

# 南充市储配站一号储气罐沉降监测数据处理与分析

王佃明<sup>1,2</sup>, 覃强<sup>1,2</sup>

(1.中国地质科学院探矿工艺研究所,四川成都 611734; 2.中国地质调查局地质灾害防治技术中心,四川成都 611734)

**摘要:**随着国家经济的发展,居民生活水平提高及国家“煤改气”政策的推进,天然气作为一种清洁能源,将越来越多地应用到居民生活中。在天然气供应气源系统中,天然气储气罐是其中的重要组成部分,其安全问题备受关注。地基沉降作为一种常见的地质灾害,容易引起储气罐倾斜,严重的甚至会引起储气罐泄气、爆炸。因此,对天然气储气站进行沉降观测尤为重要。测量机器人是一种常用的沉降监测手段,具有精度高、成本低、易操作的优点。在测量中,受观测条件等因素影响,测量数据会不可避免叠加上“噪声”干扰,为剔除异常数据,在南充市储配站一号储气罐沉降观测中采用格拉布斯准则进行数据处理,并对测量数据进行了分析。

**关键词:**天然气;煤改气;储气罐;沉降观测;数据分析;地基沉降;测量机器人;格拉布斯准则

**中图分类号:**TU433 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2018)08-0132-04

**Settlement Monitoring Data Processing and Analysis of No.1 Pressure Gas Storage Tank/WANG Dian-ming<sup>1,2</sup>, QIN qiang<sup>1,2</sup>** (1.Institute of Exploration Technology, CAGS, Chengdu Sichuan 611734, China; 2.Technical Center for Geological Hazard Prevention and Control, CGS, Chengdu Sichuan 611734, China)

**Abstract:** With the economic development in China and the promotion of the conversion of “coal to gas” policy, natural gas, as a clean energy, will be increasingly applied to the future life of residents. Natural gas storage tank is an important part of natural gas supply gas source system, and the tank safety has received much attention. As a common geological disaster, foundation settlement is likely to cause the gas tank to tilt, which may even cause gas storage tanks to deflate and explode. Therefore, it is particularly important to carry out settlement observations at natural gas storage stations. As a common means of settlement monitoring, seo-robot has the advantages of high precision, low cost and easy operation. In the measurement, due to the observation conditions and some other factors, the measurement data is inevitably superimposed on the “noise” interference, in order to eliminate the abnormal data, Grubbs criterion is used for data processing. Taking No. 1 gas storage tank of Nanchong gas storage and distribution station as an example, this paper introduces the observation technology and data analysis of the gas storage tank settlement.

**Key words:** natural gas; coal to gas; gas storage tank; settlement observation; data analysis; foundation settlement; seo-robot; Grubbs criterion

## 0 引言

地面沉降是常见的地质现象,地面沉降一旦开始就难以恢复,其发展过程一般不可逆,影响较为持久。当沉降达到一定程度,危害人民群众生命财产安全的时候就是一种地质灾害。地面沉降灾害一般发展较缓慢、难于觉察,其造成的后果规模大,受外部作用,突发性强,影响范围广并造成严重的经济损失。在天然气储气站,地面沉降容易造成输气管道暴露、拉裂、变形,引起储气罐倾斜,严重的会造成输气管道及储气罐泄气甚至爆炸,有着极其严重的危害。

南充市储配一站位于南充市顺庆区,四川东北部丘陵地区。地势由于受地质构造、崖石、河流侵蚀

的影响,西北高,东南低,海拔一般在 270~530 m。区域内侏罗系地层广布,第四系松散层分布在嘉陵江及其支流沿岸。区境地处扬子准地台、四川台向斜、川中台拱构造区。境内侏罗系地层受力被挤压、褶皱变形,形成宽缓的、近东西方向的背斜和向斜构造。区境内地层水平,主要有中丘、浅丘和平坝 3 种地貌类型。方山丘陵典型,丘陵占 67.3%,余为平坝。

南充储气站位于丘陵区斜坡中部平缓地带,西侧为高约 20 m 的岩质边坡,植被覆盖良好。站场所处区域地层为侏罗系上统蓬莱镇组的泥岩夹砂岩地层为主,地层产状近似水平。经过现场调查,储气站及其西侧边坡区域,未见明显地表裂缝、不良地质

