



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102622465 B

(45) 授权公告日 2013. 10. 02

(21) 申请号 201210011054. 9

审查员 刘申

(22) 申请日 2012. 01. 13

(73) 专利权人 冶金自动化研究设计院

地址 100071 北京市丰台区西四环南路 72 号

(72) 发明人 傅登明 苏胜石 于立业 徐化岩

马湧 贾天云 曾玉娇 吴少波

(74) 专利代理机构 北京华谊知识产权代理有限公司

11207

代理人 刘月娥

(51) Int. Cl.

G06F 17/50 (2006. 01)

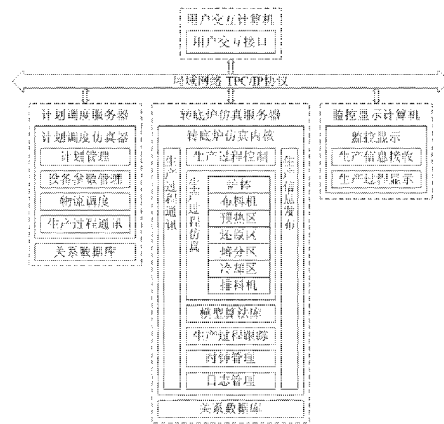
权利要求书2页 说明书5页 附图1页

(54) 发明名称

一种基于计算机的转底炉仿真系统

(57) 摘要

一种基于计算机的转底炉仿真系统,属于炼铁的生产仿真技术领域。系统硬件包括计划调度服务器、转底炉仿真服务器,监控显示计算机,用户交互计算机;服务器之间、服务器与计算机之间均由 Ethernet 局域网络连接;应用模块包括计划调度仿真器、转底炉仿真内核、监控显示模块、用户交互接口模块;其中,计划调度仿真器和关系数据库部署在计划调度服务器上,转底炉仿真内核和关系数据库部署在转底炉仿真服务器上,监控显示模块部署在监控显示计算机上,用户交互接口模块部署在用户交互计算机上;计划调度仿真器通过数据库接口与部署在计划调度服务器上的关系数据库连接,通过 TCP/IP 协议与转底炉仿真内核进行通讯。优点在于,实现了转底炉仿真系统的通用性,不仅可以仿真转底炉熔融还原的生产过程,还可以模拟转底炉直接还原的生产过程。



1. 一种基于计算机的转底炉仿真系统,其特征在于,系统硬件包括计划调度服务器、转底炉仿真服务器,监控显示计算机,用户交互计算机;服务器之间、服务器与计算机之间均由 Ethernet 局域网络连接;应用模块包括计划调度仿真器、转底炉仿真内核、监控显示模块、用户交互接口模块;其中,计划调度仿真器和关系数据库部署在计划调度服务器上,转底炉仿真内核和关系数据库部署在转底炉仿真服务器上,监控显示模块部署在监控显示计算机上,用户交互接口模块部署在用户交互计算机上;计划调度仿真器通过数据库接口与部署在计划调度服务器上的关系数据库连接,通过 TCP/IP 协议与转底炉仿真内核进行通讯;转底炉仿真内核通过数据库接口与部署在转底炉仿真服务器上的关系数据库连接,通过 TCP/IP 协议与计划调度仿真器、监控显示模块、用户交互接口模块进行通讯;监控显示模块通过 TCP/IP 协议与转底炉仿真内核进行通讯;用户交互接口模块通过 TCP/IP 协议与转底炉仿真内核进行通讯,功能是实现转底炉仿真系统与用户或转底炉信息管理系统应用的交互;

转底炉仿真内核的功能是实现转底炉生产过程的动态仿真;转底炉仿真内核包括生产过程通讯子模块、生产过程控制子模块、生产过程仿真子模块、算法模型库、生产过程跟踪子模块、时钟管理子模块、日志管理子模块和生产信息发布子模块;其中,生产过程通讯子模块的功能是仿真转底炉生产过程与调度之间的交互,它通过抽象各种生产命令定义了一系列消息,转底炉仿真内核根据消息的内容定义生产设备、确定工艺参数以及组织生产;生产过程控制子模块的功能是监视每个仿真设备的状态及运行情况,协调整个系统的运行,根据外部调度发送的信息,进行生产过程指挥,根据生产过程的控制要求调整生产过程,将一些生产过程的信息和生产结果通过生产过程通讯通知调度;算法模型库存放了转底炉生产过程中使用到的各种算法模型;该模型库对各种模型进行统一管理,模型可灵活替换,转底炉仿真内核可以根据不同的情况使用不同的模型;算法模型库的统一管理可使转底炉仿真系统模拟不同的工艺过程,模型的可替换性使系统方便地使用第三方提供的模型来提高系统精度;生产过程跟踪子模块的功能是仿真物流跟踪、生产过程的分析统计和转底炉生产中能源等的利用率统计;时钟管理子模块的功能是实现在时间轴上推进系统的运行,维护仿真时钟及转底炉生产时间场景;日志管理子模块的功能是记录仿真过程发生的事件;生产信息发布子模块的功能是将生产信息动态的以广播的形式向外部发送;

