

管线检测技术培训教材

地下管线检测技术

袁厚明 主编

中国石化出版社

[HTTP://WWW.SINOPEC-PRESS.COM](http://www.sinopec-press.com)

管线检测技术培训教材

地下管线检测技术

袁厚明 主编

中国石化出版社

内 容 提 要

本书是在总结二十多年来地下管线检测仪器开发、设计、制造、测试、检测技术培训及管线检测工程实践的基础上,参考了国内外大量专家论文、图表和多本标准、规范编著而成。全书共十六章,主要内容包括:地下管道的探测、测漏、测防腐、测腐蚀、测电力电缆和通信电缆的故障以及测阴极保护运行参数等。

本书可供地下管线检测人员、管道的设计施工人员和管线管理人员使用,可作为地下管线检测专业课程培训人员试用教材和教学参考书,也可供大专院校师生阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

地下管线检测技术/袁厚明主编.

—北京:中国石化出版社,2006

管线检测技术培训教材

ISBN 7-80229-100-3

I.地… II.袁… III.地下管道-检测-技术培训-教材
IV.TU990.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 072203 号

中国石化出版社出版发行

地址:北京市东城区安定门外大街 58 号

邮编:100011 电话:(010)84271850

读者服务部电话:(010)84289974

<http://www.sinopec-press.com>

E-mail:press@sinopec.com.cn

北京精美实华图文制作中心排版

北京大地印刷厂印刷

全国各地新华书店经销

*

787×1092 毫米 16 开本 26.5 印张 649 千字

2006 年 7 月第 1 版 2006 年 7 月第 1 次印刷

定价:80.00 元

《地下管线检测技术》

编 委 会

主 编：袁厚明

副主编：周凤林 雷林源 徐丙垠 王润卿 赵玉昆
郝英杰

编 委：(以姓氏笔画为序)

于 剑	亓 强	毛宁林	王卫东	王春起
冯 良	史家生	叶建良	刘东贤	印永福
孙立国	孙剑波	孙珍山	孙珍同	朱 珍
闫 啸	吴红刚	张 军	张栋国	李 上
李 明	李 靖	李广银	李国华	李章亚
李路明	杨子江	杨世清	闵希华	陈述治
陈家瞳	陈敬和	周 俊	周 勇	周大博
周东培	周学军	尚 兵	罗金恒	姚志祥
柏光明	胡圣潭	胡序胜	胡茂中	胡韶山
钟志平	钟富荣	徐志斌	徐新旋	殷 朋
秦延昌	秦国昌	翁永基	贾向炜	贾红军
贾宗贤	郭士毅	高伯训	高福庆	常贵宁
黄 立	黄昀鹏	廉纪祥	廖民飞	樊三新
薛吉明	薛爱芹			
审 稿：鲁永康	张俊卿			

前 言

作为国民经济五大运输部门之一的管道运输,近年来迅速发展,随着西气东输、俄气南供、陕京复线、忠武线、兰成渝成品油管线、西南成品油管线、甬沪宁成品油管线、冀鲁宁管线、仪长管线等重大工程的实施,我国油气管道干线联网的雏形已经形成。管道运输在国民经济运输中的比重,是衡量一个国家文明和发达程度的重要标志。

早期兴建的东北输油管线、鲁宁线、环川天然气管线以及各油田内部的集输管线,已经到了运行寿命的中后期,不少管线已因腐蚀发生穿孔,引起泄漏。随着油价的上升,社会上一些不法分子铤而走险,滚滚原油成了他们眼中没有成本的致富之门。打孔盗油在我国各主要油田均有发生,油、水、气管线泄漏引起管线修复费用、介质损失费用、环境污染费用、气体爆炸造成人身伤亡医疗赔偿费用,使得管道运输企业的成本居高不下,严重影响了正常生产。

我国的地下管道检测技术研究严重滞后于管道发展形势的需要,国家已投入了一定的资金成立了专门机构。信息检索表明,迄今为止还没有一本比较全面、系统地介绍地下管线检测技术的书籍,大量报道性文章散见于不同的杂志报刊之中,也有相当数量的论文是重复的。

利用超声、磁感、涡流、射线、渗透等原理,对管道进行直接接触检测,我国的无损检测部门已经进行了深入的研究,并取得了可喜的成绩。对于深埋地下的管道如何建立理想的地下管线检测场,如何探管、测深、测泄漏、测腐蚀及复杂条件下如何检测,大多数人了解得不是十分清楚,高等学校也没有开设地下管线检测专业课程,更没有专业教材和教学参考书。

