

# 原位同管径换管技术及其在煤气管道改造中的应用

吴礼林<sup>1</sup>, 李 兰<sup>2</sup>, 罗灿保<sup>3</sup>, 潘思发<sup>3</sup>

(1. 中国地质科学院勘探技术研究所, 河北 廊坊 065000; 2. 深圳市燃气集团股份有限公司, 广东 深圳 518100; 3. 宜春深燃天然气有限公司, 江西 宜春 336028)

**摘要:**结合宜春深燃有限公司城市煤气铸铁管改造工程, 详细介绍了原位同管径换管技术施工工艺及技术要点。

**关键词:**原位同管径换管; 换管机; 裂管头; 铸铁管; 非开挖铺管

中图分类号: P634 文献标识码: B 文章编号: 1672-7428(2014)12-0075-05

**Technology of In-situ Pipe Replacement with Same-diameter Pipe and Its Application in Gas Pipeline Transformation/WU Li-lin<sup>1</sup>, LI Lan<sup>2</sup>, LUO Can-bao<sup>3</sup>, PAN Si-fa<sup>3</sup>** (1. The Institute of Exploration Techniques, CAGS, Langfang Hebei 065000, China; 2. Shenzhen Gas Corporation Ltd., Shenzhen Guangdong 518100, China; 3. Yichun Shenran Gas Co., Ltd., Yichun Jiangxi 336028, China)

**Abstract:** Combined with the cast iron gas pipeline transformation project in Yichun, the paper details the operation process and the key technical points of in-situ pipe replacement with the same-diameter pipe.

**Key words:** in-situ pipe replacement with the same-diameter pipe; pipe replacing machine; pipe-breaking head; cast iron pipe; trenchless pipelaying

## 0 前言

城市煤气管道是针对输送煤气而设计的城市燃气管道。在中国许多大中城市中都有应用, 其设计和建设时间较早。近年来, 随着天然气的高度开发利用, 多数城市都置换成了高效清洁的天然气, 考虑到城市建设、节约投资成本等问题, 许多城市都是直接由煤气管道改输天然气, 但是, 这种简单的置换给原煤气管网带来一系列的问题, 表现在以下几个方面。

(1) 煤气管道泄漏问题。由于人工煤气的成分和天然气不同, 煤气中含有水蒸气、粉尘和碳氢化合物等对管道接口中的橡胶圈、油麻等密封材料有湿润作用, 这些密封材料因受潮而饱和膨胀, 增加了接口的密封性, 但是, 天然气是一种比较干燥的气体, 当煤气管道长期输运天然气时, 这些密封材料就因为干燥而产生收缩, 从而引起管道的泄漏。

(2) 煤气管道老化。煤气管道多数是 20 世纪八九十年代铺设的, 主干网多数是铸铁管, 使用期多数十几年至二十多年或以上, 不可避免地存在着各种各样的管道缺陷, 特别是铸铁管的腐蚀问题, 由于铸铁管内腐蚀, 多数铸铁管管壁都会变薄, 同时铸铁管的密封材料也存在着老化的问题。

(3) 煤气管道破坏性。随着城市各种地下网管的建设, 多数城市的旧煤气管网都受到不同程度的

破坏和干扰, 特别是铸铁管, 它是插接式联接, 抗干扰性较差, 铸铁管本身也是一种脆性管, 没有弹性, 当有外力作用时, 很容易影响到它的接口处的密封。

(4) 煤气管道运行压力较低。原设计的中压煤气管大多运行压力较低, 多数为 0.5 ~ 0.15 MPa。当改输天然气后, 运行压力更低, 多数只能维持在 0.07 MPa 或更低, 原来城市煤气使用普及率较低, 但是随着城市燃气的发展, 城市燃气使用率的提高, 城市燃气量也大幅上升, 多数煤气管网改输天然气后满足不了城市用气量的需求。

以上原因总结为煤气管道因老化等问题存在较为严重的燃气泄漏, 从而埋下很大的安全隐患, 其次是大量的城市燃气泄漏也很浪费, 也有部分煤气管由于只能低压运行而满足不了城市的用气量需求。所以许多城市燃气公司需要改造这些旧的煤气管道, 但是如何合理、有效地快速改造煤气管道是不少城市燃气公司要面对的难题。我们利用原位同管径换管技术在江西宜春市宜春深燃天然气有限公司城市煤气管道改造中很好地解决了这些难题, 取得了很好的经验。

