

文章编号: 1006-6616 (2008) 03-0286-06

沈阳红菱煤矿地应力测量

赵卫华^{1,2}, 孙东生^{1,2}, 王红才^{1,2}, 梁俊义³
王平³, 张军红³, 王军³

- (1. 国土资源部新构造运动与地质灾害重点实验室, 北京 100081;
2. 中国地质科学院地质力学研究所, 北京 100081;
3. 沈阳煤业集团红菱煤矿, 辽宁沈阳 110106)

摘要: 为了了解红菱煤矿地应力状态和分布特征, 采用空芯包体应力解除法进行了地应力实测工作, 获得了该矿区 3 个水平 3 个测点的三维地应力状态。实测表明: 该区地应力以水平构造压应力为主导, 三个测点的最大主应力均为 NNE 向, 最大主应力在 18.32~21.5MPa 之间, 最大主应力的大小是随深度的增加而增加的。中间主应力为铅直应力, 在 13.1~14.79MPa 之间。最小主应力在 9.54~13.08MPa 之间。测量结果可用于本矿区的生产设计, 并作为煤与瓦斯突出等矿山灾害评价的参考资料。

关键词: 地应力测量; 空芯包体法; 煤与瓦斯突出; 红菱矿区
中图分类号: P553 **文献标识码:** A

0 引言

影响岩体工程稳定性以及煤矿安全的因素中, 地应力状态是最重要的因素之一。巷道、采场以及地下洞室的稳定性与地质构造条件、岩体力学性质和原岩应力状态有密切关系。获取地应力状态将为开挖和支护等工程设计提供科学数据。随着煤炭价格的攀升, 许多煤矿着手进行深部开采, 深部地应力更加复杂, 对施工影响加大。因此, 地应力场的研究对于煤矿安全、高效生产尤为重要。

煤与瓦斯突出是煤矿高地应力的突出表现之一, 近二十年来, 据不完全统计红菱煤矿发生煤与瓦斯突出事故达 150 次以上, 仅 96 年度就曾发生 22 次煤与瓦斯突出, 其中最高强度达 5390 吨, 瓦斯涌出 42 万 m³ 以上。因此, 开展矿区地应力研究还将为开展该矿煤与瓦斯突出灾害研究提供重要基础数据。

目前, 原岩现今应力测量方法很多, 但适合矿山应力测量的主要方法之一是空芯包体应力解除法^[1]。这种方法在一次套芯测量中可以获得三维应力状态。本次红菱煤矿地应力测量

收稿日期: 2008-06-01

基金项目: 中国地质科学院基本科研业务费专项 (编号: Ywf060717) 经费资助; 地质力学所基本科研业务费 (编号: DZLXJK 200705) 资助。

作者简介: 赵卫华 (1984), 男, 硕士研究生, 从事地质调查及地应力研究工作。E-mail: weihuazhao@163.com。

©1994-2018 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.

使用的就是空芯包体应力解除法。

1 红菱煤矿区域地质构造概况

红菱煤矿区域构造位于新华夏第二巨型沉降带中, 下辽河断陷带的东坡与东西向太子河拗陷带复合部位。早期产生吕梁运动即发育的温香—鞍山东西向断裂和北东东向的苏家屯—浑河断裂, 使煤田南侧营口背斜和北侧沈阳隆起的古老地层抬起, 从而控制了本区古生代地层的沉积范围。区内构造以褶皱为主, 断层次之。褶皱的平面形态表现为以宽缓倾向斜和线形窄背斜相互交替出现为主, 向斜核部分布二叠系地层, 背斜核部为奥陶系地层, 两翼为石炭系。向斜呈北宽南窄, 东陡西缓; 背斜北窄南宽, 总体向西南倾伏。本井田呈一单斜构造, 倾向南东, 倾角在 $20^{\circ} \sim 45^{\circ}$ 之间, 浅部较缓, 深部中段局部可达 50° 。井田内构造方向与区域构造大体一致。该区因受北西—南东方向挤压力产生北东及北西两组断裂, 其中北东向断裂在后期因中生带下辽河凹陷大幅下降, 断裂再次活动, 所以比北西向断裂发育。F19断层^[2]和北风井断层是本井田控制程度较高的主要断层, 其它中、小断层都是它的派生构造、低序次构造。从断层产状看主要有NE和NW两组, NE组, 比较发育而NW组次之。