笔者从事了二十多年理论教学、技术培训、仪器测试交货、工程探测实践,解决了地下管线检测中的许多难题,证明了设备和检测技术相结合的可行性,显示了该技术具有强大的生命力。总结二十多年来地下管线检测仪器开发、设计、制造、测试、检测技术培训及管线工程检测实践,参考了大量资料 and 标准、规范编著而成本书。内容包括地下管线探测、输送介质油、气、水泄漏点精确定位、油气防盗与泄漏监控、外防腐状况地面检测、高压电火花检测、管体腐蚀速度与程度检测、管道阴极保护运行参数检测、地下电力电缆与通信电缆故障检测等内容共十六章。

本书由袁厚明编写第一章第一、二、三、四、六节,第三章第四节,第四章第一~七节,第五章第四节,第六章第一、五、六节,第七章第五节,第八

章第一节,第十章六节,第十三章第一~四节,第十五章第六节,第十六章第一~七节;上海岩土工程勘察设计院周凤林高工,第二章第一~五节;桂林工学院雷林源教授,第七章第一~三节;王润卿、吕庆荣第十四章第一~七节;徐丙垠、李胜祥、陈宗军,第十五章第一~三节。书中引用了地下管线管理、管道技术与设备、油气储运等杂志及论文集、会刊的文章,作者见每一章的参考文献部分。全书由中国地质大学鲁永康、湖北大学张俊卿两位教授审稿,在编写过程中主编参考了大量的专业杂志、参考资料、仪器使用说明书,江苏海安智能仪器有限公司提供管线检测研究设备以及试验场地,为本书的编写奠定了理论基础。襄樊震柏地下管线检测有限公司,北京、上海、广州、武汉、哈尔滨、长春、南京、杭州、南昌、郑州、济南、福州、长沙、深圳、南通、温州、淮南、襄樊、孝感、宁波、延安、泰安、青岛等城市燃气公司,大庆天然气公司,辽河油田油气集输公司,胜利油田油气集输公司,大庆采油一、二、六厂,辽河高升采油厂,沈阳采油厂,胜利、大港、华北、中原、长庆、江汉、新疆等油田;钢铁总院青岛海洋腐蚀研究所、七二五所、北京永逸舒克防腐蚀技术有限公司、大庆油田设计院、武汉材保所、克拉玛依科比技术有限公司等阴极保护设计施工单位;西气东输、西南成品油、陕京管线、忠武线、襄樊输油管理处、山东邹城输油管理处等长输管线管理单位;湖北省锅检所、杭州市锅检所、江苏省锅检所等单位提供了数千公里的现场检测机会,为本书的编写提供了实践基础。襄樊震柏地下管线检测有限公司独家提供资金赞助,为本书的编写提供了经济基础。中石油、中石化、中腐协会、中国城市规划协会地下管线专业委员会、中国石油工程建设防腐保温技术专业委员会、中国城市燃气协会、腐蚀与防护协会、管道科学研究院等主管单位提供了培训和交流的机会……如果没有众人的劳动成果和指引,本书将无法写成,可以说编者是最大的受益者,特此表示感谢!

由于编者水平有限,经验不足,书中一定有不少缺点和错误,恳切希望读者批评指正。

编 者

目 录

第一章 地下管线检测概述	(1)
第一节 管道检测的必要性	(1)
第二节 地下管线的分类	(4)
第三节 地下管线检测方法提要	(4)
第四节 地下管线检测信号的影响因素	(6)
第五节 城市地下管线的探测	(9)
第六节 地下管线检测场源布设	(14)
第七节 地下金属管道的电性分布参数	(16)
第八节 地下电缆磁场分析	(19)
参考文献	(21)
第二章 地下金属管线探查技术	(22)
第一节 地下管线探查的任务及其在地下管线普查中的作用	(22)
第二节 地下管线探查的物探方法	(22)
第三节 电磁法探查地下管线	(23)
第四节 复杂条件下地下管线探查方法技术	(32)
第五节 探查工作质量	(36)
第六节 磁梯度法探查技术	(41)
参考文献	(44)
第三章 地下非金属管道探查技术	(45)
第一节 地下非金属管线探查及标识方法	(45)
第二节 地质雷达探测塑料燃气管线技术	(48)
第三节 热红外遥感技术探测油田管网	(52)
第四节 非金属管道标志示踪与探查技术	(58)
第五节 地下 PE 管道示踪线施工与探测技术	(60)
参考文献	(64)
第四章 地下管道外防腐状况检测技术	(65)
第一节 地下管道外防腐层状况检测技术	(65)
第二节 电磁波在载流管线上的传输特性	(65)
第三节 地下管道外防腐状况检测仪探测外防腐层状况的方法	(67)
第四节 仪器使用注意事项	(83)
第五节 仪器的日常维护及一般故障处理方法	(84)
第六节 相关图表的设计制作	(85)
第七节 应用防腐层检漏解决生产中的实际问题	(90)
参考文献	(94)
第五章 地下管道外防腐层绝缘电阻检测技术	(95)
第一节 变频选频法测量埋地管道绝缘电阻技术	(95)

