

露天矿排土场合理台阶高度的确定

汪 勇
(凤凰山铜矿)

摘 要 从安全与经济相结合的角度,建立起了确定露天矿排土场合理台阶高度的数学、稳定性分析模型,进行了应用软件的开发,应用该软件进行了凤凰山铜矿金牛露天采场排土场合理台阶高度的确定,与设计相比,优化后,节约排土成本 2.76 元/m³。

关键词 露天矿排土场 安全 台阶高度

Determination of Rational Bench Height of Open-pit Dump

Wang Yong
(Fenghuangshan Copper Mine)

Abstract From the viewpoint of safety and economy combination, the mathematics model for determining the rational bench height of the open-pit dump and its stability analysis model were established and the application software was developed. The software was used to determine the rational bench height of the dump of Jinniu open pit of Fenghuangshan Copper Mine. Compared with the designed bench height, the optimized one saved the earth-moving cost by 2.763 yuan/m³, achieving remarkable economic benefit.

Keywords Dump of open pit, Safety, Bench height

露天矿排土运输成本占矿山采矿总成本的40%以上,安全、经济的排土场建设成为矿山生产经营者主要的目标。

排土场稳定性的研究始于20世纪70年代,是随着露天排土工程研究的发展而发展起来的,直到20世纪80年代末,国内才开始进行这一重要领域的科研攻关^[1~3]。在研究方向及研究内容上,由于排土场产生的滑坡和泥石流等灾变给矿山安全生产和环境保护带来严重后果,使科研工作着重于排土场滑坡变形机理、灾变监测、灾害治理等方面的研究,即突出地强调了安全性,而对与排土场参数设计相结合的研究不多。本文就此进行了初步的探讨。

1 数学模型的建立

1.1 分析模型的建立

从露天矿排土场线性规划数学模型可知,对露天矿剥离岩土运往排土场时的运量及流向的合理规划,就是用最小的运输距离和费用开支,达到优化排土的目的。其一般形式为

$$C = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n V_{ij} C_{ij}, \quad (1)$$

式中, V_{ij} 为将采场第 i 个水平的岩土运输到第 j 个

排土台阶可能的运输量, t ; C_{ij} 为将采场第 i 个水平的岩土运输到第 j 个排土台阶的单位排土费用,元/ t ; m 为采场内剥离水平总数,个; n 为排土场排土台阶总数,个; C 为矿山排土费用总和,元。

对于已投入使用的排土场,采场剥离总量及第 i 个水平可能的岩土运输量是一定值;按工艺过程及作业性质划分, C 值可由以下几个部分组成:

$$C = C_0 + C_d + C_t, \quad (2)$$

式中, C_0 为运输费,元; C_d 为道路建设及维护费用,元; C_t 为推土机作业费用,元。

在诸多的影响因素(如排土场地形地貌、散体物料的性质、排土高度、台阶坡面角等)中,最具综合性的指标是排土高度。它不仅极大地影响到排土场建设费用,而且为排土场稳定性进行量化分析提供依据。以下对台阶高度与 C 值的关系进行详细分析(以单位费用分析)。

1.1.1 对运输费用的影响

引入台阶高度后的排土场运输规划模式,因各

汪 勇,铜陵有色集团公司凤凰山铜矿,工程师,244041 安徽省铜陵市凤凰山。

矿的具体条件不同而呈现多样性。其一般形式为

$$C'_0 = C_1 S r, \quad (3)$$

式中, C_1 为单位废石运输费用, 元/(t·km); S 为废石沿排土场道路的实际距离, km; r 为剥离岩土密度, t/m³。

其中, 排土场道路实际距离与排土台阶高度有着线性关系,

$$S = H/i + n \cdot S_0, \quad (4)$$

式中, S_0 为平台道路长度, km; i 为道路坡度; H 为排土场总高度, km; $n = H/h$, 为排土台阶数, 个; h 为排土台阶高度, km。

将(4)代入(3)式有:

$$C'_0 = C_1 (H/i + n \cdot S_0) r. \quad (5)$$

1.1.2 对道路建设及维护费的影响

排土场道路的建设及维护费用与排土场道路长度正比例。可分为两部分, 一部分为固定线路费用, 一部分为移动线路费用, 移动线路费用与台阶高度成反比

$$C'_d = C_2 \cdot (H/i) \cdot r + C_2 \cdot k_2 \cdot S_0 \cdot H/h \cdot r, \quad (6)$$

