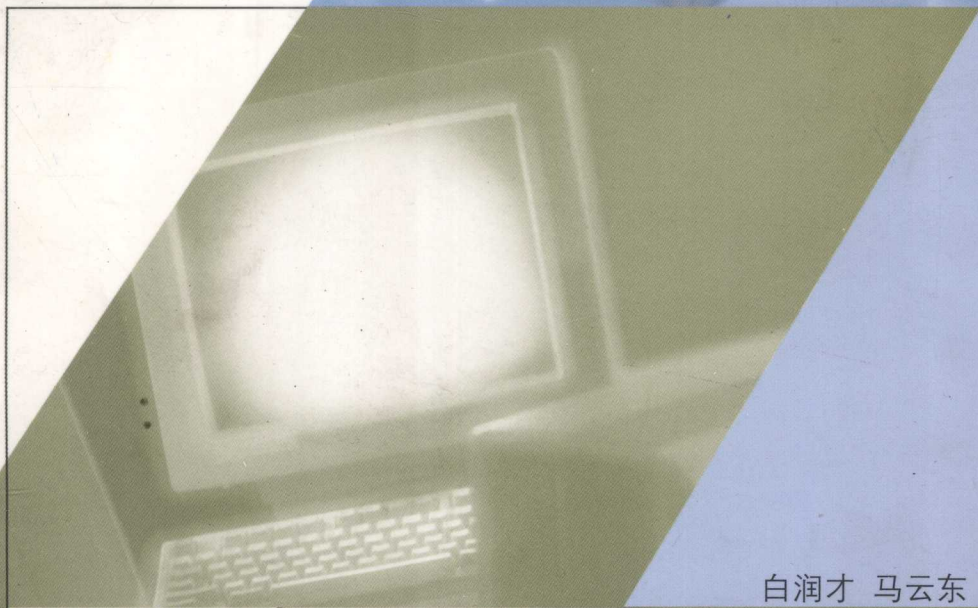


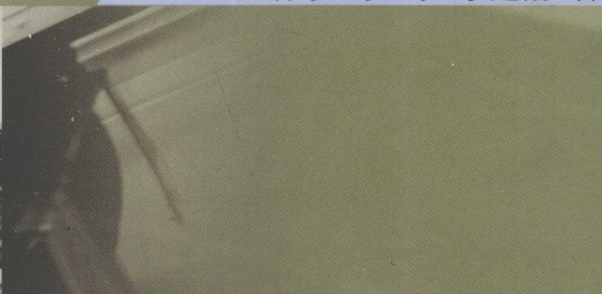
RESEARCH OF THEORY ON TRUCK REAL-TIME
DISPATCH AND SAFETY ASSURANCE PRE-WARNING
SYSTEM IN SURFACE MINE AND ITS APPLICATION



露天矿卡车实时调度及 安全保障预警理论与应用研究



白润才 马云东 李建刚 著

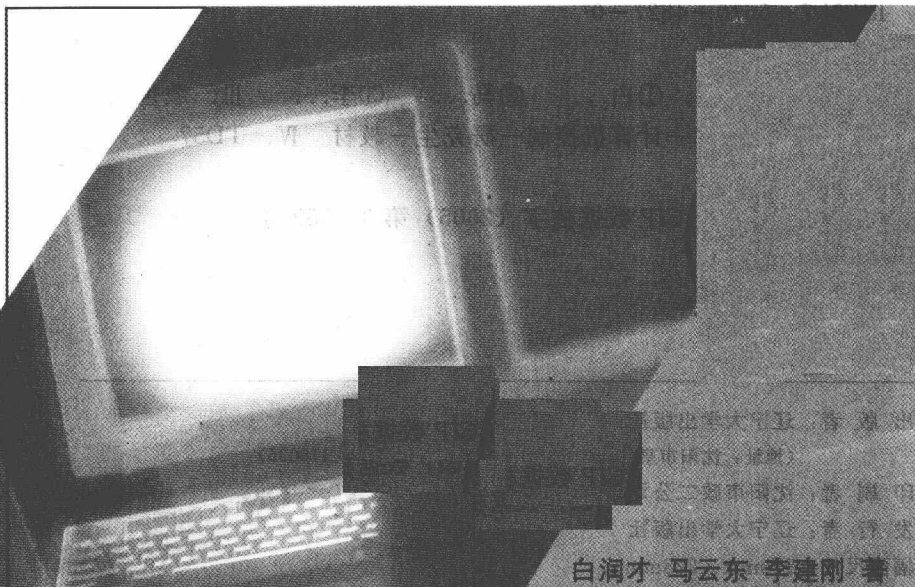


辽宁大学出版社

RESEARCH OF THEORY ON TRUCK REAL-TIME
DISPATCH AND SAFETY ASSURANCE PRE-WARNING
SYSTEM IN SURFACE MINE AND ITS APPLICATION



