

文章编号: 1006-6616 (2001) 03-0259-06

安庆铜矿地应力测量

董 诚¹, 王连捷¹, 杨小聪², 王红才¹, 王 薇¹

(1. 中国地质科学院地质力学研究所, 北京 100081; 2. 北京矿冶研究总院, 北京 100044.)

摘 要: 本文介绍了空心包体应力解除法在安庆铜矿 - 580m 中段地应力测量结果, 对矿区应力分布特征进行了探讨。实测表明, 在 - 580m 中段最大主应力的的大小是 24MPa, 最大主应力方向由 NE 到近 EW 向。该矿区地应力以水平应力为主导, 水平应力大于铅直应力。

关键词: 空心包体应力法; 地应力测量; 安庆铜矿

中图分类号: TU459+.4

文献标识码: A

0 引言

原岩现今应力状态是采矿工程稳定性设计的重要基础资料。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, 其中原岩应力状态是现代大型采场稳定性模拟仿真的重要原始参数。原岩现今应力场的分布是十分复杂的, 它与地质构造、岩性、岩浆活动、地壳运动等许许多多因素有关^[1-3]。

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心包体应力法^[1]。这种方法在一次套心测量中可以获得三维应力状态。本次安庆铜矿地应力测量使用的就是空心包体应力法。

安庆铜矿是一个大型铜铁共生矿床。矿体埋藏深、走向短、矿石储量大。在采矿设计中, 初始地应力的大小、方向是必须考虑的原始数据。1988年和1992年, 曾在 - 280m 和 - 400m 中段进行原岩现今地应力测量。一般来说, 随着采矿深度的加大, 地应力也会增大, 因此, 为了深部采矿的设计与安全, 安庆铜矿、北京矿冶研究总院和地质力学研究所于1999年在 - 580m 中段进行了深部原岩应力测量, 取得了令人满意的实测结果。这一结果揭示了该矿不同深度的应力状态, 为矿山安全生产, 改进采矿设计和模拟计算提供了主要的基础数据。

1 安庆铜矿区域地质构造概况与构造应力场

安庆铜矿位于淮阳山字形构造前弧的东翼, 北临郟庐断裂带, 南东接近长江破碎带, 矿

区外围属“洪镇帚状构造”的一部分。该帚状构造向北撒开，向南收敛，以旋扭运动为特征。

矿区内构造简单，规模较小，主要构造形成于燕山期以后，包括龟形山背斜和 F_1 断裂等压性构造。构造线走向 $N10^\circ \sim 15^\circ W$ ，显示燕山期后矿区地质体承受近 EW 向挤压的特点。龟形山复式背斜是近 EW 向构造应力场作用的产物。 F_1 断裂是矿区 NNW 向断裂的代表，具有多次活动的特点，早期在张扭作用下发生平移，晚期受压扭性应力作用形成以压扭性为特征的一系列构造形迹。在西马鞍山南坡白云岩段地层中，发育一组压扭性共轭裂隙，构成格子状构造，两组裂面均等发育，延伸较远。这套构造是 EW 向应力作用的产物。

该矿区燕山期最大主应力方向呈近 EW 向。根据矿区外围的构造活动和地震机制判断，区域地应力场主方向由 NEE、EW 向到 NNW 向。

2 - 580m 中段原岩现今应力测量过程和测量结果分析

2.1 测点的选择

我们在矿井 - 580m 中段共选择两个测点。第一个测点位于巷道斜坡道入口处。钻孔方位 223° ，近水平稍向上仰，仰角为 6° 。解除深度为 $6 \sim 8m$ ，岩性为闪长岩，取心率较高，可取出 1m 以上的岩心。第二个测点位于措施巷内。钻孔方位 337° ，仰角为 10° ，解除深度为 $4.5 \sim 7m$ 。岩性同样为闪长岩，但颜色发白，硬度较大较脆，裂隙较多，岩心易碎易断。

2.2 测量结果

在上述两个测点成功地进行了两次应力解除测量，均取得了较好的效果并得到相应的应力解除曲线（图 1，图 2）。图 1 为第一测点第一次解除曲线；图 2 为第二测点第一次解除曲线，原始数据列于表 1。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。曲线的变化规律与应力解除过程的应力变化理论分析是一致的，说明测量结果是可靠的。

将带有应力计的岩心由钻孔中取出后，放入围压率定器中标定，给岩心加围压并同时使用应变计跟踪测量，将标定结果绘制成标定曲线（图 3，图 4）。图中可以看出，曲线具有良好的线性，说明应变片的工作是正常的。根据标定求得第一测点有效弹模为 $41GPa$ ，泊松比为 0.24；第二测点有效弹模为 $71GPa$ ，泊松比为 0.22。

表 1 原岩应力测量数据

Table 1 Data of the insitu rock stress measurement

测点号	测量顺序	定向仪角度 / $(^\circ)$	应变计读数 ($\mu\epsilon$)											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	第一次	-157	446	470	358	499	476	428	510	385	384	393	607	547
1	第二次	-123	481	325	357	490	435	336	491	286	606	375	471	535
2	第一次	-9	776	87	403	486	385	97	304	190	400	126	318	378
2	第二次	-1.6	748	-	481	441	320	87	242	160	429	72	190	154

