



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 111724126 A

(43) 申请公布日 2020. 09. 29

(21) 申请号 202010535022.3

(22) 申请日 2020.06.12

(71) 申请人 北京科技大学顺德研究生院
地址 528300 广东省佛山市顺德区大良致
慧路2号

(72) 发明人 马亮 杨萍萍 彭开香 董洁

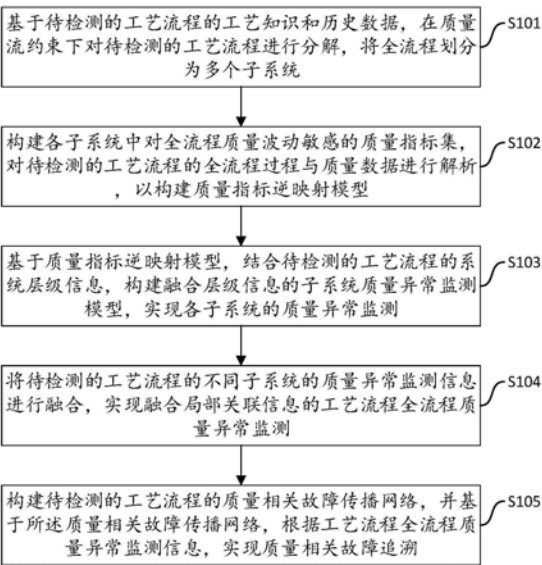
(74) 专利代理机构 北京市广友专利事务所有限
责任公司 11237
代理人 张仲波

(51) Int.Cl.
G06Q 10/10 (2012.01)
G06Q 10/06 (2012.01)

权利要求书3页 说明书11页 附图2页

(54) 发明名称
一种工艺流程质量异常精准追溯方法及系
统

(57) 摘要
本发明公开了一种工艺流程质量异常精准追溯方法及系统,该方法包括:在质量流约束下对工艺流程进行分解,将全流程划分为多个子系统;构建各子系统中对全流程质量波动敏感的质量指标集和质量指标逆映射模型;基于质量指标逆映射模型,结合系统层级信息,构建融合层级信息的子系统质量异常监测模型,实现各子系统的质量异常监测;将不同子系统的质量异常监测信息进行融合,实现融合局部关联信息的工艺流程全流程质量异常监测;构建质量相关故障传播网络,并基于质量相关故障传播网络,根据工艺流程全流程质量异常监测信息,实现质量相关故障追溯。本发明可及时、准确的对生产过程的质量异常进行有效的监控和判断,具有重要的实际应用与推广价值。



1. 一种工艺流程质量异常精准追溯方法,其特征在于,包括:

基于待检测的工艺流程的工艺知识和历史数据,在质量流约束下对待检测的工艺流程进行分解,将全流程划分为多个子系统;

构建各子系统中对全流程质量波动敏感的质量指标集,对待检测的工艺流程的全流程过程与质量数据进行解析,以构建质量指标逆映射模型;

基于所述质量指标逆映射模型,结合待检测的工艺流程的系统层级信息,构建融合层级信息的子系统质量异常监测模型,实现各子系统的质量异常监测;

将待检测的工艺流程的不同子系统的质量异常监测信息进行融合,实现融合局部关联信息的工艺流程全流程质量异常监测;

构建待检测的工艺流程的质量相关故障传播网络,并基于所述质量相关故障传播网络,根据工艺流程全流程质量异常监测信息,实现质量相关故障追溯。

2. 如权利要求1所述的工艺流程质量异常精准追溯方法,其特征在于,所述基于待检测的工艺流程的工艺知识和历史数据,在质量流约束下对待检测的工艺流程进行分解,将全流程划分为多个子系统,包括:

利用待检测的工艺流程的工艺知识和历史数据,以控制关联、反应关联、位置关联、类型关联、结构关联和功能关联为参考顺序,分析质量信息在工艺流程变量间的关联及传播关系,确定全流程质量流信息的变量候选集;

基于所述变量候选集,确定子系统主导变量;

利用统计相关性分析方法,衡量所述变量候选集中剩余变量与主导变量间的相关性,确定辅助变量;并以主导变量为中心,将辅助变量聚集在与之相关性强度大于预设阈值的主导变量周围,实现全流程初步分解;

基于工艺流程的层级信息,评价初步分解结果的合理性,调整所述预设阈值,实现质量流约束下的全流程精细化分解,将全流程划分为多个子系统。

3. 如权利要求2所述的工艺流程质量异常精准追溯方法,其特征在于,所述工艺知识包括待检测的工艺流程的层级信息、过程机理以及专家知识。

4. 如权利要求3所述的工艺流程质量异常精准追溯方法,其特征在于,所述基于所述变量候选集,确定子系统主导变量,包括:

针对过程机理明确的子系统,利用先验知识确定其主导变量;针对过程机理不明确的子系统,利用偏最小二乘或因果关系分析方法确定其主导变量。

5. 如权利要求1所述的工艺流程质量异常精准追溯方法,其特征在于,所述构建各子系统中对全流程质量波动敏感的质量指标集,对待检测的工艺流程的全流程过程与质量数据进行解析,以构建质量指标逆映射模型,包括:

分析各子系统过程变量对全流程典型质量波动的敏感性;

基于敏感性分析结果,构建各子系统中对全流程质量波动敏感的质量指标集,并结合待检测的工艺流程的工艺模型实现质量指标集的优选;

基于优选后的质量指标集,利用工艺知识确定质量信息的层级特性和层级间质量信息的定性关系,采用动态时间窗口联合多变量数据建模方法挖掘各层级间共有的和层级内特有的定量质量信息,实现全流程过程与质量数据的解析;

利用半监督学习与多变量回归相结合的方法,构建以信息深度感知为特征的高维度、

多质量指标逆映射模型。

6. 如权利要求5所述的工艺流程质量异常精准追溯方法,其特征在于,所述分析各子系统过程变量对全流程典型质量波动的敏感性,包括:

采用方差分解、基于偏导数的敏感性分析和基于连接权的敏感性分析方法分析各子系统过程变量对全流程典型质量波动的敏感性。

7. 如权利要求1所述的工艺流程质量异常精准追溯方法,其特征在于,所述基于所述质量指标逆映射模型,结合待检测的工艺流程的系统层级信息,构建融合层级信息的子系统质量异常监测模型,包括:

