

# 煤矿地应力测量及其工程意义

李占强 周治安 杨为民 (淮南矿业学院地质系 232001)

**摘要** 依据对淮北芦岭煤矿地应力测量及巷道工程变形破坏调查和分析,指出地应力的大小、方向和分布状态是井巷工程稳定性评价及其工程设计的重要依据。地应力测量对正确认识煤矿工程中的各种动力现象并阐明其机制,对煤矿工程设计更加合理、安全十分必要。

**关键词** 地应力 应力测定 巷道变形

**中国图书资料分类法分类号** TD 322

**作者简介** 李占强 男 28岁 工程师 硕士 岩土工程

## 1 引言

目前,在煤矿工程中很少进行地应力测量,这方面的工作还未引起人们的足够重视。大量的实践证明,煤矿中发生的各种动力现象如巷道变形破坏、煤和瓦斯突出及岩爆、井筒破裂等与地应力密切相关。岩体中初始地应力的大小、方向及其分布状态决定了围岩的受力状态。井巷工程不仅要考虑由岩层自重引起的重力应力场,而且还要研究现代构造应力场。通过对淮北芦岭煤矿地应力的估测和对巷道变形破坏的大量调查分析,表明地应力测量在矿井工程中占有重要地位。地应力的大小、方向及分布状态是矿井工程设计及稳定性评价的重要依据。

## 2 矿井概况

芦岭煤矿是淮北矿区巷道变形破坏严重的矿井之一。该矿自1969年建矿投产以来,各类巷道就开始发生不同程度的变形破坏,特别是近几年来,随着采矿规模的扩大,开采深度的增加,巷道变形破坏日愈严重,已成为

威胁矿井安全生产和影响经济效益的最主要因素之一。

## 3 矿区地质背景

芦岭井田位于徐宿弧形构造的东南端,北为宿北断裂,东为固镇—长丰断裂,南为光武—固镇断裂,西侧为西寺坡断裂(图1)。大量资料表明,自新生代以来,宿北断裂南侧下降,北侧相对上升,新地层的厚度差异较大,新构造运动十分明显。固镇—长丰断裂为近南北向逆平移断裂,其破碎带宽50~70 m,地层产状较陡,具明显的左行平移。1979年3月在新马桥附近发生了5级地震,震后余震达数十次。固镇—长丰断裂一直受自东向西的水平挤压力强烈作用,并由此向北北东向左行滑移。光武—固镇断裂为淮北煤田的南部边界,据人工地震资料,它控制着河南省鹿邑第三系盆地,亦表现出活断裂迹象。

由此可见,芦岭井田处于被古断裂环绕的地质环境中,现今区域构造应力场的存在,其强度和方向性必然对煤矿井巷工程产生重要影响。

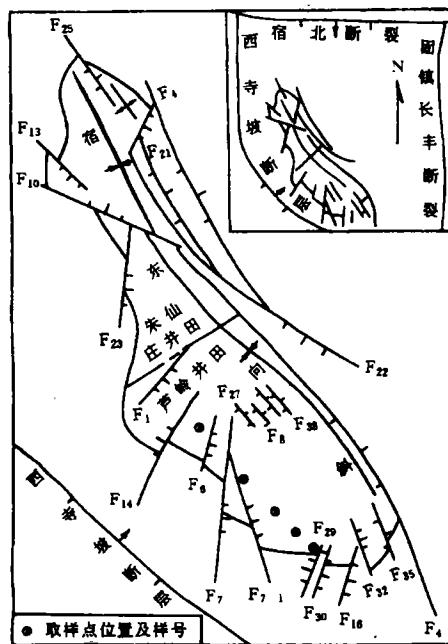


图 1 芦岭矿区区域构造及地应力测点分布图

#### 4 矿区地应力估测

为了了解研究区地应力特征,对矿区进行了 AE 地应力取样测试。全区共布置 5 个取样点,分别位于不同的深度和构造分区(图 1),因此具有代表性。测试结果详见表 1。根据王连捷等研究<sup>[1]</sup>,地应力正常地区某一深度  $h$  处的水平最大主应力值  $s_1$  有经验公式:

$$s_1 = 7.36 + 0.0225 h \text{ (MPa)}$$

用上式求得各测点水平最大主应力,并与实测水平最大主应力值对比,结果见表 2。

由表 1、表 2 可知,研究区地应力场具有以下特点:

a. 水平最大主应力( $\sigma_1$ )均大于铅向应力( $\sigma_v$ ),它与铅直应力的比值随深度的增加而减小(图 2),这一点与其它地区地应力测量结果近于一致。