收稿日期:2018-07-01

作者简介:王佃明,男,汉族,1982 年生,高级工程师,长期从事地质灾害监测和调查以及水文地质调查工作,四川省成都市郫都区现代工业港(北区)港华路 139 号,89295012@qq.com。

现象,整体斜坡稳定性好,一号储气罐区域有地表沉降迹象,在罐体东侧 4 根支柱区域,地表有较明显的与周围地表高度不一致的区域,范围在宽 5 m、长 7 m 之间,包括 4 根气罐立柱、1 根输气管道位置,地面沉降造成地表产生 3~5 cm 的沉降高差。目前可见的迹象为输气管道的变形及气罐基础区域局部地表沉降。

通过调查得知,一号储气罐基础区域存在有填方区,在长期的运营过程中,受外界条件影响,特别是降雨条件影响,造成地面沉降的产生。目前地面沉降处于加速变化期,其沉降速度较快,造成地表变形,导致输气管道弯曲,地面沉降区域为储气罐重要设施的基础区域,若地面沉降变化量超过气罐基础能接受的最大上下位移变化量,将使气罐立柱变形,导致气罐整体变形、倒塌的重大安全隐患。为了取得地面沉降、主要变形方向等相关数据,为后期进一步工作提供数据支撑,决定对储配 1 站 1 号储气罐进行专业监测。

## 1 监测设计

### 1.1 监测目的

(1)确定监测期内沉降的变化情况,查明灾害体的变形特征,为防治工程设计提供依据;(2)监测其动态,及时报警,防止造成人员伤亡和重大经济损失;(3)根据监测数据及宏观巡查情况提出合理的防范建议。

### 1.2 监测方法选择

常见的地面沉降监测方法有水准测量、GPS、测量机器人(全站仪)测量及 InSAR 地面沉降监测。对比常用的几种沉降监测手段,在满足本次监测工程精度要求的基础上,测量机器人相对其余几种监测方法具有易操作、测量效率高、测量方便、成本较低等优势。因罐体为密闭且不可破坏,这就造成了不具备在罐体直接安装监测设备的条件,而测量机器人在实际测量中,可以通过在储气罐罐体上贴反射片实现对罐体的直接观测。最终在充分考虑现场场地条件、测量精度及经费预算基础上,决定采用测量机器人进行观测,测量设备为 TCA1800。在进行专业监测的同时,对工作区做宏观巡视,观测工作区内有无明显的地表裂缝、地表沉降,工作区内建筑物及挡墙等有无裂缝、鼓胀现象,同专业监测数据进行比对、分析。

### 1.3 监测工作量部署

为了能够反映出一号储气罐罐体的准确沉降情况,本次测量沉降观测点需选择最能反映沉降特征且便于观测的位置,设置的沉降观测点纵横向要对称,均匀分布在一号储气罐罐体上。

基准点应该在工作区内未发生变形区域,通过现场踏勘及充分考虑工作区场地条件,本次监测设立两处基准点。在一号储气罐共计布设监测点 13 个,均匀分布在一号储气罐罐体的 8 根立柱及顶端工作平台区域。在未发生变形的二号储气罐及其余未变形区域的立杆上设立监测点 4 个,监测数据与一号储气罐监测数据做并对。合计部署监测点 19 处,具体监测点部署如图 1 所示。

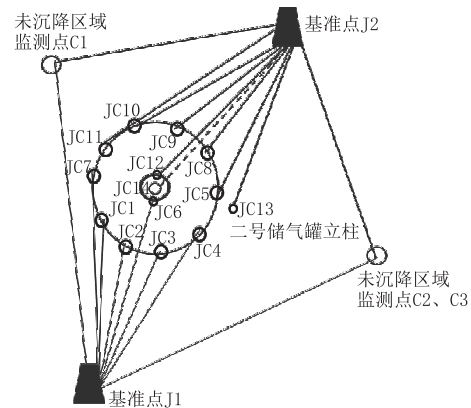


图 1 监测点部署示意图

## 2 数据处理及分析

### 2.1 数据处理

受观测条件的影响,任何变形监测资料都可能存在误差,全站仪测量高程在本项目中造成数据误差的主要因素有以下几个方面:(1)竖直角观测误差和距离观测误差;(2)仪器的对中整平误差;(3)仪器高和棱镜高测量误差。为消除测量误差,在实际施工中数值角尽量控制在  $15^\circ$  以内,全站仪仪器和棱镜严格对中对中整平,测量过程中尽量对准棱镜中心。未消除仪器高和棱镜高的测量误差,测量过程中采取多次测量取平均值的方法尽量消除误差。