所述的生产过程仿真子模块以构成转底炉生产过程的各个设备为线索,以转底炉冶炼原理工艺和模型为基础模拟转底炉还原过程的基本行为;生产过程仿真子模块包括炉体功能块、布料机功能块、预热区功能块、还原区功能块、熔分区功能块、冷却区功能块和排料机功能块;仿真的转底炉对象包括炉体、布料机、预热区、还原区、熔分区、冷却区和排料机;其中,炉体功能块模拟实现对转底炉炉体的参数和状态变化的跟踪和管理,包括转底炉转动速度、水封液位;布料机功能块模拟实现对布料机的参数和状态变化的跟踪和管理,包括布料口的数量、各布料口的位置、布料速度、布料量;预热区功能块模拟实现对转底炉预热区的参数和状态变化的跟踪和管理,包括温度、炉压;还原区功能块模拟实现对转底炉还原区的参数和状态变化的跟踪和管理,包括设定温度、实际温度、炉压、各煤气喷嘴的参数、各空气喷嘴的参数;熔分区功能块模拟实现对转底炉熔分区的参数和状态变化的跟踪和管理,包括设定温度、实际温度、炉压、各煤气喷嘴的参数、各空气喷嘴的参数;冷却区功能块模拟实现对转底炉冷却区的参数和状态变化的跟踪和管理,包括温度、炉压;排料机功能块

模拟实现对排料机的参数和状态变化的跟踪和管理,包括排料机电流、排料速度、排料量、温度。

2. 根据权利要求 1 所述的转底炉仿真系统,其特征在于,所述的计划调度仿真器的功能是模拟生产厂调度的角色,为系统建立了转底炉生产的运行环境;计划调度仿真器包括计划管理子模块、设备参数管理子模块、物流调度子模块和生产过程通讯子模块;其中,计划管理子模块的功能是实现生产计划的编制、修改、保存和管理;设备参数管理子模块的功能是实现转底炉各设备的参数的建立、修改和保存;物流调度子模块的功能是仿真转底炉生产过程中所有物料的调度和管理;生产过程通讯子模块的功能是仿真调度与转底炉生产过程之间的交互。

3. 根据权利要求 1 所述的转底炉仿真系统,其特征在于,所述的监控显示模块的功能是提供转底炉仿真的可视化界面,以图形化的形式对转底炉仿真过程进行显示;监控显示模块包括生产信息接收子模块、生产过程显示子模块;其中,生产信息接收子模块的功能是通过局域网络接收生产信息发布子模块发布的生产过程数据,获得目前转底炉生产状况和各设备的运行状态;生产过程显示子模块的功能是将接收的信息以图形化的形式进行显示;监控显示与仿真过程完全分离,仅通过局域网络用定义好的数据进行交互。

一种基于计算机的转底炉仿真系统

技术领域

[0001] 本发明属于炼铁的生产仿真技术领域,特别是提供了一种基于计算机的转底炉仿真系统,对炼铁的转底炉生产过程仿真,用于模拟转底炉煤基热风熔融炼铁工艺的生产过程。

背景技术

[0002] 随着世界钢铁工业的飞速发展和国际社会对环境保护的日益重视,铁矿石、废钢、焦炭等资源紧缺,天然气和铁矿石等价格大幅上涨,使得各大钢铁企业对生产成本控制的难度加大,非高炉炼铁工艺越来越得到各国的重视。用煤取代焦炭的直接还原和熔融还原炼铁工艺的研究都在蓬勃发展中。尽管迄今为止还没有任何一种非高炉炼铁工艺能够超越高炉的高功率、大容量的绝对优势,但是作为传统工艺的有益补充,非传统工艺仍然占据了一席之地。转底炉炼铁是目前世界上最主要的非高炉炼铁工艺炼铁方法,其技术的进步对钢铁企业的竞争力至关重要,被称为第三代炼铁法。其工业特点是(1)原料适应性强,适用于各种低品质含铁原料;(2)燃料灵活,不受能源条件限制;(3)流程短、生产成本较低;(4)能耗低、排放少;(5)一次性可同时回收多种有价金属;(6)生产效率高;(7)生产过程没有废水和固体废弃物排放,产生的渣用于建材生产。由于转底炉设备庞大、种类繁多,生产过程复杂的物理、化学过程交织在一起,用真实系统的研究不仅费时费钱,并且很难做到,用计算机仿真技术则可化繁为简,大大节省人力物力。

