

93'选矿自控 测试 数模及
计算机应用学术年会
论 文 集

大会筹备处
1993年8月

21571
300
45
1

主办单位

中国冶金自动化情报网矿山分网（第三届学术年会）

中国选矿科技情报网测试技术情报网（第四届学术年会）

中国选矿科技情报网数模电算网（第五届学术年会）

中国选矿科技情报网

目 录

1. 凡口矿磨矿回路及控制系统的动态模拟.....	林举豪(1)
2. 可编程序控制器在有色金属选矿中的应用	周兵胜 张中文(11)
3. 多段磨矿过程控制策略实施	李伟(16)
4. 罗山金矿磨矿分级生产过程计算机控制	孙遯春(24)
5. MCS-51 系列单片机在浮选加药控制中的应用	赵红艳(29)
6. 可编程序控制器在叠式离心机中的应用	王持纲(35)
7. 脱水槽生产过程自动控制	王守权(40)
8. 浮选作业中的电热加温与矿浆温度控制	刘豫祥(42)
9. 乌场海滨砂矿采选工艺自动控制的研究	张瑛 谢红(49)
10. 选矿厂自动化是提高选矿厂效益的有效途径	王化军 张强(55)
11. 自磨机自动控制系统	余仲宜(59)
12. 尾矿浓缩机底流浓度自控系统的试验研究	张希芝 丁宪坤 陈林生(66)
13. 孙村洗煤厂计算机集控系统	王振 徐志强 朱梅(72)
14. 实验室连续跳汰机的计算机集控系统	张文军 冯绍灌(75)
15. 用 PC 机实现原煤系统自动控制	许燕青 常大山 路迈西(81)
16. 浮选自适应控制仿真研究	尹蒂 李松仁(85)
17. 选矿产品方案决策支持专家系统探讨	韩旭里 李松仁(93)
18. 磨矿分级过程的数学模型及广义预测控制研究	张寿明 钱鑫 缪尔康(96)
19. 钨、铋选矿产品方案计算机评价系统.....	韩旭里 李松仁(102)
20. 用随机方法推导浮选速度方程.....	许长连(106)
21. 铅选冶产品方案优化研究.....	罗来清 李松仁(111)
22. 模糊聚类方法应用于选矿领域知识的探讨.....	唐少先 陈彦 黄天正 蔡自兴(118)
23. 不精确推理的铅烧结专家系统-ZYES	杨顺清 苏震(122)
24. 球磨过程相似建模及多目标优化研究.....	盖国胜 陈炳辰(127)
25. 选矿工艺过程优化.....	张锦瑞(133)
26. 计算机辅助矿物解离参数计算及理想选矿指标预测.....	吕宪俊 周国华(136)
27. 浮选过程参考模型自适应识别系统的方案设计.....	赵春祥(141)
28. 用灰色系统理论探讨精煤产率和精煤灰分的量化关系.....	张东晨(145)
29. 浮选药剂自动化数学模型的探讨.....	俞义忠(150)
30. 用相关分析法探讨多金属精矿含银量的分布规律.....	李炅宇 丁绍芳(153)
31. 用于浮选控制的模糊自适应专家系统: (一) 结构设计原理	陈子鸣 茹青(159)
32. 凡口铅锌矿混合精矿选矿指标优化模型.....	茹青 陈子鸣(163)
33. 晶质石墨矿石可选性的模糊综合评判.....	丁浩(175)
34. 煤泥浮选的数学模型.....	蔡璋 露迈西 陶有俊 匡亚石(181)
35. 跳汰动力学模型研究.....	武汉工业大学北京研究生部(189)
36. 棒磨机湿法磨矿的数学模型研究及计算机仿真.....	任柏峰 姚书典(192)

37. 专家系统-人工智能中最活跃的领域 苏震(204)
38. 煤炭发热量在线自动快速测量系统的开发及其应用前景 杨鸿昌(206)
39. 电感式磁性物含量测量仪 白守义(214)
40. 高硫煤中各种成因硫的光电子能谱研究 邵绪新 唐跃刚 雷加锦 杜泽学(219)
41. 沉浮子矿浆浓度计的研究和应用 王持纲(225)
42. 铁磁流体分选中视密度的测定 黄万抚 卢继美 许孙曲(229)
43. 一种新型的定量给药机 罗亚田(233)
44. 8031 单片机在微波水份测定仪中的应用 赵保坤(236)
45. ZGS-1 型工业酸度计在东莹选厂的应用 邵敏光(241)
46. CNJ-1 型超声波浓度计在梅山选矿厂的应用 罗荣昌(248)
47. 选矿流程设计电算程序 曾阳光(250)
48. 工业型煤厂计算机辅助设计系统 张力岩 冯绍灌(253)
49. 设计流程品位调整原理与设计流程计算机调整程序 何方箴(257)
50. 洗煤厂信息管理与工业控制的混合网络模型 李黎明 张德威(270)
51. 计划统计网络管理系统的实现 程妙明(274)
52. 计算机控制管理系统在东莹选厂的应用 李彦青(279)
53. 旋转流变仪的研制及其在水煤浆稳定性评估上的应用 张文军 张荣曾(283)

凡口矿磨矿回路及控制系统的动态模拟

广州有色金属研究院 林举豪

前言

一个用于凡口矿磨矿回路及控制系统的计算机动态模拟器已于 89 年初完成。事实上这一模拟器可模拟任意结构的磨矿回路，只要这个回路中的设备和仪器类型包括在模拟器已有的数学模型内。模拟器所采用的大部分数学模型是由澳大利亚昆士兰大学 J.K. 矿物研究中心的 W.J. Whiten 博士建立和发展的。作为中澳双方合作课题的一部分，笔者已用 86 年 1 月份凡口选厂的流程考查数据对凡口矿二系列磨矿回路进行了动态模拟，为决定控制策略，建立实际控制方案提供了有益的参考。预计在未来的操作工培训中也会发挥作用。本文将讨论数学模拟型的建立，模拟器的组成，控制方案的选择及动态模拟结果。

