



油气管道内腐蚀及泄漏检测技术

- 依据标准
- 理论简介
- 组织机构及职责
- 内检测作业流程
- 质量控制
- 优点与不足

- 依据标准

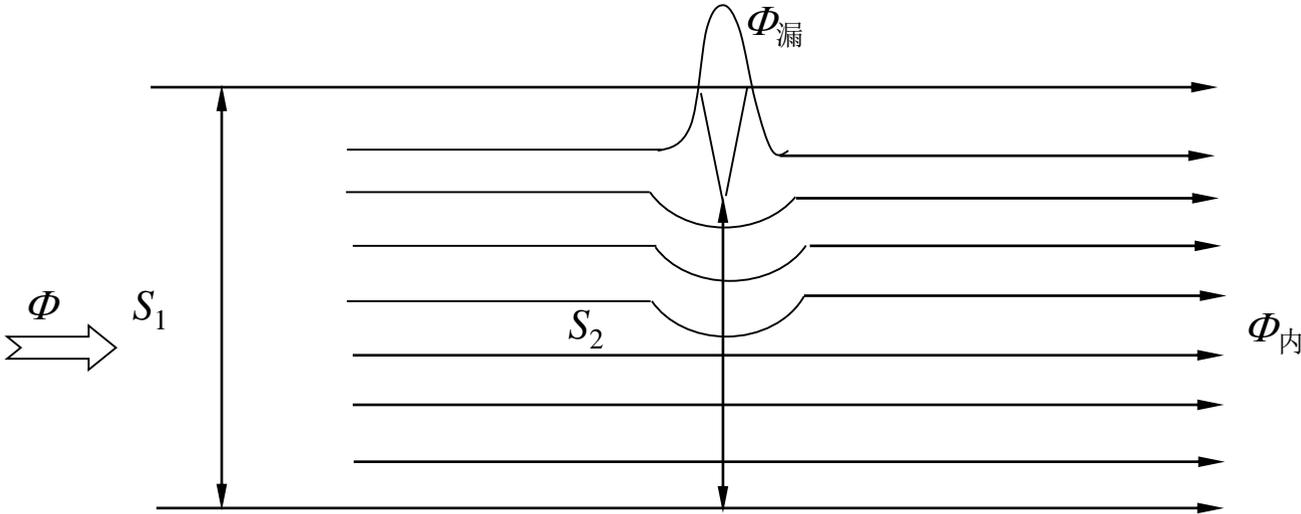
依据标准

- (1) 《油气输送管道完整性管理规范》 GB 32167-2015
- (2) 《钢质管道内检测技术规范》 GB/T 27699-2011
- (3) 《油气管道内检测技术规范》 SY/T 6597-2018
- (4) 《钢质油气管道凹陷评价方法》 SY/T 6996-2014
- (5) 《管道完整性管理规范 第4部分：管道完整性评价》 Q/SY 1180.4-2015
- (6) 《钢质管道内检测开挖验证规范》 QSY 05267-2016
- (7) 《管道内检测系统的鉴定》 SYT 6825-2011
- (8) 《内检测》 SYT 6889-2012
- (9) 《油气管道清管作业规范》 QSYTZ0475-2016
- (10) 《天然气管道运行规范》 SYT 5922-2012
- (11) 《承压设备无损检测 第12部分：漏磁检测》 NBT 47013.12-2015

- 理论简介

理论简介

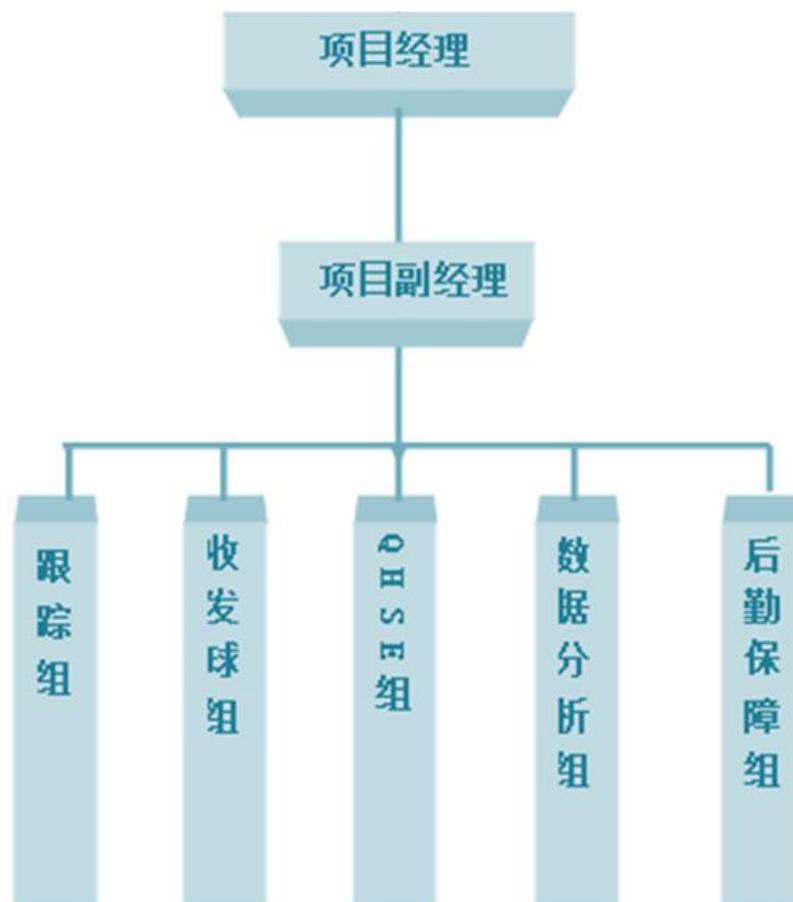
漏磁检测：当铁磁性试样磁化时，试样的磁力线被其表面或近表面处的缺陷阻隔，缺陷处的磁力线发生畸变，一部分磁力线泄漏出试样的内、外表面，就形成漏磁场，可以通过检测漏磁场的变化发现试样的缺陷。



理论简介

漏磁场的形成可以这样理解：由于空气的磁导率远远低于铁磁材料的磁导率，如果在铁磁材料上存在不连续性或裂纹，则磁感应线优先通过磁导率高的工件，这就迫使一部分磁感应线从缺陷下面绕过，形成磁感应线的压缩。但是，工件连续部分可容纳的磁感应线数目是有限的，又由于同性磁感应线相斥，所以一部分磁感应线从不连续性中穿过，另一部分磁感应线遵从折射定律几乎从工件表面垂直进入空气中，在绕过缺陷后又折回工件，形成了漏磁场。

- 组织机构及职责



1.项目经理职责：

项目经理负责业主、检测方双方的工作协调和现场执行；

项目经理负责本项目的质量管理和HSE管理及安全教育工作；

项目经理负责现场作业期间重大隐患的整改；

在业主方的总体部署下，项目经理配合实施应急保驾工作；

施工现场管理工作的全面领导者和组织者，对该项目工程负全面责任，是项目安全第一负责人；

负责组织对工程质量进行检验，对过程不合格及时进行纠正，对工程项目做到最终合格交付。

组织机构及职责

2.项目副经理或技术负责人职责：

按照规范编制实施方案；

负责现场具体技术指导工作，解决技术问题；

负责清管器、智能内检测器的组装、调试、数据下载及数据初步分析；

负责开挖验证指导工作；

对检测过程进行分析；

负责检测过程中发生卡球等异常情况的应急处理；

对检测过程进行分析；

编写及提交现场检测报告。

组织机构及职责

3. 检测工程师职责：

按照规范编制实施方案；

负责现场具体技术指导工作，解决技术问题；

负责清管器、智能内检测器的组装、调试、装入球筒及从收球筒中取出、跟球、数据下载及数据初步分析；

负责清洗检测设备；

负责开挖验证指导工作；

负责现场检测操作；

对检测过程进行分析；

负责检测过程中发生卡球等异常情况的应急处理；

编写及提交现场检测报告。

组织机构及职责

4. 跟踪组职责：

与业主方配合，按照招标文件要求的设标间距，完成踏线、选点、探管和设标工作；

对管道沿线地形、地貌采集标注；

编制跟球预案；

清管器运行期间在阀室等主要管线部件处全程跟踪；

检测器运行期间沿线在已经设定的标志桩进行全程追踪；

地面标记器埋设及收取；

跟球列表的编制、填写、汇总；

检测器通过时间记录汇总

地面标记器电池更换工作。

组织机构及职责

5.收发球组职责：

负责发、收球操作前的安全检查以及工器具的检查；

向运行协调组和清管指挥组汇报作业情况；

招标人打开盲板后，负责检测器装入发球筒和自收球筒中取出；

负责内检测器发送前、接收后参数测量、拍照和记录保存；

负责解决检测器装入发球筒和自收球筒中取出的操作过程中出现的问题，并及时向现场主任工程师汇报；

监督并执行现场的所有行为：

检测设备的组装、调试、维护、恢复；

检测设备装入发球筒、运行后自收球筒中取出；

检测数据和定标盒数据的下载及现场评估；

填写收发球现场确认表格；

组织机构及职责

在出现应急事件时，负责在现场及时提供处理建议供业主方参考，如遇复杂情形现场难以判定正确的处理建议时，将负责第一时间向项目经理汇报；
收球后现场污物处理；
收发球工具运输。

组织机构及职责

6.数据分析组职责:

分析信号，并对缺陷进行辨识；

编写检测初步报告；

现场开挖验证指导；

项目验收汇报；

检测报告编写及为客户讲解；

数据软件培训

缺陷分析报告

组织机构及职责

7.HSE组职责:

监督检查本项目HSE工作;

对存在危及职工生命安全,严重影响施工安全和破坏生态环境的情况有权下达停工令,并报告项目经理;

收集、归纳职工提出的隐患报告,搞好事故、事件分析和统计上报工作;

应急预案的编制;

负责对管道进行风险分析及安全性评价;

现场HSE书面报告编写。

组织机构及职责

8. 后勤保障组职责：

负责管道内检测作业期间我方现场人员食宿的协调；

负责管道内检测作业期间的车辆调配；

负责管道内检测作业期间的影像资料的收集；

负责管道内检测所需临时物资的供应；

负责内检测器设备调运；

负责紧急情况时对外媒体报道工作；

备品备件的准备、调运；

HSE物品采购。

- 内检测作业流程

- 1.现场踏勘
- 2.施工组织设计
- 3.设备准备
- 4.内检测实施
- 5.出具检测报告
- 6.开挖验证

1、获取管线资料

(1) 输送介质 a原油：

含蜡高：调查清管周期。如短期未清过管，应评估管壁结蜡量，慎重选择清管方案。应按照循序渐进的清管步骤进行。防止蜡堵。一旦发生蜡堵，就要断管清除堵塞蜡棒。

降低结蜡量：降凝减阻剂、提高温度

含硫高：收发球时注意防止自燃。油品中的硫与管壁反应生成硫化亚铁具有很高的自燃性。与空气接触时能够迅速发生氧化反应，并放出大量的热，从而发生自燃。在收发球操作打开盲板时，随着油流带出的硫化亚铁极易堆积在排污口附近，与空气充分接触后，发生自燃，引发球筒内的挥发油气发生闪爆现象。

成品油（汽油、柴油）：

汽油挥发性高，闪点低，收发球操作时易发生闪爆。是否专用管道，如有可能检测时换柴油，降低风险。

b、化工原料管道

需要考虑介质的腐蚀性？是否对人员有伤害，是否对设备有损害。

c、输气管道

应关注的参数：含硫量、含水量含硫量高，对检测设备腐蚀
含水量高，水露点高，容易发生冰堵

水露点：是指天然气中的水蒸气在某一温度及相对湿度一定情况下析出水蒸汽凝结成水珠的温度。湿度一定，压力越高，水露点温度越高。水露点表征天然气的干燥程度。

临界温度：每种物质都有一个特定的温度，在这个温度以上，无论怎样增大压强，气态物质不会液化，这个温度就是临界温度。

临界压力：在临界温度时，使气体液化的压力。

通常把在临界温度以上的气态物质叫做气体，把在临界温度以下的气态物质叫做汽。降温加压，是使气体液化的条件。例如，水蒸汽的临界温度为 374°C ，远比常温度要高，因此，平常水蒸汽极易冷却成水。其他如乙醚、氨、二氧化碳等，它们的临界温度略高于或接近室温，这样的物质在常温下很容易被压缩成液体。但也有一些临界温度很低的物质，如氧、空气、氢、氦等都是极不容易液化的气体。其中氦的临界温度为 -268°C 。要使这些气体液化。必须具备一定的低温技术和设备，使它们达到它们各自的临界温度以下，而后再用增大压强的方法使其液化。

天然气的临界温度和临界压力分别为 -82.5°C 和 4.6MPa LNG（液化天然气）

东南沿海的LNG接收站（福建、深圳等），从菲律宾等国家通过低温槽船运送LNG到接收站，再经气化输送至用户。

冰堵原因：

管道内的高压气体含有一定量的水蒸气，当露点温度高于管线运行温度时，析出水合物，同时管道中的检测器如存在泄流，在泄流处气体急剧膨胀，产生制冷效果。泄流处的水合物就会结冰并逐渐增大形成冰堵。

通球过程中如何避免冰堵的发生？

- (1) 脱除水分降低水露点
- (2) 降低压力至水合物生成压力以下
- (3) 添加抑制剂，如甲醇、乙醇等

d、新建管线（未投产）

管线在建设过程中很可能由于施工和地壳运动造成管道变形及金属损失。为了进行管道完整性管理，获得管线的第一手资料。很多客户要求进行检测，以便掌握管道投产前的基础数据。

这种管线内没有输送介质，只能以空压机或水作为动力源。空压机：检测时有背压及最低流量要求。

检测器由停止状态变为运动状态瞬间，静摩擦力大于动摩擦力，压差远大于运动时压差。检测器加速度非常大。瞬时速度能达到30m/s以上。不仅检测数据无效，还会造成检测器部件损坏甚至整体损坏。

水：保证检测设备可靠防水；水的排放问题。

(2) 了解管道参数

a、管径（外径）、壁厚及壁厚变化

是否存在多直径管道？直接决定是否能进行清管及漏磁检测。关注主要管段壁厚，计算清管器及检测器皮碗过盈量

壁厚在检测器检测范围之内？超出范围则要增加检测器磁化水平。

海底管道：存在不同壁厚管段，但内径是相同的。

b、压力

是否符合检测设备承压范围？超压会导致检测器密封腔体泄漏，压坏内部工作电路。

输气管道低压力检测较困难。低压气体会造成检测器在管道内运行极不稳定。检测数据无效，甚至设备损坏，管道设备损坏。严重者撞坏盲板，损坏收发球设施。

c、了解生产能力（排量、输量）

根据输量计算介质在管道中的运行速度 介质流速=检测器运行速度

对于输油管道来说，速度基本小于2m/s；而对于输气管道速度最快能达到10m/s。

而对于漏磁检测器来说，为了保证检测数据质量及精度，速度要求小于5m/s。其实，4m/s以上信号已有所下降，超过5m/s时信号不可接受。对于几何检测器速度要求最佳3m/s。由于传感器机械构造限制，速度过快会造成传感器支臂共振，影响检测精度。

检测介质流速较高的输气管道怎么办？

a、降低流速

b、检测器中安装速度控制单元

基本原理：传感器实时监视检测器速度或前后压差，超过警戒值即控制阀门开启，开启泄流。降低压差，速度逐渐降低恢复正常水平。

计算站间距运行时间

评估检测器电池工作时间

合理计划跟踪方案（人员分配、车辆分配）

速度计算

(I) 输油管道

一般输量单位: t/d 、 m^3/d

质量流量 (t/d) 密度 体积流量 (m^3/d) 体积流量 Q (m^3/s)

根据外径、壁厚算出截面积 S

$v=Q/S$ 单位是 m/s

例: 某输油管道管径 610mm , 壁厚 8mm , 输量 $32037\text{m}^3/d$ 。 $Q=32037/24/3600=0.3708\text{ m}^3/s$

