

定向钻施工敷设埋地燃气管道 三维坐标位置探测方法探讨

□ 佛山市燃气集团股份有限公司 (528000) 葛文宇 王春起

摘 要: 本文介绍了利用陀螺仪惯性导航技术仪器——GYS II 管道三维姿态测量仪, 探测定向钻施工敷设地下燃气管道轨迹坐标的方法, 探测结果的准确度、误差及影响因素。还介绍了两条复杂环境下定向钻施工地下燃气管道准确定位的探测应用实例, 为今后复杂环境下、大埋深地下燃气管道准确定位提供了一个探测方法。

关 键 词: 陀螺仪惯性导航技术 GYS II 管道三维姿态测量仪 地下管道轨迹探测

Method of 3D Position Detection of Gas Pipeline in Directional Drilling

Ge Wenyu, Wang Chunqi Foshan Gas Corporation Ltd.

Abstract: The method to probe direction drill in constructing underground pipelines is studied in this paper using the equipment of GYS II. The accuracy, error, and factors of influences for the results of probe are also discussed. The applicative example for two gas pipelines in complex environment is introduced. This could provide a probe method of pipeline location for underground gas pipelines in complex conditions.

Keywords: gyroscope inertial navigation 3D orientation measuring instrument underground pipeline trajectory detect

1 前言

随着我国城市建设的快速发展, 作为城市生命线的各种地下管线建设也在同步进行, 在地下管线建设过程中为了减少铺设管线开挖道路对环境与社会活动的影响, 目前各个城市都在广泛采用非开挖施工敷设管线——即定向钻非开挖施工技术。定向钻非开挖施工敷设的管道, 由于受土壤软硬度变化、土壤类型等多种环境因素影响, 管道敷设完成后的轨迹与设计的

轨迹存在较大的差异; 而且定向钻施工敷设的管道一般是埋深较大、经过区域地面环境复杂, 给管道的探测定位带来很大的干扰, 很多情况下管线准确位置难以确定。由于地下管线位置不准确带来的安全问题也日益凸显, 各种交叉作业施工引发第三方施工破坏事故频发, 特别是地下燃气管道第三方破坏引起人身伤亡、爆炸、财产损失等事故很多。目前定向钻施工敷设埋地燃气管道, 施工完成后管道位置的准确探测还没有形成一套有效的方法, 为此我们采用陀螺仪惯性

导航测量技术,在探测定向钻施工敷设埋地燃气管道准确位置方面做了一些研究探讨,应用于实际工程取得了较好的效果。

2 地下管线探测现状分析

目前采用非开挖探测地下管线的方法与仪器有很多,如地下管线探测仪、探地雷达、导向机信号、信号导向棒、示踪信号球(或棒)等等,这些方法和仪器都是建立在电磁方法原理基础之上的,在受电磁严重干扰的地方探测误差很大。探测过程是通过给被探测的物体施加一个电流信号或电磁信号,使之产生电场或磁场,通过接收机在地面测量物体的电磁信号强度分析判断出此探测物体的位置。这种探测方法优点是探测速度快、简单直观、操作方便、探测埋深较浅的管线误差小;缺点是受探测区域环境因素影响较大,遇到有电力信号、磁力信号、管道埋深大、附近有相同类型的金属管线等环境因素影响时,探测误差很大,有时还得不到正确的探测结果,这些方法获得的探测结果不能够满足埋地燃气管道安全运行位置精度要求。

探地雷达方法原理是建立在以地下各种介质的介电常数差异为物理条件,通过向地下发射高频电磁波探测地下介质分布的无损探测仪器,当电磁波遇到不同介质的电性界面时,就会发生反射、透射及折射,当地下介质间的电性差异越大,反射回波的能量也就越大;反射到地面的电磁波被与发射天线同步移动的接收天线接收后,精确记录下反射回波的时间、相位、振幅、波长等参数,再通过信号处理系统数据处理后,获得地下剖面的CT扫描图像,对雷达图像的识别,可以得到地下管线的分布位置和状态。探地雷达这种探测仪器的优点是,对地下土壤层进行扫描成像,雷达图像能够直接反应地层物质差异,探测结果准确直观;缺点是对环境要求较高,结果受土壤环境、地下水位影响很大,特别是南方地下水位浅,探测深度只有2m~3m;探测的灵敏度与深度密切相关,深度越大灵敏度越低,管道直径越小探测难度越大。

