

在建工程旁埋地天然气管道沉降监测实验

□ 同济大学机械与能源工程学院 (201804) 肖利涛 秦朝葵 乔业腾

摘要: 对在建上海中心工程项目周边的天然气埋地管道进行了沉降监测,发现在监测期间,最大的正变形量为10mm,最大的负变形量-8mm;对监测结果进行了数值拟合和误差分析。

关键词: 埋地管道 沉降监测 数值拟合 误差分析

Experiment on Settlement Monitoring of Buried Natural Gas Pipeline near Construction Progress

Tongji University, Mechanical and Energy Engineering School, Shanghai

Xiao Litao, Qin Chaokui, Qiao Yeteng

Abstract: The buried natural gas pipelines near the Shanghai tower which was under construction were monitored and it found that the max positive distortion was 10mm; the max negative distortion was -8mm. The numerical fitting and error analysis were conducting for the monitoring result.

Keywords: buried pipeline settlement monitoring numerical fitting error analysis

城市天然气管网作为城市天然气输送的重要通道,是城市能源基础设施的重要组成部分。在城市建设快速发展的今天,影响埋地天然气管道的不安全因素日益增多,因城市建设引起的地面沉降现象对天然气管道破坏事故屡见不鲜,地面沉降会对地下管道产生破坏,进而导致埋地天然气管道泄漏,威胁生命财产安全^[1-2]。

地面沉降的成因主要有溶岩塌陷、地下资源开采和工程环境效应^[3]。随着城市的发展,高层建筑已成为城市地面沉降的主要诱因。国内以上海软土地基为典型的土质地区沉降最为明显,特别是20世纪90年代以来,上海城市建设迅猛发展,在截止2001年的过去

12年中,中心城区平均累计沉降196.7mm,年均沉降16.4mm^[4],2008年全市平均地面沉降量为6.4mm,中心城区平均地面沉降则为7.6mm,最大沉降超过10mm的地区也多有发生^[5]。敷设在软体地基中的管道因沉降会产生各种变形,均匀沉降对管道影响不大,当发生不均匀沉降时,管道就有可能发生变形甚至破坏。高层建筑引起的地面沉降必定会对周围燃气管道产生影响,使管道受到附加的压力和水平推力,产生形变和位移,导致管道变形、接口错位甚至腐蚀开裂,造成燃气泄漏。研究高层建筑导致的地面沉降对埋地天然气管道的影响,进而建立相应的预警机制和预防措施具有十分重要的意义。

1 沉降监测系统

为掌握埋地燃气管道的沉降信息,结合燃气管道施工,在管道顶部安装了沉降标进行监测。现场沉降标由圆形抱箍、不锈钢监测柱、保护套管及井盖构成,圆形抱箍围住管道并用螺丝固定,不锈钢监测柱焊接在抱箍正上方并伸出至接近地面,监测柱外侧设置保护套管,套管顶部设有保护井盖。沉降标具体结构见图1,通过对不锈钢柱沉降的测量反映管道的沉降。

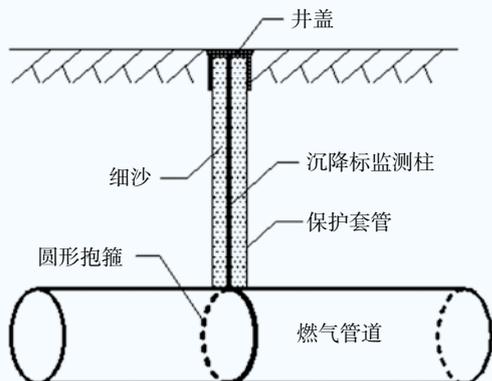


图1 沉降标具体结构

管道沉降通过水准仪人工测读,观测周期为15天~30天,沉降观测前均应对基准点进行联测检校,坚持定人定仪器的要求,保证测量数据的准确性。

监测管段位于上海中心大厦与另一座正在施工的建筑之间,属于地面沉降危险地段,为防止天然气管道在建筑施工期间发生破坏,决定进行天然气管道的更换,9根试验管段也作为更新管道的一部分接入整个管线,监测管道以及周围主要建筑物的相对位置如图2所示。