$S=3.14*(0.61-2*0.008)^2/4=0.2770\text{m}^2$ $v=0.3708/0.2770=1.34\text{m/s}$

(II) 输气管道

一般输量单位: Nm^3/d

Nm^3 是指 0°C , 一个标准大气压下气体体积

N 代表标准条件 (Nominal Condition)

气体具有可压缩性 已知标况下流量不能用于管道内气体速度直接计算
根据理想气体状态方程 $PV=nRT$

$$P_0V_0=P_1V_1$$

P_0 : 标准情况下大气压, 约为0.1MPa; V_0 : 标准情况下体积流量;

P_1 : 管道内运行压力, 单位MPa; V_1 : 管道内体积流量;

P_0 、 V_0 、 P_1 已知 可以换算出管道内体积流量 V_1

根据外径、壁厚算出截面积 S $v=Q/S$ 单位是m/s

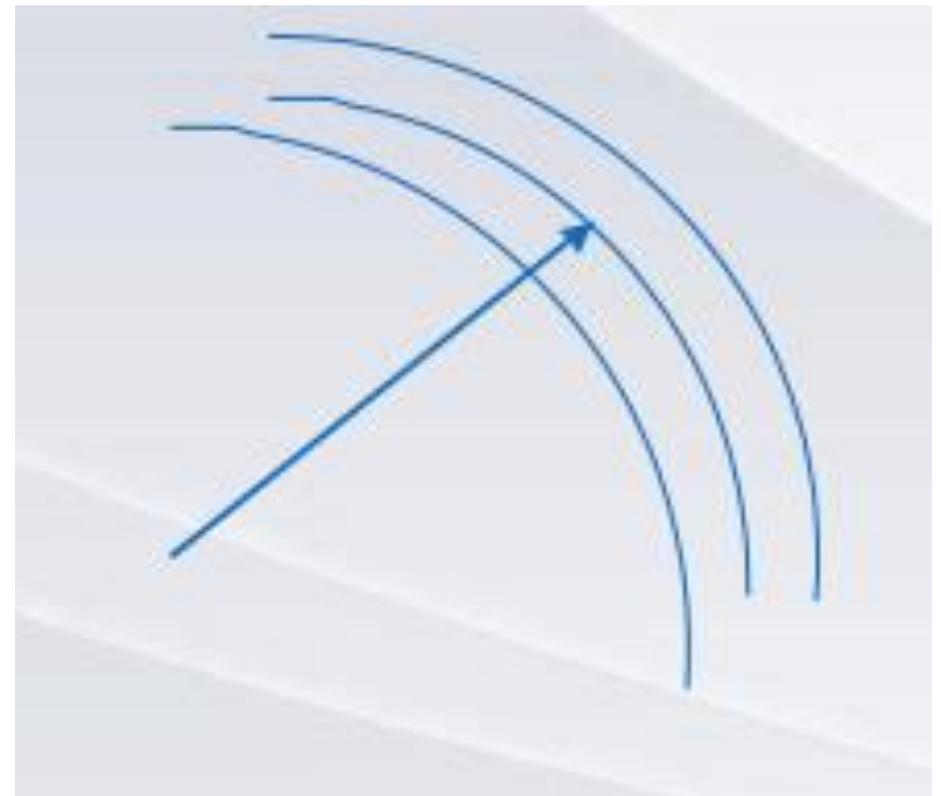
例: 某输气管道管径406mm, 壁厚6mm, 运行压力4MPa, 输量250万Nm³/d。换算成4MPa下, 输量为 $2500000*0.1/4=62500\text{m}^3/\text{d}$ $Q=62500/24/3600=0.7234\text{m}^3/\text{s}$

$S=3.14*(0.406-2*0.006)^2/4=0.1219\text{m}^2$ $v=0.7234/0.1219=5.93\text{m}/\text{s}$

(3) 弯头曲率（转弯半径）

管线一般最小为1.5D 其他2.5D、3D、5D等

是指管道中心线至弯头圆心的距离是几倍的管道外径。检测器能通过的最小半径为1.5D是否存在连续弯头一般要求两连续弯头之间直管段长度大于管道外径



(4) 三通

开孔直径大于30%管道外径的三通必须有挡条

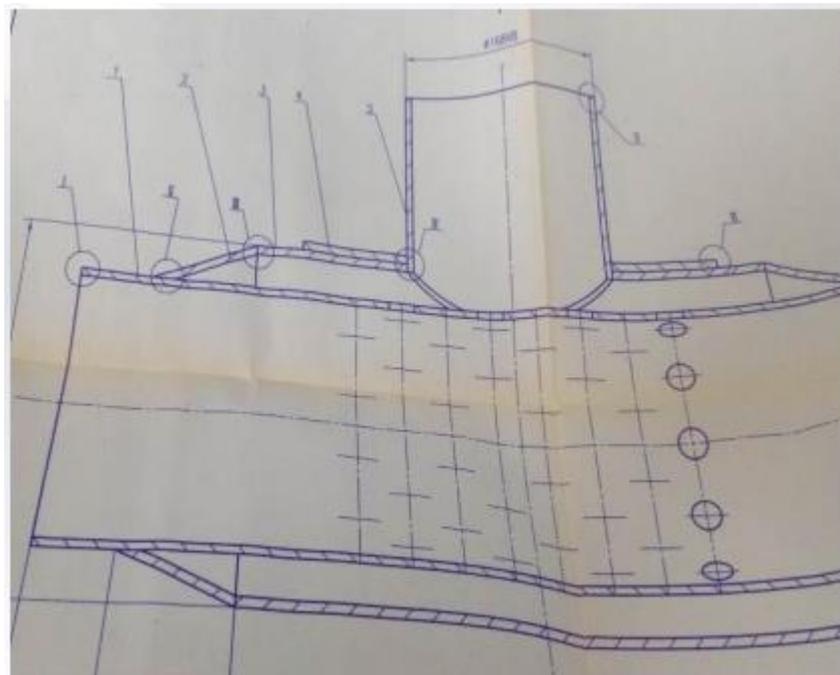
没有挡条的三通往往会造成清管器或者内检测器前端误入旁通管道内，造成卡堵或者误入其他流程，造成检测器无法取出。

按照标准要求，两个连续三通最小间距要满足

$1.5D + (d1 + d2) / 2$ ，其中D为管道外径，d1，d2为两相邻三通的开孔直径

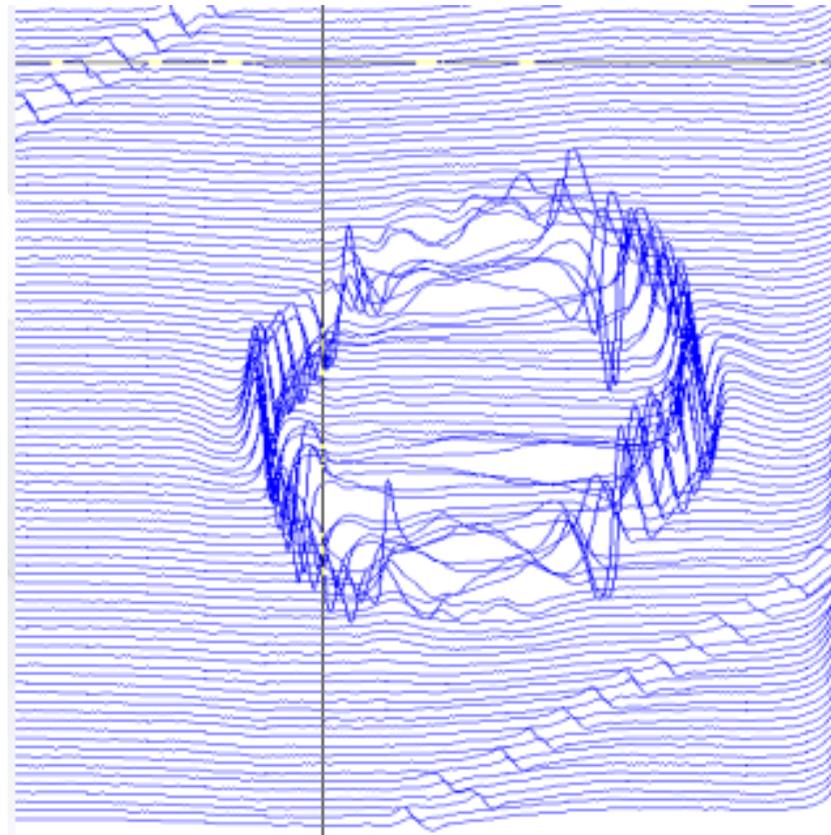
(5) 套管三通（花管三通）

基本结构：由双层钢管组成，内层钢管直径与管道直径相同，内层钢管与外层钢管之间有一定间隙。内层钢管圆周上分布泄流孔，旁通管孔开在外层钢管上。



为了防止清管器停留在三通内，密封皮碗之间的间距要大于套管三通长度。

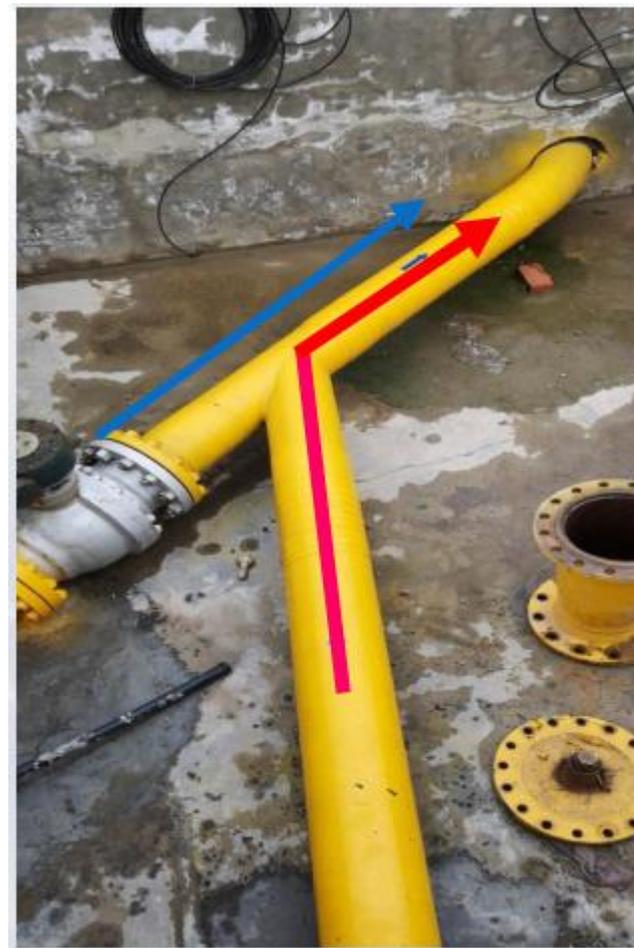
套管三通的曲线特征与普通三通有区别。套管三通看不出三通轮廓，只能看出若干泄流孔。



