

成果与方法

地下矿产开采对天然气管道工程的安全影响评价*

万继涛¹, 胡松涛¹, 韩祥银², 张新文³

(1. 山东省地矿工程勘察院, 山东 济南 250014; 2. 山东省地质科学实验研究院, 山东 济南 250013; 3. 山东省第一地质矿产勘查院, 山东 济南 250014)

摘要:西气东输天然气管道工程途经兖州市, 穿越杨庄、杨村、兴隆庄等煤矿矿区, 压覆煤层埋深变化较大。该文采用预测法对各煤矿在不同开采条件下分煤层对管道运营安全的危害程度进行了评价分析。通过计算表明, 煤矿开采埋深越浅, 煤层越厚, 对管道危害越严重。兴隆庄煤矿3煤层、杨村煤矿煤16_上、煤17开采对管道影响强烈, 杨庄煤矿煤16_上、煤17开采对管道影响中等, 兴隆庄煤矿煤16_上、煤17开采对管道运营影响小。

关键词:煤矿开采; 采煤塌陷; 天然气管道工程安全; 影响评价; 山东兖州

中图分类号: TD822; TD823.83

文献标识码: A

西气东输天然气管道工程途经兖州市, 近EW向经过兖州市的兴隆庄、王因等镇。管道直径1.10 m, 是国内特制的金属材料, 埋置深度2.0 m左右。管道经过的兖州煤田规模大, 煤质好, 地质构造简单, 开发条件良好。沿线矿山均为20世纪80年代投产, 开采区内都发生了严重的地面塌陷, 塌陷深度最大6.9 m, 形成局部常年积水区。

1 概况

管道自西向东压覆的煤矿包括杨村煤矿、杨庄煤矿、兴隆庄煤矿等。其中压覆杨村、杨庄煤矿煤16_上、煤17煤层, 压覆兴隆庄矿区煤3、煤16_上、煤17煤层。煤16_上、煤17煤层为厚度1 m左右的薄煤层, 煤3煤层平均厚8.28 m。

根据兖州矿区煤矿开采经验, 采空区稳定时间一般为1~3年。在津浦铁路以东, 管道大部分位于兴隆庄3煤采空区; 在津浦铁路以西, 3煤采空区分布于管道沿线以南, 这些采空区形成的最晚时间为2001年。管道沿线的杨村煤矿采空区分布于矿区东南部, 开采时间为1989—2001年。在杨庄煤矿, 采空区分布于管道沿线后杨村一段家村一带, 开采时间已大于3年。上述采空区基本已稳定, 对管道的危害很小。但在管线下伏尚未开采的煤层, 今后

如形成新采空区, 将威胁到管道安全。

2 煤层开采对管道安全影响因素

2.1 已有保护煤柱留设情况

在杨庄矿区内近SN向留设有泗水河保护煤柱; 在兴隆庄矿区SN向穿越的京沪铁路留设有保护煤柱; 在三官庙村管道线路北, 分布有煤3露头, 兴隆庄煤矿在此留设了第四系防水煤柱。这些保护煤柱均与管道相交处同样起着保护管道的作用。

2.2 新增采空区地面变形特征

该区煤矿规模为大型, 煤层埋深205~760 m, 部分采深与采厚比大于30, 地面塌陷将形成地表坑, 3煤开采塌陷深度较大, 将给管道安全带来危害。随着工作面的推进, 采空区地表变形也随着采煤的掘进而不停发生, 地面上每一点都有可能对管道安全运营造成威胁。

2.2.1 地面变形与开采深度的关系

有研究表明^[1], 沉降系数 q 与采厚比成对数关系变化, 根据国内重点矿区30多个煤矿观测站资料进行回归, 得到在充分采动条件下沉降系数为:

$$q = 1 - 0.239235 \times \left(\frac{H-h}{m} \right)^{0.054573}$$

* 收稿日期: 2008-02-21; 修订日期: 2008-05-15; 编辑: 陶卫卫

作者简介: 万继涛(1963-), 男, 山东单县人, 高级工程师, 主要从事地质勘查研究工作。

式中： H —煤层埋藏深度(m)； h —第四系(土层)厚度(m)； m —开采煤层厚度(m)。

185 m, 可由此得出沉陷系数在煤层厚度 8 m 和 1 m 时的变化规律(表 1)。

管道影响范围内第四系厚度 160 ~ 235 m, 平均

表 1 沉陷系数与采深及煤层厚度的关系

采深 H (m)		200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300
沉陷系数	煤厚 8m	0.75	0.72	0.71	0.71	0.70	0.70	0.70	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69
	煤厚 1m	0.72	0.69	0.68	0.67	0.67	0.66	0.66	0.66	0.66	0.65	0.65	0.65

