首钢矿山数字采矿建设及思考

孙建珍
（首钢矿业公司）

摘 要 对首钢矿业采矿主体工艺流程数字化建设、实施进程及发展进行了介绍分析，包括数字采矿建设、采矿技术、采矿设备、自动化系统、生产调度系统等；对下一步数字采矿提出了建设性的意见，最终的目标是实现自动化采矿。

关键词 数字矿山 数字采矿 生产调度系统 自动化采矿

Construction and Thoughts of Digital Mining in Shougang

Sun Jianzhen
(*Shougang Mining Co.*)

Abstract In the paper, the digital construction, implementation and development of the main process of mining in Shougang mining are introduced, including digital mining construction, mining technology, mining equipment and automation systems, production scheduling system, etc. The constructive suggestions are referred in furthermore digital mining so as to achieve the final goal of automatic mining.

Keywords Digital mine, Digital mining, Production scheduling system, Automatic mining

自1998年美国副总统戈尔提出了“数字地球”的概念开始，世界各国相继提出了各种愿景，采矿行业也提出了建设数字化矿山，以实现机器自动化采矿、甚至无人采矿为目标。要实现这一目标，就需要对数字矿山、数字采矿以及采矿工艺特点进行全面分析。

1 矿山数字采矿建设

1.1 数字矿山

数字矿山具体来说就是指在矿山范围内以三维坐标为主线，将所有矿山信息构建成1个矿山信息模型，并提供有效、方便和直观的检索手段和显示手段[1]。因此，建设好数字矿山需要数字化、信息化、自动化技术相结合。

1.2 数字采矿

数字采矿是由数字矿山概念延伸而来，主要是以计算机及其网络为手段，使矿山开采对象、开采工具的所有空间和有用属性数据实现数字化存储、传输、表述和深加工，应用于采矿各个生产环节与管理和决策当中，从而达到生产方案优化、管理高效和决策科学化的目的。具体内容为：①建立三维数字地质模型；②虚拟条件下矿山模拟开采技术研究（数字开采）；③采矿生产过程管控一体化（数字开采技术与采矿设备有机结合），最终实现目标：数字采矿技术 + 自动化采矿设备⇨自动化采矿。

1.3 采矿工艺特点

任何一种生产工序流程都没有像采矿行业这样更加贴近“数字地球”的概念，仅仅用代表时、空、量的数字，就可以构建一个反映真实矿山信息的虚拟矿山，同样用数字也可以模拟设备在矿山中的运转过程。反过来，给予一定的指令，就能实现机器自动化采矿，甚至无人采矿的工作目标，即实现数字化、自动化采矿。

但采矿生产工序自动化程度远远不及其他行业，最主要的原因是受客观工作对象、场景所限，采矿工作的对象是矿岩性质不均质的地质体，而且要满足持续稳定生产，采出矿岩的比例要均衡、采出矿石（相当于成品）的质和量也要均衡稳定，具有在不同时间不同地点流动性作业的特点，而且规律性不强，这就造成了采装工序设备一般是单体化的格局。另一方面，采矿各工序独立性强，衔接性差，因此从

孙建珍（1968—），女，高级工程师，064404 河北省迁安市迁西县。

万方数据

整个工艺角度考虑连续性也较差。因此，一直以来，与其他行业相比，采矿生产工序自动化程度较低。

1.4　矿山数字采矿设想

采矿的整体生产过程需要在统一调度指挥下，各工序设备协调配和作业，而其中最关键的作业地点的布置是通过技术工作提供的。因此，实现数字采矿重点需要技术、设备协同工作。数字采矿架构见图1。

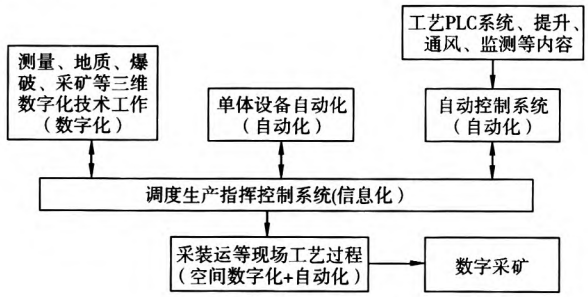

图1　数字采矿架构

2　首钢矿业公司采矿主体工艺流程数字化实施进程

2.1　基于各种三维矿山工程软件完成相应采矿技术

2.1.1　测量工作

（1）完成日常测量工作，形成三维地形模型。完成了孟家沟采场、水厂采场及其排土场周边地形、杏山开拓系统等的数字化工作，形成了三维现状图（图2）和最终境界图（图3）的转换，并能够完成日常的测量验收、监测工作。