b. 结合矿区节理、小断层配套分析及区域构造应力研究,用水平投影求得晚近时

表 1 芦岭矿区 AE 现今地应力估测结果

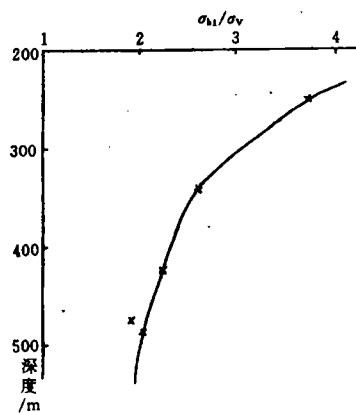
采样点	样号	岩性	取样深度 /m	$\sigma_{AE}$ /MPa	$\sigma_{h1}$ /MPa	$\sigma_v$ /MPa	$\sigma_{h1}/\sigma_v$
I 81 反煤运 输平巷(5)	AE-L <sub>1</sub>	细砂岩	423	23.8	21.7	10.0	2.2
I 81 岩轨巷 (5)	AE-L <sub>2</sub>	细-中砂岩	473	23.1	21.0	11.6	1.9
852 岩轨巷 (4)	AE-L <sub>3</sub>	细砂岩	253	24.1	21.9	6.0	3.7
I 824 岩轨巷 (8)	AE-L <sub>4</sub>	中砂岩	486	25.4	23.1	11.8	2.0
883 岩轨巷 (8)	AE-L <sub>5</sub>	细砂岩	338	22.4	20.4	8.0	2.6

注:1) 测试单位为中科院地质力学研究所;

2) 采样点项括号内数字为试样数,各应力值为这些试样的平均值。

表 2 芦岭矿区实测  $\sigma_1$  与计算  $s_1$  比较

试样号	计算 $s_1$ /MPa	实测 $\sigma_1$ /MPa	$\frac{\sigma_1 - s_1}{s_1} \times 100$
AE-L <sub>1</sub>	16.9	21.7	28
AE-L <sub>2</sub>	18.0	21.0	16
AE-L <sub>3</sub>	13.1	21.9	68
AE-L <sub>4</sub>	18.1	23.1	28
AE-L <sub>5</sub>	15.0	20.4	36

图 2 芦岭矿区  $\sigma_{h1}/\sigma_v$  与深度关系

期最大主应力  $\sigma_1$  方向大致为 105°,向北西西倾伏,倾伏角为 17°。

c. 矿区水平最大主应力值比理论上计算出的正常地区地应力高出约 1/3,属超常应力区。

## 5 巷道变形破坏与矿区地应力关系

芦岭煤矿巷道变形破坏严重,巷道变形破坏除与围岩岩体质量、结构面、地下水等因素有关外,地应力是引起巷道变形破坏的重要因素。

### 5.1 西改大巷及四采区-400 m 西大巷变形特征

西改大巷位于井田中西部,横跨二、四采区,标高-400 m,不受上部采动影响,其变形破坏特征见图3。

AB段:轴向N30°E,与 $\sigma_1$ 方向近直交,巷道的变形破坏特征为拱顶受挤片落,向外尖凸,断面呈桃形,两边墙向内臌且沿纵向延展,并伴随底臌,呈现出水平挤压作用下的压-张型破坏。

CD段:轴向N80°E,与 $\sigma_1$ 方向近平行。巷道变形破坏主要是顶部冒落,拱45°处及侧墙中下部呈块状剥落并有底臌,造成U型钢出现平顶,拱45°处和侧墙中下部向内弯曲,表现出顶压大于水平侧压的压-张型破坏。

DE段:四采区-400 m 西大巷,轴向

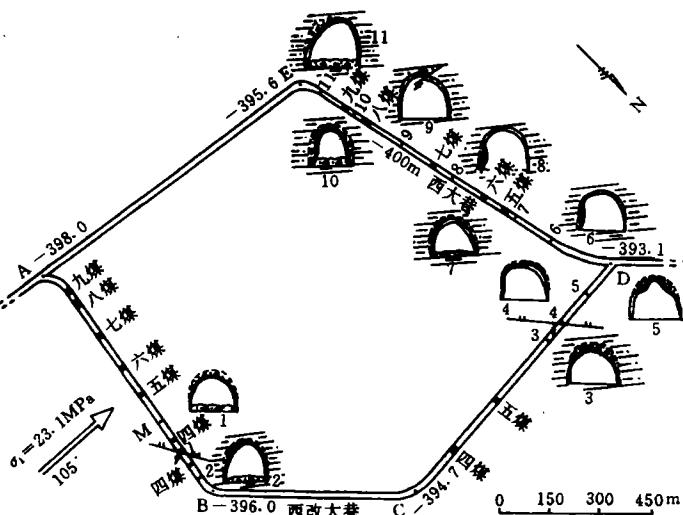


图3 西改大巷及四采区-400 m 西大巷变形破坏图

注:剖面方向面对A→B→C→D→E前进方向

N20°E,与 $\sigma_1$ 大角度相交。巷道破坏主要是拱顶砌石被挤断脱落,U型钢向外尖凸,断面呈桃形或歪桃形,与西改大巷AB段变形相似,表现出水平侧压作用下的压-张型破坏。

