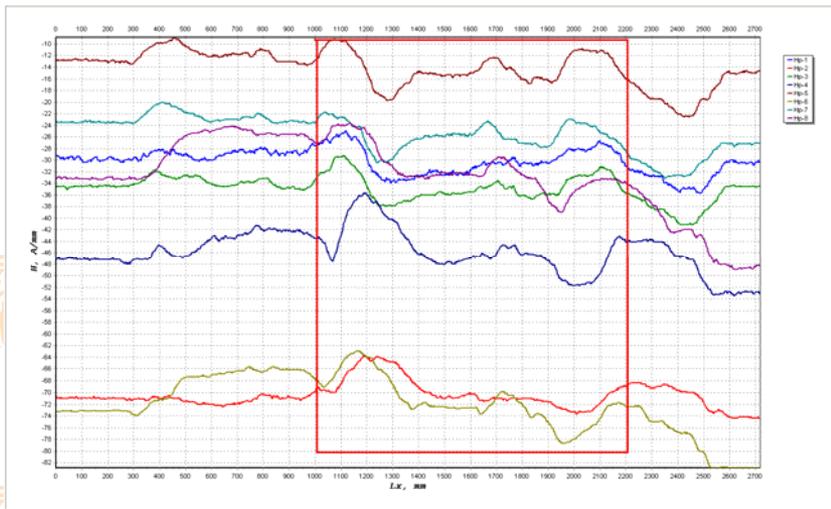


具有明显过零点现象，开挖验证判断为焊缝。



缺陷检测试验

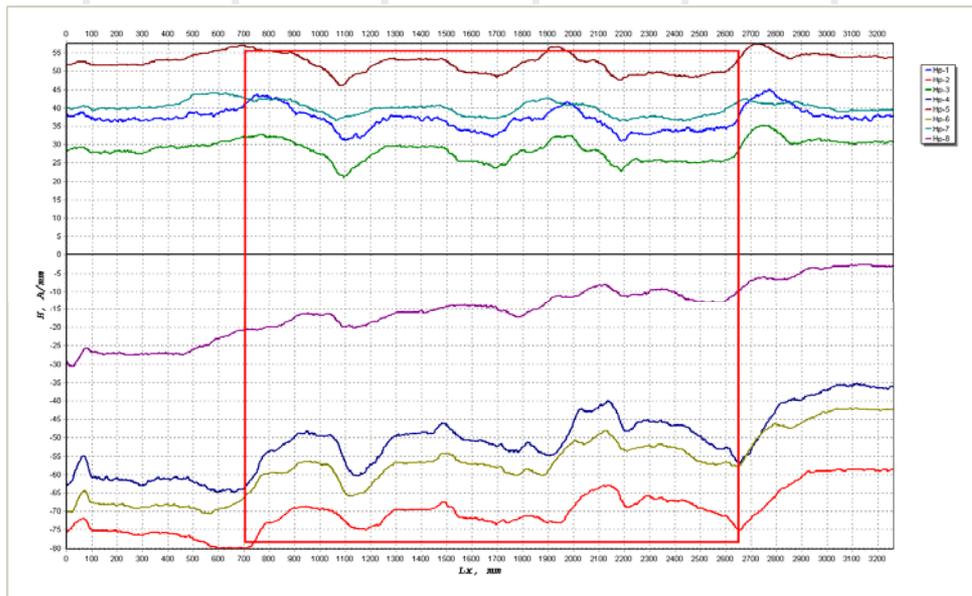
■ 2) 21.25 米处开挖验证结果



轴向测量探坑中间部位有应力集中，再次进行周向测量，结果显示该区域的确存在应力集中。

缺陷检测试验

■ 3) 22.96m开挖验证结果



应力集中区（红色区域）产生的磁场大小约为30A/m。



普智行

工艺管道



引言

吉祥慶

- 将瞬变电磁法（TEM）用于带包覆层管道腐蚀检测的先驱是澳大利亚的地球物理学家B R Spies。他将自己开发的一套系统与博士期间研制的实验线圈组合起来组成TEMP（Transient ElectroMagnetic Probe）系统。
- RTD 在1995 年获得了此技术在全球的独家许可，并将TEMP 系统加以改进命名为INCOTEST（INsulated Component TEST）系统。
- 瞬变电磁在无损检测领域中被称为脉冲涡流（PEC）检测。

