

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G05B 19/418 (2006.01)

G05B 19/04 (2006.01)



# [12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200710158969.1

[43] 公开日 2008年5月21日

[11] 公开号 CN 101183260A

[22] 申请日 2007.12.18

[21] 申请号 200710158969.1

[71] 申请人 丹东东方测控技术有限公司

地址 118002 辽宁省丹东市滨江中路 136 号

[72] 发明人 刘厚乾 谢琼泽 王文田 张尧东  
段润龙 迟世成 李明东 于仁和  
蔡国良 王远峰 张继洪 杨学刚  
白鹏 王群 李兴华

[74] 专利代理机构 沈阳杰克知识产权代理有限公司  
代理人 孙国瑞

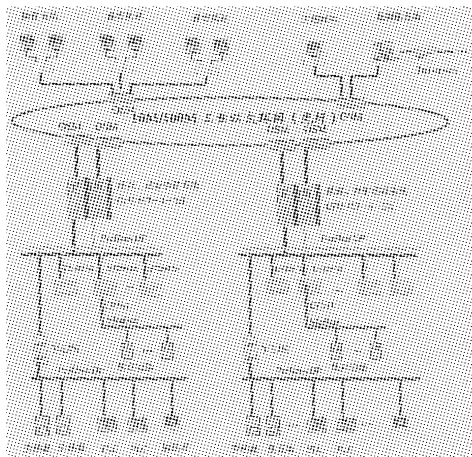
权利要求书 1 页 说明书 7 页 附图 3 页

## [54] 发明名称

选矿全流程自动控制方法

## [57] 摘要

本发明提供了一种选矿全流程的自动化控制方法，在常规选矿工艺设备上安装信号采集设备组成控制网络系统，系统网络结构：控制系统采用 SIMATIC PCS 冗余自动化控制系统，通讯网络采用工业以太网环形和冗余 PROFIBUS 现场总线；在各作业单元中分别采用“破碎专家智能控制系统软件”、“磨机模糊控制系统软件”、“旋流器模糊控制系统软件”、“浮选智能专家自动控制系统软件”进行数据处理，对选矿厂生产过程进行优化控制、优化运行、优化管理，使选矿厂实现了数字化管理，提高选矿生产过程的自动化水平，提高产品产量和质量，提高资源的综合利用率，提高设备生产能力，实现节能增效。



1 一种选矿全流程自动控制方法，其特征在于：在常规选矿工艺设备上安装 PCS7 冗余控制系统的信号采集设备组成控制网络系统，系统网络结构为：控制系统采用 SIMATIC PCS 冗余自动化控制系统，通讯网络采用工业以太网环形和冗余 PROFIBUS 现场总线；在各单元作业中采集的信号处理分别为：在破碎筛分生产过程自动控制系统中采用“破碎专家智能控制系统软件”进行数据处理；在磨机给矿自动控制系统中采用“磨机模糊控制系统软件”进行数据处理；在磨矿分级溢流粒度控制系统中采用“旋流器模糊控制系统软件”进行数据处理；在浮选过程自动控制系统中采用“浮选智能专家自动控制系统软件”进行数据处理。

## 选矿全流程自动控制方法

### 技术领域

本发明涉及一种选矿工艺方法，具体说涉及一种选矿自动化控制方法。

### 背景技术

进入本世纪，可持续性发展战略已成为资源性产业的头等大事，选矿行业作为资源性产业重要的组成部分，必须面对“持续”和“发展”这两大问题。“发展”的压力来自市场的竞争，“持续”的压力来自矿产资源的不可再生。随着我国加入 WTO 和国民经济的发展，选矿企业必须面对国内外阶段性的残酷竞争，迫使企业不断通过各种手段提高质量、降低成本，在行业竞争中保持有利地位。

在发达国家的选矿厂，上个世纪末已基本实现了全流程的计算机控制。但国外的控制系统对生产设备、生产环境和工艺条件要求较高，不能适应我国矿石性质复杂、品位低的状况。

我国在选矿自动化系统的研究与应用方面与世界相比落后较多。在八十年代末九十年代初，一些院校和研究院，如东北大学、马鞍山研究院、昆明冶金研究院等在选矿自动化方面均作了一些有益尝试，多因现场环境恶劣，检测手段不过关或控制理论不够先进而没有推广应用。