注：定向仪角度表示逆时针向的读数

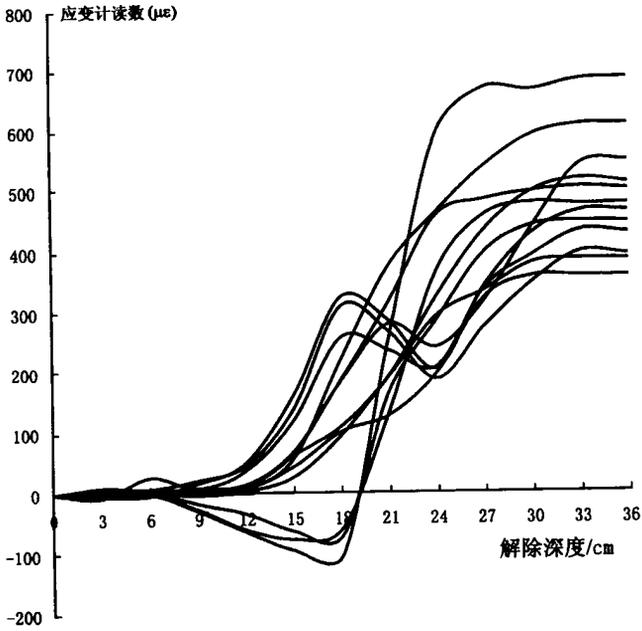


图 1 第一测点第一次解除曲线

Fig.1 Corresponding curves during the first overcoring at site No.1
曲线为传感器应变片变化曲线

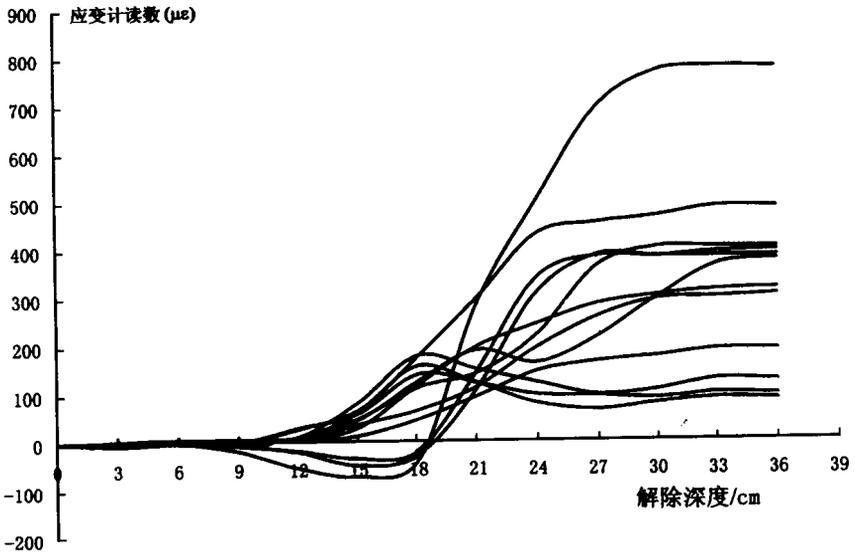


图 2 第二测点第一次解除曲线

Fig.2 Corresponding curves during the first overcoring at site No.2
曲线为传感器应变片变化曲线

2.3 原岩应力计算结果

应力测量结果列于表 2 和表 3。由表可以看出，两个测点的最大主应力为 23.8MPa 及 24.4MPa，最大主应力方向为 215°和 246°，倾角为 1°~ 7°，基本上是水平的；中间主应力为 14.1MPa 及 13.9MPa，倾角较陡为 60°和 73°；最小主应力为 12.2MPa 及 13.1MPa，方向为 123°和 156°，倾角为 15°和 29°，近于水平；铅直应力为 14.1MPa 和 15.1MPa，与上覆岩层的质量相近。

测量结果的赤平投影如图 3 所示。

表 2 -580m 中段原岩现今应力分量

Table 2 Rock stress component of -580m level

MPa

测点号	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}		
1	16.2	19.9	14.1	5.4	-0.7	-1.1	23.8	12.4
2	23.1	17.0	15.1	3.6	1.1	-0.2	24.8	13.4

注：负数表示反扭剪应力

表 3 -580m 中段原岩现今应力测量结果

Table 3 Results of rock stress measurement of -580m level

测点号	σ_1			σ_2			σ_3		
	数值	方位	倾角	数值	方位	倾角	数值	方位	倾角
	(MPa)	(°)	(°)	(MPa)	(°)	(°)	(MPa)	(°)	(°)
1	23.8	215	-7	14.1	-30	73	12.2	123	15
2	24.4	246	-1	13.9	-22	60	13.1	156	29

注：倾角为负示下倾； $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ ，分别表示最大主应力，中间主应力，最小主应力