在测量过程中,受观测条件等因素影响,取得的测量数据都不可避免叠加上“噪声”干扰。为了提高数据的质量,剔除测量过程中产生的异常数据,采用格拉布斯准则对数据进行处理。

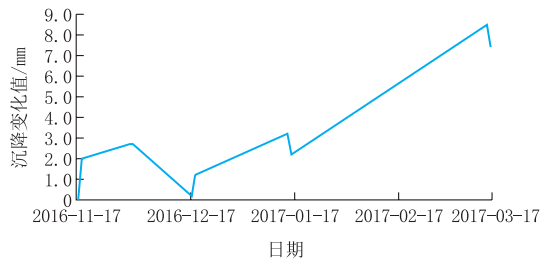
### 2.2 典型测量点数据分析

通过现场调查、专业监测及宏观巡查,发现工作

区地面沉降较为明显的区域,专业监测点数值变化较为明显,本文将主要分析这些典型监测点数据。

### 2.2.1 JC4 监测点数据分析

JC4 监测点位于一号储气罐立柱,受场地通视条件限制,该监测点只能通过 J1 基准站进行观测,其沉降变化值曲线如图 2 所示。



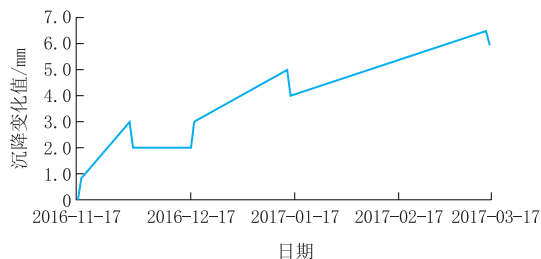
注:该监测点实际比基准点 J1 高程低,两者高差在变大,说明监测点 JC4 因不均匀沉降造成下沉

图 2 JC4 沉降变化值曲线

由 JC4 沉降变化值曲线可以看出,在观测期间,该监测点变化值一直处于波动状态,且在最后几次观测中,变化值有较大变化,达到 8 mm 左右。通过实地观察,该监测点位于工作区沉降较为明显区域,结合监测数据,可以看出该监测点在观测期间处于缓慢的沉降状态。

### 2.2.2 JC5 监测点数据分析

JC5 监测点位于一号储气罐立柱,受场地通视条件限制,该监测点只能通过 J1 基准站进行观测,其沉降变化值曲线如图 3 所示。



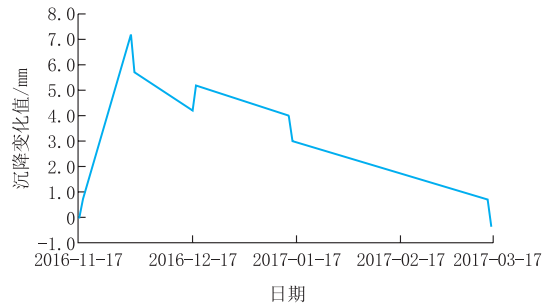
注:该监测点实际比基准点 J1 高程低,两者高差在变大,说明监测点 JC5 因不均匀沉降造成下沉

图 3 JC5 沉降变化值曲线

由 JC5 沉降变化值曲线可以看出,在观测期间,该监测点变化值一直处于波动状态,且在最后几次观测中,变化值有较大变化,达到 6.5 mm 左右。通过实地观察,该监测点位于工作区沉降较为明显区域,结合监测数据,可以看出该监测点在观测期间处于缓慢的沉降状态。

