

Analysis on Pipeline Laying Across in Zhaolou Coal Mine

Wenlong Guo¹, Li Li¹, Jian Li², Chunfeng Li²

¹China Petroleum Pipeline Engineering Co. Ltd. International, Langfang Hebei

²Design Company of China Petroleum Pipeline Engineering Co., Langfang Hebei

Email: guo_wenlong@cnpc.com.cn

Received: Jun. 12th, 2019; accepted: Aug. 15th, 2019; published: Oct. 15th, 2019

Abstract

The collapse and surface deformation of the mining area was a potential threat to the safe operation of the oil and gas pipeline. Based on the analysis of mining parameters and geological conditions, the future subsidence area scope and subsidence displacement of subsidence area are predicted, and the stress and strain analysis and check of pipeline are carried out. According to the results of analysis and check, the corresponding laying measures are taken to ensure the safe operation of the pipeline after completion.

Keywords

Subsidence Area, Laying Measures, Safe Operation

赵楼煤矿管道敷设分析研究

郭文龙¹, 李丽¹, 李健², 李春锋²

¹中国石油管道局工程有限公司国际事业部, 河北 廊坊

²中国石油管道局工程有限公司设计分公司, 河北 廊坊

作者简介: 郭文龙(1982-), 男, 工程师, 现主要从事油气管道项目管理及设计管理方面的工作。

Email: guo_wenlong@cnpc.com.cn

收稿日期: 2019年6月12日; 录用日期: 2019年8月15日; 发布日期: 2019年10月15日

摘要

采空矿区的塌陷及地表变形是石油天然气管道安全运营的潜在威胁。笔者通过分析矿区开采参数及地质条件, 预测采空区地表未来沉陷区域范围及沉陷位移量, 对管道进行应力应变分析校核, 根据分析校核结果, 采取相应的敷设措施, 以确保管道建成后的安全运营。

关键词

采空矿区, 敷设措施, 安全运营

Copyright © 2019 by author(s), Yangtze University and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

矿区地下采空部分出现的塌陷会引起不同程度的地表变形, 当管道在这些地区敷设时, 变形地表会引发管道产生应力应变, 严重时甚至会导致管道塑性变形直至破裂, 带来巨大的经济损失。为解决这一难题, 管道建设者从管道本身可接受的应力应变水平出发, 评估未来可能的地表变形对管道安全运营的危害程度, 进而采取相应的应对措施, 确保管道的安全运营。在日照-东明原油管道工程设计建设过程中, 模拟了赵楼煤矿矿区未来可能发生的沉陷及地表变形, 研究了管道应力应变状态及敷设方式, 提出了相应的工程措施。

2. 赵楼煤矿的开采状态及地质特征

赵楼煤矿煤层平均总厚约 243.57 m, 含煤 25 层。可采及局部可采煤层平均总厚度 9.86 m, 占煤层总厚度的 69%。其中 3 号煤层占可采煤层总厚度的 60%, 是主采煤层, 其他煤层均为暂不可开采煤层。赵楼煤矿开采工艺为长臂式全部垮落法管理顶板开采, 煤层为水平煤层, 开采范围内充分采动, 平均开采厚度 10.3 m, 平均开采深度 780 m。

3. 赵楼煤矿地表沉陷预测及管道敷设分析

3.1. 设计方法

用基于概率积分法的采空区沉陷预测模型对采空区未来地表变形进行预测分析, 得出采空区沉陷位

移及沉陷影响范围。建立管道和土壤间的相互作用模型,结合土壤、管道特性参数等,用有限元分析的方法判定管道在最苛刻条件下的应力应变状态[1][2],根据分析结果制定相应的工程措施。

3.2. 基本参数及分析模型

赵楼煤矿矿区采空基本参数和管道及敷设基本参数见表1、表2。赵楼煤矿属近水平煤层,开采深度为780 m,开采厚度为10.3 m,采深采厚比为75.73,大于规定的地表不连续变形的采深采厚比临界值40,因此采用地表均匀连续变形模型进行分析,不考虑地表的不均匀沉降。

Table 1. The basic parameters of subsidence

表1. 采空基本参数

开采深度/m	开采厚度/m	煤层倾角/(°)	下沉系数/1	时间系数/1	水平移动系数/1	基岩移动角/(°)	松散层移动角/(°)	影响传播角/(°)
780	10.3	0	0.75	2.5	0.36	65	65	-

Table 2. The basic parameters of pipeline and its laying

表2. 管道及敷设基本参数

管道外径/mm	管道壁厚/mm	管道钢级	外防腐层	设计压力/MPa	管顶埋深/m	回填土质	敷设方向
610	9.5	L450 LSAW	3LPE	8.0	1.2	密实黏土	中间穿过

3.3. 煤矿采空区沉陷预测

根据煤矿开采基本参数及地质情况,用采空区沉陷预测分析软件对沿管道敷设方向对应的地表变形轴向、横向和竖向位移情况进行预测分析(图1),结果显示,地表变形的影响范围约为2000 m,其中最大竖向位移为7.7 m,最大轴向位移为2.8 m,无横向位移。

