

Meikuang Caijue Jiexu Jisuanji Fuzhu Sheji Xitong
Yanjiu Yu Yingyong

煤矿采掘接续 计算机辅助设计系统 研究与应用

翟茂兵 陈秀清 余 银 著

中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press



国家一级出版社
全国百佳图书出版单位

Meikuang Caijue Jiexu Jisuanji Fuzhu Sheji Xitong
Yanjiu Yu Yingyong

China University of Mining and Technology Press

责任编辑 李 敬 封面设计 肖新生

ISBN 978-7-5646-1350-1



9 787564 613501 >

定价: 26.00 元

煤矿采掘接续 计算机辅助设计系统 研究与应用

翟茂兵 陈秀清 余 银 著

中国矿业大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

煤矿采掘接续计算机辅助设计系统研究与应用/翟茂兵, 陈秀清, 余银著. —徐州: 中国矿业大学出版社, 2012. 2

ISBN 978 - 7 - 5646 - 1350 - 1

I. ①煤… II. ①翟…②陈…③余… III. ①煤矿开采—作业管理—计算机辅助设计 IV. ①TD82—39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 269410 号

书 名 煤矿采掘接续计算机辅助设计系统研究与应用

著 者 翟茂兵 陈秀清 余 银

责任编辑 李 敬

出版发行 中国矿业大学出版社有限责任公司

(江苏省徐州市解放南路 邮编 221008)

营销热线 (0516)83885307 83884995

出版服务 (0516)83885767 83884920

网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com

印 刷 徐州中矿大印发科技有限公司

开 本 850×1168 1/32 印张 6.125 字数 159 千字

版次印次 2012 年 2 月第 1 版 2012 年 2 月第 1 次印刷

定 价 26.00 元

(图书出现印装质量问题, 本社负责调换)

前 言

自 20 世纪 60 年代起,我国煤炭行业就在寻求一种能帮助工程技术人员快速编制采掘接续计划的模型,但由于矿井条件千变万化(不仅包含矿井地质因素,同时还有大量的人为因素),很难用一种固定的模型来描述煤矿生产计划的现状。随着煤矿产量的日益增加,采煤与掘进工作面日益增多,工程技术人员采掘接续计划编制的难度越来越大。

本书基于传统的人工排队法,从优化的角度提出了一种全新的辅助工程技术人员编制计划的方法。系统初始化大量后台数据用于控制工程计划的正常编制,项目信息控制项目工程任务的编制方式和项目初始时间,日历信息有效表达了项目的作息时间,CAD 绘图属性设置系统在 AutoCAD 中绘图的有效信息,基础材料库设置全矿的基础材料信息,工程队伍信息用于初始化各工程队伍属性。初始化信息为工程任务的编制提供了充分的信息基础,系统在计划的编制过程中自动索取有效信息,工程技术人员只需从宏观把握任务的时空关系即可高效地进行计划的编制工作,大大提高了效率与准确程度。大纲结构有效表达了工程队伍之间、工程队伍与工程任务之间以及工程任务之间的关系。公式编辑器使系统拥有了强大的计算功能,该功能实现了工程任务工期、开始时间与结束时间的自动计算。工程甘特图表达了工程任务的进度情况,工程明细表表达了工程任务的分配状况。采用“三量”检验法、时间序列法、采掘个数比等指标对计划进行检验,通过层

次分析法时时为工程技术人员提出指导性的优化方案,进一步讨论了采掘接续计划的检验方法与优化方案,引导工程技术人员向最优方案接近。

煤矿采掘接续计划系统的构建是一项非常有意义的探索,该系统的编制成功大大提高了煤矿采掘接续计划编制的效率和准确程度,对煤矿生产具有重大的积极意义。本书可供煤矿生产、设计的技术人员和院校师生参考。

作者

2011 年 11 月

目 录

第 1 章 煤矿采掘生产计划编制的发展	1
1.1 引言	1
1.2 煤矿采掘生产计划编制技术的发展	2
1.3 计算机编制煤矿采掘生产计划的研究现状	8
1.4 煤矿采掘接续系统的构建	10
1.5 煤矿采掘接续系统的主要创新点	14
第 2 章 煤矿采掘接续计划的基础理论分析	16
2.1 传统的人工排队法	16
2.2 动态规划法	20
2.3 关键路线法	34
2.4 贝叶斯预测法	38
2.5 计算机模拟法	44
2.6 人工智能法	51
2.7 结论	52
第 3 章 煤矿采掘接续计划编制方法	53
3.1 年度采掘工作计划的编制	53
3.2 月度采掘作业计划的编制	65
3.3 采掘日常计划管理	76
3.4 采掘计划完成情况检查与分析	80

