

# 一种露天矿卡车实时调度算法

姚再兴<sup>1,3</sup>, 刘海娟<sup>2</sup>, 白润才<sup>4</sup>

(1. 辽宁工程技术大学力学与工程科学系, 辽宁 阜新 123000; 2. 辽宁工程技术大学理学院, 辽宁 阜新 123000;  
3. 中国科学院力学研究所 北京 100080; 4. 辽宁工程技术大学资源与环境工程学院, 辽宁 阜新 123000)

**摘要:** 给出单斗卡车工艺的露天矿中分时段卡车实时调度系统的设计思路; 扼要阐述主模块与各分模块的关系及各模块的功能和任务; 特别解释了装车区间、时间段接续等优化中用到的技巧。

**关键词:** 卡车调度; 单斗卡车工艺; 露天矿; 调度系统

中图分类号: TD 57

文献标识码: A

文章编号: 1671 - 9816(2007)02 - 0007 - 03

An algorithm of surface mine truck real-time dispatch system

YAO Zai-xing<sup>1,3</sup>, LIU Hai-juan<sup>2</sup>, BAI Run-cai<sup>4</sup>

(1. Department of Mechanics and Engineering Science, Liaoning Technical University, Fuxin 123000, China; 2. College of Science, Liaoning Technical University, Fuxin 123000, China; 3. Mechanics Institute, the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080, China; 4. College of Resource and Environment Engineering, Liaoning Technical University, Fuxin 123000, China)

**Abstract:** a design method of real-time truck dispatching system about shovel and truck technology is given; discussing relation between main module and submodules and functions and assignments of modules; specially explaining loading segment and joining of intervals which are used in optimization.

**Key words:** truck dispatching; shovel and truck technology; surface mine; dispatching system

## 1 引言

单斗卡车工艺的露天矿是以采掘为中心, 以运输为纽带的大型生产系统, 生产任务的完成、生产过程的组织实施是通过对采运设备, 尤其是对运输设备的实时调配来进行的。卡车调度的计算机管理系统应该充分考虑各种生产要素的变化, 能够实时调整调度方案使生产合理有序最优地进行。配以 GPS 定位、无线信号传输、计算机高速运算、合适的调度算法完全可以实现实时调度, 必将成为数字露天采矿的重要组成部分<sup>[1-3]</sup>。

许多专家学者对卡车实时调度系统进行了研究<sup>[4-8]</sup>。本文介绍的卡车实时调度系统的设计方案采用模块化设计思想, 包括主模块、模块、模块间的接口, 已经在 Matlab 中实现。该算法也适合用其它语言来开发。该算法可根据当时挖掘机、破碎站、卡车的情况给出未来一段时间的卡车调度方案; 如果生产

收稿日期: 2007-03-04

基金项目: 国家自然科学基金项目(50374042); 辽宁省教育厅重大基础研究(202182055); 辽宁省教育厅攻关项目(05L171)

作者简介: 姚再兴(1974-), 男, 内蒙古人, 辽宁工程技术大学讲师, 中国科学院力学研究所博士生。学习与研究方向: 露天采矿、工程力学、岩土工程。

要素(设备数量、生产能力、运行参数等)有变化, 该算法可以实时得出新的卡车调度方案。该算法中, 卡车调度方案采用的遗传算法优化方法在文章《遗传算法对大型露天矿卡车调度的优化方法》中有详细叙述。

调度方案是指一段时间内, 各挖掘机的装车序列、各破碎站的卸车序列和各卡车所到挖掘机和破碎站的路线图和时间表。

## 2 卡车调度系统的主模块

调度系统由主模块和多个子模块(以下称模块)

是首次使用系统吗?	
是	否
系统初始化 a	调入上次运行结果
系统正常运行	
下次优化时刻到了吗?	
是	否
优化 b	
为下次优化准备数据 c	
调整生产要素吗?	
是	否
调整生产要素 d	
调整为下次优化准备的数据 e	
优化时刻改为当前时刻	