第二节	埋地管道外防腐状况检测系统	(113)
第三节	断电电位和涂层面电阻率测试方法	(126)
第四节	百米磁场下降法测量埋地管道外涂层绝缘电阻技术	(129)
参考文献		(132)
第六章	管道防腐层高压电火花检测技术	(133)
第一节	涂层针孔缺陷的检漏原理及方法	(133)
第二节	PU 泡沫夹克管防腐层在线检测装置	(134)
第三节	三层 PE 防腐管防腐层在线检测装置	(137)
第四节	内涂层检漏	(139)
第五节	国产电火花针孔检测仪的使用	(143)
第六节	国产电火花在线检测仪的使用	(146)
参考文献		(150)
第七章	地下输水管道泄漏点精确定位	(151)
第一节	供水管网漏损的部分原因分析	(151)
第二节	供水管网泄漏调查工作方法概述	(155)
第三节	检漏技术与仪器分类	(159)
第四节	相关仪的运用	(164)
第五节	寻找长输管线水压试验渗漏点的有效办法	(166)
第六节	供水管网的系统检漏	(168)
第七节	数理分析漏水检测技术	(175)
参考文献		(180)
第八章	地下输气管道泄漏点精确定位	(181)
第一节	地下输气管道泄漏点探测	(181)
第二节	天然气加湿解决铸铁管接头泄漏	(184)
第三节	车载式燃气管网泄漏检测技术	(190)
第四节	燃气气体检漏仪报警控制器	(192)
第五节	新型便携式甲烷检测仪	(193)
第六节	可燃气体报警器存在的问题及优质先进报警仪的判定	(196)
第七节	埋地燃气管道泄漏检测的一般方法	(198)
第八节	燃气管网检漏的新方法——主动检漏法	(201)
第九节	可燃性气体检漏仪的使用	(203)
参考文献		(206)
第九章	地下输油管道泄漏点精确定位	(207)
第一节	负压波法检测管道泄漏技术	(207)
第二节	管道无线数据监测及泄漏定位技术	(208)
第三节	超声波输油管道检漏定位技术	(213)
第四节	声波管道泄漏检测技术	(217)
第五节	海底管道泄漏的在线检测技术	(218)

第六节 输油管道泄漏监测技术·····	(222)
参考文献·····	(229)
第十章 示踪法查漏定点技术·····	(230)
第一节 碘 131 示踪技术在地下油管检漏中的应用·····	(230)
第二节 氦气示踪法在检验新建管道泄漏中的应用·····	(233)
第三节 氦气测漏技术的应用·····	(236)
第四节 天然气中加臭剂检测方法及应用·····	(239)
第五节 负压采样检漏法的应用·····	(242)
第六节 检测管道内被堵“物”技术·····	(244)
参考文献·····	(247)
第十一章 地下管道内腐蚀检测技术·····	(248)
第一节 埋地管道金属蚀失量检测技术·····	(248)
第二节 电厂地下管线可视化管理系统·····	(249)
第三节 管道内部状况闭路电视摄像技术·····	(252)
第四节 管道远场涡流检测技术·····	(255)
第五节 长输管道内窥检测技术·····	(258)
第六节 输气管道腐蚀在线监测技术·····	(262)
第七节 便携式管道漏磁检测系统·····	(265)
第八节 管道综合参数异常评价法·····	(268)
第九节 小口径管道腐蚀状况无损检测技术·····	(269)
参考文献·····	(273)
第十二章 管道腐蚀程度判断与修复决定·····	(274)
第一节 燃气管网的安全评估·····	(274)
第二节 埋地管道腐蚀的快速测量法·····	(277)
第三节 管道腐蚀检测及修复决定·····	(279)
第四节 埋地金属管道腐蚀状况的监测与检测技术·····	(283)
第五节 管道壁厚准确测量方法·····	(286)
第六节 管道土壤腐蚀速率测试方法·····	(289)
第七节 埋地输气管道的检测与评估技术·····	(292)
第八节 管中电流法检测与评价技术·····	(295)
第九节 瞬变电磁法检测与评价技术·····	(300)
第十节 导波超声技术检测带套管管道的腐蚀·····	(304)
参考文献·····	(307)
第十三章 地下管线检测设备配置、工程检测与防盗监控·····	(308)
第一节 地下管线检测设备的配置·····	(308)
第二节 水下管道检测技术·····	(310)
第三节 地下管道检测的质量控制·····	(313)
第四节 埋地输油管盗油卡子的检测方法·····	(316)