第 4 章 煤矿采掘接续计划的检验与优化	93
4.1 衡量采掘平衡的主要指标	93
4.2 煤矿采掘接续方案的优化	99
4.3 结论	106
第 5 章 煤矿采掘接续计划的系统分析与设计	107
5.1 系统设计构架	107
5.2 项目的创建与定义	109
5.3 建立、组织与调整任务	114
5.4 工程量报表设计	122
5.5 项目日历	124
5.6 域的管理	127
5.7 打印输出设计	133
5.8 结论	140
第 6 章 煤矿采掘接续计划的现场应用实例分析	141
6.1 孔庄煤矿生产接续计划编制案例	141
6.2 王庄煤矿生产接替案例	163
第 7 章 主要结论	182
参考文献	184

第 1 章 煤矿采掘生产 计划编制的发展

1.1 引言

煤炭是我国的主要能源,是国民经济和社会发展不可缺少的物质基础。我国煤炭资源丰富,分布面积约 60 多万平方千米,约占国土面积的 6%。根据第三次全国煤炭资源预测与评价,我国煤炭资源总量 5.57 万亿 t,居世界第一,煤炭资源潜力巨大。进入 21 世纪,我国煤炭工业快速发展,2000 年全国产煤 9.9 亿 t,2001 年 11.04 亿 t,2002 年 13.8 亿 t,2003 年 16.67 亿 t。2004 年全国产煤 19.56 亿 t,占全国一次性能源生产总量的 74.3%,当年煤炭销售量为 18.91 亿 t,占全国一次性能源消费总量的 65%,均居世界第一位。2005 年煤炭产量达 21 亿 t,创历史最高水平,国有重点煤矿 82 个矿务局,850 个矿,开拓进尺 114 万 m,同比增长 6.7%,掘进工作面同比增长 180 个,单进尺最高的为神东矿区 1 268 m/(个·月)。

随着我国原煤产量的不断提高,煤矿企业需要投入更多的采煤与掘进工作面,这就对传统的手工编制采煤与掘进计划提出了严峻的考验。人工计算工程量、工期、季度计划、材料消耗的方式已经远不适应煤炭企业对工程信息做出快速决策的要求。

从 20 世纪 60 年代起,我国煤炭科技工作者就在寻求一种能帮助工程技术人员快速决策的模型。但由于矿井条件千变万化,不仅包含矿井地质因素,还包含大量的人为因素(如不同工作队因技术差异带来的掘进速度问题或因特殊原因突然调整工作面工作状态等),传统的模型很难全面精确地反映矿井采掘接续的关系。近几年来,系统工程方法引入采矿工程,如动态规划法、统筹方法等,使采掘计划的编制与检验出现了转机,并出现了许多关于工作面采掘接续的模拟程序,但目前还没有发现可以精确描述工程技术人员意图的系统。

1.2 煤矿采掘生产计划编制技术的发展

1.2.1 煤矿采掘生产计划编制的重要意义

追求企业安全、高效、有序生产是所有企业的目标,但是矿井生产是一个十分复杂的系统工程,煤炭生产过程中包含许多重要的环节(图 1-1),每一个环节又对应着许多子系统,如掘进系统、采煤系统、运输系统、通风系统、提升系统、供水系统、供电系统等。煤矿生产的每一个子系统的安全、稳定运行都直接保证了企业的安全、高效生产。

作为矿井生产的核心部分,采掘工作面随生产的发展处于不断的推移运动中,矿井生产中的各个系统也处于不断的动态变化之中。这一显著特点是矿井生产与一般工厂生产的主要区别之一,凸显了矿井生产计划设计的重点与难点所在,这给矿井的规划、设计、施工和生产所应用的技术水平和管理方法提出了非常高的要求。因此,矿井生产计划的设计在矿井安全高效生产过程中占有非常重要的位置,得到了各级领导的充分重视。

