



(21) 申请号 202510351079.0

(22) 申请日 2025.03.24

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 120215441 A

(43) 申请公布日 2025.06.27

(73) 专利权人 河南中硼新材料有限公司

地址 457631 河南省濮阳市台前县产业集

聚区中兴大道南段路西

(72) 发明人 刘新海 王乐 刘殊豪 韩晴

(74) 专利代理机构 广州万研知识产权代理事务

所(普通合伙) 44418

专利代理师 谭楚蕙

(51) Int. Cl.

G05B 19/418 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 114550953 A, 2022.05.27

CN 119376361 A, 2025.01.28

审查员 戚林锋

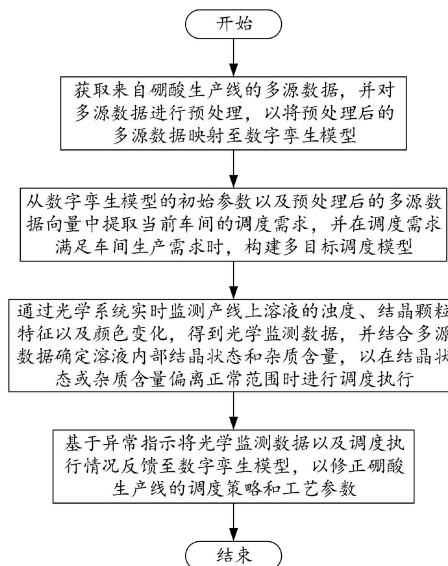
权利要求书3页 说明书12页 附图1页

## (54) 发明名称

基于物联网的硼酸生产物料调度方法及系统

## (57) 摘要

一种基于物联网的硼酸生产物料调度方法及系统,该方法包括:获取来自硼酸生产线的多源数据,并对多源数据进行预处理,以将预处理后的多源数据映射至数字孪生模型。从数字孪生模型的初始参数以及预处理后的多源数据向量中提取当前车间的调度需求,并在调度需求满足车间生产需求时,构建多目标调度模型。通过光学系统实时监测产线上溶液的浊度、结晶颗粒特征以及颜色变化,得到光学监测数据,并结合多源数据确定溶液内部结晶状态和杂质含量,以在结晶状态或杂质含量偏离正常范围时进行调度执行。基于异常指示将光学监测数据以及调度执行情况反馈至数字孪生模型,以修正硼酸生产线的调度策略和工艺参数,提高了硼酸生产的智能化和生产效率。



1. 一种基于物联网的硼酸生产物料调度方法,其特征在于,所述方法包括:

获取来自硼酸生产线的多源数据,并对所述多源数据进行预处理,以将预处理后的多源数据映射至数字孪生模型;

从所述数字孪生模型的初始参数以及预处理后的多源数据向量中提取当前车间的调度需求,并在所述调度需求满足车间生产需求时,构建多目标调度模型;

通过光学系统实时监测产线上溶液的浊度、结晶颗粒特征以及颜色变化,得到光学监测数据,并结合所述多源数据确定溶液内部结晶状态和杂质含量,以在所述结晶状态或杂质含量偏离正常范围时进行调度执行;

基于异常指示将所述光学监测数据以及调度执行情况反馈至所述数字孪生模型,以修正硼酸生产线的调度策略和工艺参数;

其中,所述多源数据包括硼酸生产线上多个关键节点安装的温度、流量、pH和压力的传感器数据,所述预处理包括缺失值填补和去噪过滤,所述多目标调度模型用于根据调度需求和资源清单输出调度决策。

2. 根据权利要求1所述的基于物联网的硼酸生产物料调度方法,其特征在于,所述获取来自硼酸生产线的多源数据,并对所述多源数据进行预处理,以将预处理后的多源数据映射至数字孪生模型,包括:

基于来自所述硼酸生产线的不同传感器的瞬时读数生成原始数据向量,并对所述原始数据向量进行确实填补和去噪过滤,得到预处理后的数据向量;

基于所述预处理后的数据向量确定关键工艺变量,并将所述关键工艺变量映射至数字孪生结构中,以搭建所述数字孪生模型,得到数字孪生模型的初始参数向量;

其中,所述关键工艺变量包括温度、硼矿杂质含量以及流量,所述初始参数向量包括硼酸生产线反应温度、流量以及pH的初始建模值。

3. 根据权利要求2所述的基于物联网的硼酸生产物料调度方法,其特征在于,所述获取来自硼酸生产线的多源数据,并对所述多源数据进行预处理,以将预处理后的多源数据映射至数字孪生模型,还包括:

将建立的数字孪生模型与实际监测数据进行对比,得到模型输出与实际监测数据之间的误差,并判断所述误差是否超过第一阈值;

当所述误差超过所述第一阈值时,则重新对数字孪生模型的初始参数进行预处理或对传感器的偏置量进行修正,得到数字孪生模型的验证结果以及修正后的模型参数。

4. 根据权利要求3所述的基于物联网的硼酸生产物料调度方法,其特征在于,所述从所述数字孪生模型的初始参数以及预处理后的多源数据向量中提取当前车间的调度需求,并在所述调度需求满足车间生产需求时,构建多目标调度模型,包括:

根据所述数字孪生模型中硼酸生产线的库存数据、流量、温度以及pH,确定投料总量、投料频率以及预计产量的关键参数,并结合车间设备能力和人员配置汇总生成调度需求向量;

设定用于定义供决策变量向量的多目标函数,并基于所述多目标函数获取调度决策变量向量,以构建所述多目标调度模型;

其中,所述多目标函数包括最小化总运输时间、最小化能耗以及最大化产能利用率,所述供决策的变量向量包括调度决策数内所有批次投料时刻或运输车辆的路线选择。

5. 根据权利要求4所述的基于物联网的硼酸生产物料调度方法,其特征在于,所述从所述数字孪生模型的初始参数以及预处理后的多源数据向量中提取当前车间的调度需求,并在所述调度需求满足车间生产需求时,构建多目标调度模型,还包括:

当光学传感器监测溶液浊度或结晶颗粒大小异常时,通过所述多目标调度模型与光学系统之间的数据交互接口触发并传输第一反馈信号,并在所述多目标调度模型捕获到所述第一反馈信号时,对相应的投料时刻或批次顺序进行微调;