### 5.2 1010采区-250 m 总回风巷形变特征

总回风巷位于1010采区东部,轴向S45°W,与 $\sigma_1$ 方向呈50°交角,巷道变形破坏见图4。由图4可见,巷道变形破坏严重,变形方式复杂,在不同的地段具有不同的变形破坏特点,表现出既有铅向应力作用下巷道侧帮剪切、整体断面缩小(图4中4'、4''),又有水平应力作用下U型钢支架的侧帮内臌、底臌变形(图4中2'、5),呈现水平应力与铅向应力共同作用的力学效应。

由地应力估测结果和巷道变形破坏的特征分析,芦岭矿区地应力属于 $\sigma_{h_1} > \sigma_v > \sigma_{h_2}$ 类型。巷道的稳定性及变形破坏特征与 $\sigma_{h_1}/\sigma_v$ 的大小及水平最大主应力 $\sigma_{h_1}$ 方向与巷道轴的夹角密切相关。

a. 当巷道轴与水平最大主应力( $\sigma_{h_1}$ )方向平行时,巷道周边应力有 $\sigma_v > \sigma_{h_2}$ ,巷道变形破坏显示出铅向应力( $\sigma_v$ )的力学效应。

b. 当巷道轴与水平最大主应力( $\sigma_{h_1}$ )方向垂直时,巷道周边应力有 $\sigma_{h_1} > \sigma_v$ ,巷道变形破坏显示出水平主应力( $\sigma_{h_1}$ )的力学效应。

c. 当巷道轴与水平最大主应力( $\sigma_{h_1}$ )方向成一定角度相交时,巷道周边应力较复杂,常显示出水平主应力和铅向应力共同作用的力学效应。

## 6 结束语

a. 对芦岭煤矿地应力AE法实测结果表明:芦岭矿区属超常应力区,矿区水

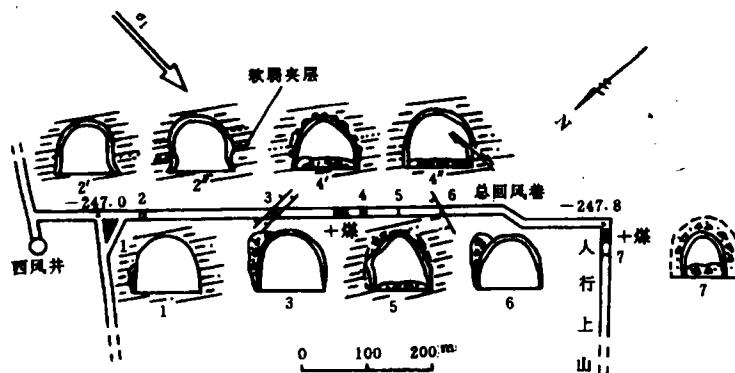


图 4 1010 总回风巷道变形破坏图

平最大主应力值比正常地区高出约 1/3, 水平最大主应力值与铅向应力之比的平均值约为 2.5。

b. 最佳巷道断面几何形状的选择: 芦岭矿区阶段巷道及部分大巷一般采用直墙半圆拱形断面, 受水平应力作用, 特别是与最大水平主应力方向垂直的巷道, 在工程地质条件较差的地段, 巷道容易出现边墙内臌和底臌现象, 变形破坏严重。有限元研究结果表明, 似椭圆形断面是较适应水平应力为主导的地应力作用方式的一种断面几何形状。当它受水平应力作用时, 周边应力均匀, 不出现应力集中区, 能够形成压力拱, 巷道在较长时间稳定, 这已被金川矿区实践所证明。因此, 芦岭矿区在今后的主要巷道(如水平运输大巷、阶段轨道巷等)设计施工时, 建议采用似椭圆形断面巷道。

## STRESS MEASUREMENT AND ITS SIGNIFICANCE IN THE MINE ENGINEERING

Li Zhanqiang Zhou Zhian Yang Weimin  
(Huainan Mining Institute)

**Abstract** Based on stress measurement and investigation and analysis of deformation and failane behaviour of the tunnets, it is pointed out that stress plays on important role in mine engineering. The size, direction and distribution of the stress are important evidence of the stability evaluation and design of mining engineering. It is very essential to understand varions dynamic phenomena and ekplain its mechanism correectly that stress measurement will make engineering design more reasonable and safer.

**Keywords** ground stress; stress determination; roadway deformation

c. 利用 AE 法只能粗估矿区现今地应力的最大主应力值, 结合井田节理、小断层及区域应力场分析矿区水平最大主应力的方向。因此, 为进一步了解矿区应力场空间分布特征, 划分不同的应力区段, 建议进行三维原位地应力测量, 为各类巷道轴线方向的选择、合理支护方式提供重要基础数据。

研究工作得到中科院地质力学研究所丁原辰教授和芦岭煤矿地测科李伟工程师及许多同志的帮助, 在此一并致谢。

## 参考文献

- 1 王连捷、潘立宙等. 地应力测量及其在工程中的应用. 北京: 地质出版社, 1991
  - 2 于双忠. 煤矿地质研究. 徐州: 中国矿业大学出版社, 1991
- (收稿日期 1994-08-22)