



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104570739 A

(43) 申请公布日 2015.04.29

(21) 申请号 201510006752.3

(22) 申请日 2015.01.07

(71) 申请人 东北大学

地址 110819 辽宁省沈阳市和平区文化路3号巷11号

(72) 发明人 刘长鑫 高论 丁进良 柴天佑

(74) 专利代理机构 沈阳东大知识产权代理有限公司 21109

代理人 刘晓岚

(51) Int. Cl.

G05B 13/04(2006.01)

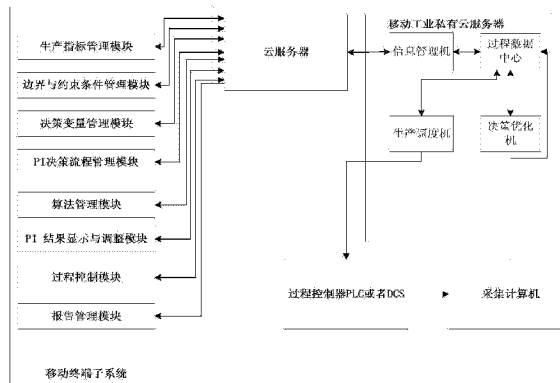
权利要求书3页 说明书13页 附图3页

(54) 发明名称

基于云和移动终端的选矿多生产指标优化决策系统及方法

(57) 摘要

本发明涉及基于云和移动终端的选矿多生产指标优化决策系统及方法,该系统包括移动智能终端、云服务器、移动工业私有云服务器、采集计算机和过程控制器PLC或者DCS,在智能移动终端设定选矿生产指标、选矿生产指标的目标值范围、选矿生产指标优化决策模型及其边界和约束条件、选矿生产指标优化决策变量、选矿生产指标的时间范围、决策变量的时间范围、选矿多生产指标优化决策算法和算法参数,移动工业私有云服务器计算出多组决策结果解集,在智能移动终端确定最终的决策结果,移动工业私有云服务器计算出过程控制给定值,移动智能终端确定最终过程控制给定值,过程控制器PLC或者DCS根据最终过程控制给定值控制生产线上的设备进行生产。



1. 基于云和移动终端的选矿多生产指标优化决策系统,其特征在于,包括:移动智能终端、云服务器、移动工业私有云服务器、采集计算机和过程控制器 PLC 或者 DCS;

所述的移动智能终端通过无线网络与云服务器连接,云服务器通过以太网与移动工业私有云服务器连接,移动工业私有云服务器安装于选矿厂内部,移动工业私有云服务器通过以太网与采集计算机和过程控制器 PLC 或者 DCS 连接,采集计算机通过工业以太网与选矿厂内过程控制器 PLC 或者 DCS 连接;

所述的移动智能终端,用于设定选矿生产指标、选矿生产指标的目标值范围、选矿生产指标优化决策模型及其边界和约束条件、选矿生产指标优化决策变量、选矿生产指标的时间范围和决策变量的时间范围,设定和修改选矿多生产指标优化决策算法,设定和修改算法参数,根据移动工业私有云服务器提供的多组决策结果解集确定最终的决策结果及设备 and 能源分配结果,并通过云服务器发送至移动工业私有云服务器,同时,显示决策结果解集、最终的决策结果、过程控制给定值、设备和能源分配结果、过程控制器 PLC 或者 DCS 的生产数据;

所述的云服务器,用于实现移动智能终端和移动工业私有云服务器之间的数据交换;

所述的移动工业私有云服务器,用于将智能移动终端的数据进行分配并进行监控;根据智能移动终端设定的选矿生产指标、选矿生产指标的目标值范围、选矿生产指标优化决策模型及其边界和约束条件、选矿生产指标优化决策变量、生产目标的时间范围和决策变量的时间范围,利用选矿多生产指标优化决策算法和算法参数,计算出多组决策结果解集,根据智能移动终端确定的最终的决策结果计算出过程控制给定值,并通过云服务器发送至智能移动终端;根据算出的过程控制给定值对选矿厂内过程控制器 PLC 或者 DCS 进行给定值设置;同时存储采集计算机的生产数据和移动智能终端的数据,将采集计算机的生产数据通过云服务器发送至智能移动终端;

所述的采集计算机,用于采集选矿厂内设备的生产数据,并发送至移动工业私有云服务器,生产数据包括:过程控制被控对象检测值,设备生产天数,设备停产天数,设备累计运行时间,检修时间,产品产量;

所述的过程控制器 PLC 或者 DCS,用于根据过程控制给定值控制生产线上的设备进行生产。

2. 根据权利要求 1 所述的基于云和移动终端的选矿多生产指标优化决策系统,其特征在于,所述的移动终端设置有移动终端子系统,包括:生产指标管理模块、边界与约束条件管理模块、决策变量管理模块、PI 决策流程管理模块、算法管理模块、PI 结果显示与调整模块、过程控制模块和报告管理模块;

所述的生产指标管理模块,用于显示和设定选矿生产指标、选矿生产指标的目标值范围和选矿生产指标优化决策模型,并通过云服务器发送至移动工业私有云服务器;

所述的边界与约束条件管理模块,用于显示和设定选矿生产指标优化决策模型边界和约束条件,并通过云服务器发送至移动工业私有云服务器;

所述的决策变量管理模块,用于显示、设定和修改选矿生产指标优化决策变量,并发送到云服务器,所述的决策变量即各种原矿的使用量;

所述的 PI 决策流程管理模块,用于显示和确定选矿生产指标的时间范围,并根据选矿生产指标的时间范围确定决策变量的时间范围,并通过云服务器发送至移动工业私有云服

务器；

所述的算法管理模块，用于显示和设定与修改选矿多生产指标优化决策算法，设定和修改算法参数，通过云服务器发送至移动工业私有云服务器；

所述的PI结果显示与调整模块，用于显示移动工业私有云服务器提供的多组决策结果解集，确定最终的决策结果并通过云服务器发送至移动工业私有云服务器；

所述的过程控制模块，用于显示过程控制给定值和设备及能源资源调度分配情况，将最终过程控制给定值和设备及能源资源分配结果通过云服务器发送至移动工业私有云服务器；

所述的报告管理模块，用于制定生产情况报告，显示设备的生产数据和移动终端子系统中所有模块的数据。

3. 根据权利要求1所述的基于云和移动终端的选矿多生产指标优化决策系统，其特征在于，所述的移动工业私有云服务器设有移动工业私有云子系统，包括：生产调度机、决策优化机、信息管理机、过程数据中心；