以上这些探测方法,均会受到电磁、金属、管道材质、埋设深度、环境等因素影响,探测结果精度往

往不能保证。因此,寻求一种不受环境干扰和具有高精度定位测量仪器与方法是本文研究探讨的仪器与方法首选。

陀螺仪惯性导航测量技术,其原理是利用陀螺仪高速旋转情况下的定轴性和惯性,可以测量计算出物体的运动轨迹。这种探测方法,不采用电磁方法原理,探测时不受电磁因素、管道埋深等任何环境因素影响,测量精度高,为此,我们利用陀螺仪惯性导航测量技术,采用国产仪器“GYS II 管道三维姿态测量仪”,开展了定向钻施工敷设埋地燃气管道三维精置确位探测方法探讨。

3 探测方法研究

3.1 惯性导航测量技术原理简介

惯性导航测量技术仪器——GYS II 管道三维姿态测量仪,探测仪器内的主要测量部件是一个三轴陀螺仪(见图1)、数据记录存储器、信号分析处理软件三部分组成(见图2),对地下管道的三维姿态位置

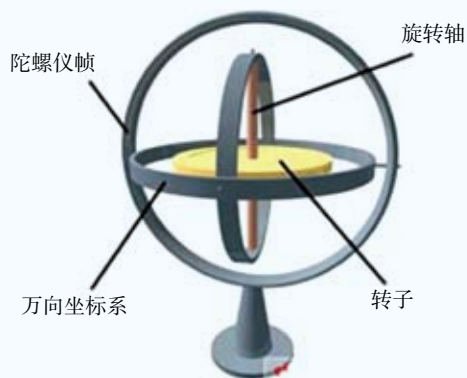


图1 陀螺仪原理

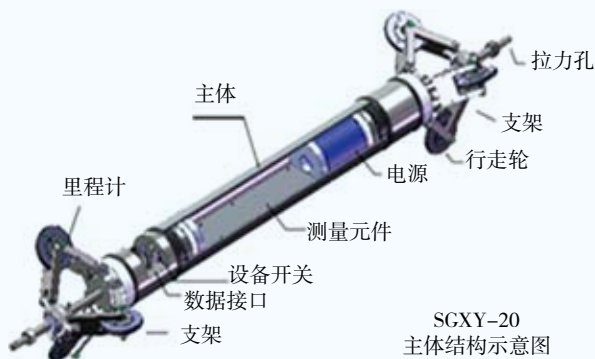


图2 测量主体

进行测量。测量时给陀螺仪通电后，陀螺仪的转子会高速旋转，基于角动量守恒的理论，角动量很大，旋转轴会一直稳定指向一个方向的性质，陀螺仪有抗拒方向改变的趋向——即定向性。当陀螺仪在管道内运动，管道出现左右弯曲时，会向管道弯曲的方向给陀螺仪一个力，弯曲半径越小力越大。陀螺仪由于受到力的作用，会向管道弯曲方向产生一个加速度，加速度的大小可以通过加速度传感器测量出来。根据测量出来的加速度数据，可以计算出测量管段的转弯半径和转向角，计算方法如图3。

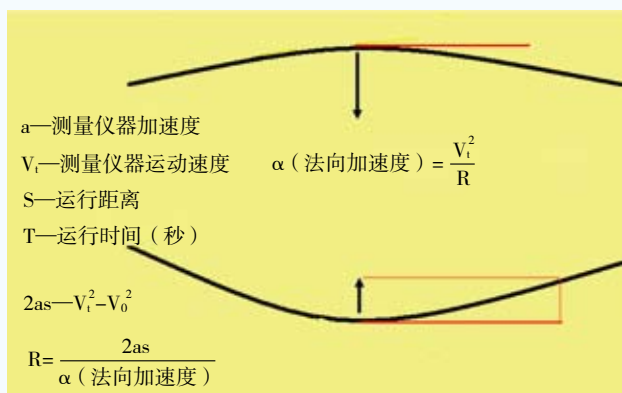


图3

测量仪器在管道内部行走过程中，测量水平方向（X轴、Y轴）行走距离与加速度变化，通过分析计算得到水平方向的轨迹；通过测量高低方向（Z轴）行走距离与加速度变化，分析计算得到深度方向的轨迹数据，从而得到仪器行走轨迹的三维坐标数据。