图 1 主模块框图

表1 各模块名称及其功能

组	名称	命名	主要功能
	主模块	main	判断是否是首次使用该系统 启动系统界面 连接各模块 给出最优路线和时间序列
a	系统初始化	initialdata	首次使用系统时基本数据的输入
	产生卡车路线模块	produceroute	产生一辆卡车路线 记录卡车到站时刻 计算卡车费用; 记录挖掘机状态、破碎站任务的变化及停车原因
b	产生初始种群模块	initiation	产生初始群体 记录染色体中各车的到站时刻 记录各车的运费 记录各挖掘机和破碎站内的状态
	复制模块	rws	利用比例复制算子根据适应度复制染色体并淘汰相应数目的染色体
	计算适应度模块	ranking	计算染色体的适应度
	修复模块	renovate	将经过遗传操作的各染色体进行修复使之成为可行解
c	数据调整模块 2	nextcomputedata	为下次优化准备数据
	添加破碎站模块	add_crush	破碎站数加 1 破碎站名向量中添加一个小写字母 给出新增破碎站到各挖掘机距离 给出新增破碎站的任务
	添加挖掘机模块	add_excavator	挖掘机数加 1 给挖掘机取名 将该名添加到挖掘机名向量中 确定新增挖掘机状态矩阵
	添加卡车模块	add_truck	给新增卡车取名 确定卡车起始位置 给出卡车的各种参数
d	修改破碎站参数模块	amend_crush	取出要修改的破碎站名 修改破碎站到各挖掘机的距离 修改破碎站的任务
	修改挖掘机参数模块	amend_excavator	取出要修改的挖掘机名 修改挖掘机到各破碎站的距离 修改各挖掘机的效率
	修改卡车参数模块	amend_truck	取出要修改的卡车名 修改卡车的速度 修改卡车的容量 修改卡车的运输费用
	减少破碎站模块	delete_crush	把与将要减少的破碎站有关的各个参数删除
	减少挖掘机模块	delete_excavator	把与将要减少的挖掘机有关的各个参数删除
	减少卡车模块	delete_truck	把与将要减少的卡车有关的各个参数删除
e	数据调整模块 1	nextcompute2	生产要素调整后为下次优化准备数据,代替原来的数据

组成,如图1。在主模块中,首先判断是否是首次使用该系统。若是,则启动系统初始化模块组a调入初始数据;否则,调入上次运行结果。然后等待下一轮优化或生产要素调整。到达下次优化时刻时,系统将调用优化模块组b,进行寻优计算,给出下一时间段内的最优路线,然后调用数据模块组c给出再下一时间段优化的初始数据。如果在系统运行过程中需要改变生产要素(通过调整设备来实现),则调用模块组d。由于生产要素的调整,c准备好的数据已经不能用,调用模块组e准备新的用于优化的数据。

### 3 模块功能

关键模块的主要功能如表1所列。

### 4 时间段之间的关系

计算中,认为卸车时间可以忽略不计,装车需要时间。为了计算方便,把挖掘机的工作时间分成若干相连的时间区间,每一区间可以完成1次装车,称为装车区间。卡车在装车区间的前半段到达,则占用该装车区间;否则占用下一装车区间。

系统给出的调度方案总是对应一个生产要素相对稳定的时间段。由于计算模型和生产实际的差别,

即使生产要素没有变化,把一个时间段的结束作为下一时间段的开始并不合适。以下针对两种情况给出时间段开始点的确定。

#### 4.1 生产要素不变时,时间段间的关系

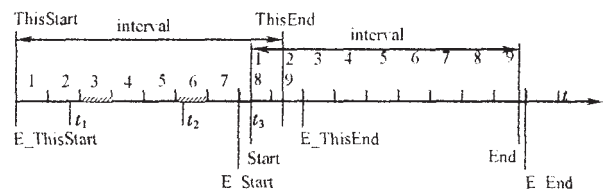


图2 时间区间接续示意图

某一挖掘机两时间区间接续情况可用图2的时间轴表示。时间段长是 interval。ThisStart 和 ThisEnd 分别是当前时间段的开始和结束时刻。每个时间段有不足9个装车区间。

$t_1$ 、 $t_2$  是计算中卡车到达挖掘机的时刻,卡车分别占用挖掘机的第3个和第6个装车区间(图中阴影部分所示),实际运行中,这两车次必需在装车区间开始时刻到达。

$t_3$  是卡车到达破碎站(或挖掘机)的时刻,在当前时间段内卡车没有时间返回挖掘机(或破碎站), $t_3$  称为卡车段末时间。在所有卡车中,最早的卡车段末时间作为下一时间段的开始时间 Start。下一时间段

的结束时刻  $End=Start+Interval$ 。

对每一挖掘机来说, 时间段的开始时刻所在的装车区间的开始点作为挖掘机的开始时刻,  $E\_ThisStart$  和  $E\_Start$ 。挖掘机的结束时刻是该时段  $E\_ThisStart$  和  $E\_Start$ 。挖掘机的结束时刻是该时间段结束时刻所在装车区间的结束点, 如  $E\_ThisEnd$  和  $E\_End$ 。

#### 4.2 生产要素变化时, 时间段间的关系

露天矿卡车调度的实时性就在于对生产要素进行调整后, 能够对调度方案立即做出决策。而当调整生产要素后, 原有的为下次计算准备好的数据已经不能直接使用, 需要对其进行适当的调整。图3表示生产要素改变后, 下一时间段各参数的变化。

