

废渣充填的生产成本和环保效益评价

高鹏举

(西部矿业股份有限公司巴彦淖尔分公司, 内蒙古 巴彦淖尔市 015500)

摘 要:通过对矿山企业生产过程中处理尾砂的生产成本以及尾砂堆放的废石场等一系列环保因素的分析,介绍了利用尾砂充填采空区的技术可行性,论述了在尾砂充填采空区的技术经济评价中加入环保效益因素后的经济合理性的分析方法。

关键词:充填采矿;尾砂充填;废石充填;生产成本;环境保护

内蒙获各琦铜矿始建于 1988 年,是国内第 6 大露天铜矿,采选规模 50 万 t/a,露天封闭圈 1978 m。2003 年被西部矿业股份有限公司整体收购,成立巴彦淖尔分公司,同年 6 月恢复生产。鉴于矿床赋存较深,即 1000 m 水平矿体尚未封闭,矿山规划以露天小境界回采剩余 1987 m 以上矿体,以下由露天转为地下开采,建设规模 130 万 t/a,后期深部开采最终规模可达到 300 万 t/a。2005 年 8 月,露天转地下工程已开始采出矿,目前深部扩建工程准备动工。

在矿产资源开发过程中,必然产生各种废渣占用大量土地;而同时采空区又因充填成本得不到及时处理。针对这种矛盾,矿山应从实际出发,分析探讨充填成本,以尽快解决。

1 处理尾砂的成本及环保效益

矿山生产中常见的废渣主要有采掘废石和选矿

尾砂。处理尾砂时,原理相同,仅工艺复杂,影响因素较多。下面以处理采掘废石为例进行分析。

矿山对采掘废石的处理方法是集中堆放,这首先需要建设与基建和生产采掘废石总量相适应的废石场;其次,还需把废石运至废石场。生产成本构成特点及计算见表 1。生产成本组成如下。

(1) 基建投资包括征地费用、废石场的防排洪设施、废石场堤坝建设、排废运输道路修筑等,及相关排废设备等。作经济分析时,这笔投资可以按生产年平均计入生产成本。

(2) 生产期间费用主要有井下运输提升、地表运输费用,废石场内平整和道路设施等维修费用。

(3) 环保费用包括废石场的填土、草场植被恢复费用,及对周围环境污染后所需的综合治理费用。

从表 1 分析可以看出,减少尾砂的地表排放可以有效地降低生产成本,提高环保效益。

表 1 废石地表排放生产成本构成

生产成本明细	成本构成因素	计算公式
基建投资		
征地费、补偿费	与占地面积成正比,和占地种类有关	$C_{w1} = \text{占地面积} \times \text{相关费率}$
安置费、拆迁费	与占地面积成正比,和占地涉及人员、建筑有关	$C_{w2} = \text{占地面积} \times \text{相关费率}$
运输道路建设费	与地形、废石场位置有关	$C_{w3} = \text{线路长度} \times \text{建设费用} / \text{km}$
防、排洪设施费	与地形、自然条件有关	$C_{w4} = \text{工程量} \times \text{单位工程建设费用}$
各种堤坝建设费	与废石堆放方式有关	$C_{w5} = \text{堤坝长度} \times \text{建设费用} / \text{km}$
排废运输设备	与废石量成正比,与废石场位置有关	$C_{w6} = \text{设备费} / \text{台} \times \text{废石运量} \times \text{运距} / \text{设备运输能力}$
废石场整修设备	与废石量成正比,与废石场面积有关	$C_{w7} = \text{设备费} / \text{台} \times \text{废石量} / \text{设备能力}$
生产费用		
井下提升运输费用	与废石量成正比	$C_{w8} = \text{废石运量} \times \text{单位提升运输费用}$
地表运输费用	与废石量成正比,与废石场位置有关	$C_{w9} = \text{废石量} \times \text{运输距离} \times \text{运输单价}$
维检费	与设备数量成正比	$C_{w10} = \text{设备总价值} \times \text{维检费率}$
环保费用		
回填、覆土费用	与新增废石场面积成正比	$C_{w11} = \text{新增废石场面积} \times \text{回填费用} / \text{m}^2$
植被恢复绿化费	与废石场面积成正比	$C_{w12} = \text{废石场面积} \times \text{植被费用} / \text{m}^2$
环保综合治理费用	与废石场量成正比	$C_{w13} = \text{废石量} \times \text{相应费率}$

2 尾砂充填方法和充填成本

在生产实践中,尾砂的产出量是一定的,若要减少地表排放,就必须在地下找到合适的存放地点,而用尾砂充填地下采空区是处理尾砂堆放的最好途径。尾砂充填采空区分为胶结充填和非胶结充填,非胶结充填一般将尾砂直接灌入采空区;胶结充填是根据充填部位的需要,在尾砂中加入一定的胶结材料(如水泥),再充入采空区。显然,胶结充填成本较高,故一