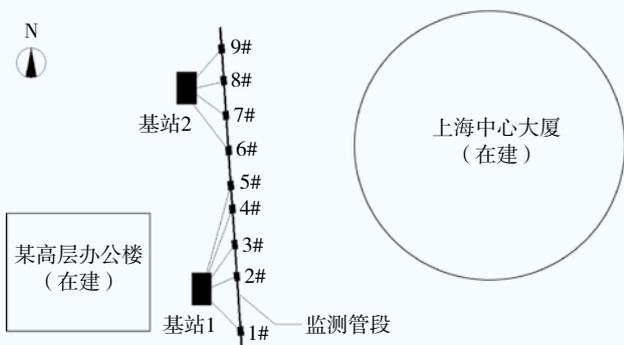


图2 测试管道布置示意图

沉降标在管道施工的同时进行安装,有专业的安装施工队进行,保证监测的准确性。沉降标的安装见图3所示。



图3 安装完毕后的沉降标

整个管道全长132.1m,共设11个沉降监测点,按照均匀布置原则,并考虑现场实际情况,沉降监测点之间的间隔为15m左右。如图4所示。

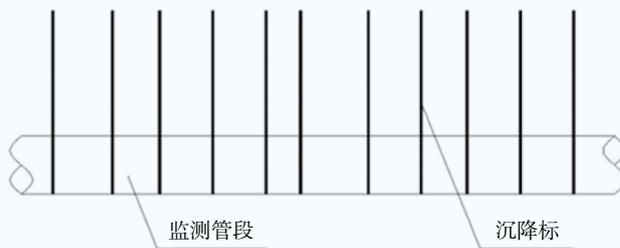


图4 沉降监测点示意图

整个测试管道沉降测量点的编号与水平方向的长度见表1所示。

表1 沉降监测点位置

沉降测量点编号	RR1	RR2	RR3	RR4	RR5	RR6	RR7	RR8	RR9	RR10	RR11
测量点长度(m)	0	15.1	27.1	40.6	54.1	62.8	80	93.5	105	119	132

2 沉降监测结果

整个实验系统安装完毕后即开始运行，截至目前的300天时间内，沉降数据的采集频率由人工操作，大约为20天1次，各沉降监测点的监测结果如图5。

由图5可知，所有监测点的变化趋势大致相同，相对变形均由0开始，截止到监测结束点，各点的变化量均不同，最大的正变形量为10mm，最大的负变形量-8mm，可看出管道出现一定的不均匀沉降。

另外，从各点整体的变化趋势可以看出，随着时间的增加，各点沉降量先变小再增大，而后又呈缓慢减小趋势。这与监测管道两侧的建筑施工进度有关：在施工过程中，对地下水的抽取导致的地面沉降明显，而后进行地下水的回灌，地面沉降反弹，监测数据体现为由开始变形时的负增长慢慢向反方向变化，随着工程的继续，建筑荷载不断增加，由此导致的地面沉降效应逐渐明显，体现为各监测点的沉降值不断缓慢减小。

