# 回采生产计划决策支持系统的设计和实现 *

北京服装学院 张海波**
中国矿业大学(北京校区) 侯运炳

摘 要 利用先进的计算机辅助管理决策技术——决策支持系统(DSS)研究和设计了回采生产计划的专用决策支持系统(MPDSS)。

关键词 回采生产计划 决策支持系统 产量预测 计划优化

回采生产计划的编制与生产控制是煤矿生产管理工作的中心环节。长期的实践经验表明,煤矿企业产品生产的特殊性,决定了煤矿企业生产计划具有非同于其他行业的重要作用。煤炭生产靠矿井各个生产系统的正常运转,尤其要靠回采工作面正常、稳定和持续的生产,因此回采计划是煤炭企业计划管理及生产布局的核心,它对企业的生产作业计划、成本计划、销售及利润留成计划等直接产生影响。

当煤矿企业制订生产计划方案时,其中包含大量的推理、预测、排队和择优等问题。利用计算机进行数据整理、计算寻优就构成决策支持系统。实践证明,依靠计算机辅助决策能使管理更加科学化,并取得更好的经济效果。

决策支持系统(Decision Support System—DSS)是20世纪80年代迅速发展起来的新型计算机学科。近20年来,DSS及其相关技术作为人们管理决策的辅助工具,得到了异乎寻常的迅猛发展,目前已成为引人注目的大有前途的一门信息应用技术,被应用到矿山等很多行业之中。

## 1 研究目标和设计要求

### 1.1 目标

(1)研究和开发地质三量管理系统数据库、生产统计数据库和生产计划数据库,为三量管理和回采计划编制奠定基础。三量是指开拓煤量、准备煤量和回采煤量。保持合理的三量平衡关系,是矿井持续正常生产的基本保证,三量数据库同时也是计划编制的重要依据。

(2)吸取其他行业和企业的经验,利用先进的计算机技术和决策支持系统理论,根据矿井回采生产管理工作的特点,研究一种高度灵活和适应面广的集工作面数据库管理、模型优化的回采生产决策支持系统。同时通过模型优化和多方案选择,制定矿井最优(或较优)的回采计划。

### 1.2 设计要求

①系统能在外部市场对煤炭质量的要求等条件下综合地考虑煤炭产品的各项指标,如硫分、灰分、发热量等诸多因素,提供生产计划决策方案。②系统实用性要强,能客观地模拟现实的煤炭生产情况,做出的辅助决策可信度要高。③系统应具有一定的自适应能力,数据能自动提取。④系统应有良好的多种形式的输入输出功能。⑤系统要有良好的用户接口,如系统提示、交互式会话、菜单选择等功能。⑥系统能在决策者决策完毕后编制出长期计划、短期计划,并且都要显示各个回采生产单位各个回采工作面的接替顺序。⑦系统能对地质三量进行管理,并使三量报表打印自动化。

## 2 MPDSS的两库结构[1,2]

回采生产计划决策支持系统(MPDSS)总体结构包括3个部分,即数据库(DB)及数据库管理系统(DBMS)、模型库(MB)及模型库管理系统(MBMS)、人一机接口部分。整个系统的总体结构见图1。

## 3 数据库子系统

MPDSS数据库子系统按作用可以分为3类:

(1)地质三量数据库。地质三量报表比较多,地质三量数据库除了完成三量管理以外,还对回采计划的编制提供数据。本数据库不仅是煤矿地质三量管理和打印三量报表的基础,也包含计划编制各个工作面的基本数据。

(2)生产统计数据库。生产统计数据库就是把过去各个生产工作面的数据进行统计,数据来源于每月

* 国家自然科学基金资助项目 50074031
** 张海波 硕士 工程师 北京 100029

各个工作面产量的统计数值。①工作面月产统计表。每一个工作面有一个表,有序列号、月份、产量、滑动平均法的各个参数和指数平滑法的各个参数。②年产量信息数据表,这个表包括编制年要求的年产量,它包括3个属性,包括年、计划年产量、实际年产量。

数据库 模型库

图1 MPDSS两库结构

(3)生产计划数据库。根据数据库设计方法和客户的要求,在现场充分调查的基础上,认为MPDSS的计划数据库应有以下基本数据:①工作面原始基本信息数据。包括工作面编号、工作面名称、工作面现有走向长度、工作面现有平均长度、采煤方法、循环进度、日循环次数、发热量、硫分、灰分、是否已采、是否已排、备注。工作面进行编制时,除了上面工作面原始信息以外,还派生出如下的数据项:计划任务编号、采煤队编号、循环产量、日进度、日产量、可采储量、可采天数、开采日期、采完日期、紧后工作面、紧后工作面编号。②用户信息数据表。这项是为了数据安全设计的,提供可以登陆数据库的用户姓名、登陆名字、用户密码。③计划任务信息数据表。包括计划编号、计划名称、创建日期、创建人、修改日期、修改人。