般根据矿山的采矿方法和其他约束条件等,尽量减少胶结充填所占的比例。

用尾砂充填采空区称为干式充填,需建设尾砂的垂直溜放系统和井下运输系统(一般利用生产运输系统),增加井下运输设备。在生产期间,将掘进废石通过提升系统或溜放系统运输到充填中段,再通过运输平巷将废石运到充填采空区上部倒入空区内完成充填。另外,当采用胶结充填时,还要添加胶结材料制备、运输系统。尾砂充填成本见表 2。

表 2 尾砂井下充填成本组成

成本明细	成本构成特点	计算公式
井巷工程		
充填井巷工程	与工程量成正比,和整个系统有关	$C_d = \text{井巷工程量} \times \text{单价}$
运输设备费	与废石量成正比,和运距有关	$C_2 = \text{设备费/台} \times \text{运量} \times \text{运距} / \text{设备能力}$
充填硐室工程	与工程量成正比,和充填方式有关	$C_B = \text{硐室工程量} \times \text{单价}$
生产费用		
井下提升费用	与废石量成正比,与回采顺序有关	$C_{H1} = \text{废石运量} \times \text{单位提升费用}$
井下充填运输费用	与废石量成正比	$C_5 = \text{废石运量} \times \text{单位运输费用}$
充填胶结材料费用	与胶结充填量成正比	$C_6 = \text{胶结材料用量} \times \text{单价}$
维检费用	与设备数量成正比	$C_7 = \text{设备总价值} \times \text{维检费率}$

3 尾砂充填的经济分析

对比表 2和表 1可以发现,表 1中的费用分为两类,一类是与废石场自然环境有关的项目,如 C_{w3} 、 C_{w4} 、 C_{w5} ,它们基本不随废石量的变化而变化;另一类是其它项目,其费用的大小与废石量成正比。表 1中费用可以表示为:

$$C_z = C_{w0} + C_w \times k_v \tag{1}$$

式中: C_{w0} —— 固定费用 (C_{w3} 、 C_{w4} 、 C_{w5});
 C_w —— 废石排放量;
 k_v —— 其它随废石排放量变化的费用成本系数。

同理,表 2中的费用也可以分为两类,一类是与充填系统有关的项目,如 C_d 、 C_B ,它们不随废石量的变化而变化;另一类是项目成本的大小与废石量成正比。表 2中充填成本可以表示为:

$$C_t = C_{t0} + C_t \times k_t \tag{2}$$

式中: C_{t0} —— 固定费用总和 (C_d 、 C_B);
 C_t —— 废石充填量;
 k_t —— 其它随废石充填量变化的费用成本系数。

根据国内部分矿山的情况, $C_{t0} > C_{w0}$ 、 $C_t = C_w$,若单纯考虑尾砂处理成本和充填成本的影响,当 $k_t > k_v$ 时,充填成本高于处理成本,不可行;当 $k_t < k_v$ 时,充

填成本低于处理成本,只有废石量达到一定数量 C' 时,总充填成本才会低于总处理成本 (见图 1)。

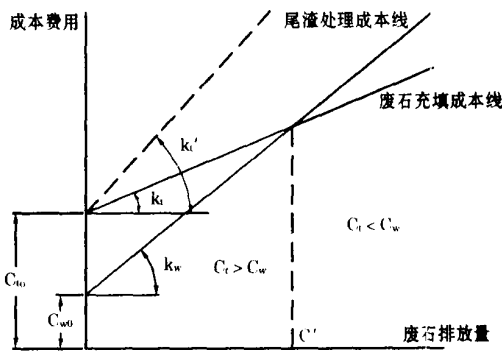


图 1 废石排放量与充填成本的关系

实际分析尾砂充填的经济合理性时,一般以达产年采矿收益与采矿成本的大小为评价依据,综合考虑以下因素。

- (1) 增加的收入。当采用充填空区的方法回采时,采矿综合损失率和贫化率都会相应降低,由此带来回收金属量的增加,矿山整体收益加大。
- (2) 增加的成本。主要是指上述进行尾砂充填工作的生产成本。
- (3) 减少的成本。主要是减少尾砂排放而节约的一系列成本费用。

考虑充填采空区和环保因素后,其经济合理性的 (下转第 156页)

[23] 邹纲明,凌开成,申 峻.平朔煤显微组分与低温煤焦油及石油渣油共处理的研究[J].煤炭转化,1997(20),4:69~74.

[24] Vuthaluru H B. Thermal behaviour of coal/biomass blends during co - pyrolysis[J]. Fuel Processing Technology, 2004 (85), 2 - 3: 141~155.

[25] Yoshida R, Ishiguro H, Nagaishi H, Honm S, Narit H, Yoshida T, Maekawa Y, Mitarai Y c, Mondragon F d. Colombian coal liquefaction and its coprocessing with Venezuelan crude oil[J]. Energy Conversion and Management, 1999 (40), 13: 1357~1364.

[26] Cugini A V, Rothenberger K S, Krasman D, Ciocco M V, Thompson R L, McCreary C, Gardner T J. The use of coal liquefaction catalysts for coal/oil coprocessing and heavy oil upgrading[J]. Catalysis Today, 1998, (43), 3 - 4: 291~303.

