和磷酸盐发生竞争的相互作用。

这样，从水溶液中浮选分出钽化合物的特性既是阳离子活性捕收剂同金属阴离子直接相互作用，又是同时回收水合难溶产品，它是在向溶液吹入弥散空气时形成的。最合适的浮选pH是0.5~1.5和5.0~9.0。虽然，钽化合物和所研究的捕收剂相互作用是一样的，但是应用ЧАО时浮选效率比应用胺时的高。

幸伟中译自《Комп. исполь. минер. сырья》，
勤生校 1983, №1, 67—70

地下开采系统的最优化

В. И. Штле

在采矿工作的设计和管理实践工作中推广经济-数学模型方法时，已经广泛地利用采矿工作工艺最优化原则。在经济-数学模型方法发展的第一阶段，主要注意模型的综合问题，这些模型是对与主要工艺参数有关费用形式的描述。自然过程和地质力学过程在许多情况下被忽略，或者仅通过引入一些附加限制的方法简单地考虑。

目前在模拟地下采矿工作过程中发生的自然过程、工艺过程和组织过程方面的研究正在加强发展，大量推广系统分析和最优化理论的手段和方法。开采系统参数最优化理论的现状不能适应当前的要求。这首先是由于开采系统被看作是采矿工艺的某种静止状态的因素，在参数最优化中主要注意的是经济过程，根据单学科研究的结果，模拟开采方法的系统原理尚未制定出来。

开采系统最优化和模拟方面的主要课题是：

确定模仿开采系统动态特征的原则（在时间和空间上模拟工艺过程和组织过程及与其相伴的地质力学的物理过程）；

在具有单学科性质的规律性、制约关系和模型的基础上研究出给定系统数学模型合成的方法。

开采系统的工艺进展（参数的有方向性的经常变化）主要是在数学模型结果影响最小的情况下发生并由实践和试验研究来调整。目前已有通过通过在实验室利用电子计算机“演示”工艺来改变现状的实践可能性。为此必须在采矿系统工程工程师的领导下将不同方面的专家的努力联合起来。在开采系统仿真模型范围内，必须把围岩性状、矿山的爆破和出矿、充填岩石和围岩的相互作用、采场的通风、机器和机械发挥作用以及完成工艺过程和经济过程工作的组织等方面的主要规律性结合起来。上述方面远没有包括全部，还取决于开采系统的类型。说到合理的每一个种群开采系统的仿真模型，也就是说基本单位的工艺演变或者某类开采系统的仿真模型大致是合适的。

当把开采系统看作是具有不同性质和在空间-时间连续统一体中展开的过程时，就必然

碰到一个问题：不同的过程要用不同模型（借助不同语言和符号）来描述。在这种情况下可以引入一种集合类型的划一的抽象公式，而该公式则是一种信息转换器，并且可以用下述方式来描述。假设 T 作为研究时期的一个记录到的集， X 、 G 、 V 、 Z 为任何性质的集。各要素可称为： $t \in T$ ——时间因素； $x \in X$ ——输入因素； $y \in Y$ ——控制因素； $g \in G$ ——输出信号； $z \in Z$ ——系统状态。集合体可以理解为一个客体，而该客体则取决于 T 、 X 、 G 、 V 、 Z 集以及实现 $Z(t)$ 和 $g(t)$ 函数的 H 和 Y 的转换和输出的算子。如果在集合体的空间参数中 $\beta = (\beta_1, \dots, \beta_n) \in B$ ，则 $g = G'\{t, z(t), y(t)B\}$ ，式中 G' 为讯号含量。

如果以集合体系统的形式来表示开采系统的仿真模型，就可以对主要工艺过程和由对岩体的工艺切割引起的过程的动态作出描述。因此关于最优的工艺参数的建议只有从开采系统的数学模型进行机器试验的结果提出，而这里的数学模型是在不同的狭窄专业知识范围内取得的结果的基础上综合出来的。

研究出一套开采系统的仿真模型，就可以在现有采矿部门革新工艺流程及其参数的选择。目前这一实践是以各种规范、方法以及工艺作业图表为基础的。将来，部门内的资料计算中心都应该根据采矿企业的要求提出关于采用某些工艺的回采作业方式的建议和应用效果的预测评价。在这种情况下，应当（在机器作图系统的基础上）实现编制工艺指示书和文件资料（支护、钻眼爆破工作等的说明书）方面的主要成图工作的自动化，提出技术-经济指标的预测评价、矿山工作的最优工艺参数和组织参数以及地质力学过程强度的预测。