### 2.2.3 JC6 监测点数据分析

JC6 监测点位于一号球罐立柱,受场地通视条件限制,该监测点只能通过 J1 基准站进行观测,其沉降变化值曲线如图 4 所示。



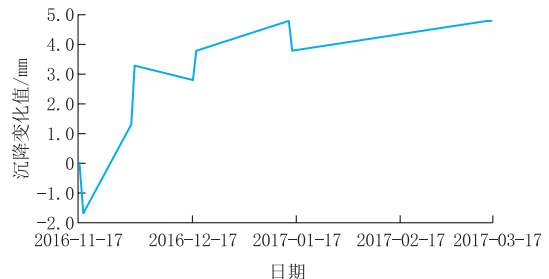
注:该监测点实际比基准点 J1 高程高,两者高差在变小,说明监测点 JC6 由于不均匀沉降造成下沉

图 4 JC6 沉降变化值曲线

由 JC6 沉降变化值曲线可以看出,在观测期间,该监测点变化值一直处于变化状态,且变化值有较大变化,达到 7.0 mm 左右。通过实地观察,该监测点位于工作区沉降较为明显区域,结合监测数据,可以看出该监测点在观测期间处于缓慢的沉降状态。

### 2.2.4 JC2 监测点数据分析

JC2 监测点位于一号球罐立柱,受场地通视条件限制,该监测点只能通过 J1 基准站进行观测,其沉降变化值曲线如图 5 所示。



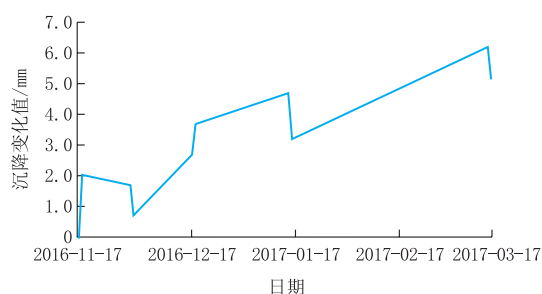
注:该监测点实际比基准点 J1 高程高,两者高差在变大,说明监测点 JC2 因不均匀沉降造成抬升状态

图 5 JC2 沉降变化值曲线

由 JC2 沉降变化值曲线可以看出,在观测期间,该监测点变化值一直处于变化状态,且变化值有较大变化,达到 5 mm 左右。通过实地观察,该监测点位于工作区沉降较为明显区域,结合监测数据,可以看出该监测点在观测期间处于缓慢的沉降状态。

### 2.2.5 JC13 监测点数据分析

JC13 监测点位于一号球罐立柱,受场地通视条件限制,该监测点只能通过 J2 基准站进行观测,其沉降变化值曲线如图 6 所示。



注:该监测点实际比基准点 J2 高程高,两者高差在变大,说明监测点 JC13 因不均匀沉降造成抬升状态

图 6 JC13 沉降变化值曲线

由 JC13 沉降变化值曲线可以看出,在观测期间,该监测点变化值一直处于变化状态,且变化值有较大变化,达到 6.5 mm 左右。通过实地观察,该监测点位于工作区沉降较为明显区域,结合监测数据,可以看出该监测点在观测期间处于缓慢的沉降状态。

### 2.3 数据分析结果

由上述典型监测点数据分析结合现场实地踏勘,可以看出位于工作区沉降较为明显的监测点 JC3、JC4、JC5、JC6、C1 五个监测点由于不均匀沉降造成下沉;JC2、JC7、JC13 监测点由于不均匀沉降造成抬升。由实地踏勘及监测点部署示意图可以很明显的看出 JC2、JC7、JC13 三个由于不均匀沉降造成抬升的监测点均位于不均匀沉降造成下沉 JC3、JC4、JC5、JC6、C1 五个监测点的周围。结合实地及监测数据可以很明显的看出造成这种现象的原因基本可以确定为不均匀沉降。同时,监测点 JC12 及 JC14 监测数据出现了不规则的波动,初步判定为不均匀沉降造成,且上述 10 个监测点均位于工作区沉降较为明显的区域,专业监测数据变化点所在区域与宏观巡视发现地面沉降区域一致。