在当前投料批次的结晶速率超过第二阈值时,触发并传输第二反馈信号,并在所述多目标调度模型捕获到第二反馈信号时,对后续物料输送时间进行延后或降低单次投料量;

基于所述第一反馈信号和第二反馈信号构建自适应函数,以根据所述自适应函数在原调整策略的基础上获取修订后的调度决策,所述修订后的调度决策用于生成排程执行指令。

6. 根据权利要求5所述的基于物联网的硼酸生产物料调度方法,其特征在于,所述通过光学系统实时监测产线上溶液的浊度、结晶颗粒特征以及颜色变化,得到光学监测数据,并结合所述多源数据确定溶液内部结晶状态和杂质含量,以在所述结晶状态或杂质含量偏离正常范围时进行调度执行,包括:

按照设定的采样频率通过安装在反应釜的出料口或结晶车间入口的光学传感器实时监测溶液的浊度、结晶颗粒特征以及颜色变化,得到光学数据矢量,并将所述光学数据矢量与所述多源数据进行融合,构建得到融合向量;

调用基于设定正常工作区间阈值或机器学习算法对所述融合向量进行异常检测,并在所述融合向量出现异常时,触发控制系统进行预警和自动调节,以生成异常指标量;

基于所述异常指标量和对原调整策略的修正量获取定义的控制策略函数,并在所述异常指标量为第一数值时,通过所述数字孪生模型对生产排程变量进行修订,得到修订排程方案。

7. 根据权利要求6所述的基于物联网的硼酸生产物料调度方法,其特征在于,所述基于异常指示将所述光学监测数据以及调度执行情况反馈至所述数字孪生模型,以修正硼酸生产线的调度策略和工艺参数,包括:

基于所述修订排程方案获取执行指令和执行数据日志,并结合异常记录和光学监测数据,构建历史数据矩阵,以采用机器学习模型基于所述历史数据矩阵预测不同时刻的结晶状态或能耗情况;

基于所述机器学习模型的预测结果对排程策略和光学阈值进行优化,以构建优化目标函数,得到更新后的新模型参数,并将所述新模型参数映射至所述数字孪生模型。

8. 一种基于物联网的硼酸生产物料调度系统,其特征在于,所述系统包括:

数据预处理模块,用于获取来自硼酸生产线的多源数据,并对所述多源数据进行预处理,以将预处理后的多源数据映射至数字孪生模型;

模型构建模块,用于从所述数字孪生模型的初始参数以及预处理后的多源数据向量中提取当前车间的调度需求,并在所述调度需求满足车间生产需求时,构建多目标调度模型;

调度执行模块,用于通过光学系统实时监测产线上溶液的浊度、结晶颗粒特征以及颜色变化,得到光学监测数据,并结合所述多源数据确定溶液内部结晶状态和杂质含量,以在所述结晶状态或杂质含量偏离正常范围时进行调度执行;

调度策略调整模块,用于基于异常指示将所述光学监测数据以及调度执行情况反馈至所述数字孪生模型,以修正硼酸生产线的调度策略和工艺参数;

其中,所述多源数据包括硼酸生产线上多个关键节点安装的温度、流量、pH和压力的传感器数据,所述预处理包括缺失值填补和去噪过滤,所述多目标调度模型用于根据调度需求和资源清单输出调度决策。

9. 一种终端,包括处理器及存储介质;其特征在于:

所述存储介质用于存储指令;

所述处理器用于根据所述指令进行操作以执行根据权利要求1-7任一项所述方法的步骤。

10. 计算机可读存储介质,其上存储有计算机程序,其特征在于,该程序被处理器执行时实现权利要求1-7任一项所述方法的步骤。

## 基于物联网的硼酸生产物料调度方法及系统

### 技术领域

[0001] 本发明属于物联网和生产调度控制技术领域,更具体的,涉及一种基于物联网的硼酸生产物料调度方法及系统。

### 背景技术

[0002] 物料调度是现代生产制造和物流领域中的一项重要技术,它涉及对物料需求、库存、运输和配送等方面的管理和优化。随着生产规模的扩大和市场竞争的加剧,物料调度的重要性日益凸显。

[0003] 目前,在硼酸生产产线上的物料调度依旧较多依赖于人工,且传统硼酸产线数据测量上多采用单一仪表,而单一仪表数据覆盖较为不足,采集周期也较长,使得物料调度效率较低,且较易出错。另外,由于硼酸生产的特殊性,其对环境的要求也往往较为苛刻,例如,反应釜中的温度、流量以及其内部液体的浊度、结晶等参数对其生产具有重要的影响意义。而现有技术中,往往会忽略监测硼酸生产内部液体的状态,而忽略反应液体的状态则可能会导致在异常状态情况下依旧按照原投料和调度方式进行生产,在一定程度上影响了硼酸的产量以及生产质量。

### 发明内容

[0004] 为解决现有技术中存在的不足,本发明的目的在于解决上述缺陷,进而提出一种基于物联网的硼酸生产物料调度方法及系统。

[0005] 本发明采用如下的技术方案。

[0006] 本发明第一方面公开了一种基于物联网的硼酸生产物料调度方法,所述方法包括:

[0007] 获取来自硼酸生产线的多源数据,并对所述多源数据进行预处理,以将预处理后的多源数据映射至数字孪生模型;

[0008] 从所述数字孪生模型的初始参数以及预处理后的多源数据向量中提取当前车间的调度需求,并在所述调度需求满足车间生产需求时,构建多目标调度模型;

[0009] 通过光学系统实时监测产线上溶液的浊度、结晶颗粒特征以及颜色变化,得到光学监测数据,并结合所述多源数据确定溶液内部结晶状态和杂质含量,以在所述结晶状态或杂质含量偏离正常范围时进行调度执行;

[0010] 基于异常指示将所述光学监测数据以及调度执行情况反馈至所述数字孪生模型,以修正硼酸生产线的调度策略和工艺参数;

[0011] 其中,所述多源数据包括硼酸生产线上多个关键节点安装的温度、流量、pH和压力的传感器数据,所述预处理包括缺失值填补和去噪过滤,所述多目标调度模型用于根据调度需求和资源清单输出调度决策。

[0012] 进一步的,所述获取来自硼酸生产线的多源数据,并对所述多源数据进行预处理,以将预处理后的多源数据映射至数字孪生模型,包括:

[0013] 基于来自所述硼酸生产线的不同传感器的瞬时读数生成原始数据向量,并对所述原始数据向量进行确实填补和去噪过滤,得到预处理后的数据向量;

