

# 弃采高变质煤下火烧蚀变岩内摩擦角对露天矿边坡稳定的影响研究

刘志芳<sup>1</sup>, 王振伟<sup>2,3</sup>, 赵德乾<sup>1</sup>, 吕祥锋<sup>3</sup>

(1.中国保利能源有限公司新疆和翔公司吉郎德煤矿, 新疆 巴里坤 839200;

2.中国煤炭科工集团沈阳研究院露天分院, 辽宁 抚顺 113122; 3.中国科学院力学研究所, 北京 100190)

**摘要:**火烧区煤层开采通常采取火烧高变质煤不进行剥采工作,只剥采原煤的方式开采,因此,弃采高变质煤下火烧蚀变岩内摩擦角对露天矿边坡稳定的影响研究具有必要性。以别斯库都克露天煤矿 KT2 剖面为例,在弃采高变质煤方案下,研究火烧蚀变岩内摩擦角对露天矿边坡稳定性的影响,得到不同火烧蚀变岩内摩擦角条件下露天矿边坡的稳定系数,进而对边坡稳定性进行评价,为露天煤矿安全开采和边坡治理提供可靠依据。

**关键词:**弃采高变质煤;火烧蚀变岩;内摩擦角;露天矿边坡;稳定分析

中图分类号:TD 824.7

文献标识码:B

文章编号:1671 - 9816(2013)05 - 0026 - 03

## Research on impacted of internal friction angle of fire altered rock on open pit slope stability under abandoned mining high rank coal

LIU Zhi-fang<sup>1</sup>, WANG Zhen-wei<sup>2,3</sup>, ZHAO De-qian<sup>1</sup>, LV Xiang-feng<sup>3</sup>

(1.China Poly Energies Holding Co.,Ltd. Xinjiang Hexiang company Jilangde open pit,Balikun 839200,China; 2.China Coal Technology&Engineering Group Shenyang Research Institute ,Research Institute of open-pit mining, Fushun 113122,China ;

3. Institute of Mechanics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China)

**Abstract:** The burning area of coal seam is usually taken the fire of high rank coal stripping. Therefore, the stability study of open pit slope under abandoned mining high rank coal impacted by internal friction angle of fire altered rock is necessity. KT2 profile of open pit of Biesikuduke mine, for example, the open-pit slope stability influenced by friction angle of fire altered rock in the program of abandoned mining high rank coal is received, and thus to evaluate the slope stability and security. The results provide a reliable basis for open pit mining and slope control.

**Key words:** abandoned mining high rank coal; fire altered rock; angle of internal friction; open pit slope; stability analysis

### 1 引言

对于火烧区<sup>[1]</sup>煤层,煤层顶板岩石经过火烧蚀变后形成较为明显的弱层,分别为火烧蚀变岩及高变质煤,对露天矿边坡<sup>[2-3]</sup>稳定非常不利。而火烧高变质煤其发热量与原煤发热量相比稍微偏小,只是挥发份较之小得多,但仍具开采价值。在露天矿现有的运输状况条件下,对火烧区煤层开采可采取火烧高变质煤不进行剥采工作,只剥采原煤的开采方案。因此,研究弃采高变质煤下火烧蚀变岩内摩擦角对露

天矿边坡稳定的影响,是非常必要的,研究成果可为露天矿边坡稳定性评价和边坡治理提供有力指导。

本文选择别斯库都克露天煤矿 KT2 剖面进行具体分析,在弃采高变质煤方案下,研究火烧蚀变岩内摩擦角对露天矿边坡稳定性的影响,得到不同火烧蚀变岩内摩擦角条件下露天矿边坡的稳定系数,进而对边坡稳定性进行评价,提出合理的治理措施,为露天煤矿安全开采和边坡治理提供可靠依据。

### 2 计算模型建立

根据现场钻探岩芯取样可知,别斯库都克露天煤矿 KT2 剖面钻孔 KT2-1 及 KT2-2 底部有较为明显火烧现象,煤层顶板岩石经过火烧蚀变后形成较为明显的弱层<sup>[4-5]</sup>,分别为火烧蚀变岩及高变质煤。因此,选择 KT2 剖面为计算实例,具有明显火烧现

收稿日期:2012-12-05

基金项目:国家自然科学基金面上项目(51274122)