## 4 模型库子系统

模型库的建立采用作为子程序的模型,每个模型是一段能够完成某种功能的程序,它可以由主程序调用,并与主程序之间相对独立,只要通过传递数据和控制参数即可运行。

在MPDSS中,利用的模型有滑动平均法、指数平滑法、悲观原则、乐观原则、平均决策、线性规划和多目标规划等模型。它们在决策支持系统中处理过程如图2所示。

从图2中可以看出,MPDSS的过程可以分为4大部分。根据历史产量对要编制的工作面的产量进行预测,如果该工作面没有产量历史数据,可以采用相邻相近具有相同开采条件的工作面产量历史数据进行预测。预测的方法可以采用决策者经验预测、滑动平均法和指数平滑法,每一个工作面得到的产量预测结果利用乐观原则、悲观原则或者平均决策进行最后的确定。编制的所有工作面的最后预测结果都确定好后,进行计划优化,优化时主要用线性规划或者多目标规划,要求同时开采的工作面满足产量、加权平均的发热量、硫分和灰分等指标的要求和其他开采条件的约束。

图2 模型处理过程

(1)产量预测[3]。MPDSS中除了使用生产管理人员的经验预测之外,还可以使用时间序列预测模型,所谓时间序列,是把历史统计资料按时间顺序(如年、季、月、周)排列起来的一组数字序列,经常用$y_1, y_2 \cdots y_t \cdots y_n$表示。该系统回采工作面产量的按年度、季度或月度的历史统计数据,都是时间序列。根据时间序列变动的方向和程度,进行外延或内推,可用于预测下一时期或以后若干时期可能达到的水平,这就是时间序列法的基本思想,其基本公式:$Y_{t+l} = F(y_t, y_{t-1}, \cdots, y_1)$。由于时间序列法不必找出影响因变量的主要因素,模型简单,所以应用比较广泛。尤其适用于短期预测。MPDSS采用了滑动平均法和指数平滑法对工作面产量进行预测。

(2)产量确定[4]。采用决策者主观确定或者不确定型决策确定。采用的不确定型决策有:①悲观原则。该决策者一般比较保守,它从各个预测数据中一般取最小的作为预测值。②乐观原则。该决策者一般比较激进乐观,它从各个预测数据中一般取最大的作为预测值。③平均决策。其基本根据是"如果说我们认为无理由使用概率不同,我们就应该认为概率是相同的"。它取各个预测数据的平均值作为预测值。

(3)计划优化[5]。计划优化采用线性规划和多目标规划,线性规划要求在满足发热量、硫分、灰分

等约束条件下力争产量最大。

一般的决策目标都是多目标的,而这些目标的重要程序也可能是不同的,甚至相差悬殊。有时有些目标又是相互矛盾的,为达到某一个目标有时要牺牲另外的目标。在考虑计划时候,在不能全满足目标的情况下可以采用多目标规划法。把这些目标划分为属于不同优先的等级,并且引进偏差变量和目标值的概念,在对系统进行优化时,除了可以实现目标的极大化与极小化两种优化方式外,还可以采用"尽量接近目标"、"最好超过目标"和"最好低于目标"这3种优化方式,从而增加决策的灵活性。

## 5　人—机接口子系统[6]

人—机接口子系统按功能可以分为3大部分,分别完成以下功能:

(1)预测和确定工作面产量模块。①在已知该工作面过去的产量情况下对该工作面以后的产量进行预测。②如果没有该工作面过去产量的信息,可以把邻近的(相邻、同一采区、同一煤层或同一水平)、条件相似的工作面过去的产量作为预测的依据。③工作面的产量最后确定还要考虑不确定型决策,发挥决策者的经验和才智,最后给每个工作面预测好产量作为计划编制和决策的依据。④但是在决策和计划编制过程中还要考虑工作面产量应该有逐年增长的趋势,工作面产量也不能超过生产技术和开采条件限制上可能的上限值。⑤矿井产量一般是根据上级主管部门或者企业根据市场和生产能力制定的,在计划决策时要给出计划年产量。