3 样条插值及误差分析

常用的插值方法包括多项式插值和样条插值，由

于多项式插值点过多导致的龙格现象，这时的插值函数两端会出现严重不符合真实值的错误结果^[6]，所以本论文利用三次样条插值方法进行拟合。

通过Matlab软件，可容易地对沉降值进行三次样条拟合，以第2个月内的沉降监测点为例，进行曲线插值拟合，结果曲线如图6。

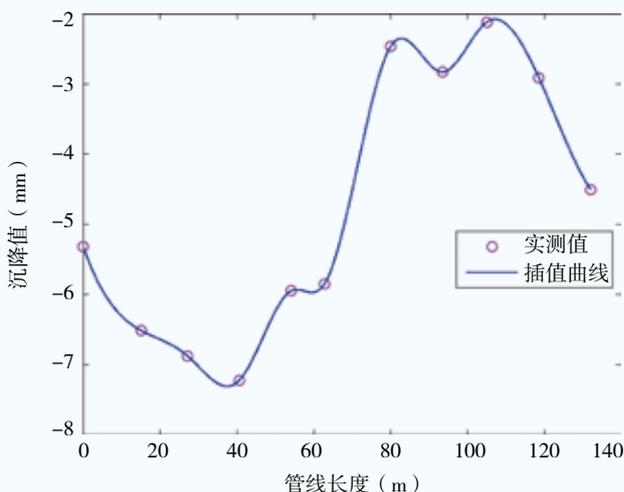


图6 第2个月内的沉降拟合曲线

由图6可知，受工程建设的影响，整个管道在各时间点均有明显的变形，其变形的大小与管线周围工

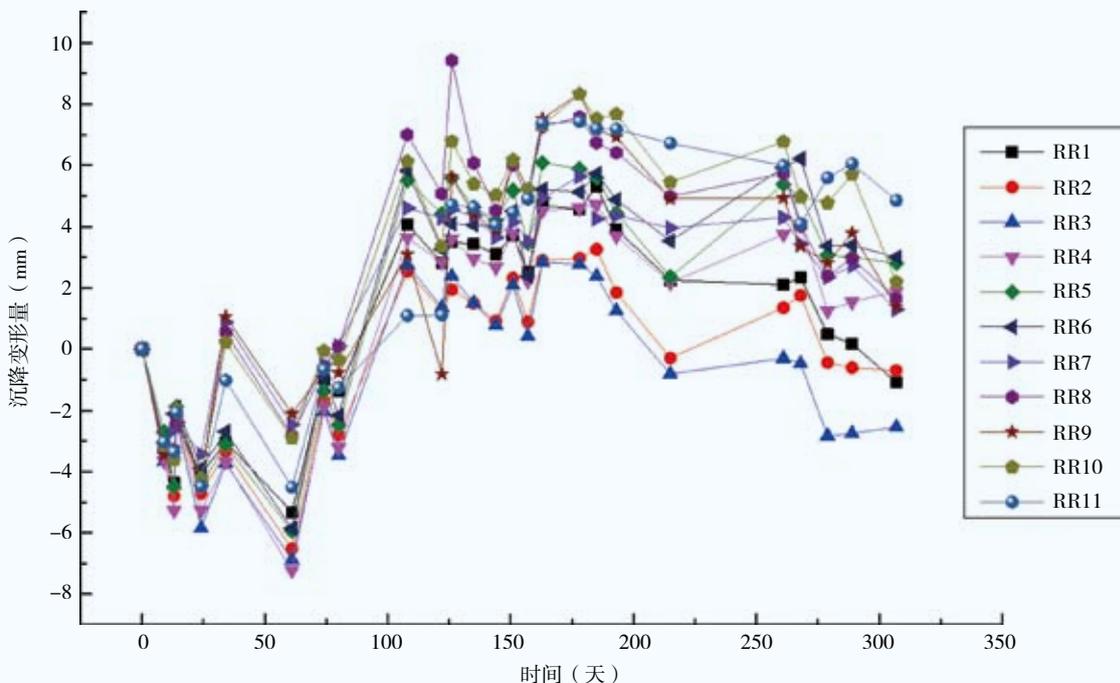


图5 沉降监测点变形量随时间的变化

程建设相关,由于土体的间接影响,受力情况复杂,没有呈现出具体的规律性。

本实验的沉降监测系统的主要误差具体体现在仪器误差和观测误差。根据相关文献,一般通过水准仪测量结果的综合误差为2mm^[7]。而现阶段的沉降量基本在10mm~20mm,2mm的误差已经占了很大一部分,因此有必要分析数据存在一定的误差的情况下对计算结果的影响,从而判断监测数据的可靠度。