矿井采掘计划编制的质量直接影响到矿井的安全、高效生产。从工程技术人员编制计划难度的角度看,在如此错综复杂



图 1-1 煤炭企业安全生产环节

的矿井工程安排过程中,如果没有一个好的工具作为指导,工程技术人员一方面很难综合考虑各种工程进度的影响因素,另一方面也很难从宏观上把握工程的关键路径。从矿井安全、高效生产的角度来看,工程计划的编制质量直接影响到矿井的安全生产和单位效益:一方面,如果工程计划考虑不充分,造成工程紧张,煤矿工人不得不为了追求工程量,在未探明工作面详细地质情况下,应付施工中重要的操作环节(如超前探),盲目地提高矿井采掘工作面推进速度,造成矿井矿难,这种情况屡见不鲜;另一方面,如果工程进度安排松弛,开挖的工作面闲置时间过长,增加大量的维修成本,无形中使企业蒙受了巨大的经济损失。因此,一个优秀的生产计划编制工具,可以从根本上提高煤炭企业工程计划的编制质量,最大程度上减少工程计划安排的不合理情况,提高矿井安全因素,无形中为企业创造巨大的经济效益和社会效益(表 1-1)。

表 1-1 生产计划编制质量对生产的影响

对比	好	差
生产	1. 只做修正,无需频繁变更,可执行性强; 2. 有效统筹队伍任务量,优化松紧关系,减少浪费; 3. 分出轻重缓急,保证重点,有条不紊; 4. 减少了盲目性,避免操作中的重复浪费,有利于提高效率	1. 生产计划徒有虚表,指导性和可执行性差,计划变更频繁; 2. 生产接替紧张,赶产量、赶进尺现象频繁发生; 3. 施工盲目,队伍调动频繁,拆东墙补西墙,施工组织混乱
安全	任务安排合理,工人压力小,有时间关注提高工程质量,注意避免个人违章行为等,无形中提高了矿井的安全系数	为了赶进尺、赶产量,工人压力大,出现省时、省程序、施工质量差现象,为了达标,铤而走险,出现违章操作等现象
效益	工程质量好,违章现象少,人力、物力、财力应用合理,事故少,经济效益和社会效益显著	1. 巷道搁置,增加维护成本; 2. 任务松弛,人员闲置,人力资源浪费; 3. 安全事故多,社会影响差

矿井采掘进度计划是指导矿井生产的依据,计划编制是矿井生产管理中不可缺少的重要部分,决策是否科学合理,直接关系到企业在市场经济激烈竞争中的前途和命运。但是,长期以来,我国矿井采掘计划一直采用传统的手工方法进行编制,尽管它能在一定程度上吸取计划编制人员的经验和智慧,然而这种方法费时费工,浪费了大量的人力物力。又由于采掘计划的编制具有计算不复杂但计算量大的特点,而计算速度快是计算机的主要特点,因此,采用现代科学管理方法和理论,借助计算机的高度处理能力,提高采掘计划编制的科学性、全面性和自动化水平,已成为一个亟

待解决的问题。

1.2.2 煤矿采掘生产计划编制技术的国内外研究概况

自 20 世纪 60 年代以来,计算机及运筹学引入采矿工程后,西方国家就开始在矿山运用了各种定量的管理技术编制和评估矿山作业计划,平衡矿山各种作业量,计算优化指标等。人们从两个方向进行研究工作:一是采用优化方法确定矿山生产计划;二是利用模拟方法确定矿山生产计划。近年来,人们又引入人工智能技术,试图综合运用人工智能、优化法和模拟法来有效地解决矿山生产计划的优化编制问题。

20 世纪 80 年代以前,人们一般采用传统的运筹学数学规划方法,如线性规划、非线性规划、混合整数规划、目标规划和动态规划等进行计划编制。在这期间,南非的一些金矿运用线性规划和模拟技术制订了矿山长期规划和年度计划,平衡各项工作;日本、加拿大等国将线性规划、目标规划等优化理论用于矿山计划编制。

