

工业企业管线检测与非开挖修复

李永录 王东民

(中冶集团建筑研究总院 北京 100088)

(Central Research Institute of Building and Construction under the M.C.C., Beijing 100088)

[摘要] 地下管线是工业企业基础设施的重要组成部分,是企业赖以生存和发展的物质基础,被称为“生命线”。随着企业的发展,需要对部分管线进行探测和采取必要的修复措施。本文主要介绍了一些地下管线的探测方法和非开挖修复方法。

[关键词] 管线安全 探测 管线测漏 非开挖技术 修复

ABSTRACT: As a key component of enterprises' infrastructure, pipelines network, which is called as "lifeline", is the material base of the development of enterprises. With the rapid development of China's economy and, scales of enterprises expand increasingly, it is critical for us to investigate all pipelines of our factories, whether the pipes are on the ground or underground. Any flaws and defects of pipelines may be paralyze the whole system of manufacture. In this article, we will introduce some detection and trenchless renovation techniques of pipelines.

KEYWORDS: Security of pipelines Detection Seeking leakage of pipelines Trenchless technology Renovation

地下管线是工业企业基础设施的重要组成部分,是企业赖以生存和发展的物质基础,被称为“生命线”。对企业地下管线管理和利用水平直接标示着一个企业的管理水平和信息化水平,另一方面企业建设与发展对地下管线的依赖性也越来越强。但是,由于历史和现实的各种原因,企业地下管线及其管理滞后于企业的发展和国际同行业水平,表现在地下管线资料无法反映现状、埋设混乱以及缺乏对管线的统一协调和管理,其已成为企业建设和发展的瓶颈。

对于已有管线的管理,长期以来存在着重视地上,忽视地下的问题,没有一套科学和严格的管理,重使用、轻维护,是目前工业企业地下管线使用中普遍存在的情况。通常地下管线某一处的微小损伤,都可能引起管网的整体瘫痪,严重制约了企业的发展与壮大。对企业的地下管线进行定期的检测和修复已经成为企业发展迫在眉睫的工作。

1 工业企业地下管线检测

目前,工业企业中多数管道已经使用许多年,而且相当一部分管道处于地下,其具体使用状态是否满足企业正常生产的要求尚不得而知。因此,对地下管线进行定期检测和维护,有利于保证企业生产的正常进行。地下管线检测包括地下管线探测定位、腐蚀状况检测、泄漏检测等。

1.1 地下管线探测定位

我国工业企业的地下管网大多已使用多年,早期铺设的地下管线多数为金属管线,所以目前对工业企业地下管线的探测以金属管线探测为主。近年来,企业进行地下管线新修复或新敷设,已经开始采用非金属管材,如聚氯乙烯(PVC)或聚乙烯(PE)等塑料制成的管材,对这些管线的探测可以采用非金属管线探测技术。随着非金属材料管材的逐步推广应用,非金属管线探测有逐渐上升的趋势。

近些年来随着地下管线探测工作的进行,国内已有不少科研单位、院校和厂家,先后研制成功并批量生产各类型号地下管线探测仪器,如上海微波技术研究所生产的GXD型、中国地质大学生产的GX型、中兵勘察设计研究院生产的BK型、北京世超公司生产的PGD型等,均先后被一些管线探测单位用于管线探测工程中。随着我国地下管线探测工作的开展,美国、英国、德国、日本、瑞典、俄罗斯等国产的探测仪器亦先后进入我国。在我国地下管线探测仪器市场上,销售较多的为英国、美国及德国产的各种型号的探测仪器。无论是国产的,还是进口的各种探测仪器,尽管其型号及生产单位(国)不同,其原理均相同,只是采用的线路、结构、材质、技术不同而制造成的。

1. 金属管线探测定位

(1) 充电法

对于有暴露点的金属管线探查十分有效。探查时,将探测仪的发射机专用电缆线与待探查的目标管线暴露点相连接,保持良好的电性接触和接地条件,使目标管线带电产生磁场,保持与发射机相同的频率,沿管线前进方向左右搜寻,根据接收机上显示的目标管线产生的磁场信号强度,对目标管线进行定位追踪。