基于所述质量指标逆映射模型,利用尺度同步化方法同步待检测的工艺流程的多层级信息尺度,利用软传感模型估计预设类型的质量指标;

针对多层级质量信息,将质量信息以系统分层结构构建高维数据张量,采用预设张量分解技术,提取工艺流程的层级间共性特征和层级内个性特征信息;

分别针对层级间共性特征和层级内个性特征信息,采用变分推理结合深度神经网络方法,构建子系统质量相关的概率监测模型;

通过预设决策融合方法,将子系统不同层级的概率监测模型进行决策融合,构建融合层级信息的子系统质量异常监测模型。

8. 如权利要求1所述的工艺流程质量异常精准追溯方法,其特征在于,所述将待检测的工艺流程的不同子系统的质量异常监测信息进行融合,实现融合局部关联信息的工艺流程全流程质量异常监测,包括:

获取各子系统间的静态关联与动态协同关系;

利用分布式计算框架,采用多变量降维方法,对关联子系统的相关信息进行压缩,并传递给目标子系统;

将关联子系统的质量异常监测信息和目标子系统的质量异常监测信息融合,实现子系统间质量异常协同监测;

通过预设的信息融合与机器学习方法,将不同子系统的质量异常监测信息进行融合,实现融合局部关联信息的工艺流程全流程质量异常监测。

9. 如权利要求1所述的工艺流程质量异常精准追溯方法,其特征在于,构建待检测的工艺流程的质量相关故障传播网络,并基于所述质量相关故障传播网络,基于工艺流程全流程质量异常监测信息,实现质量相关故障追溯,包括:

构建各子系统之间的状态关联影响关系,实现面向全流程层面的子系统间的有向图构建,用来刻画质量相关故障在各子系统之间的传播和影响过程;

构建各子系统内部的结构元素与故障模式关联模型,实现子系统层面的质量相关故障与逻辑网络图构建;

将构建的面向全流程层面的有向图与子系统层面的质量相关故障与逻辑网络图进行关联集成,实现融合多源数据与知识的质量相关故障传播网络构建;

根据工艺流程全流程质量异常监测信息,确定质量相关故障发生的子系统;

对质量相关故障进行辨识,并构建有效目标候选集的筛选准则;

在所确定的子系统中,基于所述质量相关故障传播网络,利用有效目标候选集中的元素推理找出质量相关故障的原因,实现层次化的质量相关故障追溯。

10.一种工艺流程质量异常精准追溯系统,其特征在于,包括:

质量信息的深度提取与建模模块,用于基于待检测的工艺流程的工艺知识和历史数据,在质量流约束下对待检测的工艺流程进行分解,将全流程划分为多个子系统;构建各子系统中对全流程质量波动敏感的质量指标集,对待检测的工艺流程的全流程过程与质量数据进行解析,以构建质量指标逆映射模型;

融合层级信息的质量异常监测模块,用于基于所述质量指标逆映射模型,结合待检测的工艺流程的系统层级信息,构建融合层级信息的子系统质量异常监测模型,实现各子系统的质量异常监测;将不同子系统的质量异常监测信息进行融合,实现融合局部关联信息的工艺流程全流程质量异常监测;

层次化的质量异常精准追溯模块,用于构建待检测的工艺流程的质量相关故障传播网络,并基于所述质量相关故障传播网络,根据工艺流程全流程质量异常监测信息,实现质量相关故障追溯。

一种工艺流程质量异常精准追溯方法及系统

技术领域

[0001] 本发明涉及工艺生产过程的控制和监测技术领域,特别涉及一种工艺流程质量异常精准追溯方法及系统。

背景技术

[0002] 钢铁、有色、石化、建材等工业过程是制造业的重要组成部分,是国民经济和社会发展的支柱产业,是国民经济持续增长的重要支撑力量。其流程长、工序内多变量耦合、工序间质量遗传、系统层级与质量指标多,生产过程涉及复杂物理化学反应的气液固多相共存。

[0003] 带钢热连轧生产流程主要由加热、粗轧、飞剪、精轧、层流、卷取等众多生产工序构成,从原材料到最终产品形成一个以串联结构为主体的产品加工长流程;同时,其相应综合自动化系统层级明显,主要包括设备层、实时控制层、过程控制层及制造执行层等。各层级分工明确且相互协作关联,加之其原料成分、设备状态、工艺参数和产品质量等无法实时或全面感知,使其安全性、稳定性分析复杂多变,任一或多个环节异常均会导致故障传播甚至演变演化,引起企业因质量异议用户退货而停产维修,影响企业经济效益。

[0004] 上述生产过程的连续不间断运行使得任一单元或子系统发生故障都会影响全生产线和最终的产品质量,其原料成分、设备状态、工艺参数和产品质量等无法实时或全面感知,难以保证其长期稳定、高质、高效运行。因此,面对日趋激烈的国际市场竞争,通过合理的质量异常监测和追溯技术来保障工业过程的高质、高效运行成为国家制造业可持续发展中的重要内容。

发明内容

[0005] 本发明提供了一种工艺流程质量异常精准追溯方法及系统,以解决流程工业的质量异常精准追溯问题,实现可及时、准确的对流程工业生产过程中的质量异常进行有效的监控和判断的技术效果。

[0006] 为解决上述技术问题,本发明提供了如下技术方案:

[0007] 一方面,本发明提供了一种工艺流程质量异常精准追溯方法,其包括:

[0008] 基于待检测的工艺流程的工艺知识和历史数据,在质量流约束下对待检测的工艺流程进行分解,将全流程划分为多个子系统;

[0009] 构建各子系统中对全流程质量波动敏感的质量指标集,对待检测的工艺流程的全流程过程与质量数据进行解析,以构建质量指标逆映射模型;

[0010] 基于所述质量指标逆映射模型,结合待检测的工艺流程的系统层级信息,构建融合层级信息的子系统质量异常监测模型,实现各子系统的质量异常监测;

[0011] 将待检测的工艺流程的不同子系统的质量异常监测信息进行融合,实现融合局部关联信息的工艺流程全流程质量异常监测;

[0012] 构建待检测的工艺流程的质量相关故障传播网络,并基于所述质量相关故障传播

网络,根据工艺流程全流程质量异常监测信息,实现质量相关故障追溯。

[0013] 进一步地,所述基于待检测的工艺流程的工艺知识和历史数据,在质量流约束下对待检测的工艺流程进行分解,将全流程划分为多个子系统,包括:

[0014] 利用待检测的工艺流程的工艺知识和历史数据,以控制关联、反应关联、位置关联、类型关联、结构关联和功能关联为参考顺序,分析质量信息在工艺流程变量间的关联及传播关系,确定全流程质量流信息的变量候选集;

[0015] 基于所述变量候选集,确定子系统主导变量;

[0016] 利用统计相关性分析方法,衡量所述变量候选集中剩余变量与主导变量间的相关性,确定辅助变量;并以主导变量为中心,将辅助变量聚集在与之相关性强度大于预设阈值的主导变量周围,实现全流程初步分解;

[0017] 基于工艺流程的层级信息,评价初步分解结果的合理性,调整所述预设阈值,实现质量流约束下的全流程精细化分解,将全流程划分为多个子系统。

[0018] 进一步地,所述工艺知识包括待检测的工艺流程的层级信息、过程机理以及专家知识。

[0019] 进一步地,所述基于所述变量候选集,确定子系统主导变量,包括:

[0020] 针对过程机理明确的子系统,利用先验知识确定其主导变量;针对过程机理不明确的子系统,利用偏最小二乘或因果关系分析方法确定其主导变量。

[0021] 进一步地,所述构建各子系统中对全流程质量波动敏感的质量指标集,对待检测的工艺流程的全流程过程与质量数据进行解析,以构建质量指标逆映射模型,包括:

[0022] 分析各子系统过程变量对全流程典型质量波动的敏感性;

[0023] 基于敏感性分析结果,构建各子系统中对全流程质量波动敏感的质量指标集,并结合待检测的工艺流程的工艺模型实现质量指标集的优选;

[0024] 基于优选后的质量指标集,利用工艺知识确定质量信息的层级特性和层级间质量信息的定性关系,采用动态时间窗口联合多变量数据建模方法挖掘各层级间共有的和层级内特有的定量质量信息,实现全流程过程与质量数据的解析;

[0025] 利用半监督学习与多变量回归相结合的方法,构建以信息深度感知为特征的高维度、多质量指标逆映射模型。

[0026] 进一步地,分析各子系统过程变量对全流程典型质量波动的敏感性,包括:

[0027] 采用方差分解、基于偏导数的敏感性分析和基于连接权的敏感性分析方法分析各子系统过程变量对全流程典型质量波动的敏感性。

[0028] 进一步地,所述基于所述质量指标逆映射模型,结合待检测的工艺流程的系统层级信息,构建融合层级信息的子系统质量异常监测模型,包括:

[0029] 基于所述质量指标逆映射模型,利用尺度同步化方法同步待检测的工艺流程的多层级信息尺度,利用软传感模型估计预设类型的质量指标;

[0030] 针对多层级质量信息,将质量信息以系统分层结构构建高维数据张量,采用预设张量分解技术,提取工艺流程的层级间共性特征和层级内个性特征信息;

[0031] 分别针对层级间共性特征和层级内个性特征信息,采用变分推理结合深度神经网络方法,构建子系统质量相关的概率监测模型;

[0032] 通过预设决策融合方法,将子系统不同层级的概率监测模型进行决策融合,构建

融合层级信息的子系统质量异常监测模型。

[0033] 进一步地,所述将待检测的工艺流程的不同子系统的质量异常监测信息进行融合,实现融合局部关联信息的工艺流程全流程质量异常监测,包括:

[0034] 获取各子系统间的静态关联与动态协同关系;

[0035] 利用分布式计算框架,采用多变量降维方法,对关联子系统的相关信息进行压缩,并传递给目标子系统;

[0036] 将关联子系统的质量异常监测信息和目标子系统的质量异常监测信息融合,实现子系统间质量异常协同监测;

[0037] 通过预设的信息融合与机器学习方法,将不同子系统的质量异常监测信息进行融合,实现融合局部关联信息的工艺流程全流程质量异常监测。

[0038] 进一步地,构建待检测的工艺流程的质量相关故障传播网络,并基于所述质量相关故障传播网络,基于工艺流程全流程质量异常监测信息,实现质量相关故障追溯,包括:

[0039] 构建各子系统之间的状态关联影响关系,实现面向全流程层面的子系统间的有向图构建,用来刻画质量相关故障在各子系统之间的传播和影响过程;

[0040] 构建各子系统内部的结构元素与故障模式关联模型,实现子系统层面的质量相关故障与逻辑网络图构建;

[0041] 将构建的面向全流程层面的有向图与子系统层面的质量相关故障与逻辑网络图进行关联集成,实现融合多源数据与知识的质量相关故障传播网络构建;

[0042] 根据工艺流程全流程质量异常监测信息,确定质量相关故障发生的子系统;

[0043] 对质量相关故障进行辨识,并构建有效目标候选集的筛选准则;

[0044] 在所确定的子系统中,基于所述质量相关故障传播网络,利用有效目标候选集中的元素推理找出质量相关故障的原因,实现层次化的质量相关故障追溯。

[0045] 另一方面,本发明还提供了一种工艺流程质量异常精准追溯系统,其包括:

[0046] 质量信息的深度提取与建模模块,用于基于待检测的工艺流程的工艺知识和历史数据,在质量流约束下对待检测的工艺流程进行分解,将全流程划分为多个子系统;构建各子系统中对全流程质量波动敏感的质量指标集,对待检测的工艺流程的全流程过程与质量数据进行解析,以构建质量指标逆映射模型;

[0047] 融合层级信息的质量异常监测模块,用于基于所述质量指标逆映射模型,结合待检测的工艺流程的系统层级信息,构建融合层级信息的子系统质量异常监测模型,实现各子系统的质量异常监测;将不同子系统的质量异常监测信息进行融合,实现融合局部关联信息的工艺流程全流程质量异常监测;

[0048] 层次化的质量异常精准追溯模块,用于构建待检测的工艺流程的质量相关故障传播网络,并基于所述质量相关故障传播网络,根据工艺流程全流程质量异常监测信息,实现质量相关故障追溯。

[0049] 再一方面,本发明还提供了一种电子设备,其包括处理器和存储器;其中,存储器中存储有至少一条指令,所述指令由处理器加载并执行以实现上述方法。

[0050] 又一方面,本发明还提供了一种计算机可读存储介质,所述存储介质中存储有至少一条指令,所述指令由处理器加载并执行以实现上述方法。

[0051] 本发明提供的技术方案带来的有益效果至少包括:

[0052] 本发明的工艺流程质量异常精准追溯方法综合考虑了流程工业自动化系统的层级信息,实现了工艺流程中质量信息的深度提取与建模、融合层级信息的质量异常监测,以及层次化的质量异常精准追溯。在多质量指标逆映射构建、层次化建模,以及融合多源数据与知识等方法的基础上,提出了适用于流程工业的质量异常精准追溯方法,旨在面向现代流程工业质量异常监测与追溯中的关键性挑战问题,探索切实有效的解决方略,具有重要的实际应用与推广价值。

附图说明

[0053] 为了更清楚地说明本发明实施例中的技术方案,下面将对实施例描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0054] 图1为本发明第一实施例提供的工艺流程质量异常精准追溯方法流程图;

[0055] 图2为带钢热连轧生产过程工艺布置示意图;

[0056] 图3为本发明第二实施例提供的工艺流程质量异常精准追溯方法实施路线示意图。

具体实施方式

[0057] 为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合附图对本发明实施方式作进一步地详细描述。

[0058] 第一实施例

[0059] 本实施例提供了一种工艺流程质量异常精准追溯方法,该工艺流程质量异常精准追溯方法的执行流程如图1所示,包括以下步骤:

[0060] S101,基于待检测的工艺流程的工艺知识和历史数据,在质量流约束下对待检测的工艺流程进行分解,将全流程划分为多个子系统;

[0061] 需要说明的是,在本实施例中,上述S101具体包括以下步骤:

[0062] 利用待检测的工艺流程的工艺知识和历史数据,以控制关联、反应关联、位置关联、类型关联、结构关联和功能关联为参考顺序,分析质量信息在工艺流程变量间的关联及传播关系,确定全流程质量流信息的变量候选集;基于变量候选集,确定子系统主导变量;利用统计相关性分析方法,衡量变量候选集中剩余变量与主导变量间的相关性,确定辅助变量;并以主导变量为中心,将辅助变量聚集在与之相关性强度大于预设阈值的主导变量周围,实现全流程初步分解;基于工艺流程的层级信息,评价初步分解结果的合理性,调整预设阈值,实现质量流约束下的全流程精细化分解,将全流程划分为多个子系统。

[0063] 其中,本实施例所使用的工艺知识包括待检测的工艺流程的层级信息、过程机理以及专家知识。基于变量候选集,确定子系统主导变量,包括:针对过程机理明确的子系统,利用先验知识确定其主导变量;针对过程机理不明确的子系统,利用偏最小二乘或因果关系分析方法确定其主导变量。

[0064] S102,构建各子系统中对全流程质量波动敏感的质量指标集,对待检测的工艺流程的全流程过程与质量数据进行解析,以构建质量指标逆映射模型;

[0065] 需要说明的是,在本实施例中,上述S102具体包括以下步骤:

[0066] 分析各子系统过程变量对全流程典型质量波动的敏感性;基于敏感性分析结果,构建各子系统中对全流程质量波动敏感的质量指标集,并结合待检测的工艺流程的工艺模型实现质量指标集的优选;基于优选后的质量指标集,利用工艺知识确定质量信息的层级特性和层级间质量信息的定性关系,采用动态时间窗口联合多变量数据建模方法挖掘各层级间共有的和层级内特有的定量质量信息,实现全流程过程与质量数据的解析;利用半监督学习与多变量回归相结合的方法,构建以信息深度感知为特征的高维度、多质量指标逆映射模型。

[0067] 其中,分析各子系统过程变量对全流程典型质量波动的敏感性,包括:采用方差分解、基于偏导数的敏感性分析和基于连接权的敏感性分析等敏感性分析方法分析各子系统过程变量对全流程典型质量波动的敏感性。

[0068] S103,基于质量指标逆映射模型,结合待检测的工艺流程的系统层级信息,构建融合层级信息的子系统质量异常监测模型,实现各子系统的质量异常监测;

[0069] 需要说明的是,在本实施例中,上述S103具体包括以下步骤:

[0070] 基于质量指标逆映射模型,利用尺度同步化方法同步待检测的工艺流程的多层级信息尺度,利用软传感模型估计预设类型的质量指标;针对多层级质量信息,将质量信息以系统分层结构构建高维数据张量,采用预设张量分解技术,提取工艺流程的层级间共性特征和层级内个性特征信息;分别针对层级间共性特征和层级内个性特征信息,采用变分推理结合深度神经网络方法,构建子系统质量相关的概率监测模型;通过预设决策融合方法,将子系统不同层级的概率监测模型进行决策融合,构建融合层级信息的子系统质量异常监测模型。

[0071] S104,将待检测的工艺流程的不同子系统的质量异常监测信息进行融合,实现融合局部关联信息的工艺流程全流程质量异常监测;

[0072] 需要说明的是,在本实施例中,上述S104具体包括以下步骤:

[0073] 获取各子系统间的静态关联与动态协同关系;利用分布式计算框架,采用多变量降维方法,对关联子系统的相关信息压缩,并传递给目标子系统;将关联子系统的质量异常监测信息和目标子系统的质量异常监测信息融合,实现子系统间质量异常协同监测;通过预设的信息融合与机器学习方法,将不同子系统的质量异常监测信息进行融合,实现融合局部关联信息的工艺流程全流程质量异常监测。

[0074] S105,构建待检测的工艺流程的质量相关故障传播网络,并基于质量相关故障传播网络,根据工艺流程全流程质量异常监测信息实现质量相关故障追溯。

[0075] 需要说明的是,在本实施例中,上述S105具体包括以下步骤:

[0076] 构建各子系统之间的状态关联影响关系,实现面向全流程层面的子系统间的有向图构建,用来刻画质量相关故障在各子系统之间的传播和影响过程;构建各子系统内部的结构元素与故障模式关联模型,实现子系统层面的质量相关故障与逻辑网络图构建;将构建的面向全流程层面的有向图与子系统层面的质量相关故障与逻辑网络图进行关联集成,实现融合多源数据与知识的质量相关故障传播网络构建;根据工艺流程全流程质量异常监测信息,确定质量相关故障发生的子系统;对质量相关故障进行辨识,并构建有效目标候选集的筛选准则;在所确定的子系统中,基于所述质量相关故障传播网络,利用有效目标候选