一、数学模型

本模拟器包含的数学模型如下：

球磨机、螺旋分级机、水力旋流器、泵池和调速泵系统、流量计、皮带称、密度计、粒度仪、水阀、给矿机、PID 控制器、比例控制器及分别用于计算干矿重量（根据流量和密度测量值）和控制回路解耦的计算块 1 和计算块 2。鉴于篇幅所限，本文仅讨论主要的球磨机模型，螺旋分级机模型及 PID 控制器模型。

1. 球磨机模型

球磨机的静态模型为一理想混合模型，可表示如下：

$$\frac{dS_i}{dt} = F_i - P_i + \sum_{j=1}^i A_{ij} * R_j * S_j - R_i * S_i \quad (1)$$

$$P_i = D_i * S_i \quad (2)$$

$$D_i = D_i^* * 4 * V / (d^2 * L) \quad (3)$$

其中：F_i—给矿中粒级 i 的质量流（吨/小时）i=1, 2, …, nF1 为最粗的级别，Fn 为最细的级别；P_i—磨矿产品中第 i 个粒级的质量流（吨/小时）；S_i—球磨机中第 i 个粒级的质量（吨）；D_i—第 i 个级别的排矿比系数；D_i^{*}—第 i 个级别的单位体积排矿比系数；R_i—第 i 个级别的破碎比系数，用于计算第 i 个粒级中被破碎的质量比（质量比 = R_i * S_i = Y_i）；A_{ij}—粒级 j 中的颗粒被破碎成粒级 i 的颗粒所占的比例；V—给矿体积（包括固体和水）（M³）；d—球磨机直径（米）；L—磨矿长度（米）；t—时间；Δt—时间增量。

微分方程 (1) 有如下数值解：

$$\int_t^{t+\Delta t} dS_i = (F_i^{t+\Delta t} - P_i^t + \sum_{j=1}^i A_{ij} * R_j^t * S_j^t - R_i^t * S_i^t) * \int_t^{t+\Delta t} dt \quad (4)$$

因此:

$$S_i^{t+\Delta t} - S_i^t = (F_i^{t+\Delta t} - P_i^t + \sum_{j=1}^i A_{ij} * R_j^t * S_j^t - R_i^t * S_i^t) * \Delta t \quad (5)$$

将 (2) 式代入 (5) 式则有

$$P_i^{t+\Delta t} = (D_i^{t+\Delta t} / D_i^t) * P_i^t + \Delta t * D_i^{t+\Delta t} (F_i^{t+\Delta t} - P_i^t + \sum_{j=1}^i A_{ij} * (R_j^t / D_j^t) * P_j^t - (R_i^t / D_i^t) * P_i^t) \quad (6)$$

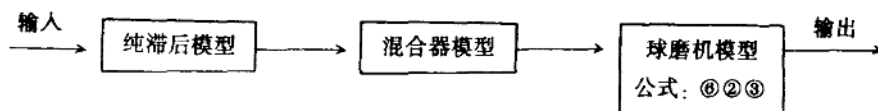
讨论:

(1) 式 (6) 表示出 $F_i^{t+\Delta t}$, $P_i^{t+\Delta t}$ 与 P_i^t 之间的函数关系, 用于动态磨矿过程模拟 (采用迭代法计算)。

(2) 由于球磨机是一容性负载, 当给定磨机给矿一个阶跃变化时, 变量 V (给矿体积) D_i (排矿比系数) 会有一个滞后过程。

(3) 如果考虑球磨机中的分级效果的话 (在棒磨机中这种现象要比球磨机明显) 可在所有的模型前加一个纯滞后模型和一个混合器模型, 并为不同的矿物组份设置不同的混合器系数, 便可模拟这一分级效果。系数的设置与颗粒的直径成反比 (即粒度越粗, 系数越小)。

(4) 动态磨机模型可描述如下:



(5) 参数 R_i / D_i^* 可用流程考查数据算出。纯滞后时间和混合器模型系数 a 可通过现场动态数据采样后求解。

(6) 如果不考虑滞后时间的话, 可将程序中的混合器系数设为 1 而纯滞后时间设为 0。

(7) 在这一模拟器中, 球磨机沿轴向被划分成三等份。每一部分被视为是理想混合的, 但对于整个球磨而言, 则不是一个理想混合模型, 因此这一动态模型的模拟结果会与静态模型的结果稍有不同。

2. 螺旋分级机模型

(1) 凡口矿螺旋分级机静态模型

此模型根据 86 年 1 月凡口矿第二系列磨矿回路流程考查数据, 通过回归计算建立建立。

(A) 水回收率 C 的表达式:

$$C = 1.3671 * FV^{-0.2307} * FLOW^{0.0572} * S_1^{-0.1760} * S_2^{0.1501} \quad (1)$$

这里, FV —给矿体积浓度 (%); $FLOW$ —给矿体积流量 (M^3 /小时); S_1 —给矿中 $+0.42mm$ 颗粒的百分含量 (%); S_2 —给矿中 $-0.076mm$ 颗粒的百分含量 (%)。

(B) D_{50C} 模型

$$D_{50c} = 1.644e^{-4} * FV^{0.4920} * S_1^{-0.3105} * S_2^{1.7385} \quad (8)$$

式中 FV、 S_1 和 S_2 的定义与式 (7) 相同。

(C) 分级效率曲线表达式

$$E_i = \frac{C * (e^a - 1.0)}{(e^a * D_i / D_{50c} + e^a - 2.0)} \quad (9)$$

这里, $a = 2.7529$; D_i —各个粒级的平均粒度。

上述公式〔式 (7) (8) (9)〕仅适用于下述范围: 给矿体积浓度从 23%—31%, 给矿体积流量从 78—126M³/小时; +0.42mm 在给矿中的百分含量从 15% 到 21%。—0.076mm 在给矿中的百分含量从 29%—39%。矿石比重约 3.8。

(2) 凡口矿螺旋分级机动态模型

通过附加一个混合器模型和一个纯滞后模型, 动态模型可建立在静态模型的基础上 (见图 1)。混合器是用于模拟螺旋分级机的分级和沉降区域的。纯滞后模型是用于模拟返砂从沉降区被运输到球磨给矿这一过程。

