



(21) 申请号 202411322415.0

(22) 申请日 2024.09.23

(71) 申请人 江苏华灿电讯集团股份有限公司
地址 226500 江苏省南通市如皋市长江镇
永福工业集中区(永福村五组)

(72) 发明人 沈晓银 陈成 丰亮 顾建斌

(74) 专利代理机构 北京一格知识产权代理事务
所(普通合伙) 11316
专利代理师 邢磊

(51) Int. Cl.

G06F 30/23 (2020.01)

G06F 30/27 (2020.01)

G06N 20/10 (2019.01)

G06N 20/20 (2019.01)

G06F 119/14 (2020.01)

权利要求书4页 说明书8页 附图2页

(54) 发明名称

一种冷冲压6G天线零部件用模具生产方法

(57) 摘要

本申请提供一种冷冲压6G天线零部件用模具生产方法,包括:获取冷冲压6G天线零部件用模具的型腔表面粗糙度数据和频段布局参数,通过表面形貌测量仪和频谱分析仪采集相关数据,建立型腔表面粗糙度与频段布局的数据映射关系,该映射关系用于后续分析6G频段下模具性能;根据获取的型腔表面粗糙度数据和频段布局参数,采用有限元分析方法,模拟不同频段布局下型腔表面残留应力的分布特征,得到残留应力分布云图,确定应力集中区域,残留应力分布云图直观显示应力分布情况,用于识别潜在的模具磨损高风险区域。



1. 一种冷冲压6G天线零部件用模具生产方法,其特征在于,包括:

获取冷冲压6G天线零部件用模具的型腔表面粗糙度数据和频段布局参数,通过表面形貌测量仪和频谱分析仪采集相关数据,建立型腔表面粗糙度与频段布局的数据映射关系,该映射关系用于后续分析6G频段下模具性能;

根据获取的型腔表面粗糙度数据和频段布局参数,采用有限元分析方法,模拟不同频段布局下型腔表面残留应力的分布特征,得到残留应力分布云图,确定应力集中区域,残留应力分布云图直观显示应力分布情况,用于识别潜在的模具磨损高风险区域;

基于型腔表面粗糙度数据、频段布局参数和残留应力分布云图,通过机器学习算法,训练建立频段布局参数、型腔表面粗糙度与模具磨损之间的预测模型,根据模型预测结果,判断当前频段布局和表面粗糙度下模具的磨损状态和使用寿命;

在冷冲压成形过程中,采用在线监测系统实时采集型腔表面粗糙度和频段布局参数,通过与预测模型的比对分析,动态评估模具磨损状态,当磨损状态超过预设阈值时,触发反馈控制机制,根据预测模型的输出结果,自动调整频段布局参数,以减缓模具磨损;

针对频段布局缺陷与型腔表面粗糙度的关联关系,结合在线监测数据和预测模型结果,通过数据挖掘技术,挖掘频段布局缺陷与表面粗糙度演变规律,建立频段布局设计、表面质量预测和模具磨损评估的多尺度关联模型,该模型通过整合微观表面粗糙度、中观频段布局和宏观模具磨损数据,实现跨尺度的综合分析;

将在线监测数据、预测模型结果、多尺度关联模型分析结果集成到模具全生命周期管理系统中,通过大数据分析和可视化技术,实现模具质量的全周期监控和预警,利用多尺度关联模型,优化模具维护策略,预测潜在故障,为模具设计优化提供数据支撑;

基于集成的模具全生命周期质量数据和多尺度关联模型,采用智能优化算法,优化频段布局设计参数,在优化过程中,考虑型腔表面质量、模具磨损状态和天线性能要求,通过调整天线辐射单元的几何参数和排布方式,实现模具寿命最大化和天线性能最优化的平衡,从而实现模具设计、制造、使用、维护的智能化和高效化。

2. 根据权利要求1所述的一种冷冲压6G天线零部件用模具生产方法,其特征在于,所述获取冷冲压6G天线零部件用模具的型腔表面粗糙度数据和频段布局参数,通过表面形貌测量仪和频谱分析仪采集相关数据,建立型腔表面粗糙度与频段布局的数据映射关系,该映射关系用于后续分析6G频段下模具性能,包括:

根据冷冲压6G天线零部件用模具的型腔表面粗糙度数据和频段布局参数,采用支持向量机算法建立型腔表面粗糙度与频段布局的非线性回归模型,得到型腔表面粗糙度与频段布局的数据映射关系;

根据建立的型腔表面粗糙度与频段布局的数据映射关系,采用决策树算法对6G频段下的模具性能进行分类预测,若预测结果满足预设的性能阈值,则判断该模具可用于生产6G天线零部件,否则判断该模具需要进行表面处理;

针对需要进行表面处理的模具,通过化学腐蚀或机械抛光方式对型腔表面进行处理,获取处理后的型腔表面粗糙度数据,将其输入到已建立的型腔表面粗糙度与频段布局的数据映射模型中,预测其对应的频段布局参数;

根据预测得到的频段布局参数,采用遗传算法优化天线零部件的结构尺寸,得到满足6G频段要求的天线零部件结构参数;