Y型三通

蓝色箭头流向：只要三通有档条， 可以清管、检测。

红色箭头流向：不能进行清管



(6) 带压封堵头

不按标准操作的带压封堵头未将鞍形板装入，造成清管器卡堵。



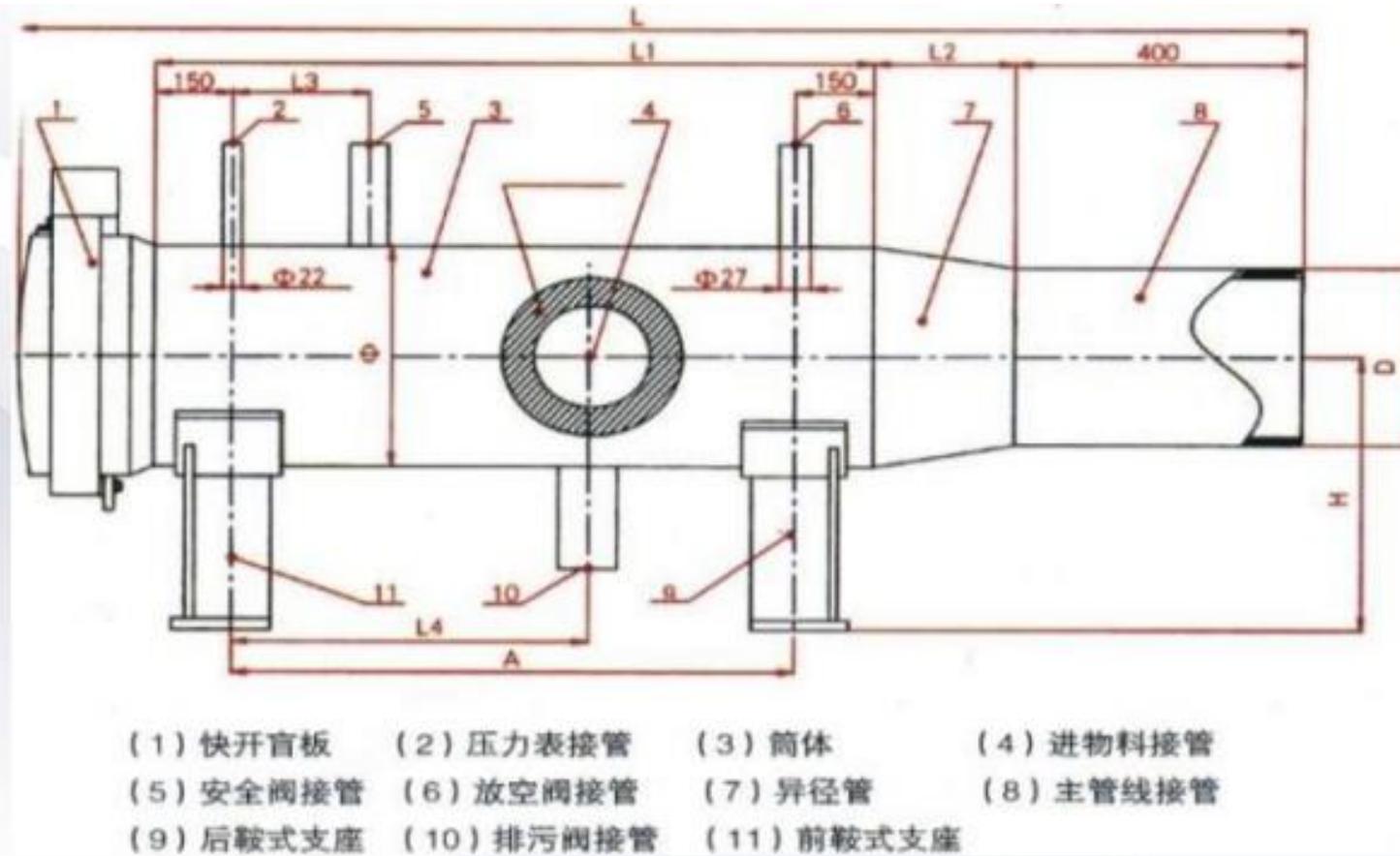
2、发球筒

主要包括快开盲板、筒体、异径管、鞍式支座等。



筒体直径比管道直径至少大1-2个等级。筒体长度要大于检测器长度，以方便检测器放入球筒。

测量发球筒高度是否在发球车升降高度范围内，还包括盲板前端的作业空间。



快开盲板：三瓣卡箍式

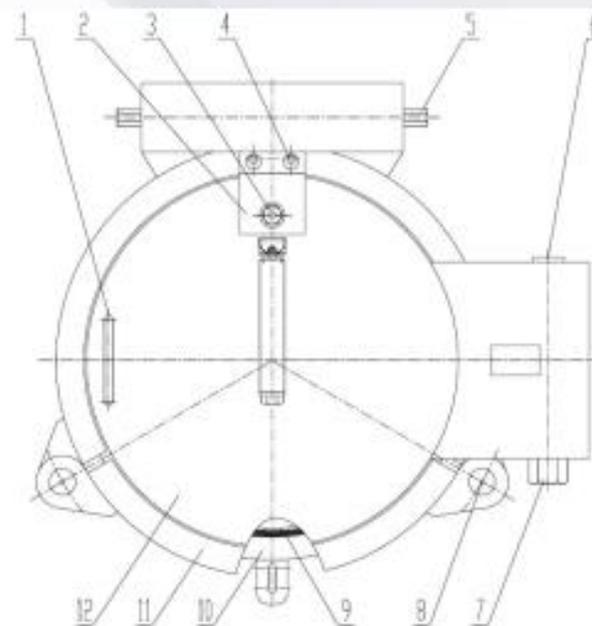
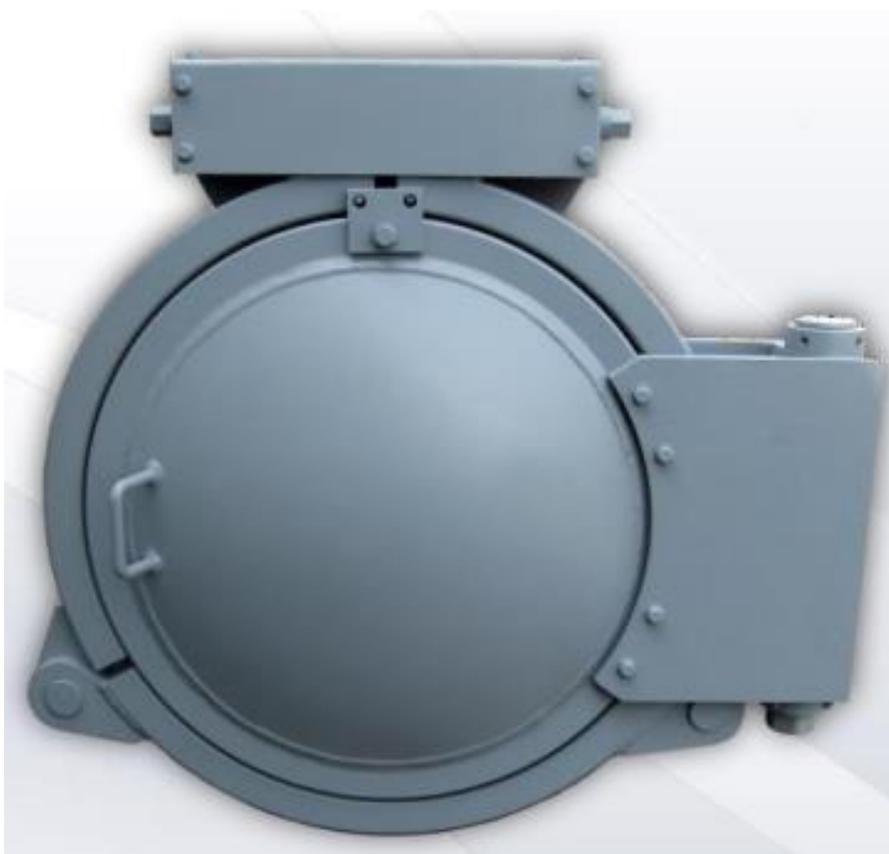
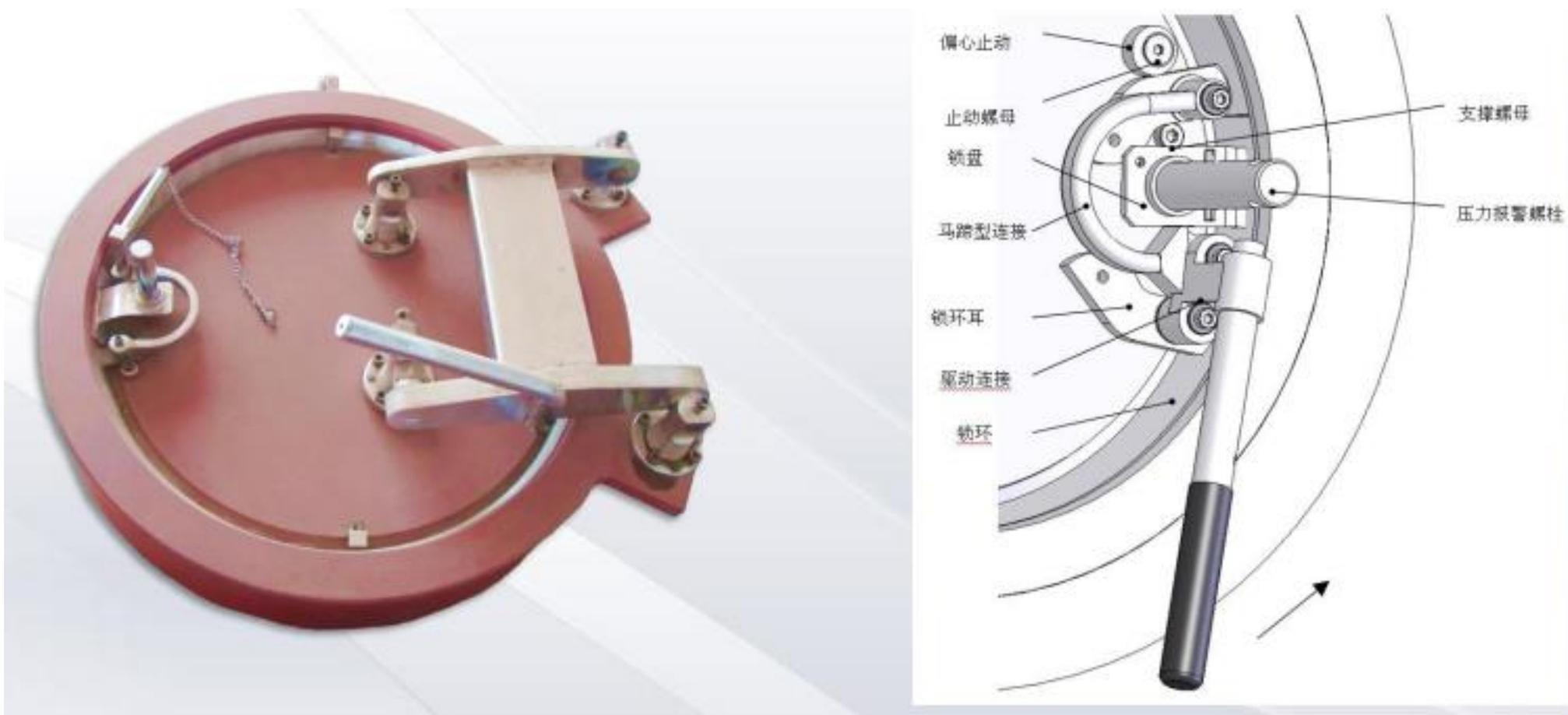


图1 卧式快开盲板结构简

- | | | | |
|----------|--------|--------|--------|
| 1-拉手 | 2-安全卡板 | 3-放气阀 | 4-圆柱销 |
| 5-丝杠 | 6-铰接轴 | 7-调整螺母 | 8-销轴 |
| 9- O型密封圈 | 10-盲板座 | 11-卡箍 | 12-盲板盖 |

主要由盲板盖、盲板座、开启机构、转臂、安全锁板、密封圈、泄压装置构成。由安全锁板、泄压装置构成盲板的安全自锁功能（盲板自锁、防震、防松动、开启可二次泄压）。

快开盲板：锁环式



盲板锁定装置为不锈钢锥型，卡在门和法兰之间，可以均匀地将力360度传递到法兰周边，最具安全性和可靠性

3、其他需关注的

(1) 阀门 通径满足检测器要求

(2) 通球指示器

需要关注失效的通球指示器，因锈蚀造成无法弹起而损坏检测设备。

(3) 动火改造点、带压封堵点、打孔盗油点这些地点是容易发生隐患，需高度关注。

(4) 局地埋深

对于管道埋深较深的地方（4米以上），因接收机信号较弱，可能无法监测通过，造成跟踪丢失。选点时建议避开。

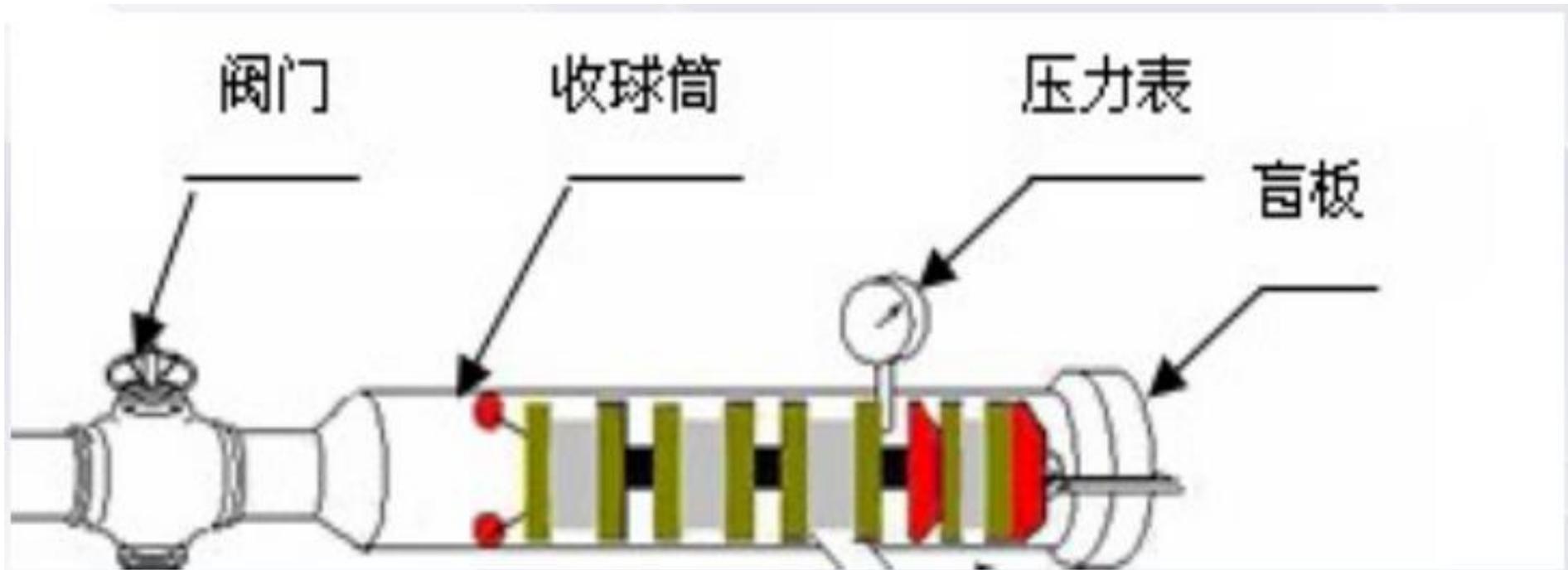
(5) 管道斜接

允许斜接是否满足检测器要求

4、收球筒

收球筒长度要大于检测器长度，防止冲击盲板。

检测器只有一节装有驱动皮碗，其他节为驱动轮支撑时，要注意阀门到异径管之间直管段的距离。距离过短会造成检测器驱动节进入球筒后失去动力停止前进，而后节仍在阀门中。导致无法关闭阀门，进行流程切换。



5、流程操作

- (1) 流程中的各个阀门保证能全开及全闭
- (2) 排污系统正常
- (3) 快开盲板是否完好

6、查档

- (1) 最近一次清管时间

决定于下一步采取什么样的清管方案

如果该管线从未实施过清管作业，尽量找出管线投产时的参数包括出站压力、进站压力、排量等和现在的参数进行对比，评估管线的结蜡情况。

评估管道有效直径：

$$D = \left(\frac{0.025 \ 1 Q^{2-m} \nu^m L}{\Delta p - \Delta Z} \right)^{\frac{1}{5-m}}$$

式中：

D ——管段有效直径，m；

L ——管段长度，m；

Q ——管段平均体积流量， m^3/s ；

ν ——原油运动粘度， m^2/s ；

Δp ——管段压差，m；

ΔZ ——管段高程差，m；

m ——水力摩阻系数，对于层流， $m=1$ ，水力光滑区， $m=0.25$ 。

现场数据是否符合检测要求，如需要改造，提出建议。

制定实施方案（施工组织设计）

实施方案是检测的详细计划

由检测方制定，业主方审阅同意后，作为双方施工依据。

施工组织设计

实施方案的主要内容：

- 1、项目基本情况
- 2、编制依据 依据哪些标准？
- 3、内检测施工计划

包括清管、变形检测、漏磁检测、开挖验证、出具检测报告的具体方案其中清管计划要根据管道勘查情况及以前清管情况制定。

首先根据调查及管线生产参数变化评估管线结蜡情况，如排除蜡堵可能，可发送泡沫清管器验证管线基本通球能力。再通其他清管器。

如通过评估管线结蜡严重，通球蜡堵风险增大，则要详细制定清管方案。要从小直径泡沫清管器开始清蜡。

施工组织设计

4、所需设备准备

介绍所需清管器、检测器的参数及其他设备。

5、作业流程

写明清管作业、几何检测作业、漏磁检测作业的详细步骤。

6、双方工作职责

写明双方职责，尤其是业主方的职责尽可能详细列出。

7、项目组织

为了保障内检测项目顺利进行，将项目组分成若干小组，各司其责。一般包括领导组、调度组、检测组、保驾组、配合组等。

8、应急预案

列出有可能出现（卡堵）风险及应急处理措施

9、HSE管理措施

认真执行安全、环境与健康管理体系程序文件实现安全、环境与健康
管理目标。

设备准备

按照实施方案中实施计划准备所需设备

1、清管器

清管目的：

- a、验证管道通球能力
- b、清除管道残余渣滓
- c、清除管道内低洼处明水（对天然气来说），还能降低管线水露点，降低冰堵可能性
- d、为后续智能检测做好准备

常用清管器有泡沫清管器、测径清管器、磁力清管器、钢刷清管器等

（1）泡沫清管器

泡沫清管器具有良好的柔韧性，收缩性强，能通过40%管道变形。

其密度（0.25g/cm³）比介质密度（汽油0.75 g/cm³、原油0.82 g/cm³）低很多，在介质中处于悬浮状态。

可携带低频发射机进行跟踪



泡沫清管器

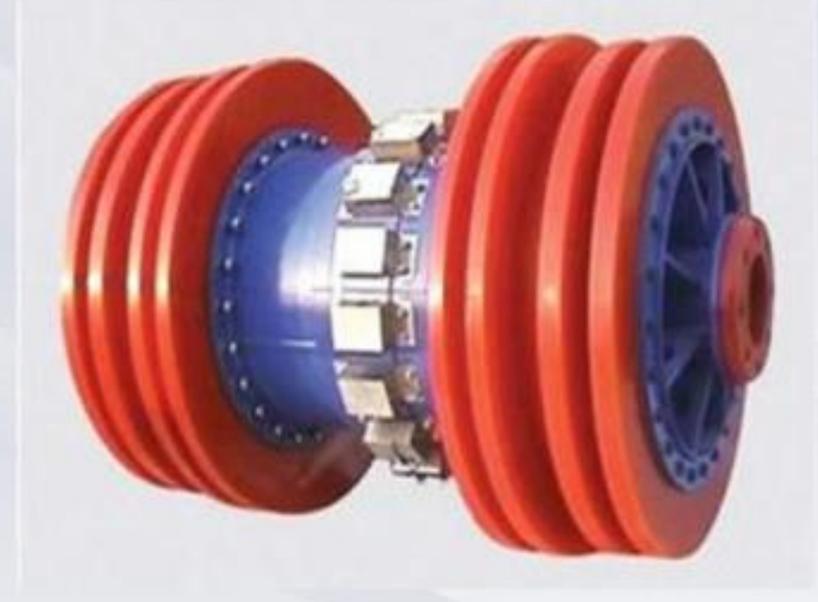
设备准备

(2) 常规皮碗、钢刷、磁力清管器

由清管器骨架、碟皮碗、直板皮碗、低频发射机组成。根据清管目的不同选定相应配件如钢刷、永磁铁、测径板等。

皮碗可以选择碟皮碗、直皮碗或直碟混合组成不同清管器。钢刷清管器具有清除管壁铁锈的功能

磁力清管器能够吸附管道内残余铁磁性渣滓，比如焊条头、施工工具等



设备准备

测径清管器是将测径板安装在清管器末端皮碗之前，并将皮碗与测径板用隔垫隔开，给测径板变形留出空间。能够初步判断管道的变形情况，并且根据变形情况判断是如何产生的。



设备准备

测径板为一定规格的圆形铝板，外边缘一般均分为8或12等分，用以测量管道内最大变形以及最小弯头等制约检测器通过的因素。不同规格的管径使用不同规格的测径板，按照管道内径的90%，85%，80%等比例不等。测径板的厚度也不同，有3mm，5mm，6mm等。