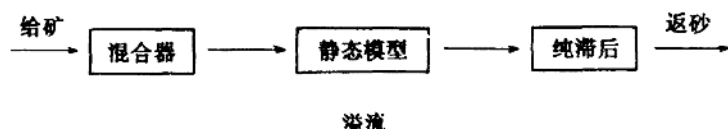
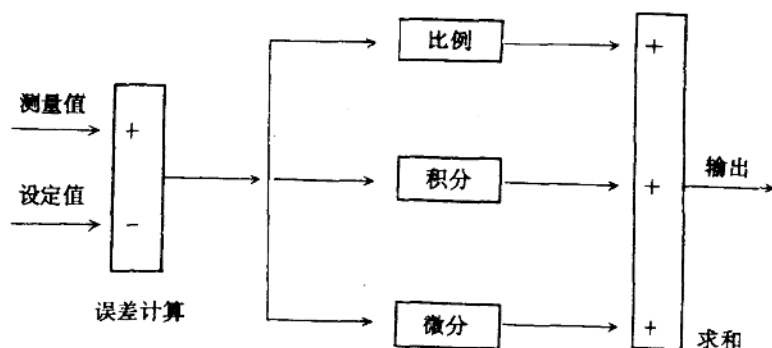


图 1 螺旋分级机动态模型方框图

3. PID 控制器

PID 控制器可用图例方式表达如下:



此控制器也可以用一段程序表示:

$M - SP \rightarrow E$

$KI * E + I \rightarrow I$

如果 $I < OL$ 则 $OL \rightarrow I$

如果 $I > OH$ 则 $OH \rightarrow I$

$I + KP * E + KO * (M - MO) \rightarrow Out$

如果 $Out < OL$ 则 $OL \rightarrow Out$

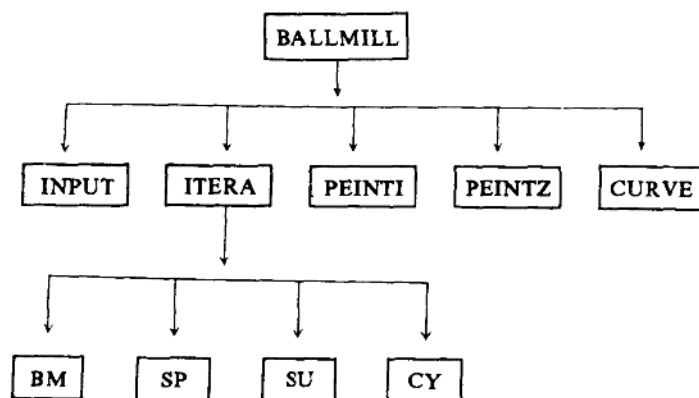
如果 $Out > OH$ 则 $OH \rightarrow Out$

$M \rightarrow MO$

这里: M -测量值; SP -设定值; KI -积分常数; KP -比例常数; KD -微分常数;
 OL -最低输出限制; OH -最高输出限制; Out -控制器输出。

二、动态模拟器简介

模拟器的结构框图如下所示



(1) 主程序 BALLMILL 控制输入, 输出和迭代过程。输入数据后静态迭代过程开始直至收敛。如果模拟回路中含有控制器的话, 程序会根据静态计算数据自动设定控制器的初始参数。操作者输入一个阶跃变化后, 动态模拟过程开始。每次迭代的动态数据被记录到输出文件中。

(2) 子程序 INPUT 负责输入数据。

(3) 子程序 PRINT1 打印静态模拟结果。

(4) 子程序 PRINT2 打印动态模拟结果。

(5) 子程序 ITERA 根据工艺流程结构矩阵控制迭代过程。它调用下一级的子程序 BM (球磨模型), SP (螺旋分级机模型), SU (泵池及调速泵模型), CY (水力旋流器模型), 同时它还包含了所有控制器, 执行机构和检测器计算单元。

说明:

(1) 通过更改输入数据文件中的工艺流程结构矩阵及其它输入参数, 此模拟器可模拟任意结构的磨矿回路和任意结构的控制方案。

(2) 由于程序是采用结构化模块方式编写的新开发的数学模型可以很方便地加入这一模拟器中。

三、凡口矿磨矿回路控制方案

1. 凡口矿选厂第二系列磨矿回路流程

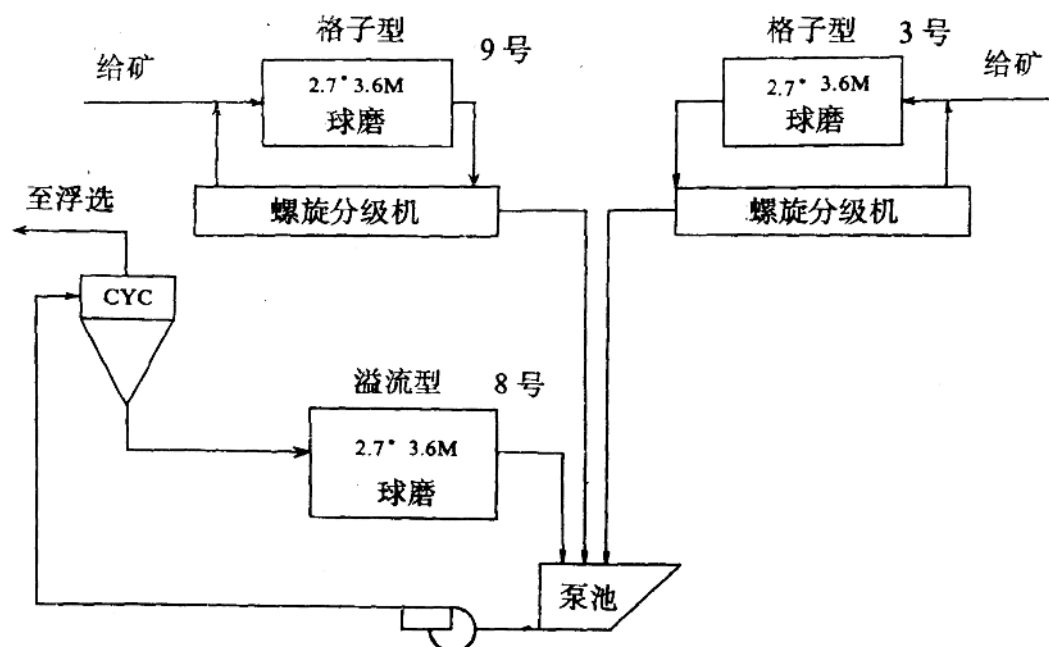


图2 凡口矿第二系列原矿磨矿作业流程图

此系统日处理量为 2050 吨。即第一段磨矿的 3 号和 9 号球磨每台处理约 45 吨/小时。给矿粒度小于 18mm。磨矿最终产品粒度要求为-200 目占 85%。磨矿产品浓度要求 38%-40%。矿石比重约 3.8。