3.2 探测准确度实验

实验过程中采用的仪器是“GYS II 管道三维姿态测量仪器”，验证这种测量仪器的准确性、精确度和可靠性，首先在地面搭建了一条100m左右长度的管道，地面搭建管道的上下变化范围在0.0m~3.0m之间，与搭建管道两个端点连线左右变化范围为-3.0m~+2.0m之间，见图4。用全站仪每隔1m测量一组管道位置坐标（X、Y、Z），然后用“GYS II 管道三维姿态测量仪”以不同的拖动速度多次测量管道的轨迹（测量仪在管道内的行进速度保持在0.5m/s~2m/s之间），共计测量了10次，然后以全站仪测量坐标数据为基准值分析计算出“GYS II 管道三维姿态测量仪”测量点的坐标（X、Y、Z）每次测量的误差

数据，数据分析统计情况见表1和图5~图7《管道三维姿态测量仪测量管道坐标与全站仪测量坐标数据误差分析图》。

表1 全站仪与陀螺仪10次测量管道坐标误差统计表

坐标	X坐标	Y坐标	Z坐标(深度)
误差范围(m)	-0.22~0.21	-0.18~0.17	-0.16~0.14



图4

3.3 实测数据分析

(1) 采用陀螺仪惯性导航测量技术的仪器“GYS II 管道三维姿态测量仪”测量出的管道坐标数据与全站仪测量坐标数据对比，同一个点左右偏差均不大于0.25m，深度偏差不大于0.20m。

(2) “GYS II 管道三维姿态测量仪”测量坐标数据的准确度，与测量仪器在管道内的行进速度有关，在一定速度范围内（≤2m/s），速度越快准确度越高。

(3) “GYS II 管道三维姿态测量仪”测量管道坐标数据的获得，可通过管道两端两个已知点的坐标数据，分析计算得到整条管道的坐标数据（最小1组坐标/0.1m），测量坐标点的误差与两个已知点间的距离成正比（即管道长度），距离越大误差越大。

4 小结

应用陀螺仪惯性导航测量技术的“GYS II 管道三维姿态测量仪”能够比较准确地测量出定向钻施工敷设的埋地燃气管道位置（X、Y、Z坐标），测量结果不受环境因素与管道埋深影响，准确度较高，测量点

位与管道实际位置偏差不大于0.25%（管道长度）。

（1）GYS II 管道三维姿态测量仪探测定向钻穿越管道的三维轨迹坐标，只需知道被测管道两端点的坐标即可，通过测量仪在管道内的行走即可得到整条管道的轨迹坐标数据，坐标点的密度可以在一个点