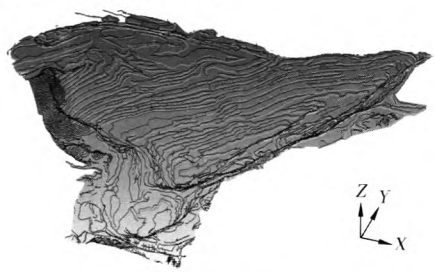

图2　采场现状

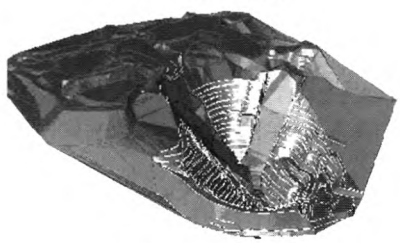

图3　最终境界

（2）塌陷区监测。杏山针对土线、塌陷区进行验收，保证了采场地表模型的及时更新。

通过监测点的件数数据形成监测点位移变化线，真实地反映边坡监测点等速变形阶段、加速变形阶段、减速变形阶段的运移状况（图4）。

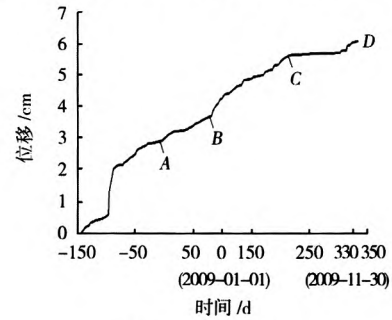

图4　杏山监测

（3）边坡分析。在矿山开采中，边坡是否稳定直接制约、影响着开采的安全和矿山的顺利经营，它是矿山进行边坡维护以及优化开采设计的主要依据。运用Surpac软件可以在任意方位切割地形剖面，根据地下采场开采情况反算出地表塌陷圈位置，可以及时对稳定与不稳定的地带进行划分，为矿山安全生产提供保障。

2.1.2　地质工作

（1）基础工作。结合前期钻孔资料，地质平剖面图，完成创建地质数据库、平面型实体模型（矿石、岩石、极贫矿模型）（图5）、块体赋值等工作，完成相应的矿石储量计算等工作。

图5　杏山地质模型

（2）建立日常爆区数据库。对钻孔资料实体模型的边界线进行修改，对矿体进行日常更新与维护。为采矿计划编制、日常质量管理提供基础资料。

实际生产中每月采用牙轮钻机穿孔数据单独建立爆区数据库（图6），对矿体等实体的真实边界线进行修改和更新，以利于指导日常采矿生产。

万方数据

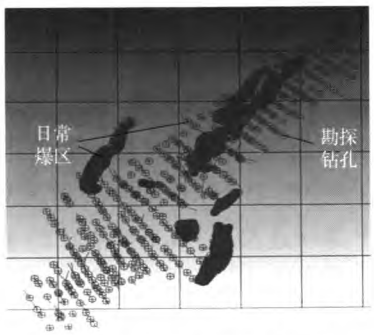

图 6　水厂铁矿爆区数据库

(3)岩体推断模型。随着杏山采矿工程的进展 -330、-378、-428、-480 m 相继出现了巷道塌方问题,地质人员经现场确认为斜长角闪岩。这种岩体层间裂隙非常发育,发育方向很杂乱,没有明显的产状。揭露的岩体较破碎伴随着绿泥石化、绢云母化等现象,且岩体比较软,强度较低。利用开拓工程、系统等揭露的地层信息,结合斜长角闪岩体的发育规律,组织推断并建立了斜长角闪岩实体模型,用于判断主、副井附近斜长角闪岩体的分布,为工程施工提供一定程度的依据。

