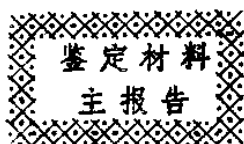


清平磷矿原岩应力分布 与围岩地压治理研究

武汉工业大学
化工部地质研究院
四川清平磷矿
化工部矿山局
一九八八年八月

目 录

- 1、清平磷矿原岩应力分布与围岩地压治理研究
- 2、清平磷矿区域地质构造特征
- 3、清平磷矿燕子崖矿段岩(矿)石力学性质试验报告
- 4、清平磷矿燕子崖矿段1200中段围岩结构面稳定性分析
- 5、清平磷矿原岩应力场实测及分析
- 6、清平磷矿原岩应力场与矿山设计的优化问题
- 7、清平磷矿巷道围岩位移测试



清平磷矿原岩应力分布
与围岩地压治理研究

徐长佑执笔

武汉工业大学
化工部地质研究院
四川清平磷矿
化工部矿山局
一九八八年八月

清平磷矿原岩应力分布与围岩地压治理研究

前 言

国内外矿山的实际统计表明。矿山（尤其是地下矿山）绝大部分的安全伤亡事故，均是由于采空区的不稳定、顶板冒落和片帮等引起的。化工部为了在化工矿山中建立一个科研点，摸清原岩的应力分布状况、采区岩体的地质构造、主要巷道的位移变化规律，以便为进一步研究分析采区围岩的地压变化规律、合理布置巷道的位置和建立采区长期的预报系统提供科学依据，为此化工部和劳人部特于1987年先后以（87）化生机字第018号及（87）劳人技字第76号文下达了《四川清平磷矿原岩应力分布与围岩地压治理研究》的重大保安科研项目，委托武汉工业大学、化工部地质研究所、清平磷矿和化工部矿山局安全处共同承担该研究课题。该项目的**主要任务是**：

- 1、蜂桶岩工区（燕子崖矿段）原岩应力场分布规律的测定与计算分析；
- 2、燕子崖矿段蜂桶岩工区1200m水平地质调查、岩体地质构造稳定性评价（含赤平极射投影图绘制）分析研究；
- 3、1200m中段主要运输巷道位移变化规律测定与巷道位置优化设计的计算机数值分析；

④。协助矿方建立一个完整、系统的地下监测网，为长期预报地压活动，成立一个现场地压监测组。

自1987年3月至1988年9月科研组根据上述的科研任务，完成了以下试验与研究工作，完成了该矿的矿岩物理力学性能试验，通过实测和采用遥感技术资料作了清平磷矿的区域地质构造和燕子崖矿段的地表及1200m中段巷道的地质构造调查，并在1200m中段的主要运输巷道上选择12个测点，用赤平投影法对巷道围岩结构面的产状进行了统计图解与稳定性评价分析，在现场采用了孔径变形计于蜂桶岩工区的二个石碉室进行了七个粘孔的原岩应力测定试验；在1200m中段的主运巷上用WRM—2型收敛仪和动态仪进行了位移测定与综合分析；在室内和现场试验的基础上对于主要运输巷道的合理布置进行了计算机数值分析与优化设计。通过二年左右的室内与现场试验，和理论研究的互相检验，对于清平磷矿蜂桶岩的原岩应力场分布规律和1200m中段的主要运输巷道围岩的稳定性作出了客观评价，为矿山今后探索防止冒顶、片帮事故，合理地布置巷道提供科学依据，同时为燕子崖矿段今后的地压活动预报建立了长期的监测系统，该项研究成果不仅为清平磷矿的安全生产服务，同时也为其他类似的磷矿提供了经验与可靠的借鉴资料。

一、矿山地质与生产概况

清平磷矿是四川省主要磷矿基地之一。该矿位于绵竹县清平公社境内，距绵竹县城28公里，距汉旺镇火车站14公里，均有公路相通，对外交通比较方便。

该矿主要为泥盆纪磷矿，由五个矿段组成。现在生产的主要为燕子崖矿段，含矿层赋存于上泥盆沙窝子组底部，上覆巨统为药沟组藻白云岩古侵蚀面之上，属海相沉积型层状矿床。可供工业利用的为磷块岩和硫磷铝锶矿。矿床自上而下的岩层关系为：“砂状”白云岩：为中层状，结晶均一，致密坚硬；含磷粘土岩，厚度变化在3—6m之间；硫磷铝锶矿，结构致密坚硬而性脆，平均厚4.05m；磷块岩，呈层状产出，层位稳定，平均厚度7.74米；“花斑状”白云岩：性脆尚坚硬。该矿段长3300m，矿体走向NE17°—SW197°，倾向南东，倾角上部一般为50—60°深部为60—70°（120m标高下）。矿区内由于受区域构造和矿段构造的影响，采区内其断裂构造较为发育，小断层较多，因此大气降水时对坑内围岩的稳定性有较大的影响。矿区内主要矿岩的物理力学性能分别从二个原岩应力测试石室取样作了试验，其结果见表1和2〔2〕。