集中的元素推理找出质量相关故障的原因,实现层次化的质量相关故障追溯。

[0077] 本实施例的工艺流程质量异常精准追溯方法综合考虑了流程工业自动化系统的层级信息,实现了工艺流程中质量信息的深度提取与建模、融合层级信息的质量异常监测,以及层次化的质量异常精准追溯。在多质量指标逆映射构建、层次化建模,以及融合多源数据与知识等方法的基础上,提出了适用于流程工业的质量异常精准追溯方法,旨在面向现代流程工业质量异常监测与追溯中的关键性挑战问题,探索切实有效的解决方略,具有重要的实际应用与推广价值。

[0078] 第二实施例

[0079] 请参阅图2和图3,本实施例以数据联合驱动的带钢热连轧生产过程为例,进一步说明本发明的工艺流程质量异常精准追溯方法的实施方案;当然,可以理解的是,本发明的工艺流程质量异常精准追溯方法并不局限于带钢热连轧过程,也适用于其他的数据联合驱动的生产过程,如,汽车配件生产过程。

[0080] 如图2所示,带钢热连轧生产过程,流程长、工序内多变量耦合、工序间质量遗传、系统层级与质量指标多,生产过程涉及复杂物理化学反应的气液固多相共存。生产流水线包括加热、粗轧、飞剪、精轧、层流、卷取等众多生产工序构成。这个复杂生产过程的连续不间断运行使得任一单元或子系统发生故障都可能会通过质量流、能量流、信息流在不同层级上传播并演变演化,产生两种或多种故障同时或相继出现的情况,对生产过程的稳定运行和产品质量造成严重的影响,而通过本发明的工艺流程质量异常精准追溯方法对质量异常的及早监测和判断,则可以保证生产过程的顺利进行,保证产品质量。

[0081] 如图3所示,在图2所示的带钢热连轧这一实际工程应用驱动的基础上,本实施例的工艺流程质量异常精准追溯方法包括如下步骤:

[0082] S1,质量信息的深度提取与建模;

[0083] 具体地,在本实施例中,上述步骤的实现过程具体如下:

[0084] S101,在充分了解带钢热连轧过程全流程工艺知识的基础上,通过知识与数据融合技术分析带钢热连轧过程全流程结构特性,研究质量流约束下各工序主导-辅助变量选择方法,将全流程划分为多个子系统,实现全流程的初步分解。

[0085] 具体地,上述S101的实现过程如下:

[0086] 首先,利用工艺知识(层级信息、过程机理、专家知识等),以控制关联、反应关联、位置关联、类型关联、结构关联、功能关联为参考顺序,分析质量信息在工业过程变量间的关联、传播关系,确定全流程质量流信息变量候选集;

[0087] 然后,针对机理明确的子系统,利用先验知识确定主导变量;针对机理不明确的子系统,利用偏最小二乘(PLS)、因果关系分析等确定子系统主导变量;

[0088] 最后,采用互信息(MI)、最大相关系数(MCC)、最大信息系数(MIC)等统计相关性分析方法,构建主辅变量指标,衡量剩余变量与主导变量间的相关性,将其分为远域和近域两类,近域内变量间相关性较强,远域内变量间相关性较弱。以主导变量为中心,将为近域变量的辅助变量聚集在与之相关性较强的主导变量周围,实现全流程初步分解。

[0089] S102,综合考虑生产调度、跟踪区域及工艺模型设定等不同层级信息,分析其对全流程分解的影响,并以此为约束指导,实现质量流约束下的带钢热连轧全流程精细化分解。

[0090] 具体地,上述S102的实现过程为:着重分析被多个局域空间重复覆盖的变量,综合

考虑生产调度、跟踪区域及工艺模型设定等不同层级信息以及未被任何局域空间包含的变量信息,以此为约束条件,评价全流程初步分解结果的合理性,进一步调整阈值,实现质量流约束下的全流程精细化分解。

[0091] S103,在质量流约束下的全流程精细化分解的基础上,构建各子系统中对全流程典型质量波动敏感的质量指标集,结合工艺模型、过程知识与数据驱动的方法,实现质量指标集的优选。

[0092] 具体地,上述S103的实现过程为:在精细化分解的基础上,采用方差分解、基于偏导数的敏感性分析、基于连接权的敏感性分析等方法分析各子系统过程变量对全流程典型质量波动的敏感性,并结合工艺模型实现质量指标集的优选。

[0093] S104,运用工艺参数与产品质量之间的内在关系与变化规律,对全流程过程与质量数据进行全维度、多层次的智能解析,构建以信息深度感知为特征的高维度、多质量指标逆映射。

[0094] 具体地,上述S104的实现过程如下:

[0095] 首先,利用工艺知识确定质量信息的层级特性以及层级间质量信息的定性关系,采用动态时间窗口联合多变量数据建模方法挖掘各层级间共有的以及层级内特有的定量质量信息,实现对全流程过程与质量数据全维度、多层次的智能解析;

[0096] 然后,利用半监督学习与多变量回归相结合的方法构建以信息深度感知为特征的高维度、多质量指标逆映射模型,为融合层级信息的质量异常监测等方面的研究奠定基础。

[0097] S2,融合层级信息的质量异常监测;

[0098] 具体地,在本实施例中,上述步骤的实现过程具体如下:

[0099] S201,在充分考虑不同层级各子系统的工艺知识、调度信息、过程数据特点及不同层级间质量信息的交互关系等问题的基础上,研究多层级质量信息的统一表征方法,实现质量特征的层级间共性-个性特征提取。

[0100] 具体地,上述S201的实现过程如下:

[0101] 首先,在质量流约束下的全流程精细化分解、质量指标集优选与逆映射模型构建的基础上,充分考虑生产调度信息、生产工艺或控制回路等不同层级信息,利用尺度同步化方法同步多层级信息尺度,利用软传感模型估计难以测量或非实时测量的关键质量指标;

[0102] 然后,针对多层级质量信息,将质量信息以系统分层结构构建高维数据张量,采用基于CP分解、Tucker分解等张量分解技术,提取层级间共性特征和层级内个性特征信息。

[0103] S202,构建融合层级信息的子系统质量异常监测模型,以挖掘更多的局部过程信息、降低质量在线监测的复杂程度。

[0104] 具体地,上述S202的实现过程如下:

[0105] 首先,分别针对层级间共性特征和层级内个性特征信息,采用变分推理结合深度神经网络方法,构建子系统质量相关的概率监测模型;