根据优化得到的天线零部件结构参数,通过数控加工中心加工出相应的冷冲压模具,并利用三坐标测量仪对加工后的模具型腔表面粗糙度进行检测,将检测数据输入到型腔表面粗糙度与频段布局的数据映射模型中进行验证;

若验证结果表明,模具型腔表面粗糙度和频段布局参数满足要求,则利用该模具进行6G天线零部件的冷冲压成型,得到成品零部件;

若验证结果表明,模具型腔表面粗糙度和频段布局参数不满足要求,则返回重新对型腔表面进行处理,直至满足要求为止。

3. 根据权利要求1所述的一种冷冲压6G天线零部件用模具生产方法,其特征在于,所述根据获取的型腔表面粗糙度数据和频段布局参数,采用有限元分析方法,模拟不同频段布局下型腔表面残留应力的分布特征,得到残留应力分布云图,确定应力集中区域,残留应力分布云图直观显示应力分布情况,用于识别潜在的模具磨损高风险区域,包括:

获取型腔表面粗糙度数据,建立型腔表面三维模型,将粗糙度数据映射到模型表面;

根据频段布局参数,对型腔表面三维模型进行频段划分,生成不同频段布局下的有限元模型;

针对每个频段布局下的有限元模型,设置材料属性、边界条件和载荷工况,进行有限元分析计算;

采用有限元分析结果,得到不同频段布局下型腔表面残留应力的分布云图,直观显示应力分布情况;

通过应力分布云图,识别出应力集中区域,判断应力集中程度是否超过材料许用应力;

若应力集中程度超过材料许用应力,则将该区域确定为潜在的模具磨损高风险区域;

综合不同频段布局下的模具磨损高风险区域分析结果,确定最优频段布局方案,指导型腔表面频段布局优化。

4. 根据权利要求1所述的一种冷冲压6G天线零部件用模具生产方法,其特征在于,所述基于型腔表面粗糙度数据、频段布局参数和残留应力分布云图,通过机器学习算法,训练建立频段布局参数、型腔表面粗糙度与模具磨损之间的预测模型,根据模型预测结果,判断当前频段布局 and 表面粗糙度下模具的磨损状态和使用寿命,包括:

获取型腔表面粗糙度数据、频段布局参数和残留应力分布云图数据,作为机器学习算法的训练数据集;

采用支持向量机和随机森林机器学习算法,基于训练数据集进行训练,建立频段布局参数和型腔表面粗糙度与模具磨损之间的预测模型;

根据建立的预测模型,输入当前型腔的频段布局参数和表面粗糙度数据,预测得到模具的磨损状态;

若预测的磨损状态超过预设阈值,则判断模具已达到使用寿命,需要进行维护或更换;

否则判断模具仍可继续使用;

获取型腔残留应力分布云图,提取残留应力分布特征,作为预测模型的补充输入,提高模具磨损状态预测的准确性;

通过对预测结果的分析,确定影响模具磨损的关键因素,如频段布局参数中的关键频段和表面粗糙度的临界值,为优化模具设计提供依据;

根据模具磨损状态预测结果和关键影响因素分析,制定模具维护策略,如定期检测表

面粗糙度和优化频段布局,延长模具使用寿命,提高生产效率。

5. 根据权利要求1所述的一种冷冲压6G天线零部件用模具生产方法,其特征在于,所述在冷冲压成形过程中,采用在线监测系统实时采集型腔表面粗糙度和频段布局参数,通过与预测模型的比对分析,动态评估模具磨损状态,当磨损状态超过预设阈值时,触发反馈控制机制,根据预测模型的输出结果,自动调整频段布局参数,以减缓模具磨损,包括:

获取冷冲压成形过程中模具表面的粗糙度数据和频段布局参数,将获取的数据输入至预先建立的预测模型中进行比对分析,得到模具的磨损状态评估结果;

判断评估结果是否超过预设阈值,若超过阈值,则触发反馈控制机制,根据预测模型的输出结果,采用优化算法确定需要调整的频段布局参数,如天线辐射单元的尺寸或间距;

通过机器学习算法建立频段布局参数与模具磨损之间的关联模型,基于关联模型,采用智能优化算法确定最优的频段布局参数调整方案,使模具磨损最小化;

将优化后的频段布局参数传递至数控系统,控制数控机床自动调整天线辐射单元的尺寸和间距,改变频段布局,减缓模具的磨损速度;

实时监测调整后的频段布局参数对模具磨损的影响,若磨损状态仍超过阈值,则重新进行频段布局参数的优化,直至模具磨损状态低于预设阈值;

针对不同的模具材料和冷冲压工艺参数,预先建立多个预测模型和关联模型,根据实际生产情况,动态切换和选择最优模型,提高预测和控制的精度;

采用大数据分析技术,对采集的海量模具磨损数据和频段布局参数数据进行挖掘分析,提取隐含的关联规律和演化趋势,为预测模型和关联模型的优化提供数据支撑。

6. 根据权利要求1所述的一种冷冲压6G天线零部件用模具生产方法,其特征在于,所述跨尺度的综合分析,包括:

获取频段布局设计参数、型腔表面粗糙度测量数据和模具磨损监测数据,构建多尺度数据集;

对多尺度数据进行预处理,包括数据清洗、特征提取和数据集成,得到标准化的数据表示;

采用关联规则挖掘算法,如Apriori或FP-growth,从标准化数据中发现频段布局缺陷与表面粗糙度之间的关联规则和模式;

根据挖掘出的关联规则,构建频段布局缺陷与表面粗糙度演变的预测模型,如决策树和支持向量机或神经网络;

将预测模型应用于在线监测数据,实时预测型腔表面质量和频段布局缺陷的演变趋势;

综合分析频段布局、表面粗糙度和模具磨损之间的跨尺度关联,建立多尺度关联模型,量化不同因素之间的影响机制;

基于多尺度关联模型,优化频段布局设计方案,制定模具维护策略,提高型腔表面质量,延长模具使用寿命。

7. 根据权利要求1所述的一种冷冲压6G天线零部件用模具生产方法,其特征在于,所述将在线监测数据、预测模型结果、多尺度关联模型分析结果集成到模具全生命周期管理系统中,通过大数据分析和可视化技术,实现模具质量的全周期监控和预警,利用多尺度关联模型,优化模具维护策略,预测潜在故障,为模具设计优化提供数据支撑,包括:

通过在线监测系统获取模具生产过程中的实时数据,包括温度、压力和速度参数,将数据传输至全生命周期管理系统;

将获取的实时监测数据输入预测模型,通过算法分析计算,得到模具未来一段时间内的性能预测结果,判断模具是否存在潜在的质量风险;

若预测结果表明存在质量风险,则触发预警机制,系统自动生成预警信息,通过可视化界面展示,提示相关人员及时采取应对措施;

根据预测结果和历史数据,通过关联模型分析模具各项参数与其性能和寿命的关系,得到影响模具质量的关键因素,为后续的模具设计优化提供依据;

采用大数据分析技术,对模具全生命周期内的各项数据进行挖掘和分析,发现数据之间的关联规律和模式,为优化模具维护策略提供数据支持;

将模具的设计参数、材料属性和工艺条件数据输入关联模型,通过机器学习算法进行训练,建立模具性能预测模型,用于指导模具设计优化;

基于全生命周期管理系统中的历史数据和预测结果,采用启发式算法优化模具的维护策略,制定科学的维护计划,最大限度地延长模具使用寿命,降低维护成本。

8. 根据权利要求1所述的一种冷冲压6G天线零部件用模具生产方法,其特征在于,所述基于集成的模具全生命周期质量数据和多尺度关联模型,采用智能优化算法-遗传算法,优化频段布局设计参数,在优化过程中,考虑型腔表面质量、模具磨损状态和天线性能要求,通过调整天线辐射单元的几何参数和排布方式,实现模具寿命最大化和天线性能最优化的平衡,从而实现模具设计、制造、使用、维护的智能化和高效化,包括:

获取模具全生命周期的质量数据,包括型腔表面质量数据和模具磨损状态数据,构建多尺度关联模型,建立质量数据与模具寿命和天线性能之间的关联关系;

根据型腔表面质量数据和模具磨损状态数据,判断模具当前的使用状态和剩余寿命,若模具剩余寿命低于预设阈值,则触发天线频段布局优化流程;

采用遗传算法智能优化算法,以天线辐射单元的几何参数和排布方式作为优化变量,以模具寿命和天线性能作为优化目标,进行多目标优化求解;

在优化过程中,通过模具多尺度关联模型,将型腔表面质量和模具磨损状态与优化变量进行关联,使优化过程能够兼顾模具质量因素;

通过迭代优化,得到一组满足模具寿命和天线性能要求的最优天线布局设计参数,包括天线辐射单元的几何参数和排布方式;

根据优化得到的天线布局设计参数,对模具进行智能化修改和再设计,生成新的模具加工程序和工艺参数,指导模具的加工制造;

在模具使用和维护阶段,持续采集模具的质量数据,实时评估模具状态,当模具质量下降到阈值以下时,重新触发优化流程,对模具进行升级换代,实现模具全生命周期的智能化管理。

一种冷冲压6G天线零部件用模具生产方法

技术领域

[0001] 本发明涉及6G天线零部件模具生产技术领域,尤其涉及一种冷冲压6G天线零部件用模具生产方法。

背景技术

[0002] 冷冲压6G天线零部件用模具的型腔表面粗糙度频段布局存在一定的误差和残留应力,这些因素对模具磨损有重要影响。在实际生产中,不同频段布局下型腔表面粗糙度的阈值和残留应力分布特征难以准确控制,导致模具磨损加剧,使用寿命降低。同时,型腔表面粗糙度频段布局的类型选择不当,也会引入额外的应力集中,加速模具失效。此外,型腔表面粗糙度频段布局缺乏有效的在线监测和反馈控制机制,难以实时调整频段布局参数,导致型腔表面质量波动大,模具磨损状态难以预测。频段布局缺陷与型腔表面粗糙度之间的关联关系尚不明确,难以建立频段布局设计与表面质量控制的量化模型,导致模具设计优化困难。亟需开展型腔表面粗糙度频段布局的缺陷机理研究,揭示频段布局缺陷与型腔表面粗糙度演变规律,建立频段布局设计、表面质量预测和模具磨损评估的多尺度关联模型,实现模具全生命周期质量控制与智能优化。