根据地质勘探钻孔资料分析,预测出在水厂北区下盘 21# ~8#勘探线的边帮将出露泥岩这种极易风化的岩体(图 7),对边坡的稳定性影响极大。目前泥岩边坡大部分还未揭露,但随着采场不断往下扩帮,边坡将陆续揭露出来,针对该类边坡岩体极易风化的特点,一旦揭露,必须同步采取封闭或减缓坡角处理,以确保边坡稳定。通过超前分析,起到预警提示的作用,便于有针对性地开展各项安全防护工作。

图 7　杏山不稳定岩体

2.1.3　露天穿孔爆破工作

(1)爆破设计。采用“露天矿台阶垂直中深孔微差爆破计算机自动设计与模拟系统”。计算机根据 Surpac 软件提供的地形和地质数据库、爆破分区条件及爆破工程要求,在爆破模拟系统中相应确定爆破设计中的各种参数,自动生成完整的爆破设计文件,并将设计结果上传至牙轮钻 GPS 定位穿孔系统。

(2)露天矿牙轮钻机 GPS 自动控制系统露天矿牙轮钻 GPS 定位穿孔系统。露天矿牙轮钻机 GPS 自动控制系统主要利用 GPS 信号实现钻机精确定位,随后直接定位穿孔作业。这个系统钻机对孔精度 88% 小于 10 cm,100% 小于 30 cm。

露天矿牙轮钻机 GPS 自动控制系统使用新技术手段解决了复杂生产过程的自动控制问题,对于提高穿孔作业精度,提高穿孔质量和爆破质量,降低穿孔废孔率和爆破根块率,进而提高铲装作业效率等具有积极的作用,可降低穿爆成本 2% ~4%。同时取消了原来由测量人员进行的钻孔放点、返点的测量验收工作。

通过爆破设计与露天矿牙轮钻机 GPS 自动控制系统有机结合,实现了全天候穿孔爆破工艺技术数字化,做到了计算机爆破设计管理、钻机 GPS 定位穿孔管理、穿爆工艺信息化管理等系统信息的有序循环。

2.1.4　采矿工作

(1)采矿方案设计。根据优化境界的 LG 法工作原理,完成了几个项目的方案设计工作。如孟家沟开采方案研究、水厂铁矿修改设计研究方案、承德招兵沟磷铁矿设计方案、丹东硼铁矿研究方案等。

(2)采掘计划。根据实际编制采掘计划流程,模仿技术人员的工作思维,提供编制计划的思路、实现途径,二次开发了短期计划编制的一些实用功能,如计划信息初始化、按面积生成采掘带、设计采掘带、斜坡道以及报告等等宏命令。

2.2　采矿主体设备部分

(1)目前首钢矿业公司露采主体设备情况:采装设备有 4 m^3 电铲,WK - 10B - 10 m^3 电铲,2300XP - 16.8 m^3 电铲;穿孔设备有 YZ - 55 钻机,45R、250 型钻机,边坡钻;汽车运输有 42、77、85、130、150、170 t 矿车;胶带运输系统有 3 条,均在水厂。

(2) 采矿设备单体发展趋势: 大型化、无轨化、液压化、自动化程度高。设备装备技术特征:装备技术性能成熟、可靠性高。设备装备发展特征:各工序间设备装备配套,机械化程度高。

2.3　自动化系统

露天开采自动化部分主要是采场矿岩破碎—胶

万方数据

带运输过程,实现了 PLC 过程控制。如水厂西部排岩系统(图 8):采用智能数字化集中模拟屏对上述设备的电机电流进行实时检测并报警;对减速机温度、滚筒温度、破碎机油压、破碎机油温等进行实时检测并报警;具备皮带跑偏限位装置、皮带打滑检测装置及皮带撕裂检测装置,对皮带进行全方位监测。

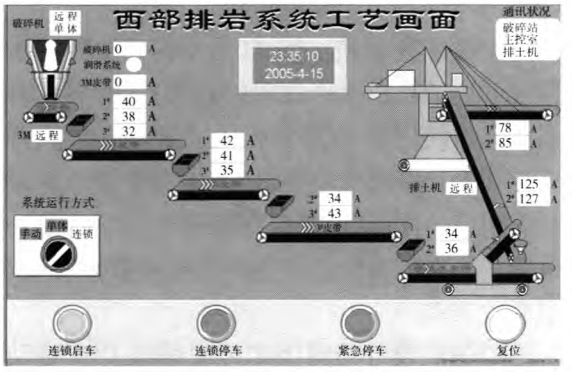

图 8　对排土机进行远程监视和控制

地下开采主要是生产过程控制系统和安全生产保证系统。系统包括井下破碎系统、提升系统、地面干选系统、供配电系统、通风系统、排水系统、井下窄轨运输系统、井下采掘设备自动化、井下人员定位管理系统、斜坡道车辆管理系统、通讯系统等。

