

# 基于 3D Mine GPS 智能调度系统的采矿动态化管理

侯彦君, 宋自平, 翟翔超

(中国水利水电第十工程局有限公司, 四川 成都 610072)

**摘要:**采用 3D Mine 软件进行矿区采矿、矿石入堆、排土等的设计并进行采剥生产进度计划的编制,形成矿区空间和时间的基础数据,得到空间和时间约束条件,并将其导入到 GPS 智能调度系统数据库中,结合系统自身运行统计的生产调度数据、设备维修数据、爆区管理数据等形成矿区大数据,得到矿区动态化智能调度所需的综合数据地图;GPS 智能调度系统利用其具有的精确定位功能和智能调度功能,可以实现对不同物料的坐标、标高进行精确定位以及对采运排设备的智能调度,实现对矿山采剥生产的全方位数字化和动态化管理。

**关键词:**GPS 智能调度系统;3D Mine 软件;结合方式;大数据;数字化和动态化管理

**中图分类号:**TD82;TD85;TD824

**文献标识码:** B

**文章编号:**1001-2184(2019)04-0118-04

## Mining Dynamic Management of GPS Intelligent Scheduling System Based on 3D Mine Software

HOU Yanjun, SONG Ziping, ZHAI Xiangchao

(Sinohydro Bureau 10 Co., LTD, Chengdu, Sichuan, 610072)

**Abstract:** By adopting 3D Mine software to design of mining, ore piling and dumping, and to compile production schedule of mining and stripping, the basic data of space and time of mining area are formed, the space and time constraints are obtained, which are imported into the database of GPS intelligent scheduling system. Combining with the production scheduling data of system's own execution statistics, equipment maintenance data and explosion area management data to form the big data of mining area, and the comprehensive data map for dynamic intelligent scheduling of mining area is obtained. The GPS intelligent scheduling system can precisely locate the coordinates and elevations of different materials and intelligently dispatch mining and transportation equipment by using its precise positioning function and intelligent scheduling function, which realizes all-round digital and dynamic management of mining and stripping.

**Key words:** GPS intelligent scheduling system; 3D Mine software; combination method; big data; digital and dynamic management

### 1 概 述

缅甸莱比塘铜矿项目露天矿坑巨大,占地面积达 3.3 km<sup>2</sup>,垂直采掘深度大,最深达 660 m 且为深凹型矿坑,凹坑深度约达 420 m(截止 2018 年底,采场凹坑已深达 135 m)。莱比塘铜矿生产期设计年采剥总量为 69 000 kt(约合 2 760 万 m<sup>3</sup>),其中年采矿石量 30 350 kt,矿石处理能力为 92 kt/d。截止到 2018 年底,该采剥工程已配置大型牙轮钻机 10 台,大型液压挖掘机 14 台,大型推土机 14 台,大型矿用自卸卡车 89 台等总计 127 台(套)大型采剥设备,加上各类生产辅助设备,采剥工程的设备已达到两百多台(套)。矿山

采剥生产开采量大,施工强度高,所配置的设备多,采掘排作业面多,施工组织复杂。

为满足大规模采剥生产需要,项目部在 2016 年底引进了由生产调度系统、爆区管理系统、报警处理系统、设备维修系统和报表管理系统等模块组成的 GPS 智能调度系统进行包括穿孔爆破及采运排设备生产调度、设备维修管理、矿石废石管理等矿山采剥生产的综合调度管理工作<sup>[1,2]</sup>。项目部在生产施工过程中主要采用 3D Mine 软件进行采矿生产设计并辅助进行采剥生产计划编制。

笔者介绍了将 GPS 智能调度系统与 3D Mine 软件进行有机结合,以实现矿山生产的数

收稿日期:2019-06-19

字化和动态化管理,提高管理技术水平的过程。

## 2 GPS 智能调度系统与 3D Mine 软件的结合方式

进行矿山采剥生产计划安排时,在给定的一个时段内有多个符合时空发展基本要求的开采段,根据资金的时间价值理论,可以利用 3D Mine 软件进行合理的设计,选择该时段内最优的开采段以获得最大的经济效益<sup>[3]</sup>。3D Mine 软件不但可以进行露天开采境界的设计和优化,还可以在采剥生产中进行采场的采剥台阶、采剥条带、爆区设计、堆浸场的筑堆条带设计、排土场的排土台阶及废石分类分区排放设计等,可以根据设计采集采场、堆浸场、排土场等的设计坐标值和标高值等空间基础数据并赋予其不同的物料属性以形成完整的基础数据库。