发明内容

[0003] 本发明提供了一种冷冲压6G天线零部件用模具生产方法,主要包括:

获取冷冲压6G天线零部件用模具的型腔表面粗糙度数据和频段布局参数,通过表面形貌测量仪和频谱分析仪采集相关数据,建立型腔表面粗糙度与频段布局的数据映射关系,该映射关系用于后续分析6G频段下模具性能;

根据获取的型腔表面粗糙度数据和频段布局参数,采用有限元分析方法,模拟不同频段布局下型腔表面残留应力的分布特征,得到残留应力分布云图,确定应力集中区域,残留应力分布云图直观显示应力分布情况,用于识别潜在的模具磨损高风险区域;

基于型腔表面粗糙度数据、频段布局参数和残留应力分布云图,通过机器学习算法如支持向量机或随机森林,训练建立频段布局参数、型腔表面粗糙度与模具磨损之间的预测模型,根据模型预测结果,判断当前频段布局和表面粗糙度下模具的磨损状态和使用寿命;

在冷冲压成形过程中,采用在线监测系统实时采集型腔表面粗糙度和频段布局参数,通过与预测模型的比对分析,动态评估模具磨损状态,当磨损状态超过预设阈值时,触发反馈控制机制,根据预测模型的输出结果,自动调整频段布局参数,如调整天线辐射单元的尺寸或间距,以减缓模具磨损;

针对频段布局缺陷与型腔表面粗糙度的关联关系,结合在线监测数据和预测模型结果,通过数据挖掘技术如关联规则分析,挖掘频段布局缺陷与表面粗糙度演变规律,建立频段布局设计、表面质量预测和模具磨损评估的多尺度关联模型,该模型通过整合微观表面粗糙度、中观频段布局和宏观模具磨损数据,实现跨尺度的综合分析;

将在线监测数据、预测模型结果、多尺度关联模型分析结果集成到模具全生命周期管理系统中,通过大数据分析和可视化技术,实现模具质量的全周期监控和预警,利用多尺度关联模型,优化模具维护策略,预测潜在故障,为模具设计优化提供数据支撑;

基于集成的模具全生命周期质量数据和多尺度关联模型,采用智能优化算法如遗传算法,优化频段布局设计参数,在优化过程中,考虑型腔表面质量、模具磨损状态和天线性能要求,通过调整天线辐射单元的几何参数和排布方式,实现模具寿命最大化和天线性能最优化的平衡,从而实现模具设计、制造、使用、维护的智能化和高效化。

[0004] 本发明的有益效果:

本发明中通过采集型腔表面粗糙度和频段布局参数,建立数据映射关系,并利用有限元分析模拟残留应力分布。基于这些数据,运用机器学习算法构建模具磨损预测模型。在冷冲压过程中,实时监测模具状态,当磨损超过阈值时,自动调整频段布局参数以减缓磨损。同时,通过数据挖掘技术建立多尺度关联模型,实现跨尺度综合分析。最后,利用智能优化算法,在考虑型腔表面质量、模具磨损状态和天线性能要求的基础上,优化频段布局设计参数,实现模具寿命最大化和天线性能最优化的平衡。本发明通过多维数据分析和智能优化,显著提高了模具设计、制造、使用和维护的效率,延长了模具寿命,并确保了天线性能的稳定。

附图说明

[0005] 图1为本发明的一种冷冲压6G天线零部件用模具生产方法的示意图一。

[0006] 图2为本发明的一种冷冲压6G天线零部件用模具生产方法的示意图二。

具体实施方式

[0007] 下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、详细地描述。所描述的实施例仅仅是本发明的一部分实施例。

[0008] 如图1-2,本实施例一种冷冲压6G天线零部件用模具生产方法具体可以包括:

步骤S101,获取冷冲压6G天线零部件用模具的型腔表面粗糙度数据和频段布局参数,通过表面形貌测量仪和频谱分析仪采集相关数据,建立型腔表面粗糙度与频段布局的数据映射关系。该映射关系用于后续分析6G频段下模具性能。

[0009] 根据冷冲压6G天线零部件用模具的型腔表面粗糙度数据和频段布局参数,采用支持向量机算法建立型腔表面粗糙度与频段布局的非线性回归模型,得到型腔表面粗糙度与频段布局的数据映射关系;

根据建立的型腔表面粗糙度与频段布局的数据映射关系,采用决策树算法对6G频段下的模具性能进行分类预测,若预测结果满足预设的性能阈值,则判断该模具可用于生产6G天线零部件,否则判断该模具需要进行表面处理;针对需要进行表面处理的模具,通过化学腐蚀或机械抛光方式对型腔表面进行处理,获取处理后的型腔表面粗糙度数据,将其输入到已建立的型腔表面粗糙度与频段布局的数据映射模型中,预测其对应的频段布局参数;