露天矿卡车实时调度及 安全保障预警理论与应用研究



辽宁大学出版社

白润才 马云东 李建刚 著

©白润才 马云东 李建刚 2005

图书在版编目 (CIP) 数据

露天矿卡车实时调度及安全保障预警理论与应用研究/白润才, 马云东, 李建刚著. —沈阳: 辽宁大学出版社, 2005

ISBN 7-5610-4827-0

I. 露... II. ①白... ②马... ③李... III. 载重汽车—露天
矿运输—运输调度—计算机控制—研究生—教材 IV. TD57

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 050959 号

出 版 者: 辽宁大学出版社

(地址: 沈阳市皇姑区崇山中路 66 号 邮政编码: 110036)

印 刷 者: 沈阳市政二公司印刷厂

发 行 者: 辽宁大学出版社

幅面尺寸: 170mm×228mm

印 张: 9.25

字 数: 170 千字

印 数: 1~500

出版时间: 2005 年 6 月第 1 版

印刷时间: 2005 年 6 月第 1 次印刷

责任编辑: 刘 葵

封面设计: 邹本忠

版式设计: 程 莉

责任校对: 齐 月

定 价: 24.00 元

联系电话: 024-86864613

邮购热线: 024-86851850

Email: mailer@lnupress.com.cn

http: //www. lnupress. com. cn

内 容 简 介

本书针对目前国内外卡车调度系统应用情况和存在的问题,根据露天矿调度工作的任务、目标及露天矿卡车自动化实时调度决策及行车安全保障预警系统功能需求,结合电铲—卡车工艺系统的特点,总结了现有计算机卡车调度系统的研究和应用情况,设计了系统的功能结构和软硬件方案,从信息论、控制论与系统论的角度,将计算机网络技术、智能控制技术与安全系统工程理论与卡车调度系统相结合,深入研究了生产工艺系统运输网络生成与更新,运输路径优化,优化调度目标,货流规划和调度准则,优化调度数学模型,优化计算参数的选取和预测,行车安全保障预警,卡车调度系统应用效果预测等方面的理论和关键技术。

全书共分为九章,内容包括:计算机控制卡车调度系统研究和应用情况;露天矿卡车实时优化调度及安全保障预警系统的组成;生产计划辅助系统;露天矿卡车实时优化调度决策方法的研究;卡车路段行程时间的实时动态预测;行车安全保障预警系统;露天矿卡车调度系统应用效果预测;露天矿卡车实时优化调度及安全保障预警系统软件开发;研究结论与展望。

本书适用于矿业工程、控制工程、安全工程、系统工程、管理工程等专业的研究生学习使用,也可以作为从事系统决策与预测、安全保障与预警研究的相关领域科研和工程技术人员的参考书。

前 言

卡车自动化实时调度系统是汽车运输露天矿达到世界先进水平的关键技术之一。随着信息技术、智能技术的飞速发展,数字矿山的逐步建立,卡车自动化实时调度系统已在国外 100 多座汽车运输露天矿得到了成功应用,并取得了显著的经济效益。在我国,近十年来随着计算机技术、卫星定位技术、无线通讯技术、信息技术的飞速发展,已经由理论研究迅速地进入到实际开发应用阶段。卡车自动化实时调度系统的应用效果主要取决于拥有先进调度决策算法的软件系统支持,而现有调度模型所采用的调度准则、派车逻辑算法、计算参数的选取和预测等方面需进一步完善,同时加强行车安全保障预警系统和露天矿卡车调度系统应用效果预测方法的研究,对促进我国露天矿卡车自动化实时调度系统的推广应用具有重要意义。

本书根据露天矿调度工作的任务、目标及露天矿卡车自动化实时调度决策及行车安全保障预警系统功能的需求,结合电铲—卡车工艺系统的特点,分析总结了现有计算机卡车调度系统的研究和应用情况,详细设计分析了系统的功能结构和软硬件方案,主要深入研究了生产工艺系统运输网络生成与更新,运输路径优化,优化调度目标,货流规划和调度准则,优化调度数学模型,优化计算参数的选取和预测,行车安全保障预警,卡车调度系统应用效果预测等方面的理论和关键技术。