### 发明内容

本发明针对目前自动化选矿存在的缺陷，提出一种对设备运行状况判断更准确，自动化控制更完善，能适应我国矿石性质特点的全流程自动控制的控制方法。

实现本发明的目的采取的具体技术措施是：一种选矿全流程自动控制方法，其特征在于：在常规选矿工艺设备上安装 PCS7 冗余控制系统的信号采集设备组成控制网络系统，系统网络结构为：控制系统采用 SIMATIC PCS 冗余自动化控制系统，通讯网络采用工业以太网环形和冗余 ROFIBUS 现场总线联接；在各单元作业中采集的信号处理分别为：在破碎筛分生产过程自动控制系统中采用“破碎专家智能控制系统软件”进行数据处理；在磨机给矿自动控制系统中采用“磨机模糊控制系统软件”进行数据处理；在磨矿分级溢流粒度控制系统中采用“旋流器模糊控制系统软件”进行数据处理；在浮

选过程自动控制系统中采用“浮选智能专家自动控制系统软件”进行数据处理。

本发明的有益效果：由于在常规选矿工艺设备上安装 PCS7 冗余控制系统的信号采集设备组成控制网络系统，并且在破碎筛分生产过程自动控制系统中采用“破碎专家智能控制系统软件”、在磨机给矿自动控制系统中采用“磨机模糊控制系统软件”、在分级溢流粒度控制系统中采用“旋流器模糊控制系统软件”、在浮选过程自动控制系统中采用“浮选智能专家自动控制系统软件”进行数据处理。

由于对选矿厂生产过程进行优化控制、优化运行、优化管理，在实现选矿厂数字化管理、提高选矿生产过程的自动化水平、提高产品产量和质量、提高资源的综合利用、提高设备生产能力、实现节能增效等方面成效显著。

#### 附图说明

图 1 自动控制系统网络结构示意图

图 2 是自动控制系统目标示意框图

图 3 是磨机给矿控制流程示意框图

图 4 是模糊控制器控制流程框图

图 5 是旋流器控制示意框图

具体实施方式：结合附图详细说明选矿全流程自动控制方法。

本发明选矿全流程自动控制方法，在常规选矿工艺设备上安装 PCS7 冗余控制系统的信号采集设备并组成自动控制网络系统，自动控制系统网络结构为：如图 1 所示，控制系统 A 采用 SIMATIC PCS 冗余自动化控制系统，SIMATIC PCS7 是西门子公司结合计算机软、硬件技术面向所有过程控制应用场合的控制系统。

采用 S7 自动化系统作为现场控制单元实现过程控制，以 PLC、变频器及触摸屏联接工艺设备，其装配数量根据实施控制的设备数量而定。所获得的信号由 CPU417-4-2H 进行处理，以灵活多样的分布式 I/O 接收现场传感检测信号。由西门子组态软件 WinCC 能迅速方便地访问西门子 PLC 的所有资源，获得 PLC 运行数据，修改控制参数，并提供了时间曲线图、统计饼状图、实时显示柱状图等多种显示方式，实时显示状态变化，动画显示设备运行状态，并提供声音、图像报警等，还提供了键盘数字式、鼠标图形式等多种数据输入方式。SIMATIC PCS7 采用上位机软件 WinCC 作为操作和监控的人机界面的操作员站 C，利用开放的现场总线和工业以太网实现现场信息采集和系统通讯，

SIMATIC PCS7的通讯系统B采用的是10M/100M工业以太网环网和冗余ROFIBUS现场总线相联接。工业以太网用于系统站之间的数据通讯，SIMATIC PCS7采用符合IEC 61131-3国际标准的编程软件和现场设备库，提供连续控制、顺序控制及高级编程语言。现场设备库提供大量的常用的现场设备信息及功能块，可大大简化组态工作，缩短工程周期。

远程显示D存在于局域网中，远程访问采取WEB服务器的形式，利用WinCC/Web Navigartor软件，它可以通过以太网提供远程网页浏览服务，具有如下优点：

① 远程用户只要安装微软IE浏览器，就能直接访问现场组态，在远程客户端无需安装任何软件，组态服务结构简单，维护方便。

② 对于多用户组态来说，采用WEB方式时，可以设置WEB服务的权限，防止非法访问生产原始数据，提高了系统和数据的安全性。

③ 采用WEB方式提供组态画面，在开发局域网软件时，可以将组态画面集成到软件中，为局域网功能扩展留有接口，提高了控制的扩展性。

选矿全流程自动控制方法主要对4种作业控制系统和1种综合管理系统进行自动化控制，其中包括破碎筛分控制系统、磨矿分级控制系统、浮选控制系统、浓缩过滤控制系统、选矿信息综合管理系统。自动控制系统目标见图2，以下分别述之。