设备准备

清管器一般投运顺序及功能

(1) 泡沫清管器

长期未进行清管作业或情况较复杂的管道首次进行清管作业采用

(2) 常规清管器

清除管道内一般杂质。根据不同皮碗形式及数量，其清管能力不同。

(3) 钢刷清管器

用来清除附着在管壁上的硬垢

(4) 磁力清管器

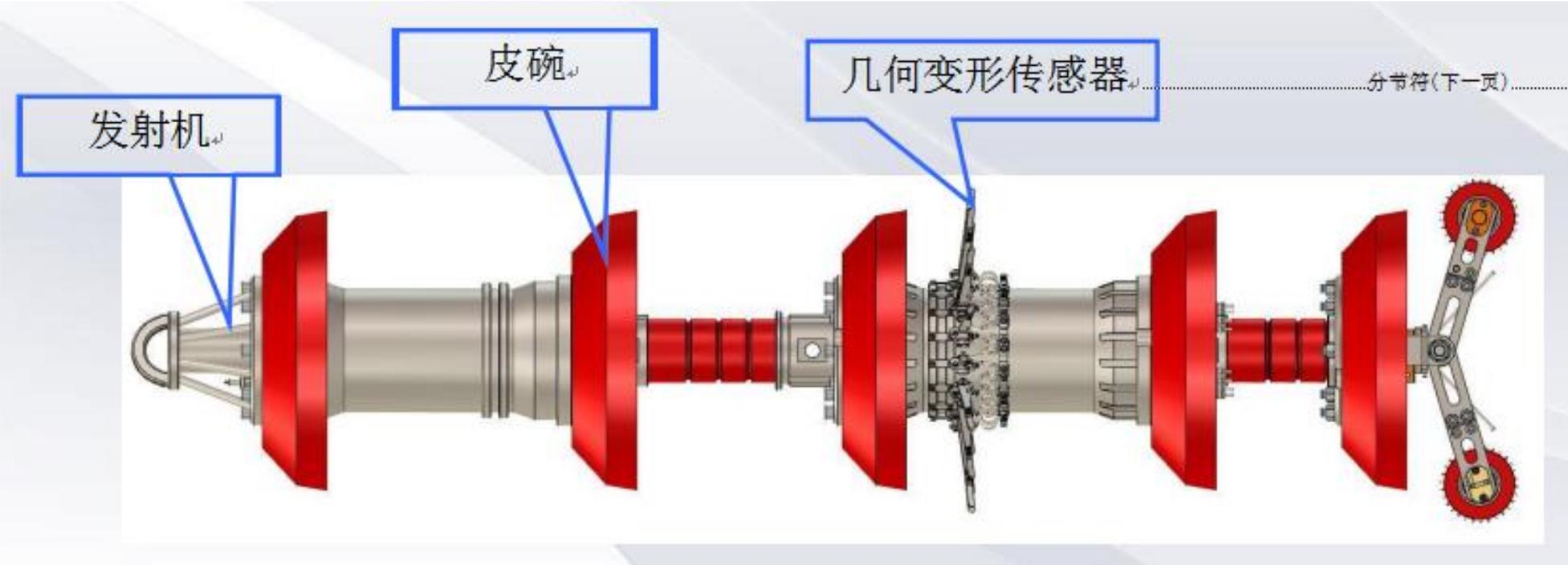
清除管道中影响漏磁检测的铁磁性杂质

设备准备

2、几何变形检测器

将设备各部分功能调试准备好

计算好电池工作时间，必须满足最长站间距运行时间，并留有裕量。以应对收发球过程中突发情况产生的收发球延缓，造成电池断电，数据不完整。



几何检测范围

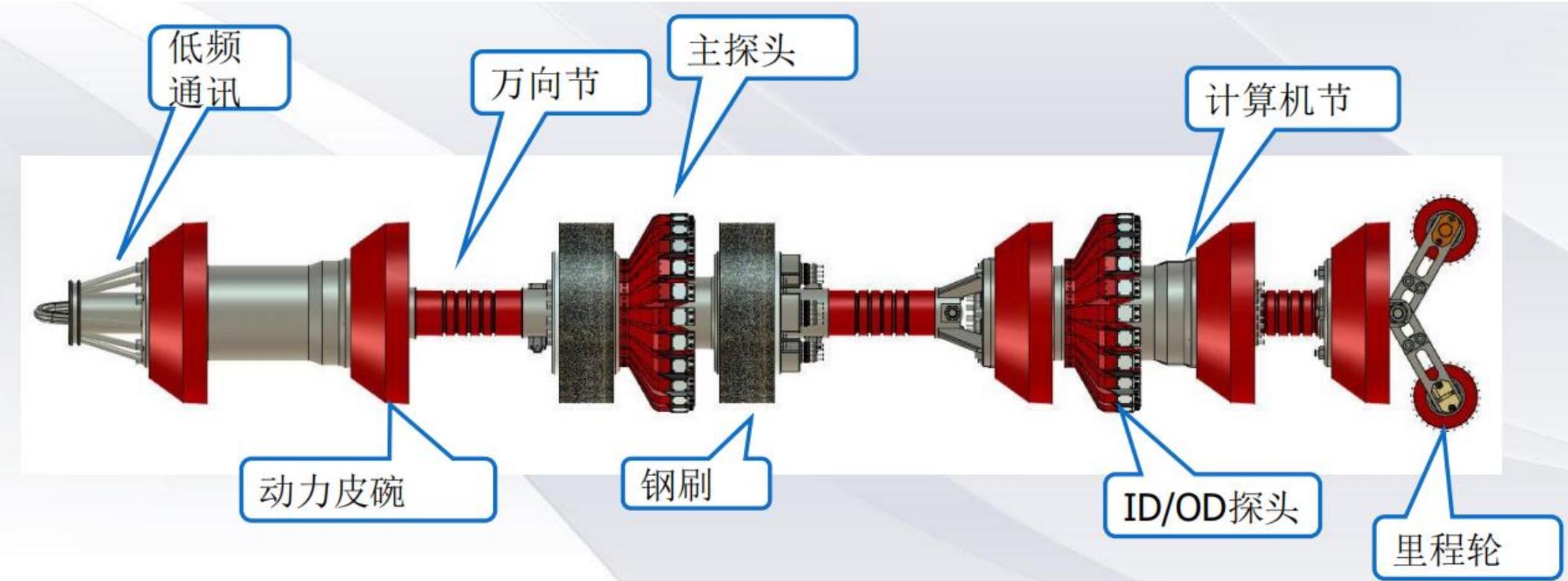
编号	检测范围
1	管线长度
2	弯头半径
3	内径变化
4	凹坑
5	三通
6	支管
7	阀门
8	环焊缝

设备准备

3、漏磁检测器

将设备各部分功能调试准备好

计算好电池工作时间，必须满足最长站间距运行时间，并留有裕量。以应对收发球过程中突发情况产生的收发球延缓，造成电池断电，数据不完整。



漏磁检测范围

1	腐蚀相关金属损失
2	划伤相关金属损失
3	修补夹板下面的金属损失
4	制造缺陷相关的金属损失
5	焊缝——环焊缝、直焊缝、螺旋焊缝
6	焊缝异常
7	凹陷
8	制造/加工缺陷
9	施工损坏
10	标称管壁厚变化
11	管道设备和配件，包括：三通、支管、阀门、弯管、阳极、止屈器、外部支撑、地面锚固装置、修补壳层、铁磁型CP连接件
12	管道附近可能影响输送管保护涂层或阴极保护系统的铁金属物体
13	包括可能影响输送管保护涂层或阴极保护系统的偏心套管在内的套管
14	参考标记磁铁

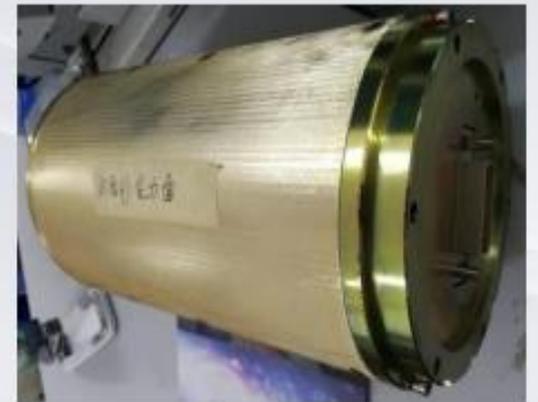
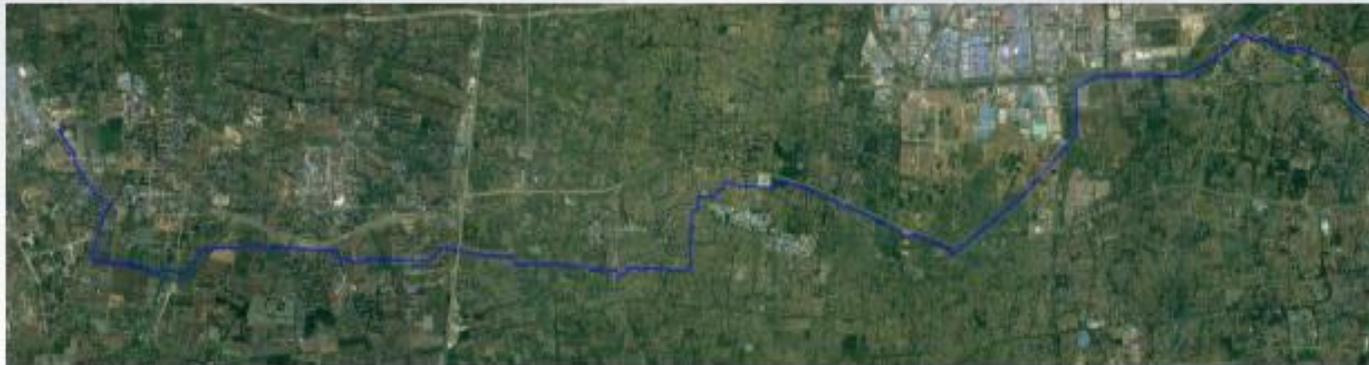
设备准备

4、IMU（Inertial measurement unit）惯性测量单元

包含三个单轴的加速度计和三个单轴的陀螺，加速度计检测物体在载体坐标系独立三轴的加速度信号，而陀螺检测载体相对于导航坐标系的角速度信号，测量物体在三维空间中的角速度和加速度，计算出管道的精确走向。

要求：需要对每一个跟踪点进行坐标测量（纬度、经度、高程），用于IMU坐标修正，提高测绘精度。

检测成果：管道中所有的管道特征（焊缝、阀门、金属损失点等）都能提供坐标。



设备准备

5、跟踪设备

(1) 低频跟踪设备

准备好清管器、检测器需安装的发射机、接收机。各厂家设备外形不同，但都基于23HZ通讯，可以通用。

发射机按照每台清管器一个准备。接收机按照跟踪组分配，保证每组2台。

使用方法：

探棒摆放方向与管道走向平行，保证接收信号强度最大。

使用时注意电池电量指示，有些类型接收机开机不能马上工作，需预热30秒钟。



设备准备

(2) 定位盒也叫AGM (above ground mark 地面标记盒)

是一种能够在地面探测漏磁检测器通过时的泄露磁场，并能够进行时间记录的数据采集存储系统。漏磁检测器虽然有里程记录装置，但因管线里程较长及弯头较多，里程记录装置累积误差较大，无法进行精确定位，开挖工作难度较大。进行漏磁检测器跟踪时，在管道沿线安放若干定位盒，检测器通过时记录下

各个点的时间，各个点的时间可以在检测器数据中找到对应位置。以此位置为相对零点定位附近缺陷即可消除累积误差影响。



设备准备

6、收发球工具

用到的收发球工具：平台车、发球顶杆、收球钩、手扳葫芦、吊带



设备准备

6、人员及辅助设备

- (1) 检测跟踪人员必须要有一定的实践经验。人员按组分配，每组至少2人。跟球时可能要熬夜，身体素质要好。
- (2) 跟踪车辆 管道沿线路况复杂，必须选择性能好的越野车

设备准备

埋设原因：

- (1) 永磁铁因其特性必须要埋设
- (2) 沿线环境复杂，因时间原因，人员无法进入
- (3) 保证通过能力情况下，降低跟踪人员的劳动强度

特点：

- (1) 永磁铁埋设完不用取出，定位方式可靠，费用较大
- (2) 定位盒检测完成后需及时取出，需注意待机时间，可靠性低

内检测实施

1、定位标记埋设

除了定位盒之外还可以用永磁铁吸附在管壁上作为标记用。检测器通过磁标记时，漏磁检测器中的传感器检测到永磁铁产生的磁场异常并存储，分析数据时可以找到此规律性异常以此为相对零点消除累积误差。

要求：对埋设点要进行详细记录，建议用GPS进行精确定位。否则因地貌变化大容易造成准确定位点丢失。

内检测实施

2、踏线选点

主要是选派跟踪人员熟悉管线走向、跟踪道路，定好跟踪点，做好跟踪点记录。防止检测时手忙脚乱，跟踪组之间产生误会，发生丢点。

选点原则：

(1) 沿线阀室、穿越两侧

容易发生卡堵，保障第一时间定位卡堵点

(2) 避开铁路、马路、高压线路容易造成接收机误报，影响判断

(3) 避开埋深较深处

距离远发射机信号弱，容易跟丢

(4) 以管道标记桩为准

注意用寻线仪确定标记桩是否在管道上方，防止地方人员随意挪动后，影响跟球。

3、清管作业

(1) 清管器发送

清管器发送前要确保低频发射机工作正常。

汽油、天然气管道要进行置换（惰化），确保现场施工安全。打开盲板前将球筒通入惰性气体（一般是氮气）将球筒内可燃气体置换出来。具体工作一般由业主方负责。

氮气置换 1、驱赶法

从收发球筒一端入口将氮气缓慢注入球筒内。由于氮气（N₂）比天然气（主要成分为CH₄）重，进入的氮气首先在底部聚集，而天然气在上部，随着氮气的注入，天然气就被从上部端口排挤出去。

