

表 2 围岩地质力学指标

岩性	单轴抗压强度 /MPa		单轴抗拉强度 /MPa		弹性模量 /10 <sup>3</sup> MPa		泊松比	
	顶板	底板	顶板	底板	顶板	底板	顶板	底板
细砂岩	123.23	104.72	8.81	8.72	110.07	115.60	0.35	0.29
粉砂岩	118.33		8.90		90.0		0.30	
中粒砂岩	98.55		2.52		101.2		0.32	
炭质泥岩	25.75	46.07	3.26		57.59	79.18	0.25	0.25
砂质泥岩	39.1		2.21		97.63		0.34	

直接顶的分类采用强度指标  $D$  来判断，强度指标  $D$  可用下面公式计算：

$$D = 10R_c \cdot C_1 \cdot C_2 \tag{1}$$

式中， $R_c$  为岩石单向抗压强度，MPa； $C_1$  为节理裂隙影响系数； $C_2$  为分层厚度影响系数。

根据实验结果确定  $R_c$ ，现场取芯观测可得到  $C_1$  和  $C_2$  的值，计算出强度指标  $D$ 。

$$\begin{aligned} D &= 10R_c \cdot C_1 \cdot C_2 \\ &= 10 \times 39.1 \times 0.30 \times 0.24 \\ &= 28.1\text{MPa} \end{aligned} \tag{2}$$

根据《矿山压力及其控制》直接顶的分类依据，判定（4+5）<sup>#</sup>煤层的直接顶属于Ⅱ类，即直接顶为不稳定顶板。

2.2 基本顶分级

根据《矿山压力及其控制》，基本顶的分级主要采取直接顶厚度和采高的比值，另外再参照基本顶初次来压步距  $L$ ，将基本顶分成 4 级，见表 3。

表 3 基本顶分级指标

基本顶分级				
来压显现	不明显	明显	强烈	极强烈
指标	$K_m > 3 \sim 5$	$0.3 < K_m$ $3 \sim 5$	$0.3 < K_m$ $3 \sim 5, L > 50$	$K_m < 0.3,$ $L > 50$
		$L = 25 \sim 30$	$K_m < 0.3,$ $L = 25 \sim 50$	

直接顶厚度为 2m，（4+5）<sup>#</sup>煤层厚 1.8m，可得到，

$$K_m = \frac{h}{m} = \frac{2}{1.8} = 1.1 \tag{3}$$

对照表 3 所示，（4+5）<sup>#</sup>煤层的基本顶属于Ⅱ级，即基本顶来压显现明显。

3 结论

（1）通过现场选取岩芯，确定了（4+5）<sup>#</sup>煤层围岩的岩性，以及围岩的分布位置，节理裂隙发育情况。

（2）经过实验室试验，给出了（4+5）<sup>#</sup>煤层围岩的力学性质，比较全面地掌握了其力学性质。

（3）依据理论分析和计算，判定了（4+5）<sup>#</sup>煤层围岩直接顶的类别，并对基本顶进行了分级。

[参考文献]

[1] 邹喜正. 矿山压力与岩层控制 [M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 2005.  
[2] 耿献礼, 徐永圻, 刘桂仁. 矿山压力测控技术 [M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 2002.  
[3] 钱鸣高, 刘听成. 矿山压力及其控制 [M]. 北京: 煤炭工业出版社, 1991.

[责任编辑: 邹正立]

煤矸石似膏体充填技术解决煤炭开采难题

新汶矿业集团孙村煤矿应用煤矸石似膏体充填技术，成功解决因采煤造成的地表塌陷、环境污染、资源回收效率不高等问题。

该技术将多年堆积存放而风化的煤矸石、粉煤灰与水泥等材料按比例搅拌成浆，从地面通过钻孔和管道输送到井下待充填采场，快速凝固后有效支撑岩层。该技术适用于有大量煤矸石需要处理的煤矿、有大量矿井保护煤柱需要回采的煤矿和为提高煤炭资源采出率而需要采用充填法开采的煤矿。

2005年，孙村煤矿在国内煤矿中首家与中南大学、中国煤科院、中国北京冶金设计院等联合开发矿井高深度充填技术。通过进行似膏体煤矸石充填技术的半工业试验和实际应用，证明了此方法具有成本低、流动性好、输送方便、充填强度高、保护环境等特性。

目前，孙村煤矿正在对矿井 210~400m 深的保护煤柱应用此技术进行回收开采，煤柱所在区域地表建筑物较多，而且有一条河流经过，属于典型的“三下”开采，可采储量 1.6Mt，采煤工作面长达 160m。该充填技术可使煤炭采出率提高至 95% 以上，为该矿增加产值 6 亿元。

(周 峰、林 波)