作者简介:刘志芳(1972-),男,吉林市人,工程师,1992年毕业于海拉尔煤炭工业学校露天开采专业,现任中国保利能源有限公司新疆和翔公司吉郎德煤矿总工程师。

象,且火烧蚀变后成为明显的弱层,对露天矿边坡稳定非常不利。KT2剖面见图1。

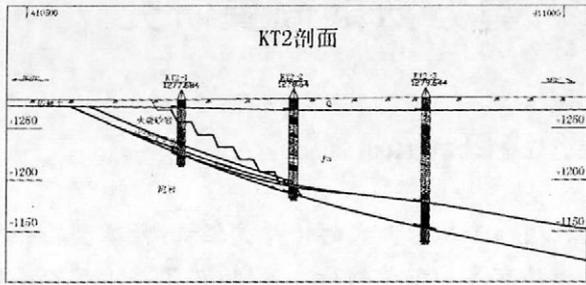


图1 KT2剖面简化模型

### 3 弃采高变质煤下露天边坡稳定性分析

#### 3.1 边坡稳定系数分析

考虑到目前矿区尚未剥离至该区域,根据矿方提供“别斯库都克露天煤矿初步设计说明书”中规定最终边坡角为33°,本次就火烧区边坡稳定分析选取边坡整体边坡角33°、单台阶平盘宽度12m、单台阶高12m来进行稳定计算。在计算过程中,火烧蚀变岩内摩擦角分别按照16°、18°、20°、22°和24°进行计算,计算结果见图2。