2.4　生产调度系统

目前主要是露天方面。水厂铁矿的采矿生产自动调度管理系统运用 GPS 等技术,在 6.5 km^2 的采场空间内,运用计算机对装、运、卸全过程进行控制与管理,实时自动实现铲、车、矿等资源的合理配置(图 9)。该系统的开发应用实现了消耗最低,产量最大化的自动派车目标,矿车综合效率比系统运行前提高 5.96%;电铲待车时间明显减少,电铲的综合效率比运行前提高 2.08%。这个项目列入国家科技部"十五"攻关项目并已经通过了验收。

图 9　矿车终端显示界面

该系统已成功应用于首钢水厂铁矿,水厂铁矿采区作业面长约 3.8 km,宽约 1.7 km。采区共有电铲 10 台、矿车 38 台、破碎站 4 个、其他卸车地点 9 个、道路网络节点数约 40 个,合计需要进行管理和控制的点位为 100 个。采矿生产自动调度管理系统已经与 ERP 系统连接,形成采矿生产的重要数据来源[2]。

3　下一步思考

通过目前现状分析,在数字采矿建设中,建议今后重点研究采矿主体工艺流程,贴近现场实际进行细致的研究,下一步着重从以下几方面开展工作:

(1)加强矿山软件技术方面的研发。目前的国内外矿山工程软件大部分在测量、地质方面比较成熟,也大大提高了工作效率,但在爆破、采矿规划、供配矿方面,软件功能上不尽人意,即使作为一个辅助工具,技术人员完成一项技术方案,也存在较多问题,软件无论是从功能上、还是工作原理上都需要改进、突破。重点是软件开发要遵循采矿技术客观规律,更接近采矿实际工作过程。这是数字采矿也是数字矿山的根基,非常关键。

(2)建立调度、采矿计划间密切联系、互动系统。如研究建立数字化、信息化供配矿应用控制系统,利用 Surpac 等三维数字软件与 GPS 系统、网络平台等链接,交换数据,从计划编制到日、小时生产组织,形成一个完整的动态控制系统,这是建立数字矿山的重点内容之一。

(3)软件与设备直接接口。目前采矿工作专业性的软件较多,这些软件大多是针对一种问题进行分析、研究,很少有将这些分析结果直接与设备接口,完成相应的校正等工作。目前通风软件比较成熟,但将其通风参数结果直接指令给通风设备还没有实现。因此,在确保整个通风系统安全稳定运行的前提下,有必要研究接口软件,实时监测、操作、预警设备的运行,实现软件、设备一体化工作,为井下人员安全作业创造良好的条件。

(4)加强设备自动化研发。自动化技术虽然已经在选矿、球团烧结得到了广泛应用,但是大多数矿山采矿一直没有认识到它的优点和潜在的效益。

目前,仍把注意力放在半自动化和辅助操作控制上,如露天和地下矿钻机的钻头定位、钻进速度、压力和孔深控制等。(下转第 150 页)

万方数据

参 考 文 献

[1] 张　哲. 金属硫化物矿山尾矿生物氧化的抑制研究[D]. 广州:华南理工大学, 2010.

[2] 李艳君,王建英,郑春丽,等. 包钢尾矿坝及周边土壤重金属复合污染特征[J]. 金属矿山,2011(5): 137-140.

[3] 李有志,罗　佳,张灿明,等. 湘潭锰矿区植物资源调查及超富集植物筛选[J]. 生态学,2012(1): 16-22.

[4] 何纪力,徐光炎. 江西省土壤环境背景值研究[M]. 北京:中国环境科学出版社,2006.

[5] 石　平,王恩德,魏忠义,等. 青城子铅锌矿区土壤重金属污染评价[J]. 金属矿山,2010(4):172-175.