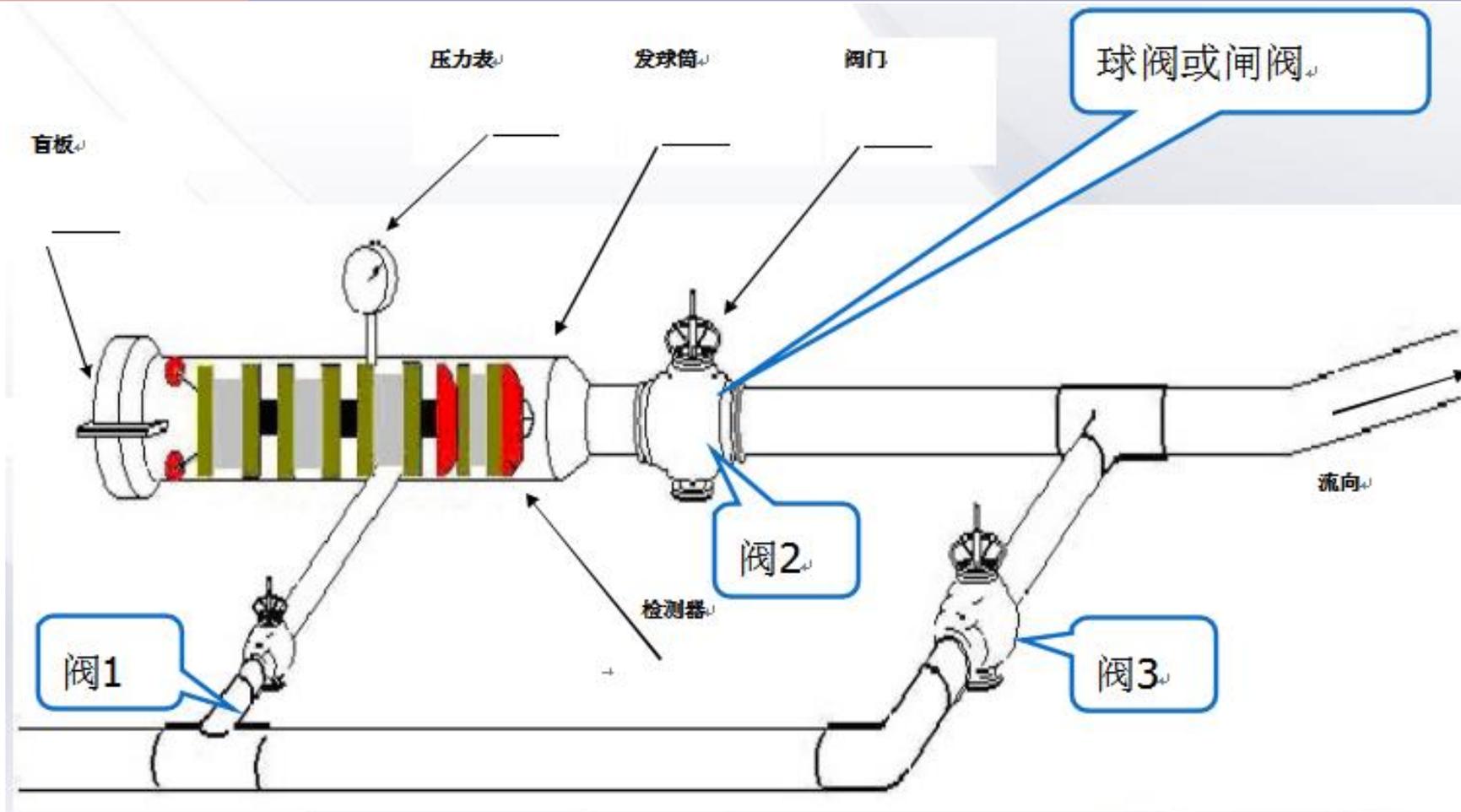
2、压力稀释法（常用）

从收发球筒一端入口将氮气快速注入球筒内。关闭出口。升到一定压力后（0.5MPa），打开出口，快速泄放压力。反复几次，直至浓度降低。

发球筒盲板开启后，检测方将准备好的清管器缓慢推入发球筒至缩径处。

注意：避免碰伤球筒口盲板的密封圈及密封面；

清管器装入发球筒后，业主方严格按照规定的流程关闭盲板并进行流程的切换，将清管器发出；



发球正常操作顺序：开阀1，开阀2，关阀3。

按照此顺序：开阀2，关阀3，开阀1。什么后果？

检测器回退，系统憋压，造成线路设施损坏。

(2) 清管器跟踪

清管器发出后，跟踪组按照预先定好的跟踪点进行跟踪，多组之间采取交叉跟踪方式。根据接收机信号指示，做好跟踪记录。

清管器运行期间，业主方应严密监视管道运行压力、输量参数。并与调度室保持密切联系，及时获取输量变化信息。防止输量变化引起球速变化，给跟踪造成困难。

第一道清管器要严密跟踪，阀室、重点管段也要设置跟踪点。后续清管器可以适当放宽跟踪间距。

内检测实施

清管器卡堵

原因：管线几何变形、管道异物、杂质

避免：选择清管器时，按照不同清管器通过能力由强到弱依次进行；按照不同清管器的清管能力由弱到强依次进行。

处理：（1）迅速定位卡堵位置

（2）在压力允许范围内提高压力，增大推力

如仍不能解决，进行断管取球

（3）清管器接收

清管器到达收球筒后，检测方通过接收机确认清管器位置。业主方进行流程切换，收球筒排空（天然气管道进行置换）。业主方打开盲板。

检测方将清管器取出

业主方关闭盲板

内检测实施

如何通过接收机确定清管器位置？

清管器到站后，业主会要求确定清管器位置。清管器不像漏磁检测器可以通过指南针测量，只能通过低频接收机测量。清管器是单节质量小，进站时伴随有其他杂音，有时光凭声音无法判断。附近往往有对讲机出现，也会干扰接收机信号。

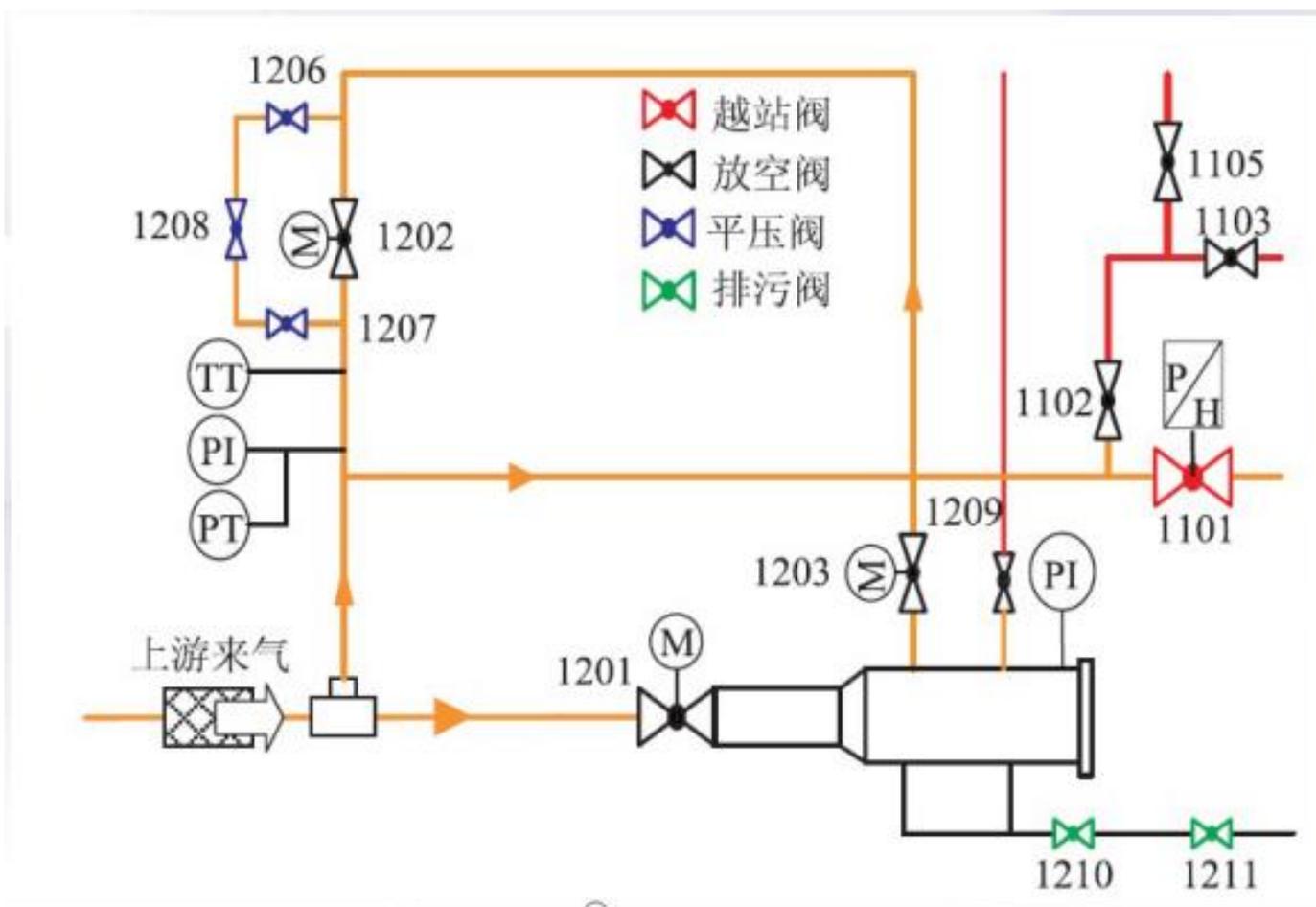
方法：将接收机增益调至最小，将探棒与球筒平行贴近扫查，记录从有报警到无报警的距离，这段距离的中点可确定为清管器发射机所在位置。误差0.5m左右。如果收不到信号，可适当调高增益。

注意区分干扰信号与报警信号。

含硫天然气管线要准备好喷淋水源，设备上的粉末遇空气自燃

二次收球

天然气管线因速度较快，检测器进入收球筒时可能会撞坏盲板及其他管道设施。为避免上述情况发生，采取二次收球方式。



内检测实施

具体方法:

(1) 清管器到来之前先缓慢开启引球阀1203, 待收球阀1201前后压力平衡后, 再打开1201阀门。同时确认进站阀1202在全开位置。

(2) 清管器进站后, 在通过三通后因前后压力平衡, 清管器会停止前进。由专业人员用接收机确认检测器已通过三通。

(3) 缓慢调节进站阀1202关度, 当清管器前后建立一定压差后, 清管器会缓慢进入收球筒, 避免冲撞盲板情况的发生。

具体操作由站内人员操作。

(4) 清管结果评估

清管器取出后, 查看以下方面: a、设备皮碗磨损情况;

b、如有测径板是否变形;

c、永磁铁是否吸附大量氧化铁粉末

d、清出杂质体积 直至小于标准

内检测实施

4、变形检测作业

为确保漏磁检测器顺利通过，掌握管道变形程度与变形部位，需要进行管道变形检测。

变形检测器运行速度要小于3m/s，传感器形式为弹簧固定，速度快易发生振动，影响检测精度。

(1) 变形检测器发送

发送前将变形检测器调试好，包括
低频跟踪调试 变形传感器调试数据存储调试
发送程序和清管器发送程序一致。

(2) 变形检测器跟踪

变形检测器发送后，跟踪人员按照计划好的跟踪点交叉跟踪。因为可能涉及到变形点开挖，应逐点跟踪，并做好跟踪记录。因变形检测器中不含有磁场，定位盒不能使用，只能用低频接收机跟踪。

检测器运行期间，业主方应严密监视管道运行压力、输量参数。

内检测实施

(3) 变形检测器接收

变形检测器到达收球筒后，检测方通过接收机确认检测器位置。业主方进行流程切换，收球筒排空（天然气管道进行置换）。业主方打开盲板。

检测方将检测器取出

业主方关闭盲板

检测方进行数据下载

(4) 初步数据分析

数据下载后，检测方进行初步数据分析，确定数据完整性，并判断是否存在影响漏磁检测器通过的管道变形。提供初步分析报告，如果存在超限变形，提供变形点数据给业主方，等待开挖修复后再进行漏磁检测。

内检测实施

5、漏磁检测作业

漏磁检测器能够发现管道的制造缺陷、腐蚀缺陷，并通过不同时期漏磁内检测结果对比，掌握管道腐蚀变化速率。为管道完整性管理提供依据。

最后检测程序，也是最重要的。前面所有工作都是为他服务的。

(1) 漏磁检测器发送

发送前将漏磁检测器调试好，包括
低频跟踪调试传感器调试 数据存储调试
发送程序和清管器发送程序一致。

(2) 漏磁检测器跟踪

漏磁检测器发送后，跟踪人员按照计划好的跟踪点交叉跟踪。应逐点跟踪，并做好跟踪记录。

跟踪设备和之前不同，除了接收机之外，还需用到定位盒。指南针也可作为辅助跟踪设备。定位盒数据质量直接影响数据定位质量，要求跟踪人员必须要按规定使用定位盒（跟踪位置、摆放方向）。

检测器运行期间，业主方应严密监视管道运行压力、输量参数。

内检测实施

(3) 漏磁检测器接收

漏磁检测器到达收球筒后，检测方通过接收机（或指南针）确认检测器位置。

业主方进行流程切换，收球筒排空（天然气管道进行置换）。

业主方打开盲板。检测方将检测器取出业主方关闭盲板

检测方进行数据下载

怎样进行数据下载？

将连接线接入检测器对应接口及笔记本电脑，操作读取软件将数据存入笔记本电脑。数据量很大，根据检测器探头数目及运行时间有关。

(4) 数据确认

数据下载完成后，对数据进行初步分析，确认数据完整性。如不完整且影响数据有效性，及时总结原因，告知业主方并讨论再次发送方案。

内检测实施

检测报告包括变形检测报告和漏磁（金属损失）检测报告。

- (1) 变形检测报告
- (2) 漏磁检测报告
- (3) 完整性评价报告（可选）

开挖验证是对检测数据准确性进行验证。标准要求验证点数应不少于5个。由业主方在检测方提供的验证点数据中选取适合开挖的验证点。并由业主方负责开挖征地协调、挖坑、回填等工作。