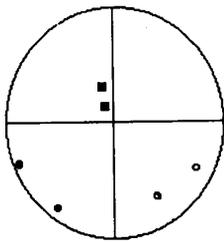


图 3 -580m 中段主应力极射赤平投影图

Fig.3 Map of stereographic projection of principal stress of level -580m

●最大主应力；■中间主应力；
○最小主应力

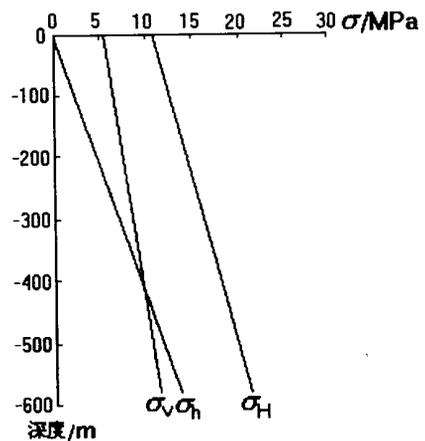


图 4 地应力随深度的变化

Fig.4 Variation of the rock stress with depth
 σ_H . 最大水平主应力； σ_h . 最小水平主应力；
 σ_v . 铅直应力

2.4 应力随深度变化规律

-280m 中段和 -400m 中段的测量结果列于表 4 和表 5。表中 1 号和 2 号测点位于 -280m 中段, 3 号和 4 号测点位于 -400m 中段。用线性拟合求得最大水平主应力 (σ_H)、最小水平主应力 (σ_h) 和铅直应力 (σ_v): $\sigma_H = 0.0198H + 11.033\text{MPa}$, $\sigma_h = 0.0101H + 5.3568\text{MPa}$, $\sigma_v = 0.0245H + 0.2986\text{MPa}$, 式中 H 为深度/m。可以看出, 地应力的大小是随深度的增加而增加的 (图 4)。

表 4 -280m 中段原岩应力分量

Table 4 Rock stress component of level -280m

MPa

测点号	σ_x	σ_y	σ_z	τ_{xy}	τ_{yz}	τ_{zx}	最大水平 主应力	最小水平 主应力
1	18.19	8.48	9.29	0.54	-0.08	0.39	18.94	8.45
2	14.50	7.86	7.26	-0.58	0.20	-1.20	14.55	7.81
3	11.02	10.17	5.80	6.13	-0.32	-0.70	16.74	4.45
4	11.95	6.54	12.49	1.34	0.52	0.38	12.26	6.23

注：负数示反扭剪应力

表 5 -400m 中段原岩应力分量

Table 5 Rock stress component of level -400m

测点号	最大主应力			中间主应力			最小主应力		
	数值 (MPa)	方位 (°)	倾角 (°)	数值 (MPa)	方位 (°)	倾角 (°)	数值 (MPa)	方位 (°)	倾角 (°)
1	18.95	267.10	2.25	9.28	15.51	82.79	8.44	176.83	6.81
2	14.74	95.03	9.17	7.82	186.14	6.79	7.05	312.11	78.56
3	16.80	47.00	4.00	5.80	160.00	79.00	4.40	316.00	10.00
4	12.90	253.00	49.00	11.90	81.00	41.00	6.20	348.00	4.00

3 结论

(1) 从地应力测量结果来看, 该矿区地应力以水平应力为主, 水平应力大于铅直应力。在 -580m 中段, 最大主应力的量级约为 24MPa, 最大主应力方向由 NE 到近 EW 向, 测量结果与地质构造推断的区域构造应力场比较吻合。

(2) 不同深度的地应力大小不同, 但总的趋势是地应力的大小随深度增加近于线性增加。

在本次测量过程中, 作者得到了安庆铜矿及安庆铜矿井下公司的领导和职工们的大力协助, 在此表示衷心的感谢。

参 考 文 献

- [1] 王连捷. KX-81 型空心包体式地应力测量计 [A]. 地质力学书刊编辑部. 地质力学文集第八集 [C]. 北京: 地质出版社, 1988.
- [2] 王连捷, 潘立宙, 廖精庭. 地应力测量及其在工程中的应用 [M]. 北京: 地质出版社, 1994.

- [3] 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]. 中国地质科学院地质力学研究所所刊, 1989, (12): 159 ~ 170.

STRESS MEASUREMENT OF ANQING COPPER MINING

DONG Cheng¹, WANG Lian-jie¹, YANG Xiao-cong², WANG Hong-cai¹, WANG Wei¹

(1. *Institute of Geomechanics, CAGS, Beijing 100081, China;*

2. *Beijing General Research Institute of Mining and Metallurgy, Beijing 100044, China.*)

Abstract : In this paper, the results of rock stress measurement of - 580m level by hollow inclusion gauge at Anqing copper mine are introduced, the characteristics of stress distribution are discussed. The measurement results show that the magnitude of the maximal principle stress is 24MPa, its orientation is NE to EW. The horizontal stress is in the dominating position and it is bigger than vertical stress. The measurement results can apply to mine design.

Key words : hollow inclusion gauge ; rock stress measurement ; Anqing copper mine