从力学性能试验的结果，可以看出“砂状”白云岩硫磷铝锶矿、磷块岩的抗压强度平均值在896—1730公斤/厘米²，斑花状白云

表1 第一测试点各种岩石物理力学性能试验指标

指标名称	单位	受力方向	砂状白云岩	硫磷铝 锶矿	磷块岩	花斑状 白云岩
		或放置角度				
容重(γ)	克/厘米 ³		2.827	3.040	3.131	2.767
抗压强度 (σ_c)	公斤/厘米 ²	∥	1076	1484	1100	637
		⊥	1730	1595	1154	
抗拉强度 (σ_t)	公斤/厘米 ²	∥	78	59	57	38
		⊥	99	89	62	
抗剪强度 (τ)	公斤/厘米 ²	25°	1154	1315	720	1166
		62°	809	473	268	430
弹性模量 (E)	10 ⁵ 公斤/厘米 ²	∥	9.6	17.3	12.4	7.0
		⊥	14.3	13.8	12.3	
凝聚力 (C)	公斤/厘米 ²		300	270	150	245
内摩擦角 (ϕ)	度		37.5	39.5	39	39
泊松比 (μ)		∥	0.22	0.18	0.27	0.24
		⊥	0.28	0.29	0.29	

表2 第二测试点各种岩石物理力学性能法试验指标

指标名称	单位	受力方向或 放置角度	砂状白 云岩	硫磷铝 锶	磷块岩	花斑状 白云岩
容重(γ)	公斤/厘米 ³		2.827	3.040	3.131	2.757
抗压强度 (σ_c)	公斤/厘米 ²	//	1235	1074	896	
		⊥	1223	940	1091	773
抗压岩强度 (σ_t)	公斤/厘米 ²	//	59	37	54	
		⊥	67	44	39	42
抗剪强度 (τ)	公斤/厘米 ²	46°	1075	844	944	838
		62°	546	416	400	347
弹性模量 (E)	10 ⁵ 公斤/厘米 ²	//	12.3	13.3	7.7	
		⊥	12.6	16.0	8.6	9.6
凝聚力(C)	公斤/厘米 ²		340	260	235	210
内摩擦角 (ϕ)	度		35	36	38	38
泊松比 (μ)		//	0.24	0.29	0.16	
		⊥	0.23	0.30	0.17	0.30

岩为 657~773 公斤/厘米²，按美国 D. V. 迪尔和 R. F. 米勒抗压强度分级，前者为中等强度—高等强度岩石，后者属于中等偏下强度岩石。从应力—应变曲线特征看，前者近于直线关系，破坏前多呈突然脆性破坏，近于弹性体。而后者呈“凹”形曲线变化，显示塑性—弹性体特征。

该矿始建于1964年。现有几个生产采区，多系零星边角矿体，储量少，规模不大。原开采地段属于燕子崖矿段14~17勘探线间，1200水平以上的出露矿体，现已基本采完。而“燕子崖50万吨”工程现正处于基建阶段。为解决生产接替，保证矿山持续稳定生产，决定建立蜂桶岩南采区，开采原蜂桶岩采区17~19勘探间1200水平以上的矿体，作为蜂桶岩的接替采区。目前蜂桶岩工区均用平硐开拓，采用分段崩落法开采。现开采的中段有1310，1255，1200米水平。原岩应力测试点确定在燕子崖矿段蜂桶岩采区14~19勘探线间的1200中段运输平巷上。鉴于蜂桶岩北区及燕子崖矿段的其他采区历年来的冒顶、片帮、巷道变形破坏、山体局部滑塌等安全事故。因此，矿方希望新的地压监测网系统应以结合蜂桶岩新建采区布置为好。以确保新采区的生产作业工作安全，同时也为“50万吨工程”的稳定性与安全监测积累经验和数据。

一、燕子崖矿段1200中段原

岩应力场及围岩稳定性测定与分析

为了能更好地完成清平磷矿原岩应力场测定与围岩地压监测研究，在室内作完矿岩物理力学性能试验的基础上，又在现场于燕子崖矿段1200中段采用孔径变形计，进行了原岩应力场测定试验，对于该中段主运巷道的结构面进行了赤平极射投影统计与稳定性分