[0003] 目前,国内外针对转底炉仿真的研究有对转底炉流场、压力场、浓度场和温度场模拟;湍流模型计算、湍流燃烧模型计算。这些仿真的研究大多是针对转底炉生产某一方面的,对系统、全面的研究转底炉生产有一定的局限性。

发明内容

[0004] 本发明的目的在于提供一种基于计算机的转底炉仿真系统,用于模拟转底炉生产过程中布料、预热、还原、熔分、冷却和排料等主要生产工序。发明从转底炉基本冶金原理和工艺着手,抽象出转底炉生产过程中的各种工艺计算模型,以计算模型为基础,在工艺层面对转底炉的布料、煤气、热风、还原温度、熔分温度等进行了模拟,同时对转底炉生产设备进行建模、组态,实现了转底炉仿真系统的通用性,该系统不仅可以仿真转底炉熔融还原的生产过程,还可以模拟转底炉直接还原的生产过程。

[0005] 本发明的系统硬件包括数据库与应用服务器 2 台,分别是计划调度数据库与应用服务器(以下简称计划调度服务器)和转底炉仿真内核数据库与应用服务器(以下简称转底炉仿真服务器),监控显示计算机 1 台,用户交互计算机 1 台;服务器之间、服务器与计算机之间均由 Ethernet 局域网络连接;本发明的应用模块包括计划调度仿真器、转底炉仿真内核、监控显示模块、用户交互接口模块;其中,计划调度仿真器和关系数据库部署在计划调度服务器上,转底炉仿真内核和关系数据库部署在转底炉仿真服务器上,监控显示模块部署在监控显示计算机上,用户交互接口模块部署在用户交互计算机上。计划调度仿真器

通过数据库接口与部署在计划调度服务器上的关系数据库连接,通过 TCP/IP 协议与转底炉仿真内核进行通讯;转底炉仿真内核通过数据库接口与部署在转底炉仿真服务器上的关系数据库连接,通过 TCP/IP 协议与计划调度仿真器、监控显示模块、用户交互接口模块进行通讯;监控显示模块通过 TCP/IP 协议与转底炉仿真内核进行通讯;用户交互接口模块通过 TCP/IP 协议与转底炉仿真内核进行通讯,功能是实现转底炉仿真系统与用户或转底炉信息管理系统等应用的交互。

[0006] 计划调度仿真器包括计划管理子模块、设备参数管理子模块、物流调度子模块和生产过程通讯子模块。

[0007] 转底炉仿真内核包括生产过程通讯子模块、生产过程控制子模块、生产过程仿真子模块、算法模型库、生产过程跟踪子模块、时钟管理子模块、日志管理子模块和生产信息发布子模块。其中,生产过程仿真子模块包括炉体功能块、布料机功能块、预热区功能块、还原区功能块、熔分区功能块、冷却区功能块和排料机功能块。

[0008] 监控显示模块包括生产信息接收子模块和生产过程显示子模块。

[0009] 本发明的一种基于计算机的转底炉仿真系统仿真了转底炉生产过程中的各个生产阶段,生产阶段包括接收生产计划、根据计划向调度申请原料、计算煤气需求量、计算热风需求量、布料、预热、还原、熔分、冷却和排料。所述的原料是由矿石粉或铜渣粉等与煤粉和石灰粉混合后,经润磨、造球、烘干后制成的混合物料球团。

[0010] 计划调度仿真器的功能是模拟生产厂调度的角色,为系统建立了转底炉生产的运行环境。其中,计划管理子模块的功能是实现生产计划的编制、修改、保存和管理;设备参数管理子模块的功能是实现转底炉各设备的参数的建立、修改和保存;物流调度子模块的功能是仿真转底炉生产过程中所有物料的调度和管理;生产过程通讯子模块的功能是仿真调度与转底炉生产过程之间的交互。