#### 选矿全流程自动控制综合信息管理系统1

生产过程是一个涉及到原材料、设备、能源、产品的复杂过程，包括生产计划、生产指挥、设备控制、生产过程控制、质量控制、成本控制等，单纯地控制设备的自动化系统远远不能满足复杂的生产过程的要求。

生产信息管理系统包括：计划管理，调度管理，成本管理，设备管理，质量管理，能源管理等。

通过生产信息管理系统，不仅实现对整个生产系统的人员、设备、能源和产品的整合，使自动化控制系统提高到生产调度和生产管理的高度，优化了自动化控制，为企业综合管理提供直接的生产统计数据。

选矿全流程自动控制综合信息管理系统1采用通用的管理软件对作业现场提供的数据进行处理，所得处理数据存储于控制系统网络中，可随时调用。

#### 破碎筛分控制系统2

破碎筛分控制系统2分为两部分：破碎筛分生产过程自动控制和破碎筛分生产设备

顺序控制。

破碎筛分控制系统检测与控制内容为：破碎矿仓料位检测与布料自动控制；破碎机给料皮带金属探测与报警控制；破碎机负荷检测与给料自动控制；破碎润滑油路检测与保护自动控制；破碎工艺过程中各主要输送皮带的跑偏、打滑检测及其相关设备的逻辑控制与逻辑连锁；中、细破碎作业的优化平衡控制及相关工艺过程的自动分析、故障判断、历史资料归档、事故报警、故障保护等功能。

在破碎筛分生产过程自动控制系统中根据破碎筛分控制系统检测与控制内容编写“破碎专家智能控制系统软件”，并将该软件装入破碎筛分控制器中，对由装在破碎筛分设备上的 PLC 采集的数据进行处理，完成了破碎生产过程自动控制。

破碎专家智能控制系统软件能自动识别破碎机负荷变化的各种情况，并在此基础上为控制系统提供可能出现的各种变化趋势，同时把这些变化趋势记录在专家库中，形成了集控制、识别、学习于一体的智能专家系统。

此控制系统的连续运行能判断出破碎机“过铁”、走“大块”及排料口增大导致破碎粒度增大等异常情况的出现并及时通过变频器或及时通知操作人员，达到稳定破碎机状态、充分发挥破碎机效率的目的。

### 磨矿分级控制系统 3

磨矿分级自动控制系统 3 分为：磨矿分级生产过程自动控制和磨矿分级生产工艺流程顺序控制。

磨矿分级生产过程自动控制检测与控制内容为：球磨机负荷状况分析与给矿机智能切换、给矿量自动控制；球磨机充填率检测与加球自动控制；球磨机前后大瓦润滑系统检测与保护自动控制；球磨机音频检测、功率检测与球磨机磨矿浓度控制。

分级机溢流粒度（浓度）控制；旋流器给矿浓度、给矿压力检测与溢流粒度、沉砂浓度自动控制；旋流器给矿泵池液位检测与补加水自动控制；实现智能给水、给矿及磨机工况的自动分析、故障判断、历史资料归档、事故报警、故障保护控制；磨矿分级工艺设备启停、逻辑连锁与保护控制。

在磨机给矿自动控制系统中根据磨矿分级自动控制检测与控制内容编写“磨机模糊控制系统软件”，该软件装入系统模糊控制器中，磨机给矿控制流程如图 3 所示。由装在磨机设备上的信号采集器将磨音电耳、磨机功率分级机返砂量、分级溢流粒度数据送入模糊控制器，经数据处理后送入 PID 控制器并与矿量检测数据综合处理，结果输出

至变频器。

由于磨机磨矿过程的复杂性和参数时变性及大滞后特性,无法定量地判断磨机的工作状态和矿石的性质,只能定性或趋势性地判断,这种判断是无法实现磨机的精确控制的。为实现磨机的精确控制,磨机模糊控制系统将磨机的性能、磨矿系统的工艺过程、矿石性质的变化等诸多因素与生产实践结合起来,建立模糊控制规则,进行模糊推理,得出模糊推理结果,反模糊化,与各控制对象的PID结合,组成Fuzzy+PID的控制闭环,从而实现磨机的精确控制。