2. 控制策略

凡口矿磨矿回路及控制系统示意图见图 3。

(1) 控制给矿量恒定:

由可调速的圆盘给矿机, 电子皮带称和 PI 控制器 (C_1) 组成的给矿控制回路将磨机的新给矿量控制在 PI 控制器的设定点, 保证给矿稳定。

(2) 控制各个加水点的水量:

水量控制回路由电磁流量计, 电动阀门和 PI 控制器 (C_2 、 C_3 、 C_4) 组成。其作用是将加水量控制在各个控制器的设定点, 保证给水量稳定。

(3) 控制 3 号和 9 号球磨 (第一段磨矿) 的磨矿浓度:

比例控制器根据电子皮带称的测量值串级控制球磨机前加水回路, 按比例加水控制磨矿浓度 (约为 80%)。

(4) 控制 3 号和 9 号球磨 (第一段磨矿) 的循环负荷:

螺旋分级机的轴功率可间接测量出循环负荷, 控制器 C_5 将分级机的轴功率作为输入信号, 串级控制磨机的后加水的回路, 将第一段磨矿的循环负荷量保持在设定点。此设定值在满足浮选浓度条件的前提下保证磨机工作在最佳状态。

(5) 控制 8 号球磨 (第二段磨矿) 的循环负荷:

安装在砂泵至旋流器矿浆管上的密度计和流量计输出的信号通过简单计算可求解出干

矿量（即循环负荷）。这个信号作为控制器 C_6 的输入。 C_6 的输出串级控制泵池加水回路（即 8 号球磨后加水回路），将第二段磨矿的循环负荷保持在 C_6 的设定点。

(6) 控制磨矿粒度：

最终磨矿产品的粒度由一台 PSM400 粒度仪监测，粒度仪的测量信号作为控制器 C_7 的输入信号，控制器 C_7 的输出信号串级控制给矿控制回路，在一定范围内调节给矿量，控制产品细度，（粒度太粗减少给矿量，反之则增加给矿量）。

(7) 控制泵池液位：

由液位变送器，PI 控制器和调速泵组成的泵池液面控制回路将液位保持在一定范围，保证砂泵不打空及矿浆不溢出泵池。达到保证旋流器工作正常（避免喘气现象）的控制目标。综上所述，给水和给矿控制回路保持浮选给矿矿浆浓度和流量稳定，有利于浮选作业。循环负荷控制回路保证磨机工作在最佳状态，有利于节能和提高磨矿细度。泵池液位控制回路保证水力旋流器正常工作，提高分级效率。粒度控制回路保证最终磨矿产品粒度符合要求。图 3 为一化简了的控制方案示意图（因第一段磨矿为 2 台并行的磨机，控制方案相同，故化简为一台磨机，实际模拟时仍按二台磨机处理量计算）。

3. 磨矿回路和控制系统的模拟

本文未讨论最简单，最低层的控制回路的模拟（给水、给矿、泵池液位）。通常这类控制回路仅需由自动化专业工程技术人员通过常规调试便能投入运行。本文也未考虑随机误差对工艺过程的影响，例如矿石硬度的变化，电压波动等。只有等现场的实际控制系统投入运行后，才能方便地对这类误差进行研究。