[0011] 转底炉仿真内核的功能是实现转底炉生产过程的动态仿真。其中,生产过程通讯子模块的功能是仿真转底炉生产过程与调度之间的交互,它通过抽象各种生产命令定义了一系列消息,转底炉仿真内核根据消息的内容定义生产设备、确定工艺参数以及组织生产。生产过程控制子模块的功能是监视每个仿真设备的状态及运行情况,协调整个系统的运行,根据外部调度发送的信息,进行生产过程指挥,根据生产过程的控制要求调整生产过程,将一些生产过程的信息和生产结果通过生产过程通讯通知调度。算法模型库存放了转底炉生产过程中使用到的各种算法模型;该模型库对各种模型进行统一管理,模型可灵活替换,转底炉仿真内核可以根据不同的情况使用不同的模型;算法模型库的统一管理可使转底炉仿真系统模拟不同的工艺过程,模型的可替换性可使系统方便地使用第三方提供的模型来提高系统精度。生产过程跟踪子模块的功能是仿真物流跟踪、生产过程的分析统计和转底炉生产中能源等的利用率统计。时钟管理子模块的功能是实现在时间轴上推进系统的运行,维护仿真时钟及转底炉生产时间场景。日志管理子模块的功能是记录仿真过程发生的主要事件。生产信息发布子模块的功能是将生产信息动态的以广播的形式向外部发送。

[0012] 生产过程仿真子模块是转底炉仿真内核中的主要部分,该模块以构成转底炉生产过程的各个主要设备为线索,以转底炉冶炼原理工艺和模型为基础模拟转底炉还原过程的基本行为。生产过程仿真子模块包括炉体功能块、布料机功能块、预热区功能块、还原区功

能块、熔分区功能块、冷却区功能块和排料机功能块；仿真的转底炉主要对象包括炉体、布料机、预热区、还原区、熔分区、冷却区和排料机。其中，炉体功能块模拟实现对转底炉炉体的参数和状态变化的跟踪和管理，包括转底炉转动速度、水封液位等；布料机功能块模拟实现对布料机的参数和状态变化的跟踪和管理，包括布料口的数量、各布料口的位置、布料速度、布料量等；预热区功能块模拟实现对转底炉预热区的参数和状态变化的跟踪和管理，包括温度、炉压等；还原区功能块模拟实现对转底炉还原区的参数和状态变化的跟踪和管理，包括设定温度、实际温度、炉压、各煤气喷嘴的参数（数量、压力、流量、耗量、温度）、各空气喷嘴的参数（数量、压力、流量、温度）等；熔分区功能块模拟实现对转底炉熔分区的参数和状态变化的跟踪和管理，包括设定温度、实际温度、炉压、各煤气喷嘴的参数（数量、压力、流量、耗量、温度）、各空气喷嘴的参数（数量、压力、流量、温度）等；冷却区功能块模拟实现对转底炉冷却区的参数和状态变化的跟踪和管理，包括温度、炉压等；排料机功能块模拟实现对排料机的参数和状态变化的跟踪和管理，包括排料机电流、排料速度、排料量、温度等。

[0013] 监控显示模块的功能是提供转底炉仿真的可视化界面，以图形化的形式对转底炉仿真过程进行显示。监控显示模块包括生产信息接收子模块、生产过程显示子模块；其中，生产信息接收子模块的功能是通过局域网络接收生产信息发布子模块发布的生产过程数据，获得目前转底炉生产状况和各设备的运行状态；生产过程显示子模块的功能是将接收的信息以图形化的形式进行显示。监控显示与仿真过程完全分离，仅通过局域网络用定义好的数据进行交互。

[0014] 用户交互接口模块的功能是实现转底炉仿真系统与用户或转底炉信息管理系统等应用的交互。

[0015] 本发明的优点在于：

[0016] 1、根据转底炉的冶金原理和工艺进行仿真，通过对算法模型库进行统一管理，使仿真系统可以仿真广泛的转底炉生产过程，不仅可以仿真转底炉熔融还原的生产过程，还可以模拟转底炉直接还原的生产过程；同时，还可以对铜渣、镍渣、选金尾矿渣、钢厂粉尘和污泥等各种低品质含铁原料的还原过程进行仿真，这使得对转底炉生产过程的研究更加有效。