采用 3D Mine 软件进行采矿设计、矿石筑堆

设计、排土设计和采剥生产进度计划编制<sup>[4]</sup>,形成矿区空间和时间的的基础数据,得到空间和时间的约束条件,并将这些基础数据和约束条件输入到 GPS 智能调度系统的数据库中,为采用 GPS 智能调度系统实现对整个矿山进行动态化调度管理做好完备的数据准备;GPS 智能调度系统根据 3D Mine 软件提供的基础数据,结合系统自身运行统计的生产调度数据、设备维修数据、爆区管理数据等形成矿区大数据库,得到动态化智能调度所需的综合数据地图,GPS 智能调度系统利用其具备的精确定位功能和智能调度功能,可以实现对采运排设备及不同物料的坐标、标高进行精确定位和智能调度,进而实现对矿山采剥生产的动态化管理。

GPS 智能调度系统结合 3D Mine 软件进行矿山生产动态化调度管理的流程见图 1。

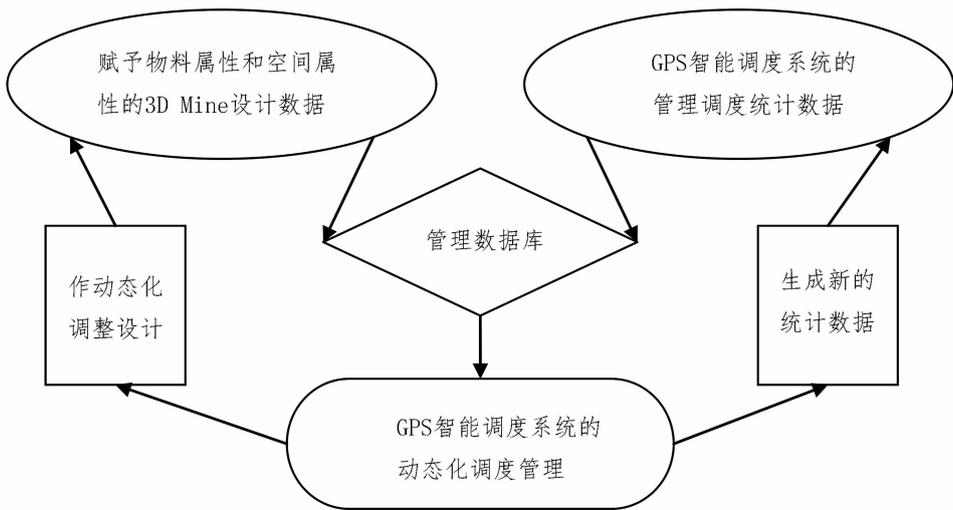


图 1 GPS 智能调度系统结合 3D Mine 软件动态化管理流程图

## 3 矿山采剥生产的动态化管理

### 3.1 采剥生产计划的动态化管理

3D Mine 三维数字矿山软件是一套重点服务于矿山地质、测量、采矿与技术管理工作的三维软件系统,充分采用世界上先进的三维可视化技术、三维表面建模技术、三维实体建模技术、地质统计学方法、数字采矿设计方法、网络计算与优化技术、工程制图技术并以其为基础,全面实现了从矿床地质建模、储量估算、测量数据的快速成图、开采系统与开采单体设计、爆破设计到各种工程图表的快速生成等工作的可视化、数字化与智能化,

为露天矿山三维可视化计划的编制实现提供了可靠的技术支撑。

露天矿山采剥进度计划编制技术依托 3D Mine 三维数字矿山软件<sup>[5]</sup>,在完成矿山三维地质建模和精确采剥设计的基础上,以露天矿山采剥生产工序、采剥设备的数量和工作效率、作业场地、排土场地、堆筑场地及时空发展等为约束条件,综合运用现代数学理论、逻辑学、工程管理学、优化方法等理论和方法,根据输入的数据进行计划编制模拟和优化,最终选择适合于矿山不同时段采剥生产的最优的计划编制结果。

实际的采剥生产进度计划的执行情况很难完全按照 3D Mine 软件模拟的进度进行,因此,在生产进度计划的执行过程中,就不可避免地存在实时动态调整的过程。在进度计划的执行周期内,生产管理者可以根据 GPS 智能调度系统中记录的已执行部分的每一项工程的实际完成情况和最新的设备效率及劳动力工效参数进行生产计划的动态调整和管理。

