

地质与测量

徐州矿区地表移动角值参数综合分析

谭志祥¹, 袁力², 李培现¹, 邓喀中¹

(1. 中国矿业大学 环境与测绘学院 江苏 徐州 221116; 2. 徐州矿务集团有限公司 征迁处 江苏 徐州 221006)

摘要: 为合理留设“三下”采煤的保护煤柱,对徐州矿区10多个开采沉陷观测站观测结果进行了系统研究和综合分析,获得了地表移动角值参数与采矿地质条件之间对应关系。研究表明:下山边界角、移动角与煤层倾角关系密切,上山边界角、移动角与基岩厚度有关;超前影响角与基岩厚度成正比,与采高、工作面推进速度成反比;最大下沉速度滞后角与松散层厚度所占覆岩厚度比例、工作面推进速度成正比,与采高成反比。所建系列公式正确可靠、使用方便,在徐州矿区具有广泛的应用前景。

关键词: 徐州矿区; 角值参数; 煤柱留设; 回归分析

中图分类号: TD323

文献标志码: A

文章编号: 0253-2336(2014)05-0088-03

Comprehensive Analysis on Surface Movement Angle Parameters in Xuzhou Mining Area

TAN Zhi-xiang¹, YUAN Li², LI Pei-xian¹, DENG Ka-zhong¹

(1. College of Environment Science and Spatial Informatics, China University of Mining and Technology, Xuzhou 221116, China;

2. Levy and Relocation Department of Xuzhou Mining Group, Xuzhou 221006, China)

Abstract: In order to reasonably design the protection coal pillar when mining under buildings in Xuzhou Mining Area, waterbodies and railways, this paper systematically studied and synthetically analyzed data of more than ten mining subsidence observation stations and revealed the relationship between ground movement angle parameters and geological and mining conditions. The results showed that downhill boundary angle and downhill angle of draw had close relationship with angle of mine seam; uphill boundary angle and uphill angle of draw had close relationship with the thickness of the base rock; the fore effect angle was directly proportional to the thickness of the base rock, and inversely proportional to mining thickness and mining face forward speed; maximum subsidence speed lag angle was directly proportional to the ratio of alluvium thickness to mining depth, mining face forward speed and inversely proportional to the mining thickness. The series of formula established in the paper are correct, reliable and simple, and have wide application prospect in Xuzhou coal mining area.

Key words: Xuzhou Mining Area; angle parameters; design protection coal pillar; regression analysis

0 引言

徐州矿区“三下”(建筑物、水体下、铁路下)压煤情况非常严重,截至2009年末,徐州矿区各矿能利用储量中,可采储量为3.74亿t,“三下”压煤可采储量1.74亿t,占总可采储量的46.5%;“三下”压煤问题不解决,不仅将大幅缩短矿井和矿区的服务年限,而且直接影响井下采区的正常布置与接续。

为了给徐州矿区“三下”采煤和保护煤柱留设等提供更加科学的依据,在实测资料基础上^[1-2],参照其他矿区经验^[3-6],采用数理回归分析方法研究了徐州矿区地表移动角值参数与地质采矿条件之间的相关关系,揭示了地表移动与变形的机理,并获得了一系列的经验公式,为今后科学合理地确定岩移参数奠定了基础,同时为徐州矿区及类似条件矿区今后“三下”采煤、保护煤柱留设和开采沉陷控制研究等

收稿日期: 2013-12-23; 责任编辑: 曾康生 DOI: 10.13199/j.cnki.cst.2014.05.024

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(41071273)

作者简介: 谭志祥(1969—),男,江苏扬州人,教授,博士生导师,博士。Tel: 13615106793 E-mail: tan7654321@sina.com

引用格式: 谭志祥,袁力,李培现,等. 徐州矿区地表移动角值参数综合分析[J]. 煤炭科学技术, 2014, 42(5): 88-90, 94.

TAN Zhi-xiang, YUAN Li, LI Pei-xian et al. Comprehensive Analysis on Surface Movement Angle Parameters in Xuzhou Mining Area[J]. Coal Science and Technology, 2014, 42(5): 88-90, 94.