为适应当前与时俱进的安全生产和管理的新形势,本书完成了卡车自动化实时调度系统总体设计方案、优化调度理论和一系列优化调度数学模型的建立,以及卡车调度系统应用效果预测研究,进行了行车事故隐患分析,基于卡车调度系统的安全管理控制模式的理论研究,设计了嵌入式安全保障预警系统,并将各部分进行细化和扩充,形成了初步完整的卡车实时调度及安全保障预警系统,同时进行了软件实现平台设计。最终该系统阐述了卡车实时调度及安全保障预警理论与方法。本书是作者从事科研积累的成果,主要研究成果如下:

(1) 分析设计了系统的功能结构和软硬件方案,建立了一系列实现卡车实时调度及安全保障预警的优化模型。

(2) 针对现有调度模型在派车逻辑算法上存在的不足,提出了基于产量偏差极小化和电铲、卡车等待时间,卡车运行时间极小化准则的实时优化调度模型,进一步完善了卡车实时优化调度决策的优化算法。

(3) 在详细分析影响卡车路段行程时间诸因素基础上,利用神经网络理论建立了卡车路段行程时间的实时动态预测模型,并进一步使用模糊神经网络建模验证预测模型的精确性,克服了在卡车实时优化调度决策计算中,取用统计平均值存在的弊端,从而提高了调度决策的准确性、实时性和可靠性。

(4) 通过卡车运输系统安全管理控制模式、行车事故隐患分析,提出“事故发现型”安全管理控制模式,研究安全保障预警系统嵌入露天矿卡车实时优化调度系统,扩充了卡车实时调度系统功能,应用安全系统工程、控制论、信息论的理论和方法,将被动型安全管理模式变成超前主动型的安全管理模式。

(5) 提出的“同一班次标定—回放—模拟对比法”,不仅能科学地预测卡车优化调度系统应用效果,而且所建立的露天矿生产系统模拟模型,对于主要由电铲移动、新排土场启用、电铲优先方案、线路系统发生变化和可用卡车变化等因素引起的相关效应及对生产的影响迅速作出预测和评价,从而为露天矿生产技术决策提供可靠的依据,具有较高的实用价值。

(6) 采用功能强大的 Visual C++ 的可视化和 MATLAB 的数学计算的各自优势,进行软件实现平台设计。

本书得到了辽宁工程技术大学出版基金资助。研究成果主要来源于辽宁省教育厅科技基金资助项目“露天矿卡车自动化实时调度决策支持系统(20082116)”。

本书在编著过程中得到了有关领导和同行专家的大力支持和帮助,矿山企业也给予了大力协助,在此一并表示衷心的感谢!

由于我们的学识和水平有限,研究还不够深入,加之书稿撰写时间仓促,难免存在疏漏之处,敬请读者不吝赐教与指正。

作 者

2005 年 4 月

于辽宁工程技术大学

目 录

1 绪 论	1
1.1 引言	1
1.2 计算机控制卡车调度系统研究和应用情况	3
1.3 本书研究的主要内容和目标	8
2 露天矿卡车实时优化调度及安全保障预警系统的组成	10
2.1 系统功能需求分析	10
2.2 系统基本构成	11
2.3 系统软硬件方案及工作原理	12
2.3.1 系统硬件构成方案	19
2.3.2 系统软件构成方案	20
2.3.2.1 软件系统基本需求分析	20
2.3.2.2 系统数据采集及实时处理	20
2.3.2.3 调度中心分布式网络数据库	23
2.3.2.4 调度中心软件及系统软件构成	24
3 生产计划辅助系统	26
3.1 运输道路网络系统模型的建立	27
3.1.1 运输道路网络的组成和描述	27
3.1.2 运输道路基本网络的生成	28
3.1.3 初始道路网络数据的形成与分析处理	30
3.1.4 道路网络的实时更新	30
3.2 最优行车路径的优化计算	31
3.3 货流规划模型研究	33
3.3.1 货流规划的目标分析	33
3.3.2 货流规划模型	36
4 露天矿卡车实时优化调度决策方法的研究	39
4.1 优化调度准则综述	39
4.2 实时优化调度算法研究	42