20 世纪 80 年代以来,随着计算机技术和运筹学的进一步发展,运用计算机编制矿山生产计划的研究也愈来愈活跃,交互式技术开始受到重视。过去把求得的解看做精确的、不变的东西,而现在要以易变性的概念看待所得的解,以适应系统的不断变化。解决问题的过程是决策者和分析者发挥其创造性的过程,因此进入 20 世纪 70 年代以后,人机对话的算法发展迅速,国外一些著名的矿业软件公司相继运用这一技术开发了一些矿山集成软件系统,比如西澳大利亚 MAPTEK 公司的 VULCAN 软件包、美国科罗拉多黄金软件公司(GOLDEN SOFTWARE)的 SURFER 软件包等。在运用交互式技术编制矿山生产计划时,综合应用结构化模型与交互式模型是人们研究的热门课题。德国的 F. L. WILKE 和葡萄牙的 MUGE 等人在这方面做了许多研究工作。欧共体正实施一项用模拟技术进行矿山开采可行性研究的研究计划,开发了 OPMINE 模拟软件包,该软件包采用交互式模型确定开采顺

序,用模拟模型完成其余的编制计划内容。

20 世纪 80 年代中期以来,人们开始应用专家系统(ES)技术与现有模型相结合的方法,进行编制矿山生产计划的尝试。谢曼纳夫等人采用这种方法确定充填法矿山开采的顺序。不过由于 ES 技术的局限性和理论上的不完善,使其实际应用受到限制,目前还没有实际应用效果很好的例子。

国外矿井因其系统简单、生产效率高和采掘工作面数量少,很少出现采掘关系紧张的情况,这一点不同于我国,因此国内对于矿井采掘接替计划的编制工作的研究虽然起步较晚,但所做工作较多,也较国外深入。

我国自 20 世纪 80 年代开始将计算机模拟方法运用于露天和地下生产系统的模拟、矿山生产计划的编制等方面。

1983 年,长沙矿山研究院的胡清淮等人,运用线性规划理论为湖南郴州黄沙坪铅锌矿生产计划建立了一个优化模型,并借助计算机实现了模型的求解。

1986 年,中南工业大学资源开发工程系与广东省石人嶂钨矿合作,运用线性规划理论对该矿的采掘计划进行计算机模拟编制。

1987 年,中国矿业大学的王玉浚和彭建良博士在人工排队的基础上利用计算机代替手工编制了缓倾斜煤层矿井的采区和工作面接替的通用模型与程序。

胡乃联等人采用搭接网络模型辅助确定开采顺序,这一模型既可以表达工序间的顺序关系,又可以表达工序之间的衔接关系,然后用网络模型确定施工方案。

原西安矿业学院应用计算机模拟和 CAD 技术,将计划动态进行显示。但由于该软件基于 DOS 平台,程序员和采掘计划编制者对计划的控制是基于一系列数据进行分析,对编制人员的计算机水平要求较高,人机界面方面还需要进一步完善。

中国矿业大学韩可琦教授采用微软公司的 VB、PROJECT98

等系统,将数据与图形实现动态链接,并用图形方式表示采掘接替情况和工作面信息,开发的系统曾在平煤集团六矿应用,取得了良好的技术和经济效益。但由于该系统开发是基于微软平台,其移植性和通用性都受到了一定的影响。

综上所述,目前国内运用计算机编制采掘生产计划的研究归纳起来主要是两类:一是运用优化理论(主要是单目标线性规划理论,在露天矿有极少数运用了动态规划理论)对采掘生产计划予以优化,并借助于计算机实现优化计算;二是直接运用计算机模拟人工编制的方法,或者逼近的方法进行计划的编制。至于用模糊数学理论和ES技术进行采掘计划的优化和编制的研究也正在进行,并不断有相关报道出现,但离实际应用还有一段距离。虽然前述模型都取得了一定效果,但由于以下各种原因没能得到推广:

(1) 开发的方法和手段有些陈旧。这些系统大部分是在早期计算机语言环境下开发出来的,其人机界面不够友好,操作不方便。

(2) 通用性不好。由于这些系统大部分都是针对某一问题而开发出来的,虽然实地解决了问题,但使用范围受到限制。

(3) 表现形式较为单一。目前所见系统多以单一排程为主,不能快速生成网络图、甘特图、报表等综合信息形式。

(4) 对所编制的矿山生产计划的评价问题,是多目标决策问题,也是目前矿山生产计划的编制方法没有很好解决的问题。一是因为多目标决策的理论和方法还有待于进一步发展,方能解决现实中的复杂问题;二是因为采矿工程的特殊性,各矿山的情况差异很大,建立通用的矿山生产计划方案评价的指标体系(包括指标的确立和各指标的权重的确立)比较困难。