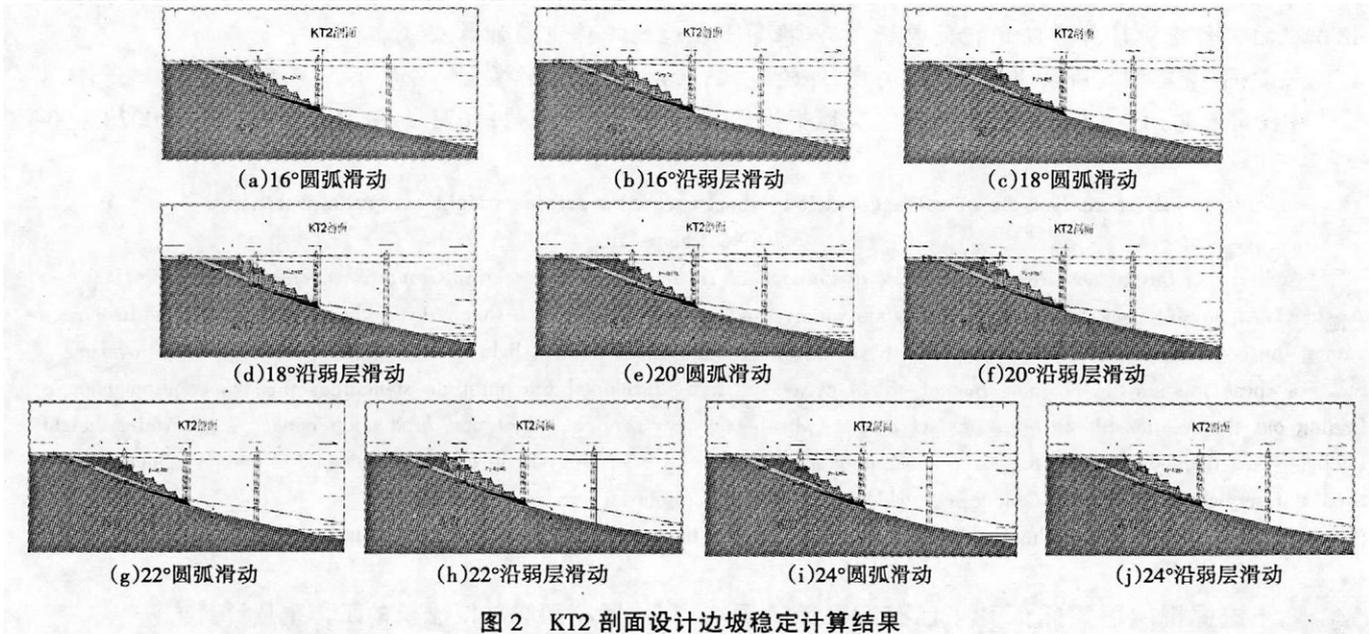


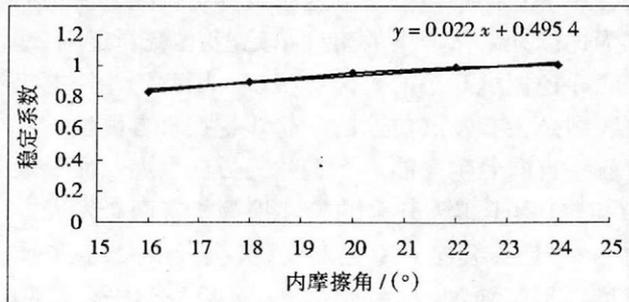
图2 KT2剖面设计边坡稳定计算结果

#### 3.2 不同方案计算结果对比

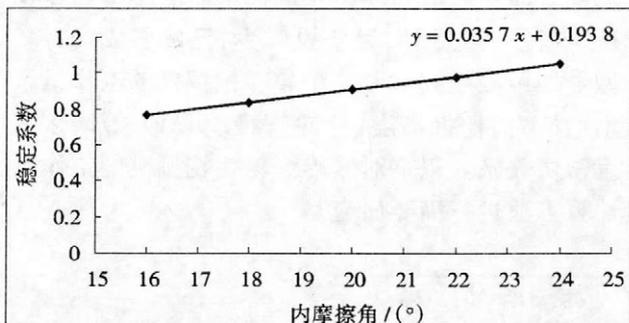
KT2剖面稳定分析进行了多种方案计算,其稳定计算结果见表1,内摩擦角与稳定系数的关系曲线见图3。根据结果分析可知,随着火烧蚀变岩内摩擦角的增加,无论圆弧滑动还是沿弱层滑动<sup>[6]</sup>条件下的边坡稳定系数均呈现增加的趋势,但边坡稳定系数均小于1.1,说明KT2剖面由于底部火烧蚀变岩弱层的存在,对边坡稳定性产生了较大的影响,在露天矿开采过程中,应边开采边进行边坡的实时监测,并根据监测结果采取合理的边坡加固措施或调整开采方案,以保证露天煤矿的安全开采。

表1 KT2剖面稳定计算结果

计算方案	火烧蚀变岩内摩擦角/(°)	稳定系数 $F_s$	
		圆弧滑动	沿弱层滑动
1	16	0.833	0.767
2	18	0.895	0.837
3	20	0.958	0.907
4	22	0.990	0.980
5	24	1.006	1.053



(a)圆弧滑动



(b)沿弱层滑动

图3 KT2剖面内摩擦角与稳定系数曲线

(下转第31页)

表3 回归计算主要参数表

项目型号	单位	C300	C500	C700	C1000	C1500	C2000
$H_w$ /m		9.5	12	15.5	17.5	20	21
$D$ /m		5.5	6.8	8.3	9.3	10.5	11.8
$q$ /m <sup>3</sup>		0.25	0.45	0.71	1.075	1.35	1.8
$n$ /次·min <sup>-1</sup>		83	74	74	66	64.8	62
$r_m$ /m		0.25	0.28	0.31	0.35	0.38	0.4
$P_M$ /kW	普通	132	210	400	530	660	800
	加强	210	360	630	840	1 100	1 280
$K_L$ /kN·m <sup>-1</sup>	普通	37.3	46	60.8	68	70.5	70.5
	加强	62	84	101.5	115	128	124
$K_F$ /kgf·cm <sup>-2</sup>	普通	3.47	3.71	4.3	4.2	4.1	3.75
	加强	5.75	6.8	7.2	7	7.4	6.6
$(H_w D)^{1.5} K_F$	普通	1.31	2.74	6.28	8.72	12.48	14.63
	加强	2.17	5.01	10.51	14.53	22.52	25.75
$G$ /t	普通	147	240	450	640	880	1 180
	加强	175	290	540	780	1 080	1 440

$r_m$ :切割刃圆的半径  $r_m = 0.2 \sim 0.4$  m。

表4 加强型系列回归计算表,  $x = (H_w D)^{1.5} K_F$   $y = G$

序号	$x$	$y$	$x^2$	$y^2$	$xy$
1	2.17	175	4.7	30 625	380
2	5.01	290	25	84 100	1 453
3	10.51	540	110.5	291 600	5 675
4	14.53	780	211	608 400	11 333
5	25.75	1 440	663	2 073 600	37 080
$\Sigma$	58	3 225	1 014.2	3 088 325	55 521

相关系数:

$$r_j = \frac{\sum xy - nx_1 y_1}{\sqrt{(\sum x^2 - nx_1^2)(\sum y^2 - ny_1^2)}} = \frac{18111}{18553} = 0.976$$