所有的粒流分为四个组份，其中给矿料流各组份的百分含量如下：

组份	百分含量
-18mm—+0.42mm	84.11%
-0.42mm—+0.076mm	6.24%
-0.076mm—0.0mm	9.65%

水

原矿水份 4.02%

处理量 94 吨 / 小时（旧流程模拟为 42.77 吨 / 小时）。

整个实际的模拟过程包括下述步骤：

①模拟旧流程（因为本次模拟所用数据均采至 1986 年的旧流程），包括确定对应的选矿机械数学模型参数。

②模拟当前的工艺流程。

③模拟由 3 号、9 号球磨及螺旋分级机组成的第一段磨矿循环负荷控制回路，调试控制器的比例常数 K_P 和积分常数 K_I 。

④将第一段磨矿回路控制系统投入运行，保持各控制器设定点，调控第二段磨矿（8 号球磨）循环负荷控制回路，确定合适的 K_P 、 K_I 值。

⑤调试粒度控制回路并考虑粒度与第二段磨矿循环负荷回路的解耦问题。

由于篇幅所限，本文仅讨论第③④⑤项。

(1) 调试第一段磨矿循环负荷 PID 控制器的参数

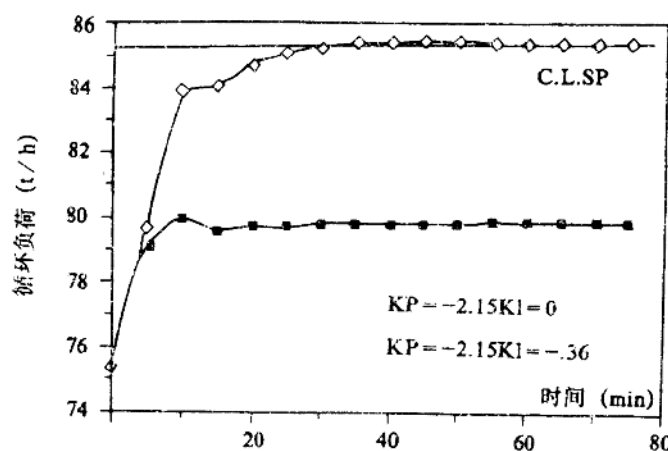


图4 控制系统响应曲线

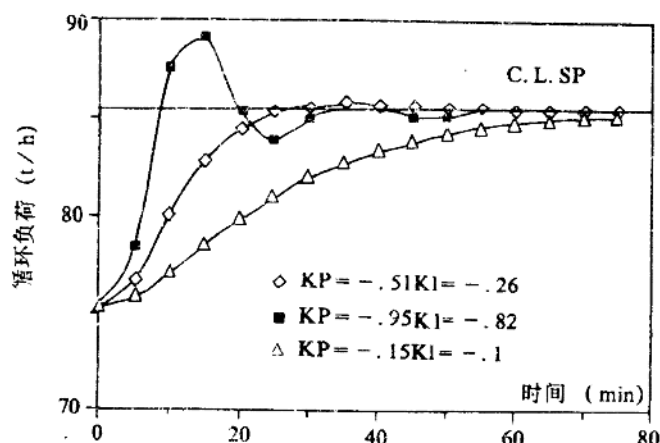


图5 不同的KP、KI值对系统响应的影响

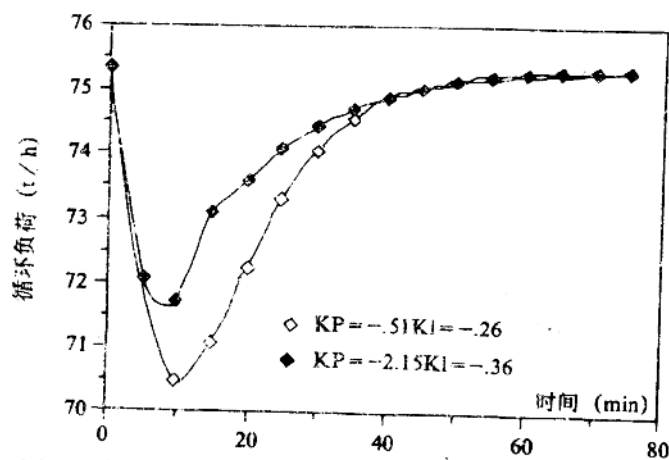


图6 改变处理后循环负荷控制回路的自动响应过程

由于本模拟器未考虑水流在水管中由于传送过程引起的延时, 因此很容易确定所有水回路PID控制器的参数, 具体数值如下:

$$K_P = -0.2 \quad K_I = -0.52$$

$$K_D = 0.0$$

回路的调节步骤如下:
(KD常设为0)

断开粒度控制回路, 设积分常数 K_I 为 0, 然后逐渐增大 K_P , 直到系统响应曲线与设定点的偏移量最小但又保证系统不发生振荡为止。当 $K_P = -2.15$, $K_I = 0$ 时满足这一要求, 响应曲线见图 6。

固定 K_P 值 ($K_P = -2.15$), 逐渐增大 K_I , 直到消除系统响应曲线与设定点之间的偏移量而又不引起系统振荡为止 (当 $K_I = 0.36$ 时), 见图 4。至此调试过程结束。

设定三组不同的 K_P 、 K_I 值, 对系统响应进行测试, 结果如图 5 所示。从图中可看出: K_P 、 K_I 太大会引起系统振荡, 太小时响应过程则太慢。

固定设定点为 75.3 t/h (循环负荷), 将新给矿由 94 t/h 减少到 84 t/h , 模拟控制系统的响应过程, 结果见图 6。

从图中可看出: 在控制回路的调节作用下 (通过增加球磨后加水的水量), 循环负荷量约 40 min 后回复到设定点。当然, 在这一调整过程中加水的水量应受到一定限制 (视浮选浓度要求而定)。

(2) 调试第二段磨矿循环

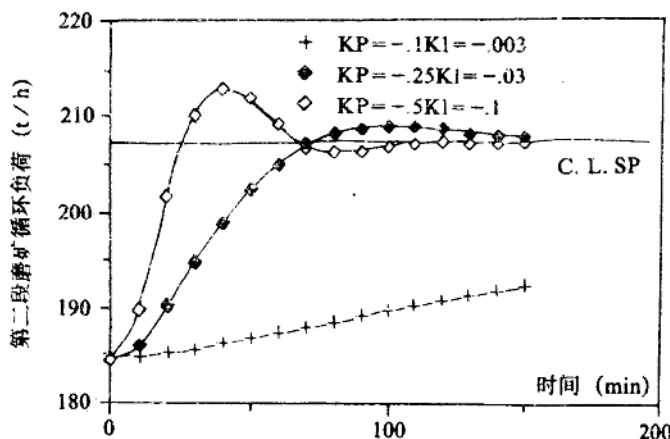


图7 对应组不同的 K_P 、 K_I 值,系统的响应曲线

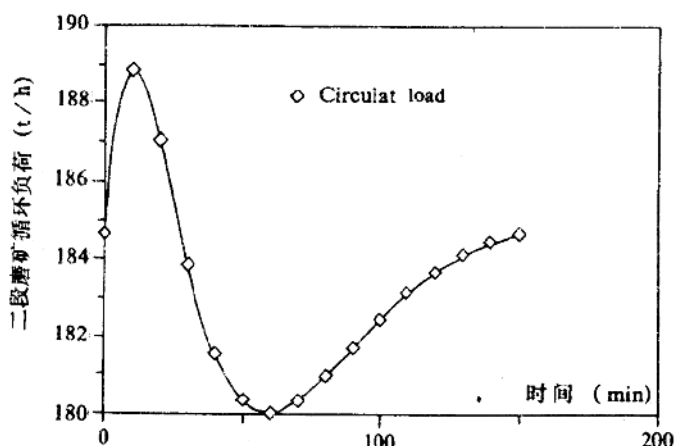


图8 第二段磨矿循环负荷控制回路
对给矿量改变的响应

负荷 PID 控制器的参数

第二段磨矿循环负荷控制回路的调试与第一段磨矿是基本相同的。调试过程中,粒度控制回路应断开且第一段磨矿回路各设定点保持不变。被调试的回路如图7所示。回路中计算块1是用于计算干矿量的,根据密度计和流量计信号,干矿量经简单计算便可求出。