[0106] 然后,通过统计决策、贝叶斯信息融合等决策融合方法,将子系统不同层级的监测模型进行决策融合,构建融合层级信息的子系统质量异常监测模型。

[0107] S203,在充分考虑各子系统间的静态关联与动态协同关系的基础上,通过贝叶斯融合、集成学习等信息融合与机器学习方法,将不同子系统的质量异常监测信息进行融合,实现融合局部关联信息的全流程质量异常监测。

[0108] 具体地,在本实施例中,上述S203的实现如下:

[0109] 首先,针对各子系统之间相互关联及耦合特性,采用典型相关分析(CCA)、相关投影分析等方法分析子系统间的静态关联关系,利用动态CCA(DCCA)与TE相结合的方法分析子系统间的动态协同关系;

[0110] 其次,针对子系统之间信息相互协同的问题,利用分布式计算框架,采用多变量降维方法,对关联子系统的相关信息进行压缩,并传递给目标子系统;

[0111] 然后,在融合层级信息的子系统质量异常监测模型的基础上,将关联系统辅助信息和目标子系统的监测信息融合,实现子系统间质量分布式协同监测;

[0112] 最后,由于不同子系统的模型设定信息、调度信息、数据特点各异,所设计的监测模型、统计量及控制限不同,在子系统间质量异常分布式协同监测的基础上,通过贝叶斯融合方法,将不同子系统的监测统计量、控制限等信息进行融合,实现融合局部关联信息的全流程质量异常监测。

[0113] S3,层次化的质量异常精准追溯;

[0114] 具体地,在本实施例中,上述步骤的实现过程具体如下:

[0115] S301,在对各子系统的生产调度、跟踪区域及工艺模型设定信息等综合分析的基础上,针对质量相关故障的传播在子系统内部和子系统之间的不同特点,利用知识和因果关系分析相结合的方法,从全流程和子系统两个层面分别构建质量相关故障的传播网络。

[0116] 具体地,上述S301的实现过程如下:

[0117] 首先,融合全流程生产调度、跟踪区域及工艺模型设定等不同层级信息及不同子系统知识的语义表达信息,结合Granger等时间序列因果关系分析方法得到的结果,构建各子系统间的状态关联影响关系,实现面向全流程层面的子系统间的有向图构建,用来刻画质量相关故障在各子系统之间的传播、影响过程;

[0118] 然后,在子系统层面,对各子系统及其结构元素进行故障模式分析,以确定结构元素与故障模式之间以及各故障模式之间的复杂关联关系,构建各子系统内部的结构元素-故障模式关联模型,实现子系统层面的质量相关故障-逻辑网络图构建。

[0119] S302,通过设备功能状态变量将全流程和子系统两个层面之间进行关联集成,实现融合多源数据与知识的质量相关故障传播网络构建。

[0120] 具体地,上述S302的实现过程如下:

[0121] 将构建的面向全流程层面的有向图与子系统层面的质量相关故障-逻辑网络图进行关联集成,实现融合多源数据与知识的质量相关故障传播网络构建。

[0122] S303,在融合层级信息的全流程及子系统质量异常监测结果的基础上,利用构建的全流程层和子系统层的质量相关故障的传播网络,通过构建有效的目标候选集,实现层次化的质量相关故障精准追溯,为快速、准确地锁定质量问题发生的范围,查找质量问题发生的原因及维护决策提供信息支持。

[0123] 具体地,上述S303的实现过程如下:

[0124] 首先,在自顶向下的融合层级信息的全流程及子系统质量异常监测结果的基础上,将质量相关故障定位在具体的子系统,缩小故障搜索范围;

[0125] 然后,利用广义重构贡献图(GRBC)相对重构贡献图(rRBC)等方法实现质量相关故障的辨识,并构建有效目标候选集的筛选准则,提高质量相关故障追溯的效率;

[0126] 最后,面向具体的子系统,通过质量相关故障逻辑网络图,利用有效目标候选集中的元素推理找出质量相关故障的原因,实现层次化的质量相关故障精准追溯,为快速、准确地锁定质量问题发生的范围,查找质量问题发生的原因及维护决策提供信息支持。

[0127] 综上,本实施例的带钢热连轧过程质量异常精准追溯方法,着眼于带钢热连轧这类流程工业过程产品的质量安全与稳定性问题,完全契合流程工业多层级、大规模的行业特性和发展方向,将对预防产品质量下降、最大限度发挥流程运行潜力具有重要的科学意义,具有重要的理论价值和广阔的工程应用前景。

[0128] 第三实施例

[0129] 本实施例提供了一种工艺流程质量异常精准追溯系统,其包括以下模块:

[0130] 质量信息的深度提取与建模模块,用于基于待检测的工艺流程的工艺知识和历史数据,在质量流约束下对待检测的工艺流程进行分解,将全流程划分为多个子系统;构建各子系统中对全流程质量波动敏感的质量指标集,对待检测的工艺流程的全流程过程与质量数据进行解析,以构建质量指标逆映射模型;

[0131] 融合层级信息的质量异常监测模块,用于基于所述质量指标逆映射模型,结合待检测的工艺流程的系统层级信息,构建融合层级信息的子系统质量异常监测模型,实现各子系统的质量异常监测;将不同子系统的质量异常监测信息进行融合,实现融合局部关联信息的工艺流程全流程质量异常监测;

[0132] 层次化的质量异常精准追溯模块,用于构建待检测的工艺流程的质量相关故障传播网络,并基于所述质量相关故障传播网络,根据工艺流程全流程质量异常监测信息,实现质量相关故障追溯。

[0133] 本实施例的工艺流程质量异常精准追溯系统与上述实施例的工艺流程质量异常精准追溯方法相对应;其中,本实施例的工艺流程质量异常精准追溯系统中的各功能模块所实现的功能与上述实施例的工艺流程质量异常精准追溯方法中的各流程步骤一一对应;故,在此不再赘述。

[0134] 第四实施例

[0135] 本实施例提供一种电子设备,其包括处理器和存储器;其中,存储器中存储有至少一条指令,所述指令由处理器加载并执行,以实现上述实施例的方法。

[0136] 该电子设备可因配置或性能不同而产生比较大的差异,可以包括一个或一个以上处理器(central processing units,CPU)和一个或一个以上的存储器,其中,存储器中存储有至少一条指令,所述指令由处理器加载并执行以下步骤:

[0137] 步骤一、基于待检测的工艺流程的工艺知识和历史数据,在质量流约束下对待检测的工艺流程进行分解,将全流程划分为多个子系统;构建各子系统中对全流程质量波动敏感的质量指标集,对待检测的工艺流程的全流程过程与质量数据进行解析,以构建质量指标逆映射模型;

[0138] 步骤二、基于所述质量指标逆映射模型,结合待检测的工艺流程的系统层级信息,构建融合层级信息的子系统质量异常监测模型,实现各子系统的质量异常监测;将待检测的工艺流程的不同子系统的质量异常监测信息进行融合,实现融合局部关联信息的工艺流程全流程质量异常监测;

[0139] 步骤三、构建工艺流程的质量相关故障传播网络,并基于质量相关故障传播网络,

根据工艺流程全流程质量异常监测信息,实现质量相关故障追溯。

[0140] 第五实施例

[0141] 本实施例提供一种计算机可读存储介质,该存储介质中存储有至少一条指令,所述指令由处理器加载并执行,以实现上述方法。其中,该计算机可读存储介质可以是ROM、随机存取存储器(RAM)、CD-ROM、磁带、软盘和光数据存储设备等。其内存储的指令可由终端中的处理器加载并执行以下步骤:

[0142] 步骤一、基于待检测的工艺流程的工艺知识和历史数据,在质量流约束下对待检测的工艺流程进行分解,将全流程划分为多个子系统;构建各子系统中对全流程质量波动敏感的质量指标集,对待检测的工艺流程的全流程过程与质量数据进行解析,以构建质量指标逆映射模型;

[0143] 步骤二、基于所述质量指标逆映射模型,结合待检测的工艺流程的系统层级信息,构建融合层级信息的子系统质量异常监测模型,实现各子系统的质量异常监测;将待检测的工艺流程的不同子系统的质量异常监测信息进行融合,实现融合局部关联信息的工艺流程全流程质量异常监测;

[0144] 步骤三、构建工艺流程的质量相关故障传播网络,并基于质量相关故障传播网络,根据工艺流程全流程质量异常监测信息,实现质量相关故障追溯。

[0145] 此外,需要说明的是,本发明可提供为方法、装置或计算机程序产品。因此,本发明实施例可采用完全硬件实施例、完全软件实施例或结合软件和硬件方面的实施例的形式。而且,本发明实施例可采用在一个或多个其中包含有计算机可用程序代码的计算机可用存储介质上实施的计算机程序产品的形式。

[0146] 本发明实施例是参照根据本发明实施例的方法、终端设备(系统)、和计算机程序产品的流程图和/或方框图来描述的。应理解可由计算机程序指令实现流程图和/或方框图中的每一流程和/或方框、以及流程图和/或方框图中的流程和/或方框的结合。可提供这些计算机程序指令到通用计算机、嵌入式处理机或其他可编程数据处理终端设备的处理器以产生一个机器,使得通过计算机或其他可编程数据处理终端设备的处理器执行的指令产生用于实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能的装置。

[0147] 这些计算机程序指令也可存储在能引导计算机或其他可编程数据处理终端设备以特定方式工作的计算机可读存储器中,使得存储在该计算机可读存储器中的指令产生包括指令装置的制造品,该指令装置实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能。这些计算机程序指令也可装载到计算机或其他可编程数据处理终端设备上,使得在计算机或其他可编程终端设备上执行一系列操作步骤以产生计算机实现的处理,从而在计算机或其他可编程终端设备上执行的指令提供用于实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能的步骤。

[0148] 还需要说明的是,在本文中,诸如第一和第二等之类的关系术语仅仅用来将一个实体或者操作与另一个实体或操作区分开来,而不一定要求或者暗示这些实体或操作之间存在任何这种实际的关系或者顺序。术语“包括”、“包含”或者其任何其他变体意在涵盖非排他性的包含,从而使得包括一系列要素的过程、方法、物品或者终端设备不仅包括那些要素,而且还包括没有明确列出的其他要素,或者是还包括为这种过程、方法、物品或者终端

设备所固有的要素。在没有更多限制的情况下,由语句“包括一个……”限定的要素,并不排除在包括所述要素的过程、方法、物品或者终端设备中还存在另外的相同要素。

[0149] 最后需要说明的是,以上所述是本发明优选实施方式,应当指出,尽管已描述了本发明优选实施例,但对于本技术领域的技术人员来说,一旦得知了本发明的基本创造性概念,在不脱离本发明所述原理的前提下,还可以做出若干改进和润饰,这些改进和润饰也应视为本发明的保护范围。所以,所附权利要求意欲解释为包括优选实施例以及落入本发明实施例范围的所有变更和修改。