第五节	管道运输防盗监测系统	(319)
第六节	利用压力趋势图判断管道盗油点	(321)
第七节	利用 SCADA 系统判断输油管道上的盗油点	(324)
第八节	成品油管道防盗措施	(325)
第九节	天然气盗气管线探测仪	(327)
参考文献		(329)
第十四章	地下电力电缆故障检测技术	(330)
第一节	电缆故障产生的原因及分类	(330)
第二节	电缆故障的测寻步骤	(331)
第三节	电缆故障的烧穿	(332)
第四节	电缆故障的粗测	(334)
第五节	电缆故障的精测(定点)	(343)
第六节	低压电缆故障的测寻	(348)
第七节	不同性质故障测寻方法的选择	(349)
第八节	地下电缆管道检查装置	(351)
第九节	供水用电电缆破损点检测	(355)
参考文献		(357)
第十五章	地下通信电缆故障检测技术	(358)
第一节	市话电缆线路障碍测试基础知识	(358)
第二节	充气电话电缆维护与应用技术	(361)
第三节	光缆线路障碍点的定位	(368)
第四节	查找电缆小漏气点的方法	(373)
第五节	光缆故障定位 OTDR 四步测试法	(374)
第六节	地下通信电缆探测检漏仪的使用	(376)
第七节	海底光缆有源探测技术	(382)
第八节	海底光缆无源探测技术	(386)
第九节	通信电缆查漏三法	(390)
参考文献		(392)
第十六章	管道阴极保护参数测试技术	(393)
第一节	管地电位测试	(393)
第二节	牺牲阳极输出电流测试	(396)
第三节	辅助阳极接地电阻测试	(397)
第四节	土壤电阻率测试	(398)
第五节	管内阴极电流的测量	(399)
第六节	绝缘法兰(接头)绝缘性能测试	(400)
第七节	管道防腐层绝缘电阻率测试	(402)
第八节	管道外杂散电流干扰测试	(406)
参考文献		(410)
附录	管道检测、腐蚀防护常用标准	(411)

第一章 地下管线检测概述

第一节 管道检测的必要性

用管道传输能量被认为是最为安全经济的方法。到 2005 年年底,我国已经建成石油、天然气长输管道 3 万多公里,这些管道是我国油气运输的主动脉。然而,像所有的工程设备一样,管道也可能发生故障。

在输油(气)主干管道上,重大破坏案件频繁发生,主干管道打孔盗油的案件呈逐年上升趋势:1998 年发生 10 起,1999 年发生 20 起,2000 年发生 62 起,2001 年发生 87 起,2002 年发生 92 起。据统计,2000 年以来,中国石油所属 13 个油气田共发生不法分子破坏油井设施、哄抢原油、打孔盗油、盗气案件 2.59 万起,造成直接经济损失 9.04 亿元,间接经济损失 1.81 亿元——这 10 多亿元相当于多个贫困县一年的财政收入!

伴随着国家石油天然气管道工业的不断发展,管道安全维护管理成为国家安全管理部門日益重视的专题。近年来,国内管道腐蚀造成的事故时有发生,因跑油、停输、污染、抢修等造成的损失,每年都以亿元计算。据有关专家介绍,目前世界上 50% 以上的管网趋于老化;我国的原油管道也有近一半已经运营了 20 年以上,由于腐蚀、磨损、意外损伤等原因导致的管线泄漏时有发生。中国城市燃气协会在全国范围内作了一次统计:1999~2002 年,全国各地发生燃气爆炸事故 261 起,死伤 700 余人;其中西安某地天然气爆炸,炸掉了一间从下到上七层楼房,路面炸开 520 多米;乌鲁木齐某地天然气将铸铁井盖炸上天 10 多米高,将沥青路面炸开 50 多米;北京某地一段 D400 管道竟然连续几次发生燃气泄漏和爆炸;综观所有燃气爆炸事故的发生,80% 以上都是因为管道严重腐蚀而穿孔漏气引起的,因此,已建管道和在建管道的安全检测迫在眉睫。为保证管道运输安全,国家颁布了《压力容器压力管道特种设备安全监察法规》,并于 2002 年 3 月 11 日起正式执行,规定主干线油气输送管道 3 到 5 年必须进行检测。

为解决这一问题,世界各国都投入了大量人力和财力并取得了进展。目前,普遍公认的观点是采用智能检测器对管道实施内检测是一种行之有效的方法,如果能够对管道实施内检测,准确把握管道状况并根据一定的优选原则,对一些严重缺陷进行及时维修就可以大量避免事故发生;同时也能大大延长管道寿命(见图 1-1),其经济效益是十分可观的。

一、管道检测技术简介

为了达到对管道状况有全面准确的了解,防止管道事故的发生,长期以来人们为此研究开发了许多方法和技术,使管道检测水平不断提高。管道检测可分为管道外检测和管道内检测两大类。所谓外检测是将检测设备放在管道外部来了解有关管道的情况,例如对管道的防腐层和地下埋深状况的探测;而内检测是指将检测器放在管道内,通过管道中的介质在检测器