## 1 同管径原位换管技术

### 1.1 技术原理

收稿日期: 2014-09-05; 修回日期: 2014-11-26

作者简介: 吴礼林(1972-), 男(汉族), 湖北大冶人, 中国地质科学院勘探技术研究所项目经理、高级工程师, 勘察机电与工程专业, 从事非开挖技术研究及工程管理工作, 河北省廊坊市金光道 77 号, wulilin2005@sohu.com。

原位同管径换管技术是在原有旧管道的基础上破碎旧管道,同时拉入同管径新管道的原位铺设新管道的一种新的非开挖铺管技术。其过程主要是边破碎旧管道,同时把破碎的旧管道挤入土中,紧随其后拉入新的同管径管道。

## 1.2 原位换管设备及组成

原位换管设备多数由动力站、换管机、钻杆、裂管头组成(如图1所示)。

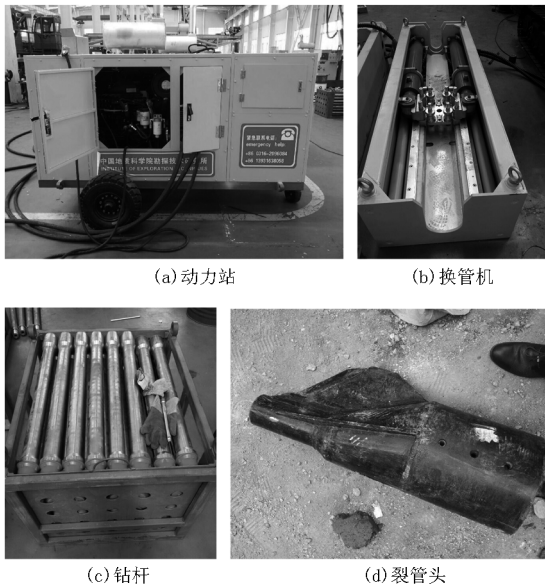


图1 原位换管设备

裂管头上有切割的刀具和胀管头,钻杆是连接换管机和裂管头的。裂管头后面连接着新管道。

换管机的动力来自动力站及其液压系统。

## 1.3 技术特点

可以在旧管道上进行管道置换成新的同管径管道,无需要设计新的管道路由,也可以扩大一、二级管径铺设新管道,从而增大新管道的输送能力。其施工工艺不同于定向穿越技术,在定向穿越技术里难免会产生大量的泥浆,造成城市污染,原位换管技术则不会产生任何泥浆,其工艺更加环保。此外,和其它的非开挖及开挖铺管工艺相比,其效率更高,它是一次性完成裂管和换管工作。

## 2 原位换管技术工艺

原位换管技术工艺根据施工先后次序分为以下几步:(1)地下管线勘查;(2)设计分段开挖工作坑;(3)氮气置换及安全检测;(4)管道内窥镜系统(CCTV)检查旧管道及处理;(5)原位裂管换管。

### 2.1 地下管线勘查

在所有地下管道工程中,地下管线的勘查是首

要的,也是必须先行的,虽然是原位换管,但是考虑到城市综合管网较多,各种地下管网相互交叉是难免的。为了避免对周围其它管网产生破坏,施工前要详细勘查相邻的地下管线,从而采取正确的保护措施。在地下管线勘查时也要查明所换的旧管道走向及埋深。

### 2.2 分段设计和工作坑开挖

分段设计就是根据旧管道的实际情况把需要置换的旧管道分成若干段来施工,合理确定每次换管的长度,每段的两端是工作坑,其中安放设备的工作坑为主坑,另一个为副坑。主坑的开挖深度原则是确保换管机中的钻杆和旧管道的中心平行,副坑的深度是挖到旧管道的管底即可。主坑的长度约为4 m、宽1.5 m,副坑长度是要确保新管道能被弹性拉入旧管中,新铺的管道越深,管径越大,所需的坑长就要长些。以管道埋深1.5 m,换成DN400PE管为例,需副坑6 m长、1.5 m宽(确保最后能有热熔机安放的宽度)。

由于原位换管技术是在原旧管道里进行换管。考虑到原旧管道铺设时难免会有弯头、凝水缸、三通等结构,这些结构是要进行预处理的。因为原位换管设备中的钻杆是刚性钻杆,它的弯曲半径是有限的,如果管道中有大于 $15^\circ$ 的弯头,那么钻杆很难通过,若是凝水缸,也会阻碍钻杆通过,如果有三通,也要考虑是否保留,同时也要考虑是否断气等。所以,这些障碍要提前处理,多数是开挖处理掉,当然最好把这些不能通过钻杆的点设计在工作坑的位置上,从而减少土方开挖量。