给出一个阶跃变化给循环负荷控制器 C_c 的设定点,例如从 184.62t 变化为 207t,测试不同 K_P 、 K_I 值时系统的响应,找出最佳的 K_P 、 K_I 值(求出 $K_P=-0.25$ 、 $K_I=-0.03$)图8是给定三组不同的 K_P 、 K_I 值后模拟出的结果。

固定第二段磨矿循环负荷设定点为 184.62t/h,改变第一段磨矿的给矿量(从 94t/h 增加到 100t/h),其它条件均不变,测试(模拟)第二段磨矿循环负荷量对给矿量改变的响应。结果如图9所示。

(3) 调试粒度控制回路 PID 控制器参数

通常粒度回路与循环负荷回路,特别是第一段磨矿循环负荷回路是存在耦合影响的。这是因为给矿量(粒度回路控制量)的改变会引起循环负荷的改变(给矿量增加,则磨矿产品粒度变粗,循环负荷量增大,反之亦然)。而补加水的改变(循环负荷回路控制量)除会导致循环负荷改变外不会引起磨矿产品粒度发生变化。这种现象对过程控制是有害的。

解耦通常有二种方法。一是通过调整二个相关控制回路的响应速度(使其速度明显不同)。二是通过计算,将二个相关回路的测量值相互补偿,重新组合成新的测量值输入各对应的控制器。本文仅叙述第二种方法的调试步骤。

(A) 测试给矿零位曲线(ore-zero curve)和给水零位曲线(water-zero curve)

所谓给水零位曲线实际上是这样一条曲线:固定第二段磨矿的补加水量,改变给矿量测试在不同给矿量时第二段磨矿循环负荷与磨矿产品粒度的函数关系(见图10)。而给矿零位曲线则是通过固定给矿量而改变补加水量求出(见图12)。

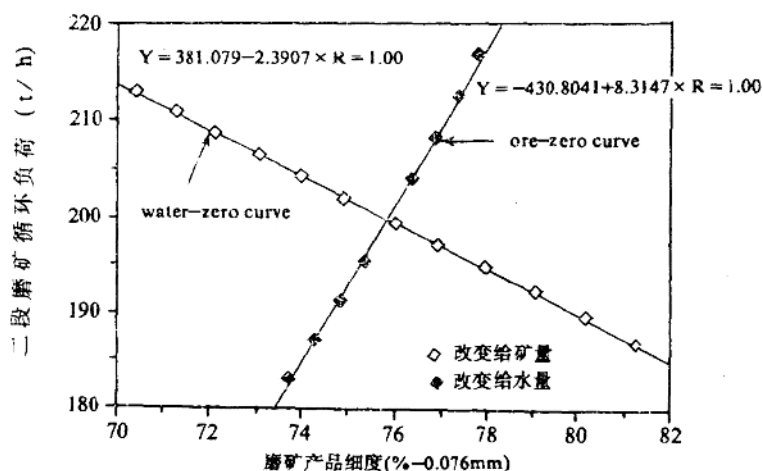
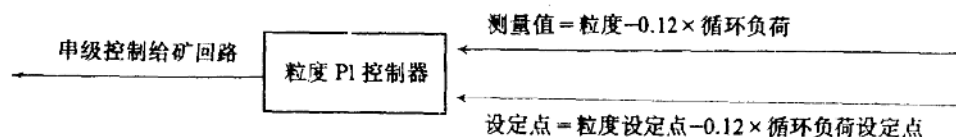


图 10 给矿零位曲线与给水零位曲线

从给矿零位曲线中可看到：尽管不改变给矿量，但只要改变补加水量就能同时改变粒度和循环负荷。当第二段磨矿循环负荷从 183t/h 增加到 217t/h，产品细度从 -200 目含量占 73.71% 增加到 77.79%，（增加 4.80%）。粒度控制回路的输入可由于循环负荷测量与粒度测量值组合而成。即：

输入 ← 产品细度 - (4.08 / 34) × 循环负荷。

粒度控制回路可表达为：

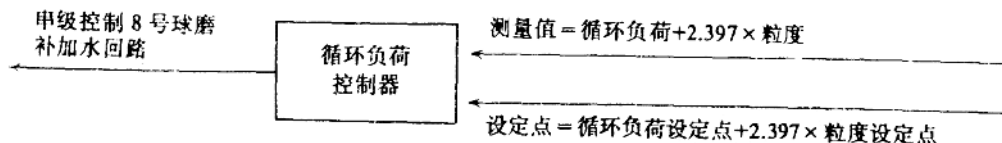


此时，补加水量的改变不再影响粒度控制回路。

同时，从给水零位曲线上也能看出：尽管不改变补加水量，但只要改变给矿量就能同时改变磨矿产品粒度和循环负荷。当给矿量的改变使得循环负荷从 186.94 增加到 213.14t/h，产品粒度从 -200 目占 81.26% 降为 70.33%（降低 10.93%）。循环负荷控制器的输入也可以由循环负荷测量值与粒度测量值组合而成。即：

输入 ← 循环负荷 + (26.2 / 10.93) × 粒度

循环负荷控制回路可表示为：



此时，给矿量的改变将不再影响循环负荷控制回路。

完整的控制方案示意图。上述讨论即为计算块 2 应放进的内容。

(B) 调试粒度控制器的 KP、KI 值。

有关 KP、KI 值的确定与前面所讨论的第一、二段循环回路 KP、KI 值的调试过程

基本相同, 在此不再重复。注意这一控制回路是一个正反馈过程 (即控制器的测量值-磨矿细度 (-200 目百分含量) 减少时, 控制器的输出要控制给矿量减少), 因此 K_P 、 K_I 为正值。最终求得的 $K_P=0.2609$; $K_I=0.05739$ 。

(C) 测试控制系统的特性

至此用户已可在动态模拟器上改变各种操作条件, 设定点来测试控制系统工作特性的好坏。笔者曾做大量的模拟测试工作, 限于篇幅仅出两例;