4.3 卡车实时调度动态规划模型的建立	45
4.3.1 调度算法所遵循的原则	45
4.3.2 当前贫铲线路的确定	46
4.3.3 电铲所需卡车数的确定	47
4.3.4 可分配卡车数的确定	47
4.3.5 卡车分配原则	48
4.3.6 卡车优化调度模型	48
4.3.7 卡车优化调度的遗传算法	50
4.4 实时调度的分类及其调度方法	53
5 卡车路段行程时间的实时动态预测	57
5.1 概述	57
5.2 卡车路段行程时间样本数据采集	58
5.3 卡车行程时间人工神经网络预测模型的应用	60
5.3.1 卡车行程时间预测的人工神经网络模型结构	60
5.3.2 神经网络预测模型的训练	62
5.3.3 神经网络预测模型应用实例仿真	63
5.3.4 神经网络预测模型的优势分析	66
5.4 卡车行程时间模糊神经网络预测模型的应用	67
5.4.1 建立预测模型的理论基础	67
5.4.2 ANFIS 网络建模与预测	69
5.4.3 ANFIS 预测模型应用实例仿真	72
5.4.4 模糊神经网络预测模型的优缺点分析	76
6 行车安全保障预警系统	77
6.1 概述	77
6.2 露天矿运输系统存在的隐患	81
6.3 行车安全保障子系统	82
6.3.1 行车安全保障子系统的组成	82
6.3.1.1 四要素基本保障	83
6.3.1.2 设备的技术经济性管理保障	86
6.3.1.3 实时监测与数据采集	87
6.3.1.4 安全保障信息系统	87
6.3.1.5 智能故障诊断专家系统	87
6.3.1.6 应急救援系统	88
6.3.2 行车安全保障子系统及实例分析	88

6.4 行车安全预警子系统	90
6.4.1 行车安全预警系统的运作模式	90
6.4.2 行车安全预警系统的组成	91
6.4.2.1 安全信息处理子系统	91
6.4.2.2 安全监测子系统	91
6.4.2.3 安全信息预警子系统	92
6.4.2.4 系统安全管理控制决策支持子系统	92
6.4.3 安全事故预防控制技术及其优缺点分析	93
6.4.4 行车安全预警系统实例分析评价	95
6.4.4.1 建立数学模型进行计算	96
6.4.4.2 模糊综合评判步骤框图	100
6.4.4.3 模糊综合评判法的应用	100
7 露天矿卡车调度系统应用效果预测	103
7.1 概述	103
7.2 系统预测基本原理及方法	103
7.2.1 系统标定及标定数据统计分析	104
7.2.2 系统模拟模型	106
7.3 应用实例	111
7.3.1 系统选取	111
7.3.2 系统标定数据统计结果及分析	113
7.3.3 标定系统的回放和模拟分析	123
8 露天矿卡车实时优化调度及安全保障预警系统软件开发	127
8.1 Matlab 和 VC 联合编程的实现方法	127
8.1.1 mcc 命令使用	128
8.1.2 Matlab 和 VC 联合编程的优点	130
8.2 面向对象程序的系统开发	130
9 结 论	134
参考文献	137



绪 论

1.1 引 言

露天矿是一个以采掘为中心,以运输为纽带的大型生产系统。生产计划指标和任务的完成,生产过程的组织、实施是通过采运设备,尤其是对运输设备的实时调配来进行的。车流调配是否合理,将直接影响着露天矿整个生产系统的生产效率和经济效益。人工调度由于不易实时掌握采、运设备的位置、状态,以及工程发展和排卸点的生产情况,在生产指挥调度中盲目性较大,往往造成卡车赶堆,增加了电铲、卡车的非工作时间和卡车的空车行程,并难以实时监控设备运行、矿石质量和实时预警控制,不利于设备效率发挥,不便于生产管理,同时难以控制卡车安全运行,最终制约着露天矿经济效益的提高。采用大型卡车运输的露天矿山,其运输费用占整个露天矿生产费用的60%以上,而且随着开采深度的不断增大,这部分费用也在不断增加。为此,许多从事露天采矿的生产者和研究人员一直在探究影响运输费用的因素,并寻求解决的对策。研究结果表明,运输卡车台班作业时间只占70%,非生产时间占30%。因此,得出结论,露天矿生产的高效率很大程度上取决于采、运设备的高效率,对采矿生产的控制可转变为对采、运设备的控制,卡车优化调度是降低采、运设备非生产时间,提高生产效率,从而降低整个采矿成本的最为行之有效的办法。长期以来,露天矿安全监察部门基本的安全管理模式是事后把关的管理思想。因此,有必要提出建立行车安全保障预警系统。该系统在充分利用现有矿山企业信息资源的基础上,运用现代安全系统工程的理论和方法,对矿山安全监察部门所掌握的数据资料进行加工处理,分析预测露天矿生产运输系统的安全状况、存在隐患与不利因