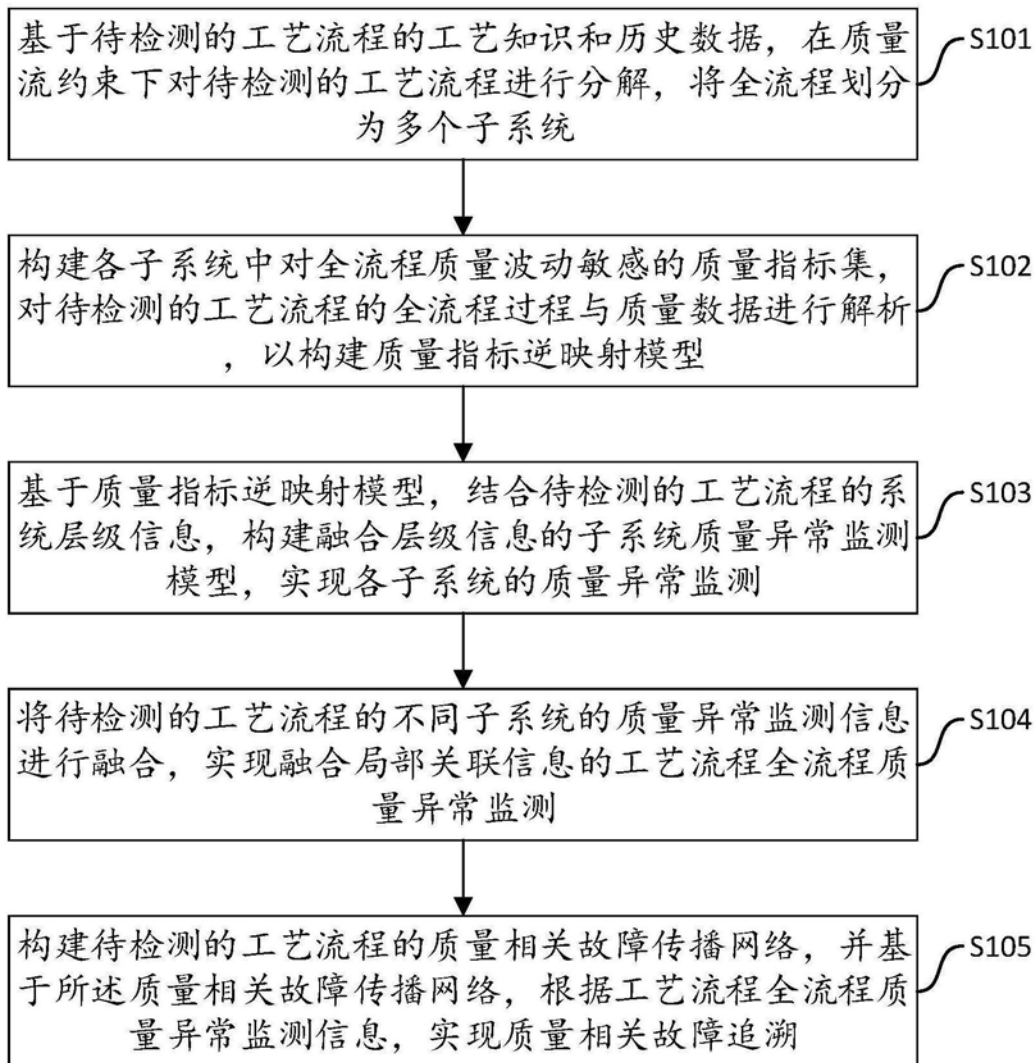


图1

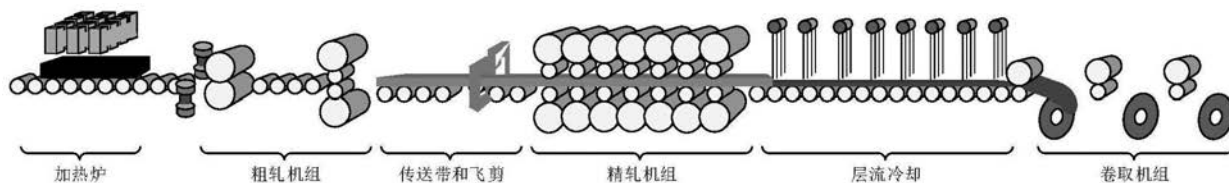


图2

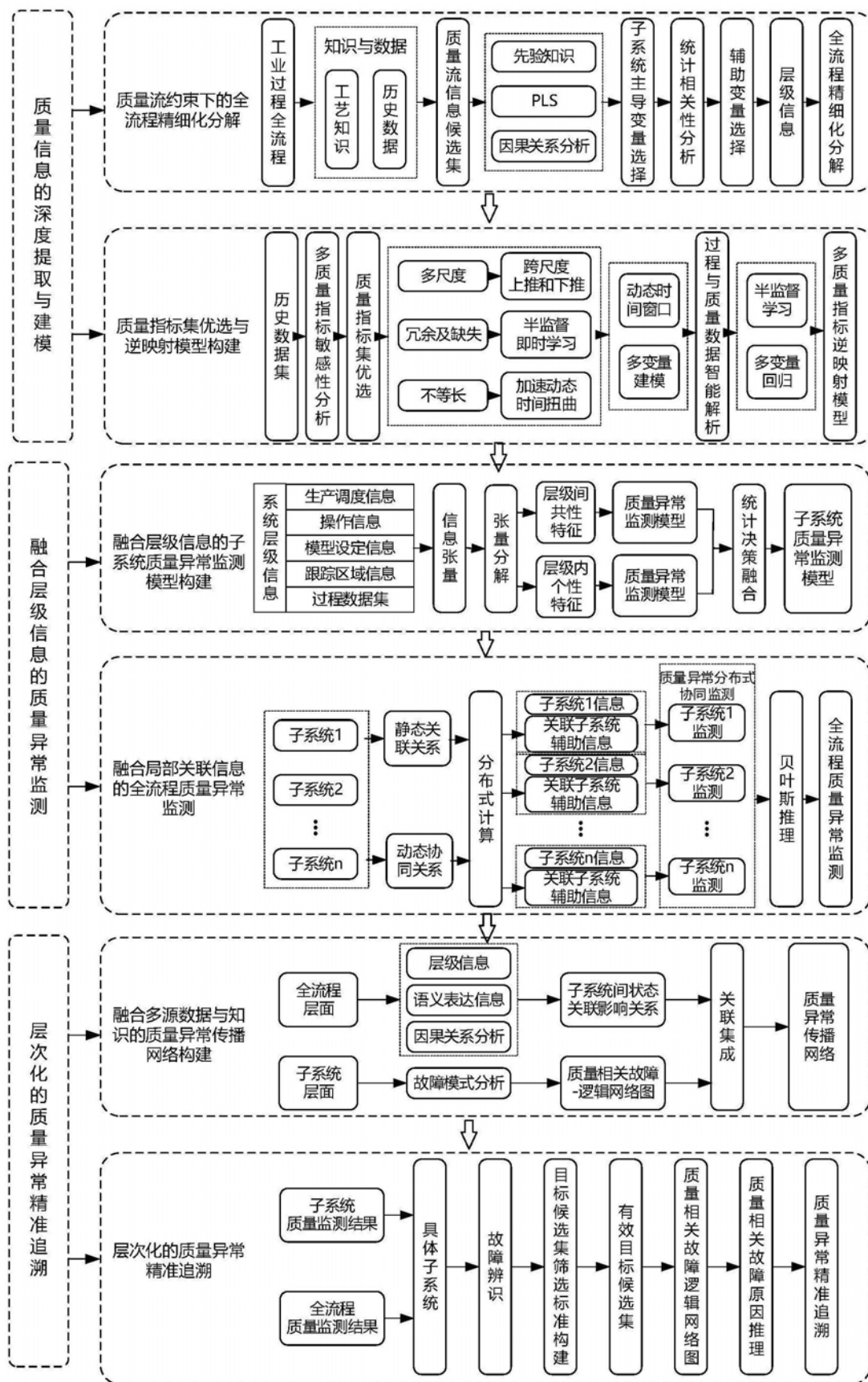


图3