[0017] 2、通过对转底炉还原装置的建模，将不同的转底炉的差异部分变为可输入的参数，例如转底炉的吨位、中径、炉膛内宽、炉膛内高、炉底有效宽度、炉底面积、还原区个数、燃气喷嘴个数等，实际仿真的转底炉装置由这些参数决定，因此本发明仿真的转底炉还原装置有很好的通用性。

[0018] 3、本发明可用来支持冶金炼铁生产计划编排、转底炉生产调试、冶金产品提升方案测试等工作。

附图说明

[0019] 图 1 是转底炉仿真系统结构图。

具体实施方式

[0020] 以仿真一般转底炉的生产过程为例，对该系统的实施方式进行说明。

[0021] 用户根据实际工厂情况,通过计划调度仿真器的设备参数管理子模块设定或选择数据库已有的设备参数管理;通过计划管理子模块输入或选择数据库已有的要仿真的转底炉生产计划;通过生产过程通讯子模块将设备参数和转底炉生产计划下达到转底炉仿真内核的生产过程通讯子模块。

[0022] 转底炉仿真内核根据设备参数定义生产设备,然后将各个转底炉设备准备就绪,通过生产过程通讯子模块向计划调度仿真器发送转底炉生产开始的消息;计划调度仿真器通过物流调度子模块向转底炉仿真内核发送原料——混合物料球团。

[0023] 转底炉仿真内核接收到混合物料球团后,开始仿真转底炉生产过程。生产过程控制子模块开始对生产过程仿真的各个生产阶段进行控制。

[0024] 转底炉仿真内核收到混合物料球团后,生产过程仿真子模块启动布料阶段,选择算法模型库中相应的布料制度,布料机将混合物料球团连续地装入炉体的布料区。

[0025] 随着转底炉炉底连续转动,混合物料球团进入的预热区,生产过程仿真子模块启动预热阶段,预热区功能模块跟踪混合物料球团温度和炉膛温度等参数。

[0026] 随着转底炉炉底连续转动,混合物料球团进入的还原区,生产过程仿真子模块启动还原阶段,还原区功能模块根据混合物料球团成分和温度,选择算法模型库中相应的温度计算模型计算还原区的设定温度,根据设定温度设置各煤气喷嘴的流量和空气喷嘴的流量,同时跟踪炉膛温度变化,实时调节各煤气喷嘴的流量和空气喷嘴的流量,以使实际温度达到设定温度。

[0027] 随着转底炉炉底连续转动,混合物料球团进入的熔分区,生产过程仿真子模块启动熔分阶段,熔分区功能模块根据混合物料球团成分和温度,选择算法模型库中相应的温度计算模型计算熔分区的设定温度,根据设定温度设置各煤气喷嘴的流量和空气喷嘴的流量,同时跟踪炉膛温度变化,实时调节各煤气喷嘴的流量和空气喷嘴的流量,以使实际温度达到设定温度。

[0028] 随着转底炉炉底连续转动,混合物料球团进入的冷却区,生产过程仿真子模块启动冷却阶段,冷却区功能模块跟踪混合物料球团温度和炉膛温度等参数。

[0029] 随着转底炉炉底连续转动,混合物料球团进入排料区,生产过程仿真子模块启动排料阶段,排料机将排料区中还原后的混合物料球团排出,送至后续工序处理。

[0030] 整个转底炉生产过程仿真中,炉体功能模块根据工艺要求设定炉底转速,炉底连续转动,并始终跟踪炉体设备的运转参数和状态,根据工艺要求,实时调整炉底转速。

[0031] 转底炉是连续生产的,当生产计划的产量完成后,转底炉仿真内核的生产过程通讯子模块向计划调度仿真器发送生产结束消息,同时将各个生产设备复位。

[0032] 若有多个转底炉生产计划,转底炉仿真内核通过生产过程通讯子模块向计划调度仿真器发送转底炉生产开始的消息,对下一生产计划的生产过程进行仿真。

[0033] 整个转底炉生产过程仿真中,始终伴随着流场、压力场、浓度场、温度场的计算,计算以质量守恒、动量平衡、能量平衡、化学组分平衡和化学元素质量守恒等原理为基础,不同的区段采用不同的计算模型。

[0034] 整个转底炉生产过程仿真中,时钟管理子模块在时间轴上推进系统的运行,维护仿真时钟及转底炉生产时间场景;日志管理子模块记录各个生产阶段开始结束、设备动作以及消息的收发情况;生产过程跟踪子模块对生产中的原材料、煤气等能源消耗进行统计,