素,从而在管理决策层次上实现矿山安全监察对矿山安全事故的超前预防与控制。

计算机控制卡车优化调度系统(Computer Controlled Truck Dispatching System)是基于上述条件在20世纪60年代末70年代初提出的,经过许多专家、学者近十几年的理论研究和不断的实践尝试,于80年代初在国外首先实施成功。计算机控制卡车优化调度系统从它的产生到今天,经历了计算机辅助卡车调度系统、有线计算机卡车调度系统、数字通信自动化卡车调度系统、带路边自动测位器的数字通信自动化卡车调度系统,直到今天的全球卫星定位的自动化卡车调度系统等多个发展阶段。它的主要功能就是通过对露天矿主要采、运设备的位置、状态、物料等信息的实时采集和分析处理,实现对采、运设备的实时跟踪,优化调度卡车运行,及时、准确地查询统计当前生产情况,从而起到降低采、运设备的非作业时间和卡车空车行程、准确执行生产计划等作用,以此达到提高设备效率、降低生产费用、提高经济效益之目的。到目前为止,它已在世界上140多座露天矿中得到应用,取得了显著的经济效益,据统计表明可提高生产效率6%~32%,表现出很强的生命力和广阔的应用前景。

计算机控制卡车优化调度系统是现代计算机技术、电子通信技术、全球卫星定位技术、矿山系统工程、优化理论、管理信息系统理论等多项现代高新技术理论相结合的产物,是现代高新技术在采矿工业中的一项成功应用。实践证明,它是提高矿山生产能力,节省投资和生产成本费用,强化矿山管理效率,提高矿山经济效益的一种非常成功的先进技术。

在国内80年代初开始这方面的研究工作,尤其在车流规划,优化调度方法方面针对具体矿山条件做了大量的研究工作。在系统软件和硬件方面也取得了不少成果,同时在个别矿山上得到了初步应用。但从整体上来讲,计算机控制卡车调度系统在我国的实际应用仍处于起步和尝试阶段。国内生产和拟建的大型露天矿几十座,大都采用单斗铲—卡车开采工艺。因此,计算机控制卡车优化调度技术在我国有广阔的应用前景。

国内外应用实践表明,只要能使产量提高3%~5%,就足以证明采用计算机控制卡车优化调度系统是经济合理的,事实上,这种提高的幅度往往达到6%~32%。表1-1是卡车调度系统应用情况统计资料。在我国,计算机控制卡车调度系统虽然尚处于起步阶段,但应用的前景十分广阔,需求十分迫切。目前,在煤炭、冶金、化工、有色金属等的矿山企业都不同程度地开展了该项技术应用的筹划工作。因此,该项技术的实施,必将在提高矿山的经济效益和管理水平,满足矿山对品位控制、产量均衡、设备监控等方

面的多种要求发挥巨大的作用。因此,加强该项技术开发研究和推广应用具有重要的理论意义和实用价值。

表 1-1 卡车调度系统应用情况表

矿 山	位 置	矿山类型	生产能力提高率
巴利克金矿	内华达州	金矿	15%
邦格铁矿	利比里亚	铁矿	10%
布干维尔矿	巴布亚新几内亚	铜矿	13%
奇诺矿山公司	新墨西哥州	铜矿	13%
帝国铁矿	密执安州	铁矿	10%
加拿大铁矿公司	纽芬兰省	铁矿	23%
LTV 钢铁公司	名尼苏达州	铁矿	10%
帕拉博拉	南非	铜矿	7%
昆泰特煤矿	哥伦比亚	煤矿	10%
EL Cerrejon Zona		煤矿	13%
De Beers Jwaneng		金刚石矿	28%
NAMDEB		金刚石矿	32%
德兴铜矿	江西	铜矿	9.3%
伊敏露天矿	内蒙古	煤矿	8%

1.2 计算机控制卡车调度系统研究和应用情况

20 世纪 70 年代末,优化调度系统在国外问世,但只不过是少数不多的几个露天矿做了试验性开发,在技术上处于试验探索阶段。例如,在美国的 Cyprus Pima 铜矿使用了模拟调度盘的方法调度卡车,在南非的 Palabora 铜矿、加拿大魁北克省的 Mt. Wright 矿和保加利亚的 Medet 矿应用了计算机辅助卡车调度系统,此时的卡车调度系统规模小、功能单一,其目标主要在于提高设备利用率,卡车的方位信号多用设在路旁信号采集器采集,信号的传输、调度指令的发送为有线通讯。进入 20 世纪 80 年代初,美国模块采矿系统公司(MMS)将其开发的 DISPATCH 系统在泰龙(Tyrone)露天铜矿首次成功地应用于卡车调度以来,计算机卡车调度的研究和应用进入了

