

关于弹性支撑消除天然气工艺 管线应力变形的工程技术研究及应用推广

冯耀宇 曹镜清 (山西天然气有限公司忻州管理处, 山西 太原 030006)

摘要: 为了消除土壤基冻胀融沉所引起的天然气工艺管线应力倾斜变形, 论文对天然气工艺管线的应力倾斜变形角度进行了大量测量及统计分析, 对比分析了不同效果的土壤基冻胀融沉处理技术, 从理论和工程实际角度提出了弹性支撑处理方案。工程应用表明弹性支撑消除天然气工艺管线应力倾斜变形效果明显, 经济效益高, 具有较大推广意义。

关键词: 管线; 弹性支撑; 冻胀融沉; 应力变形; 效果明显

1 研究的背景与意义

由于神池首站工艺区土壤基含水量较高, 加之季节性温差较大, 引起了土壤基的季节性冻土冻胀融沉现象, 导致工艺区地面会发生相应的沉降和凸起, 而造成工艺区天然气工艺管线、设备发生较为严重的应力倾斜变形。研究通过对神池首站天然气工艺管线随季节不同相对应的应力变形倾斜角度的测量及统计分析, 发现天然气工艺管线的最大倾斜角度可达 4.2° , 天然气管线应力倾斜变形严重, 在2020年1月17日13时12分, 受当地极低气温及土壤层冻胀现象的影响, 天然气管线应力倾斜变形甚至造成法兰变径处开裂, 天然气大面积泄露的危险事件, 对站场的安全平稳运行造成极大影响。

为了消除天然气工艺管线的季节性应力倾斜变形, 忻州管理处积极探索、研究解决问题的工程技术措施, 先后采取了工艺区地面开挖、三七灰土夯填、铺设混凝土垫层、设置伸缩缝的土壤基及地表治理措施, 加长天然气工艺管线的应力释放改造措施, 天然气工艺设备单端固定增大伸缩量的设备改造措施。通过对技术效果、经济效益、工程投入等多方技术方案的详细比较, 最终确定采取对工艺管线设置弹性支撑的工程技术措施。该处理技术减少天然气工艺管线应力倾斜变形效果明显, 工程量小, 经济投入低, 对公司相关站场解决类似季节性土壤基冻胀融沉问题具有较大借鉴意义, 值得推广实施。

2 神池首站工艺区土壤基季节性冻胀融沉的影响因素及应力变形数据分析

2.1 水文条件分析

神池首站整体海拔水平相对较低, 北高南低, 生

活区为原土层, 工艺区为回填土层。相对较低的地理海拔水平, 导致地下水容易在工艺区蓄积, 同时近年, 由于排水渠存有裂缝, 导致雨水通过裂缝漏向工艺区 (已对排水渠铺设防水毡), 在冬季为土壤基的冻胀融沉问题提供了物理条件。

2.2 气候条件分析

神池首站所在的神池县境域属温带大陆性季风气候, 海拔1508m。其主要特征是: 冬季漫长而寒冷, 春季干旱且多风, 夏季温和无酷暑, 秋季凉爽多连雨。年平均气温 4.6°C , 一月最冷, 平均气温 -13°C , 七月最热, 平均 19°C , 年平均日照时数为2816.7h, 无霜期平均110天。境内常年多刮偏西风, 年平均风速 4.1m/s 。年内降水分布为冬季最少, 春季次少, 夏季高度集中, 秋季又明显减少, 年平均降水量为481.3mm。神池县大部分地区平均无霜期界于90~130天之间, 其分布趋势为西北长、东南短, 盆地长、山区短。当地有“十年九旱, 风大沙多”和“一年一场风, 从春刮到冬”的说法^[1]。冬季较低且漫长的气温, 为土壤基的冻胀融沉问题提供了相应的气象条件。

2.3 天然气工艺管线应力倾斜变形数据分析

天然气输气站工艺区土壤基的季节性冻胀和融沉, 导致了地面的沉降和凸起, 进而引发了天然气工艺管线、设备的应力倾斜、变形, 忻州管理处对天然气工艺管线、设备的倾斜角度进行了大量的测量及统计分析, 从而为天然气工艺管线及设备弹性支撑工程技术方案的提出提供了坚实的理论支撑。

其中, 与汇管-1相连的天然气工艺管线应力倾斜变形角度随月份的变化趋势在2022年1月19日, 由于神池站所在地区温度较低, 引起工艺区含水土壤

基发生结构和体积的变化,产生冻胀现象,导致与汇管-1相连的工艺管线发生较大的应力倾斜、变形,其中门站1路、门站2路天然气工艺管线倾斜角度最大可达 3.3° ,五寨1路、五寨2路天然气工艺管线分别达到 3.2° 、 2.4° ,燃产1路、燃产2路天然气工艺管线分别达到 1.5° 、 2.1° ,随着天气的逐渐回暖,土壤基逐渐融沉,工艺管线应力倾斜变形角度逐渐减小,到2022年4月5日,燃产1路天然气工艺管线应力倾斜变形角度最小,为 0.6° 。天然气工艺管线随含水土壤基冻胀融沉现象所产生的应力倾斜变形,说明天然气工艺管线在垂直地面方向有较大的位移,由于现有工艺管线固定支撑不能随着土壤基的冻胀和融沉进行垂直方向位移的调整,导致工艺管线产生应力倾斜变形。