2 地应力测量方法简介^[1, 3~4]

采用KX-81型空芯包体式三轴地应力计, 用解除法进行了地应力测量。应力计如图1所示。它可在单孔中通过一次套芯解除获得三维应力状态。该方法具有使用方便、安装操作简单、成本低、效率高等优点。KX-81型空芯包体三轴地应力计的外径为35.5mm, 工作长度为150mm, 可安装在直径为36.5~38mm的小钻孔中, 应力计具有很好的绝缘防水性能。

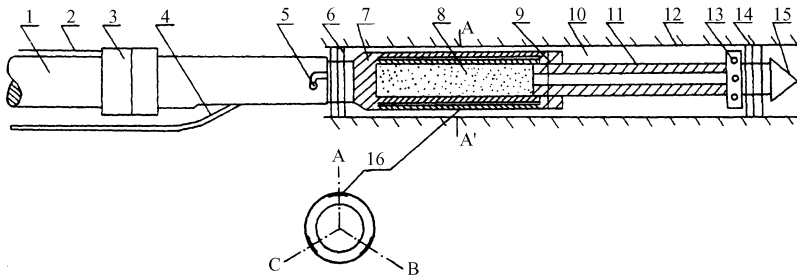


图1 KX-81型空芯包体三轴地应力计结构示意图

Fig. 1 A sketch showing the structure of KX-81 triaxial hollow inclusion gauges for *in-situ* stress

1. 安装杆; 2. 定向器导线; 3. 定向器; 4. 读数电缆; 5. 定向销; 6. 密封圈; 7. 环氧树脂筒; 8. 空腔 (内装粘胶剂); 9. 固定销; 10. 应力计与孔壁之间的空隙; 11. 柱塞; 12. 岩石钻孔; 13. 出胶孔; 14. 密封圈; 15. 导向头; 16. 应变花

3 测点的选择

测点布置应遵循下列原则^[5~6]: 完整或尽量完整的岩体内, 一般要远离断层, 避开岩石破碎带和断裂发育带; 远离或尽量远离较大开挖体, 如大的采空区、大峒室等; 避开巷道和采场的弯、叉、拐、顶部等应力集中区, 保证应力测点必须位于原岩应力区, 即原始应力状态未受工程扰动的地区。为了研究地应力状态随深度变化的规律, 测量应尽量在3个或3个

以上水平进行。按照以上原则,我们在矿井-680m、-710m、-780m三个水平各选择1个测点,编号分别定义为SY-680、SY-710和SY-780。

4 测量结果

4.1 地应力解除数据及曲线

在上述三个测点成功地进行了应力解除测量。SY-680测点位于-680水平回风巷道,钻孔方位 187° ,仰角为 18° ,解除深度为4.5m,岩性为粉砂岩。SY-710测点位于-710水平底板巷,钻孔方位 17° ,仰角为 18° ,解除深度为4.2m,岩性为灰色粉砂岩。SY-780测点位于-780瓦斯抽放巷,钻孔方位 196° ,仰角为 9° ,解除深度为4.26m,岩性为灰色粉砂岩。三个测点均取得了较好的效果并得到相应的应力解除曲线(图2,图3,图4)。原始数据列于表1中。图中可以看出每个应力解除曲线的变化过程,每条曲线都有较强的规律性,与应力解除过程的应力变化理论分析是一致的。岩石的弹性模量和泊松比为:测点SY-680岩石弹性模量17.96GPa,泊松比0.28;测点SY-710岩石弹性模量19.2GPa,泊松比0.26;测点SY-780岩石弹性模量23.5GPa,泊松比0.28。