提供了科学依据。

1 矿区观测站情况

徐州矿务集团自 20 世纪 50 年代末以来,先后在董庄、庞庄、韩桥、权台、三河尖等矿建立了 20 余条观测线的地表岩移观测站,获得了较完整的观测资料,为求取适合该矿区特定地质采矿条件下的地表与岩层移动参数打下了良好基础。徐州矿区观测站涉及地质采矿条件如下: 采厚 0.8~4.0 m,煤层倾角 $5^{\circ} \sim 38^{\circ}$,开采深度 39~710 m,深厚比 49~335,松散层厚度 15~220 m,工作面推进速度 24~60 m/月,采煤方法均为长壁开采、全部垮落法管理顶板。

2 地表移动角参数分析

在数据整理分析的基础上,采用开采沉陷相关理论^[7-10],并借鉴国外的经验^[11-12],通过综合分析研究,获得了徐州矿区下山边界角、上山边界角、走向边界角、下山移动角、上山移动角、走向移动角、超前影响角、最大下沉速度滞后角与地质采矿条件之间的关系。

1) 下山边界角。边界角是反映开采影响地表移动范围的参数,包括下山边界角 β_0 、上山边界角 γ_0 和走向边界角 δ_0 。根据徐州矿区实测资料,通过反复分析研究,发现下山边界角受煤层倾角 α 影响较大,煤层倾角越大、下山边界角越小,见表 1 和图 1; 采用回归分析方法^[13]得到下山边界角 β_0 与煤层倾角的关系式: $\beta_0 = -0.443\alpha + 59.803$ 。

表 1 下山边界角及工作面地质采矿条件

观测站	$\beta_0 / (^{\circ})$	M/m	$\alpha / (^{\circ})$	H_1/m	H_2/m	H_0/m	深厚比	h/m
庞庄矿 706	53.5	2.0	13	130	85	108	54	60
董庄矿 107	45.0	2.0	30	220	47	134	67	33
新河矿 2004	48.0	0.8	16	282	255	269	335	55
权台矿 110	42.5	2.1	31	168	39	104	49	17
垓城矿 4204	47.0	1.8	38	273	169	210	117	60
庞庄矿 502	54.0	2.0	16	113	84	98	49	64
垓城矿 1123	52.0	1.6	20	407	343	375	234	77
三河尖矿 7110	52.0	2.0	18	710	630	670	335	220
董庄矿 3311	62.0	2.1	10	534	467	501	234	30
夹河矿 7423	53.0	2.5	9	598	495	547	219	115

注: M 为开采厚度; H_1 为下山采深; H_2 为上山采深; H_0 为平均采深(覆岩厚度); h 为松散层厚度。

由拟合公式计算下山边界角最大差值为董庄矿

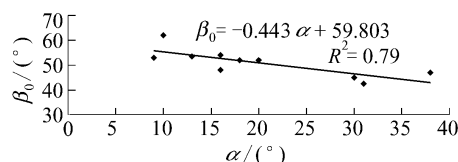


图 1 下山边界角与煤层倾角的关系

3311 工作面,绝对误差 6.6° ,最小误差为庞庄矿 706 工作面、绝对误差 0.5° ,相关系数 $R^2 = 0.79$,回归公式相关程度高。

2) 上山边界角。上山边界角是反映开采沉陷地表移动盆地在上山一侧影响范围的主要参数。根据徐州矿区实测资料,经综合分析研究,发现徐州矿区上山边界角与基岩厚度关系较为密切(图 2),基岩厚度越大,岩层越硬,向上山传播范围越小,上山边界角越大;经回归得到上山边界角 γ_0 与基岩厚度 $(H_0 - h)$ 的关系式: $\gamma_0 = 0.0456(H_0 - h) + 47.813$ 。经过计算,拟合公式所计算的结果最大误差为 60° ,最小误差 0.5° ,公式相关系数 $R^2 = 0.91$ 。因此可以认为所拟合公式准确可靠,下山边界角与基岩厚度具有较大的相关性。