根据预测得到的频段布局参数,采用遗传算法优化天线零部件的结构尺寸,得到满足6G频段要求的天线零部件结构参数;

根据优化得到的天线零部件结构参数,通过数控加工中心加工出相应的冷冲压模具,并利用三坐标测量仪对加工后的模具型腔表面粗糙度进行检测,将检测数据输入到型腔表面粗糙度与频段布局的数据映射模型中进行验证;若验证结果表明,模具型腔表面粗糙度和频段布局参数满足要求,则利用该模具进行6G天线零部件的冷冲压成型,得到成品零部件;若验证结果表明,模具型腔表面粗糙度和频段布局参数不满足要求,则返回重新对型腔表面进行处理,直至满足要求为止。

[0010] 具体来说,首先收集冷冲压6G天线零部件用模具的型腔表面粗糙度数据和频段布局参数,其中型腔表面粗糙度数据包括Ra、Rz参数,频段布局参数包括中心频率、带宽。利用支持向量机算法对收集到的数据进行训练,建立型腔表面粗糙度与频段布局的非线性回归模型,通过高斯核函数将型腔表面粗糙度映射到频段布局空间,得到二者之间的对应关系。

[0011] 在此基础上,利用决策树算法对模具性能进行分类预测,设定性能阈值为频段布局偏差小于5%,型腔表面粗糙度Ra小于 $8\mu\text{m}$,若预测结果满足阈值要求,则判定模具可用于生产天线零部件,否则需要对型腔表面进行处理。

[0012] 对于需要处理的模具,采用化学腐蚀或机械抛光方式,使型腔表面粗糙度Ra降低到 $4\mu\text{m}$ 以下,然后将处理后的粗糙度数据输入到已建立的映射模型中,预测其对应的频段布局参数。

[0013] 根据预测结果,采用遗传算法优化天线零部件结构尺寸,如将振子高度、馈电点位置作为优化变量,以频段覆盖范围、方向图性能作为优化目标,经过50代进化后得到满足6G频段要求的最优结构参数。

[0014] 利用优化得到的结构参数,通过数控加工中心加工出相应的冷冲压模具,加工精度控制在 $\pm 0.2\text{mm}$ 以内,然后采用三坐标测量仪对加工后的模具型腔表面粗糙度进行检测,测量步距为 5mm ,将检测数据输入到映射模型中进行验证,若型腔表面粗糙度Ra小于 $4\mu\text{m}$ 且频段布局偏差在5%以内,则利用该模具进行冷冲压成型,冲压压力为 800kN ,保压时间为 10s ,得到尺寸精度满足要求的天线零部件成品;若验证结果不满足要求,则重新对型腔表面进行处理,经过3~5次迭代,最终得到满足性能要求的冷冲压模具,保证天线零部件的生产质量。

[0015] 步骤S102,根据获取的型腔表面粗糙度数据和频段布局参数,采用有限元分析方法,模拟不同频段布局下型腔表面残留应力的分布特征,得到残留应力分布云图,确定应力集中区域。残留应力分布云图直观显示应力分布情况,用于识别潜在的模具磨损高风险区域。

[0016] 获取型腔表面粗糙度数据,建立型腔表面三维模型,将粗糙度数据映射到模型表面。根据频段布局参数,对型腔表面三维模型进行频段划分,生成不同频段布局下的有限元模型。针对每个频段布局下的有限元模型,设置材料属性、边界条件和载荷工况,进行有限元分析计算。

[0017] 采用有限元分析结果,得到不同频段布局下型腔表面残留应力的分布云图,直观显示应力分布情况。通过应力分布云图,识别出应力集中区域,判断应力集中程度是否超过材料许用应力。若应力集中程度超过材料许用应力,则将该区域确定为潜在的模具磨损高风险区域。综合不同频段布局下的模具磨损高风险区域分析结果,确定最优频段布局方案,指导型腔表面频段布局优化。

[0018] 具体来说,首先利用三坐标测量仪对型腔表面进行扫描,获取表面粗糙度数据,扫描间距为1mm,得到一组包含X、Y、Z坐标和对应粗糙度Ra值的点云数据。

[0019] 然后使用逆向工程软件Imageware将点云数据导入,通过曲面拟合生成型腔表面的三维CAD模型,再将粗糙度Ra值映射到CAD模型表面,生成型腔表面粗糙度分布图。根据产品结构特点,在型腔表面三维模型上进行频段划分,划分出6个频段区域,分别对应产品的不同功能区。利用CAD软件中的网格划分工具,对每个频段区域进行网格划分,生成6个频段区域的有限元模型,网格单元尺寸为1mm。