在磨矿分级自动控制系统中引入模糊控制理论,选用模糊控制和PID控制相结合的方法,这样既可保持PID控制的无静差、稳定性好的特点,又具有模糊控制对参数的适应性和调节速度快的特点。

实际生产过程中,影响球磨机工作的因素很多,磨机模糊控制系统软件选择了几个主要因素,其中包括:磨机音频、磨机功率、分级返砂量、分级溢流粒度,作为模糊控制器的输入。模糊控制器的最后输出是磨机给矿量、排矿水及返砂水。这些输出值经限幅处理后作为PID控制器的输入,PID控制器的输出控制系统中的执行机构进行调节。

在分级溢流粒度控制系统中根据分级机溢流粒度自动控制检测与控制内容编写“旋流器模糊控制系统软件”,该软件装入系统模糊控制器中,模糊控制器控制流程如图4所示,由入口进入初始化进入采样进入计算隶属度进入模糊推理,进行解模糊判决再进入限幅处理至出口。旋流器控制如图5所示,给矿浓度、给矿压力、泵池液位、溢流粒度数据进入装有旋流器模糊控制系统软件的模糊控制器,经数据处理,解模糊输出进入PID控制器并与补水检测数据综合运算,其结果分别进入渣浆泵变频器与补加水电动阀。

旋流器控制的主要目的是保证其溢流粒度、沉砂浓度及其处理量。影响旋流器工作的因素包括结构参数、操作条件和矿石性质等。在结构参数固定及矿石性质不可控的情况下,给矿压力和给矿浓度直接影响旋流器的工作状态。

当旋流器压力一定时,给矿浓度对溢流粒度及分级效率有重要影响。给矿浓度高,矿浆浓度大、含泥量高时,矿浆粘度和密度将增大,矿粒在旋流器中运行的阻力增大,而使分离粒度变粗,分级效率亦将降低。反之,当给矿浓度低时,阻力变小,分离粒度变细,分级效率高。所以对于给矿浓度的控制非常关键。我们选用浓度计实时检测给矿浓度的变化情况,通过调节旋流器矿浆池的补加水来控制给矿浓度,从而保证了旋流器

的分级效率。

给矿压力是旋流器中矿浆产生速度的原因，它直接影响旋流器的处理量和分级粒度。当压力增大时，可以提高分级效率，但是这将增加动力消耗和设备磨损，所以利用增大压力来提高分级效率是不经济的。但在必要的情况下，也可以通过稳定浓度适当调节旋流器给矿压力来提高旋流器的分级效率。

旋流器沉砂浓度的大小直接影响磨机的磨矿效率，合理地控制旋流器的沉砂浓度是旋流器、磨机、矿浆物流量平衡的一个重要环节，当浓度一定时，通过在一定范围内调节旋流器给矿压力，使旋流器的沉砂浓度保证在工艺要求范围内，否则就会出现磨矿分级过程“死循环”的现象。

旋流器的控制是一个复杂的控制过程，主要体现在三个方面：

① 泵池液位、给矿浓度、给矿压力任一因素发生变化，均会导致旋流器原有控制平衡被破坏；

② 给矿浓度、给矿压力均影响旋流器溢流粒度指标，当溢流粒度指标发生变化时，无论调节给矿浓度还是调节给矿压力（往往是同时调节），调节幅度均无法精确定义，并且要考虑泵池液位、球磨机负荷的变化；

③ 由于磨矿生产工艺过程的时变性和不确定性，也导致旋流器各工艺参数的时变性和不确定性。

如果采用单纯的PID控制方式（浓度不合适就控制浓度，压力不合适就控制压力）来控制旋流器，不仅达不到控制效果，还会造成生产混乱。

控制系统在此环节加入了对旋流器溢流粒度的检测及控制，粒度的检测信号直接参与了磨矿分级过程的控制，当检测到的粒度指标波动时，系统将会对分级旋流器的给矿浓度和给矿压力作出及时的调整。

控制系统将检测到的旋流器溢流粒度、给矿浓度、给矿压力及矿浆池液位的信号作为旋流器模糊控制器输入，模糊控制器经过模糊运算和模糊推理，并根据推理结果，给出一种适合此时旋流器工作的控制方案，完成旋流器的自动寻优控制。磨矿系统自动控制可提高磨机处理能力8%~10%，金属回收率提高1%~2%。