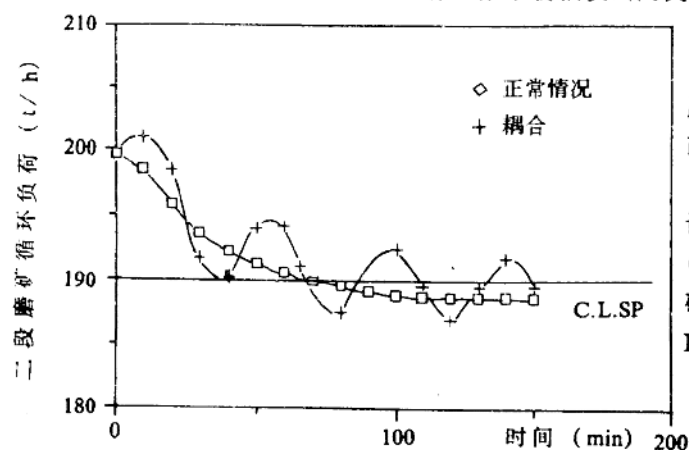


图 11 第二段磨矿循环负荷响应曲线

当产品细度设定点从 -200 目占 76.02% 改为 72%; 第二段磨矿循环负荷设定点从 199.59 改为 190 时。

图中振荡的响应曲线为错误设置 K_P 、 K_I 值所致 ($K_P=0.426$, $K_I=0.151$) (正确值应为 $K_P=0.26$, $K_I=0.058$)。

四、结 语

1. 一个用于模拟任意结构磨矿回路和对应控制系统的动态模拟器已经建立。其中大部分模型来自澳大利亚 J.K. 矿物研究中心。如果需要, 此模拟器也可用于工艺过程和静态模拟。

2. 笔者根据凡口矿一九八六年旧流程的考查数据设置了模型参数。尽管凡口现磨矿工艺流程已被改造, 但所用设备型号未变。模型参数仅与设备特性有关 (例如磨矿直径、球比、转速等), 而与流程结构无关。因此旧流程的考查数据仍然是可用的。

3. 笔者对凡口磨矿回路及对应的控制系统进行了动态模拟。特别是模拟了第一段, 第二段循环负荷控制回路和粒度控制回路的调试过程。以及循环负荷回路和粒度回路间的解耦。对今后在现场调试实际的控制系统是很有帮助的。

4. 此次模拟未考虑随机影响, 例如现场的电压、水压波动、矿石硬度变化等。只有等到凡口现场的实际控制系统投入运行后, 修正选矿工艺动态模型和建立随机误差模型才成

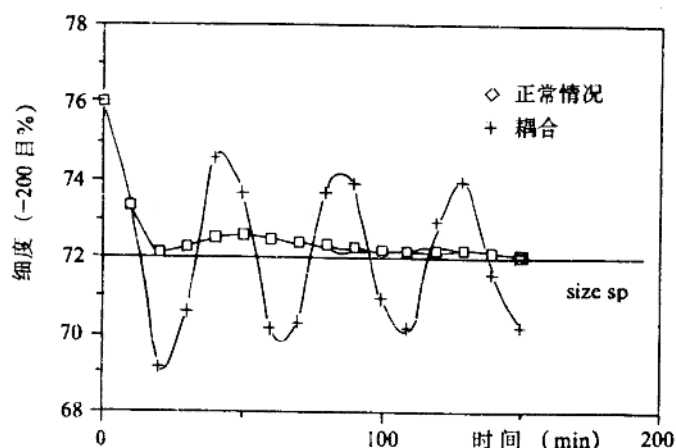


图 12 磨矿产品细度响应曲线

为可能。研制出精确的工艺过程动态模型将为凡口矿采用现代控制理论（而不是经典的控制理论）进行过程控制打下基础。

5. 凡口矿现采用 Foxboro 公司生产的 1/A 过程控制计算机。此公司同时推出了一种与 1/A 计算机操作系统完全相同的、用于培训的、运行在 AT 总线 PC 微机上的模拟软件。开发出较精确的过程动态模型并与 1/A 机模拟软件结合起来，将生成一种功能极其优越、实用性极强的动态及控制系统模拟软件。

可编程序控制器在有色金属选矿中的应用

黄沙坪铅锌矿 周兵胜 张中文

一、可编程序控制器简介

可编程序控制器是八十年代初迅速发展起来的新一代工业控制装置，它以原有的继电器逻辑控制系统为基础，逐步发展为兼有逻辑控制，计时，计数，分支程序，数据处理，模拟量调节，操作显示，联机通讯等功能的控制系统，可编程序控制器结构简单，编程方便，性能优越，可广泛应用于工业生产过程的自动控制中。

国际上可编控制器的迅速发展，首先引起了国内工程技术界的极大兴趣，许多部门都在积极推广应用，各产业部门和沿海城市争先引进其技术设备，并积极消化，移植和开展应用研究。

目前国际上生产可编程序控制器的厂家很多，它们遍及美国、日本、欧洲各国，各公司的产品也有所不同，但无论哪一个厂家的产品，就可编程序控制器的技术而言都大同小异，概括起来有如下特点：

1. 系统化

国外各大公司几乎每隔几年就要推出一个新系列产品，许多公司已经具有几个系列的产品，较新的系列大体上都有小、中、大型三种机型。表一给出了各机型的规模和特性。

2. 多处理器

一般的小型机是单处理器系统；中型机多为双处理器系统，包括字处理器和位处理器；大型机则为多处理器系统，由字处理器，位处理器和浮点处理器组成。

3. 较大的存储能力

用 CMOS 器件和磁泡存储器，容量可从数千字节到数兆字节，作为直接工业控制装置的程序存储和数据存储，系统掉电时，备有电池保持，可保存部分实时信息。

4. 很强的输入输出接口

考虑到工业过程的需要，常用的输入输出接口有 110V，220V 和直流 5V，24V，48V，60V。负载能力可从 0.5A 到 5A。模拟量的输入输出有 $\pm 50\text{mV}$ 到 $\pm 10\text{V}$ ，电流有 0~10mA 或 4~20mA 多种规格，为保证安全运行，提高可靠性，输入输出接口都采取了