[0014] 基于所述预处理后的数据向量确定关键工艺变量,并将所述关键工艺变量映射至数字孪生结构中,以搭建所述数字孪生模型,得到数字孪生模型的初始参数向量;

[0015] 其中,所述关键工艺变量包括温度、硼矿杂质含量以及流量,所述初始参数向量包括硼酸生产线反应温度、流量以及pH的初始建模值。

[0016] 进一步的,所述获取来自硼酸生产线的多源数据,并对所述多源数据进行预处理,以将预处理后的多源数据映射至数字孪生模型,还包括:

[0017] 将建立的数字孪生模型与实际监测数据进行对比,得到模型输出与实际监测数据之间的误差,并判断所述误差是否超过第一阈值;

[0018] 当所述误差超过所述第一阈值时,则重新对数字孪生模型的初始参数进行预处理或对传感器的偏置量进行修正,得到数字孪生模型的验证结果以及修正后的模型参数。

[0019] 进一步的,所述从所述数字孪生模型的初始参数以及预处理后的多源数据向量中提取当前车间的调度需求,并在所述调度需求满足车间生产需求时,构建多目标调度模型,包括:

[0020] 根据所述数字孪生模型中硼酸生产线的库存数据、流量、温度以及pH,确定投料总量、投料频率以及预计产量的关键参数,并结合车间设备能力和人员配置汇总生成调度需求向量;

[0021] 设定用于定义供决策变量向量的多目标函数,并基于所述多目标函数获取调度决策变量向量,以构建所述多目标调度模型;

[0022] 其中,所述多目标函数包括最小化总运输时间、最小化能耗以及最大化产能利用率,所述供决策的变量向量包括调度决策数内所有批次投料时刻或运输车辆的路线选择。

[0023] 进一步的,所述从所述数字孪生模型的初始参数以及预处理后的多源数据向量中提取当前车间的调度需求,并在所述调度需求满足车间生产需求时,构建多目标调度模型,还包括:

[0024] 当光学传感器监测溶液浊度或结晶颗粒大小异常时,通过所述多目标调度模型与光学系统之间的数据交互接口触发并传输第一反馈信号,并在所述多目标调度模型捕获到所述第一反馈信号时,对相应的投料时刻或批次顺序进行微调;

[0025] 在当前投料批次的结晶速率超过第二阈值时,触发并传输第二反馈信号,并在所述多目标调度模型捕获到第二反馈信号时,对后续物料输送时间进行延后或降低单次投料量;

[0026] 基于所述第一反馈信号和第二反馈信号构建自适应函数,以根据所述自适应函数在原调整策略的基础上获取修订后的调度决策,所述修订后的调度决策用于生成排程执行指令。

[0027] 进一步的,所述通过光学系统实时监测产线上溶液的浊度、结晶颗粒特征以及颜色变化,得到光学监测数据,并结合所述多源数据确定溶液内部结晶状态和杂质含量,以在所述结晶状态或杂质含量偏离正常范围时进行调度执行,包括:

[0028] 按照设定的采样频率通过安装在反应釜的出料口或结晶车间入口的光学传感器实时监测溶液的浊度、结晶颗粒特征以及颜色变化,得到光学数据矢量,并将所述光学数据

矢量与所述多源数据进行融合,构建得到融合向量;

[0029] 调用基于设定正常工作区间阈值或机器学习算法对所述融合向量进行异常检测,并在所述融合向量出现异常时,触发控制系统进行预警和自动调节,以生成异常指标量;

[0030] 基于所述异常指标量和对原调整策略的修正量获取定义的控制策略函数,并在所述异常指标量为第一数值时,通过所述数字孪生模型对生产排程变量进行修订,得到修订排程方案。

[0031] 进一步的,所述基于异常指示将所述光学监测数据以及调度执行情况反馈至所述数字孪生模型,以修正硼酸生产线的调度策略和工艺参数,包括:

[0032] 基于所述修订排程方案获取执行指令和执行数据日志,并结合异常记录和光学监测数据,构建历史数据矩阵,以采用机器学习模型基于所述历史数据矩阵预测不同时刻的结晶状态或能耗情况;

[0033] 基于所述机器学习模型的预测结果对排程策略和光学阈值进行优化,以构建优化目标函数,得到更新后的新模型参数,并将所述新模型参数映射至所述数字孪生模型。

[0034] 本发明第二方面公开了一种基于物联网的硼酸生产物料调度系统,所述系统包括:

[0035] 数据预处理模块,用于获取来自硼酸生产线的多源数据,并对所述多源数据进行预处理,以将预处理后的多源数据映射至数字孪生模型;

[0036] 模型构建模块,用于从所述数字孪生模型的初始参数以及预处理后的多源数据向量中提取当前车间的调度需求,并在所述调度需求满足车间生产需求时,构建多目标调度模型;

[0037] 调度执行模块,用于通过光学系统实时监测产线上溶液的浊度、结晶颗粒特征以及颜色变化,得到光学监测数据,并结合所述多源数据确定溶液内部结晶状态和杂质含量,以在所述结晶状态或杂质含量偏离正常范围时进行调度执行;

[0038] 调度策略调整模块,用于基于异常指示将所述光学监测数据以及调度执行情况反馈至所述数字孪生模型,以修正硼酸生产线的调度策略和工艺参数;

[0039] 其中,所述多源数据包括硼酸生产线上多个关键节点安装的温度、流量、pH和压力的传感器数据,所述预处理包括缺失值填补和去噪过滤,所述多目标调度模型用于根据调度需求和资源清单输出调度决策。

[0040] 本发明第三方面公开了一种终端,包括处理器及存储介质;其特征在于:

[0041] 所述存储介质用于存储指令;

[0042] 所述处理器用于根据所述指令进行操作以执行第一方面所述方法的步骤。

[0043] 本发明第四方面公开了一种计算机可读存储介质,其上存储有计算机程序,其特征在于,该程序被处理器执行时实现第一方面所述方法的步骤。

[0044] 本发明的有益效果在于,与现有技术相比,本发明具有以下优点:

[0045] 通过获取来自硼酸生产线的多源传感器数据,并对多源传感器数据进行预处理,以将预处理后的多源传感器数据映射至数字孪生模型。再从数字孪生模型的初始参数以及预处理后的多源数据向量中提取当前车间的调度需求,并在调度需求满足车间生产需求时,构建多目标调度模型。之后,通过光学系统实时监测产线上溶液的浊度、结晶颗粒特征以及颜色变化,得到光学监测数据,并结合多源数据确定溶液内部结晶状态和杂质含量,以

在结晶状态或杂质含量偏离正常范围时进行调度执行。最后,基于异常指示将光学监测数据以及调度执行情况反馈至数字孪生模型,以修正硼酸生产线的调度策略和工艺参数。该方法通过融合光学监测和多源传感器数据来对硼酸生产线进行调度策略的修正,传感器覆盖率较大且均为实时采集,有效避免了在硼酸生产出现异常时按照原调度策略所带来的损失,数字孪生模型的辅助也在一定程度上提高了硼酸生产的智能化和生产效率,保障了硼酸生产的产量以及生产质量。

### 附图说明

[0046] 图1是本发明提供一种基于物联网的硼酸生产物料调度方法的结构示意图。

### 具体实施方式

[0047] 下面结合附图对本申请做进一步描述。以下实施例仅用于更加清楚地说明本发明的技术方案,而不能以此来限制本申请的保护范围。

[0048] 如图1所示,在一个实施例中,一种基于物联网的硼酸生产物料调度方法,包括以下步骤:

[0049] 步骤S110,获取来自硼酸生产线的多源数据,并对多源数据进行预处理,以将预处理后的多源数据映射至数字孪生模型。

[0050] 其中,多源数据包括硼酸生产线上多个关键节点安装的温度、流量、pH和压力的传感器数据,预处理包括缺失值填补和去噪过滤,关键节点包括原料仓库、输送管道以及反应釜。

[0051] 在一些实施例中,本发明提供的基于物联网的硼酸生产物料调度方法,步骤S110具体包括以下步骤:

[0052] 步骤S111,基于来自硼酸生产线的不同传感器的瞬时读数生成原始数据向量,并对原始数据向量进行确实填补和去噪过滤,得到预处理后的数据向量。

[0053] 步骤S112,基于预处理后的数据向量确定关键工艺变量,并将关键工艺变量映射至数字孪生结构中,以搭建数字孪生模型,得到数字孪生模型的初始参数向量。

[0054] 其中,关键工艺变量包括温度、硼矿杂质含量以及流量,初始参数向量包括硼酸生产线反应温度、流量以及pH的初始建模值。

[0055] 在一些实施例中,本发明提供的基于物联网的硼酸生产物料调度方法,步骤S110具体还包括以下步骤:

[0056] 步骤S113,将建立的数字孪生模型与实际监测数据进行对比,得到模型输出与实际监测数据之间的误差,并判断误差是否超过第一阈值。

[0057] 步骤S114,当误差超过第一阈值时,则重新对数字孪生模型的初始参数进行预处理或对传感器的偏置量进行修正,得到数字孪生模型的验证结果以及修正后的模型参数。

[0058] 步骤S120,从数字孪生模型的初始参数以及预处理后的多源数据向量中提取当前车间的调度需求,并在调度需求满足车间生产需求时,构建多目标调度模型。

[0059] 其中,多目标调度模型用于根据调度需求和资源清单输出调度决策。

[0060] 在一些实施例中,本发明提供的基于物联网的硼酸生产物料调度方法,步骤S120具体包括以下步骤:

[0061] 步骤S121,根据数字孪生模型中硼酸生产线的库存数据、流量、温度以及pH,确定投料总量、投料频率以及预计产量的关键参数,并结合车间设备能力和人员配置汇总生成调度需求向量。

[0062] 步骤S122,设定用于定义供决策变量向量的多目标函数,并基于多目标函数获取调度决策变量向量,以构建多目标调度模型。

[0063] 其中,多目标函数包括最小化总运输时间、最小化能耗以及最大化产能利用率,供决策的变量向量包括调度决策数内所有批次投料时刻或运输车辆的路线选择。

[0064] 在一些实施例中,本发明提供的基于物联网的硼酸生产物料调度方法,步骤S120具体还包括以下步骤:

[0065] 步骤S123,当光学传感器监测溶液浊度或结晶颗粒大小异常时,通过多目标调度模型与光学系统之间的数据交互接口触发并传输第一反馈信号,并在多目标调度模型捕获到第一反馈信号时,对相应的投料时刻或批次顺序进行微调。

[0066] 步骤S124,在当前投料批次的结晶速率超过第二阈值时,触发并传输第二反馈信号,并在多目标调度模型捕获到第二反馈信号时,对后续物料输送时间进行延后或降低单次投料量。

[0067] 步骤S125,基于第一反馈信号和第二反馈信号构建自适应函数,以根据自适应函数在原调整策略的基础上获取修订后的调度决策,修订后的调度决策用于生成排程执行指令。

[0068] 步骤S130,通过光学系统实时监测产线上溶液的浊度、结晶颗粒特征以及颜色变化,得到光学监测数据,并结合多源数据确定溶液内部结晶状态和杂质含量,以在结晶状态或杂质含量偏离正常范围时进行调度执行。

[0069] 在一些实施例中,本发明提供的基于物联网的硼酸生产物料调度方法,步骤S130具体包括以下步骤:

[0070] 步骤S131,按照设定的采样频率通过安装在反应釜的出料口或结晶车间入口的光学传感器实时监测溶液的浊度、结晶颗粒特征以及颜色变化,得到光学数据矢量,并将光学数据矢量与多源数据进行融合,构建得到融合向量。

[0071] 步骤S132,调用基于设定正常工作区间阈值或机器学习算法对融合向量进行异常检测,并在融合向量出现异常时,触发控制系统进行预警和自动调节,以生成异常指标量。

[0072] 步骤S133,基于异常指标量和对原调整策略的修正量获取定义的控制策略函数,并在异常指标量为第一数值时,通过数字孪生模型对生产排程变量进行修订,得到修订排程方案。

[0073] 步骤S140,基于异常指示将光学监测数据以及调度执行情况反馈至数字孪生模型,以修正硼酸生产线的调度策略和工艺参数。

[0074] 在一些实施例中,本发明提供的基于物联网的硼酸生产物料调度方法,步骤S140具体包括以下步骤:

[0075] 步骤S141,基于修订排程方案获取执行指令和执行数据日志,并结合异常记录和光学监测数据,构建历史数据矩阵,以采用机器学习模型基于历史数据矩阵预测不同时刻的结晶状态或能耗情况。