(2)电磁感应法

主要用于探测直埋地下的金属管线。在已知目标管线大致走向水平放置下,将探测仪发射机平行于目标管线走向水平放置于地面,打开电源,使发射机产生的电信号感应到待查的目标管线上,使之发生磁场,操作者持接收机垂直于目标管线走向进行搜索探查,根据接收机上显示的磁场信号强度对目标管线进行定位追踪。

(3)长导线法

对接收信号较弱的目标管线,由于不能精确的定位和连续追踪,宜采用长导线法,此方法要求目标管线至少有两个暴露点,且能布设长导线。

2. 非金属管线探测定位

(1)示踪法

包括导线示踪和探头示踪。主要用于非金属自流管线的探查。该方法是将导线或探头放入管线内,用接收机搜寻导线或探头的位置,以此确定管线的走向、位置及埋深。

(2)探地雷达探测法

对于非金属压力管线,示踪法是无能为力的,只能采用探地雷达探测法对目标管线进行定位。此方法是利用探地雷达在现场对拟测目标管线作横断面扫描,通过对电磁波图像的识别和解释来确定拟测目标管线的埋深和位置。该方法也可解决其它非金属管线或金属管线的重点疑难问题。

1.2 地下管线腐蚀层检测

厂区地下水、各种土质和排出物影响成分比较复杂,随时间增长,地下金属输水、输气管道腐蚀将日趋严重。因此,必须将漏水、漏气等事故消灭在萌芽状态(而非去被动修补管道),适时局部修理或更换更为有效。从而,应利用管壁损伤状态监视装置,及时检测金属管道的腐蚀情况,判定最佳修理部位和时间。对地下管道安全管理做到防患于未然,为防止管道腐蚀,延长管道寿命,为管道维修计划和阴极保护系统整改计划提供科学依据,使地下管道维护管理重点化、有序化和科学化。

由于工业企业生产工艺的连续性要求,对地下管网的腐蚀层检测应尽量不影响企业的正常生产,通常采取地面无损检测方法。目前应用的地面无损检测方法有以下几种。

1. 管体电位测量

直接测量管体上的腐蚀电位,根据管体上腐蚀电位的分布特征判断腐蚀(阳极)部位。

2. 管地电位测量

通常用于测量管地之间的直流电位和纵、横向电位梯度,也可以测量交流电位和电位梯度。在没有包覆层(例如铸铁管道)的情况下,可以通过管地电位测量来查明管体上的腐蚀阳极区(段);在有包覆层的情况下管地电位测量更多地用于检测阴极(牺牲阳极)保护作用,除了作为调整阴极保护电流大小的依据以外,还可以定性地分析管道防腐层的绝缘性能好坏。

3. 涡流法

该项技术基于激励涡流衰变原理:从地面所采集的脉冲瞬变数据体中分离、提取与被测管道直接相关的时变信息,计算检测点处理设管体的金属蚀失量和防腐层绝缘电阻;根据蚀失量和绝缘电阻的大小及其随年度的变化速率评价埋地管道腐蚀程度和状态,预测在线管道(段)运行寿命。

4. 超声波法

将超声波探测器置于待测管道内并向前推进,超声波发生源向管壁发射波长极短的声波,检波元件拾取管壁两个侧面的反射信号,经处理后给出管壁疵点展开图,从中可以辨识管体内、外壁腐蚀位置、腐蚀面积、蚀坑深度等,是一种较直观的检测手段。

5. 漏磁测量

利用漏磁原理检测管体对电磁波的“吸收”程度,继而分析管体导电、导磁特性的变异及其分布并做出腐蚀状况评价。

6. 变频-选频法

通过被测管路的某个标桩向管体和大地之间加载一定功率的交流信号,在另一标桩处检测管体与大地之间同一频率的信号,同步地改变发、收频率直到接受功率是发射功率的5%以下即可认为“损耗殆尽”,然后利用两标桩之间管体长度、管道直径、管壁厚度、防腐绝缘层的材料损耗角正切、土壤特性阻抗等有关物理量计算两标桩之间管道防腐绝缘层的漏电阻。