由监测数据及现场实地观察,可以基本确定储配站一号储气罐所在区域目前正处于缓慢的不均匀沉降状态。

### 3 存在的问题及建议

(1)本次监测工作因工作区基础地质资料不全,造成对工作区地质现象认识不够充分,监测数据不能从根本上揭露沉降变化的原因。

(2)本次监测工作测量周期过短,且没有经过雨季。通过现场调查可知,一号储气罐主要变形发生在雨季,而本次专业监测时间集中在冬季、春季。

(3)建议对工作区进行全面的勘察工作,进一步认识工作区区域地质条件,更有利分析监测数据发生变化的原因,为下一步工作提供支撑。

(4)建议在工作区持续进行专业监测,并扩大监测范围,将二号储气罐纳入监测对象,监测时间应持续一个水文年及以上。

(5)加强工作区宏观巡查,设立专/兼职巡视人员,确保有问题及时发现,不留安全隐患。

### 参考文献:

- [1] 贺超,杨建江.大型液化天然气储气罐沉降分析[J].低温建筑技术,2012,(11):46-47,54.
- [2] 王志,张金芝.基于 InSAR 技术的滑坡灾害监测[J].大地测量与地球动力学,2013,33(3):87-91.
- [3] 姚书灵,高金川,容姣.几种典型成因类型的地面沉降机理分析及其防治对策[J].台声.新视角,2006,(1):249-250.
- [4] 董咪娜,谢小平.地面沉降变形监测的回归分析[J].陕西理工学院学报(自然科学版),2016,(4):86-92.
- [5] 汤少云,徐茂林,王秋敏.大型建筑物沉降变形监测与数据处理[J].科技信息,2013,(1):376-377.
- [6] 陆立,胡晓丽,王春华.用时间序列分析法进行建筑物沉降观测数据处理的研究[J].测绘科学,2004,(6):76-78.
- [7] 黄育华,倪宏宇.建筑沉降观测数据处理[J].地理空间信息,2008,6(2):117-120.
- [8] 何朝阳,巨能攀,黄健.地质灾害海量监测数据处理方法研究[J].安全与环境工程,2014,(5):115-120.
- [9] 杨永毅.滑坡地质灾害监测技术发展综述[J].国外建材科技,2008,(3):84-86.
- [10] 牛瑞卿,韩舸.利用数据挖掘的滑坡监测数据处理流程[J].武汉大学学报:信息科学版,2012,(7):869-872,881.
- [11] 李小青,周明魁,高秀凤,等.燃气储罐基础倾斜的调整及施工[J].煤气与热力,2003,(4):239-240.
- [12] 曹鸿生,王学群.大型湿式储气罐不均匀地基的分层强夯处理[J].1992,(4):34-36.
- [13] 程慧高.某煤气柜储气罐地基差异沉降评测[J].工业安全与防尘,1999,(3):26-28.
- [14] 乔京生,王喜强,牛宝云.基于差异沉降的复合地基沉降计算方法研究[J].湖南科技大学学报(自然科学版),2007,(3):61-65.
- [15] 龙照,张恩祥,李兰香,等.Usher 模型在某原油储罐地基差异沉降预测中的应用研究[J].勘察科学技术,2009,(2):37-40,55.
- [16] 王仙珍.天然气储气罐基础沉降监测方法探讨[J].地球科学与环境学报,2002,24(2):65-67.
- [17] 杨黎明,孙伟平.影响全站仪高程测量精度因素及解决措施[J].矿山测量,2012,(4):60-62.
- [18] 宁黎平,贺淑英,乔永利.用全站仪进行高程测量的方法及精度分析[J].青海大学学报(自然科学版),2007,25(1):37-39.
- [19] 王刚,李莹,黄烜,等.郑州市地面沉降监测基岩标施工技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2018,45(4):82-86.
- [20] 姚宣德,王梦恕.地铁浅埋暗挖法施工引起的地表沉降控制的统计分析[J].岩石力学与工程学报,2006,25(10):2030-2035.
- [21] 刘桂卫,黄海军,杜廷芹.现代黄河三角洲近期地面沉降监测及诱发因素研究[J].环境保护与循环经济,2009,29(11):66-68.