一个全新的发展阶段。系统的信号传输、调度指令发送的有线通讯方式被无线数字通讯方式所取代,系统功能已从单纯用于卡车调度作业发展到调度和多点监控共用,包括卡车加油、轮胎管理、混配矿控制、设备工况及状态监测、重要信符监视等功能,优化调度决策算法也更加完善,从而使调度效果更加明显。特别是进入 20 世纪 90 年代中后期,模块公司在新开发的 DISPATCH 卡车调度系统中采用了全球卫星定位系统,即采用 GPS 监测矿坑内所有设备的运行,从而用卫星定位方式取代了信标定位,使定时、定位速度快,抗干扰性强,定位准确,并使调度、监控更加灵活方便,可实现全天候的实时跟踪,提供完整的移动设备运动轨迹,克服了信标定位只能进行区位跟踪、采集信息量少的缺点,从而为卡车调度决策提供了更充分的信息。在此基础上,对系统功能做了进一步完善和扩充,诸如易耗品跟踪、维修跟踪、故障诊断、生产统计报表等功能,并配有内容丰富的软件系统和先进的调度决策算法支持,使卡车调度系统在信息采集、信息传输、信息处理、优化调度决策、生产系统监控等方面具有较高的智能化水平。

目前,世界上最先进的 DISPATCH 计算机卡车调度系统主要由以下几个部分组成:

(1) 中央计算机系统,负责接发、存储、处理各种数据。

(2) 移动式车载计算机系统,用于采集生产设备运行情况及监控信息,实时将信息传递给中央计算机和设备操作人员。

(3) 无线数据网络通讯系统,在中央计算机及车载计算机之间提供可靠的无线数据通讯。

(4) GPS 定位系统,跟踪卡车、电铲及辅助设备的实时位置和速度,通过无线数据网络通讯系统送至中央计算机。

(5) 软件系统,进行采矿管理、控制、优化调度决策和生产数据管理。

DISPATCH 的调度决策理论的核心由三个部分构成:为适应矿山配置形态变化的最佳路线子系统(BP);为适应矿山相关变量变化的线性规划子系统(LP)和为实现实时调配的动态规划子系统(DP)。

最佳路线子系统(BP)能算出矿山道路网中所有两点间的最短路线;线性规划子系统(LP)根据 BP 的优化路线算出运行时间,并根据当前的矿坑配置形态有关信息,得出对应于各条路线最小运量要求的最佳路线流量;而动态规划子系统(DP)根据最佳路线流量,按当前运行时间和距离生成一个最佳卡车调配表和一个路线调配表,每当卡车司机请求任务时,DISPATCH 系统将最佳卡车与最需车的电铲相匹配。

DISPATCH 计算机卡车调度系统的主要工作原理为, GPS 定位系统实

时跟踪设备位置,车载计算机实时采集相应的信息,通过无线数据传输送至中央计算机,计算机经过监测分析、优化程序处理,实时动态地向有关设备、人员发送信息和各种调度指令,以控制整个生产系统处于优化和高效的运行中。

随着卡车调度系统技术装备水平的提高,功能的不断完善,价格的不断下降,应用效果的明显提高,应用范围不断扩大,已由 20 世纪 80 年代的 30 多个露天矿采用计算机卡车调度系统,直至目前,在世界范围的露天铜矿、铁矿、金矿和煤矿等 140 多座露天矿得到了应用。目前,计算机卡车调度系统正朝着基于全球卫星定位技术的高智能化方向发展。

计算机卡车调度技术在我国起步较晚,在 20 世纪 80 年代,限于国内计算机技术、通讯技术、采运设备信息采集技术等发展水平,以及资金短缺的困扰,在短期内开发或完全引进自动化程度较高的调度系统有很大困难。许多有识之士便首先从理论研究上入手来探讨这一问题,在优化调度方法、车流规划、运输系统的模拟等方面进行了较为深入的研究,提出了最小饱和度方法、最小比值方差方法、综合调度方法等一系列优化调度准则与算法,因而为 20 世纪 90 年代的应用研究奠定了基础。