表1 原岩应力测量数据

Table 1 Date of the *in-situ* rock stress measurement

测点号	钻孔方位角	钻孔仰角	定向仪角度	应变仪读数 ($\mu\epsilon$)											
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
SY-680	187	18	0.6	1221	541	554	966	1270	591	1110	828	1194	605	964	968
SY-710	17	18	-12	563	713	—	977	1144	613	772	895	1192	732	1031	—
SY-780	196	9	-67.6	1058	529	758	821	791	537	1052	823	844	552	627	684

注:“—”表示无数据。

4.2 原岩应力的大小和方向

应力测量结果列于表2和表3中,数据处理使用专用软件实现^[7-8]。测点SY-680的最大主应力为18.32MPa,方位为 202.38° ,倾角 25.15° ;中间主应力为13.90MPa,方位为 9.69° ,倾角 64.3° ;最小主应力为12.72MPa,方位为 110.05° ,倾角 4.9° 。测点SY710的最大主应力为19.39MPa,方位为 209.29° ,倾角 10° ;中间主应力为13.1MPa,方位为 64.69° ,倾角 77.79° ;最小主应力为9.54MPa,方位为 120.52° ,倾角 6.93° 。测点SY-780的最大主应力为21.5MPa,方位为 192.35° ,倾角 15.03° ;中间主应力为14.79MPa,方位为 0.18° ,倾角 74.64° ;最小主应力为13.08MPa,方位为 101.52° ,倾角 3.09° 。

三个测点的最大主应力和最小主应力倾角较小,近于水平向。其中,最大主应力为NNE向,最小主应力为NWW向。中间主应力倾角较陡,近于垂向。主应力方位的赤平投影如图5所示。

4.3 应力随深度变化规律

用线性拟合的方法求出了最大水平主应力(σ_H)、最小水平主应力(σ_h)和铅直应力(σ_v)随深度(H)的变化规律: $\sigma_H = 0.0337H - 5.1543\text{MPa}$; $\sigma_h = 0.0118H + 3.2914\text{MPa}$; $\sigma_v = 0.0251H\text{MPa}$ 。可以看出,地应力随深度的增加具有增大的趋势。