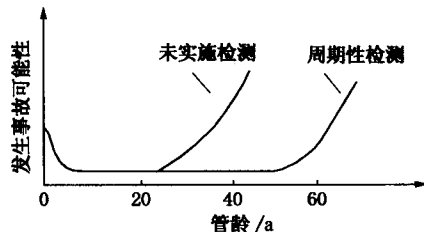


图 1-1 管龄与管道发生事故可能性关系

上的皮碗前后形成的压差使之在管道中随介质运动, 检测器将管道情况信息采集并存储起来, 然后, 利用计算机对记录到的管道信息进行分析, 从而了解管道的状况。该方法可用于检测管道的变形、腐蚀和缺陷等。

早期人们采用水压试验方法对管道进行检测, 该方法只能证明水压试验时管道哪些部分不能承受试验压力, 它不能提供管道的详细信息, 并且水压试验需要停输进行, 检测成本较大。而利用智能检测器进行检测, 是在不停输的情况下检测管道状况, 不仅成本低而且可靠性高。目前常用的内检测器主要有基于超声波原理的检测器和基于漏磁原理的检测器两种。前者是用超声波直接测量管道壁厚, 从而发现管道由于腐蚀等原因导致的壁厚变化; 而后者是通过检测器上的磁铁将经过的那段管道磁化, 磁力线在管壁中通过, 但当管道上有缺陷时, 该缺陷所在之处的磁通量发生泄漏。检测器根据这一原理将管道上各处磁通量泄漏情况记录下来, 经分析后可确定管道状况。前者的优点是准确性高, 但要求在检测前彻底清除管壁的蜡; 后者对管道清洁状况要求相对较低, 比较适合我国原油含蜡较高的特点; 但检测精度和超声波检测器比较相对低一些, 且对检测管道上的轴向裂缝有一定困难。但就我国管道状况而言, 漏磁检测器完全满足管道检测和维修的精度要求, 在我国具有广泛的应用前景。

二、管道检测经济效益分析

管道检测不仅对保证管道安全是十分重要的, 而且从长远来看, 其经济效益也是可观的。根据管道维护的策略不同, 我们可以将管道维护分为主动维护和被动维护两种。主动维护是指在智能检测器对管道实施内检测, 全面掌握管道状况的基础上, 专家根据管道安全整体策略, 全面考虑各方面因素对检测结果进行综合评判, 确定管道维修计划和方案, 最后由管道业主依此方案对管道进行维修。

对管道进行主动维护的费用主要包括:

- (1) 管道检测的费用;
- (2) 用于专家评估的费用;
- (3) 管道维修的费用。

而被动维护是指当管道因腐蚀等原因发生泄漏事故之后, 不得不进行的抢修。

管道事故发生后被动维护付出的的主要代价和损失包括如下几个方面:

- (1) 管道泄漏导致输送介质损失;
- (2) 管道事故发生后, 导致管道停输造成的损失;
- (3) 管道事故造成的环境污染及人身安全伤害损失;
- (4) 管道事故发生后, 对管道进行抢修付出的代价。而管道抢修工程比主动维护时进行的有计划的维修难度要大得多, 付出的代价也大得多。其中环境污染造成的损失和危害最为严重, 其经济价值是难以估量的。

国外有关资料介绍了更换一条管道、被动维护和主动维护三种管道不同安全策略的投资

情况, 见表 1-1。

表 1-1 三种管道安全策略成本比较

采取的措施	投资成本/(\$ /km)
更换管道	1000000
被动维护	500000
主动维护	12600

周期性管道检测和用于专家评估的投资可以从减少管道事故的损失中得以补偿。图 1-2 给出了进行管道检测与不进行管道检测时管道维护经济效益比较情况。

三、国内外管道检测现状

1. 国外管道检测情况

由于管道安全具有特殊的重要性,管道发达的西方国家早在 20 世纪 50 年代就开始了管道检测技术研究。1965 年国际著名的管道检测公司之一美国 TUBOSCOPE 公司首次采用漏磁检测器对管道实施了内检测;1973 年英国天然气公司(British Gas 简称 BG)第一次采用漏磁检测器对其管辖的一条直径为

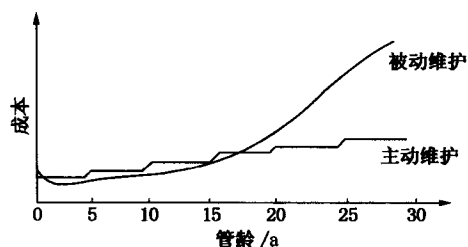


图 1-2 管道检测经济效益比较

600mm 管道成功地进行了内检测。此后,采用各种先进技术的新型检测器不断问世,特别是 80 年代末 90 年代初以来,计算机技术的飞速发展研制高效新型检测设备提供了强有力的技术保证,检测器体积不断缩小,技术含量越来越高,检测器的效率和可靠性也有明显改进,它们为保证管道的安全运行、减少管道事故造成的危害和损失发挥了重大作用。