析，并采用收敛仪和动态仪进行了位移观测。通过以上的调查统计、实测试验与综合分析，最后对清平磷矿主要运输巷道的合理位置、最佳断面形状进行优化分析，并取得了结果。

1、原岩应力场的测定试验

根据矿山的实际状况及原岩应力测定的要求，两个原岩应力测试点分别选在燕子崖矿段1200中段的16号与17号勘探线间的 $X=3488511, Y=35411294, Z=1202.23$ 和16号勘探线附近的 $X=3483240, Y=3541172, Z=1203.12$ 处。测试设备采用 $\varnothing 36$ 孔径变形计。在半年的时间内，两个测试点共钻了七个实测钻孔。根据实测的数据，通过计算机计算的结果，两个测点的主应力大小及方向见表3 [4]。

表3 原岩主应力大小及方向

应力分量 测试点	σ_1			σ_2			σ_3		
	大小	方位角	倾角	大小	方位角	倾角	大小	方位角	倾角
1#测点	25	241°	59°	13	61°	21°	6	141°	4°
2#测点	113	134°	31°	39.6	-9°	21°	15.7	265°	14°

众所周知，以上的复杂工作只能得到实测点的应力值，实测点总是有限的。要在一个区域内进行大量的实测工而求得这一区域的应力场，无论在技术上还是在经济上都是困难的，为了有效而可靠的解决这个问题，在这里就是采用了在少量实测点实测数据的基础

上进行反算分析的方法。根据清平磷矿的具体条件，这里选择了三个计算剖面，在 IBM-PC 微机上用平面有限单元法进行数值分析计算。按上法以 $\sigma_{\text{边侧}} = K \cdot rH$ ，在侧向边界上施加荷载，以模拟构造应力作用。通过计算，三个剖面的计算值和实测值在计算剖面上的投影值，其结果如表 4，表 5 和表 6 所示。〔4〕

表 4 13# 计算剖面实测值与计算值比较表

应力 \ 数值	实测值	自重	K=1	K=0.5
σ_x'	30.3	26	169	82
σ_y'	60.3	64	60	61
$\tau_{x'y}'$	28	10	32	17

表 5 A—A 剖面计算值与实测值比较表

测点	应力 \ 数值	实测值	自重	K=1	K=0.5
1#测点	σ_x'	6.1	5	29	14
	σ_y'	41	10	50	36
	$\tau_{x'y}'$	-3	3	16	7
2#测点	σ_x'	40	14	48	35
	σ_y'	30	37	30	70
	$\tau_{x'y}'$	24	5	-6	9

表 6 B—B 剖面计算值与实测值比较表

应力数值	实测值	自重	K=1	K=0.5
$\sigma_{z'}$	16	13	57	50
$\sigma_{y'}$	41	35	35	23
$\tau_{x'y'}$	10	9	35	26

从上述三个表中可以看出，18#剖面、B—B剖面的自重方案和实测值较吻合，而A—A剖面的K=0.5方案值与实测值吻合。而从上述的计算结果中可以得出以下认识：

(1) 清平磷矿燕子崖矿段的垂直应力大于任何方向的水平应力，说明该矿段的原岩应力场以自重应力为主。

(2) 该区域的原岩应力值不大，特别是水平方向的应力分量更小。它们的共同规律是上部应力值较小，随深度的增大，应力逐渐增大，而且基本呈线性关系。因此，在深部对地压的控制必需引起重视。

(3) 在同一点的不同方向上水平应力值不同，其侧压系数在0.3~0.5之间变化，说明构造应力场具有各向异性。

2. 燕子崖矿段1200中段围岩结构面的稳定性调查与赤平投影统计分析。

燕子崖矿段为一单斜构造，其平均走向为NE17°—SW197°，向南东倾斜，倾角陡。地层走向较为稳定，由南往北的向东扭。局

部地段受次级褶皱及相邻构造影响。地层倾角由地表到深部逐渐变陡，倾角变化控制着矿段构造的形态。矿段内的次级褶皱主要发育在三迭系及二迭系之中，含矿层的泥盆系未见存在。区内断裂构造较为发育，其中以主干断裂控制着矿床的分布规模（见图1）。从图中可以看出，在矿区附近有 F_2 、 F_3 、 F_4 三条主干断裂及线性构造通过，尤以 F_2 断层对本区矿体影响较大，它位于 F_3 和 F_4 之间，从北向南延伸，南交于 F_4 断层而终止。 F_3 与 F_4 断层走向约北东 30° ，倾向北西，倾角甚陡，均为逆断层，它控制着清平磷矿层的展布。因此在分析1200中段运输巷道的围岩结构面稳定时，应注意以上断层产状的影响。