### 3.2 采剥现场生产的动态化管理

采剥现场生产的动态化管理是以 3D Mine 软件采矿设计模块编制的进度计划确定的采剥顺序为依据,采用 GPS 智能调度系统进行采剥设备调度管理而实现的。因为液压挖掘机担负着整个采剥任务,但其移动较困难,转移速度慢,故现场采剥生产动态化管理的核心是以挖掘机为中心来进行生产调度管理的。

各台阶爆区的设计应提前进行,爆区设计应利于挖掘机避炮,避免挖掘机长距离行走,其爆破余量应保证挖掘机一周以上的采剥量,短期余量最少不能少于三天的采剥量。爆破余量的动态化管理采用 GPS 智能调度系统的爆区管理模块实现。每个台阶的各爆区编号、爆破方量、物料类别、物料方量、矿石品位、爆区多边形边界坐标等数据均被输入到爆区管理模块,计入爆破余量值。GPS 生产调度模块根据生产计划调度挖掘机到已爆破并完成数据上传的爆区进行采剥生产,并根据挖掘机每天的产量调整和修正爆破余量值。爆破余量的统计方法具体为:根据前一天各台阶的爆破余量、当天的各台阶挖掘机产量、当天的各台阶爆区爆破方量计算出各台阶当天末的采剥余量,并将其作为次日各台阶的爆破余量,如此周而复始,动态控制各台阶的爆破余量。

GPS 智能调度系统的爆区管理系统是根据生产进度计划通过爆区创建的,将爆区穿孔及爆破作业控制、矿岩圈定作业及矿石圈定数据上传到爆区管理系统,得到矿岩爆破总方量及各种物料的爆破方量、矿石品位等并自动计算出金属矿量,实现对穿孔爆破量的动态化控制。

生产管理及调度人员根据爆区管理系统录入的爆区和爆破方量数据,通过生产调度系统调度挖掘机和自卸汽车进行采装运生产,为每台挖掘

机分派适当的采装任务,通过爆区管理系统识别不同的物料类型和物料边界并按要求进行分类开采,调度自卸汽车将不同物料运输到其相应的卸料点卸载,完成物料的采剥生产并自动记录自卸汽车的运输线路和每班车数,实现对产量和运距的动态化控制。

生产管理人员在对一定时段内采剥的不同物料统计方量进行分析时,如发现与计划有偏差,可调整现场生产设备安排、调整采剥顺序、调整自卸汽车卸料点或采取增加工作时间等措施实现对生产的物料方量动态化调控,达到满足生产计划要求的目的。

### 3.3 采剥生产质量的动态化管理

GPS 智能调度系统结合 3D Mine 软件进行采剥生产质量动态化控制的作用主要是为了矿石分类开采并控制矿石的采矿贫化损失率。

矿石的采矿贫化损失率主要发生在矿岩交界地带,在工程实践中主要表现为半层见矿爆区和矿岩复杂交错爆区,做好这两种爆区的管理就能有效地控制矿石的采矿贫化损失率。采用 3D Mine 软件进行爆区设计时,将赋予了物料属性的设计数据导入到 GPS 智能调度系统中,利用其爆区管理模块,实现对每个爆区从设计,布孔,钻孔,爆破,分类采装全过程的动态化管理。

爆区的创建:根据生产进度计划的采剥条带计划在 3D Mine 的中深孔爆破设计模块中完成爆区设计,生成“钻孔布置图”,并将其上传到 GPS 智能调度系统的爆区管理模块中完成爆区的创建,并同时下发到钻机的生产调度终端。每个爆区从创建到完成采剥的全过程在 GPS 智能调度系统中的编号均是唯一的,其命名规则为台阶+爆区,如 L15-2071 即表示 15 m 标高台阶的第 2071 号爆区。爆区创建时导入爆区的标高、边界多边形及边界坐标,炮孔坐标等参数。

穿孔作业:GPS 智能调度系统具备精确定位和定标高功能,可利用爆区管理模块自动布孔并自动控制钻孔深度。钻机进入爆区后,可在爆区管理模块的自动布孔功能指引下完成每个炮孔的精确定位和孔深控制,超标时自动报警。同时,爆区管理模块可根据钻孔速率自动判断岩性和岩石硬度,为确定矿岩性质变化标高提供参考。

取样和矿石圈定:地质人员在现场提取钻孔岩粉样品进行试验,确定矿岩边界和矿石品位,在挖掘机到新爆区采装作业前在 3D Mine 软件中完成矿石圈定工作并将爆区矿石多边形导入到 GPS 智能调度系统爆区管理模块的对应编号爆区内,信息包括爆破总方量、物料类别、矿量、品位、子区域、边界坐标等。GPS 智能调度系统采用不同颜色标记不同物料类型并自动生成物料调度地图。