在进行理论研究的同时,国内也积极开发实用的调度系统,1990 年由本钢南芬铁矿、马鞍山矿山研究院、东北工学院等单位组成的联合攻关组开发了南芬露天矿生产调度计算机辅助系统。1994 年,霍林河矿务局与煤科总院西安分院、中国矿业大学合作,开发完成计算机控制自动化卡车调度系统。江西德兴铜矿 DISPATCH 系统 1998 年 7 月投入使用,是国内第一家引进模块公司 DISPATCH 计算机卡车调度系统,能提高设备效率 9.3% 以上,并能相应减少设备事故,大幅度提高露天矿管理水平,系统的综合效益是很显著的,两年收回全部投资。由煤科总院抚顺分院和中国运载火箭研究院北京卫星技术导航有限公司联合开发研制的露天矿卡车电铲优化调度系统,于 1997 年底在伊敏华能东电煤电有限公司 1* 露天矿投入运行,经使用证明:该系统抗严寒、抗震动、抗干扰能力强,定位精度高,计量准确,调度优化合理,使用方便,运行稳定可靠,达到了提高设备利用率、降低生产成本、减员增效的目的。其中减少计量人员 20 名,提高效率 8%,表明我国自行研制的露天矿卡车优化调度系统已经投入运行。1989 年,由抚顺西露天矿首次在露天矿企业中提出较为著名的“三化五结合”安全管理模式,建立了安全管理信息系统,有效推动了矿山安全管理工作的发

综上所述,卡车优化调度系统是露天矿提高设备效率、节省投资、降低成本、提高矿山管理水平的有效手段,其应用效果主要体现在如下几个方

面:

(1) 为高效安全生产管理, 通过优化调度车队运行, 减少电铲、卡车的非作业时间, 缩短卡车空车行程, 提高作业效率。

(2) 便于监控设备的运行和维修管理, 对意外事件实时监控和实时救援, 降低事故发生, 提高设备出动率, 保障了卡车安全运行。

(3) 有利于矿石品位中和与搭配, 提高矿山经济效益。

(4) 提高了生产报表统计的速度和精度。

(5) 通过对设备的作业过程的跟踪监测, 提高了矿山企业的安全管理效率和技术水平。

卡车优化调度系统是汽车运输露天矿达到世界先进水平的关键技术之一。当今, 计算机技术、卫星定位技术、无线通讯技术、信息采集技术得到了飞速发展, 为卡车优化调度系统的实施提供了成熟的硬件系统的技术支持。其调度效果如何, 主要取决于进行优化调度决策的软件系统, 特别是具体的优化调度准则和优化算法, 以及在优化计算中涉及到的有关参数的选取和预测。另外, 关于露天矿行车安全保障预警系统和卡车调度系统应用效果预测, 也是目前露天矿山企业最为关心的核心问题。在分析总结已有研究成果及其应用情况的基础上, 就这些方面存在的问题和不足说明如下:

(1) 优化调度准则

按照现有的优化调度准则所追求的目标不同, 将它们分为两类: 第一类调度准则是以提高铲、车效率为主要目标来考虑当前卡车派往哪的问题, 但往某台电铲派去的总量它不能顾及, 其结果必然与生产计划脱节, 显然不能被应用于实时调度中; 第二类准则是以尽可能实现货流规划结果为主要目标, 通过路径优化、货流规划对班生产计划进行了细化, 明确了货流量及去向, 并以此为基础通过一个动态规划模型调派卡车运行, 以尽量实现货流规划的结果。但在向需车电铲选派最合适卡车的逻辑算法上不能实现电铲、卡车等待时间和卡车空车行程时间极小化, 所以, 还不能充分提高铲、车作业效率。

(2) 优化计算参数的选取和预测

在进行优化调度决策计算时, 所采用的路径优化、货流规划模型及实时优化调度模型中所用系数参数基本上为费用参数、距离参数和时间参数, 其中费用参数并不是基础的参数, 该参数往往是历史资料统计的均值, 不但获取的难度大, 而且偏差也大, 更不能从卡车调度系统的采集数据中直接提取到, 实时性差, 所以费用参数难以适应矿山生产条件多变和充分发挥计算机卡车调度系统的优点; 而距离参数虽然容易得到, 但由于路面类型和质量的

不同,卡车的运行速度差异较大,虽然距离相同,但运行时间有很大差别,就不便于预测卡车的调配效果。卡车优化调度主要体现在缩短卡车运行时间,减小非作业时间,从而提高设备效率。因此,调度模型的变量系数应用时间参数描述,且调度系统的 GPS 设备动态跟踪、定位技术和通讯技术为时间参数的实时采集和传输提供了先进手段,从而使优化的调度决策更具实时性。