[0076] 步骤S142,基于机器学习模型的预测结果对排程策略和光学阈值进行优化,以构

建优化目标函数,得到更新后的新模型参数,并将新模型参数映射至数字孪生模型。

[0077] 上述基于物联网的硼酸生产物料调度方法,通过获取来自硼酸生产线的多源传感器数据,并对多源传感器数据进行预处理,以将预处理后的多源传感器数据映射至数字孪生模型。再从数字孪生模型的初始参数以及预处理后的多源数据向量中提取当前车间的调度需求,并在调度需求满足车间生产需求时,构建多目标调度模型。之后,通过光学系统实时监测产线上溶液的浊度、结晶颗粒特征以及颜色变化,得到光学监测数据,并结合多源数据确定溶液内部结晶状态和杂质含量,以在结晶状态或杂质含量偏离正常范围时进行调度执行。最后,基于异常指示将光学监测数据以及调度执行情况反馈至数字孪生模型,以修正硼酸生产线的调度策略和工艺参数。该方法通过融合光学监测和多源传感器数据来对硼酸生产线进行调度策略的修正,传感器覆盖率较大且均为实时采集,有效避免了在硼酸生产出现异常时按照原调度策略所带来的损失,数字孪生模型的辅助也在一定程度上提高了硼酸生产的智能化和生产效率,保障了硼酸生产的产量以及生产质量。

[0078] 在具体的实施例中,本发明提供的基于物联网的硼酸生产物料调度方法,包括步骤1~步骤4:

[0079] 步骤1,多源数据采集与数字孪生模型初始化。

[0080] 建立完整的硼酸生产线数据基础,为后续物料调度与光学监测奠定数据根基,应对传统单一仪表数据覆盖不足、采集周期长的缺陷,保证数据全覆盖与高频采样。

[0081] 具体的,包括步骤1.1~1.4:

[0082] 步骤1.1,传感器布置与原始数据获取。

[0083] 具体的,在原料仓库、输送管道、反应釜等多个关键节点安装温度、流量、pH、压力等多种传感器,以确保覆盖硼酸生产的全部主要环节。之后,根据收集到的传感器读数生成原始数据向量,该原始数据向量由不同传感器的瞬时读数(实时更新,如每分钟更新一次读数)共同构成。

[0084] 步骤1.2,数据清洗与预处理。

[0085] 具体的,采用缺失值填补、去噪过滤等对原始数据向量进行预处理,以生成由清洗后得到的可信读数构成的干净稳定的数据向量。对于明显异常的采样点,可使用均值或华东中位数进行校正,以避免极端值对后续分析的影响。

[0086] 步骤1.3,参数映射与数字孪生结构搭建。

[0087] 具体的,根据预处理后的数据向量确定重要工艺变量(如温度、硼矿杂质含量以及流量等),并将其映射至数字孪生的对应模块。数字孪生中各子模块的初始状态可记为初始参数向量,包括反应温度、流量以及pH的初始建模值,用于建立数字孪生模型。

[0088] 步骤1.4,系统初步验证。

[0089] 具体的,将建立的数字孪生模型与车间现场部分监测数据进行对比,以确保拟合偏差在可接受范围内。若偏差超过设定阈值范围,则返回至步骤1.2,调整数据预处理策略或修正传感器偏置量,得到数字孪生的验证结果以及修正后参数。

[0090] 步骤2,物料调度优化与自适应排程。

[0091] 在满足多生产线、不同批次硼酸产品品质需求的前提下,动态优化运输路线与投料时序,以解决人工调度难以及时应对需求变动或物料短缺的缺陷。

[0092] 具体的,包括步骤2.1~2.4:

[0093] 步骤2.1,调度需求提取与数据输入。

[0094] 具体的,从数字孪生模型初始参数以及预处理后数据向量中提取当前车间实际需求量、库存状态和生产目标,形成调度需求清单。根据数字孪生模型中关于库存、流量、温度等信息确定投料总量、投料频率、预计产量等关键参数,并结合车间设备能力和人员配置,汇总得到调度需求向量。其中,调度需求向量由单批次硼矿或硼砂的需求量、工艺时限以及目标产量共同构成。另外,调度需求向量中的数据也可从数字孪生模型中实时更新,或者由管理层下达目标再映射到数字孪生模型中得到。

[0095] 步骤2.2,多目标调度模型构建。

[0096] 具体的,在满足生产需求的前提下,兼顾运输成本、能量消耗以及对后续光学系统的实时监测需求,构建调度优化模型。首先,设定多目标函数,如最小化总运输时间、最小化能耗以及最大化产能利用率三方面进行权衡,定义可供决策的变量向量,包含可能的调度决策数量内任意批次的物料投料时刻或运输车辆的路线选择。

[0097] 步骤2.3,自适应排程与光学系统联动。

[0098] 具体的,将调度决策与光学监测系统相结合,使得排程能够根据实时光学信号反馈进行动态调整。首先,在调度优化模型内部预留与光学监测系统的数据交互接口:当光学传感器监测到溶液浊度或结晶颗粒大小异常时,可触发反馈信号,调度优化模型捕获到反馈信号后针对部分投料时刻或批次顺序进行重新微调,避免在出现异常状态时继续大批量投料。若当前批次的结晶速率过快,调度优化模型可延迟后续物料输送时间或降低单次投料量。基于光学监测反馈构建自适应函数,以计算在原调度策略基础上修订后的新决策向量。通过上述联动,可在工艺异常时自动触发调度修订,以减少损失并稳定生产。

[0099] 例如,当调度系统收到光学反馈“监测到异常沉淀”,则可将后续批次的投料时间推迟10~20min,或降低投料量,以便工作人员对结晶情况进行处理。

[0100] 步骤2.4,模型求解与实施。

[0101] 具体的,将上述多目标调度模型与自适应策略落地到实际生产中,选用合适的算法(改进型粒子群、遗传算法或边缘计算中的启发算法)进行求解,并根据求解结果进行调度计划。

[0102] 在本实施例中,根据计算规模、网络宽带以及车间实时性需求,选用不同的求解策略,例如,若需要高精度,可在云端使用进化算法,若是要快速响应,可在边缘端部署简化启发式算法。一旦确认最优解或次优解,则按照修订前后的调度策略所示顺序调用物流设备、投料装置等,若后续接收到光学监测系统的异常信号,则对当前调度策略进行修订。最后,在排程执行期间,需要实时记录执行过程数据反馈至数字孪生模型,用于模型的优化。