/0.1m之上任意设置；

（2）GYS II 管道三维姿态测量仪，探测埋地燃气管道工作效率比较高（1.0m/s~2.0m/s），探测时需要外力拖动测量仪在管道内移动；

（3）探测步骤见图8。

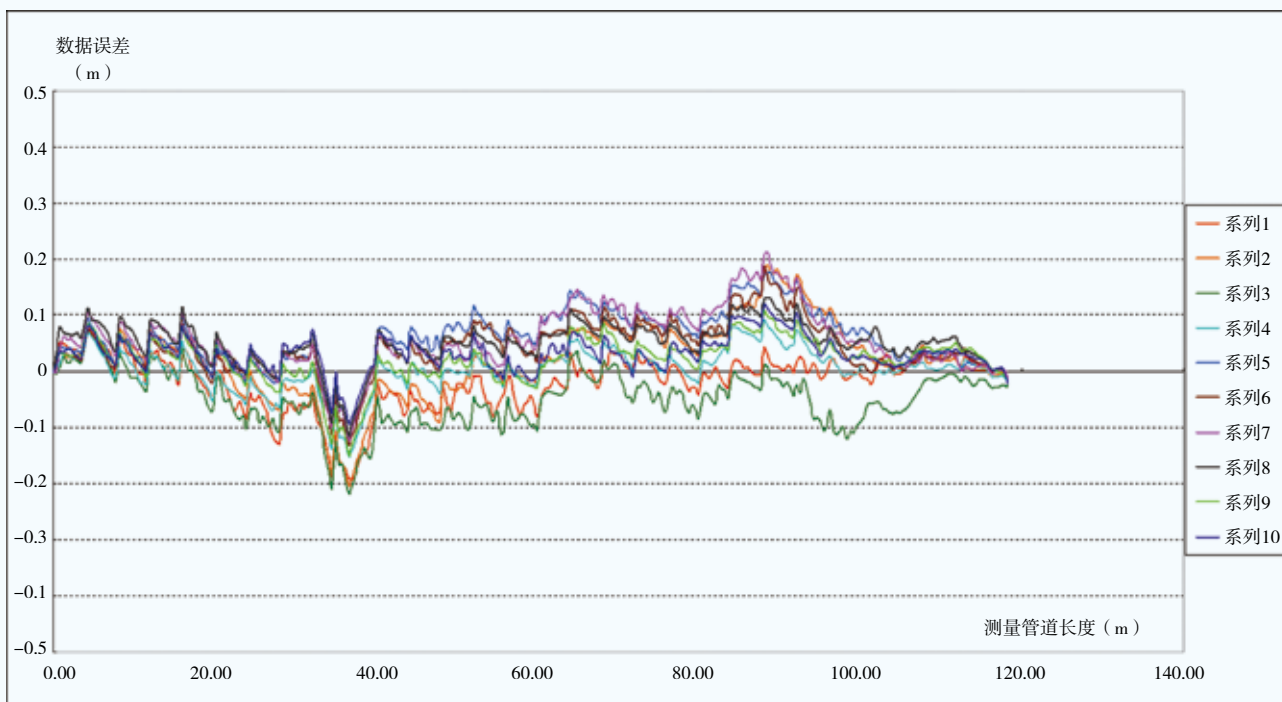


图5 管道三维姿态测量仪测量管道坐标与全站仪测量坐标数据误差分析图（X坐标）