随着天气的逐渐回暖,含水土壤基由冻胀逐渐转为融沉,分离器1路、分离器2路、分离器3路天然气工艺管线应力倾斜变形角度逐渐减小,虽然整体变形角度较小,但是现有弹性支撑不能在垂直方向上进行位移的微调,导致了天然气工艺管线的倾斜变形。

天然气放空管线应力倾斜变形角度随含水土壤基的冻胀和融沉表现出明显的下降趋势。但天然气放空管线的倾斜角度与其他工艺管线相比整体较大,其中三并二2112前放空最大可达 4.2° ,现场实物图可以明显的看出天然气工艺管线发生倾斜,同时随着土壤基的融沉,和受相连工艺管线的影响,放空管线甚至表现出负向倾斜变形。说明受土壤基的冻胀和融沉,及相连工艺管线的影响,天然气放空管线整体垂直位移较大,现有支撑起不到垂直方向位移的调整作用。

3 土壤基季节性融沉冻降处理技术分析 & 选择

目前,在工程技术领域针对含水土壤基融沉冻降所引起地面沉降和凸起危害所采取的工程技术措施主要有换填基床土、人工盐化含水土壤基、无机结合料稳定土保温法、修建减少土壤基含水量的排水设施等^[2-3]。

3.1 换填基床土处理技术分析

国内外的工程实践表明,用较纯净的砂砾或中、粗砂换填季节性冻土,是削减地基土冻害的理想方法之一,其中换土深度应至冻结深度之下。

神池站整体地理水平相对较低,且北高南低,工艺区位于站场南面,土壤基为回填土,为地表雨水及地下水的汇集创造物理条件,工艺区土壤基含水量整体较高。

使用换填基床土的处理技术可以从根本上解决土壤基的融沉冻胀病害,同时考虑到天然气输气管线的特殊性,回填土应使用较纯净且相对较细的砂砾,换土深度应至冻结深度之下,根据开挖经验动土深度在1.5m以上,但是神池站已投产运营且为首站,年输气量大,工艺复杂,管线繁多,而工艺区换填基床土施工周期长,不可避免的会造成局部或整体停产,影响生产运营,且工艺区全部换填基床土的工程投入高,初步估计至少在110万以上(不包括停产带来的损失),成本较高。

3.2 人工盐化含水土壤基处理技术分析

融于水中的盐类能使水溶液的冰点低于淡水,而且浓度越大,冰点越低,主要有打孔注盐、土盐拌和等几种施工方法。打孔注盐的深度应至冻结深度的80%,盐化处理后的土应夯实,以减少盐分的流失。盐化处理易于施工,成本较低,但只能减少冻胀,不能根除冻害,应与其他办法结合使用,或在低温值较高的病害轻微段使用,并要根据土壤基床的具体地质条件综合考虑,以防出现新的土壤基盐渍化病害。

人工盐化含水土壤基处理技术可以降低土壤溶液的冰点,减少冻胀危害,但是同时也提高了土壤溶液的盐分,为天然气埋地输气工艺管线的电化学腐蚀创造便利条件,考虑到行业特殊性,不推荐使用该方法。

3.3 无机结合料稳定土保温法处理技术分析

在土壤基床表层铺设保温层,改善基床温度环境,使表层下的基床土不冻结或减少冻结深度。保温材料一般使用炉渣,其导热系数小,成本低廉,也可用石棉泡沫聚苯乙烯板等保温材料。国外经验表明,用泥炭或冷压泥炭砖作保温材料,效果良好,使用时间长。

神池站可以选择在工艺区表层铺设保温层的无机结合料稳定土保温法处理技术,但是该方法需要将工艺区已有瓷砖全部拆除,且要破除浇筑的混凝土垫层,工程量较大,工程投入相对也较高,可在后期逐步推广使用。

3.4 修建减少土壤基含水量的排水设施处理技术分析

修建减少土壤基基床含水量的排水设施,如修建具有抗冻防渗能力的地表排水设施,以防治因地表水而引起的冻胀;修建渗沟、暗沟、截水沟等,截断、疏导地下水或降低地下水位,以防治因地下水补给而引起的冻胀。

目前,忻州管理处已对工艺区排水渠做内防水,防止雨水从裂缝处漏入工艺区,最大限度的将雨水排

出站外,从而减少工艺区土壤基含水量的增大。

忻州管理处冯耀宇主任组织管理处人员,通过对上述多种工程技术方案从效果、经济、工期等方面的深入对比分析,结合神池站季节性土壤基冻胀融沉导致的工艺管线倾斜变形特点,针对性的提出使用弹性支撑代替原有固定支撑的工程技术方案,使管线在垂直地面方向随土壤基的冻胀融沉进行位移行程的自由调整,使用相对较低的工程投入,达到减少天然气工艺管线应力倾斜变形的最佳效果。