由表 1 可以看出, 沉陷系数虽然随开采深度的增加而减少, 但变化甚微。在采深由 500 m 增加到 1 300 m 时, 沉陷系数仅减少 0.02 ~ 0.03; 在采深大于 500 m 时, 一般与采深 300 m 相比沉陷系数减少 0.02 ~ 0.04。因此, 预测时各矿区深部沉陷系数以该矿区或相邻矿区采深 300 m 左右时实测值减去 0.02 ~ 0.04 来参与计算。

$$\text{水平变形: } \mathcal{E}_{\max} = \pm 1.52b \times W_{\max}/r (\text{mm/m}) \quad (5)$$

$$\text{主要影响正切角: } \text{tg}\beta = H/r \quad (6)$$

2.2.2 计算方法与计算公式选取

式中： α —开采厚度(m)； β —煤层倾角(°)； γ —主要影响半径(m)； q —沉陷系数； b —水平移动系数； H —开采深度(m)。

依据《矿山开采沉陷学》^[2], 对于缓倾斜(倾角 < 25°)矿层, 可通过较为成熟的预计法预测煤矿采空区产生的地表移动和变形特征, 在充分开采条件下各变形特征值计算公式如下:

2.2.3 各煤矿地表变形预测参数取值及计算

根据杨村煤矿和兴隆庄矿区 4314, 3303 - 1, 3303 - 2 地表移动观测站资料, 各煤矿地面变形参数取值见表 2。各煤矿地面变形预测结果见表 3。

$$\text{沉陷值: } W_{\max} = q \times m \cos\alpha (\text{mm}) \quad (1)$$

$$\text{倾斜: } T_{\max} = W_{\max}/\gamma (\text{mm/m}) \quad (2)$$

$$\text{曲率: } K_{\max} = \pm 1.52W_{\max}/\gamma^2 (10^{-3}/\text{m}) \quad (3)$$

$$\text{水平移动: } U_{\max} = b \times W_{\max} (\text{mm}) \quad (4)$$

表 2 各煤矿地面变形参数取值

煤矿	H (m)	q	b	$\tan\beta$
杨村	203 ~ 280	0.94	0.4	1.87
兴隆庄	215 ~ 610	0.78	0.25	1.78
杨庄	203	0.86	0.33	1.83

表 3 杨村煤矿段地表变形特征值计算结果

煤矿	煤层	W_{\max} (mm)	T_{\max} (mm/m)	K_{\max} ($10^{-3}/\text{m}$)	U_{\max} (mm)	\mathcal{E}_{\max} (mm/m)
杨村	煤 16 _上	1077 ~ 1341	7.9 ~ 12.1	0.09 ~ 0.16	423 ~ 536	4.8 ~ 7.3
	煤 17	891 ~ 1031	6.6 ~ 9.6	0.07 ~ 0.13	356 ~ 431	4.0 ~ 5.8
兴隆庄	煤 3	491 ~ 6813	17.8 ~ 56.4	0.09 ~ 0.74	873 ~ 1703	6.8 ~ 21.4
	煤 16 _上	603 ~ 930	1.6 ~ 4.4	0.01 ~ 0.03	151 ~ 232	0.59 ~ 1.67
	煤 17	528 ~ 930	1.2 ~ 4.6	0.01 ~ 0.02	132 ~ 234	0.46 ~ 1.75
杨庄	煤 16 _上	960 ~ 1069	5.2 ~ 7.8	0.04 ~ 0.09	317 ~ 353	2.6 ~ 3.9
	煤 17	687 ~ 847	4.0 ~ 6.0	0.03 ~ 0.07	225 ~ 280	2.0 ~ 3.0

3 煤矿开采对管道安全的影响评价

该区主要可采煤层为煤 3、煤 16_上、煤 17, 开采顺序自上而下。在开采下部煤层时, 上部煤层采空区沉陷已达到稳定状态。因此, 各煤层的沉陷将单独进行。各采空区地表的最终沉陷值为各煤层沉陷值之和, 而其他参数值由于发生时间不同而无叠加关系。