[6] Gailey F A,Lloyd O L L. Grass and surface soils as monitors of atmospheric metal pollution in Central Scotland[J]. Water Air & Soil Pollution,1985(1):1-18.

[7] 罗永清,陈银萍,陶　玲,等. 兰州市农田土壤重金属污染评价与研究[J]. 甘肃农业大学学报,2011(1): 98-104.

[8] Zhu H N,Yuan X Z,Zeng G M,et al. Ecological risk assessment of heavy metals in sediments of Xiawan Port based on modified potential ecological risk index[J]. Transactions of Nonferrous Metals Society of China,2012,22(6):1470-1477.

[9] Ying J,Wang H C,Wen Y X. Heavy metal pollution in the surface dust from E-waste disposal place and its ecological risk assessment [J]. Advanced Materials Research,2011,347-353:2360-2364.

(收稿日期　2012-10-30)

(上接第 96 页)

[4] 吴惠玲,赵　伟,李昱廷,等. 高碳石煤优先选煤富集钒新工艺研究[J]. 中国稀土学报:2008,26:530-533.

[5] 毛益林,陈晓青,杨进忠,等. 某钒矿选矿试验研究[J]. 现代矿业,2010(11):91-92.

[6] 米丽平,李永聪. 从碎云母干选尾矿中回收云母的试验研究[J]. 矿产综合利用,2005(2):46-49.

[7] 张　明,蒋蔚华. 安徽滁州绢云母选矿试验研究[J]. 矿产保护与利用,2002(3):20-23.

(收稿日期　2012-11-17)

(上接第 124 页)

与采矿工艺紧密结合,全面实现采矿的自动化是建设数字矿山的需要,更是采矿业追求的目标,目前尚有较大的困难。但可以与采矿工艺密切配合,结合工艺的特点研究设备自动化。总之,达到全面实现采矿的自动化,需要不断加强设备自动化研发。

(5)丰富调度管理系统。针对杏山铁矿,通过数字化的方式,开发建立铲运机自动配矿系统和窄轨运输自动控制系统,采用采矿专业技术与计算机控制技术相结合的方式,并依据"安全、可靠、实用"的原则,全面提升整个地下采矿数字化、自动化控制水平。最终,地面生产指挥人员能够全面实现对生产过程的控制和监测管理。同时,根据工作需要,不断丰富调度管理内容,考虑主要软件与调度管理系统集成衔接,减少数据中转环节。这是建立数字采矿的重点管控环节。

(6)安全监测与预警系统。主要是排土场、采场边坡、地下开采塌陷区等重控部位的监测,以及地下矿开采时的地压、通风、矿震等的监测预警系统,这些均需要研制不同的专业软件与相应的硬件设施,这是建立数字采矿的安全保证环节。

总之,通过以上工作,将数字化、自动化、信息化技术集于一体,利用专业知识与软件的相互融合,解决实际工作中的问题,运用于矿山穿、爆、采、装、运等现场工艺过程,最终实现采矿业一直追求的自动化采矿、智能化采矿的建设目标。

参 考 文 献

[1] 孙豁然, 徐　帅. 论数字矿山[J]. 金属矿山,2007(2):1-2.

[2] 首钢矿业公司计控室. 首钢矿业公司数字化矿山建设汇报[R]. 迁安:首钢矿业公司,2010.

(收稿日期　2012-10-28)

·信息苑·

铜矿进入扩张周期

根据国际铜研究组的数据显示,2013 年开始,全球铜精矿产能增长同比增速攀升至 5%,到 2015 年,全球铜精矿产能年扩张同比增速飙升至11.5%,铜矿供应将极为充裕。中国铜产业扩张,供应不再紧张。中国铜矿投资略有回落,但铜矿产出保持较快增长。铜矿对外依存度依旧偏高,海外找矿力度加大。原材料供应充裕导致加工费上调。从精铜产量来看,中国精铜产出不断创下新高。数据显示,2012 年 11 月份精铜产量达到 53.1 万 t 的历史高位,较去年同期增长了 11.6%。估计 12 月份产量将达到 55 万 t,从而 2012 年全年精铜产量将达到 598 万 t。　(矿业 114 网)

万方数据