基于对安全、经济、环境等各方面因素考虑,各国政府对管道内检测越来越重视,许多国家都制定了相应的管道检测法规。例如,1988 年 10 月美国国会通过了管道安全再审定条例,要求运输部研究与专业计划管理处(RSPA)制定联邦最低安全标准,以使所有新建及更新管道都能适应智能内检测器检测的要求;加拿大标准协会已制定出管道内检测器用于危险性液体和气体管道的标准,加拿大国家能源委员会 1995 年采用这些标准,作为法规条例,强制实施管道内检测。

不仅如此,他们还根据管道所处的不同特殊状况,定期对管道实施再检测,及时准确把握管道状况,从中找出管道腐蚀的特殊规律,从而对管道未来状况做出科学分析预测,并根据管道完整体系规范对一些严重缺陷及时修复,真正做到防患于未然。

2. 国内管道检测现状及我们的对策

我国石油天然气管道工业自上世纪 70 年代以来有很大发展,管道安全问题也越来越引起有关部门的重视。80 年代以来,开始进行管道检测器的研制开发工作,取得了一些成果。同时,也陆续从国外引进了一些先进的检测设备,对几条原油管道成功地实施了内检测,取得了令人满意的检测结果。例如,1996 年 10 月为新疆的一条 136km 长的 $\phi 273$ 管道实施内检测,检测出 4.5mm 以上深的腐蚀点 77 处,2.3~4.5mm 深的腐蚀点 234 处,2.3mm 深以下的腐蚀点 307 处,经开挖验证,检测结果准确可靠,为管道大修提供了科学依据。

尽管如此,我们和世界先进水平相比还有较大差距,管道检测工作尚属起步阶段,已检测的管道数量不足管道总量的 1/10,而且尚未对任何管道进行再检测。由于各方面原因,某些管道经营管理者对管道检测的重要性认识不足,没有充分认识到管道事故危害性。我们要加强管道检测重要性的宣传,政府有关部门应尽快制定管道安全检测有关法规,根据优选方案制定全国管道检测计划,力争尽快对全部管道实施内检测,并且定期进行管道再检测,建立管道检测信息数据库,从中找出各条管道的腐蚀规律,从而对管道现状及未来安全状况作出科学预测,采取有效措施,避免管道事故的发生。同时,还要加快智能检测器的国产化步伐,尽快赶上国际管道检测先进水平。

管道内检测是管道安全体系的重要组成部分,是保证管道安全的最经济有效的方法。我们应尽快采取有效措施,制定管道检测规范,建立完整的管道安全保证体系,并依此有计划有步骤地对管道实施智能内检测,保证管道安全平稳运行。

第二节 地下管线的分类

地下管线是埋设在地下的管道及电缆的总称，分类有如下几种方法：

1. 按用途分类

- (1) 给水管道：包括有生活用水、消防用水及工业用水等输配水管道。
- (2) 排水管道：包括有雨水管道、污水管道、两污合流管道和工业废水等各种管道，特殊地区还包括与其工程衔接的明沟(渠)盖板河等。
- (3) 燃气管道：包括有煤气管道、天然气管道、液化石油气等输配管道。
- (4) 热力管道：包括有供热水管道、供热气管道、洗澡供水管道等。
- (5) 电力电缆：包括有动力电缆、照明电缆、路灯等各种输配电力电缆等。
- (6) 电信电缆：包括有市话、长话、广播、光缆、有线电视、军用通信、铁路及其他各种专业通信设施的直埋电缆。

(7) 工业管道：包括有氧气、乙烯、液体燃料、重油、柴油，化工管道有氯化钾、丙烯、甲醇等，工业排渣管道，排灰管道等。

(8) 油气管道：包括油气田内部集输管道、站间管道及跨地区及全国联网的长输管道。

2. 按管线材质分类

- (1) 防腐钢质管道；
- (2) 铸铁管道；
- (3) 带钢丝网的水泥管道；
- (4) 玻璃钢管道；
- (5) 塑料 PE 管等。

3. 按管道的专业业主分类

如采油厂、采气厂、输油公司、输气公司、城市自来水公司、管道煤气公司等，以专业业主分类可以决定检测时由何单位牵头，经费的来源，找谁负责，检测成果归什么单位所有等。

第三节 地下管线检测方法提要

地下管线检测，不仅需要先进可靠的检测设备，还需要熟练掌握使用检测设备人和相关的理论知识及一定的检测实践经验，才可确保可靠的检测质量。如果检测人员能够掌握多种检测方法技术，并在实际工作中熟练运用，将会提高检测工程的质量。

一、探测管道位置

(1) 探测方法选择：工频法、甚低频法、直接法、夹钳法、电偶极感应法、磁偶极感应法、铁钎钻探法、开挖验证法、示踪电磁法、地质雷达法、电阻率法、充电法、磁场强度法、磁梯度法、浅层地震法、面波法、红外辐射法。