7. 电流衰减法

通过观测加载于管道上的交流信号在地表引起的磁场,继而利用载流导线磁场原理换算出等效电流,然后根据等效电流梯度大小定性地评价防腐绝缘层绝缘性能好坏、确定防腐绝缘层破损创面的大体位置。

8. 电位梯度法

本法是在地面测量由管道防腐绝缘层破损创面漏入大地电流的分布状态,通过变向点(地表电位零值点)确定破损位置在地表的投影并根据等位线形状判断创面大小和范围,仔细分析等位线和等梯度线特征还可以确定破损创面的空间位置。

9. 电磁波检测法

通过向管道加电磁波信号,进行地下金属防腐管道精确定位、管道深度测量、防腐层的漏蚀点检测、长距离管线追踪等,并为地下管线的穿越工程提供可靠的标定依据。

各种测试方法所用原理分别为利用声音、超声波、电磁波、电流、电压等的差进行测试,由于现场条件的不同,如周围有噪声会影响信号的接收,周围介质不同会影响信号的传递,周围有磁场或管道与电导体的接触会影响电流电压的变化等,测试方法和手段应不同,可采用一种或多种综合手段。

1.3 地下水管线测漏

地下水管随着使用时间的增加而逐渐老化,水泄漏问题也越来越普遍。明漏较为容易发觉易于及时修补,然而暗漏则由于泄漏点很隐蔽复杂,常被人们忽视,从而给企业造成巨大损失。地下管线泄漏还会影响生产,引起地基沉降等严重后果。因此,及时查漏修复地下管线是十分必要的。

当自来水管道的破裂时,在破裂处急速喷出的水流,冲击管道周围的介质,从而产生具有特殊频率的漏水音,由周围介质及管道传播到地面。采用特殊的拾音器探测到漏水音,就可以探测到漏水的位置。常用的测漏方法有以下几种。

1. 水压调查

采用水压计监测管道的水压,从而对漏水状况进行分析,确定重点测漏范围。

2. 阀栓听音调查

利用听音棒对管道附属设备(阀门、消火栓、水表)进行100%的听音调查,以听取从漏水点传播至阀栓上的漏水音,从而发现漏水异常区段。

3. 路面听音调查

利用漏水探知机在地面上沿管道走向进行100%的路面听音调查。具体工作方法:探测间距50~70cm,异常点处要求小于20cm,并在异常点处反复进行听向分析,以确定异常点位置。为避免干扰,一般在晚上11:00至凌晨5:00内进行作业。

4. 相关分析调查

在路面听音无法进行的复杂地段、重要异常点、难以确认及条件相当复杂的异常区域,做详细的相关分析调查,利用相关仪对供水管道进行相关分析,以确定是否漏水并判断漏水点位置。

有时由于周围环境的干扰,难以确定漏水点的位置,可以对有漏水异常的点和区片,采用综合方法,对其进行详细调查,最终确定是否漏水,并确定漏水点位置。

2 非开挖修复

企业地下的污水管道、自来水管、煤气管道、供热管道、动力电缆和通讯电缆等组成了维持企业正常生产和运行的庞大地下管网。随着企业的发展以及生产规模的不断扩大,原有管线经过多年的使用,已经难以满足企业正常生产的要求,需要进行更换或修复。

需要更换或修复的管道一般周边还充塞着其他的一些污水、雨水、煤气、热力管道和电力、通讯电缆等其他的管道和设施,甚至部分管线上还骑压着建筑物或完全处于道路下方,传统意义上的开挖施工将严重影响企业的正常生产,也可能对其它一些管道、电缆等地下设施造成毁坏。