分段设计在原位换管技术里非常重要,它直接影响到换管的效率和安全性,这在后面实例中将重点介绍。

### 2.3 氮气置换及安全检测

每段开挖前,先关闭该段上所有阀门,然后进行燃烧放散到常压,然后关闭放散口,保持一天以上时间后,再用压力表和水柱表进行测压,检测阀门是否有内漏,并进行如下处理:

(1)如无漏,则可进行氮气置换,开挖切断管道,并拆下阀门后面的螺栓安装盲板封堵后实行裂管或穿管施工;

(2)如有微漏,可先安排开挖出管道,然后氮气置换,在阀门后端切断管道,拆下阀门后端螺栓并加装盲板封堵管段末端后,实行裂管或穿管施工;

(3)如泄漏大,应再关闭阀门前后端的阀门或通过中压调压站的调压降低整个中压管网的供气压

力到低压,然后开挖出管道、氮气置换,再切断阀门后管道,拆下阀门后端螺栓,加装盲板封堵管道末端后,实行裂管或穿管施工。

在裂管或穿管施工过程中,维护部要派人对工作坑管道端口的燃气浓度进行检测,并做好记录,确保施工安全。

#### 2.4 CCTV检查及处理措施

管道内窥镜系统(CCTV)检查,主要是为了检查煤气管里是否有异物、杂物、变径、局部变形等情况。如果有异物,是否要处理,这要根据异物大小、性质来判断;如果是变径,则要采用合适的裂管刀具来裂管;如果是局部变形则要分析变形的原因,若是旧管道周围的建筑物等的影响,则要考虑是否除去该障碍后再换管。总之,了解管道内部情况后才能合理处理这些异常情况,从而保证换管顺利进行。

#### 2.5 原位换管施工

开挖好工作坑后,在主坑中做好挡土撑板的安装工作,确保换管设备在施工时产生100多吨拉力时不破坏主坑的坑壁,从而保证换管设备的钻杆不偏移,换管设备要紧贴挡土板。

换管前,把钻杆从旧管道中穿过去,然后在钻杆后面连接胀管器,胀管器是一个圆锥形胀头,刀具安装在胀管器前方的锥面上,胀管器后面紧连着新铺管材的拉管头,拉管头后面紧连着新铺的管材。当启动换管设备换管时,胀管器一边破碎旧管道同时把旧管道的碎片挤入土体中,一边拉入新管道。

### 3 工程应用实例

原位同管径换管技术在宜春深燃天然气有限公司城市煤气管道改造中得到了成功应用。

#### 3.1 工程概况

宜春煤气中压管道是20世纪90年代修建的,全长12 km左右,至今已近20年使用期。最初该管道的设计是输送煤气的,管材使用DN400 mm铸铁管。铸铁管接头使用橡胶圈密封,采用插接式法兰连接。随着天然气的普及利用,宜春深燃天然气有限公司改输天然气。改输天然气后,使用压力为0.07 MPa,但是由于铸铁管老化、腐蚀、密封圈收缩而引起的漏气等系列问题,使得维护运营非常困难,经常发生旧管道抢修事件,整个旧管道运营期间存在着很大的不安全因素。

根据宜春深燃天然气有限公司每天对城市管网的漏气量测算,漏气量非常惊人,2013年的漏气量为总用气量(每天用气量15万 $\text{m}^3$ 左右)的7%,每

天漏气约1万 $\text{m}^3$ ,每立方米气以3元计算,经济损失很大。如今天然气气源较缺,而且气价还会上涨,如果能减少这些漏气损失,会给公司带来巨大的经济效益。

此外,该管道建设时是围绕着宜春市外环而修建的,而现在随着城市的扩展,这些中压煤气管道都位于城市人口较密集的主干道上。因此,如何快速更换旧煤气管道,消除这些不安全隐患是宜春深燃天然气有限公司所要急需解决的问题。经过相关技术人员多次讨论及论证后,决定采用原位同管径换管技术对旧管道进行改造。