查相关系数表当自由度  $F = 5 - 1 = 4$  时  $r = 0.729$ , 因  $r_j > r$  故可认为  $y = 53x + 30$ , 即加强型系列紧凑型轮斗挖掘机工作重量的计算式为:

$$G = 0.053(H_w D)^{1.5} K_F + 30 \quad (14)$$

依此, 普通型系列紧凑型轮斗挖掘机工作重量

(上接第 27 页)

#### 4 结论

1)对火烧区煤层开采可采取火烧高变质煤不进行剥采, 只剥采原煤的开采方案, 弃采高变质煤下火烧蚀变岩内摩擦角对露天矿边坡稳定的影响研究具有必要性。

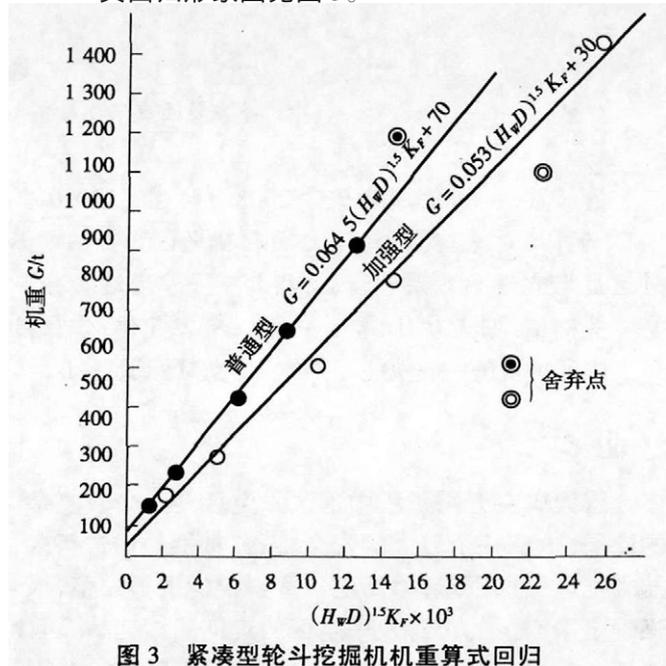
2)随着火烧蚀变岩内摩擦角的增加, 边坡稳定系数为 0.767 ~ 1.053, 无论圆弧滑动还是沿弱层滑动条件下的边坡稳定系数均呈现增加的趋势, 但边坡稳定系数均小于 1.1, 说明 KT2 剖面由于底部火烧蚀变岩弱层的存在, 对边坡稳定性产生了较大的影响。

3)在露天矿开采过程中, 应进行边坡的实时监测, 并根据监测结果采取合理的边坡加固措施或调整开采方案, 以保证露天煤矿的安全开采。

的计算式为:

$$G = 0.064 5(H_w D)^{1.5} K_F + 70 \quad (15)$$

其回归形象图见图 3。



参考文献:

[1] 骆中洲. 露天采矿学(上册)[M]. 中国矿业大学出版社, 1986.  
 [2] 中国矿业学院. 露天采矿手册[M]. 煤炭工业出版社, 1986.  
 [3] 杨润国, 郭振文. 现代露天煤矿标通设计体系研究报告[R]. 中煤工程设计咨询集团沈阳设计研究院, 2000.  
 [4] 煤炭工业部沈阳设计研究院总工程师办公室. 紧凑型轮斗挖掘机工作重量计算研究(简要说明)[R]. 1994.  
 [5] 中华人民共和国国家标准. GB 50197-2005. 煤炭工业露天矿设计规范[S]. 中国计划出版社, 2005.

参考文献:

[1] 张秀山. 新疆煤田火烧区特征及防治对策[J]. 新疆地质, 2001, 19(2): 150-152.  
 [2] 祝玉学. 露天矿边坡工程技术的进展、困难和希望[C]. 第四届全国工程地质大会论文集(三). 中国地质学会工程地质专业委员会编. 北京: 海洋出版社, 1992.  
 [3] 罗文强, 黄润秋, 张倬元, 等. 几种边坡可靠性数学模型的对比[J]. 山地学报, 2000, 18(1): 42-46.  
 [4] 丁立明, 才庆祥, 刘雷, 等. 软弱夹层对露天矿边坡稳定性的影响[J]. 金属矿山, 2012, (4): 40-42.  
 [5] 许宝田, 钱七虎, 阎长虹, 等. 多层软弱夹层边坡岩体稳定性及加固分析[J]. 岩石力学与工程学报, 2009, 28(S2): 3959-3964.  
 [6] 姜德义, 朱合华, 杜云贵. 边坡稳定性分析与滑坡防治[M]. 重庆: 重庆大学出版社, 2005.