所述的信息管理机，用于将智能移动终端的数据进行分配并进行监控：将选矿生产指标、选矿生产指标的目标值范围、选矿生产指标优化决策模型及其边界和约束条件、选矿生产指标优化决策变量、生产目标的时间范围、决策变量的时间范围、选矿多生产指标优化决策算法和算法参数分配给决策优化机；将最终的决策结果分配给生产调度机；将所有智能移动终端的数据发送至过程数据中心；同时将采集计算机的生产数据存储到过程数据中心，将过程数据中心的数据发送到移动智能终端；

所述的决策优化机，根据智能移动终端设定的选矿生产指标、选矿生产指标的目标值范围、选矿生产指标优化决策模型及其边界和约束条件、选矿生产指标优化决策变量、生产目标的时间范围和决策变量的时间范围，利用选矿多生产指标优化决策算法和算法参数，计算出多组决策结果解集，并将多组决策结果解集发送至过程数据中心；

所述的生产调度机，用于根据最终的决策结果算出过程控制给定值，对选矿厂内过程控制器PLC或者DCS进行给定值设置；

所述的过程数据中心，用于存储采集计算机的生产数据和移动智能终端数据，对数据进行形式装换，提供给信息管理机、决策优化机、生产调度机，并接收存储信息管理机、决策优化机、生产调度机的信息。

4. 根据权利要求2所述的基于云和移动终端的选矿多生产指标优化决策系统，其特征在于，所述的选矿生产指标包括精矿品位、全选比、金属回收率、吨精成本和精矿产量。

5. 根据权利要求2所述的基于云和移动终端的选矿多生产指标优化决策系统，其特征在于，所述的选矿生产指标优化决策模型的其边界和约束条件包括：设备生产能力约束、尾矿品位约束、多生产指标约束、可利用原矿资源约束和能源资源约束。

6. 采用权利要求1所述的基于云和移动终端的选矿多生产指标优化决策系统进行选矿多生产指标优化决策的方法，其特征在于，包括以下步骤：

步骤1：用户在智能移动终端设定选矿生产指标、选矿生产指标的目标值范围、选矿生产指标优化决策模型及其边界和约束条件、选矿生产指标优化决策变量、选矿生产指标的时间范围、决策变量的时间范围、选矿多生产指标优化决策算法和算法参数，并通过云服务器发送至移动工业私有云服务器；

步骤 2 :移动工业私有云服务器根据智能移动终端设定的选矿生产指标、选矿生产指标的目标值范围、选矿生产指标优化决策模型及其边界和约束条件、决策变量、生产目标的时间范围和决策变量的时间范围,利用选矿多生产指标优化决策算法和算法参数,计算出多组决策结果解集,将多组决策结果解集发送至过程数据中心,再通过云服务器从过程数据中心发送至智能移动终端;

步骤 3 :智能移动终端显示决策结果解集,在智能移动终端根据决策结果解集,确定最终的决策结果,并通过云服务器发送至移动工业私有云服务器;

步骤 4 :移动工业私有云服务器根据最终的决策结果,计算出过程控制给定值,并通过云服务器发送至智能移动终端;

步骤 5 :移动智能终端显示过程控制给定值,确定最终过程控制给定值,并根据最终的决策结果结合采集计算机的数据进行设备和能源资源调度分配,将设备和能源资源调度分配结果和最终过程控制给定值通过云服务器发送至移动工业私有云服务器;

步骤 6 :移动工业私有云服务器将确定的最终过程控制给定值发送到过程控制器 PLC 或者 DCS 中;

步骤 7 :过程控制器 PLC 或者 DCS 根据最终过程控制给定值控制生产线上的设备进行生产;

步骤 8 :采集计算机采集选矿厂内过程控制器 PLC 或者 DCS 的生产数据,并发送至移动工业私有云服务器;

步骤 9 :工业私有云服务器将采集计算机的生产数据进行存储并通过云服务器发送至智能移动终端;

步骤 10 :移动智能终端显示各生产过程数据;

步骤 11 :随着选矿生产的进行,当实际生产未能按照最终的决策结果准确执行时,工业私有云服务器将对选矿生产指标的时间范围内剩余的生产时间进行重新优化决策,返回步骤 2。

## 基于云和移动终端的选矿多生产指标优化决策系统及方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于信息技术领域,具体涉及基于云和移动终端的选矿多生产指标优化决策系统及方法。

### 背景技术

[0002] 目前国内的选矿生产中,对生产过程的控制大多局限在本地控制,通过在厂区不同区域,分别建立工程师站,来对生产过程不同阶段进行控制。然而这种方式具有造价高,维护困难,存在安全隐患,生产状态监控不变,难于动态管理与优化等缺点。

[0003] 选矿生产过程中的每一道工序都相互联系,相互耦合,然而传统的控制系统忽略了这种联系,这就使得传统的控制系统无法较好的协调各道工序,使生产线发挥全部的潜能,无法做到全流程的规划,同时现有的选矿优化系统优化决策目标不够全面。如只考虑效益或成本等单一指标,忽略资源消耗、能耗和产量等指标。

[0004] 由于传统控制系统将采集到的生产过程数据及历史数据都保留在各个工程师站内,这使得生产数据残缺易丢失,不能系统的从全局了解生产过程的状态,无法为多生产指标决策提供可靠依据。

[0005] 管理层,工程师及研发人员需要通过特定计算机来监控生产和决策过程以及下达决策命令。时间和地点都具有局限性,不能实时的与生产过程进行互动。

### 发明内容

[0006] 针对现有技术的不足,本发明提出基于云和移动终端的选矿多生产指标优化决策系统及方法。

[0007] 本发明技术方案如下:

[0008] 基于云和移动终端的选矿多生产指标优化决策系统,包括:移动智能终端、云服务器、移动工业私有云服务器、采集计算机和过程控制器 PLC 或者 DCS;

[0009] 所述的移动智能终端通过无线网路与云服务器连接,云服务器通过以太网与移动工业私有云服务器连接,移动工业私有云服务器安装于选矿厂内部,移动工业私有云服务器通过以太网与采集计算机和过程控制器 PLC 或者 DCS 连接,采集计算机通过工业以太网与选矿厂内过程控制器 PLC 或者 DCS 连接;

[0010] 所述的移动智能终端,用于设定选矿生产指标、选矿生产指标的目标值范围、选矿生产指标优化决策模型及其边界和约束条件、选矿生产指标优化决策变量、选矿生产指标的时间范围和决策变量的时间范围,设定和修改选矿多生产指标优化决策算法,设定和修改算法参数,根据移动工业私有云服务器提供的多组决策结果解集确定最终的决策结果及设备 and 能源分配结果,并通过云服务器发送至移动工业私有云服务器,同时,显示决策结果解集、最终的决策结果、过程控制给定值、设备和能源分配结果、过程控制器 PLC 或者 DCS 的生产数据;