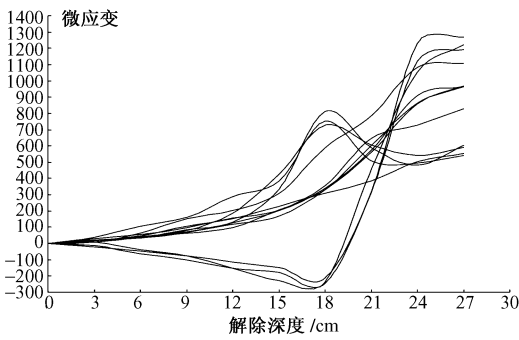


图 2 SY-680 测点应力解除曲线

Fig 2 Corresponding curves during the overcoring at site SY680

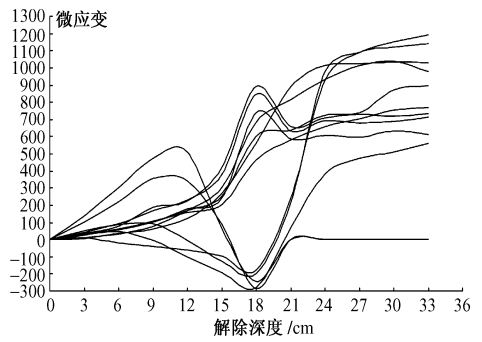


图 3 SY-710 测点应力解除曲线

Fig 3 Corresponding curves during the overcoring at site SY710

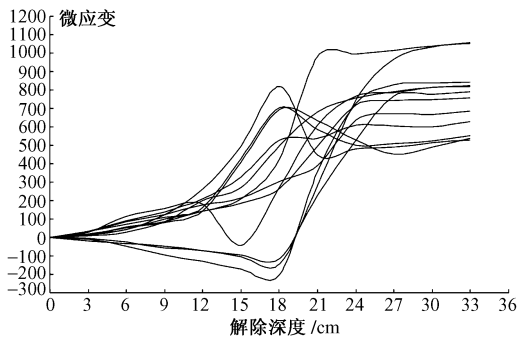


图 4 SY-780 测点应力解除曲线

Fig 4 Corresponding curves during the overcoring at site SY780

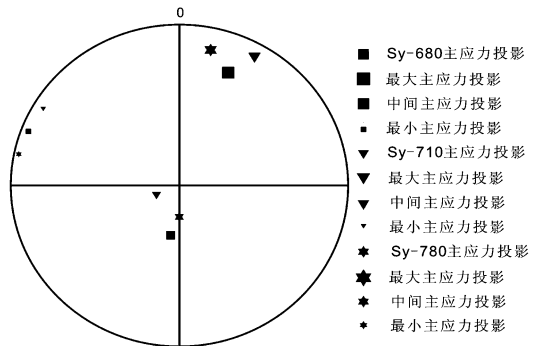


图 5 测量结果极射赤平投影图

Fig 5 Stereographic projection of principal stress

表 2 原岩现今应力分量

Table 2 Rock stress components

测点	应力分量						最大水平主应力	最小水平主应力
	σ_x	σ_y	σ_z	τ_{xy}	τ_{yz}	τ_{zx}		
SY-680	13.39	16.86	14.69	1.65	-1.54	-0.74	17.521	12.732
SY-710	11.96	16.83	13.24	4.14	1.15	0.16	19.198	9.592
SY-780	13.44	20.70	15.23	1.64	-1.63	-0.45	21.052	13.087

表 3 原岩现今应力测量结果

Table 3 Results of rock stress measurement

测点	σ_1			σ_2			σ_3		
	数值 (MPa)	方位 ($^{\circ}$)	倾角 ($^{\circ}$)	数值 (MPa)	方位 ($^{\circ}$)	倾角 ($^{\circ}$)	数值 (MPa)	方位 ($^{\circ}$)	倾角 ($^{\circ}$)
SY-680	18.32	202.38	25.15	13.90	9.69	64.30	12.72	110.05	4.95
SY-710	19.39	209.29	-10.00	13.10	64.69	-77.79	9.54	120.52	6.93
SY-780	21.50	192.35	15.03	14.79	0.18	74.64	13.08	101.52	3.09

4.4 测量结果的应用

实测地应力数据是矿山开采、巷道开拓、硐室施工设计的重要基础数据, 硐室断面形状的选择、开挖顺序、锚杆支护深度等, 都要根据地应力状况做出决定^[9]。

目前, 人们对煤与瓦斯突出机理的认识尚不完善, 但综合因素作用是被广泛认可的^[10]。煤层应力状态、瓦斯压力和煤体物理力学性质是三个重要的因素。其中, 地应力是一个较为重要的影响因素: 第一, 煤层的孔隙率受其所处应力状态控制, 统计数据显示, 随着有效应力增大孔隙率降低^[11]。第二, 由于地应力的作用, 使孔隙中的瓦斯具有压力, 瓦斯压力随着地应力的增大而增大; 同时, 瓦斯压力又在孔隙壁上产生拉应力。因此, 高瓦斯压力和高地应力是密切联系的^[9]。第三, 矿山的工程建设会扰动原地应力场, 形成局部的应力集中和释放区域, 产生局部能量的集聚, 这会成为煤与瓦斯突出的触发因素。因此, 在诸多的影响煤与瓦斯突出的因素中, 地应力就显得尤为重要。红菱煤矿曾多次发生煤与瓦斯突出事故, 本次地应力测量将会对本矿山煤与瓦斯突出预测提供帮助。