通过地表及巷道构造调查发现，燕子崖矿段围岩的稳定性与构造结构面关系密切，结构面的延伸方向与主要构造线方向一致。为此试验区选在峰峰号采区 2 0—2 9 勘探线的 1 2 0 0 中段主要运输巷道。为使围岩结构面的稳定性研究具有代表性，在 1 2 0 0 中段运输巷道从北巷口到南大巷的 2 5 0 m 长度内布设了 1 9 个测点（见图 2）。对每一测点的结构面数量、产状、宽度、长度、充填物及岩性等均进行了现场测量和地质描述。按照统计程序将原籍测量的结构面产状采用极点投影方法进行统计，由计算机直接绘出结构面极点投影图、结构面极点计数图。根据极点计数图手工绘出极点等密度曲线图，并将 1 9 个测点分别绘制构造结构面走向玫瑰花图（见图 2），从而找出控制破坏岩体的构造结构面的方位和产状。

经统计 1 2 0 0 中段运输巷道所穿过的主要岩层，从上到下为“砂状”白云岩、硫磷铝锆矿、磷块岩及“花斑状”白云岩，结构面的产状见表 7。

通过现场观察分析发现，岩体在开挖爆破时，往往沿劈理碎裂成各类块裂体。由于块裂结构体的稳定程度是由结构面的强度决定的，因此本文采用块体平衡理论进行地下工程围岩稳定性计算分析。1 2 0 0 中段运输巷道的主要岩层应用赤平极射——实体比例投影的图解法，根据其实际的破碎情况进行围岩稳定性分析的结果如下：

表7 各种岩层结构面产状统计表

层位	岩层名称	主要结构面	结构面产状	
			倾向	倾角
顶板	“砂状”白云岩	1组	20°	86°
		2组	32°	48°
		3组	140°	74°
		4组	217°	63°
中层	硫磷铝锶矿	1组	100°	60°
		2组	345°	48°
		3组	234°	46°
	磷块岩	1组	353°	64°
		2组	118°	63°
		3组	206°	60°
底板	“花斑状”白云岩	1组	96°	67°
		2组	330°	50°
		3组	230°	54°
		4组	136°	44°

(2) 底板“花斑状”白云岩有四组主要结构面(见图3), 组成ACEQ、ABDQ、BCFC及DFEO四个四面体。其中图sb、c

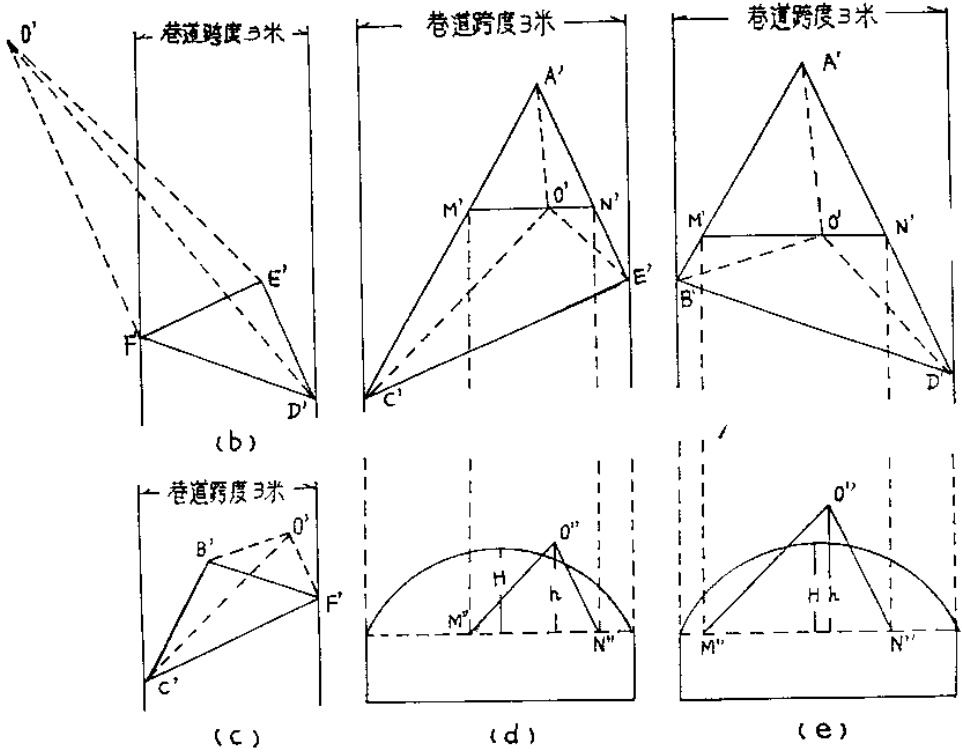
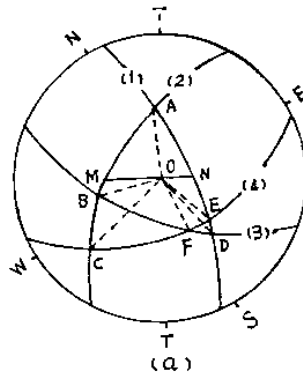


图3 底板白云岩结构体实体投影图

a、结构面赤平极射投影； b、c、d、e、结构体实体比例投影。