(2)决策优化功能模块。决策优化功能是为开采结束的工作面选择符合开采技术条件的接替工作面,内容有:①优先在刚开采结束的工作面所在的采区内寻找接替工作面,如果在该采区内寻找不到接替工作面,就在下一个采区内寻找接替的工作面。②如果寻找的工作面正在接替,判断寻找的工作面是否满足③中的约束条件,如果满足要求,就为接替工作面;否则,调用工作面选择功能子程序寻找工作面,重复"判断"工作。将不满足的工作面先设为"暂时不能接替"状态,并在本时间结束时,将"暂时不能接替"状态的工作面恢复原始状态。③约束条件模块有:满足采区内同采的工作面数量要求,满足回采设备类型和回采工艺对工作面地质条件的要求,满足煤层正常的开采顺序,满足加权平均的发热量、硫分和灰分的要求(利用线性规划或者多目标规划法),满足矿井产量的要求。④记录接替工作面接替过程中投产和结束的时间和产量。⑤在优化过程中可以对任一工作面的属性参数进行查询、修改。

(3)输入输出功能模块。输入功能包括输入原始条件及初始化,如工作面原始数据输入,工作面数据库的数据查询、修改和更新,工作面产量原始数据的查询、修改更新,计划任务的查询和更新等。输出功能包括输出工作面接替计划表和三量管理的各个报表。

## 6　系统特点

经过现场使用,系统表现出很多特点,可以总结如下:

(1)模型驱动。以数据为基础,以模型来驱动,是DSS系统与以MIS数据为驱动的系统的显著区别,开发者在系统中提供了许多实用的模型,供用户(现场管理工作人员)管理进行计划编制决策时用。

(2)实用性。实用是系统开发的首要原则。每个模块的设计都参照了国家和企业的有关管理制度和规定,现场工作人员只需接受简单的培训或不培训就可以操作使用系统。

(3)灵活性。系统在数据录入、处理、查询、输出方式及模型修改等方面都有很强的灵活性,以适应复杂的计划编制决策工作的需要,此外,灵活性表现在系统既可以单机运行也可以在网络环境下运行。

(4)系统易于维护和扩充。系统以模型驱动,对模型进行修改、完善和扩充都不影响系统的其它部分,从而使系统的维护和扩充简单方便。

(5)系统安全可靠。

(6)录入和查询采用表单和窗口,使用方便。

## 7　结论

本文利用先进的计算机辅助管理决策技术—决策支持系统(DSS)研究和设计了回采生产计划决策支持系统(MPDSS),实现了用计算机有效支持矿山企业生产管理人员在编制回采生产计划过程中所遇到的具有一定的随机性、不确定性、模糊性的半结构化的决策问题做出及时科学的决策,从而提高矿山企业生产计划决策和编制的效率。可以得出以下结论:

(1)合理的生产计划可以优化煤层的开采顺序,实现合理的配采,从而提高煤炭产品质量,达到增加产品市场竞争力的目的。在这种情况下,应用DSS来提高其计划编制和决策水平是一种极佳的选择。

(2)在MPDSS研究过程中,提出利用时间序列模型来预测工作面的月产量,时间序列预测作为一种预测方法,提高了预测准确率,为生产计划决策提供了比较符合实际的产量原始依据。　**(下转第12页)**

为本次试验的最佳工艺条件;各因素的主次关系为:A→C→B;当溶浸剂A浓度提高后,B、C两种强化剂,对浸出率影响不明显。

表6 $L_{22}(6\times2^2)$试验方案及试验结果

| 实验号 | 1 A | 2 B | 3 D | 试验结果 浸出率(%) | 备注 |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2(1.5) | 1(0.30) | 1(0.50) | 66.56 | 浸出时间为2d |
| 2 | 5(3.0) | 2(0.25) | 1(0.50) | 65.26 | |
| 3 | 5(3.0) | 1(0.30) | 2(0.45) | 65.95 | |
| 4 | 2(1.5) | 2(0.25) | 2(0.45) | 72.49 | |
| 5 | 4(2.5) | 1(0.30) | 1(0.50) | 68.24 | |
| 6 | 1(1.0) | 2(0.25) | 1(0.50) | 68.03 | |
| 7 | 1(1.0) | 1(0.30) | 2(0.45) | 74.26 | |
| 8 | 4(2.5) | 2(0.25) | 2(0.45) | 67.32 | |
| 9 | 3(2.0) | 1(0.30) | 1(0.50) | 68.54 | |
| 10 | 6(3.5) | 2(0.25) | 1(0.50) | 71.35 | |
| 11 | 6(3.5) | 1(0.30) | 2(0.45) | 71.37 | |
| 12 | 3(2.0) | 2(0.25) | 2(0.45) | 71.87 | |
| Ⅰ | | 69.15 | 68.00 | | |
| Ⅱ | | 69.39 | 70.54 | | |
| R | | 0.24 | 2.54 | | |