[0011] 所述的选矿生产指标包括精矿品位、全选比、金属回收率、吨精成本和精矿产量;

[0012] 所述的选矿生产指标优化决策模型的其边界和约束条件包括：设备生产能力约束、尾矿品位约束、多生产指标约束、可利用原矿资源约束和能源资源约束；

[0013] 所述的移动终端设置有移动终端子系统，包括：生产指标管理模块、边界与约束条件管理模块、决策变量管理模块、PI 决策流程管理模块、算法管理模块、PI 结果显示与调整模块、过程控制模块和报告管理模块；

[0014] 所述的生产指标管理模块，用于显示和设定选矿生产指标、选矿生产指标的目标值范围和选矿生产指标优化决策模型，并通过云服务器发送至移动工业私有云服务器；

[0015] 所述的边界与约束条件管理模块，用于显示和设定选矿生产指标优化决策模型边界和约束条件，并通过云服务器发送至移动工业私有云服务器；

[0016] 所述的决策变量管理模块，用于显示、设定和修改选矿生产指标优化决策变量，并发送到云服务器，所述的决策变量即各种原矿的使用量；

[0017] 所述的 PI 决策流程管理模块，用于显示和确定选矿生产指标的时间范围，并根据选矿生产指标的时间范围确定决策变量的时间范围，并通过云服务器发送至移动工业私有云服务器；

[0018] 所述的算法管理模块，用于显示和设定与修改选矿多生产指标优化决策算法，设定和修改算法参数，通过云服务器发送至移动工业私有云服务器；

[0019] 所述的 PI 结果显示与调整模块，用于显示移动工业私有云服务器提供的多组决策结果解集，确定最终的决策结果并通过云服务器发送至移动工业私有云服务器；

[0020] 所述的过程控制模块，用于显示过程控制给定值和设备及能源资源调度分配情况，将最终过程控制给定值和设备与能源资源分配结果通过云服务器发送至移动工业私有云服务器；

[0021] 所述的报告管理模块，用于制定生产情况报告，显示设备的生产数据和移动终端子系统中所有模块的数据；

[0022] 所述的云服务器，用于实现移动智能终端和移动工业私有云服务器之间的数据交换；

[0023] 所述的移动工业私有云服务器，用于将智能移动终端的数据进行分配并进行监控；根据智能移动终端设定的选矿生产指标、选矿生产指标的目标值范围、选矿生产指标优化决策模型及其边界和约束条件、选矿生产指标优化决策变量、生产目标的时间范围和决策变量的时间范围，利用选矿多生产指标优化决策算法和算法参数，计算出多组决策结果解集，根据智能移动终端确定的最终的决策结果计算出过程控制给定值，并通过云服务器发送至智能移动终端；根据算出的过程控制给定值对选矿厂内过程控制器 PLC 或者 DCS 进行给定值设置；同时存储采集计算机的生产数据和移动智能终端的数据，将采集计算机的生产数据通过云服务器发送至智能移动终端；

[0024] 所述的移动工业私有云服务器设有移动工业私有云子系统，包括：生产调度机、决策优化机、信息管理机、过程数据中心；

[0025] 所述的信息管理机，用于将智能移动终端的数据进行分配并进行监控；将选矿生产指标、选矿生产指标的目标值范围、选矿生产指标优化决策模型及其边界和约束条件、选矿生产指标优化决策变量、生产目标的时间范围、决策变量的时间范围、选矿多生产指标优化决策算法和算法参数分配给决策优化机；将最终的决策结果分配给生产调度机；将所有

智能移动终端的数据发送至过程数据中心；同时将采集计算机的生产数据存储到过程数据中心，将过程数据中心的数据发送到移动智能终端；

[0026] 所述的决策优化机，根据智能移动终端设定的选矿生产指标、选矿生产指标的目标值范围、选矿生产指标优化决策模型及其边界和约束条件、选矿生产指标优化决策变量、生产目标的时间范围和决策变量的时间范围，利用选矿多生产指标优化决策算法和算法参数，计算出多组决策结果解集，并将多组决策结果解集发送至过程数据中心；

[0027] 所述的生产调度机，用于根据最终的决策结果算出过程控制给定值，对选矿厂内过程控制器 PLC 或者 DCS 进行给定值设置；

[0028] 所述的过程数据中心，用于存储采集计算机的生产数据和移动智能终端数据，对数据进行形式装换，提供给信息管理机、决策优化机、生产调度机，并接收存储信息管理机、决策优化机、生产调度机的信息；

[0029] 所述的采集计算机，用于采集选矿厂内设备的生产数据，并发送至移动工业私有云服务器，生产数据包括：过程控制被控对象检测值，设备生产天数，设备停产天数，设备累计运行时间，检修时间，产品产量；

[0030] 所述的过程控制器 PLC 或者 DCS，用于根据过程控制给定值控制生产线上的设备进行生产。

[0031] 采用基于云和移动终端的选矿多生产指标优化决策系统进行选矿多生产指标优化决策的方法，包括以下步骤：

[0032] 步骤 1：用户在智能移动终端设定选矿生产指标、选矿生产指标的目标值范围、选矿生产指标优化决策模型及其边界和约束条件、选矿生产指标优化决策变量、选矿生产指标的时间范围、决策变量的时间范围、选矿多生产指标优化决策算法和算法参数，并通过云服务器发送至移动工业私有云服务器；

[0033] 步骤 2：移动工业私有云服务器根据智能移动终端设定的选矿生产指标、选矿生产指标的目标值范围、选矿生产指标优化决策模型及其边界和约束条件、决策变量、生产目标的时间范围和决策变量的时间范围，利用选矿多生产指标优化决策算法和算法参数，计算出多组决策结果解集，将多组决策结果解集发送至过程数据中心，再通过云服务器从过程数据中心发送至智能移动终端；

[0034] 步骤 3：智能移动终端显示决策结果解集，在智能移动终端根据决策结果解集，确定最终的决策结果，并通过云服务器发送至移动工业私有云服务器；

[0035] 步骤 4：移动工业私有云服务器根据最终的决策结果，计算出过程控制给定值，并通过云服务器发送至智能移动终端；

[0036] 步骤 5：移动智能终端显示过程控制给定值，确定最终过程控制给定值，并根据最终的决策结果结合采集计算机的数据进行设备和能源资源调度分配，将设备和能源资源调度分配结果和最终过程控制给定值通过云服务器发送至移动工业私有云服务器；