[0103] 步骤3,融合光学监测的生产过程实时控制。

[0104] 引入光学系统对硼酸溶液的浊度、折射率、光谱特征等进行精细检测,实现早期异常识别。

[0105] 具体的,包括步骤3.1~3.4:

[0106] 步骤3.1,光学监测装置布置与数据采集。

[0107] 具体的,在反应釜、结晶池或关键管路安装光学传感器(可见光、红外光、激光散射等),实时监测溶液的浊度、结晶颗粒特征以及颜色变化。其中,光学传感器的布置位置优先选择在反应釜的出料口或结晶车间入口等易观察结晶状态的关键点,若反应釜容积较大,可

在不同高度安装多个光学探头。另外,光学传感器的采样频率根据生产节奏可设定在1s~30s范围内,以保证足够的时间分辨率。最后,基于光学传感器的布置位置和采样频率构造相应的光学数据矢量,包括光透射率、光散射强度以及其他光学特征(如红外吸收峰强度),上述光学监测数据有助于判断溶液内颗粒大小以及杂质含量。

[0108] 步骤3.2,光学数据融合与异常识别。

[0109] 具体的,将光学数据矢量与已有多源传感器数据进行融合,以综合判断溶液内部结晶及杂质情况,并及时发现偏离正常范围的异常情况。首先,基于光学数据矢量与前述传感器数据构建融合向量,使得融合向量中所有元素都在相同时间点同步采集,用于实时分析。随后,设定正常工作区间阈值,如光学透射率在0.8~1范围内为正常工作范围,使用基于正常工作区间阈值或机器学习的算法对融合向量进行异常检测。一旦识别出异常,即可触发控制系统进行预警或自动调节,避免因过度结晶或杂质聚集导致产量或生产质量下降,同时输出相应的异常指示量。

[0110] 步骤3.3,与物料排程联动的控制策略。

[0111] 具体的,当检测到异常(如结晶提前或杂质富集)时,能够动态调节投料速率或物料运输时间,实现自适应联动控制。首先,基于异常指示量以及对原排程调度策略的修订量(如推迟投料时间、减少投料批量)定义控制策略函数,并在异常指示量不为0时,通过数字孪生模型核验生产影响,再对排程变量进行修订,得到修订后的新排程,以确保生产过程不因异常情况的发生而失控。若光学监测多次提示溶液浊度偏高,可指令投料系统暂缓下一批硼矿或硫酸的加入,并增大搅拌或提高溶液流速,以加快杂质沉降。

[0112] 步骤3.4,执行与闭环反馈。

[0113] 具体的,将调度修正与控制指令传达至现场执行层(如自动阀门、泵、搅拌器等),并将执行结果反馈至数字孪生模型,形成完整闭环控制。首先,通过PLC系统或DCS系统将修订后的新排程以及控制策略发送至相应设备,包含开关阀门、调节搅拌以及投料量控制等具体指令。之后,对实际运行后的温度、pH、光学监测数据再次进行异常检测,若仍存在异常,则再次对当前排程进行修订,若已恢复正常,则继续按照当前既定排程进行下批次投料生产。最后,记录当前批次过程控制的所有数据(如异常发生时刻、响应措施),并将记录的数据同步至数字孪生模型中进行模型优化。

[0114] 步骤4,调度系统迭代进化。

[0115] 将实时监测与调度执行情况的数据回传至数字孪生与机器学习模型中,形成闭环,以不断修正与升级调度策略与工艺参数。

[0116] 具体的,包括步骤4.1~4.3:

[0117] 步骤4.1,数据收集与历史记录归档。

[0118] 具体的,基于步骤3.4中记录并回传的所有数据(控制数据日志、异常记录以及光学监测数据)与当前排程执行结果构建历史数据矩阵,供后续模型学习或统计分析使用。

[0119] 步骤4.2,算法训练与参数更新。

[0120] 具体的,采用机器学习模型(如LSTM或随机森林)来预测不同时刻结晶状态或能耗情况,并以此对排程决策或光学阈值进行优化,定义相应的目标优化函数,所定义的目标优化函数由成品硼酸产量、总能耗、异常停机时长及其各自对应的可调节权重系数共同决定。最后,通过训练找到优化目标函数最大化的工艺与排程策略,同时得到更新后的模型参数

(如最佳投料频率、改进阈值)。

[0121] 步骤4.3,数字孪生修订与仿真验证。

[0122] 具体的,根据更新参数调优数字孪生模型中的核心方程,以保证虚拟工厂与真实工厂紧密对应,可在仿真环境中执行一轮模拟生产,观察成品质量、能耗以及光学监测值曲线是否与期望结果相吻合。若修订后数字孪生预测的期望结果与真实车间之间的误差不超过设定阈值,则说明当前排程修订成功。

[0123] 下面对本发明提供的基于物联网的硼酸生产物料调度系统进行描述,下文描述的基于物联网的硼酸生产物料调度系统与上文描述的基于物联网的硼酸生产物料调度方法可相互对应参照。

[0124] 在一个实施例中,一种基于物联网的硼酸生产物料调度系统,包括数据预处理模块、模型构建模块、调度执行模块以及调度策略调整模块。

[0125] 数据预处理模块用于获取来自硼酸生产线的多源数据,并对多源数据进行预处理,以将预处理后的多源数据映射至数字孪生模型。

[0126] 模型构建模块用于从数字孪生模型的初始参数以及预处理后的多源数据向量中提取当前车间的调度需求,并在调度需求满足车间生产需求时,构建多目标调度模型。

[0127] 调度执行模块用于通过光学系统实时监测产线上溶液的浊度、结晶颗粒特征以及颜色变化,得到光学监测数据,并结合多源数据确定溶液内部结晶状态和杂质含量,以在结晶状态或杂质含量偏离正常范围时进行调度执行。

[0128] 调度策略调整模块用于基于异常指示将光学监测数据以及调度执行情况反馈至数字孪生模型,以修正硼酸生产线的调度策略和工艺参数。

[0129] 其中,多源数据包括硼酸生产线上多个关键节点安装的温度、流量、pH和压力的传感器数据,预处理包括缺失值填补和去噪过滤,多目标调度模型用于根据调度需求和资源清单输出调度决策。