露天矿卡车实时优化调度是建立在对当前行车条件、设备工况、产量等信息预测和分析判断的基础上的, GPS 设备动态跟踪、定位技术、工况监测技术和现代通讯技术的应用,对任何时候设备的位置、状态等信息已能做到准确的实时采集和可靠的传输,有关信息的处理和调度决策的计算速度远远满足实时调度要求。但作为进行卡车实时优化调度决策计算的一个重要参数,即时间参数(卡车路段行程时间、装车时间、卸车时间)的取值,目前仍取用统计意义下的平均值。根据统计规律预测的时间参数如作为系统的一般性模拟分析,能评价出系统运行的一些规律性结论,但在进行卡车实时优化调度决策计算中,仍取用统计意义下的平均值,缺乏实时性,降低了调度决策的可靠性和优化调度效果。所以,时间参数的实时动态预测需进一步分析研究。

(3) 安全管理控制模式

现有的安全管理控制模式归纳为一般安全管理控制模式和“事故出发型”安全管理控制模式。它们都为反馈式控制模式,但前者的安全管理主要靠经验和主观判断,缺乏科学的、客观的依据;后者如典型的“三化五结合”模式虽增加了安全信息库中间环节,为事故的调查、评价提供了客观的依据,但它并不能够对事故做到事先预测分析,实时预警。所以,安全管理控制模式需作深入研究。

(4) 嵌入式行车安全保障预警系统

以卡车运输为主的露天矿,卡车的运输密度日益增大,运输生产系统的复杂度和风险度日益提高,安全生产已成为直接影响企业煤炭产量和经济效益的主导因素,事后把关的基本安全管理模式已不能适应当前的发展速度。“三化五结合”安全管理模式虽提出了行车超前防范措施,但并未提到实时预警,而运输车辆事故占总事故率的比例近 70%~75%,因此,需要研究建立超前安全管理模式的行车安全保障预警系统。且 GPS 卡车调度系统为行车安全保障预警系统的研究实施创造了网络信息服务平台、部分硬件环境及信息采集技术。

(5) 露天矿卡车调度系统应用效果预测

露天矿使用卡车优化调度系统,经统计证明提高生产效率6%~32%,经济效益和社会效益显著。但这些矿山提高的生产效率均是通过统计对比得出的,这里面既包含使用卡车调度系统的技术因素,也包含加强管理(包括应用优化调度系统后促进管理)的因素,但卡车调度系统的技术因素在其中究竟占多大的比例却很难说清楚。目前,国内外在此方面的研究几乎没有。因此,加强露天矿卡车调度系统应用效果预测研究,对促进国内露天矿卡车优化调度系统推广应用具有重要意义。

1.3 本书研究的主要内容和目标

露天矿卡车实时优化调度及安全保障预警系统是一项涉及多学科的系统工程。系统通过实时采集卡车、电铲的运行信息,对其运行状态进行分析,采用适用的优化调度模型作出调度指令调度车队合理运行。系统在研究过程中主要涉及了矿山系统工程技术、计算机控制技术、卫星定位技术、无线通讯技术、优化理论、管理信息系统理论等多项现代技术理论。在上述对计算机卡车调度系统研究和应用情况分析总结的基础上,本书研究的主要内容和目标如下:

(1) 计算机控制卡车实时调度及安全保障预警系统功能需求的分析。

(2) 计算机控制卡车实时调度及安全保障预警系统的功能结构方案详细分析设计。

(3) 计算机控制卡车实时优化调度的理论和关键技术研究,包括生产工艺系统运输网络生成与更新,运输路径优化,货流规划,优化调度目标和调度准则的分析确定,矿石质量控制,优化调度数学模型,以及调度模型的分析评价等,提出基于产量偏差极小化和电铲、卡车等待时间,卡车运行时间极小化准则的实时优化调度模型。

(4) 在详细分析影响卡车路段行程时间诸因素基础上,利用人工神经网络和模糊神经网络理论分别建立卡车路段行程时间的实时动态预测模型,并进行预测效果比较,以满足实时调度中决策计算的要求。

(5) 通过卡车运输系统安全管理控制模式,行车事故隐患分析,提出“事故发现型”安全管理控制模式,设计的安全保障预警系统从技术性和经济性的角度,对设备购买进行技术性核算、经济性对比选择,进行实例分析;利用模糊综合评判法进行安全评价,为其他安全管理和优化管理提供了新的预警手段。

(6) 利用已建立的卡车优化调度模拟模型,采用“同一班次标定一回