[0037] 步骤 6：移动工业私有云服务器将确定的最终过程控制给定值发送到过程控制器 PLC 或者 DCS 中；

[0038] 步骤 7：过程控制器 PLC 或者 DCS 根据最终过程控制给定值控制生产线上的设备进行生产；

[0039] 步骤 8：采集计算机采集选矿厂内过程控制器 PLC 或者 DCS 的生产数据，并发送至

移动工业私有云服务器；

[0040] 步骤 9 :工业私有云服务器将采集计算机的生产数据进行存储并通过云服务器发送至智能移动终端；

[0041] 步骤 10 :移动智能终端显示各生产过程数据；

[0042] 步骤 11 :随着选矿生产的进行,当实际生产未能按照最终的决策结果准确执行时,工业私有云服务器将对选矿生产指标的时间范围内剩余的生产时间进行重新优化决策,返回步骤 2。

[0043] 本发明的有益效果是:本发明基于云和移动终端的选矿多生产指标优化决策系统及方法,为选矿生产企业提供了一种新的用于指标优化决策与管理调度的系统,通过互联网与云技术的应用,实现了用户对工厂运行情况的远程实时监控以及移动式办公,以及数据的统一管理与分析,有效解决了传统控制系统对工程师站的依赖,具有造价低廉,维护方便,无安全隐患,无需通过特定计算机进行控制操作,生产状态监控实时化,动态管理与优化等优点;本系统利用智能优化算法代替人工试凑式决策,从工厂整体情况出发分析各生产工序内在联系,有效挖掘工厂的生产潜能。本发明将传统分散在工业现场各个不同区域的工程师站采用运行在工业云段的虚拟主机来完成,这样一方面降低了独立分散的工程师站的数据维护、安全性隐患,同时采用内网云数据中心方式也利于企业数据集中管理,利于后续进行的大数据分析。结合新计算机、互联网技术,通过采用广泛应用的智能终端加云控制方式,使管理层与研发人员可以随时随地通过手机、平板等智能终端访问、监视工业系统的控制、优化现状,查看企业运行分析报告,并根据需求随时下达生产指导意见。

## 附图说明

[0044] 图 1 为本发明具体实施方式中的基于云和移动终端的选矿多生产指标优化决策系统的结构示意图

[0045] 图 2 为本发明具体实施方式中的基于云和移动终端的选矿多生产指标优化决策系统的结构框图；

[0046] 图 3 为本发明具体实施方式中的基于云和移动终端的选矿多生产指标优化决策方法的流程图。

## 具体实施方式

[0047] 下面结合附图对本发明具体实施方式加以详细的说明。

[0048] 基于云和移动终端的选矿多生产指标优化决策系统,如图 1 所示,包括:移动智能终端、云服务器、移动工业私有云服务器、采集计算机和过程控制器 PLC 或者 DCS。

[0049] 移动智能终端通过无线网路与云服务器连接,云服务器通过以太网与移动工业私有云服务器连接,移动工业私有云服务器安装于选矿厂内部,移动工业私有云服务器通过以太网与采集计算机和过程控制器 PLC 或者 DCS 连接,采集计算机通过工业以太网与选矿厂内过程控制器 PLC 或者 DCS 连接。

[0050] 本实施方式中的基于云和移动终端的选矿多生产指标优化决策系统的结构框图如图 2 所示。

[0051] 本实施方式中,选取的移动智能终端为三星 tab st705c 型 4 台,泰克思达无线同



屏投影仪 3 台。

[0052] 移动智能终端,用于设定选矿生产指标、选矿生产指标的目标值范围、选矿生产指标优化决策模型及其边界和约束条件、选矿生产指标优化决策变量、选矿生产指标的时间范围和 决策变量的时间范围,设定和修改选矿多生产指标优化决策算法,设定和修改算法参数,根据移动工业私有云服务器提供的多组决策结果解集确定最终的决策结果及设备 and 能源分配结果,并通过云服务器发送至移动工业私有云服务器,同时,显示决策结果解集、最终的决策结果、过程控制给定值、设备和能源分配结果、过程控制器 PLC 或者 DCS 的生产数据。

[0053] 选矿生产指标包括精矿品位、全选比、金属回收率、吨精成本和精矿产量。

[0054] 选矿生产指标优化决策模型的其边界和约束条件包括:设备生产能力约束、尾矿品位约束、多生产指标约束、可利用原矿资源约束和能源资源约束。

[0055] 移动终端设置有移动终端子系统,包括:生产指标管理模块、边界与约束条件管理模块、决策变量管理模块、PI 决策流程管理模块、算法管理模块、PI 结果显示与调整模块、过程控制模块和报告管理模块;

[0056] 生产指标管理模块,用于显示和设定选矿生产指标、选矿生产指标的目标值范围和选矿生产指标优化决策模型,并通过云服务器发送至移动工业私有云服务器;

[0057] 边界与约束条件管理模块,用于显示和设定选矿生产指标优化决策模型边界和约束条件,并通过云服务器发送至移动工业私有云服务器;

[0058] 决策变量管理模块,用于显示、设定和修改选矿生产指标优化决策变量,并发送到云服务器,所述的决策变量即各种原矿的使用量;

[0059] PI 决策流程管理模块,用于显示和确定选矿生产指标的时间范围,并根据选矿生产指标的时间范围确定决策变量的时间范围,并通过云服务器发送至移动工业私有云服务器;

[0060] 算法管理模块,用于显示和设定与修改选矿多生产指标优化决策算法,设定和修改算法参数,通过云服务器发送至移动工业私有云服务器;

[0061] PI 结果显示与调整模块,用于显示移动工业私有云服务器提供的多组决策结果解集,确定最终的决策结果并通过云服务器发送至移动工业私有云服务器;

[0062] 过程控制模块,用于显示过程控制给定值和设备及能源资源调度分配情况,将最终过程控制给定值和设备及能源资源分配结果通过云服务器发送至移动工业私有云服务器;

[0063] 报告管理模块,用于制定生产情况报告,显示设备的生产数据和移动终端子系统中所有模块的数据。

[0064] 云服务器,用于采用阿里云实现移动智能终端和移动工业私有云服务器之间的数据交换。

[0065] 移动工业私有云服务器,用于将智能移动终端的数据进行分配并进行监控;根据智能移动终端设定的选矿生产指标、选矿生产指标的目标值范围、选矿生产指标优化决策模型及其 边界和约束条件、选矿生产指标优化决策变量、生产目标的时间范围和决策变量的时间范围,利用选矿多生产指标优化决策算法和算法参数,计算出多组决策结果解集,根据智能移动终端确定的最终的决策结果计算出过程控制给定值,并通过云服务器发送至智