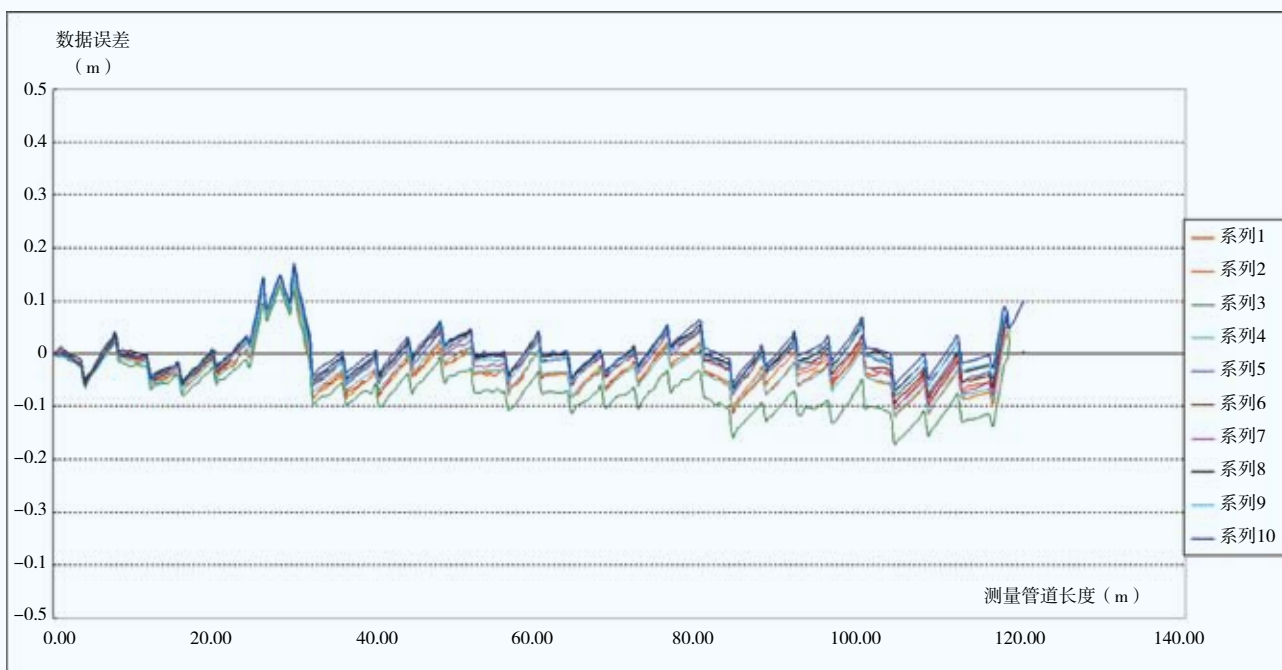


图6 管道三维姿态测量仪测量管道坐标与全站仪测量坐标数据误差分析图（Y坐标）

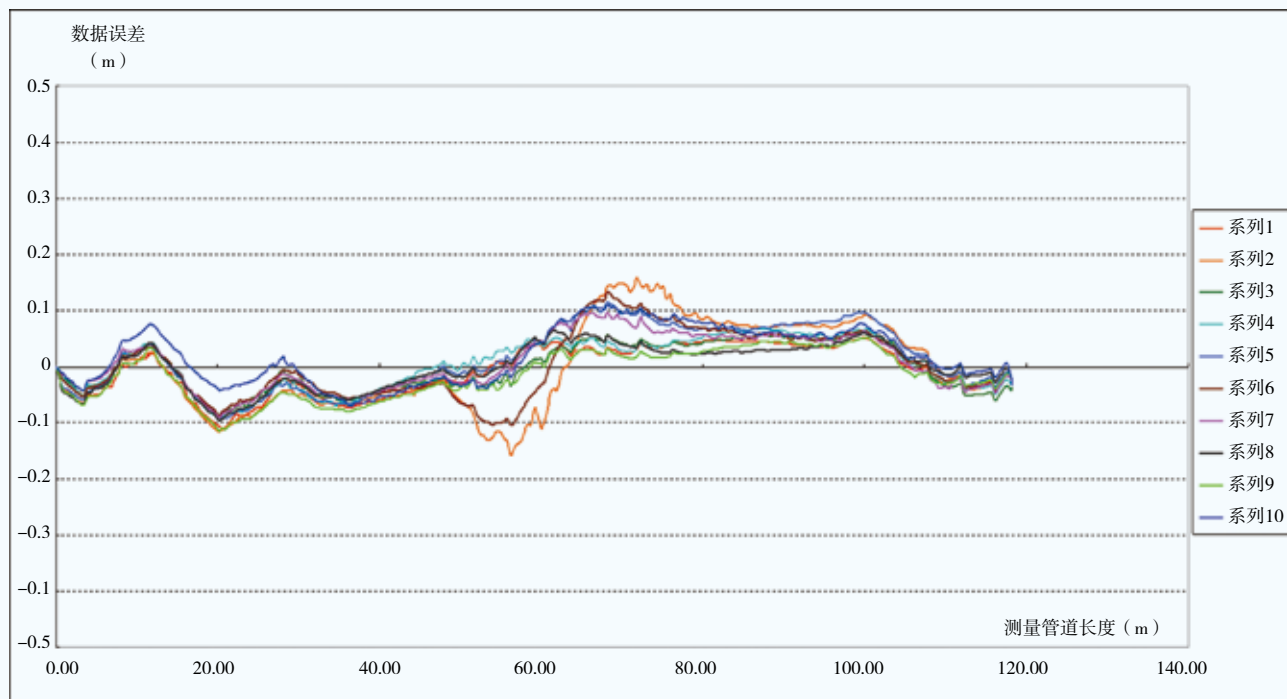


图7 管道三维姿态测量仪测量管道坐标与全站仪测量坐标数据误差分析图 (Z坐标)