隔离技术。

5.智能外围接口

新一代的可编程序控制器具有许多智能外围接口, 这些接口, 具有独立的处理器和存储器, 作为专用的工业外转接口, 它们可完成特殊的功能, 独立地进行闭环调节, 可作为温度控制, 位置控制; 也可用于连接显示终端, 打印机等。有智能外围接口, 可以大大地增强单台机器的功能。

6.网络化

可编程序控制器可连成功能很强的网络系统, 一般有两类网络, 一类是低速网络, 采用主从方式通讯, 传输速率从几千波特到上万波特, 传输距离 500—2500 米, 另一类是高速网络, 采用令牌传送方式通讯, 传输速率由 1 兆波特率到 10 兆波特, 传输距离 500—1000 米, 网络上结点可达 1024 个, 这两类网络可级连。网上可兼容不同类型的可编程序控器和计算机从而组成控制范围很大的局部网络。

7.紧凑性, 高可靠性和保密性

八十年代初, 单片机的出现促进了可编程序控制器向紧凑性发展。近年来, 由于半定制的大规模集成电路技术的发展, 大大促进了可编程序控制器的小型化, 同时也增加了可编程序控制器的技术保密性。在小型化的同时, 可靠性也在不断提高, 一般可保证 3 万到 5 万小时无故障时间。

表 1 各机型的规模和特性

	小 型	中 型	大 型
I/O 能力	256 点以下	256—2048 点	2048 点以上
模拟量	无	64—128 路	128—512 路
CPU	单 CPU8 位处理器	双 CPU8 位字处理器, 位处理器	多 CPU16 位字处理器位和浮点处理器
扫描速度	20—60ms/k 字	5—20ms/k 字	1.5—5ms/k 字
存储器	0.5—2K 字	2—6K 字	64K—上兆字节
智能 I/O	无	有	有
连网能力	有	有	有
指令及功能	逻辑运算	逻辑运算	逻辑运算
	计数器 8—64 个	计数器 64—128 个	计数器多于 128
	计时器 8—64 个	计时器 64—128 个	计时器多于 128
	标志位 8—64 个其中 1/2 可记忆	标志位 64—2048 个其中 1/2 可记忆	标志位多于 2048 其中 1/2 可记忆
	具有寄存器和触发器功能	具有寄存器和触发器功能	具有寄存器和触发器功能
		算术运算, 比较, 数制转换, 三角函数, 开方, 乘方, 微分, 积分, 中断	算术运算, 比较, 数制转换, 三角函数, 开方, 乘方微分, 积分, 中断 PID, 过程监控
	梯形图	梯形图, 流程图, 语句表	梯形图, 流程图, 语句表, 图形和 BASIC 等语言

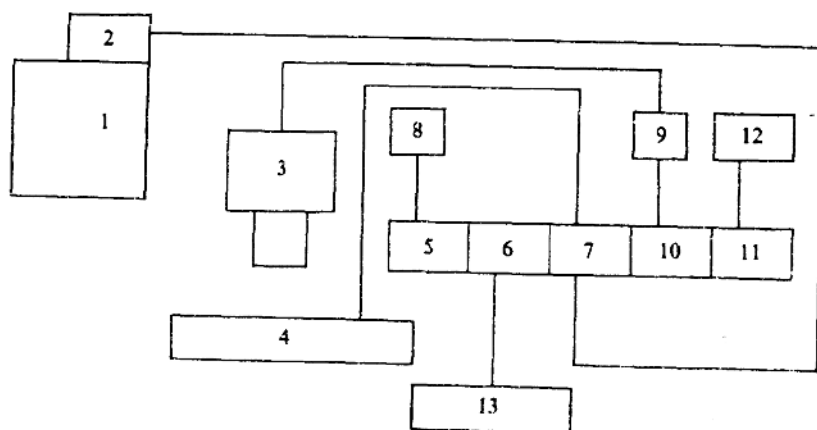
8.通俗化的编程语言

为了适应更多的工程技术人员的需要,可编程序控制器具有多种形式的工程技术人员的语言:有顺序控制用的梯形图,用软结点,软触发器,软件计时器和;软件计数器来代表相应的物理部件,以进行逻辑运算,完成时间上的顺序控制;有适应于数值控制的系统流程图,具备算术运算,比较,滤波等功能,从而对工业生产过程可方便地作出系统方块图并对控制过程进行跟踪。在一些机型中,还具有类似于汇编语言的语句表等编程语言。在大型可编程序控制器中还具有 BASIC 等高级编程语言,从而可满足各种不同控制对象和不同使用人员的需要。

二、应用实例—PC 型程控加药机

1.概述

有色金属选矿过程加药控制是一个重要环节,它对有色金属选矿效果和技术经济指标影响甚大。目前国内大多数选矿厂仍沿用杯式、轮式和虹吸管加药,加药精度差,工人劳动强度大,药剂浪费严重。PC 程控加药机就是黄沙坪铅锌矿针对国内有色金属浮选加药控制设备存在的缺陷并结合实际情况经反复实验而研制的一种新型远程控制的加药装置。该机以可编程序控制器(简称 PC)为控制核心,以自行研制的特种电磁阀为执行阀,PC 机与执行阀之间用无触点的固态继电器连结,实现完全的电隔离。它结构简单,运行可靠,具有优良的加药精度和环境适应性,可大大改善给药操作的工作条件,降低药剂消耗,适用于各种生产规模有色金属选矿厂,湿法冶炼和化工等过程多种液体药剂多点准确添加。其组成情况见图一:



1-给药箱; 2-欠药检测; 3-执行阀; 4-断药检测; 5-CPU; 6-通讯模块; 7-输入模块; 8-编程器; 9-负载隔离箱; 10-输出模块; 11-模拟量输入输出模块; 12-电子皮带秤/球磨给矿调速器; 13-286 微机

图 1 PC 程控加药机组成框图

2.工作原理及应用程序框图

PC 型程控加药机是利用孔口流的基本原理和间断加药方式,在一定周期内先把药液间断地加入一流量缓冲器内,然后通过管道连续流到加药点。