在采矿工作设计阶段，考虑到资料的不肯定性很高的情况，必须把简化的仿真模型用于采矿系统

最优规划试验方法应当在矿业实践及其研究工作中广泛地利用。这首先是与矿山工艺的分系统和过程的机器（电子计算机）模拟方法的扩大和复合的模拟系统的实现相联系的。到目前为止，试验的合理计划方法曾被用于矿山企业进行试验工作和实验室试验工作。

采矿系统的工艺参数可以分为两类：常量参数（不受支配参数， Π_{II} ）和变量参数（被支配参数， $\Pi_{I'}$ ）。被支配参数又可分为影响地质力学过程的参数（ $\Pi_{I'g}$ ）（采矿系统的几何参数，回采速度，采空区支护方法和参数，顶板管理方法）和没有影响或者影响很小的参数（ $\Pi_{I'h}$ ）（这是凿岩设备类型，通风方式，等等）。矿床具体地段的自然因素可以看作是常数值。但如果提出不只是寻求应用这种方法适宜条件的最优化的课题，则自然因素应当看作是可变因素（ Π_P ）。在这种情况下，大大增加模拟试验的次数和应用机器合理计划试验方法成为唯一的方法，该方法能取得必需的最优解的关系和范围。

与实现采矿系统（“采矿系统”和“工艺流程”术语可看作是等同的）的仿真模拟相关的课题可能有不同：

- ① 针对工艺流程的给定条件和参数预测技术-经济指标课题（仿其模拟的一次实现）；
- ② 针对工艺流程的给定条件和参数预测地质力学过程的强度的课题（表现空间-时间关系仿真模拟的一次实现）；
- ③ 确定保证最优的技术经济参数和不超过给定的地质力学过程强度水平的工艺参数的课题（在变量参数 $\Pi_{I'g}$ 的空间内进行仿真试验）；
- ④ 确定应用给定参数的工艺流程的最优的矿山-地质条件的课题（在变量 Π_P 空间内进行仿真试验）；

⑤给定矿山-地质条件的工艺方法之参数的综合最优化课题（在变量 $\Pi' = \Pi'_1 \cup \Pi'_2$ 内进行仿真试验）；

⑥确定采用工艺流程的最优工艺参数和条件的课题（在变量参数 $\Pi_P \cup \Pi'$ 空间内进行仿真试验）。

对工艺流程模型化的仿真做法的灵活性使第一次有可能将在严格的方法基础上取得的资料和试验工作中取得的统计资料以及口头记录的资料综合起来。这就使一个方法模型范围内的基本知识、凭经验取得的知识、进行矿山工作的经验、专家评定和直观评定结合起来。这对于发展矿山工作管理的理论和实践以及工艺方法的参数最优化都有着根本性的意义，这是因为根据严格的形式或方法来描述许多的过程（工艺过程、自然过程和经济过程）的可能性受到限制。

制定对自己的群集是典型的工艺流程之前，应先建立采矿系统的仿真模型。制订工艺流程就是计算主要工艺要素、内部环境要素以及主要的工艺过程、组织过程、经济过程、地质力学过程和自然过程，确定各要素和过程之间的信息联系，建立相互联系的方式及逻辑关系。下一个阶段便是为划分工艺要素以及外部环境要素和过程而选择正式的流程和模型。一些足够简单的描述可以直接用于仿真模拟。将一些繁杂的分析程序预先通过机器试验，取得一些可以用于综合仿真模拟的简单的相关公式和回归公式是合适的。

对于那些没有等同分析描述或者分析研究结果可靠性差的过程和要素来说，可以利用实验室条件下直接类比模型的试验数据。在这种情况下，仿真模拟的要求决定着试验工作的特点和工作量。对于工艺流程的仿真模拟必须的部分资料和公式只有通过在生产条件下进行实际研究才能取得。此外在必要时可以根据类比从已知客体引用一些规律性。因此，研究工艺流程的仿真模拟的做法可以在工作明确配合和了解不同研究组的相互信息要求的基础上，相当大程度上使理论研究和试验研究“严格遵守课题”。此外，在建立工艺方法的仿真模拟时，会非常快地查明要求作更深入的理论论证的问题和理论研究已经落后的范围。