质情况紧密相关。在不留设保护矿柱、可采煤层充分开采的条件下, 煤层可采厚度与地面最大沉陷值成近正比关系, 地面最大水平变形值随着埋深的增大而减小。根据《三下采煤规程》^[3]规定, 对于有接头且接头与管体等强度埋设的煤气管道(钢管材质优于 3 号钢, 埋设于地下砂质黏性土上), 其地面允许变形值为水平变形 $\mathcal{E} < 2.0 \text{ mm/m}$, 安全影响评价以之作为评价参考。同时, 矿区内地下水水位埋深小于 2.0, 因此, 评价确定开采后地面水平变形 $\mathcal{E} >$

通过计算可以看出, 采空地面变形值与煤矿地

2.0 mm/m 或地面沉陷 >2 m 的地段,判定为对管道运营安全构成威胁(由于各层煤分层开采,其地面变形发生时间不一致,在此地面沉陷不以各层叠加计算,而以其分别开采的发生值参与评价)。评价结果见表4。

表4 各煤矿不同煤层开采对管道安全影响程度

煤层	杨村	杨庄	兴隆庄
煤3			强
煤16 _上	强	中	弱
煤17	强	中	弱

杨村煤矿开采煤16_上、煤17,煤层厚度较薄,埋深浅,其最大沉陷值较小,两煤层开采后可形成地面塌陷深度0.96~1.07 m和0.89~1.03 m,但水平变形值较高,达到4.0~7.3 mm/m之间,对管道的安全运营影响大。

杨庄煤矿开采煤16_上、煤17,厚度较薄,埋深较杨村煤矿略大,其地面沉陷值较小,两煤层开采后可形成地面塌陷深度0.11~0.13 m和0.69~0.85 m,水平变形值2.0~3.9 mm/m之间,对管道安全影响较大。

兴隆庄煤矿开采煤层为煤3、煤16_上、煤17,其埋深变化较大,煤3、煤16_上、煤17埋深分别为210

~610 m,350~760 m,360~770 m。其中煤3厚度大,该矿区平均厚度8.28 m,其最大沉陷值与最大水平变形值均较高,沉陷一般达到3.5~6.8 m,大部分地段大于5.0 m。水平变形在6.8~21.4 mm/m之间,大部分区段大于10 mm/m,远远大于允许变形值<2.0 mm/m的要求,因此煤3的开采对管道运营安全影响强烈。而煤16_上、煤17由于厚度较薄(0.71~1.24 m),埋深较大,其最大沉陷值与水平变形均较小,沉陷在0.5~0.9 m之间,水平变形约0.5~1.7 mm/m之间,其开采对管道运营安全影响小。

同时,在煤矿可采区的边缘地带或各种保护煤柱的接壤地段,地面变形危害将比其他地段严重,也是今后安全管理重点。

参考文献:

- [1] 邓喀中,张冬至,张周权.深部开采条件下地表沉陷预测及控制探讨[J].中国矿业大学学报,2000,29(1):52-55.
- [2] 何国清,杨伦,凌赓娣.矿山开采沉陷学[M].徐州:中国矿业大学出版社,1981,310-329.
- [3] 中华人民共和国煤炭工业部.建筑物、水体、铁路及主要井巷煤柱留设与压煤开采规程[S].北京:煤炭工业出版社,1986,75.

Safety Evaluation of Gas Pipeline Engineer Effected by Underground Mineral Resource Exploration

WAN Ji-tao¹, HU Song-tao¹, HAN Xiang-yin², ZHANG Xin-wen³

(1. Shandong Geo-engineering Exploration Institute of Geology and Mineral Resources, Shandong Jinan 250014, China; 2. Shandong Institute and Laboratory of Geological Sciences, Shandong Jinan 250013, China; 3. No. 1 Exploration Institute of Geology and Mineral Resources, Shandong Jinan 250014, China)

Abstract: The project which transports gas from west to east China will pass through Yangzhuang, Yangcun, Xinglongzhuang coal mines in Yanzhou city, and the depth of coal strata vary greatly. By using predication method, damage degree of gas pipe lines in different conditions are evaluated in this paper. As showed by the calculation result, the shallower and deeper of the coal mining, the more serious the pipe is damaged. The third coal stratum, the upper part of the sixteenth coal stratum and the seventeenth coal strata will effect pipeline strongly. The upper part of the sixteenth coal stratum and the seventeenth coal strata of Yangzhuang coal mine will effect pipeline in medium degree, and the upper part of the sixteenth coal stratum and the seventeenth coal stratum of Xinglongzhuang coal mine will effect pipelines in small degree.

Key words: Coal mining; coal mining collapse; safety of gas pipe engineer; effect evaluation; Yanzhou in Shandong province