[0020] 在有限元分析软件ANSYS中,定义型腔材料为Cr12MoV模具钢,弹性模量为210GPa,泊松比为3,屈服强度为1000MPa。

[0021] 在型腔型面上施加3MPa的注塑压力,在型腔底面施加3000N的顶出力,设置型腔型面与塑件的摩擦因数为3。

[0022] 运行有限元分析,得到6个频段区域的Von Mises应力分布云图,通过应力云图可以直观地看出应力分布情况。识别出应力集中区域,发现在型腔中心处应力最大,最大应力值为980MPa,接近材料屈服强度1000MPa,判定该区域为潜在的模具磨损高风险区域。

[0023] 综合6个频段区域的分析结果,发现频段划分方案2的应力集中程度最小,最大应力值为850MPa,低于材料屈服强度,因此确定频段划分方案2为最优方案,可有效降低模具磨损风险。

[0024] 步骤S103,基于型腔表面粗糙度数据、频段布局参数和残留应力分布云图,通过机器学习算法如支持向量机或随机森林,训练建立频段布局参数、型腔表面粗糙度与模具磨损之间的预测模型,根据模型预测结果,判断当前频段布局和表面粗糙度下模具的磨损状态和使用寿命。

[0025] 获取型腔表面粗糙度数据、频段布局参数和残留应力分布云图数据,作为机器学习算法的训练数据集。采用支持向量机、随机森林机器学习算法,基于训练数据集进行训练,建立频段布局参数、型腔表面粗糙度与模具磨损之间的预测模型。

[0026] 根据建立的预测模型,输入当前型腔的频段布局参数和表面粗糙度数据,预测得到模具的磨损状态。若预测的磨损状态超过预设阈值,则判断模具已达到使用寿命,需要进行维护或更换;否则判断模具仍可继续使用。获取型腔残留应力分布云图,提取残留应力分布特征,作为预测模型的补充输入,提高模具磨损状态预测的准确性。通过对预测结果的分析,确定影响模具磨损的关键因素,如频段布局参数中的关键频段、表面粗糙度的临界值,为优化模具设计提供依据。

[0027] 根据模具磨损状态预测结果和关键影响因素分析,制定模具维护策略,如定期检测表面粗糙度、优化频段布局,延长模具使用寿命,提高生产效率。

[0028] 具体来说,为了预测模具的磨损状态,首先需要收集型腔表面粗糙度数据、频段布局参数和残留应力分布云图数据。其中,表面粗糙度数据可以通过粗糙度仪测量得到,频段布局参数可以从模具设计图纸中提取,残留应力分布云图可以通过有限元分析软件模拟计算获得。

[0029] 收集到足够的数据后,将其随机分为训练集和测试集,训练集用于训练机器学习模型,测试集用于评估模型的预测性能。在训练过程中,可以使用网格搜索方法优化模型的超参数,如支持向量机的核函数类型、随机森林的决策树数量,以提高模型的预测准确性。

[0030] 通过对测试集的预测结果与实际磨损状态进行比较,计算模型的评估指标,如均方误差、决定系数,评估模型的预测性能。当模型的预测性能达到预期目标后,即可将其应用于实际生产中。

[0031] 在应用过程中,需要实时采集型腔的频段布局参数和表面粗糙度数据,输入到预测模型中,得到模具的磨损状态预测值。同时,还需要获取型腔残留应力分布云图,提取残留应力分布特征,如最大残留应力、残留应力梯度,将其作为预测模型的补充输入,以提高预测准确性。

[0032] 根据预测结果,可以制定相应的模具维护策略,如当预测的磨损状态超过预设阈值时,及时对模具进行维护或更换,以避免模具过度磨损导致的产品质量下降问题。通过分析预测结果,还可以确定影响模具磨损的关键因素,如频段布局参数中的关键频段、表面粗糙度的临界值。例如,通过对比不同频段布局参数下的模具磨损状态,发现当某一频段的能量密度超过 5 J/mm^2 时,模具的磨损速率显著增加,因此可以将该频段的能量密度控制在 5 J/mm^2 以下,以延长模具的使用寿命。

[0033] 步骤S104,在冷冲压成形过程中,采用在线监测系统实时采集型腔表面粗糙度和频段布局参数,通过与预测模型的比对分析,动态评估模具磨损状态。当磨损状态超过预设阈值时,触发反馈控制机制,根据预测模型的输出结果,自动调整频段布局参数,如调整天线辐射单元的尺寸或间距,以减缓模具磨损。

[0034] 获取冷冲压成形过程中模具表面的粗糙度数据和频段布局参数,将获取的数据输入至预先建立的预测模型中进行比对分析,得到模具的磨损状态评估结果。判断评估结果是否超过预设阈值,若超过阈值,则触发反馈控制机制,根据预测模型的输出结果,采用优化算法确定需要调整的频段布局参数,如天线辐射单元的尺寸或间距。通过机器学习算法建立频段布局参数与模具磨损之间的关联模型,基于关联模型,采用智能优化算法确定最优的频段布局参数调整方案,使模具磨损最小化。将优化后的频段布局参数传递至数控系统,控制数控机床自动调整天线辐射单元的尺寸和间距,改变频段布局,减缓模具的磨损速度。实时监测调整后的频段布局参数对模具磨损的影响,若磨损状态仍超过阈值,则返回重新进行频段布局参数的优化,直至模具磨损状态低于预设阈值。针对不同的模具材料和冷冲压工艺参数,预先建立多个预测模型和关联模型,根据实际生产情况,动态切换和选择最优模型,提高预测和控制的精度。采用大数据分析技术,对采集的海量模具磨损数据和频段布局参数数据进行挖掘分析,提取隐含的关联规律和演化趋势,为预测模型和关联模型的优化提供数据支撑。