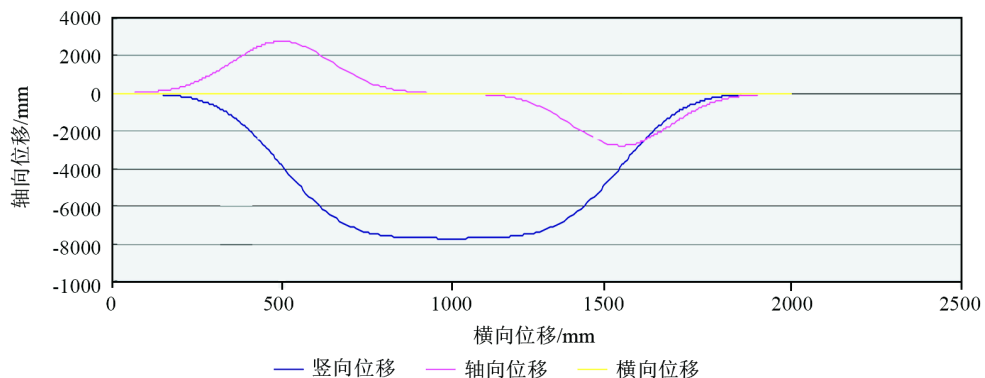


Figure 1. The surface deformation and displacement of pipeline location

图1. 管道所在位置地表变形位移

3.4. 管道应力分析

采用三向土弹簧模型进行土壤对管道的约束作用分析。将土壤对管道的约束作用简化为3个方向上离散的非线性弹簧(图2)。采用管单元和弹簧单元对采空区管道受力情况进行分析,模拟给定地表变形情况下,管道与土体之间的相互作用,确定管道在该工况下的力学反应。

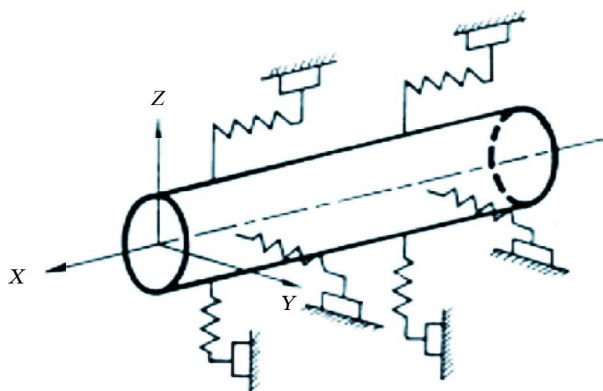


Figure 2. The pipe-soil action model

图 2. 管土作用模型

3.5. 变形分析结果

当回填土为中密黏土时，在地表沉陷变形最大的工况下，管道最大等效应力、最大应变校核计算结果见图 3。管道受到的最大等效应力为 277 MPa，小于钢管许用应力，拉伸和压缩应变也均小于容许值，表明采取土壤换填后，可满足要求。

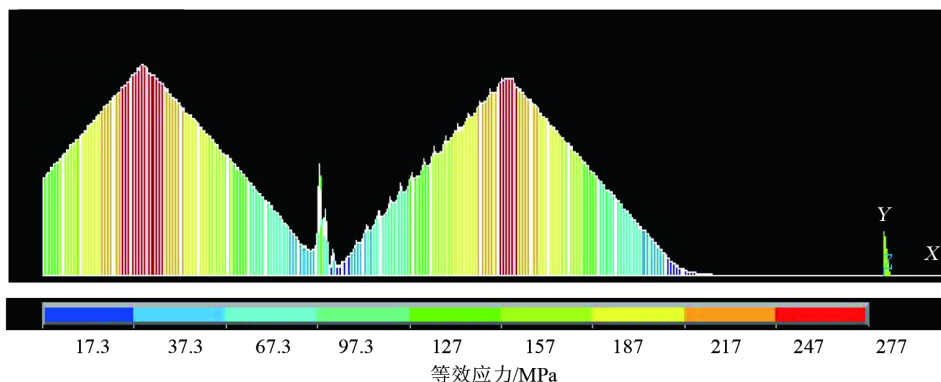


Figure 3. The distribution diagram of maximum equivalent stress

图 3. 最大等效应力分布图

4. 赵楼煤矿管道敷设工程措施

针对赵楼煤矿矿区充分采动后的沉陷预测及管道变形分析结果，结合采空区管道敷设基本要求[3]，制定工程措施。

- 1) 编写赵楼煤矿矿区管道施工技术要求及详细技术方案，对施工过程进行重点监管。对参加施工的各级人员进行专项作业培训，掌握采空区管段施工技术要求。
- 2) 对矿区管段管沟进行单独验槽，严格把控管沟尺寸、沟底平整度和纵向边坡。
- 3) 对采空区管段的焊口进行外观检查、100%超声波和 100%射线检查，检测的合格等级应达到规定的验收标准。
- 4) 采空区管段应尽量保持顺直，不宜设置水平转角及热煨弯头，尽量减少冷弯弯管的数量。
- 5) 加大管沟尺寸，管沟内采取砂土换填措施，管底预埋 300 mm 厚砂土(砂土的塑性指数 $IP \leq 3$ ，且 0.1 mm 以下的颗粒不应超过 15%)。

6) 运营过程中加强监管, 建立应变监测系统, 实时监测管道应变状态, 确保运营安全。

5. 结语

- 1) 赵楼煤矿矿区在采取适当工程措施后, 管道可通过赵楼煤矿矿区敷设。
- 2) 管道通过赵楼煤矿敷设时, 换填砂土后, 管道应力应变值均小于容许值, 满足工程要求。

参考文献

- [1] 杨晓辉, 赵梦晨, 晋新林, 等. 采空区埋地输气管道沉降机理及跨度研究[J]. 力学与工程应用, 2016, 16(7): 322-325.
- [2] 蒋宏业, 王惠, 徐涛龙. 采空塌陷区埋地输气管道的变形及受力分析[J]. 中国安全生产科学技术, 2016, 12(2): 45-51.
- [3] Q/SY 1487—2012, 采空区油气管道安全设计与防护技术规范[S].

[编辑] 鲁大丽