能移动终端；根据算出的过程控制给定值对选矿厂内过程控制器 PLC 或者 DCS 进行给定值设置；同时存储采集计算机的生产数据和移动智能终端的数据，将采集计算机的生产数据通过云服务器发送至智能移动终端。

[0066] 本实施方式中，选取的移动工业私有云服务器移由戴尔 R730XD 机架式服务器 6 台，基本配置为 E5-2650\*2/192G/5\*480 SSD/4 千兆+2 万兆网卡，华为 s1700\_24gr 24 口工业内网交换机 2 部，D-LINK DI-7100G 路由器 2 部进行搭建。

[0067] 移动工业私有云服务器设有移动工业私有云子系统，包括：生产调度机、决策优化机、信息管理机、过程数据中心。

[0068] 信息管理机，用于将智能移动终端的数据进行分配并进行监控：将选矿生产指标、选矿生产指标的目标值范围、选矿生产指标优化决策模型及其边界和约束条件、选矿生产指标优化决策变量、生产目标的时间范围、决策变量的时间范围、选矿多生产指标优化决策算法和算法参数分配给决策优化机；将最终的决策结果分配给生产调度机；将所有智能移动终端的数据发送至过程数据中心；同时将采集计算机的生产数据存储到过程数据中心，将过程数据中心的数据发送到移动智能终端；

[0069] 决策优化机，根据智能移动终端设定的选矿生产指标、选矿生产指标的目标值范围、选矿生产指标优化决策模型及其边界和约束条件、选矿生产指标优化决策变量、生产目标的时间范围和决策变量的时间范围，利用选矿多生产指标优化决策算法和算法参数，计算出多组决策结果解集，并将多组决策结果解集发送至过程数据中心；

[0070] 生产调度机，用于根据最终的决策结果算出过程控制给定值，对选矿厂内过程控制器 PLC 或者 DCS 进行给定值设置；

[0071] 过程数据中心，用于存储采集计算机的生产数据和移动智能终端数据，对数据进行形式装换，提供给信息管理机、决策优化机、生产调度机，并接收存储信息管理机、决策优化机、生产调度机的信息。

[0072] 采集计算机，用于采集选矿厂内设备的生产数据，并发送至移动工业私有云服务器，生产数据包括：过程控制被控对象检测值，设备生产天数，设备停产天数，设备累计运行时间，检修时间，产品产量。

[0073] 本实施方式中，选用的计算机为 dell-T5500 工作站，基本配置为 Xeon E5506/2GB/320GB。

[0074] 过程控制器 PLC 或者 DCS，用于根据过程控制给定值控制生产线上的设备进行生产。

[0075] 本实施方式中，选用的过程控制器 PLC 的型号为西门子 S7-300。

[0076] 采用基于云和移动终端的选矿多生产指标优化决策系统进行选矿多生产指标优化决策的方法，如图 3 所示，包括以下步骤：

[0077] 步骤 1：用户在智能移动终端设定选矿生产指标、选矿生产指标的目标值范围、选矿生产指标优化决策模型及其边界和约束条件、选矿生产指标优化决策变量、选矿生产指标的时间范围、决策变量的时间范围、选矿多生产指标优化决策算法和算法参数，并通过云服务器发送至移动工业私有云服务器。

[0078] 本实施方式中，选矿生产指标包括精矿品位、全选比、金属回收率、吨精成本和精矿产量。选矿生产指标如表 1 所示：

[0079] 表 1 选矿生产指标

[0080]

目标区间	区间值	单位
精矿品位	[52.5, 53.0]	[%]
全选比	2.0	[倍]
金属回收率	75.0	[%]
精矿成本	200	[元/吨]
精矿产量	[22.8, 23.0]	[万吨]

[0081] 选矿生产指标的时间范围：一年。

[0082] 决策变量的时间范围：一个月的原矿使用种类和数量。

[0083] 选矿多生产指标优化决策算法：NSGA-II, SPEA2, G-NSGA-II, G-SPEA2。

[0084] 算法参数：遗传概率 0.9 变异概率 0.1 进化代数 1000 代, 梯度算子概率 0.1, 步长分布系数 20, 20, 种群大小 200。

[0085] 选矿生产指标优化决策模型：

[0086] 精矿产量目标模型如公式 (1) 所示：

[0087] 
$$\max Q(\vec{X}), Q(\vec{X}) = \sum_{i=1}^I (1-u_i)x_i/k_{1,i} + \sum_{i=1}^I u_ix_i/k_{2,i} \tag{1}$$

[0088] 精矿品位目标模型如公式 (2) 所示：

[0089] 
$$\max \beta(\vec{X}), \beta(\vec{X}) = \frac{\sum_{i=1}^I (1-u_i)\beta_{1,i}x_i/k_{1,i} + \sum_{i=1}^I u_i\beta_{2,i}x_i/k_{2,i}}{\sum_{i=1}^I (1-u_i)x_i/k_{1,i} + \sum_{i=1}^I u_ix_i/k_{2,i}} \tag{2}$$

[0090] 全选比目标模型如公式 (3) 所示：

[0091] 
$$\min K(\vec{X}), K(\vec{X}) = (\sum_{i=1}^I x_i) / [\sum_{i=1}^I (1-u_i)x_i/k_{1,i} + \sum_{i=1}^I u_ix_i/k_{2,i}] \tag{3}$$

[0092] 金属回收率目标模型如公式 (4) 所示：

[0093] 
$$\max \varepsilon(\vec{X}), \varepsilon(\vec{X}) = \frac{\sum_{i=1}^I (1-u_i)\beta_{1,i}x_i/k_{1,i} + \sum_{i=1}^I u_i\beta_{2,i}x_i/k_{2,i}}{\sum_{i=1}^I x_i\alpha_i} \tag{4}$$

[0094] 精矿成本目标模型如公式 (5) 所示：

[0095] 
$$\min C(\vec{X}), C(\vec{X}) = \frac{\sum_{i=1}^I r_ix_i + C_{other}}{\sum_{i=1}^I (1-u_i)x_i/k_{1,i} + \sum_{i=1}^I u_ix_i/k_{2,i}} + C_{energy} \tag{5}$$