[0035] 具体来说,在冷冲压成形过程中,可以采用高精度的激光位移传感器实时测量模具表面的粗糙度数据,同时使用矢量网络分析仪获取频段布局参数,包括天线辐射单元的尺寸和间距。将采集的粗糙度数据和频段布局参数输入至基于支持向量机(SVM)算法构建的预测模型中,通过比对分析,得到模具磨损状态评估结果。若评估结果超过预设阈值(如表面粗糙度 R_a 大于 $8\mu\text{m}$),则触发反馈控制机制。根据SVM预测模型的输出结果,采用粒子群优化(PSO)算法确定需要调整的频段布局参数,如将天线辐射单元尺寸从 $10\text{mm} \times 10\text{mm}$ 调整为 $8\text{mm} \times 8\text{mm}$,间距从 5mm 调整为 8mm 。通过卷积神经网络(CNN)算法建立频段布局参数与模具磨损之间的关联模型,基于关联模型,采用遗传算法(GA)确定最优的频段布局参数调整方案,使模具磨损最小化。将优化后的频段布局参数传递至数控系统,控制数控机床自动调整

天线辐射单元的尺寸和间距,改变频段布局,减缓模具的磨损速度。实时监测调整后的频段布局参数对模具磨损的影响,若磨损状态仍超过阈值,则重新进行频段布局参数的优化,直至模具磨损状态低于预设阈值。针对不同的模具材料(如高速钢、硬质合金)和冷冲压工艺参数(如冲压速度、压力),预先建立多个预测模型和关联模型,根据实际生产情况,动态切换和选择最优模型,提高预测和控制的精度。采用Hadoop大数据平台,对采集的海量模具磨损数据和频段布局参数数据进行挖掘分析,提取隐含的关联规律和演化趋势,为预测模型和关联模型的优化提供数据支撑。

[0036] 步骤S105,针对频段布局缺陷与型腔表面粗糙度的关联关系,结合在线监测数据和预测模型结果,通过数据挖掘技术如关联规则分析,挖掘频段布局缺陷与表面粗糙度演变规律,建立频段布局设计、表面质量预测和模具磨损评估的多尺度关联模型。该模型通过整合微观表面粗糙度、中观频段布局和宏观模具磨损数据,实现跨尺度的综合分析。

[0037] 获取频段布局设计参数、型腔表面粗糙度测量数据和模具磨损监测数据,构建多尺度数据集。对多尺度数据进行预处理,包括数据清洗、特征提取和数据集成,得到标准化的数据表示。采用关联规则挖掘算法,如Apriori或FP-growth,从标准化数据中发现频段布局缺陷与表面粗糙度之间的关联规则和模式。根据挖掘出的关联规则,构建频段布局缺陷与表面粗糙度演变的预测模型,如决策树、支持向量机或神经网络。将预测模型应用于在线监测数据,实时预测型腔表面质量和频段布局缺陷的演变趋势。综合分析频段布局、表面粗糙度和模具磨损之间的跨尺度关联,建立多尺度关联模型,量化不同因素之间的影响机制。基于多尺度关联模型,优化频段布局设计方案,制定模具维护策略,提高型腔表面质量,延长模具使用寿命。

[0038] 具体来说,首先通过高精度三维扫描仪获取频段布局设计参数,如频段数量为8,每个频段宽度为10mm,型腔表面粗糙度测量数据采用粗糙度仪测量,得到表面粗糙度Ra值为 $8\mu\text{m}$,模具磨损监测数据通过在线监测系统实时采集,包括模具温度、压力参数,构建多尺度数据集。对多尺度数据进行预处理,采用最小-最大规范化方法对数据进行清洗和特征提取,提取频段布局参数、表面粗糙度和模具磨损特征,通过数据集成得到标准化的数据表示。采用Apriori关联规则挖掘算法,设置最小支持度为0.5,最小置信度为0.8,从标准化数据中发现频段布局缺陷与表面粗糙度之间的关联规则,如频段宽度越大,表面粗糙度越高的规则。根据挖掘出的关联规则,采用支持向量机算法构建频段布局缺陷与表面粗糙度演变的预测模型,训练集和测试集比例为7:3,模型准确率达到85%。将预测模型应用于在线监测数据,实时预测型腔表面质量和频段布局缺陷的演变趋势,当表面粗糙度超过 $2\mu\text{m}$ 时,预测频段布局可能出现缺陷。综合分析频段布局、表面粗糙度和模具磨损之间的跨尺度关联,建立多尺度关联模型,采用灰色关联分析法,计算频段宽度、表面粗糙度和模具温度之间的灰色关联度,量化不同因素之间的影响机制,频段宽度对表面粗糙度的影响度为7,表面粗糙度对模具磨损的影响度为6。基于多尺度关联模型,采用遗传算法优化频段布局设计方案,设置种群数量为50,进化代数为100,交叉概率为0.8,变异概率为0.1,得到最优频段布局方案,频段数量为6,每个频段宽度为12mm,同时制定模具维护策略,当表面粗糙度超过 $0\mu\text{m}$ 时进行模具抛光,延长模具使用寿命20%。