图8

5 应用实例

(1) 某燃气分公司一条定向钻施工敷设的埋地PE燃气管道，位于城市两条主要街道交汇处，示踪线断，埋深约在7m左右，管道经过区域有水、电、通讯等各种管线纵横交错非常复杂，因城市排污管道也要在此区域做水平顶管施工与燃气管道交叉，间距约在1m左右，为此需要测量出燃气管道准确位置。普通电磁原理探测方法由于干扰多无法对此管道做探测定位。为此，采用GYS II 管道三维姿态测量仪对燃气管道进行了探测。探测时首先将燃气管道两端切割开口，然后把探测仪器放入管道内拖行至另一个端口，将测量数据导出后，输入燃气管道两个端口的坐

标，即得到了管线的轨迹坐标。见图9，图10。探测结果为管道长度101.28m，最大埋深7.54m，与排污管道交叉位置间距为1.28m，确认污水管道施工不会损伤燃气管道。

(2) 某燃气公司一条过河管道，PE材质，规格为DE315，管道材质为PE100，管道长度约为300m，埋深不清楚，属于定向钻施工敷设。因地铁线要与该燃气管道交叉通过，为避免地铁施工损伤燃气管道，地铁公司要求提供燃气管道的准确位置。为此将管道切开后，采用了管道三维姿态测量仪进行探测，见图11、图12。管道长度为302.5m，最大埋深17.32m，地铁通过区域管道埋深为17.10m~15.65m，通过探测成功确定出了此段埋地燃气管道的准确坐标，为地铁设