通过表6可以看出:初期浸出率上升较快,随着时间的增长,浸出率上升较平缓;本次试验最主要的影响因素为A,其次为D;各因素的最高点,即$A_1B_1D_2$为本次试验的最佳工艺条件;各因素的主次关系为:A→D→B。

通过北矿带的上述4组试验结果分析,该矿溶浸参数宜采用:A(3%)、B(0.25%)、C(2.5%)、E(1),此时其浸出率可达60%~75%,试验结果见表7。故推荐在井下半工业试验中采用上述溶浸工艺参数。

通过表7可以看出:初期浸出率上升较快,随着时间的增长,浸出率上升较平缓;本次试验影响浸出率的主要因素为A,其次为C;各因素最高点,即$A_3B_1C_2E_3$为本次试验的最佳工艺条件;各因素的主次关系为:A→C→B→E;最佳浸出参数为A(3%),B(0.25%),C(2.5%),E(1)。

表7 $L_9(3^4)$试验方案及试验结果

| 试验号 | 1 A | 2 B | 3 C | 4 E | 试验结果 浸出率(%) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1(2.0) | 1(0.25) | 1(3.0) | 1(3) | 68.70 |
| 2 | 1(2.0) | 2(0.20) | 2(2.5) | 2(2) | 66.89 |
| 3 | 1(2.0) | 3(0) | 3(2.0) | 3(1) | 68.77 |
| 4 | 2(2.5) | 2(0.20) | 1(3.0) | 3(1) | 69.75 |
| 5 | 2(2.5) | 3(0) | 2(2.5) | 1(3) | 69.25 |
| 6 | 2(2.5) | 1(0.25) | 3(2.0) | 2(2) | 70.39 |
| 7 | 3(3.0) | 3(0) | 1(3.0) | 2(2) | 70.46 |
| 8 | 3(3.0) | 1(0.25) | 2(2.5) | 3(1) | 71.38 |
| 9 | 3(3.0) | 2(0.20) | 3(2.0) | 1(3) | 71.12 |
| Ⅰ | 68.12 | 70.16 | 69.64 | 69.69 | |
| Ⅱ | 69.80 | 69.25 | 69.17 | 69.24 | |
| Ⅲ | 70.99 | 69.49 | 70.09 | 69.97 | |
| K | 2.87 | 0.91 | 0.92 | 0.73 | |

## 3 结论

(1)该矿石在A(3%),B(0.25%),C(2.5%),E(1)条件时,浸出率可达60%~75%。

(2)矿石的浸出较复杂,而且影响因素也是多方面的,加上矿石的氧化率不太高,仅为30%左右,靠单一酸浸,其浸出率是难以提高的,必须采取强化浸出的手段。

(3)借助于正交设计的方法,不仅可以减少试验工作量,并可以有效地避免各种偶然误差对结果推断的影响,使研究结果更为准确、可靠。同时,应用正交设计进行试验,能通过较少的试验次数分清各因素在试验中的主次作用及各因素对指标所起的作用大小,从而找出较好的生产工艺条件。

参 考 文 献

1 浸矿技术编委会.浸矿技术.北京:原子能出版社,1994
2 L.Brieriey.细菌的氧化作用.湿法冶金,1996,(4):44~47
3 Natarajan K A. Bioleaching of Sulphides under Applied Potentials. Hydrometallurgy,1992,29(1~3):161~172
4 Gomez C,Blazquez M L,Ballester A. Influence of Warious Factors in the Bioleaching of a Bulk Concentrate with Mesophiloc Microorganism in the Pressence of Ag. Hydrometallurgy,1997,(2):271~287 □

(上接第15页)

(3)分析和研究了工作面计划编制和决策的各个参数及其关系,建立了三量数据库、生产统计数据库和生产计划数据库。

(4)应用运筹学、时间序列理论研究MPDSS模型库,对DSS模型库的设计具有参考价值。

参 考 文 献

1 陈文伟.决策支持系统及其开发.北京:清华大学出版社、广西科学技术出版社,2000
2 高洪深.决策支持系统.北京:清华大学出版社,2000
3 S.M.潘迪特,吴宪民.时间序列及系统分析与应用.北京:机械工业出版社,1988,3
4 《运筹学》教材编写组.运筹学.北京:清华大学出版社,1995
5 张文杰,李学伟.管理运筹学.北京:中国铁道出版社,2001.3
6 张幼蒂,王玉浚.采矿系统工程.江苏:中国矿业大学出版社,2000 □