#### 浮选自动控制系统 4

浮选自动控制系统 4 分为两部分：浮选生产过程控制和浮选生产工艺设备顺序控制。



浮选自动控制系统 4 控制检测与控制内容为：矿浆流量、浓度检测与浮选加药自动控制；浮选给矿浓度自动控制；浮选充气量自动控制；浮选槽液位自动控制；最终精矿品位、尾矿品位控制；浮选工艺设备启停、逻辑连锁与保护自动控制；各工艺过程参数归档、历史数据查询、故障报警等。

在浮选过程自动控制系统 4 中根据浮选自动控制检测与控制内容编写“浮选智能专家自动控制系统软件”并将该软件装入浮选控制器中。

专家系统将影响浮选生产过程的主要因素包括矿浆流量、矿浆浓度、矿浆品位、充气量、液位、药剂使用等，与精矿品位、尾矿品位建立专家知识库，建立网格状的专家规则模型，描述浮选过程多输入、多输出系统的控制规则，从而实现浮选指标的精确控制。另外由于浮选过程最终精矿品位检测同原矿浓度、品位、流量、温度、酸碱度等检测之间有很大的滞后，为此系统建立了浮选槽液位、原矿浓度、流量、温度、酸碱度、品位和浮选槽内当前浓度、品位的时间序列模型，实现浮选槽内当前浓度和品位的预测，从而为浮选控制提供了可靠的保证。浮选控制专家系统正是依据其在数学模型方面强大的优势，实现对浮选的有效控制，减少药剂使用量，保证生产指标。

#### 浓缩过滤自动控制系统 5

浓缩过滤自动控制系统 5，采用通用的控制软件进行数据处理，其检测与控制内容为：浓密机底流浓度自动控制；过滤机给矿浓度、给矿流量自动控制；干燥机温度检测与蒸汽量自动控制；最终精矿水分自动控制；各工艺设备启停、逻辑连锁与保护自动控制；工艺过程参数归档、历史数据查询、故障报警等。