#### 3.2 施工设备、机具的选择

施工前我们对该工程要改造的旧铸铁管的形状、尺寸、结构作了细致的了解和分析。铸铁管一头是平口,另一头是带台阶的喇叭口,DN400 mm的铸铁管平口端外径是400 mm,接头喇叭口部分最大的外径是580 mm,两根铸铁管插接时,是一根铸铁管的平口端插入另一根铸铁管的喇叭口端,平口端套上密封圈,密封圈后面有一活动卡盘(见图2 铸铁管安装示意图),活动卡盘也是铸铁管,活动卡盘前端顶在平口铸铁管的外密封圈(密封圈由橡胶圈和硬塑料圈组成,见图3b)上,卡盘的另一端(带螺丝眼)和铸铁管的喇叭口(带螺丝眼),由螺丝连接(活动卡盘形状见图3a),这样连接处就相当于有三层管,每层铸铁管管壁厚为12.5 mm。此处是裂管阻力的重点。

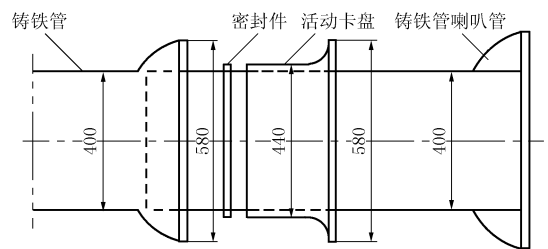
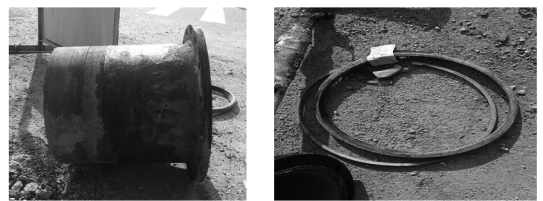


图2 铸铁管安装示意图



(a) 活动卡盘

(b) 密封组合圈

图3 卡盘及密封组合件

在此处如何裂管有2种方案:一种是采用切割刀具先把铸铁管切开然后再胀裂,这样裂管比较容易,但是由于铸铁管外径不统一,刀具的切割尺寸必

须要大于 580 mm, 否则, 刀具在切割 400 mm 管径处就容易伤害到其它邻近的管线; 另一种是直接胀裂, 这样胀裂时遇到的阻力很大, 工作坑的修建要非常牢固, 同时设备的功率要足够大。

考虑到旧铸铁管是人工开挖铺设的, 埋深在 1.5 m 左右, 那么工作坑就不需太深, 工作坑的土体是回填土, 不会太密实, 能提供的反作用力有限, 所以选用了先切割再胀裂的施工组合机具来施工。经过分析, 这种换管工艺的阻力应该小于 500 kN, 一般的基坑都能满足 500 kN 的抗压。

切割刀具采用合金工具钢来制作, 最终调质完成后 HRC(洛氏硬度) 达到 60~65 度, 远高于普通铸铁管的硬度。刀具采用非等腰的三角形设计, 底边是底座, 底座要厚些便于焊接, 两斜边是切割刀具面, 整个刀具焊接在胀管头锥面时(图 1d), 长斜边朝前布置起到主要切割作用。刀具底座总长 350 mm, 主切割刀具长 200 mm, 刀具底座厚 50 mm。胀管头的直径设计为 480 mm, 大于旧管道直径 80 mm, 刀具焊接好后的切割直径达到 600 mm。

采用先切割后胀管的工艺施工, 要做好详细的地下管线调查工作, 才能确保施工安全。

为确保该工程安全顺利完成, 选用了 120 t 的裂管机, 管线探测仪用美国里奇的专用管线仪, CCTV 窥视镜采用 Ø90 mm 的高清晰摄像头, 该摄像头成像清晰, 完全能满足要求。

### 3.3 施工中出现的問題及解决办法

#### 3.3.1 主坑的修建及裂管机的安装

主坑的靠背是通过挡土板和换管设备的受力端紧紧相邻的, 当换管工作启动时, 换管设备的受力端就会顶在挡土板(是很厚的钢板)上, 挡土板的压力则传到主坑的坑壁上。所以, 主坑的坑壁要承受很大的压力。主坑的坑壁要修理整齐, 和挡土板要紧密相贴, 同时, 主坑坑壁面要和裂管设备的钻杆受力方向尽可能保持垂直, 否则, 换管机在受力时因钻杆受力偏移会产生力矩从而导致换管机产生移位, 这样换管机的钻杆就不能居于旧管道中, 钻杆后面的刀具及胀管器也会产生偏移, 换管的阻力就会大增, 从而有可能因阻力超过换管机的最大拉力导致换管失败。严重的换管机位移现象还有可能造成钻杆断裂。