(2) 信号源的施加：发射方式选择、发射位置选择、发射接线方式选择、接地地点的选择、回路方式的选择、发射功率选择、发射信号选择、频率选择、阻抗匹配选择。

(3) 信号接收方式选择：峰值法(最大法)、谷值法(最小法)。

(4) 管道平面位置确定：环形搜索法、网格搜索法、平行搜索法。

(5) 管道走向确定：两点一线法、探头转向法、探杆指向法、一步一扫法、多点连线法。

(6) 复杂情况的若干问题：电缆与铸铁管道及防腐钢管的区分、平行管道探测、交叉管道探测、管道变深探测、分支三通探测、立体管网探测、贴地管道探测。

二、探测管道埋深

(1) 测深位置的选择及影响测深因素。

(2) 管道深度的确定：45°测深法、70%测深法、80%测深法、比值法、数字直读法、任意角度倾斜法。

(3) 深度的误差来源及修正：选点误差、干扰误差、测量误差。

三、介质泄漏点的检测

(1) 输水管道泄漏点检测：漏水原因分析法、电子仪器听音法、相关仪器分析法、流量差分析法、压力下降分析法、区域装表法、直接观察法、环境观察法、升压检漏法、直接听音法、听音杆法、示踪剂法、氢气示踪法、温度示踪法、充电测试法。

(2) 输气管道泄漏点检测：防腐层相关法、半导体气敏法、接触燃烧法、火焰电离检测法、光学甲烷检测法、气体成份比重法、分子量大小法、地面钻孔法、卤素示踪法、氢气示踪法、加臭示踪法、氦气示踪法、加压检漏法、大水漫灌法、肥皂泡法、环境观察法、训练动物闻味法、手推车检漏法、多探头检漏车检漏法、风向分析法、直接听音法、仪器放大听音法。

(3) 输油管道泄漏点探测：负压采样法、检测电缆法、流量分析法、碘 131 示踪法、无线数据监测法、超声波定位法、声波检测法、光纤检漏法、压力差分析法、实时模型检漏法、泄漏噪声检测法、系缆式漏磁检测器法、SCADA 系统法、互相关分析法、特性阻抗检测法。

四、钢质管道外防腐层状况检测

1. 埋土前检测

(1) 外观检查；

(2) 高压电火花检查：涂敷厂在线检测、便携式火花手工检测；

(3) 涂层厚度检测：涂层测厚仪的使用；

(4) 涂层粘接力检测。

2. 埋土后检测

(1) 防腐层破损点检测方法：多频管中电流法、皮尔逊检测法、直流电位梯度法、密间隔电位测试法、标准管地电位法；

(2) 接收信号方法：电流方向法、人体电容法、接地探针法、金属拐杖法、铁鞋法、磁场信号法；

(3) 破损点精确定位方法：移动参比法、固定电位比较法、等距回零法、平行于管道移动法、电流方向法、A 字架法、垂直于管道移动法；

(4) 破损点大小的检测：数字直读法、统计图表法、辐射距离法、公式修正法、DCVG + GIPS 组合判断法、磁场下降法；

(5) 破损点位置的标定：绝对距离法、相对座标法、GPS 定位法、喷漆法、打土包法、木桩定位法、彩色布条法；

(6) 破损点的开挖验证：扩坑法、直接观察法、镜面反照法、高压电火花检测法、湿布涂抹法、泥土再测电位法、涂层测厚法；

(7) 外防腐层绝缘电阻检测：电流 - 电位法、拭布法、变频选频法、多频管中电流法、百未磁场信号衰减法、静态信号下降法、一次性总距离法。

五、阴极保护运行参数检测

- (1) 管地电位测试：地表参比法、近参比法、远参比法、断电法、辅助电极法；
- (2) 牺牲阳极输出电流测试：标准电阻法、直测法；
- (3) 管内电流测试：电压降法、补偿法；
- (4) 绝缘法兰(接头)绝缘性能测试：兆欧表法、电位法、漏电阻测试法；
- (5) 接地电阻测试：辅助阳极接地电阻测试、牺牲阳极接地电阻测试；
- (6) 土壤电阻率测试：等距法、不等距法、ZC-8 土壤电阻仪的使用法。

六、管体腐蚀状况测试

1. 管外测试

磁场下降四级衰耗分析法、探坑验证法、破损处超声波剩余壁厚测试法、涂层测厚法、非腐蚀点开挖检查法、涂层老化程度检测法、土壤腐蚀速率推断法、多项缺陷积分法、综合参数异常评价法、金属挂片失重法、管道金属蚀失量检测法、管体腐蚀损伤尺寸评定法、最大安全工作压力评定法。