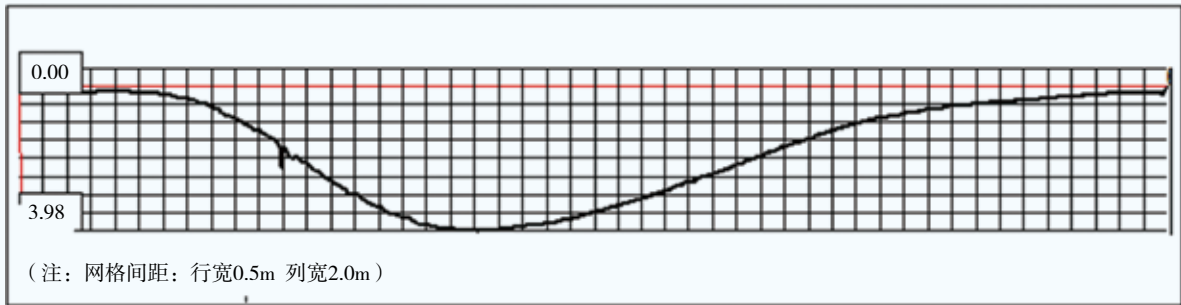


图9 埋地管线平面位置示意图

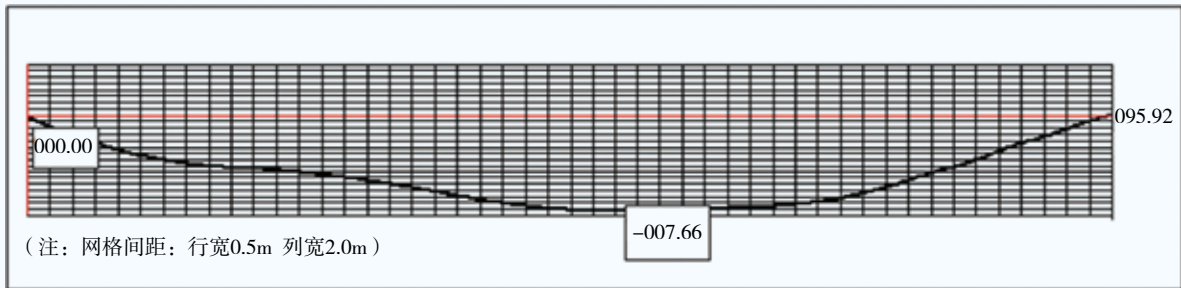


图10 管道埋深剖面位置示意图



图11 平面位置示意

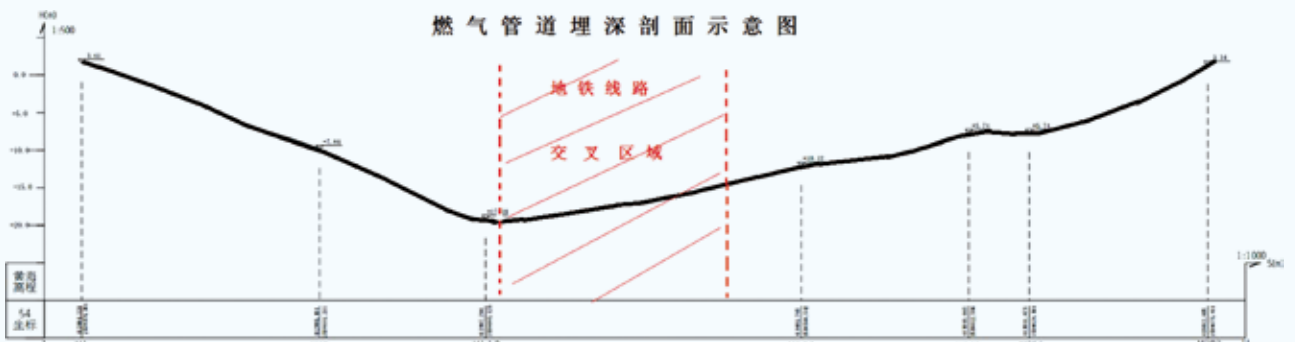


图12 燃气管道埋深剖面示意

灭火器在燃气行业应用的分析与研究

□ 中国燃气控股有限公司 (518049) 田长栓

2015年,全国共统计火灾38.9万起,死亡2 113人,受伤1 637人,直接财产损失48.5亿元。由于燃气具有易燃、易爆和有毒等特点,一旦供气用燃气设施发生泄漏,极易发生火灾、爆炸及中毒事故,使国家和人民生命财产遭受损失。据不完全统计,2016年我国共发生燃气爆炸事故805起,造成1 100余人受伤,95人死亡。居民用气事故居高不下,共发生531起,饭店、商户发生172起。全社会对燃气安全缺乏足够的认识,燃气事故不断上升,如何做好防止燃气火灾、爆炸事故发生等方面的技术防范工作,在必须坚决执行安全制度和操作规程的同时,灭火器在燃气行业的应用与配置也起到了很关键的作用。现将如何正确配置灭火器的标准与应用谈一下自己的看法。

1 燃气行业灭火器的选择及配置设计计算

可燃物质发生燃烧传播必须同时具备几个条件,缺一不可。灭火就是为了破坏已产生的燃烧条件,抑制燃烧反应过程的继续。根据燃烧原理和灭火实践,灭火的基本方法有:窒息法、冷却法、隔离法和负催化抑制4种。各种灭火方法都有其特点,它们的效能是相辅相成的,在实际灭火中,应根据火灾的性质特点,具体分析。

1.1 燃气行业灭火器配置的设计计算程序

燃气行业灭火器的配置的设计计算应按下述程序进行:(1)确定各灭火器配置场所的危险等级和火灾种类;(2)划分计算单元,计算各单元的保护面积;

计施工、避免损伤燃气管道提供了较为可靠的数据。

6 结论

(1)采用陀螺仪惯性导航技术的国产“GYS II 管道三维姿态测量仪”能够比较准确地测量出地下燃气管道轨迹位置坐标,测量结果不受环境因素,管道埋深等干扰,测量数据比较可靠,准确度高。

(2)GYS II 管道三维姿态测量仪探测地下管道位置结果与管道实际位置存在偏差,最大偏差不大于探测管道长度的0.3%;探测结果的准确度与测量仪器在管道内前进速度有关,在1.0m/s~2.0m/s速度范围

内,速度越快准确度越高。

(3)GYS II 管道三维姿态测量仪探测地下管道的三维坐标,只需管道两端点的已知坐标,即可测算出管道所有点位的坐标,最小可以达到0.1m/个。

(4)采用陀螺仪惯性导航测量技术能够决定向钻施工埋地燃气管道准确定位探测问题,定位准确度和精度全能够满足燃气管道通气运行过程中安全管理需要。

(5)采用陀螺仪惯性导航技术,对定向钻施工的埋地燃气管道做轨迹探测,特别是新竣工的管道,是确保今后管道安全运行,防止第三方施工破坏的技术手段。这种探测方法值得推广应用。