式中, C_2 为道路运营费用, 元/(t·km); k_2 为等级道路调整系数。

1.1.3 对推土作业的影响

废石推移至安全段顶线外及安全段反坡形成, 平整卸载平台及排土场低于水平面的凹陷区, 均由推土机完成。前三项作业可以同时进行, 也可以一个作业接着一个作业地进行, 因此这些作业费用各不相同, 在此不再细分而作为整体考虑。它与排土场卸载时留下的废石量多少成正比; 当沿斜坡角卸载时, 随着排土台阶高度的增加, 推土量以及推土机作业费用减少。

与此同时, 当排土台阶高度 h 达到某一数值, 则平整低于水平面凹陷区的推土量急剧增加, 从改善排土场作业组织工作角度出发, 应遵守下述条件:

$$h \leq h_{\max} = B \cdot \tan \alpha / k_4, \quad (7)$$

式中, B 为卸载平台宽度, m; α 为卸载平台反坡角, (°); k_4 为废石沉降系数。

与排土台阶高度有关的推土机费用:

$$C'_t = t \cdot q^{-1} \cdot k_5 \cdot h_p, \quad (8)$$

由(8)式可推导出下式:

$$C'_t = t \cdot q^{-1} \cdot k_5 \cdot h_p \cdot (h_p + h)^{-1}, \quad (9)$$

式中, t 为推土机台班作业成本, 元/班; q 为推土机

生产效率, m³/班; k_5 为平整低于水平面凹陷区的推土机作业增量系数; h_p 为残留废石的台阶高度, km。

综合表达式(5)、(6)、(9) 得到排土场高度对排土场建设费用的关系式:

$$C' = C_1 (H/i + n S_0) r + C_2 (H/i) \cdot r + C_2 \cdot k_2 \cdot S_0 \cdot H/h \cdot r + t \cdot q^{-1} \cdot k_5 \cdot h_p (h_p + h)^{-1}, \quad (10)$$

式中, C' 为单位排土费用, 元/m³。

由式(10), 结合采场内不同水平岩石量及排土场同水平或垂直堆置量就可计算出排土总费用及最小的台阶高度, 即最佳经济高度。

至此, 已建立起排土场经济分析数学模型。

1.2 稳定性分析数学模型的建立

边坡稳定性的计算方法可分为极限平衡法、应力应变法以及可靠性分析法。

就应用范围而言, 应力应变法(有限元法及边界元法)和可靠性分析法(概率分析法)以定性评价为主, 与定量确定台阶高度难以结合。

以条分法和极限平衡原理为基础的极限平衡法在工程中应用最早、最为广泛。根据地质结构面(散体内部结构面)形成滑体的边界条件(形状), 对于平面滑动、曲面滑动、楔体滑动等多种滑动均可进行相应的计算。

根据排土地基岩性、表土力学性质、场内散体物料的组成、力学参数及其堆排形式试验分析, 可选择不同的、合适的计算方法, 在此, 选用 Fillenius 法和 Janbu 法。

2 软件开发

综合以上分析, 在围绕排土场台阶高度这一综合指标而开展的规划研究中, 可以建立起稳定、安全及经济、合理的排土场动态管理模型。对其实地、正确地解析以及合理地运用, 需进行以动态数学模型求解为核心的软件系统开发。具体步骤为:(1)软件系统目标;(2)软件系统功能;(3)软件系统结构。

2.1 系统目标

保证动态数学模型求解的准确性、实时性、满足矿山生产需求, 提高排土场建设管理工作的科学性、可靠性、及时性及应变能力。

2.2 系统功能

(1) 数据录入功能。原始数据、各种计算数据(台帐)的输入。

(2) 数据修改功能。包括数据的修改、添加、删除。

(3) 计算功能。动态数学模型的求解、分析。

(4) 查询功能。任意参数、数据文件、任何项目的查询。

(5) 打印功能。数据文件、计算结果等项目的打印。

2.3 系统结构

采用模块化结构设计方法,将系统按功能分解成若干个主功能模块,各主功能模块进一步分解为解决特定问题的更小的子功能模块,这样自上而下,逐步细化;各子功能模块按一定逻辑结构(树状层次结构)层层向上组合,以实现系统的功能;模块划分遵循“模块内高凝聚度,模块间低耦合度”的原则,保证各模块间具有较高的独立性,有利于日后系统的维护(图1)。