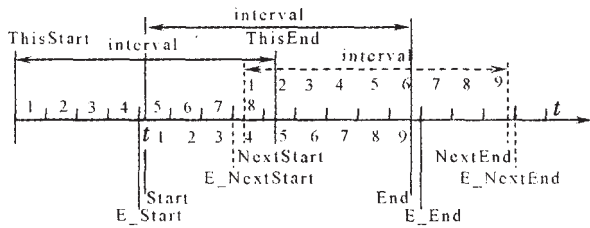


图3 生产要素调整后时间接续结构图

$t$  是生产要素调整的时刻。生产要素一旦调整, 原有的关于下一时间段的参数 ( $NextStart$ 、 $NextEnd$ 、 $E\_NextStart$ 、 $E\_NextEnd$ ) 都不能使用。下一时间段的开始时刻  $Start$  应该等于  $t$ 。下一时间段结束时刻  $End$ 、挖掘机开始时刻  $E\_Start$ 、挖掘机结束时刻  $E\_End$  的确定都与 4.1 中提到的类似。



(上接第6页)

固定在地面上, 使用液压推拉驱动产生高达 400 t 的回撤能力保证了即使推进臂上落有很多岩石, 仍可将推进臂及截割头安全撤出。

(2) 详细的地质勘察资料。使用 SHM 露井联合采煤机的先决条件就是顶板条件要稳定, 同时需要提供详细的覆盖层厚度及煤、顶板岩石的抗压强度等数据。根据这些数据, 按最大覆盖层厚度进行计算, 得到安全切口间距。此间距将保证采煤过程中, 即使发生冒顶, 也是局部冒顶而非整个煤层跨落或煤柱坍塌。

### 3 综述

SHM 露井联合采煤机对于 0.76 ~5.5 m 的煤层

### 5 结语

(1) 卡车实时调度系统采用模块化设计, 思路清晰, 便于用多种语言来实现;(2) 优化计算可以采用不限于遗传算法的多种方法;(3) 该算法采用分时段优化, 可以保证生产要素不变时调度方案的相对稳定;同时, 算法可以即时响应生产要素的变化, 使露天生产便于管理, 最大限度实现调度的实时性;(4) 挖掘机工作时间离散成多个装车区间, 使遗传算法易于形成配车序列;(5) 关于时间段的确定也极大的方便了调度方案的优化计算。

参考文献:

- [1] 孙效玉, 冯建宏, 杨宏贤, 孙庆山. 我国数字露天煤矿的实施对策与总体技术方案 J. 露天采矿技术, 2005, (3): 31-35.
- [2] 王振军, 张幼蒂, 才庆祥. 露天矿智能运输系统的研究 [J]. 化工矿物与加工, 2004, (3): 26-28.
- [3] 邱为. 大型露天矿计算机卡车调度系统的模拟 J. 露天采煤技术, 2002, (2): 13-16.
- [4] 宋子岭, 白润才, 魏春启. 霍林河露天矿卡车调度决策方法及模型的研究 J. 露天采煤技术, 2001, (1): 38-40.
- [5] 杨令杰, 李克民, 王斌. 露天矿卡车调度的理论与方法研究 J. 露天采矿技术, 2006, (4): 12-14.
- [6] 解连江, 邢军, 孙效玉. 露天矿应用汽车调度系统提高效率的预测方法 J. 矿业工程, 2004, (3): 13-16.
- [7] 孙效玉. 露天矿卡车调度系统结构及面向对象实现方法 J. 辽宁工程技术大学学报: 自然科学版, 2006, 25(1): 17-20.
- [8] 刘海娟. 大型露天矿卡车实时调度系统的遗传算法研究 [D]. 辽宁工程技术大学, 2003.

具有 60% ~75% 的高回采率, 特别是对以前技术不能开采的高价值的薄煤层具有更大的现实意义。此外, 该设备具有很高的灵活性, 既可用于大型露天矿的边、端帮及边角煤的开采, 又可作为中小型煤矿的主力开采设备在沟渠, 山坡开采露头煤。由于开采过程中对地表的破坏远远小于传统露天矿, 山体上的灌木, 乔木不受开采破坏。因此, 在美国自然保护区内, SHM 设备成为开采较浅煤层的首选。

SHM 设备运行时现场工作人员少, 只有 3 ~4 人, 更无任何人员进入巷道, 非常安全。

综上所述, SHM 露井联合采煤机是一款高产、高效、自动化程度高、安全的采煤设备, 在日益重视安全、环保的中国, 无论是从产业政策还是从开采效率上看, 该设备都具有极大的实用价值。