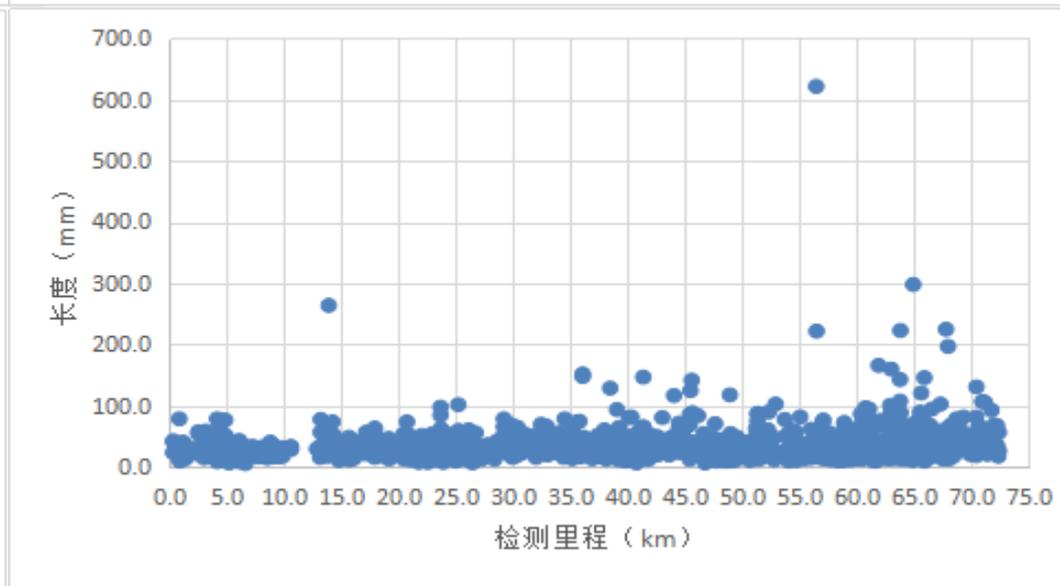
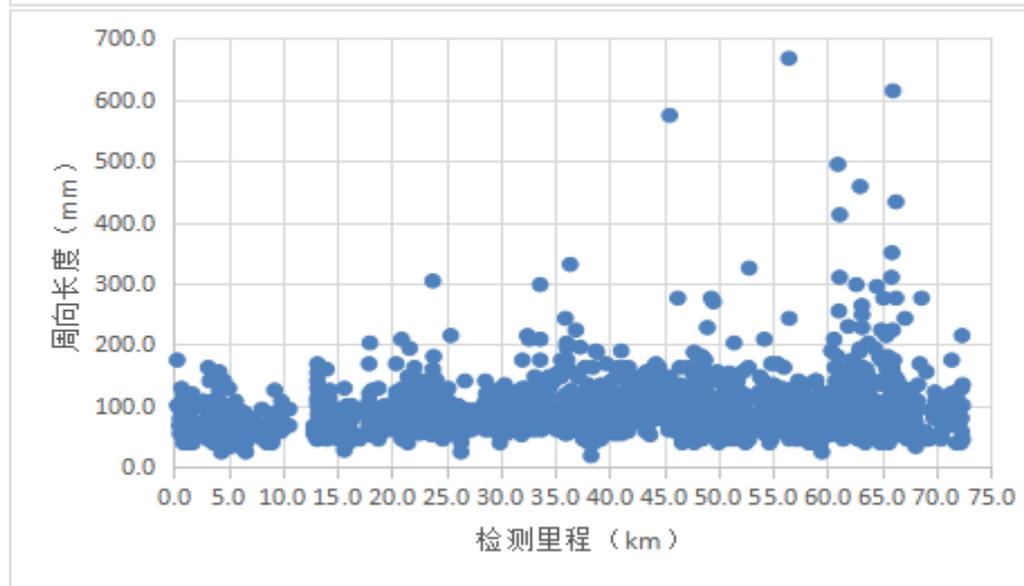
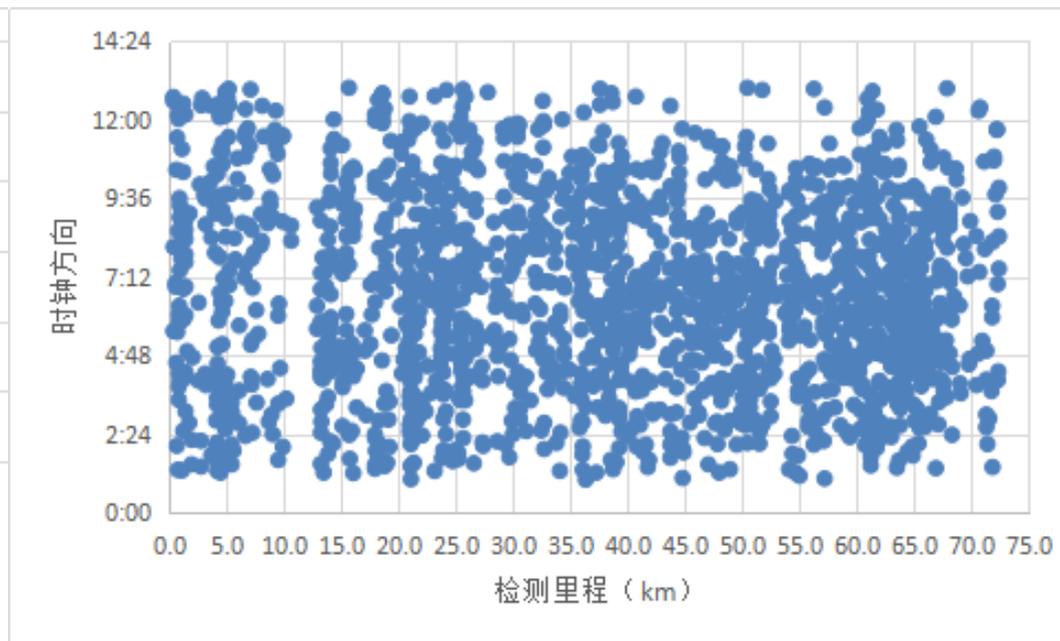
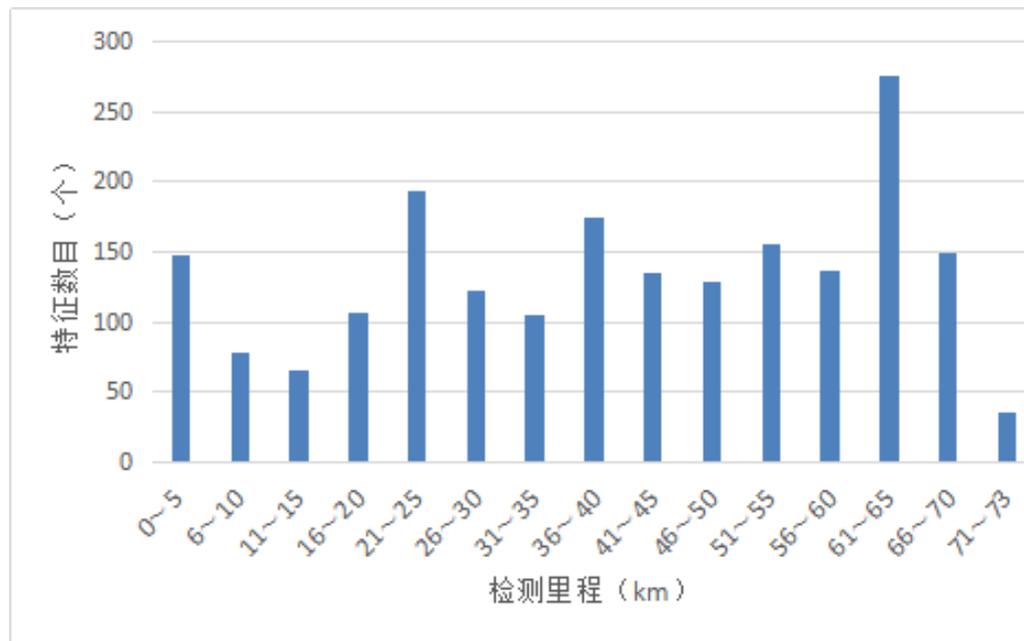
确定开挖点后，结合里程数据与就近定位点信息进行缺陷精确定位。将开挖完的缺陷的现场测量结果与检测结果进行对比，出具开挖验证报告。

内检测数据直观描述

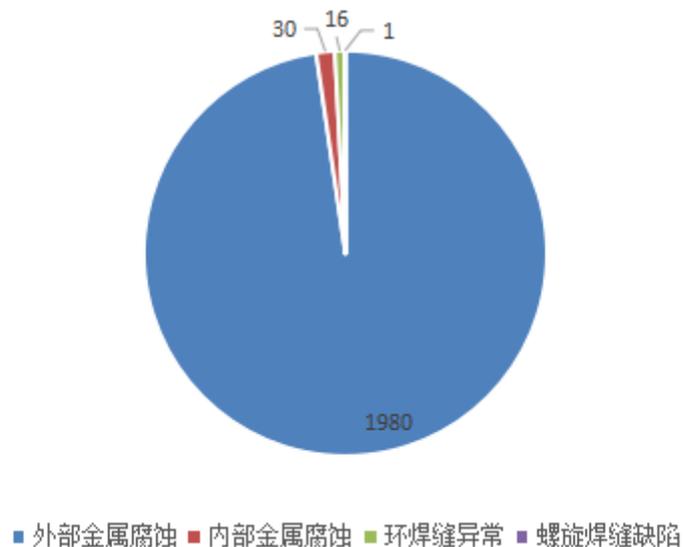
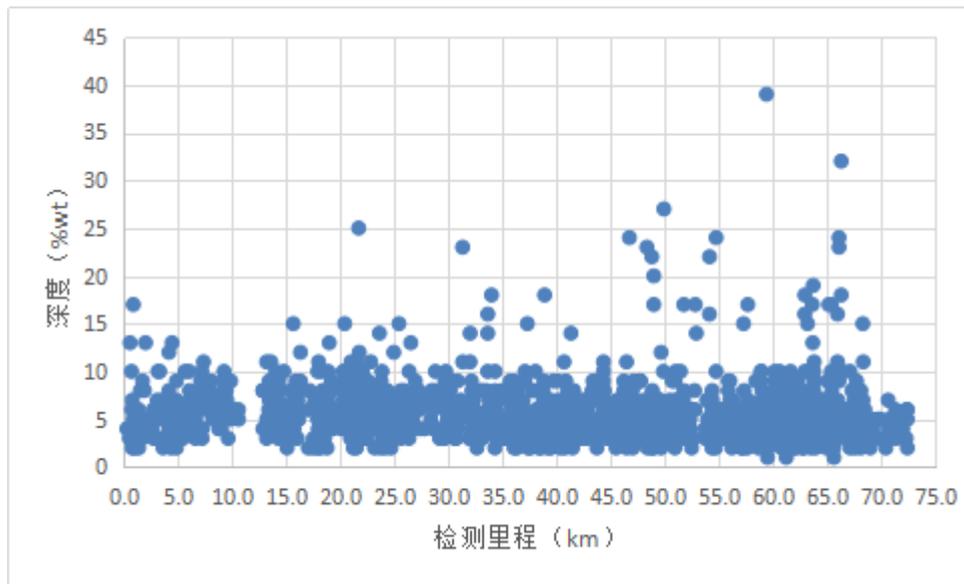
在内检测数据的基础上，将内检测数据通过不同形式的图表进行描述，从数据的不同之处、不同分析角度展示管道内检测结果的完整性。诸如：

- a、各类缺陷数量列表及占有比例分布图。
- b、内外腐蚀数量沿管道检测里程分布情况及说明。
- c、内外腐蚀时钟方向和检测里程分布情况及说明。
- d、内外腐蚀深度沿检测里程分布情况及说明。
- e、内外腐蚀长度沿检测里程分布情况及说明。
- f、腐蚀深度分级统计。