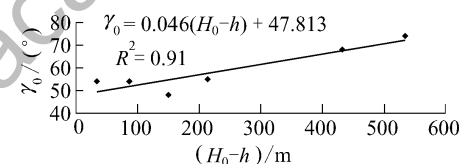


图 2 上山边界角与基岩厚度关系

3) 走向边界角。走向边界角反映了开采沉陷地表移动盆地在走向方向影响范围的参数。据徐州矿区实测资料,经回归分析,发现走向边界角 δ_0 与基岩厚度、采高关系较密切(图 3): $\delta_0 = 0.056(H_0 - h)/M + 55.716$ 。经计算,公式计算值和实测最大绝对误差为 4.59° ,最小绝对误差 0.38° ,回归公式的相关系数 $R^2 = 0.84$,回归公式相关程度较高。

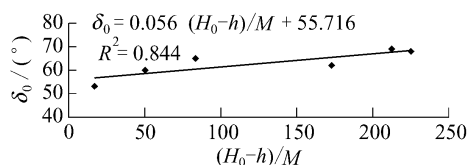


图 3 走向边界角和基岩厚度与采高比值的关系

4) 下山移动角。移动角是描述地表危险移动边界的参数,包括走向移动角 δ 、下山移动角 β 以及上山移动角 γ 。根据徐州矿区实测资料,发现煤层倾角对下山移动角影响较大,倾角越大、下山移动角越小;回归分析得到下山移动角与煤层倾角的关系式,如图 4 所示。

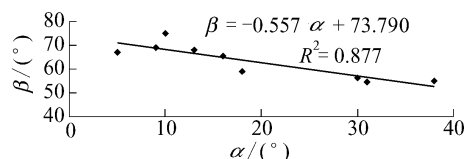


图 4 下山移动角与煤层倾角的关系

根据回归公式计算各工作面下山移动角并与实测值比较,最大绝对误差 6.79° ,最小绝对误差 0.22° ;回归公式相关系数 $R^2 = 0.877$ 。因此,可以认为根据煤层倾角计算的下山移动角是准确的。

5) 上山移动角。上山移动角是描述上山方向危险移动边界的主要参数。根据徐州矿区实测资料,经回归分析得到下山移动角与基岩厚度相关性较高(图 5),回归得到上山移动角与基岩厚度($H_0 - h$)的关系式: $\gamma = 0.015(H_0 - h)^2 - 2.927(H_0 - h) + 138.200$ 。经计算,拟合公式最大绝对误差为 1.7° ,最小绝对误差 0.9° 。公式相关系数 $R^2 = 0.99$ 。因此认为公式具有较好的拟合效果,但是由于上山移动角实测数据太少,建议今后加强实测研究。

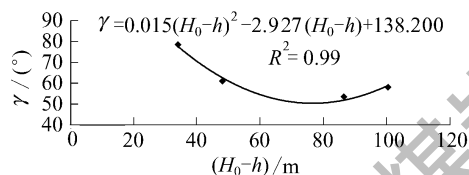


图 5 上山移动角与基岩厚度的关系

6) 走向移动角。走向移动角反映的是走向方向上地表移动盆地的危险移动边界,根据徐州矿区实测资料,走向移动角主要和覆岩岩性及松散层厚度有关(图 6)。 $\delta = 148.0(h/H_0)^2 - 129.0(h/H_0) + 98.8$ 。采用回归公式计算走向移动角,并与实测值比较发现最大绝对误差为 2° ,最小绝对误差 0.7° ,相关系数 $R^2 = 0.859$,公式较为可靠。由公式可见,走向移动角与松散层厚在覆岩中所占比例有关;当松散层厚所占比例较小时,随着松散层所占比例的增大,走向移动角减小;当松散层厚度所占覆岩厚度比例超过一定数值后,随着松散层厚度所占比例的增大,走向移动角增大。

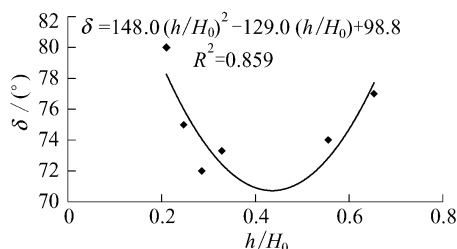


图 6 走向移动角与松散层厚度与覆岩厚度比例的关系

7) 超前影响角。超前影响角 ω 是表征工作面推进过程中,工作面前方的地表受采动影响而下沉的参数,研究开采沉陷动态参数的重要参数之一。根据徐州矿区实测资料,超前影响角与基岩厚度成正比,与采高、工作面推进速度反比;经综合分析,超前影响角可以由下式求得(图 7): $\omega = 2.705(H_0 - h)/(MC) + 52.738$ 。其中, C 为工作面推进速度, $m/月$ 。由拟合经验公式求得的超前影响角最大绝对误差为 5.2° ,最小绝对误差 1.0° ,相关系数 $R^2 = 0.89$,回归公式相关程度高。