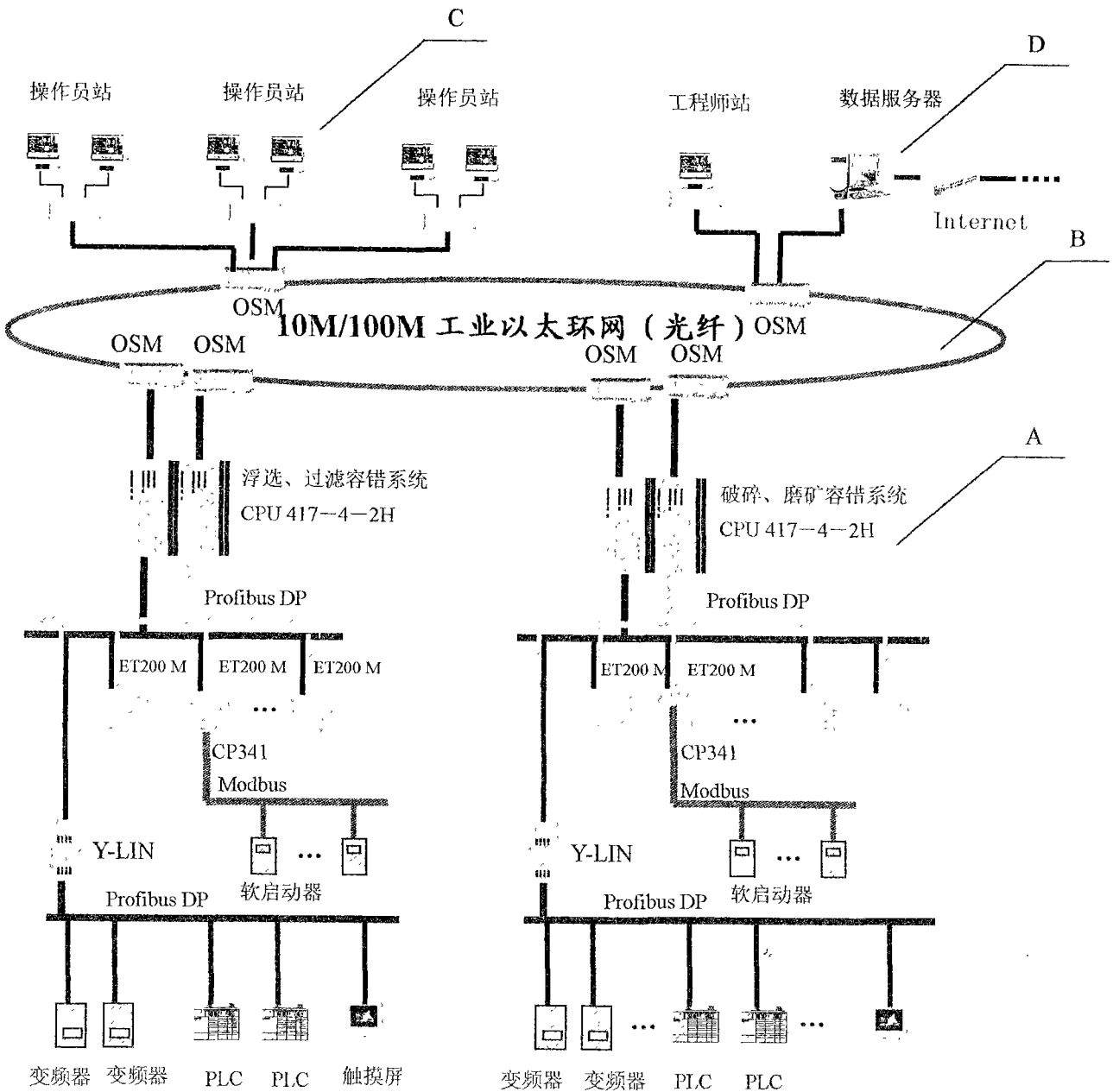


图 1

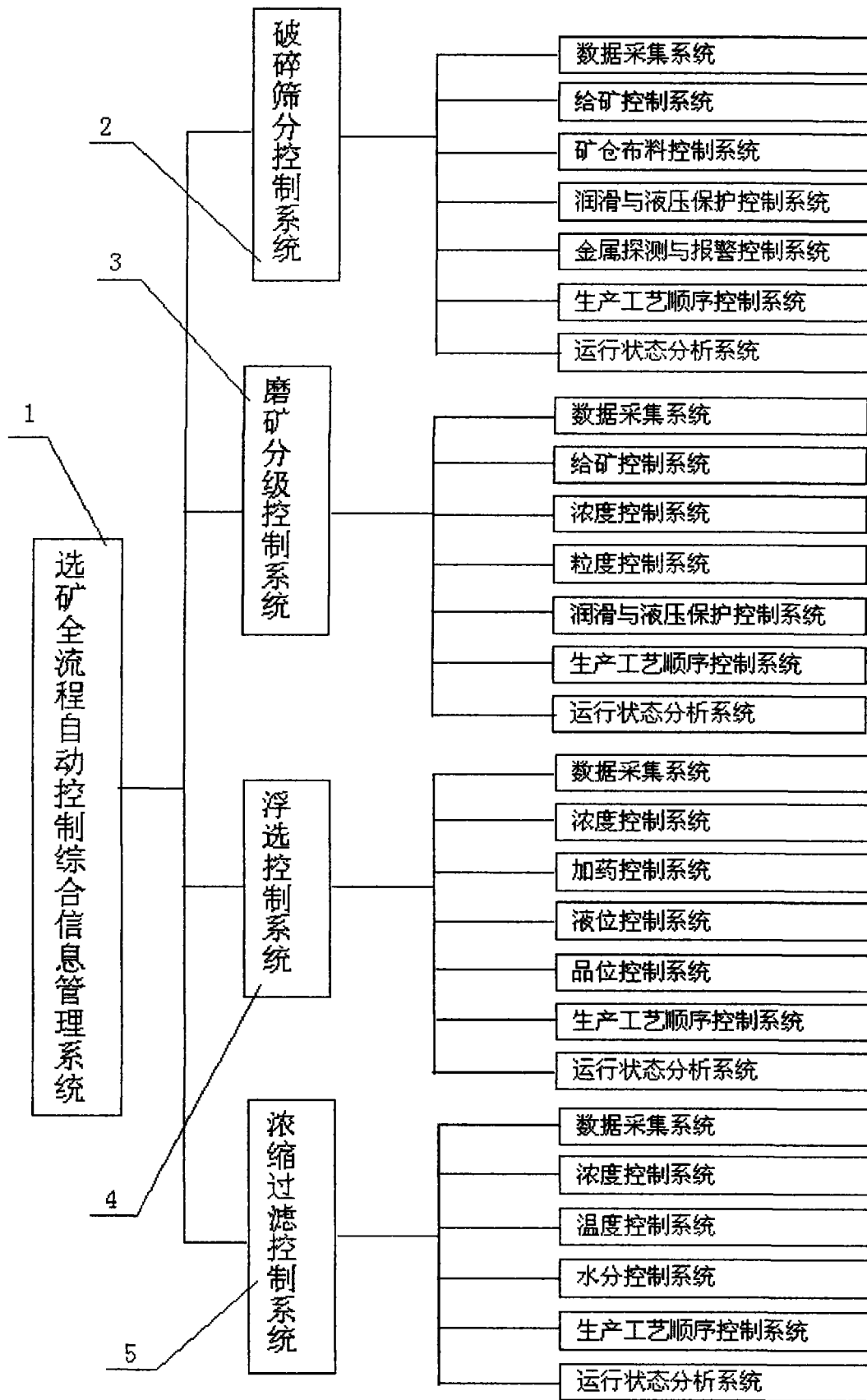


图 2

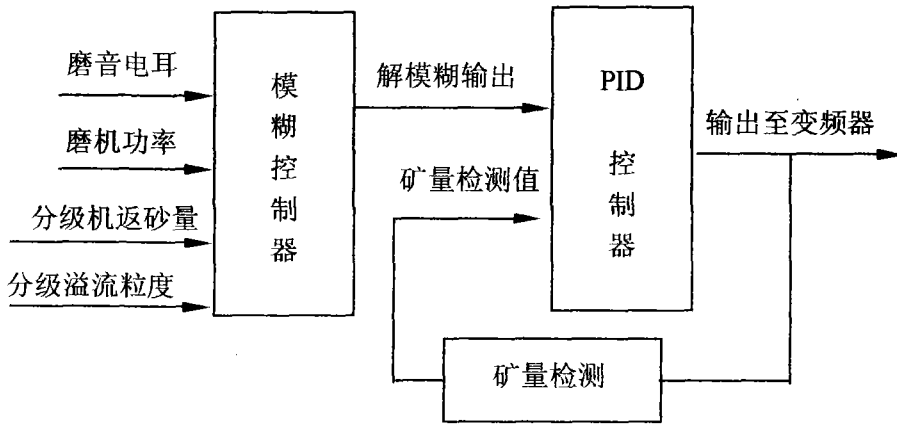