在小范围变形的情况下,如果测量过程中使用精度不高的仪器或者设备,必然会导致重大的偏差。但同时也必须考虑本实验的研究对象是埋地钢管,其允许应力为235MPa,这一数量级的应力必须在管道发生大范围变形时才可以达到,因此,只要在管道发生大变形时其相对误差较小,则实验方法依然有效。

在本次试验中,由于监测时间较短,在整个监测时间段内管道没有发生大的实际变形,所以小的变形量就导致了比较大的相对误差。为了考察大变形下误差对计算结果的影响,不妨把管道的沉降测量值增大10倍。以第2个月的监测值作为算例,利用Matlab进行30次的随机数生成,其沉降变形拟合曲线的偏差范围如图7。

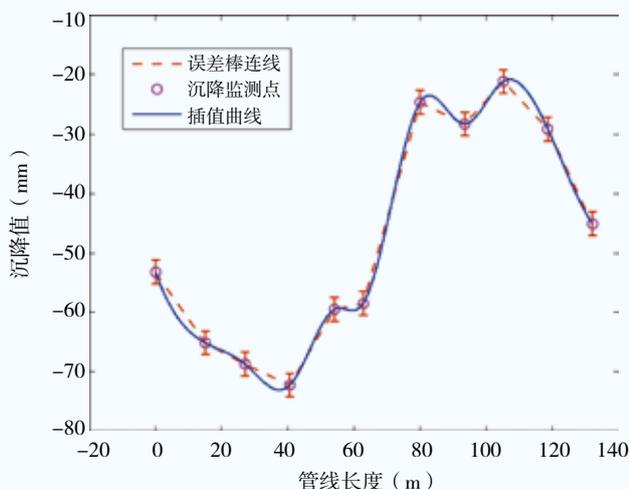


图7 沉降变形拟合曲线各点处的偏差

根据图7可以看出,如果沉降值扩大至原来的10倍,沉降变形量的拟合曲线相对固定,图中反映出沉降拟合的曲线偏差保持不变,这样相对误差就减小了,从而保证了数据的可靠性。但是需要说明的是:对数值的扩大只是为了说明误差对结果的影响程度,

实际上数据被放大的同时误差随之被放大,所以所得沉降的变化趋势依然没有变。

4 结论

本实验从研究管道本身的沉降入手,以上海中心周边天然气管道为研究对象,建立了埋地天然气管道沉降监测系统,通过监测发现:

(1)从沉降监测数据可以看出:建设中期地下水的回灌和建设后期建筑负荷的增加均能使管道发生变形,由于监测开始于建设后期,由建筑负荷引起的沉降逐渐凸显,在监测时间段,最大的正变形量为10mm,最大的负变形量-8mm;

(2)沉降拟合的变形曲线中,在距离工程建设点较近的地方管段为凹形,说明工程建设对距离较近的管道影响比较大;其他监测点距离工程建设点较远,由于土体变形的不规律性,管道变形也无明显的规律性;

(3)在微小变形情况下,误差对结果的影响较大,而随着沉降值的增加,误差的影响逐渐减小。在接近管道屈服极限的沉降范围内,2mm的沉降误差满足工程测量的要求,不影响沉降的变化趋势。

参考文献

- 1 杜艳,谢英,王子豪等.天然气管道事故分析[J].管道技术与设备,2009;2:16-18
- 2 胡灯明,骆晖.国内外天然气管道事故分析[J].石油工业技术监督,2009;9:8-12
- 3 崔振东,唐益群.国内外地面沉降现状与研究[J].西北地震学报,2007;3:275-278
- 4 陈正松,罗志才,李琼.上海地区地面沉降原因分析[J].大地测量与地球动力学,2009;S1:90-94
- 5 魏子新,王寒梅,吴建中等.上海地面沉降及其对城市安全影响[J].上海地质,2009;1:34-39
- 6 Chapra S. C., Canale R. P. 工程数值方法[M].北京:清华大学出版社,2010
- 7 曲仁明,关朝旭.浅谈水准测量的误差来源及控制方法[J].黑龙江科技信息,2009;14:40