物料的装卸:各个爆区各种物料的正确装卸是控制矿石采矿贫化损失率指标最重要的方法。每个爆区的爆破物料类型及圈定工程量录入智能调度系统后,挖掘机操作手可通过智能调度系统机载终端显示屏读取挖掘机位置和铲装物料类型,铲装完成后根据该图信息向卡车司机发送物料类型指令,智能调度系统通过信息处理正确调度该矿用卡车的卸料地点,并向该卡车发出运输路线及卸料点指令,该车按照既定路线将物料运输至指定地点进行卸料,完成一车物料的装卸循环。智能调度系统自动记录每个爆区物料采剥完成量并自动与该爆区圈定的工程量进行对比,以报表的方式提供相关生产数据,在该爆区采剥完成后,通过两者工程量的对比进行分析,最后与测量收方数据进行平差处理。

### 3.4 矿山 HSE 的动态化管理

GPS 智能调度系统结合 3D Mine 软件进行矿山 HSE(健康、安全、环境管理体系)的动态化管理主要为了废石分类排放的管理。

为了保证铜金属矿山具有的重金属污染和酸性污染的废石不外泄,避免造成周边环境污染,项目部采用 3D Mine 软件进行排土场的分区域排放设计并将其分层标高及分区轮廓线坐标数据导入到 GPS 智能调度系统中。

地质人员在爆区矿石圈定作业时,现场提取钻孔岩粉样品进行试验,确定了不同废石分区多边形边界,在挖掘机到新爆区采装作业前,在 3D Mine 软件中完成爆区内的不同废石分区多边形圈定并将其导入 GPS 智能调度系统内,信息包括爆区爆破的总方量、废石不同物料类别、各类物料方量、各物料子区域、边界坐标等。

将每个爆区的爆破物料类型及圈定的工程量

录入到智能调度系统后,挖掘机操作手可以通过智能调度系统机载终端显示屏读取挖掘机位置和铲装物料类型,铲装完成后,可以根据物料分布图指示信息向卡车司机发送物料类型指令,同时,智能调度系统通过信息处理,可以正确调度矿用卡车的卸料地点并向卡车发出运输路线及卸料点指令,该卡车按照既定路线将物料运输至指定区域进行卸料,完成一车物料的装卸循环。卡车运输废石偏离运输线路或卸料区域时, GPS 智能调度系统将自动进行报警,提示 GPS 智能调度系统的内业调度及时提醒和调度卡车司机回到正确的物料卸载区域卸载。

## 4 结 语

采用 3D Mine 软件进行矿区采矿、矿石入堆、排土等的设计并进行采剥生产进度计划的编制,形成矿区空间和时间的的基础数据,得到空间和时间的约束条件并将其导入到 GPS 智能调度系统数据库中,结合系统自身运行统计的生产调度数据、设备维修数据、爆区管理数据等形成矿区大数据,得到矿区动态化智能调度所需的综合数据地图, GPS 智能调度系统利用其具有的精确定位功能和智能调度功能,可以实现对不同物料的坐标、标高进行精确定位及对采运排设备的智能调度,实现对矿山采剥生产的全方位数字化和动态化管理。

### 参考文献:

- [1] 李健,侯彦君,刘卓.智能调度系统在缅甸莱比塘铜矿项目的应用与研究[J].四川水力发电,2018,37(3):12-17,23.
- [2] 侯彦君,谢军,宋自平.莱比塘露天铜矿项目采运设备的管理[J].四川水力发电,2018,37(5):5-6,41.
- [3] 苏小明,杨平,李洪豪,陈国贵.露天矿山境界优化方法及研究应用[J].四川水力发电,2016,35(5):1-3.
- [4] 宋小美.基于数字化矿床模型的露天开采规划优化研究[D].昆明理工大学,2014.
- [5] 王建鑫.3D Mine 矿业软件在露天采矿计划中的应用[J].露天采矿技术,2017,33(11):68-71,74.

### 作者简介:

侯彦君(1973-),男,四川巴中人,高级工程师,从事建设工程施工技术与管理工;

宋自平(1979-),男,四川威远人,高级工程师,从事建设工程施工技术与管理工;

翟翔超(1984-),男,湖北洪湖人,工程师,从事水利水电与矿山工程施工技术与管理工。

(责任编辑:李燕辉)