图 3

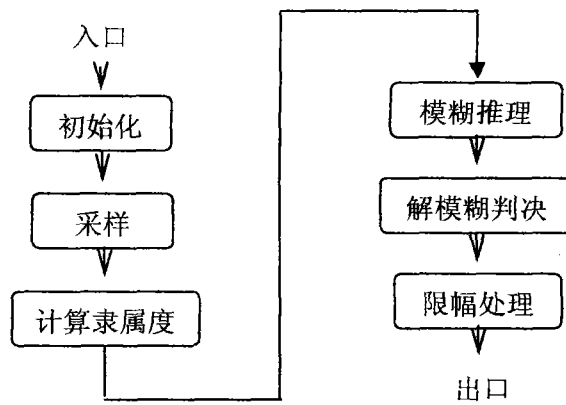


图 4

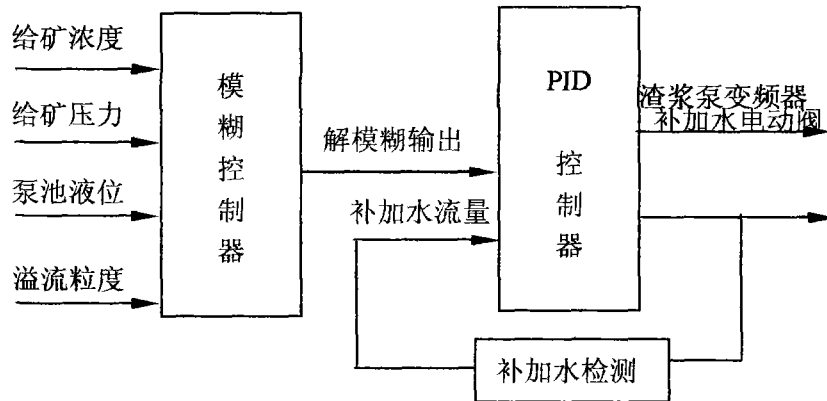


图 5