[0096] 其中,  $Q(\bar{X})$  为精矿产量,  $\beta(\bar{X})$  为精矿品位,  $K(\bar{X})$  为全选比,  $\epsilon(\bar{X})$  为金属回收率,  $C(\bar{X})$  为精矿成本,  $i$  为第  $i$  种原矿,  $i = 1, 2, \dots, I$ ;  $\alpha_i$  为原矿  $i$  的品位;  $x_i$  为第  $i$  种原矿的处理量 (吨);  $\beta_{1,i}$  为原矿  $i$  的强磁精矿品位;  $\beta_{2,i}$  为原矿  $i$  的弱磁精矿品位;  $u_i$  为原矿  $i$  的块矿率, 即分离出的块矿量对原矿量的比率;  $k_{1,i}$  为原矿  $i$  筛分出的粉矿的选矿比;  $k_{2,i}$  为原矿  $i$  筛分出的块矿的选矿比;  $r_i$  为原矿  $i$  单价 (元/吨);  $C_{\text{energy}}$  为精矿产品吨耗单位能耗成本;  $C_{\text{other}}$  为除原矿成本和能源成本之外的其他总固定费用, 包括定额费用、可控制造费用等。决策变量为  $x_i$  为第  $i$  种原矿的处理量 (吨)。

[0097] 选矿生产指标优化决策模型的边界和约束条件如表 2 所示:

[0098] 表 2 选矿生产指标优化决策模型的边界和约束条件

[0099]

竖炉能力		
$q_{1,H}$	25.0	[吨/小时]
球磨机能力		
$q_{2,H}$	80.0	[吨/小时]

[0100]

$q_{3,H}$	80.0	[吨/小时]
库存属性		
$I_0$	1.5	[万吨]
$[I_L, I_H]$	[1.0, 3.0]	[万吨]
烧结消耗精矿量		
$Q_s$	22.8	[万吨]
总尾矿品位上限		
$\theta_{0,H}$	21.0	[%]
焙烧率		
$\eta_b$	82	[%]
废石率		
$\eta_w$	14	[%]
废石品位		
$\beta_w$	14	[%]
设备台数		
$N_{6,1}$	12	[-]
$N_{8,1}$	15	[-]
$N_{6,2}$	3	[-]
$N_{8,2}$	4	[-]
$N_{6,3}$	3	[-]
$N_{8,3}$	4	[-]
第 k 设备组运行时间		
$T_6$	2.08	[天]
$T_8$	27.08	[天]
吨精能耗成本		
$C_{energy}$	17.66	[元/吨]
其他总固定费用		
$C_{other}$	3410000	[元]

[0101] 步骤 2:移动工业私有云服务器根据智能移动终端设定的选矿生产指标、选矿生产指标的目标值范围、选矿生产指标优化决策模型及其边界和约束条件、决策变量、生产目

标的时间范围和决策变量的时间范围,利用选矿多生产指标优化决策算法和算法参数,计算出多组决策结果解集,将多组决策结果解集发送至过程数据中心,再通过云服务器从过程数据中心发送至智能移动终端。

[0102] 步骤 3:智能移动终端显示决策结果解集,在智能移动终端根据决策结果解集,确定最终的决策结果,并通过云服务器发送至移动工业私有云服务器。

[0103] 本实施方式中,一个具体的决策结果如表 3 所示:

[0104] 表 3 决策结果(万吨)

[0105]

月 $m_i$	1	2	3	4	5	6	7	8
1	14.2816	19.7987	4.6741	1.6652	0	1.5064	0.119	0
2	13.347	17.2045	3.796	1.5613	0	0	2.415	0
3	12.6979	24.5381	3.5044	1.839	0	0	2.5268	0
4	8.3924	20.8068	4.0023	2.7508	0	0	2.7602	0
5	6.4822	24.7377	5.0811	1.6504	0	0	0	0
6	3.6008	24.6495	3.535	3.7109	0	0	2.9233	0
7	4.3947	20.1184	5.394	3.1071	1.0431	0	0	2.1822
8	9.815	23.9386	3.54	2.5809	1.1128	0	0	0.1066
9	12.5914	17.3891	3.5252	2.4076	1.0084	0	1.3485	0.1108
10	3.6648	23.0733	4.1326	4.0339	1.1742	0	1.4119	0
11	0	30.0153	3.5033	3.9038	1.0537	0	1.9942	0
12	0	23.4872	3.503	6.5374	1.0085	0	2.5708	0.1827
月 $m_i$	9	10	11	12	13	14	15	
1	0.6289	0.7819	0.2093	0	0	0	0	
2	0.6314	0	1.7715	0	0	0	0	
3	0	0	1.0314	0	0	0	0	
4	1.0404	0	2.3537	0	0	0	1.0748	
5	0.7088	0	1.5144	0	0	0	0.6096	
6	0.7234	0	2.0849	0	0	0	1.3714	
7	0	0	1.1629	0	0	0	2.9885	
8	0	0	2.0041	0	0	0	0	
9	0	0	0.6612	0	0	0	3.5409	
10	0.4799	0	2.9608	0	0	0	0	
11	0.3962	0	1.8456	0	0	0	1.6183	
[0106]								
12	0	0	2.2923	0	0	0	3.7918	

[0107] 其中,  $i$  为第  $i$  种原矿。

[0108] 步骤 4:移动工业私有云服务器根据最终的决策结果,计算出过程控制给定值,并

通过云服务器发送至智能移动终端。

[0109] 本实施方式中,根据最终的决策结果,计算出的部分过程控制给定值如表 4 所示:

[0110] 表 4 部分过程控制给定值

[0111]

设备	系统	给定值	设备	系统	给定值
竖炉 2	控制系统 1	2568	球磨机 3	控制系统 2	3578
	控制系统 2	1486		控制系统 4	1254
	控制系统 3	863		控制系统 1	5684
磁选机 2	控制系统 2	636	分级机 1	控制系统 2	865
	控制系统 1	831		控制系统 4	1264
	控制系统 5	1566		控制系统 1	6637

[0112] 步骤 5:移动智能终端显示过程控制给定值,确定最终过程控制给定值,并根据最终的决策结果结合采集计算机的数据进行设备和能源资源调度分配,将设备和能源资源调度分配结果和最终过程控制给定值通过云服务器发送至移动工业私有云服务器。