[27] Harrison, Grahama, Ross, Andrew B. Use of tyre pyrolysis oil for solvent augmentation in two - stage coal liquefaction[J]. Fuel, (75), 8: 1009~1013.

[28] Bodman S D, McWhinnie W R, Begon V, Millan M, Suelves I, Lazaro M - J, Herod A A, Kandiyoti R. Metal - ion pillared clays as hydrocracking catalysts (II): effect of contact time on products from coal extracts and petroleum distillation residues[J]. Fuel, 2003, (82), 18: 2309~2321.

[29] Badger, Mark W, Harrison Grahama. Coal liquefaction with solvent augmentation by heavy oil residues in presence of disposable iron catalyst[J]. Fuel, 1996 (75), 6: 706~712.

[30] 陈 鹏.煤热解转化排放物对环境和健康的影响[J].洁净煤技术,2001(7),4:52~59.

[31] Czaplicki Andrzej, Smolk Wojciech. Sulfur distribution within coal pyrolysis products[J]. Fuel Processing Technology, 1998, (55), 1: 1~11.

[32] Filippidis A, Georgakopoulos A, Kassoli - Foumaraki A, Misaelides P, Yiakkoupis P c, Broussoulis J. Trace element contents in composited samples of three lignite seams from the central part of the Drama lignite deposit, Macedonia, Greece[J]. International Journal of Coal Geology, 1996 (29), 4: 219~234.

[33] Rocha J D, Brown S D, Love G D, Snape C E. Hydropyrolysis: a versatile technique for solid fuel liquefaction, sulphur speciation and biomarker release[J]. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, 1997(40 - 41), 5: 91~103.

[34] Whateley Michael K G. Measuring, understanding and visualising coal characteristics - innovations in coal geology for the 21st century[J]. International Journal of Coal Geology, 2002, (50), 1 - 4: 303~315.

(上接第 127页)

比较见表 3。为简明起见,将表 3中的一些项目合并,将与尾砂处理有关的项目加以细化。

表 3 充填采空区经济合理性比较

项目名称	加入环保因素前的计算公式	加入环保因素后的计算公式
年采出矿量 A_n , (t)	A_n	A_n
地质品位 C , (g/t)	C	C
采矿回收率 E_c , (%)	E_c	E_c'
采矿贫化率 B_c , (%)	B_c	B_c'
采出品位 C_c' , (g/t)	$C \times E_c / (1 + B_c)$	$C \times E_c' / (1 + B_c')$
采出矿石含金属 A_c , (g)	$A_n \times C'$	$A_n \times C'$
选矿回收率 E_x , (%)	E_x	E_x
年产出金属总量 Q , (g)	$A_c \times E_x$	$A_c \times E_x$
单位金属售价 p , (元 /g)	p	p
企业年产值 V_z , (万元)	$Q \times p$	$Q \times p$
纯采矿成本 C_c , (元 /t)	C_c	C_c
充填成本 C_t , (元 /t)		ΣC_t
尾砂处理成本 C_w , (元 /t)		ΣC_w
选矿成本 C_x , (元 /t)	C_x	C_x
企业经营费用 R_z , (元 /t)	R_z	R_z
单位矿石成本 C_d , (元 /t)	$C_c + C_x + R_z$	$C_c + C_x + R_z + C_t - C_w$
企业年总成本 C_z , (万元)	$C_d \times A_n$	$C_d \times A_n$
企业年盈利 V_z , (万元)	$V_z - C_z$	$V_z - C_z$
单位矿石盈利 S_d , (元 /t)	S_z / A_n	S_z / A_n

注: " - "表示充填处理空区后,指标发生了变化。

在以往的技术经济评价中,一般仅考虑增加收入与成本两个因素,忽视减少成本这一因素。当前两个因素比重较高、尾砂排放成本较低时,环保方面

的因素不足以影响方案的确定;当前两个因素处于临界状态或尾砂排放成本较高时,环保因素的加入会对方案比选起到决定性作用。特别是在一些风景区和重点环境保护区,单独的环保因素可以决定一个项目的可行与否。

从表 3可以分析,尾砂充填空区是否经济合理的主要指标是企业年盈利的大小,其中最根本的因素是采矿损失率、采矿贫化率、充填成本、尾砂处理成本 4项指标,评价的核心是看尾砂充填空区后采矿指标改善带来的效益和节约的处理尾砂的成本能否抵消充填成本,当能够抵消时,显然尾砂充填空区具有经济和社会双重效益,即使不能完全抵消,当企业更应注重社会效益尤其是环保因素时,也应优先考虑尾砂充填空区。

4 结束语

综上所述,矿产资源开发过程中,评价尾砂充填空区的经济合理性,不但有经济上的影响因素,也有环保方面的影响因素;不但存在生产方面的效益,还存在环保方面的效益。矿山是否采用尾砂充填空区应在考虑技术经济的同时多考虑环保效益。

作者简介:高鹏举(1966 -),男,青海人,采矿工程师,西部矿业股份有限公司巴彦淖尔分公司矿山管理部主任。