在对地下采矿工作的工艺流程作仿真模拟的时候，最充分地利用矿山工作的经验具有重要意义。进行矿山工作在实质上是一种群众性的试验，但在大多数情况下这种资料没有系统化，没有作整理和没有保存下来。只有企业的产量指标特征、主要的工艺参数和资源参数和很小程度的地质参数以固定的报表形式确定下来。

预测环境和工艺相互作用的分析方法的可能性是有限的。在将严格的分析方法结合起来和对在自然条件下取得的大量统计资料作处理的基础上的地质力学过程预测方法得到了最广泛的实际应用。

但是，将对地质力学过程作预测进行到“一定数目”的努力，在许多情况下造成一种分析方法的可能性是非常大的错觉，然而在这条路上有方法学、系统学和信息学方面的许多困难。

采矿工作的经验是预测地质力学过程和环境及工艺的相互作用的质量更高和更有成效的基础。在这里针对预测和论证工艺决策课题可以利用几种表示采矿工作经验的形式：

- ①采矿工作经验可以用类别表述的形式（用数学逻辑语言）用于综合仿真模型；
- ②利用模拟解决或者预测试验总体的过程方法，例如根据群集来判别方法；
- ③如果可以保证收集到有代表性的资料，则可采用传统的回归模型。

应当说,分析方法虽然已发展了,但在采矿工作、新的工艺方式和甚至矿山机器的设计实践中还广泛地利用以有权威的专家的经验 and 直观为依据的定性关系和规律性。查明这一套“规则和规律性”,并以类别形式将其编排起来,便可以保证解决采矿企业设计和管理自动化的许多课题。

在模拟属于开采系统的复杂的工艺分系统时,明确地确定“未知领域”具有根本性的意义。很明显,许多过程,尤其是具有地质力学特性的过程,不可能用等同的分析模型来描述,更不用说模拟工艺的动态了。利用统计模拟方法来评价不明的情况受到限制,这是因为资料算法加工的参数分布规律凭经验取得的。在采矿工作设计和管理实践中常常采用“大概”(вероятно)、“可能”(возможно)、“期待”(ождается)、“未知”(неизвестно)这样一些概念。以类别形式表达这些概念是合理的,而当可能的时候,在对采矿系统作仿真模拟时,可借助模糊“集”理论和概念。

邱郁文译自《Комплексное использование минерального сырья》, 1982, №10, 7-11

卢朝栋等校

布干维尔铜矿山

Michael P. aSssos

凭籍着生产的高水平、低废石比、铜-金-银精矿生产的高效率,布干维尔铜有限公司渡过了前不久波及全世界的经济衰退。在1982年12月完成了四千万美元的投资计划,从而使选矿厂的生产能力提高到130,000吨/日。

日采矿石13万吨的露天矿和综合选矿厂,位于巴布亚新几内亚布干维尔岛克朗太子山脉中段茂密的热带雨林之中,在1982年生产含铜28.4%的铜精矿598,634吨(相当于170,004吨铜)、17,528公斤金、43,153公斤银。在采矿租借地范围之内,铜矿储量估计有8亿吨。

1982年总销售额为2.76亿美元(其中:铜占51%,金占47%),同期净收入896万美元。

布干维尔联合企业包括矿山、选矿厂、港口、电站,和一条7.4米宽27公里长的公路以及可供400家雇员家属、1200名单身雇员生活的小镇。全部建设耗资3.2亿美元。占地200公顷的采矿场要求剥离1500万米³覆盖层。

调试和生产准备工作在1972年一季度完成,同年4月正式生产铜精矿。

布干维尔铜选矿厂,是目前世界上最大的铜选矿厂。随着采掘坑深度逐步加深,为抵消低品位矿石和过硬矿给选矿带来的不良影响,生产能力从最初的80,000吨/日扩大到130,000吨/日。

目前,选矿厂日产约1,900吨铜精矿,铜含量28%,金含量27毫克/吨,银含量70毫克/