[0113] 步骤 6:移动工业私有云服务器将确定的最终过程控制给定值发送到过程控制器 PLC 或者 DCS 中。

[0114] 步骤 7:过程控制器 PLC 或者 DCS 根据最终过程控制给定值控制生产线上的设备进行生产。

[0115] 步骤 8:采集计算机采集选矿厂内过程控制器 PLC 或者 DCS 的生产数据,并发送至移动工业私有云服务器。

[0116] 生产数据包括:过程控制被控对象检测值,设备生产天数,设备停产天数,设备累计运行时间,检修时间,产品产量。

[0117] 本实施方式中,过程控制被控对象检测值包括球磨机转速、竖炉焙烧温度。

[0118] 得到的设备的一部分生产数据为日历天数、综精产量、停产天数、强精产量、生产天数、弱精产量、竖炉总运时、竖炉原矿炉运时、竖炉反矿炉运时、强磁机粗选机运时、强磁机扫选机运时、强磁机检修时间、强磁球磨生产总运时、强磁球磨定修时间、强磁球磨停紧时间、强磁球磨故障时间、强磁球磨精矿台时产量、弱磁球磨生产总运时、弱磁球磨定修时间、弱磁球磨停紧时间、弱磁球磨故障时间、弱磁球磨精矿台时产量,球磨机转速、竖炉焙烧温度,如表 4 所示:

[0119] 表 4 设备的部分生产数据

[0120]

日历 天数	30		综精 产量	22.8 万吨	
停产 天数	0.83		强精 产量	10.98 万吨	
生产 天数	29.17		弱精 产量	11.82 万吨	
球磨 机转 速	14.5r/min		竖炉 焙烧 温度	1255° C	
竖炉	总运时	12008h	强磁 机	粗选 机运 时	3377h
	原矿炉 运时	10040h		扫选 机运 时	3384h
	反矿炉 运时	1968h		检修 时间	8h
强磁 球磨	生产总 运时	2699h	弱磁 球磨	生产 总运 时	2699h
	定修时 间	50h		定修 时间	50h
	停紧时 间	10h		停紧 时间	10h

[0121]



	故障时间	16h		故障时间	16h
	其他	25.5h		其他	25.5h
	精矿台时产量	40.69t/h		精矿台时产量	43.80t/h

[0122] 步骤 9 :工业私有云服务器将采集计算机的生产数据进行存储并通过云服务器发送至智能移动终端。

[0123] 步骤 10 :移动智能终端显示各生产过程数据。

[0124] 步骤 11 :随着选矿生产的进行,当实际生产未能按照最终的决策结果准确执行时,工业私有云服务器将对选矿生产指标的时间范围内剩余的生产时间进行重新优化决策,返回步骤 2。