吉祥慶

吉祥慶

吉祥慶

InCo Test 设备

吉
祥
智
能



吉
祥
智
能

吉
祥
智
能

吉
祥
智
能

InCo Test 设备检测现场

吉祥



目前，PEC测厚技术仅有国外几家公司进行了深入研究，检测设备价格昂贵(250到400万人民币)，国内该技术的研究和应用刚进入起步阶段。

吉祥

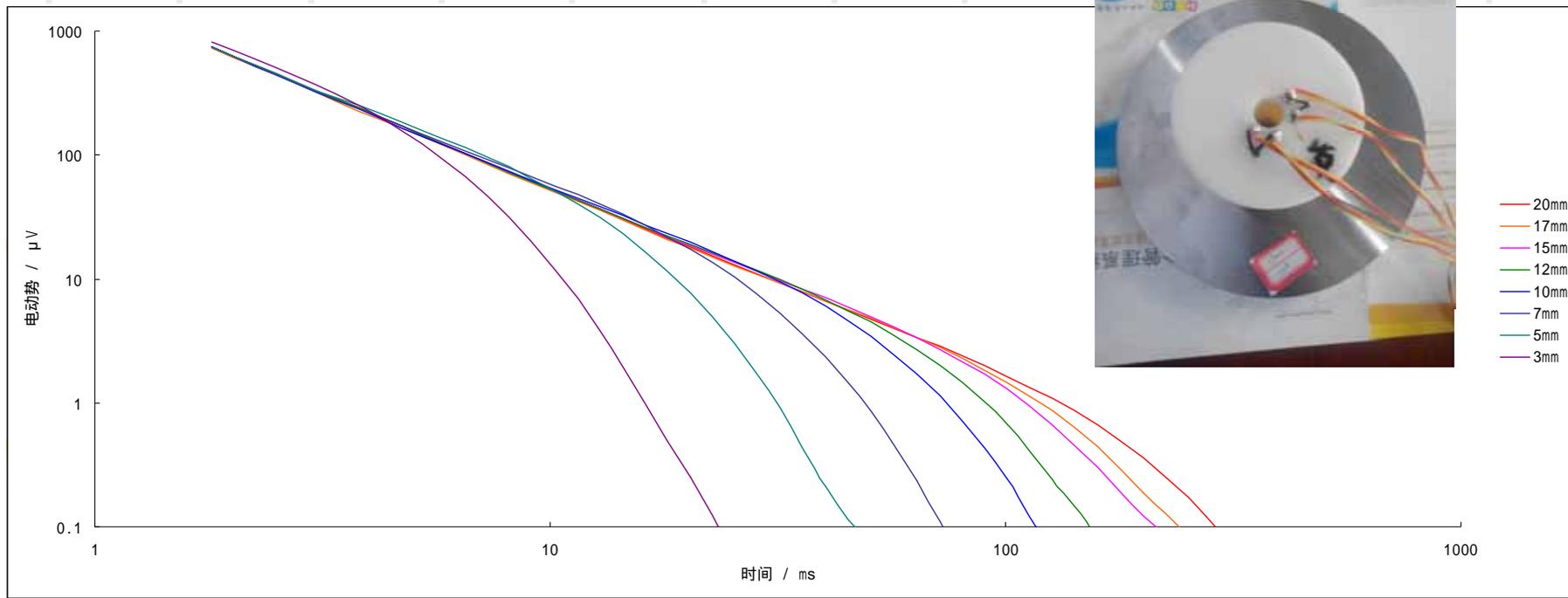
吉祥

吉祥

厚度模拟试验

吉
祥
慶

试件为圆形，直径20cm，材质为20号钢，厚度分别为：3mm、5mm、7mm、10mm、12mm、15mm、17mm、20mm



吉
祥
慶

检测U - T曲线，具有明显的时间可分性。

缺陷模拟试验

吉祥如意



试件材质为20号钢，钢板背面有三个深度不同的凹槽，长宽尺寸都是7毫米×5毫米，深度由上到下分别是3毫米，1毫米和2毫米。

吉祥如意

吉祥如意

吉祥如意

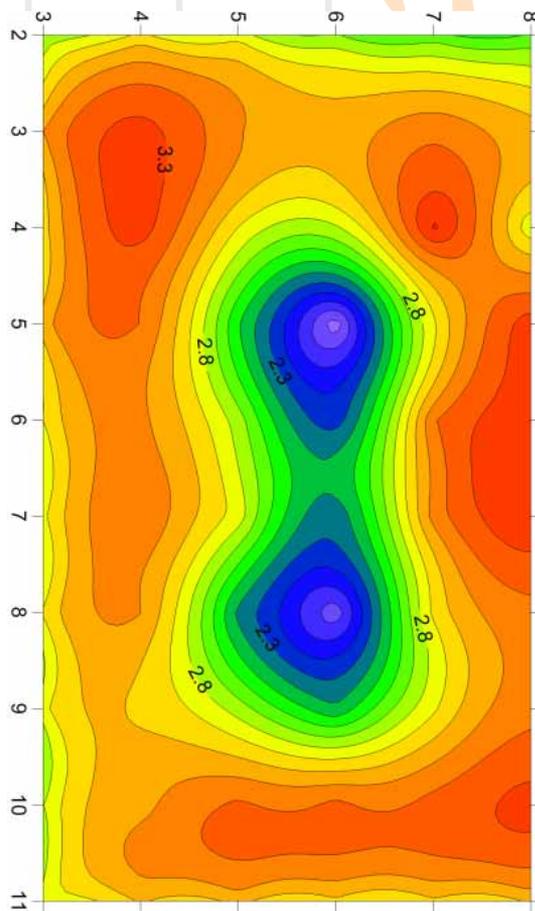
吉祥如意

吉祥如意

吉祥如意

缺陷模拟试验

缺陷模拟



缺陷模拟

缺陷模拟

缺陷模拟

应用实例

吉祥



25	26	27	28	29	30	31	32