2. 管道内部检测

漏磁检测法、超声检测法、扫描成像法、涡流检测法、闭路电视检测。

七、管道检测成果的可靠性管理

1. 新建管道的检测

施工单位自检，监理单位抽检，委托第三方终检，三不见面，三取两胜。

2. 常规运行管道的检测

单位人员自检，领导抽检，专业检测公司检测，质监部门抽检。

上述几个方面的检测，每种仪器都有其特定的应用条件和局限性，将几种仪器配合或一种仪器的几种检测方法结合进行组合检测，将会极大提高检测结果的可靠性。

第四节 地下管线检测信号的影响因素

地下管线检测信号的影响因素很多，主要因检测原理与检测方法不同存在很大的差异，检测者熟练掌握这些影响因素，对提高检测效果，减少误判，均具有重要意义。

下面将以电磁法中的直连方法，检测地下钢管外防腐层破损影响因素为例分述如下。

1. 发射场源的影响因素

发射场源的接线位置、选择功率、阻抗匹配选择，关系到盲区的大小、管位的偏移、一次性检测距离的远近等等。

(1) 发射场源位置对检测效果的影响：发射场源位置应选择单向发射或双向发射位置接线，否则选择多支路中心点、总阀门、总泵站、无防腐层处或防腐大量脱落处，发射接线点浸泡在水中，发射信号就会就近构成回路，电磁波不向远处传输，使得远处破损点的漏电电流不能辐射到地表，从而形成漏检。

(2) 发射功率对检测效果的影响：发射功率选择，初始阶段应控制在 5~10W 之间，随着测试距离的延伸，逐步提高发射功率，这样既可节省电池电量，确保远端测试电池能量的需要，又可延长一次性检测距离，提高工作效率。

(3) 阻抗匹配对检测效果的影响：阻抗匹配的选择，接地回路电阻应控制在 $5 \sim 100\Omega$ 之间，通过除锈、给接地电极浇水、打深或拔浅接地电极等方式调节阻抗匹配。如果回路电阻过高，管线中不能形成足够的电流，在地表也就收不到磁场信号和电位场信号，也就难以分析、判断管道状况。如果回路电阻太低，大量电池能量就近构成回路，就会出现向上调节功率，功率反而下降的反常现象。

(4) 接地点对检测效果的影响：接地点位置选择关系到盲区的范围大小，发射点附近管线的位置偏移与修正方向，修正数值，测试距离的远近，单线 - 大地回路的地磁场是否分布均匀，应尽可能选择双边接地，并与管线走向成 90° 垂直分布，接地点距离管线越远越好。

(5) 信号的影响：观察数据进行比较时，首选连续信号，因连续信号数据比较稳定，当电池能量供应不足时，或外界有相同频率干扰时，才选间歇信号。

(6) 频率影响：众所周知，高频率信号在管线上衰减快，传输距离近；低频信号在管线上传输距离远，衰减慢；具有多频可选的仪器设备，根据不同的管道外防腐层状况，选择不同的频率，结合测试长度、管径、围土状况等参数分析就可大体估算出其绝缘电阻，从而推算出防腐层等级。

2. 管道位置的影响

地下管线检测信号的拾取，一般要求在管线的正上方的地表拾取信号；偏离管线正上方越远，信号会越小。无论是听音法测水漏，还是气敏法测气漏、电位法测防腐层破损，均需由探测管道位置的探管仪导向，新建管道小回填时，原管道路由还很清楚，才可不用探管仪导向，直接用检测仪拾取信号。经验表明，每偏离管道中心 1m 的距离，电位相差 400mV 左右的信号强度。

管道埋深的影响与平面位置一样，管道变深信号变小，管道变浅，信号变强。

3. 测试距离的影响

靠近发射机信号强，远离发射机信号逐步变弱，因此随着测试距离的延伸，要逐步提高发射机的功率，提高接收机的灵敏度，以补偿沿线的衰耗值。

4. 管道直径的影响

大管径管线与土壤接触面积大，衰耗快，小管径管线与土壤接触面积小，衰耗慢，在其他因素固定不变的情况下， 20W 功率的信号源，双向发射，大口径管道测试距离 5km ，小口径管道测试距离 10km ，而发射到电缆线上能传送数百公里。

5. 管道外防腐层绝缘电阻的影响

地下管道外防腐层绝缘电阻是由外防腐层破损的数目多少、大小以及材料的绝缘性能、老化程度等因素决定的，它是防腐层好坏的重要标志。优良的防腐层检测距离远，差劣的防腐层发射信号电流泄入土壤中检测距离近。

6. 破损点在管道位置的影响

如同深度变化影响一样，位于管道顶部破损，泄漏电流直接传导到地表；而位于管道底部的破损，不仅与地表传输距离远而且信号经由管道两边传到地表时被分流；位于管道两边的破损，信号传输到地表时，强度位于顶部与底部两者之间。

7. 漏铁面积大小的影响

管道上漏铁面积的大小，直接反应在地表电位辐射范围上。在管道的牺牲阳极埋设处，