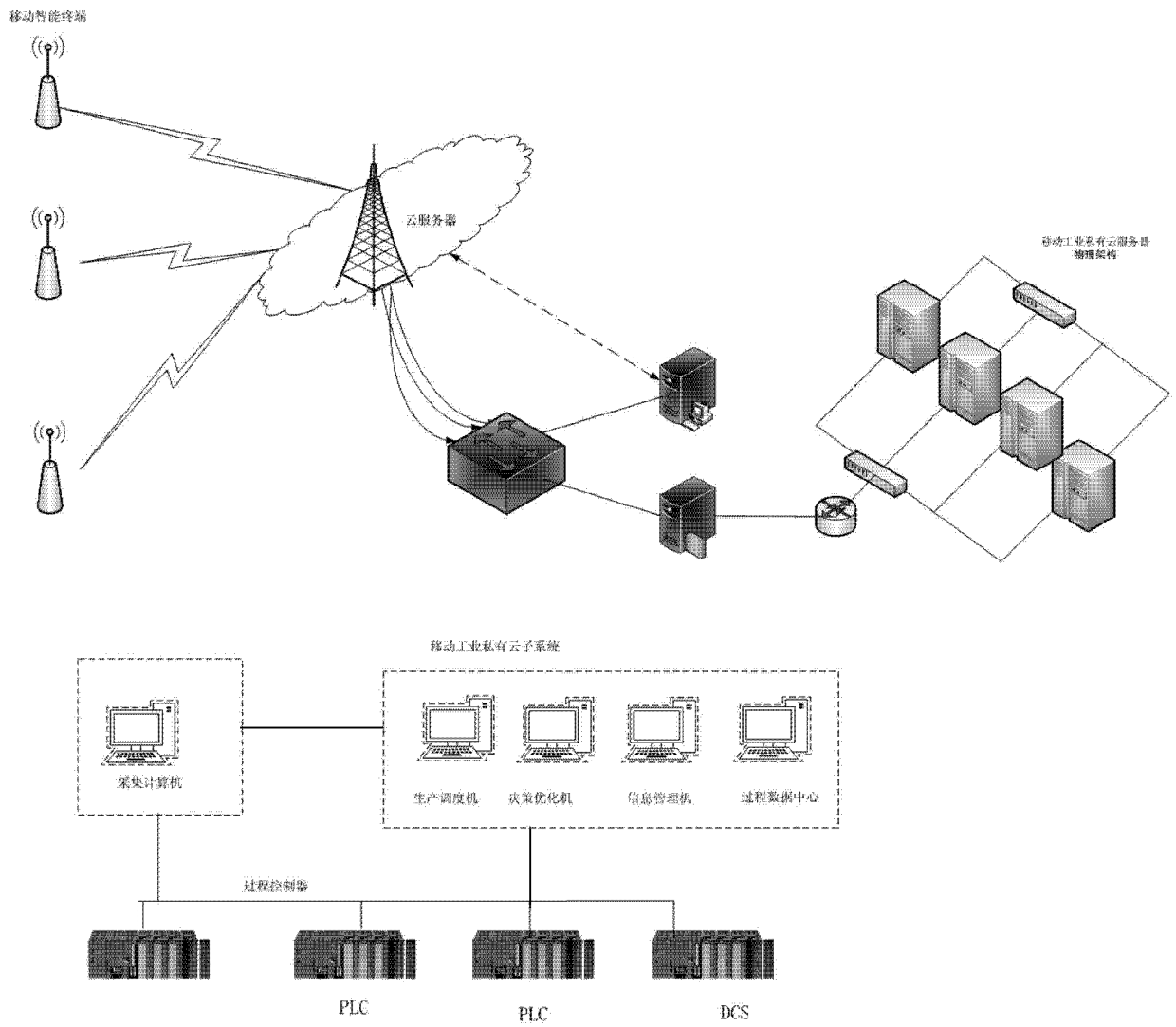


图 1

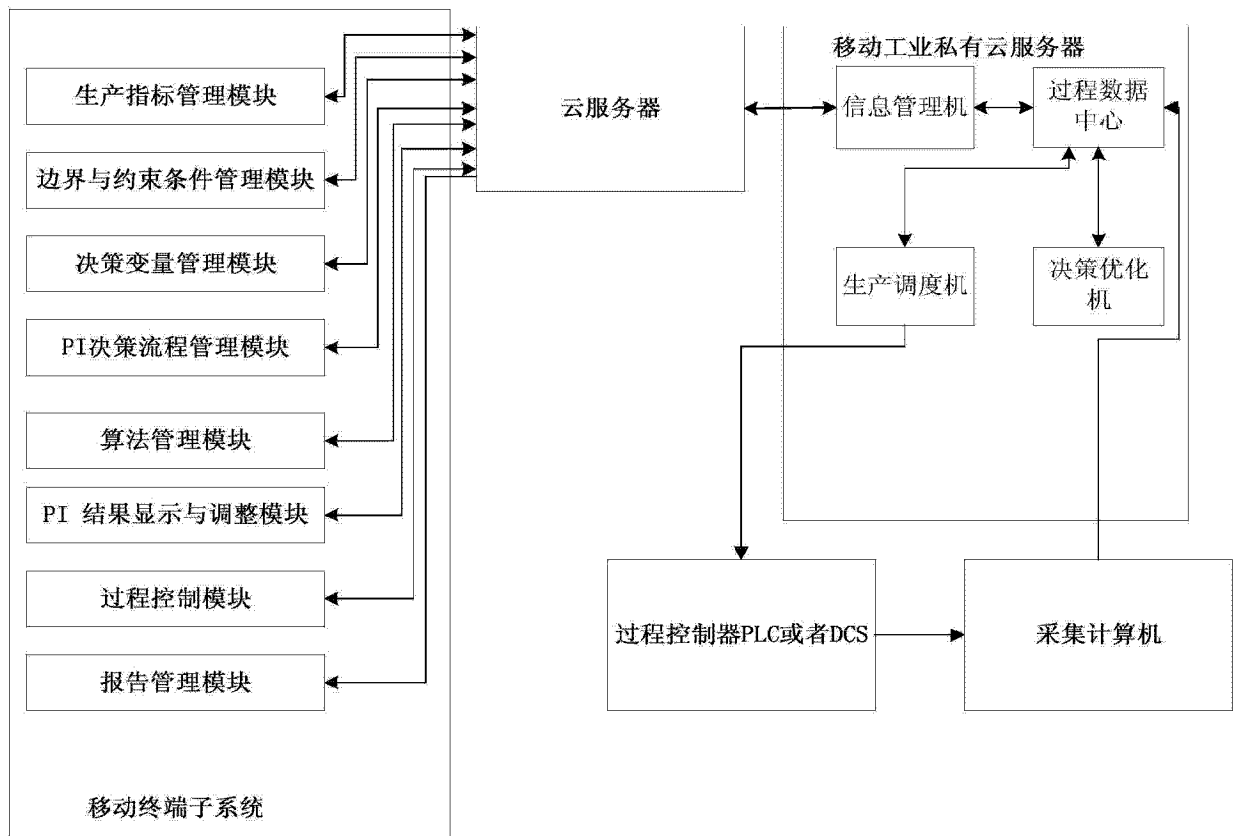


图 2

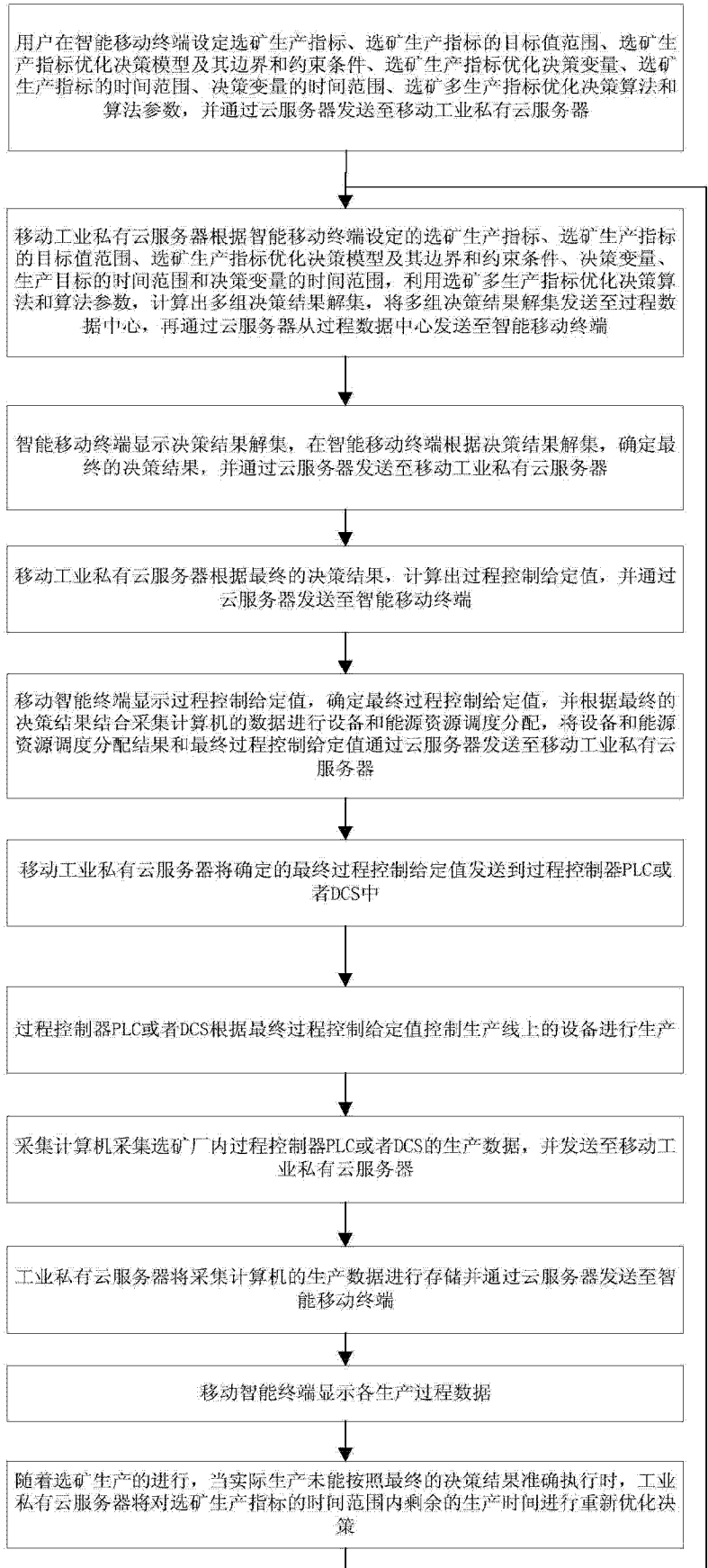


图 3