(5) 由于受计算机软件与硬件发展现状的限制,多数系统以单机为主,大量信息依靠人工把握,信息来源不足,信息“孤岛”现象明显。这也在很大程度上影响到生产计划编制的质量。

1.3 计算机编制煤矿采掘生产计划的研究现状

由采掘生产计划编制的发展历程可知,目前国内外运用计算机编制采掘生产计划的研究工作基本可以分为两类:一是直接运用计算机模拟人工编制的方法或者逼近的方法进行计划的编制;二是运用优化理论对采掘生产计划予以优化。这两种研究方向长久以来在很大程度上促进了采掘接续计划编制工作的不断前进,但这两种研究都有不足之处。

1.3.1 模拟人工排队的方法

目前安排采掘接替计划时常以下列两种基本思路进行编制。

(1) 开拓→准备→回采:这种编制矿井采掘计划的方式,是以开拓为主线,回采应在满足水平开拓和采准巷道的前提下安排。这种编制采掘计划的思路与生产过程是一致的,但是由于煤矿生产的主要目的是回采,准备和开拓应在满足回采的条件下进行安排,所以用这种方式编制采掘计划不仅要花费较长的时间,而且其结果常常会出现不适合回采需要的现象。

(2) 回采→准备→开拓:这种编制采掘计划的方式,是以回采为主线,采区准备和水平开拓工程的安排是在满足回采的前提下进行的。它编制采掘计划的思路虽与矿井的生产过程正好相反,但目的明确,在因果的接替时间上也有保证。但是这种编制采掘计划的方式,要求回采、准备和开拓共同协调安排,统筹兼顾,因此用这种方式编制采掘计划时,难度较大。

在编制矿井采掘计划时应以回采作为采掘接续的主要矛盾,矿井的准备和开拓工作应由回采工作来决定,即所谓的“以采定掘”。在采掘关系正常的情况下,应根据编制采掘计划的基本原则,采用第二种编制方式编制矿井的采掘接替计划;但在采掘关系失调的情况下,准备和开拓就成为矿井生产过程中的主要矛盾,在

一定的时期内不能根据编制采掘计划的原则“以采定掘”，只能根据当前的实际情况限制矿井的正常生产，“以掘定采”，这时也只能采用第一种方式编制采掘接替计划。由于矿井出现采掘失调时，应采取一切必要的方法和手段来理顺矿井的采掘关系，所以第一种编制方式只是一种临时性或者应急性的措施，第二种方式才是编制采掘计划的正常思路。

传统人工排队法的计算机实现主要是通过计算机模拟人工手动编制计划的方式，即将数据及其相关关系依次录入到数据库中，直接形成煤矿采掘接续计划，这种方式符合工程技术人员编制采掘接续计划的思路。但是，此类模拟模型到目前还没有在全国大面积推广，究其原因，一方面，由于不同时期计算机发展水平的限制，传统的用户与DOS直接交互的方式已经不适应当前用户的交互习惯，数据录入方式也极不方便；另一方面，由于不同的开发者其设计理念不同，或对煤矿采掘接续计划的编制情况认知程度不同，开发出来的系统应用效果往往相差很大，所以一套适合煤矿企业实际需要的采掘接续计划不仅需要现场大量的实践经验，更需要寻找一种适合于现场实际的系统构架。

1.3.2 动态规划法

众所周知，动态规划法是解决多阶段决策过程最优化问题的一种数学方法。因此，用动态规划法解决问题时，必须首先将其转化成多阶段决策问题。煤矿生产过程是一个在时间和空间上不断变化的过程，随着时间的推移，生产系统的状态在不断地发生变化，而这种变化又主要体现在采掘时空关系上。在矿井生产的不同时期，可以采取不同的决策方案进行回采，而每种决策方案必然会产生不同的技术经济效果。于是矿井的开采过程可以看做是若干个不同时期（将每一个时期看做一个阶段），每个时期又有许多不同的决策方案可供选择的阶段决策问题。

相比于传统的人工排队法，动态规划法、神经网络法等煤矿