在实际施工中置换一段长 120 m 铸铁管时, 由于下大雨, 浸泡了主坑, 致使主坑坑壁松软, 造成了换管机发生向左位移时, 换管拉力立刻从 200 kN 上升到 600 kN, 而且换管工作也没有进尺, 同时拉力

还有上升的趋势。施工人员及时停下来整理主坑, 重新安装好换管设备, 然后继续换管, 换管阻力立刻减小恢复正常, 拉力一直没超过 300 kN。

由于多数煤气管是沿路铺设, 不可能总是直线段, 或多或少有一些弯曲弧线, 而且在设计埋深上都是有规范的, 管道的埋深也是顺着地形起伏而建的。所以, 主坑的开挖要考虑这些因素, 目的是要使主坑开挖方向有利于安装裂管设备时保证推拉钻杆方向和原煤气管的埋设走向基本一致。这样, 在裂管前裂管设备的钻杆能比较顺利地穿过原煤气管。在裂管过程中钻杆受力时能尽量保持钻杆处于煤气管的中心位置, 有利于减小裂管的阻力。在实际施工中有一处是有一个向左偏移的小夹角的管线段。当时, 安装设备时没太注意, 当推钻杆时, 钻杆推进 30 m 时就遇到很大阻力, 经分析和勘察, 原来是钻杆头顶在了煤气管弯曲段的侧壁上。后来, 及时修整主坑尺寸、调整裂管设备的角度, 使钻杆方向和原煤气管方向基本一致, 很快钻杆就顺利穿过旧管道。

#### 3.3.2 刀具合理布置避让其它地下管线

该工程施工前, 对地下各种管线做了大量探测工作, 其中只有一些雨水管道和煤气管道在煤气管正上方约 0.5 m 的地方交错, 煤气管左右的其他管线相距较远。煤气管下方没有任何管线, 所以施工时, 我们让刀具方向朝下, 切割铸铁管的下方, 从而保护了其他地下管线。施工完成后, 检查和煤气管交错的雨水管, 雨水管没受到任何影响。

#### 3.3.3 保护新铺管材的措施

在原位换管技术中主要是采用挤压的办法把铸铁管的碎片挤入周围的土体中, 换管时刀具先切割铸铁管, 然后是胀管头立即挤压破碎铸铁管, 由于胀管头设计直径为 500 mm, 比铸铁管内径大(铸铁管内径 400 mm), 所以, 当胀管头挤压完铸铁管后, 破碎的铸铁碎块必然被挤入周围的土体中, 同时形成一个内径比 400 mm 大一点的通道。这样, 拉入新管道就不会有很大的摩擦阻力。考虑到新 PE 管拉入后, 很容易紧贴孔底, 为了防止孔内的硬物划伤新管材, 在新 PE 管前方设计了一个较重的铁拉管头保护套, 把 PE 安装在铁拉管头里面, 当 PE 管被拉入孔内时, 铁拉管头起到一个扫清障碍的作用, 从而也可以保护 PE 管, 铁拉管头长度  $< 0.5$  m。

新 PE 管刚进入旧铸铁管的入管口处时要做好保护措施。在 PE 管入孔前把 PE 管垫高, 使 PE 管的管底高于铸铁管的管底, 同时, 在这两种管材之间放置柔软耐磨的材料, 新 PE 管被拉入旧铸铁管之

前也要做好保护措施,PE管在地表时要设置滑动或滚动架轮,避免PE管和地面滑动摩擦而被划伤。

经过采取上述措施,施工完成后新PE管几乎没什么划伤。

## 4 经验和体会

### 4.1 技术要点总结

通过原位同管径换管技术在宜春深燃天然气有限公司城市煤气管道改造中的成功应用,可以总结出以下几个重要技术要点。

(1)要重视地下管网的勘查。虽然是原位换管,但是同管径换管,在裂管过程中,不可避免地要对原煤气管周围的土体及管线产生影响和破坏,所以,施工前必须勘查好各种地下管线。另外,详细勘查好原煤气管道的走向,查明凝水缸设置点,有利于合理设计分段裂管的长度,尽量减少工作坑的开挖数量,合理地把工作坑设置在有弯头及凝水缸的位置上。在勘查煤气管道埋深及走向时就发现很多地方和原图纸不符,所以查明地下各种管线后要及时调整施工方案。