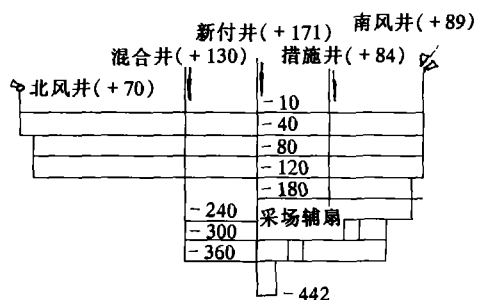


图 1 系统模块功能框图

2.4 运行环境

本系统运行所需的软、硬件环境如下:

- (1) 主机 IBM.PC386 以上或兼容机;
- (2) 操作系统:DOS 3.0 以上版本;
- (3) 数据库系统:FOXBASE + 2.0 及以上版本;
- (4) 具有 25 行汉字显示操作系统;
- (5) 具有国际标准交换码的打印机;
- (6) 本系统所用文件类型共 3 种:①源程序码(扩展名为 .PRG);②数据库文件(扩展名为 .DBF);③屏幕格式文件(扩展名为 .FMT)。

2.5 系统特点

(1) 本系统模块化结构层次清楚, 整个系统采用分层菜单, 汉字会话方式自动引导用户正确使用; 菜单画面色彩搭配合理、美观、清晰、人机界面友好。

(2) 提示通俗易懂。当管理人员使用系统时,均有足够的提示信息,程序操作符合常用习惯,使用简便,不用操作说明书也可使用系统。

(3) 具安全性和容错性。无论操作人员如何选择菜单或回答提问均不会导致系统中断,在每个需要回答之处都有操作失误保护设计。

3 应用实例

凤凰山铜矿金牛露天采场自 1995 年筹建,1996 年 5 月正式基建施工。在考虑总剥离量 770 万 m^3 排土容积需要的同时,为合理安排资金,将排土场分两期施工建设。其中,一期排土场占地面积 13.5 万 m^2 ;按缩短运距、就近排土的建设原则,将排土场分为 1[#]、2[#] 2 条排土线。

在进行排土场散体物料、地基岩土物理力学参数试验及生产指标综合调查分析的基础上,进行了排土台阶高度优化计算,并与原设计指标进行了对比,结果见表1。

表 1 安全、经济动态模型计算结果

原设计台阶 高度/m	试验台阶 高度/m	经济分析指标 原设计/优化后 (元·m ⁻³)	稳定性分析 指 标
10	15	7.367/5.506	1.98
10	20	7.367/4.604	1.31
10	25	7.367/4.086	1.18
10	30	7.367/3.760	0.97

在充分考虑环境因素、采场爆破地震波、雨季雨水的影响后选择排土台阶高度为 20 m;至 2003 年末已受容 370 多万 m^3 。

4 结 论

(1) 应用排土场台阶高度优化软件,对金牛露天采场排土场台阶高度进行了优化,实现了既安全又经济的排土场建设目标。

(2) 按矿山原计划每立方米计,实现排土台阶高度优化后,节约排土费用 2.763 元/ m^3 ,按矿山采场尚有 500 万 m^3 剥离量计算,可节约 1 381 万元。

(3) 所开发的应用软件通用性强,易移植。选用同一的计算指标和合理的逻辑数据结构及开放性的系统设计,扩充极为方便,使本系统可直接或稍作修改就可用于其它矿山。

参考文献

- 1 苏文贤,黄礼富,等.朱家包包铁矿高台阶排土场稳定性及治理技术的研究.金属矿山,1991(12):14~20
- 2 黄礼富.苏文贤.高台阶排土场岩石块度分布规律研究.有色矿山,1988(9):7~13
- 3 黄礼富,周玉新,陈柏林,等.排土机排土合理工艺参数的确定.金属矿山,1998(1):8~11
- 4 李宝祥,等.采矿手册.北京:冶金工业出版社,1991
- 5 何培民.软件开发指南.北京:清华大学出版社,1991

(收稿日期 2003-10-23)