5 结论

(1) 由地应力测量结果可以看出, 该矿区地应力以水平构造压应力为主。最大主应力为NNE向, 最大主应力在18.32~21.5MPa之间; 中间主应力为铅直应力, 在13.1~14.79MPa之间; 最小主应力在9.54~13.08MPa之间。测量结果与地质构造推断的区域构造应力场比较吻合。

(2) 最大主应力随深度的增加基本呈线性增大的趋势。铅直应力小于理论计算结果, 这可能与上部采空区的存在有关。

(3) 该结果可用于本矿区的生产设计, 并可作为煤与瓦斯突出等矿山灾害评价的参考依据。

致谢: 本工作是在地质力学研究所王连捷研究员的悉心指导下完成的, 地应力测量现场工作得到了沈阳煤业集团韩德义副总工程师和红菱煤矿各级领导的大力支持, 得到了瓦斯科、地测科和生产科的大力协助, 在此对他们一并表示衷心的感谢。

参 考 文 献

- [1] 王连捷, 廖椿庭, 区明益, 等. KX-81型空芯包体三轴地应力计[J]. 地质力学文集第八集 1988. 127~136.
- [2] 王平, 胡桂娟, 李大勇. F19断层含水导水性研究[J]. 煤矿开采, 2004. Vol (19): 14~16.
- [3] 汪西海. 煤和瓦斯突出与地应力之关系[J]. 地质力学学报, 1997. Vol (3): 88~93.
- [4] 王连捷, 任希飞, 丁原辰, 等. 地应力测量在采矿工程中的应用[M]. 北京: 地震出版社, 1994. 29~45.
- [5] 蔡美峰, 乔兰, 于波, 等. 金川二矿区深部地应力测量及其分布规律研究[J]. 岩石力学与工程学报, 1999. 414~418.
- [6] 王连捷, 潘立宙, 廖椿庭, 等著. 地应力测量及其在工程中的应用[M]. 北京: 地质出版社, 1991. 110~145.
- [7] 杨小聪, 王连捷. 地应力测量的误差处理及精度评定[J]. 地质力学学报, 2000. Vol (6): 53~63.
- [8] 王连捷, 王薇. 多种方法得到的地应力测量资料的综合处理[J]. 地质力学所所刊, 1989. 第12号: 159~170.
- [9] E. Hoek, E. T. Brown. 岩石地下工程[M]. 北京: 冶金工业出版社, 1986. 107~108.
- [10] 于不凡. 煤和瓦斯突出机理[M]. 北京: 煤炭工业出版社, 1985. 81~82.
- [11] J. S. Bell. In-Situ stress and coal bed methane potential in west Canada [J]. Bulletin of Canadian Petroleum Geology, 2006.

MEASUREMENT OF ROCK STRESS OF HONGLING COAL MINE

ZHAO Wei-hua^{1,2}, SUN Dong-sheng^{1,2}, WANG Hong-cai^{1,2},
LIANG Jun-yi³, WANG Ping³, ZHANG Jun-hong³, WANG Jun³

(1. Key Laboratory of Neotectonic Movement & Geohazard, Beijing 100081;

2. Institute of Geomechanics, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100081, China;

3. Hongling Coal Mine, Shenyang Coal Mining Group, Liaoning, Shenyang 110106, China)

Abstract: To get a knowledge of *in-situ* stress and its distribution in the Hongling coal mine, a measurement has been done for the rock stress in coal mine area by using hollow inclusion gauge method. In this paper, the results of rock stress measurement of 3 levels are introduced, the characteristics of stress distribution are discussed. The results show that the principal stress goes in nearly NNE direction and ranges in value from 18.32 to 21.5 MPa. The horizontal stress takes the dominating place and has a bigger value than the vertical one. The middle principal stress is nearly vertical and changes in value from 13.1 to 14.79 MPa. Value of the minimal principal stress is 9.54 ~ 13.08 MPa. The value of *in-situ* stress increased with depth. The measurement results can be applied to mine design.

Key words: ground stress measurement; hollow inclusion gauge; coal and gas outburst; Hongling coal mine