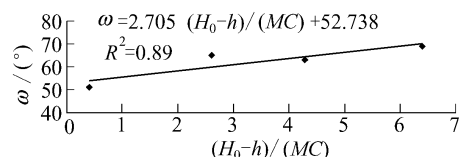


图 7 超前影响角与采高、推进速度及基岩厚度的关系

8) 最大下沉速度滞后角。最大下沉速度滞后角 φ 是表征地表动态移动规律的另外一个角值。根据徐州矿区实测资料,经分析得到最大下沉速度滞后角与松散层厚度所占覆岩厚度比例、工作面推进速度成正比,与采高成反比;回归获得的关系式(图 8)为 $\varphi = 0.803hC/(H_0M) + 69.039$ 。拟合公式所计算的最大绝对误差为 2.1° ,最小绝对误差为 0.05° ,拟合公式相关系数 $R^2 = 0.93$,可以采用所拟合公式作为选取最大下沉速度滞后角的经验公式。

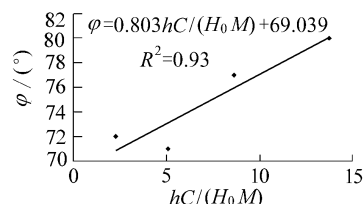


图 8 最大下沉速度滞后角与松散层厚度、采深等的关系

3 结 语

1) 试验获得了边界角(下山、上山、走向)与地质采矿条件间的系列关系式;下山边界角与煤层倾角有关,倾角越大、下山边界角越小;上山边界角与基岩厚度有关,基岩厚度越大,上山边界角越大;走向边界角与基岩厚度/采高之比关系密切、呈正比。

2) 试验获得了移动角(下山、上山、走向)与地质采矿条件之间的系列关系式;下山移动角与煤层倾角有关,倾角越大、下山移动角越小;上山移动角与基岩厚度之间呈多项式关系;走向移动角与松散层厚度所占覆岩厚度比例之间呈多项式关系。

(下转第 94 页)

3 结 语

在淮南矿区煤巷条件下,煤层探测有效距离可以达到 50 m。落差在 2/3 煤厚以上的断层等异常体,探测试验成功率达到 100%;对于落差小于 2/3 煤厚的断层探测,成功率也达到了 87.5%。经过现场试验研究证明淮南矿区的探地雷达分析方法适用于波形明显的回波异常分析法。

探地雷达技术在淮南矿区的探测试验表明,推广应用该技术将提高矿井近距离超前预测预报的精度和矿井物探的应用水平,为保障煤矿安全生产有重要意义。但是该技术还存在探测距离较短、波形分析不够清晰可辨等问题。随着探测实践和井下工作方法研究的不断深入和完善,探地雷达技术作为一种新型的近距离矿井物探技术,有望成为煤层掘进巷道中的最有效的物探手段。

参考文献:

- [1] 宋 劲,吴燕清,胡运兵,等.探地雷达在煤巷超前探测中的应用[J].矿业安全与环保,2007,34(1):37-41.
- [2] 宋 劲.探地雷达煤矿井下探测技术的研究[D].北京:煤炭科学研究总院,2006.
- [3] 邓春为,李大洪.地质雷达资料解释方法综述[J].矿业安全与环保,2004,31(6):23-24.
- [4] 王连成.地质雷达在工程地质和煤矿生产中的应用[J].山东矿业学院学报:自然科学版,1999,18(1):17-20.
- [5] 高克德,王连成.地质雷达探测隧道掘进前方充水和瓦斯构造[J].公路,1994(9):44-46.