记录生产过程中产生的废气和余热。

[0035] 整个转底炉生产过程仿真中,生产信息发布子模块将生产过程中的阶段情况,设备动作,各区段的温度、炉压、煤气喷嘴流量、空气喷嘴流量,消息接收情况,仿真时钟等内容动态以广播的形式向外部发布;监控显示模块的生产过程显示子模块以图形化的方式对生产信息接收子模块接收的生产信息进行显示。以上生产信息也提供给用户交互接口模块供转底炉信息管理等应用使用。

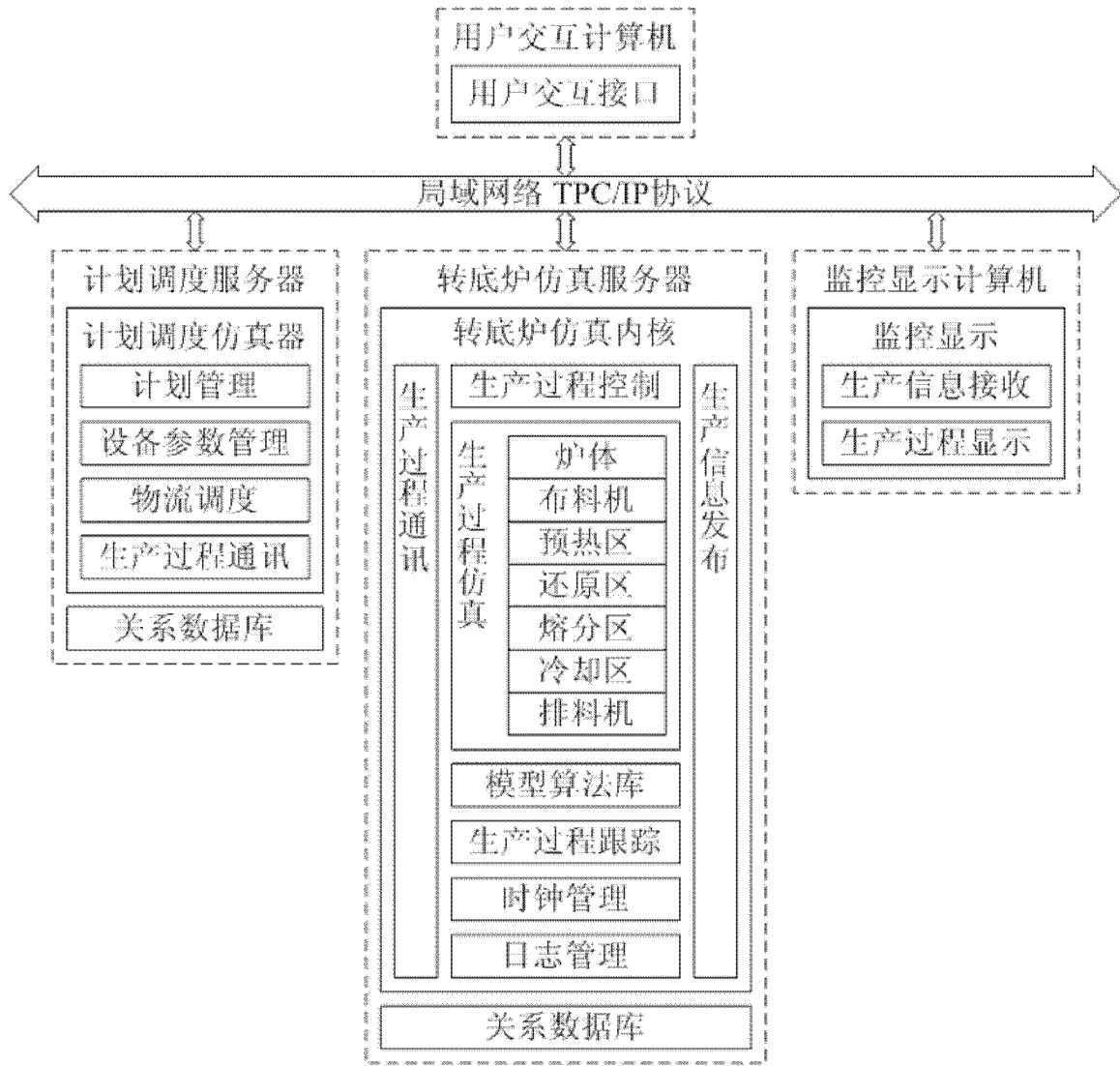


图 1