随着非开挖技术的不断发展和完善,解决这一问题最好的方法就是由此而生的非开挖管道更换和修复技术。首先从技术上来看,我国的非开挖技术和设备在近几年来一直高速发展,在管线探测、修复领域已经有了很大的成就。国外成熟的技术和先进的设备可以给企业地下管线的非开挖修复提供技术保障和支持。其次从经济上来看,随着地下管线的埋深越来越深,开挖施工和非开挖施工时每米管线的施工成本存在一临界埋深值。当管线埋深高于该临界值时,开挖施工成本将高于非开挖成本。

2.1 传统的内衬法(插管法)

传统的内衬法或插管法是使用得最早的一种非开挖地下管道修复方法,适用于各种地下管道的修复。施工时,将一根直径稍小的新管直接插入或拉入旧管内,然后向新旧管之间的环形灌浆,

予以固结。新管可以由聚乙烯管预先对接焊而成的连续长管,也可以是一节一节的短塑料管、玻璃钢管,在工作坑连接后分别送入旧管内。传统内衬法的优点是简单易行、施工成本低;其主要缺点是修复后管道的过流断面损失较大。

2.2 改进的内衬法

改进的内衬法或紧配合的内衬法是在施工前先将新管(主要是聚乙烯管)通过机械变形,使其断面产生变形(直径变小或改变形状),随后将其送入旧管内,最后通过加热、加压或靠自然作用使其恢复到原来的形状和尺寸,从而与旧管形成紧密的配合。这种非开挖管道修复方法可以减少修复后管道过流断面的损失。

按照新管变形的方法不同,可将改进的内衬法分为三种:(1)冷轧缩径法,一般可使直径缩小10%;(2)拉拔缩径法,一般可使直径缩小7%~20%;(3)变形法,如折叠成“U”形断面。

2.3 软衬法(原位固化法)

软衬法,也称原位固化法,是在现有的旧管内壁上衬一层热固性物质,通过加热(利用热水、蒸汽或紫外线等)使其固化,形成与旧管紧密配合的薄衬管,而管道的过流断面几乎没有损失,但流动性能大大改善了。使用这项技术修复的管道寿命可达30~50年。

软衬法是目前最受欢迎的非开挖管道修复施工法,自1971年首次投入使用以来,在全世界用此法修复的管道总长度已超过6600km。

软管的置入方法有两种:翻转法和绞拉法。

2.4 缠绕法

这种方法主要用于修复污水管道。施工时,借助螺旋缠绕机,将聚氯乙烯(PVC)或聚乙烯(PE)等塑料制成的带连锁边的加筋PVC条缠绕在旧管的内壁上形成一条连续的管状内衬层。通常,衬管与旧管之间的环形间隙需要灌浆。

2.5 喷涂法

喷涂法主要用于管道的防腐处理,也可用于在旧管内形成结构性内衬。施工时,高速回转的喷头在绞车的牵引下,一边后退一边将水泥浆液或环氧树脂均匀地喷涂在旧管道的内壁上,喷头的后退速度决定喷涂层的厚度。

2.6 浇注法

浇注法主要用于修复大口径(大于900mm)的污水管道。施工时,先在污水管的内壁固定加筋材料,安装钢模板。然后向模板后注入混凝土和

胶结材料以形成一层内衬。混凝土固化后,拆除模板并移到下段进行施工。

2.7 管片法

管片法是使用预制的扇形管片在大口径管道内直接组合而形成内衬。通常,这种内衬由2~4片的管片组成。管片的材料可以是玻璃纤维加强的混凝土管片(GRC)、玻璃钢管片(GRP)、塑料加强的混凝土管片(PRC)、混凝土管片或加筋的砂浆管片。管片组合后,通常需要在环形空间进行灌浆。

2.8 局部修复法

当管道的结构完好,但存在局部性的缺陷(裂隙或接头损坏)时,可考虑使用局部修复的方法。局部修复法要求解决四个基本问题:(1)使松散、分离的未加筋的旧管具有类似石砌拱的承载能力;(2)提供附加的结构性能,以有助于受损坏的管能承受结构荷载;(3)提供防渗的功能;(4)能代替遗失的管段。