4 神池站弹性支撑消除天然气工艺管线应力变形的工程技术应用及推广

4.1 弹性支撑原理简介

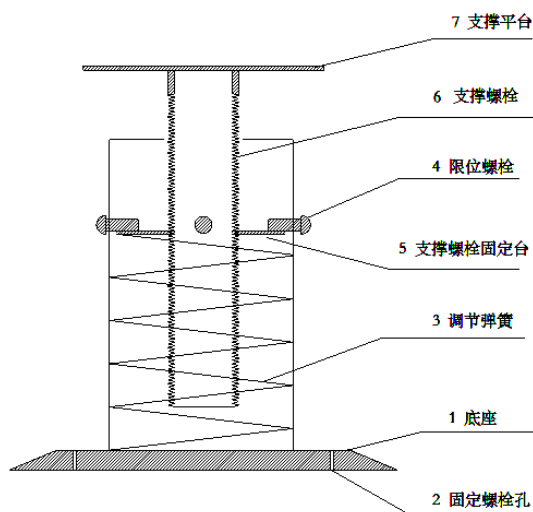


图1 弹性支撑原理示意图

弹性支撑的原理示意图如图1所示,所示。弹性支撑共由7部分组成,1为底座,2为底座上留有的固定螺栓孔,用来和平台固定,防止弹性支撑发生横向移动;3为调节弹簧,其中调节弹簧可以根据所支撑物体重量的不同,选择具有不同承重能力规格的弹簧,从而在土壤基发生融沉冻胀时,进行支撑方向上位移的微调,避免固定支撑不能进行位移微调而产生的应力倾斜变形,消除管网的局部应力;4为限位螺栓,为支撑螺栓固定台的最高上限,主要起固定作用;5为支撑螺栓固定台,起固定支撑螺栓的作用,同时固定台上留有丝扣;6为支撑螺栓,螺栓上留有螺纹,可沿着支撑螺栓固定台上的丝扣进行上下位移调节,从而适应支撑与管网之间的距离;7为支撑平台,用来承托所支撑管网,实际使用时,需要在支撑平台和管网之间衬垫橡胶垫。

4.2 弹性支撑在神池站的工程应用

针对忻州管理处神池站工艺区土壤基季节性冻胀

融沉所引起的天然气工艺管线应力倾斜变形,忻州管理处对发生倾斜变形的天然气工艺管线用弹性支撑代替了原有的固定支撑,为了抵消土壤基冻胀融沉的影响,对于安设于不同天然气工艺管线位置处不同承重规程的弹性支撑,支撑弹簧均产生了不同程度的位移行程,极大地消除了土壤基冻胀融沉所引起的天然气工艺管线应力倾斜变形,防治效果明显,对于确保天然气工艺管线的安全运行效果显著。

4.3 弹性支撑在神池站工程应用的经济效益分析

通过实地测量,神池站工艺区东西向约34.2m,南北向约26m,冻土层厚度约1.5m,埋地工艺管线最大管径DN500,故需开挖深度约2m。如采取换填基床土的处理技术,涉及换填土方面积为889.2m²,换填土方(三七土垫层、原土方、淤泥、流沙层)体积为1778.4m³。

工艺区换填基床土技术的施工步骤大致包括,拆除工艺区花砖,破除硬化水泥垫层,开挖原三七灰土垫层,原覆土土方开挖,淤泥开挖,换填纯净且相对较细的砂砾并分层夯实,三七灰土回填并夯实,重新铺设花砖,此外还包括阀门、管线支墩浇筑、打磨、除锈、刷漆,排水渠、电缆沟、地沟等的修筑、防水处理等。综合施工、材料等,预算总价在110万元以上。

而通过计算天然气工艺管线、阀门的实际重量,应力倾斜变形管线所选用的弹性支撑承重规格在50kg-650kg不等,弹簧支撑的位移行程在40-45mm不等,可以最大限度的消除天然气工艺管线的应力倾斜变形,效果明显。同时,单个弹性支撑的制作成本在30-50元不等,数量总计约110个,总价约5千元。

对比工艺区换填砂砾基床土的工程处理技术,使用弹性支撑消除天然气工艺管线冻胀融沉应力变形的处理方案,工程量少,预防应力变形效果明显,经济投入少,可节省约110万元,是现有工程技术方案里的最佳处理技术措施。同时,对于公司范围内,有类似季节性土壤基冻胀融沉所导致的工艺管线应力倾斜变形有极大的借鉴意义,值得推广用。

参考文献:

- [1] 李治平. 多年冻土地地区道路病害及防治对策 [J]. 东北公路, 2003, 26(4): 69-70.
- [2] 张敬东, 齐志刚等. 浅谈多年冻土地地区公路病害与防治措施 [J].
- [3] 戴惠民等. 季冻区公路桥涵地基土冻胀性的研究 [J]. 中国公路学报, 1989, 2(4): 18-25.