[0130] 在本实施例中,本发明提供的基于物联网的硼酸生产物料调度系统,数据预处理模块具体用于:

[0131] 基于来自硼酸生产线的不同传感器的瞬时读数生成原始数据向量,并对原始数据向量进行确实填补和去噪过滤,得到预处理后的数据向量。

[0132] 基于预处理后的数据向量确定关键工艺变量,并将关键工艺变量映射至数字孪生结构中,以搭建数字孪生模型,得到数字孪生模型的初始参数向量。

[0133] 其中,关键工艺变量包括温度、硼矿杂质含量以及流量,初始参数向量包括硼酸生产线反应温度、流量以及pH的初始建模值。

[0134] 在本实施例中,本发明提供的基于物联网的硼酸生产物料调度系统,数据预处理模块具体还用于:

[0135] 将建立的数字孪生模型与实际监测数据进行对比,得到模型输出与实际监测数据之间的误差,并判断误差是否超过第一阈值。

[0136] 当误差超过第一阈值时,则重新对数字孪生模型的初始参数进行预处理或对传感器的偏置量进行修正,得到数字孪生模型的验证结果以及修正后的模型参数。

[0137] 在本实施例中,本发明提供的基于物联网的硼酸生产物料调度系统,模型构建模块具体用于:

[0138] 根据数字孪生模型中硼酸生产线的库存数据、流量、温度以及pH,确定投料总量、投料频率以及预计产量的关键参数,并结合车间设备能力和人员配置汇总生成调度需求向量。

[0139] 设定用于定义供决策变量向量的多目标函数,并基于多目标函数获取调度决策变量向量,以构建多目标调度模型。

[0140] 其中,多目标函数包括最小化总运输时间、最小化能耗以及最大化产能利用率,供决策的变量向量包括调度决策数内所有批次投料时刻或运输车辆的路线选择。

[0141] 在本实施例中,本发明提供的基于物联网的硼酸生产物料调度系统,模型构建模块具体还用于:

[0142] 当光学传感器监测溶液浊度或结晶颗粒大小异常时,通过多目标调度模型与光学系统之间的数据交互接口触发并传输第一反馈信号,并在多目标调度模型捕获到第一反馈信号时,对相应的投料时刻或批次顺序进行微调。

[0143] 在当前投料批次的结晶速率超过第二阈值时,触发并传输第二反馈信号,并在多目标调度模型捕获到第二反馈信号时,对后续物料输送时间进行延后或降低单次投料量。

[0144] 基于第一反馈信号和第二反馈信号构建自适应函数,以根据自适应函数在原调整策略的基础上获取修订后的调度决策,修订后的调度决策用于生成排程执行指令。

[0145] 在本实施例中,本发明提供的基于物联网的硼酸生产物料调度系统,调度执行模块具体用于:

[0146] 按照设定的采样频率通过安装在反应釜的出料口或结晶车间入口的光学传感器实时监测溶液的浊度、结晶颗粒特征以及颜色变化,得到光学数据矢量,并将光学数据矢量与多源数据进行融合,构建得到融合向量。

[0147] 调用基于设定正常工作区间阈值或机器学习算法对融合向量进行异常检测,并在融合向量出现异常时,触发控制系统进行预警和自动调节,以生成异常指标量。

[0148] 基于异常指标量和对原调整策略的修正量获取定义的控制策略函数,并在异常指标量为第一数值时,通过数字孪生模型对生产排程变量进行修订,得到修订排程方案。

[0149] 在本实施例中,本发明提供的基于物联网的硼酸生产物料调度系统,调度策略调整模块具体用于:

[0150] 基于修订排程方案获取执行指令和执行数据日志,并结合异常记录和光学监测数据,构建历史数据矩阵,以采用机器学习模型基于历史数据矩阵预测不同时刻的结晶状态或能耗情况。

[0151] 基于机器学习模型的预测结果对排程策略和光学阈值进行优化,以构建优化目标函数,得到更新后的新模型参数,并将新模型参数映射至数字孪生模型。

[0152] 本公开可以是系统、方法和/或计算机程序产品。计算机程序产品可以包括计算机可读存储介质,其上载有用于使处理器实现本公开的各个方面的计算机可读程序指令。

[0153] 计算机可读存储介质可以是保持和存储由指令执行设备使用的指令的有形设备。计算机可读存储介质例如可以是一一但不限于一一电存储设备、磁存储设备、光存储设备、电磁存储设备、半导体存储设备或者上述的任意合适的组合。计算机可读存储介质的更具体的例子(非穷举的列表)包括:便携式计算机盘、硬盘、随机存取存储器(RAM)、只读存储器(ROM)、可擦式可编程只读存储器(EPROM或闪存)、静态随机存取存储器(SRAM)、便携式

压缩盘只读存储器 (CD-ROM)、数字多功能盘 (DVD)、记忆棒、软盘、机械编码设备、例如其上存储有指令的打孔卡或凹槽内凸起结构、以及上述的任意合适的组合。这里所使用的计算机可读存储介质不被解释为瞬时信号本身,诸如无线电波或者其它自由传播的电磁波、通过波导或其它传输媒介传播的电磁波(例如,通过光纤电缆的光脉冲)、或者通过电线传输的电信号。

[0154] 这里所描述的计算机可读程序指令可以从计算机可读存储介质下载到各个计算/处理设备,或者通过网络、例如因特网、局域网、广域网和/或无线网下载到外部计算机或外部存储设备。网络可以包括铜传输电缆、光纤传输、无线传输、路由器、防火墙、交换机、网关计算机和/或边缘服务器。每个计算/处理设备中的网络适配卡或者网络接口从网络接收计算机可读程序指令,并转发该计算机可读程序指令,以供存储在各个计算/处理设备中的计算机可读存储介质中。