(2)要针对不同管径的旧管道合理设计不同尺寸的切割刀具和胀管胀头。换管时刀具的尺寸设计及胀管头的尺寸要结合新铺设管材的尺寸给予考虑。刀具主要是用来切割开原有旧管道,所以它的硬度要比旧管道的硬度大20度(HRC硬度)以上,它的最大切割尺寸要比旧管道的最大尺寸要大4cm以上。胀管器的作用是在刀具切割完旧管道后,把破碎的铁片挤入周围的土壤中,同时挤压出一个新孔来,便于拉入新的管材,它的外径比新铺的管材外径大1.2倍即可。刀具的切割尺寸比管道尺寸大太多时容易切割到周围的管线,因此其切割尺寸仅仅大于管道的最大直径2cm即可,胀管头直径越大挤压土壤的阻力就会越大,直径太小时挤压成的新孔径小,拉入新管道时摩擦阻力就会大,容易划伤PE管。

(3)在换管施工过程中主坑及挡土板的承受抗压稳定性非常重要,关系到换管设备拉力的发挥,从而决定换管工作是否能完成。

(4)原位同管径换管技术在铸铁管的改造中的应用在国内还是首次,没有可借鉴的经验,本次施工的整个施工工艺的设计非常合理,施工中没有出现停工等待现象。该施工工艺值得推广。

### 4.2 心得体会

我国许多城市的煤气管道都存在着较为严重的

煤气泄漏问题,各燃气公司都在努力寻找一条既经济又可行的解决办法。就目前施工技术而言,有2种思路:一种是采用开挖重新铺设燃气管,另一种是利用非开挖技术铺设。采用开挖法施工对城市交通环境产生很大影响,一般大中型城市很难实施。那么,采用非开挖施工技术有3种可解决的方案:(1)采用定向钻穿越技术重新铺设新管道,定向钻穿越技术很成熟,只是要重新设计轨迹线,涉及至市政规划审批等手续;此外定向穿越技术产生的泥浆非常不好处理,极易产生城市污染;而且定向穿越的管线埋深不规则,不利于后期维护和定位。(2)做内衬技术,内衬管技术使用要求较高,它必须要清洗干净内管壁,而内衬技术所使用的材料都是纯进口的,成本较高,更主要的是内衬技术处理后的煤气管输气量提高有限,使用年限也不会很长,而且该技术还存在许多缺陷,例如:①做完内衬管修复技术后,内衬管内很容易形成上薄下厚的偏心现象;②由于内衬管口径固定,不能跟随旧管道的变形而变化,③旧管道如果有漏点,内衬修复技术时注浆会形成大量的漏浆现象等。(3)原位同管径换管技术,该技术无需重新申请新的施工规划线;施工时无任何污染,如无泥浆、化工材料等,施工工艺非常环保;施工效率高,裂管工艺少,裂管换管一次性完成;可以扩大到二级管径换管,极大地提高新管道的输气量;同管径换管后,由于管线埋深没有变动,有利于维护及管线定位;不足之处是遇到大弯头及凝水缸处需要人工开挖处理。

笔者认为,在城市煤气管道改造中,采用非开挖技术施工原位同管径换管技术是首选,其优势非常明显,相当于在原管位重新铺设一道新管,它的使用年限和新建的管道一样。

## 参考文献:

- [1] 庄震宇,孙鹏飞,等.关于浆膜内衬修复关于的技术评价[J].非开挖技术,2012,(5).
- [2] 岳长虹.宣钢焦炉煤气管网清洗与维护实践[J].冶金动力,2014,(3).
- [3] 杨力,董跃,等.中国焦炉煤气利用现状及发展前景[J].山西能源与节能,2006,(1).
- [4] S. Syachrani, H. Seok D. Jeong, V. Rai, M.J. Chae, T. Iseley. A risk management approach to safety assessment of trenchless technologies for culvert rehabilitation[J]. Tunnelling and Underground Space Technology, 2010, 25: 681-688.
- [5] S. T. Ariaratnam, K. Piratla, A. Cohen. Field assessment of a Vacuum Microtunneling (VMT) system for on-grade pipeline installations[J]. Tunnelling and Underground Space Technology, 2014, 39: 58-65.