6.76	6.83	6.85	7.00	6.89	6.27	5.83	6.67
1	4	7	10	13	16 支架	19 支架	22
6.48	6.72	6.78	6.70	6.06			5.27
2	5	8	11	14	17	20	23
6.47	7.08	7.17	6.76	6.23	4.70	4.78	5.34
3	6	9	12	15	18	21	24
6.77	7.58	7.47	7.17	7.00	6.48	6.41	6.18

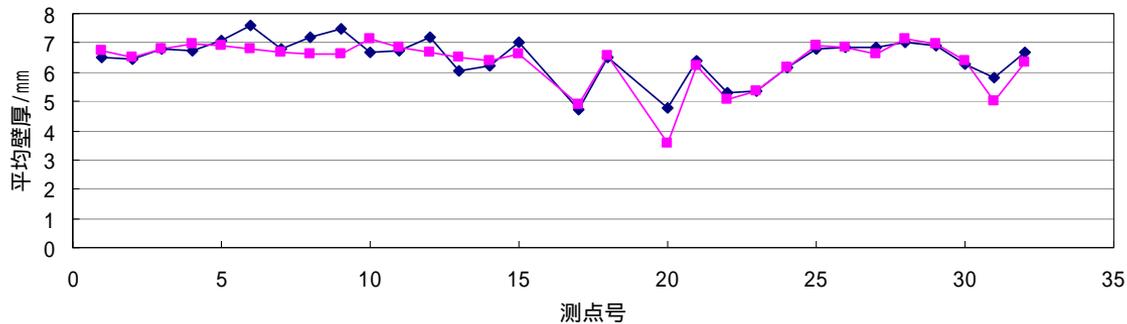
焊缝

内周线

外周线

壁厚减薄大于10%的测点标注黄色；壁厚减薄大于20%的测点标注红色。

—●— TEM检测 —■— 超声



吉祥

吉祥

吉祥

吉祥

应用效果

吉祥慶

- 该技术受保温材料类型、保温材料厚度、被检测管道的材质、曲率半径、温度变化、公称壁厚等因素影响，存在一定局限性，不能完全替代超声波测厚。
- 该项技术可在不停产、不拆保温层情况下对压力管道进行测厚，节约了生产时间和大量的人力物力。在无损检测领域将得到越来越广泛的应用。

吉祥慶

吉祥慶

吉祥慶

吉祥慶

谢谢大家！
请多提宝贵意见