局部修复法主要用于管道内部的结构性破坏以及裂纹等的修复。目前,进行局部修复的方法有很多,主要有:密封法、补丁法、铰接管法、局部软衬法、灌浆法、机器人法等。

辩证地看,任何技术均有其两面性。比如:因其材料不同、特点不同、工艺方法不同,所适用的管道情况和质量检测方法也不同。这就要求在管网修复改造过程中,结合地下管网的实际情况及地质情况,选用适合的非开挖修复方法,以达到科学修复、事半功倍的效果。

3 结语

随着企业规模的不断扩大,原有地下管线需要进行不断地改建和扩建,通过检测我们可以了解地下管线的使用状态。在进行原有管线的改建和扩建时,采取非开挖修复技术可以快速、便捷、经济地达到预期目标。随着高新技术的发展,地下管线检测和非开挖修复技术也在不断进步,为企业生命线系统提供了强有力的技术支持,是维持企业正常生产和运行的有力保证。

参考文献

- [1]李永录.工业企业防震减灾工作指南.北京:冶金工业出版社.2005
- [2]颜纯文,D.Stein.非开挖地下管线施工技术及其应用.北京:地震出版社.1999
- [3]区福邦.城市地下管线普查技术研究与应用.南京:东南大学出版社.1998
- [4]许兴中.内穿插HDPE管修复技术在大口径给排水管道修复中的应用.城市地下管线管理与信息化建设交流研讨会/中国城市规划协会地下管线专业委员会年会论文集.2006

作者: 李永录, 王东民, Li Yonglu, Wang Dongmin
作者单位: 中冶集团建筑研究总院, 北京, 100088
刊名: 特种结构 **ISTIC**
英文刊名: SPECIAL STRUCTURES
年, 卷(期): 2007, 24 (3)

参考文献(4条)

1. 李永录 [工业企业防震减灾工作指南](#) 2005
2. 颜纯文;D.Stein [非开挖地下管线施工技术及其应用](#) 1999
3. 区福邦 [城市地下管线普查技术研究与应用](#) 1998
4. 许兴中 [内穿插HDPE管修复技术在大口径给水管道修复中的应用](#) 2006

本文读者也读过(10条)

1. 石磊, 宋宏胜 [谈如何搞好城市管线工程的规划与管理](#)[会议论文]-2002
2. 马雷, 田中旭, 邸义, MA Lei, TIAN Zhongxu, DI Yi [地下管线检测中的曲线重构算法](#)[期刊论文]-[机床与液压](#) 2006(11)
3. 张明威, 钱晋武, 章亚男, 邵文韞, 沈林勇, ZHANG Ming-wei, QIAN Jin-wu, ZHANG Ya-nan, SHAO Wen-yun, SHEN Lin-yong [地下管线形状检测中的缆线收放新机构设计](#)[期刊论文]-[机电工程](#)2006, 23 (6)
4. 宋文波, 崔洪庆, 宋文杰, SONG Wen-bo, CUI Hong-qing, SONGWen-jie [探地雷达在非开挖探测中的应用](#)[期刊论文]-[工程建设与设计](#)2005(11)
5. 周勇, ZHOU Yong [排水管道的内窥检测技术](#)[期刊论文]-[中国市政工程](#)2007(1)
6. 肖勇, 何仁洋, XIAO Yong, HE Ren-yang [电流衰减法在半沙漠环境中三层聚丙烯防腐层检测中的应用](#)[期刊论文]-[管道技术与设备](#)2006(5)
7. 林长计, Lin Changji [电子技术在管道检测中的应用](#)[期刊论文]-[电子科技](#)2010, 23(10)
8. 唐万银 [非开挖施工中地表沉降的原因分析和监测方法](#)[期刊论文]-[中国科技纵横](#)2010(17)
9. 刘慧冠 [浅谈非开挖定向钻进技术拖拉管——在机场路V标给水管道工程穿越京杭大运河中的应用](#)[期刊论文]-[城市建设](#)2010(36)
10. 朱其康, Zhu Qikang [埋地液化气管道外防腐层检测及评价](#)[期刊论文]-[化工设备与管道](#)2008, 45(4)

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_tzjg200703014.aspx