[0155] 用于执行本公开操作的计算机程序指令可以是汇编指令、指令集架构 (ISA) 指令、机器指令、机器相关指令、微代码、固件指令、状态设置数据、或者以一种或多种编程语言的任意组合编写的源代码或目标代码,所述编程语言包括面向对象的编程语言—诸如 Smalltalk、C++ 等,以及常规的过程式编程语言—诸如“C”语言或类似的编程语言。计算机可读程序指令可以完全地在用户计算机上执行、部分地在用户计算机上执行、作为一个独立的软件包执行、部分在用户计算机上部分在远程计算机上执行、或者完全在远程计算机或服务器上执行。在涉及远程计算机的情形中,远程计算机可以通过任意种类的网络—包括局域网 (LAN) 或广域网 (WAN)—连接到用户计算机,或者,可以连接到外部计算机(例如利用因特网服务提供商来通过因特网连接)。在一些实施例中,通过利用计算机可读程序指令的状态信息来个性化定制电子电路,例如可编程逻辑电路、现场可编程门阵列 (FPGA) 或可编程逻辑阵列 (PLA),该电子电路可以执行计算机可读程序指令,从而实现本公开的各个方面。

[0156] 这里参照根据本公开实施例的方法、装置(系统)和计算机程序产品的流程图和/或框图描述了本公开的各个方面。应当理解,流程图和/或框图的每个方框以及流程图和/或框图中各方框的组合,都可以由计算机可读程序指令实现。

[0157] 这些计算机可读程序指令可以提供给通用计算机、专用计算机或其它可编程数据处理装置的处理器,从而生产出一种机器,使得这些指令在通过计算机或其它可编程数据处理装置的处理器执行时,产生了实现流程图和/或框图中的一个或多个方框中规定的功能/动作的装置。也可以把这些计算机可读程序指令存储在计算机可读存储介质中,这些指令使得计算机、可编程数据处理装置和/或其它设备以特定方式工作,从而,存储有指令的计算机可读介质则包括一个制品,其包括实现流程图和/或框图中的一个或多个方框中规定的功能/动作的各个方面的指令。

[0158] 也可以把计算机可读程序指令加载到计算机、其它可编程数据处理装置、或其它设备上,使得在计算机、其它可编程数据处理装置或其它设备上执行一系列操作步骤,以产生计算机实现的过程,从而使得在计算机、其它可编程数据处理装置、或其它设备上执行的指令实现流程图和/或框图中的一个或多个方框中规定的功能/动作。

[0159] 附图中的流程图和框图显示了根据本公开的多个实施例的系统、方法和计算机程序产品的可能实现的体系架构、功能和操作。在这点上,流程图或框图中的每个方框可以代

表一个模块、程序段或指令的一部分,所述模块、程序段或指令的一部分包含一个或多个用于实现规定的逻辑功能的可执行指令。在有些作为替换的实现中,方框中所标注的功能也可以以不同于附图中所标注的顺序发生。例如,两个连续的方框实际上可以基本并行地执行,它们有时也可以按相反的顺序执行,这依所涉及的功能而定。也要注意的,框图和/或流程图中的每个方框、以及框图和/或流程图中的方框的组合,可以用执行规定的功能或动作的专用的基于硬件的系统来实现,或者可以用专用硬件与计算机指令的组合来实现。

[0160] 最后应当说明的是,以上实施例仅用以说明本发明的技术方案而非对其限制,尽管参照上述实施例对本发明进行了详细的说明,所属领域的普通技术人员应当理解:依然可以对本发明的具体实施方式进行修改或者等同替换,而未脱离本发明精神和范围的任何修改或者等同替换,其均应涵盖在本发明的权利要求保护范围之内。

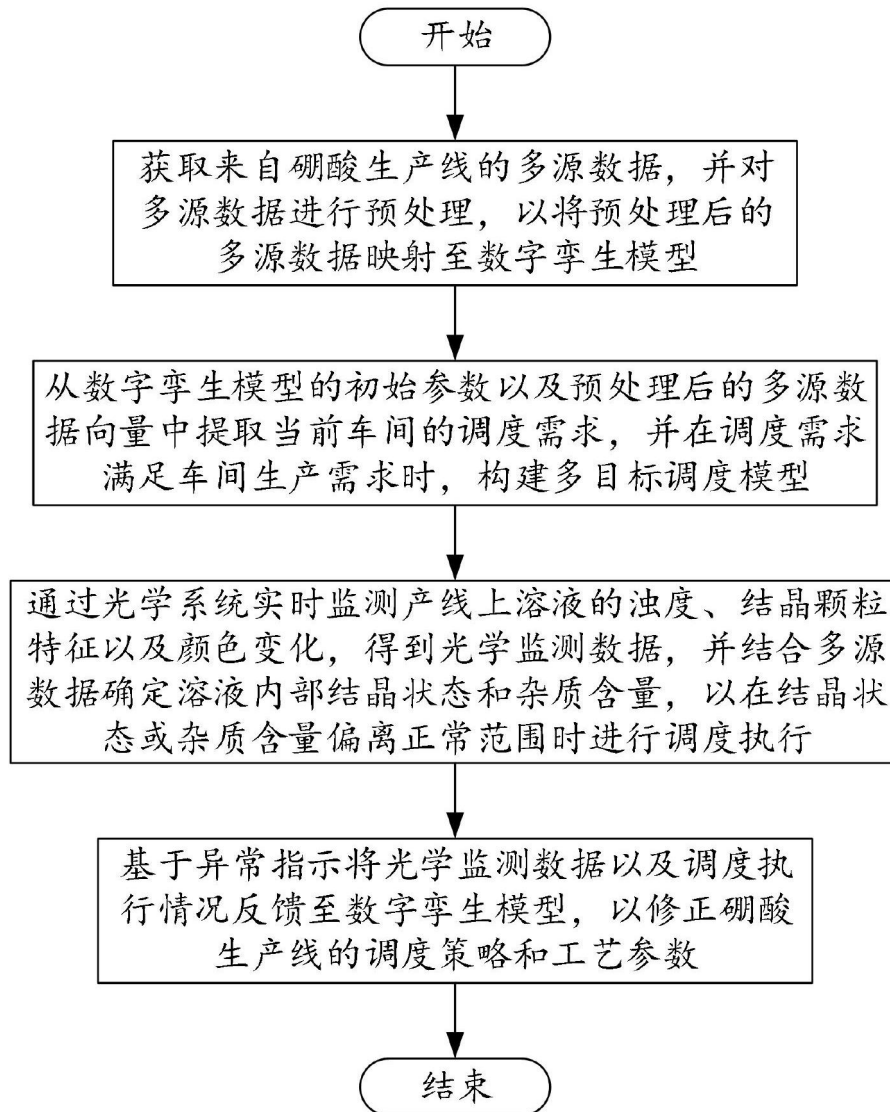


图1