- [6] 王连成.地质雷达的探测实践[J].西安矿业学院学报,1999,19(4):318-321.
- [7] 王连成,高克德,李大洪,等.地质雷达探测掘进工作面前方瓦斯突出构造[J].煤炭科学技术,1997,25(11):13-16.
- [8] 李大洪.地质雷达目标识别方法述评[J].煤炭科学技术,2000,28(5):49-51.
- [9] 李大洪.地质雷达的应用现状及发展前景[J].煤田地质与勘探,1997,25(5):60-64.
- [10] 邵 雁.矿井综合物探技术在南方煤矿探测岩溶水通道中的应用[J].中国煤炭地质,2009,21(7):62-65.
- [11] Peng Suping, Yang Feng. Fine Geological Radar Processing and Interpretation [J]. Journal of Chinese Geophysical Society Applied Geophysics, 2004, 1(2): 89-94.
- [12] 刘传孝,杨永杰,蒋金泉.探地雷达技术在采矿工程中的应用[J].岩土工程学报,1998,20(6):99-101.
- [13] 梁庆华.矿井探地雷达井下快速超前探测与数据分析[J].物探化探计算技术,2011,33(5):531-535.
- [14] 杜磊,曹赵飞.探地雷达在煤矿井下掘进工作面构造探测的应用[J].中小企业管理与科技,2011(5):224.
- [15] 王东才.探地雷达与工程地质勘探[J].物探装备,2001,11(3):188-194.
- [16] 李大心.探地雷达方法与应用[M].北京:地质出版社,1994.
- [17] 蒋成站,吴燕清,朱适流,等.煤层电性参数测试技术完善的研究[R].重庆:煤炭科学研究总院重庆分院,1994.
- [18] 邵 雁.用速度谱获取雷达波速度[J].矿业安全与环保,2001,28(3):19-20.
- [19] 何继善,柳建新.隧道超前探测方法技术与应用研究[J].工程地球物理学报,2004,1(4):293-298.
- [20] 赵永辉,吴健生,万明浩.不同地下介质条件下探地雷达的探测深度问题分析[J].电波科学学报,2003,18(2):220-224.

(上接第 90 页)

3) 建立了动态移动角值(超前影响角、最大下沉速度滞后角)与地质采矿条件之间的综合关系式;超前影响角与基岩厚度成正比,与采厚、工作面推进速度成反比;最大下沉速度滞后角与松散层所占覆岩比例、工作面推进速度成正比,与采厚成反比。

参考文献:

- [1] 滕永海,张荣亮.徐州矿区地表移动规律研究[J].矿山测量,2003(3):34-35.
- [2] 谭志祥,邓喀中.建筑物下采煤理论与实践[M].徐州:中国矿业大学出版社,2009.
- [3] 温继满.厚冲积层下开采地表岩层移动规律实测分析[J].煤炭科学技术,2010,38(6):104-107.
- [4] 陈俊杰,陈 勇,郭文兵,等.厚松散层开采条件下地表移动规律研究[J].煤炭科学技术,2013,41(11):95-97,102.

- [5] 刘义新,戴华阳,姜耀东,等.厚松散层大采深下采煤地表移动规律研究[J].煤炭科学技术,2013,41(5):117-120,124.
- [6] 谭志祥,邓喀中.综放面地表变形预计参数综合分析及应用研究[J].岩石力学与工程学报,2007,26(5):1041-1047.
- [7] 邹友峰,邓喀中,马伟民.矿山开采沉陷工程[M].徐州:中国矿业大学出版社,2003.
- [8] 何国清,杨 伦,凌虞娣,等.矿山开采沉陷学[M].徐州:中国矿业大学出版社,1991.
- [9] 国家煤炭工业局.建筑物、水体、铁路及主要井巷煤柱留设与压煤开采规程[M].北京:煤炭工业出版社,2000.
- [10] 煤炭科学研究院北京开采所.煤矿地表移动与覆岩破坏规律及其应用[M].北京:煤炭工业出版社,1981.
- [11] B. A. 布克林斯基[苏].矿山岩层与地表移动[M].王金庄,洪渡译.北京:煤炭工业出版社,1989.
- [12] Syd S Peng. Surface Subsidence Engineering[M]. The Society for Mining, Metallurgy and Exploration Inc, 1992.
- [13] 马金铃,高井祥,张书毕.数据分析与测量数据处理[M].徐州:中国矿业大学出版社,1994.