同时对缺陷数据进行统计分析，根据缺陷的类型、分布规律以及与管道高程、埋深、地理环境的对应关系，分析缺陷的可能成因，为后期的管道维护及修复计划提供依据。



出具检测报告



出具检测报告

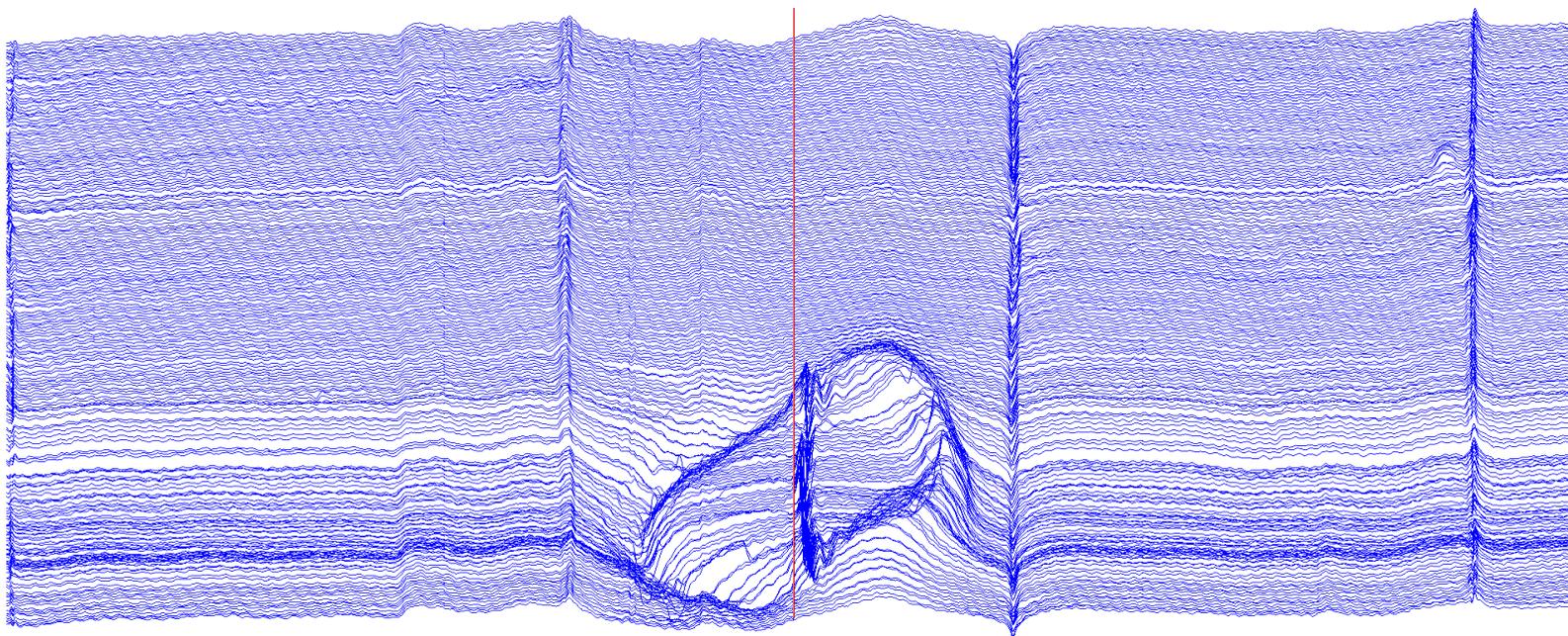
管道特征：

1.三通：

曲线变化范围大致呈圆形，特征表现为减薄。部分三通能够看到挡条。

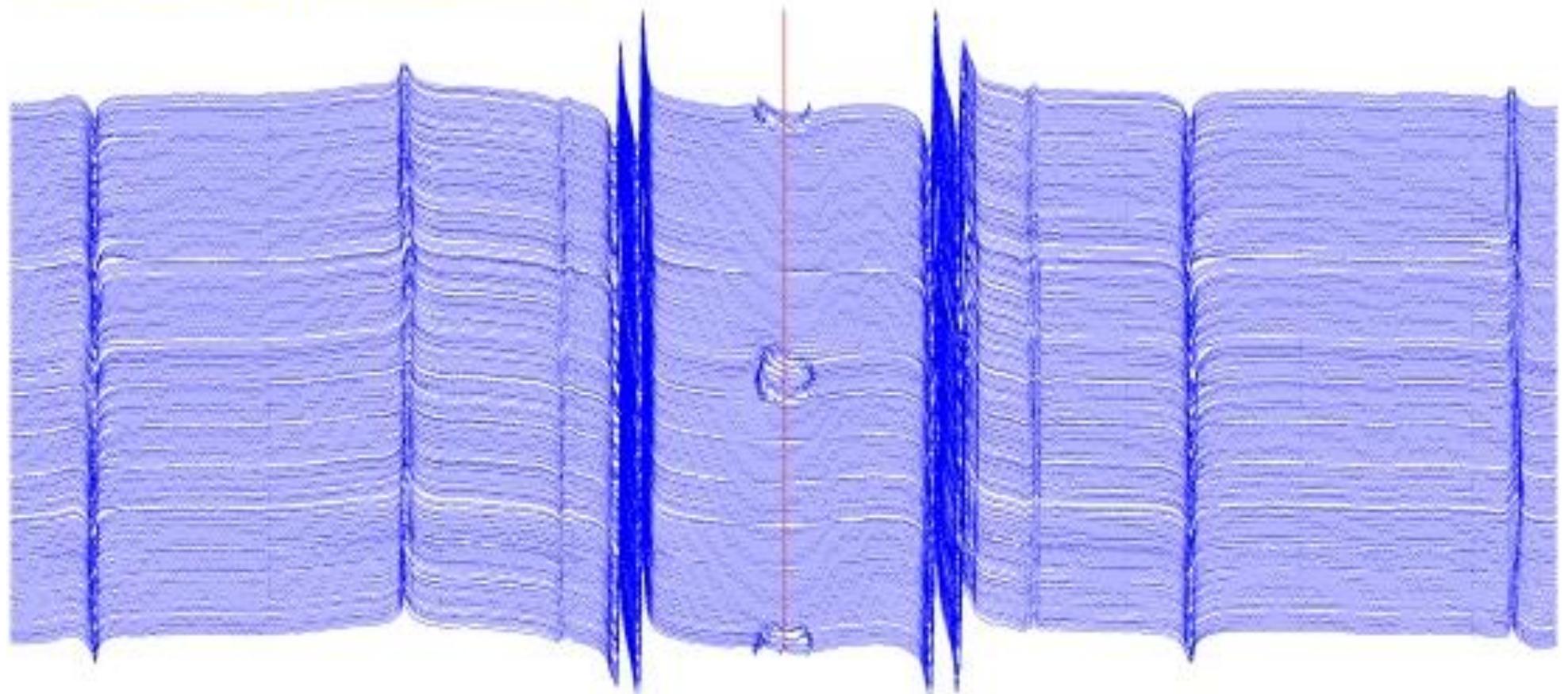
等径三通：

曲线变化范围大致等于管道直径。



1. 阀门： 球阀：

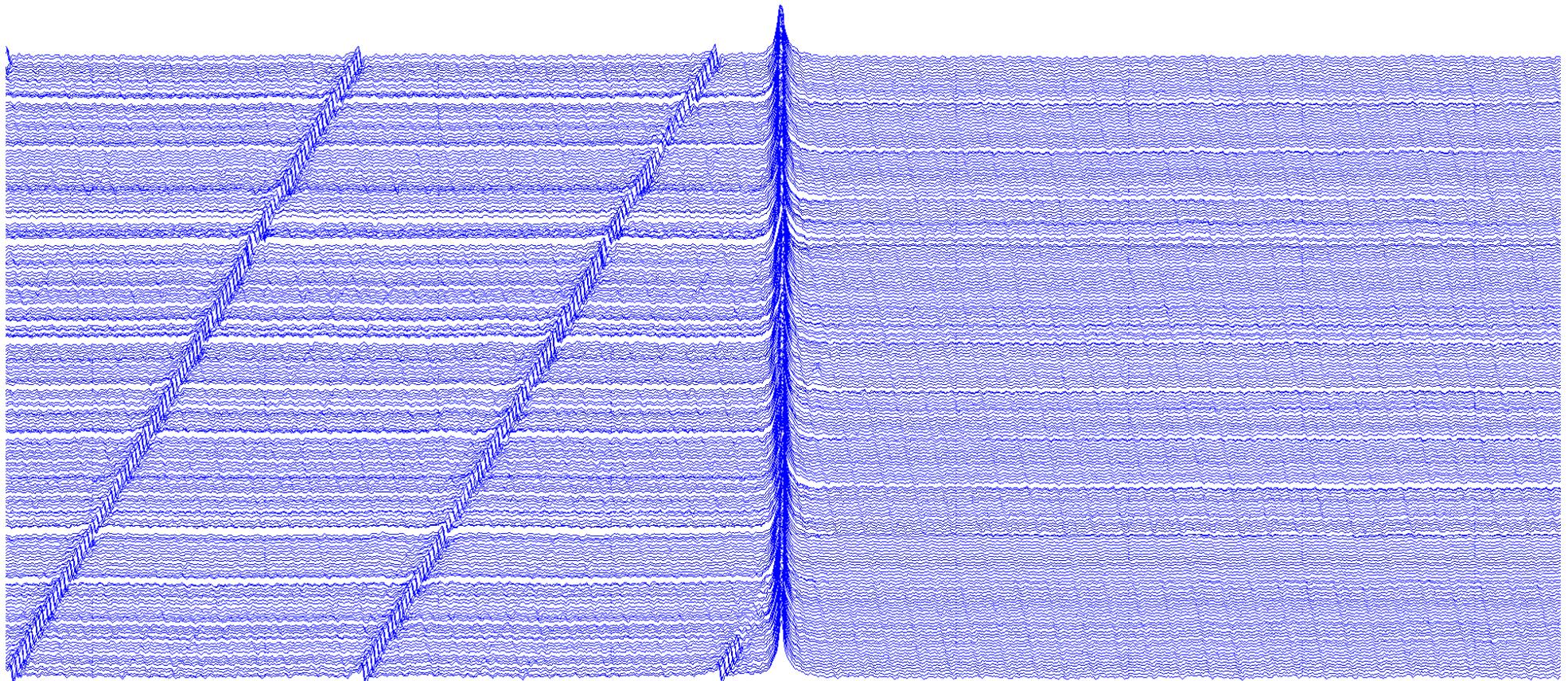
球阀— 20220909 09:00:00 球阀— 20220909 09:00:00 球阀— 20220909 09:00:00 球阀— 20220909 09:00:00 球阀— 20220909 09:00:00



3.变壁厚增厚/减薄:

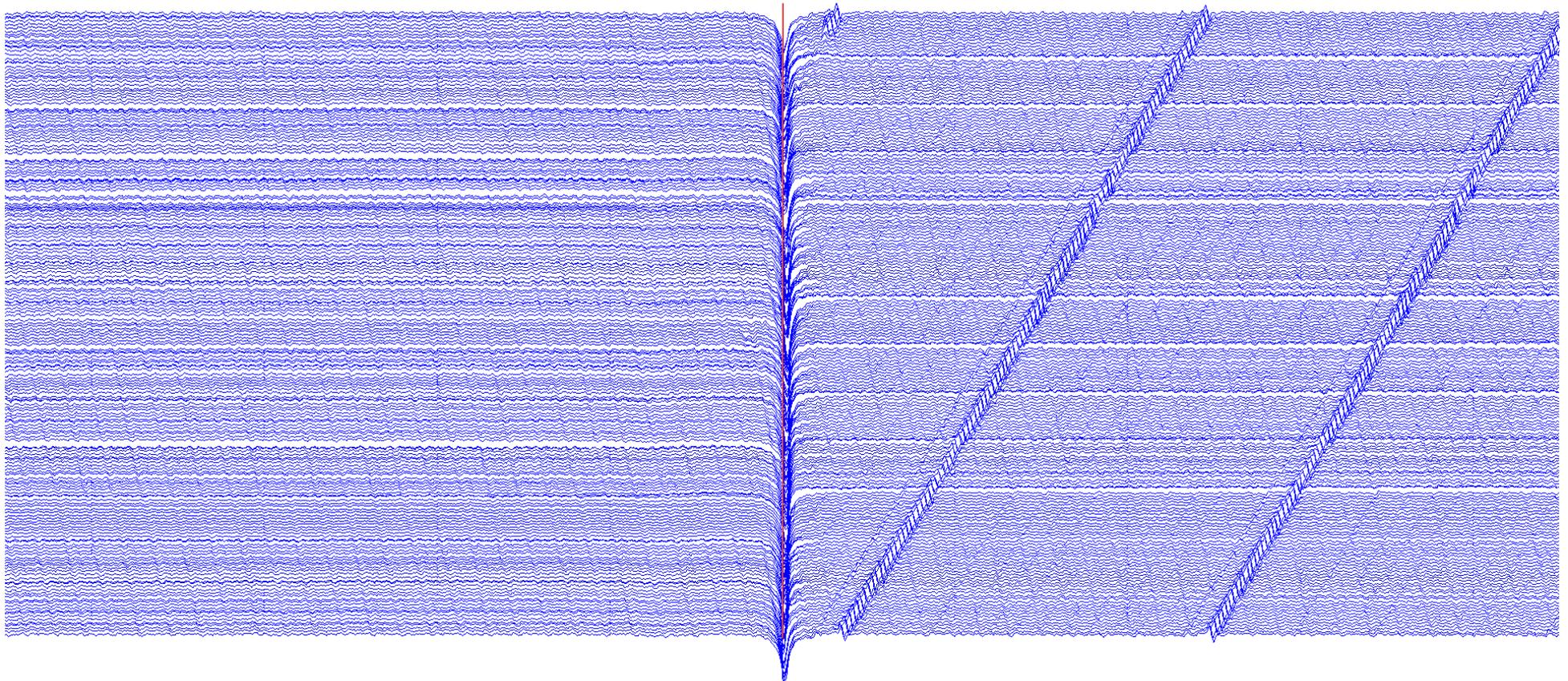
(1) 增厚:

[里程一:12382423][里程二:12382423][索引:21436045][重锤:33][光标位置:36044][日期时间:2014-10-27 17:29:38:090]



(2) 減薄:

[里程一:12395030][里程二:12395030][索引:21442909][重錘:33][光标位置:42908][日期时间:2014-10-27 17:29:44.954]

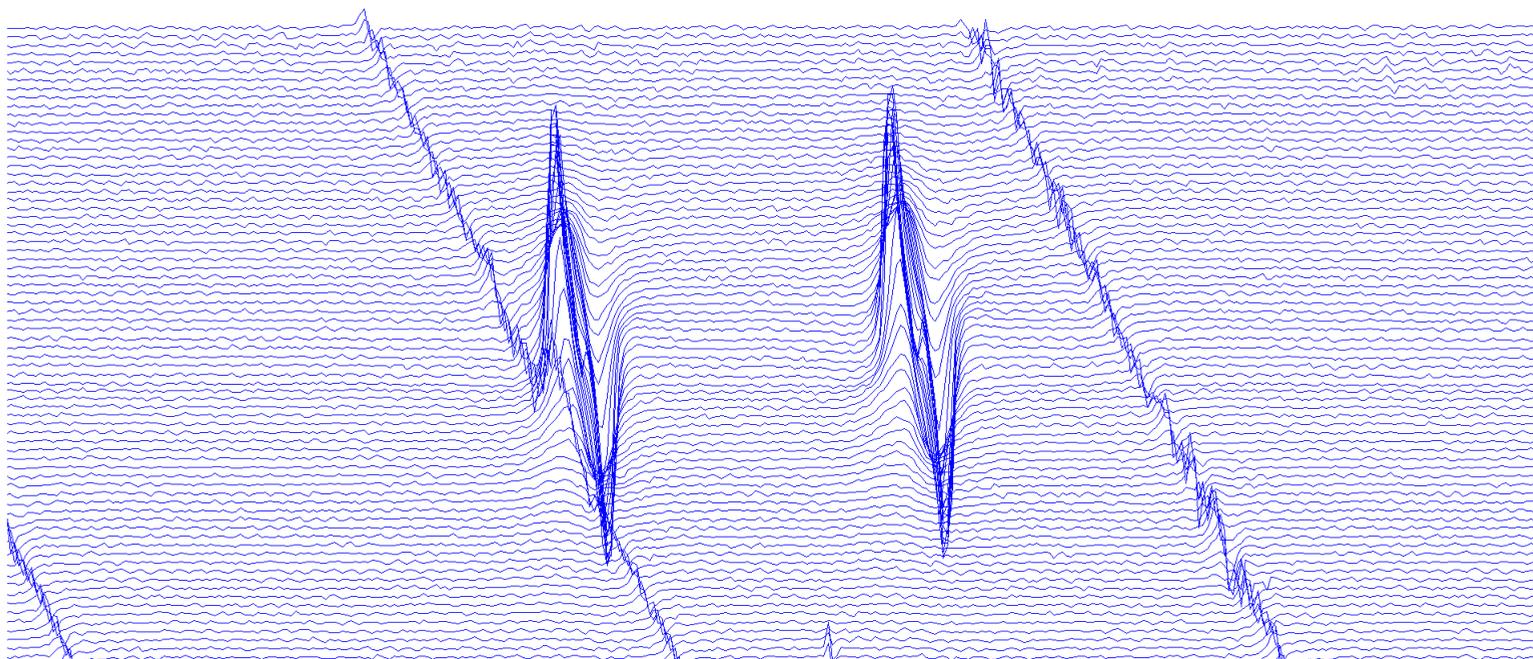


4.盗油孔:

未修补:

表现为小范围大幅增厚区域，中心具有小块的减薄区。整个特征近似呈圆形，而且直径较小，一般位于管道12点钟方向。Z通道一般可以看到中心的通孔和外接管道的焊接变形痕迹。

[里程一:29687945][里程二:29687945][索引:25814814][重锤:4][光标位置:14813][日期时间:2014-09-10 18:00:47:533]

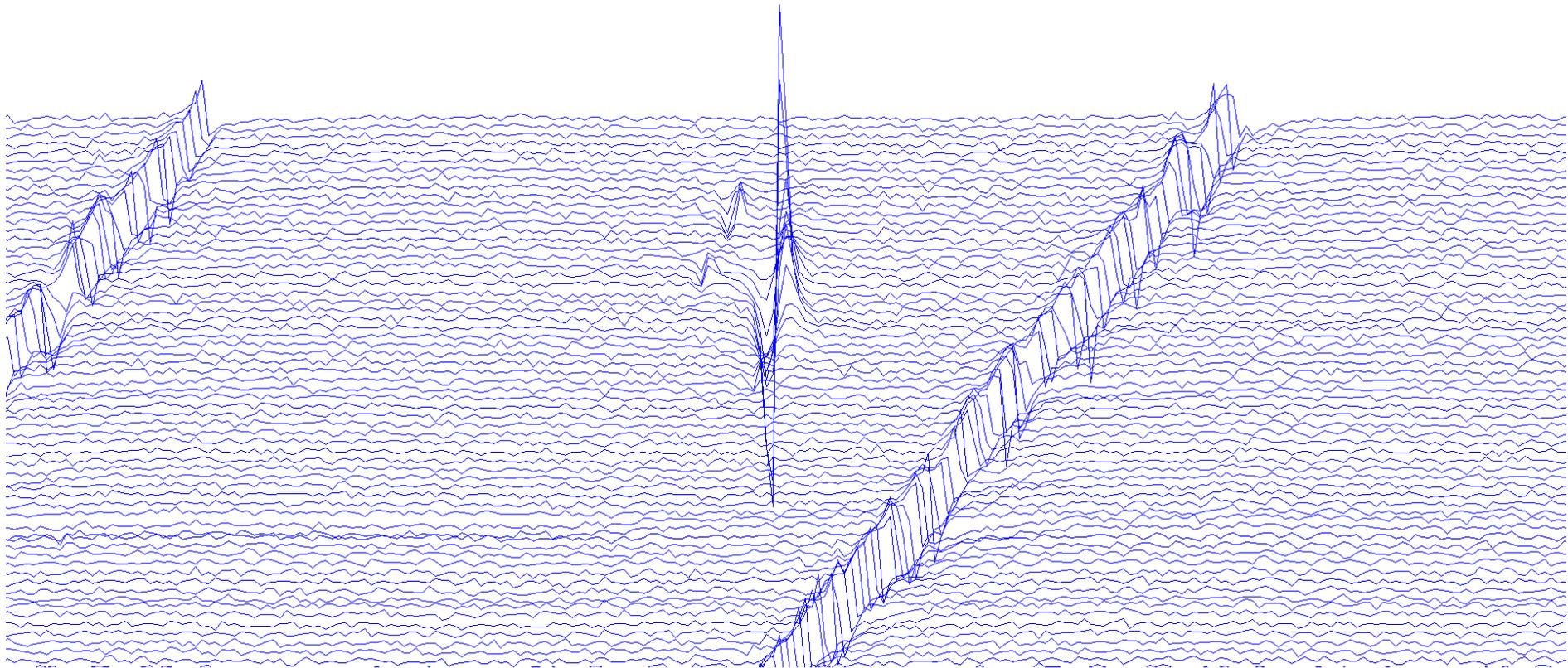


缺陷特征:

1. 腐蚀:

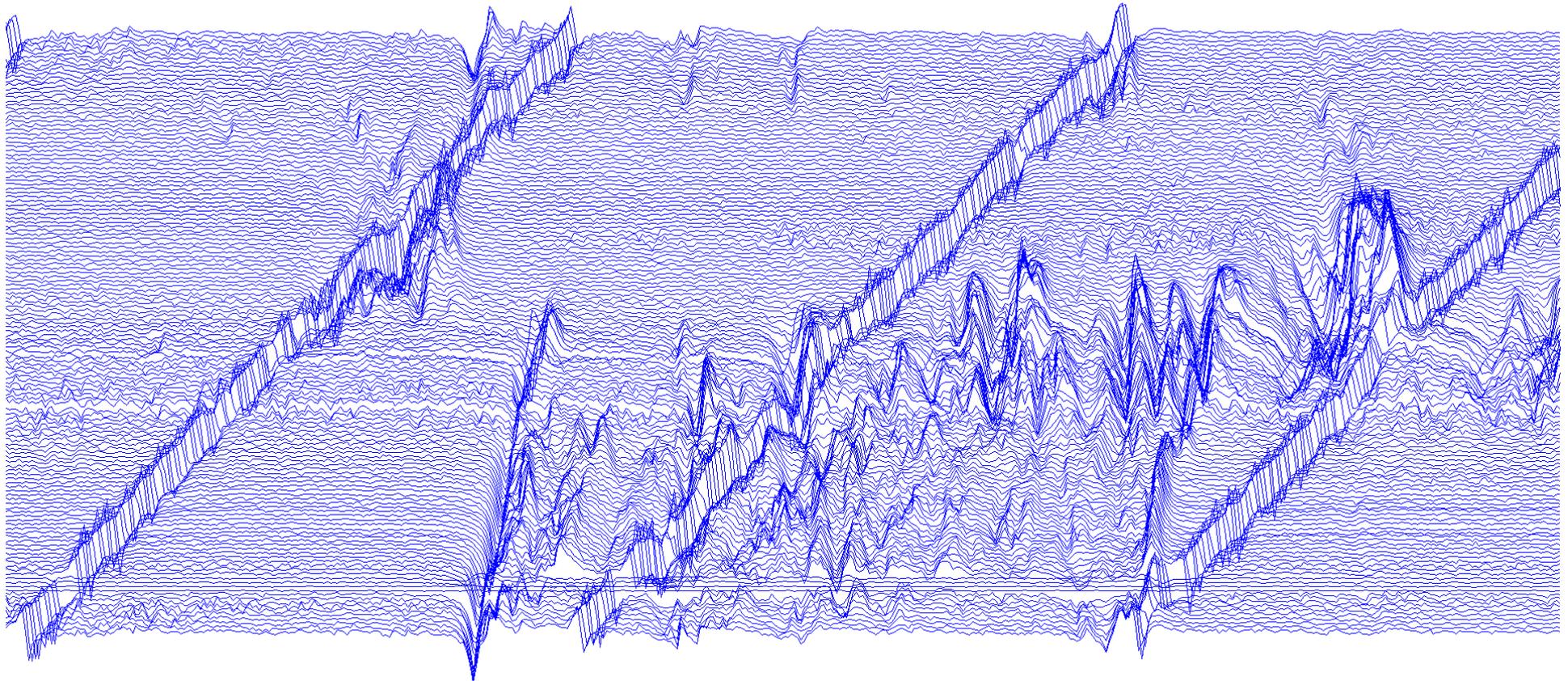
(1) 点蚀:

[里程一:7266019][里程二:7266019][索引:7549232][重锤:18][光标位置:49231][日期时间:2014-08-20 11:39:10.477]



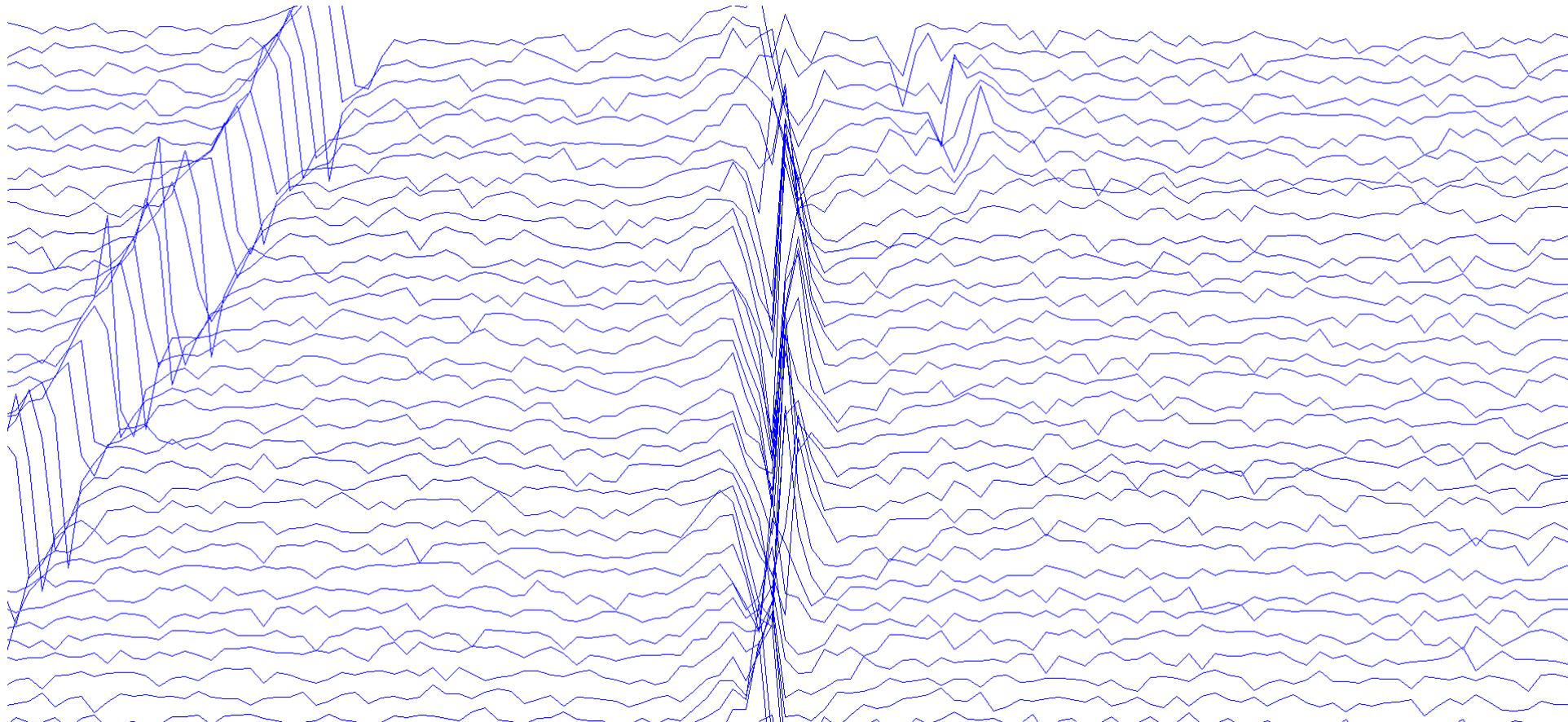
(2) 大面积腐蚀:

[里程一:61323584][里程二:61323584][索引:58488390][重锤:2][光标位置:88389][日期时间:2014-08-21 01:33:11.895]



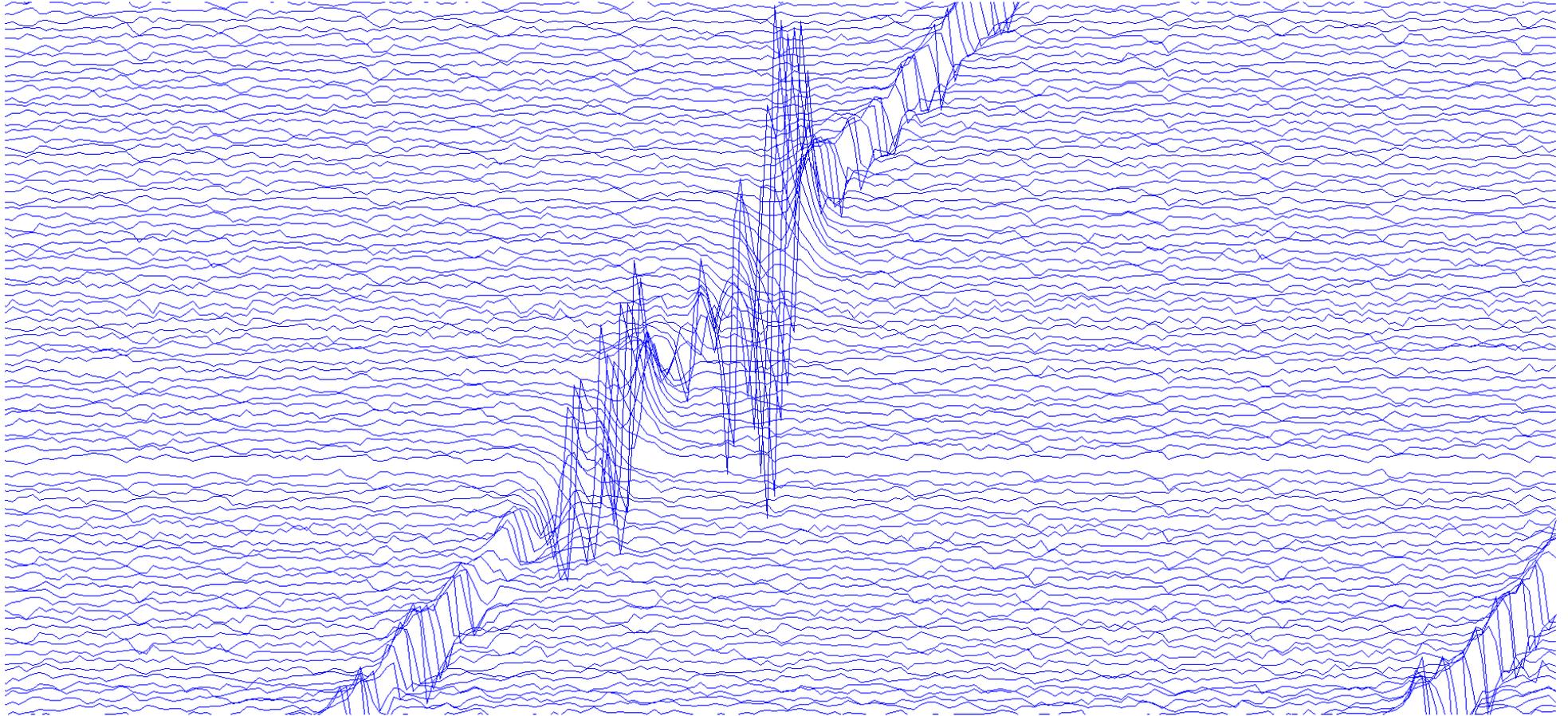
2.环焊缝异常:

[里程一:6603790][里程二:6603790][索引:6928005][重 叠:8][光标位置:28004][日期时间:2014-08-20 11:29:04-011]



3.螺旋焊缝异常:

[里程一:97351670][里程二:97351670][索引:91991079][重锤:1][光标位置:91078][日期时间:2014-08-21 10:41:49:602]



开挖验证

1、选点原则：

- (1) 50%以上的全选；
- (2) 外腐蚀、内腐蚀兼顾；
- (3) 不同缺陷类型；
- (4) 深浅兼顾。

多选几个点，由业主挑选方便开挖的点。

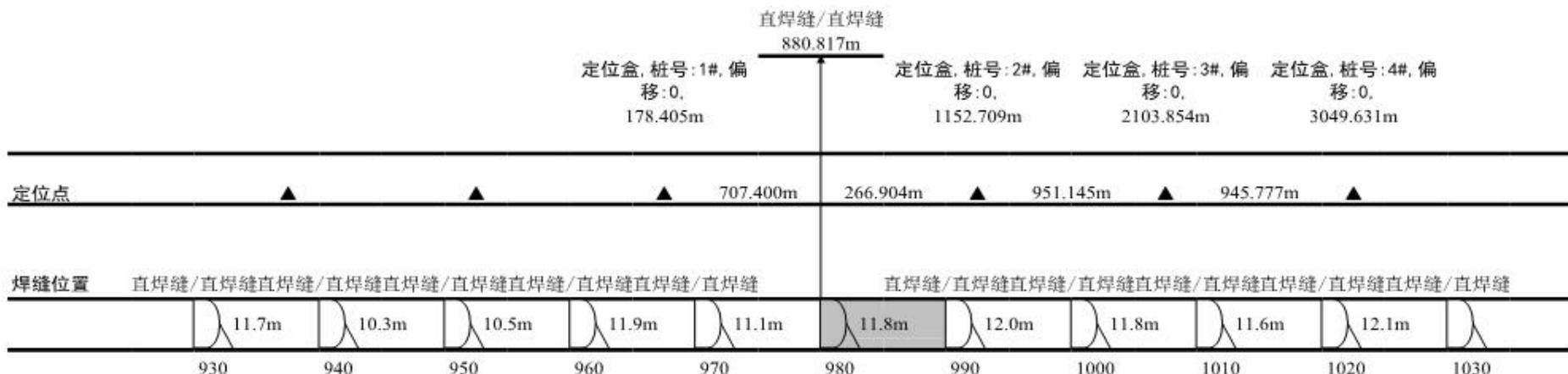
2、现场测量定点、开挖

- (1) 选择就近定标点；
- (2) 利用就近管道特征（弯头、三通、短节、锚固墩、套管等）；
- (3) 找到腐蚀点所在管节上游焊缝或下游焊缝；

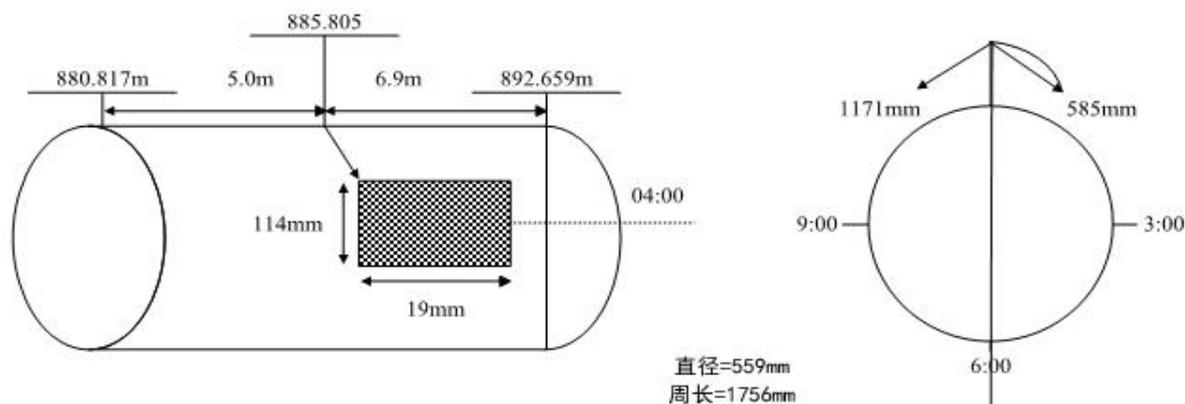
以焊缝为基准进行精确定位。

559屏忠线漏磁内检测开挖单 (屏锦-忠县)

定位信息描述



缺陷位置描述



缺陷信息描述

缺陷里程: 885.805m 公称壁厚: 7.1mm 周向钟点方向: 04:00 缺陷类型: 金属损失-腐蚀 表面位置: 外壁 缺陷深度: 17% 缺陷长度: 19mm 缺陷宽度: 114mm

开挖验证

3、剥防腐层、测量缺陷

测量工具：卷尺、深度卡尺、超声测厚仪

外腐蚀：深度卡尺、测厚仪 内腐蚀：测厚仪、射线

夹层：与外腐蚀特征一致，需测厚仪或射线验证。



4、开挖验证报告

根据开挖点实测数据与报告数据进行对比，形成书面报告。





至此，整个内检测工程结束。

如果是多个站间距检测，开挖验证应等到全线检测完成。

检测期间，除了重复发球（清管器、检测器）、跟踪、收球（清管器、检测器）等工作外，还要进行设备维护清理、易损件更换和系统检查。

易损件包括：皮碗、钢刷、传感器、电池（包括发射机电池）需进行系统检查有：

所有连接线是否有破损；

接插件是否松动；

所有紧固螺丝是否松动；

- 质量控制

- 1、管线踏勘期间按要求填写管道调查表，运用质量管理体系控制质量；
- 2、项目组织期间充分准备落实资源，考虑检测器重量、尺寸、站场操作空间，进行合理配备收发球工具，吊装车辆等；
- 3、根据管线存在卡球风险段，制定合理跟球卡球预案，增加人员监听点；
- 4、收发球作业，充分考虑管道介质，增加氮气置换措施，汽油介质存在闪爆风险，考虑柴油输送期间进行作业；
- 5、定位盒埋设对劳务人员进行培训，派驻专业人员现场跟踪督导；
- 6、检测数据第一时间进行拷贝，进行备份；
- 7、数据分析人员认真分析，避免软件操作错误，有缺陷点遗漏现象；
- 8、开挖期间充分与业主对接，存在问题及时沟通，到现场解决。

- 优点与不足

优点与不足

优点：1、具备一些复杂管线的检测能力（存在凹陷较多）；
2、数据精度满足业主要求。

不足：1、收发球工具简陋，不符合先进技术的配套要求，业主认可度不高；

2、几何检测对弯头角度检测精度不高，无法满足业主要求；

3、内检测队伍人员不足，无法开展两条以上管线的同时作业；

4、检测器合作方较少，无法降低技术服务费；

5、无管道内检测完整性评估软件，需运用办公软件进行图表描绘，呈现方式体现度差，美观度不足。

ANTON 安東

谢谢!

帮助别人成功... ..