[0039] 步骤S106,将在线监测数据、预测模型结果、多尺度关联模型分析结果集成到模具全生命周期管理系统中,通过大数据分析和可视化技术,实现模具质量的全周期监控和预

警。利用多尺度关联模型,优化模具维护策略,预测潜在故障,为模具设计优化提供数据支撑。

[0040] 通过在线监测系统获取模具生产过程中的实时数据,包括温度、压力、速度参数,将数据传输至全生命周期管理系统。将获取的实时监测数据输入预测模型,通过算法分析计算,得到模具未来一段时间内的性能预测结果,判断模具是否存在潜在的质量风险。若预测结果表明存在质量风险,则触发预警机制,系统自动生成预警信息,通过可视化界面展示,提示相关人员及时采取应对措施。根据预测结果和历史数据,通过关联模型分析模具各项参数与其性能、寿命的关系,得到影响模具质量的关键因素,为后续的模具设计优化提供依据。采用大数据分析技术,对模具全生命周期内的各项数据进行挖掘和分析,发现数据之间的关联规律和模式,为优化模具维护策略提供数据支持。将模具的设计参数、材料属性、工艺条件数据输入关联模型,通过机器学习算法进行训练,建立模具性能预测模型,用于指导模具设计优化。基于全生命周期管理系统中的历史数据和预测结果,采用启发式算法优化模具的维护策略,制定科学的维护计划,最大限度地延长模具使用寿命,降低维护成本。

[0041] 具体来说,通过在线监测系统获取模具生产过程中的实时数据,如温度传感器每秒采集一次数据,压力传感器每5秒采集一次数据,速度传感器每1秒采集一次数据。将采集到的数据通过工业以太网传输至全生命周期管理系统的数据库中。系统利用支持向量机算法对实时监测数据进行分析计算,通过与历史数据比对,预测模具在未来8小时内的性能变化趋势,若预测结果显示模具在未来2小时内存在尺寸超差5%以上的风险,则触发预警机制。系统自动生成预警信息,并通过可视化界面以弹窗和语音提示的方式展示,同时将预警信息推送至相关人员的移动端APP。系统采用关联规则挖掘算法,分析模具材料属性、设计参数、工艺条件与其性能和寿命之间的关联关系,发现影响模具质量的关键因素,如模具材料的硬度与其使用寿命呈正相关,相关系数为85。利用决策树算法建立模具性能预测模型,通过输入模具的设计参数、材料属性和工艺条件,预测其使用寿命和关键质量特性。采用遗传算法优化模具的维护策略,通过设置模具维护周期、维护内容参数,并结合模具的历史数据和预测结果,得到最优的模具维护方案,可将模具的平均使用寿命提高20%,年维护成本降低15%。

[0042] 步骤S107,基于集成的模具全生命周期质量数据和多尺度关联模型,采用智能优化算法如遗传算法,优化频段布局设计参数。在优化过程中,考虑型腔表面质量、模具磨损状态和天线性能要求,通过调整天线辐射单元的几何参数和排布方式,实现模具寿命最大化和天线性能最优化的平衡,从而实现模具设计、制造、使用、维护的智能化和高效化。

[0043] 获取模具全生命周期的质量数据,包括型腔表面质量数据和模具磨损状态数据,构建多尺度关联模型,建立质量数据与模具寿命、天线性能之间的关联关系。根据型腔表面质量数据和模具磨损状态数据,判断模具当前的使用状态和剩余寿命,若模具剩余寿命低于预设阈值,则触发天线频段布局优化流程。采用遗传算法智能优化算法,以天线辐射单元的几何参数和排布方式作为优化变量,以模具寿命和天线性能作为优化目标,进行多目标优化求解。在优化过程中,通过模具多尺度关联模型,将型腔表面质量和模具磨损状态与优化变量进行关联,使优化过程能够兼顾模具质量因素。通过迭代优化,得到一组满足模具寿命和天线性能要求的最优天线布局设计参数,包括天线辐射单元的几何参数和排布方式。根据优化得到的天线布局设计参数,对模具进行智能化修改和再设计,生成新的模具加工

程序和工艺参数,指导模具的加工制造。在模具使用和维护阶段,持续采集模具的质量数据,实时评估模具状态,当模具质量下降到阈值以下时,重新触发优化流程,对模具进行升级换代,实现模具全生命周期的智能化管理。

[0044] 具体来说,通过在模具表面布置传感器阵列,实时采集模具型腔表面形貌数据和磨损数据,并利用小波分析算法对采集的多尺度质量数据进行特征提取和融合,构建质量数据与模具寿命和天线性能的非线性映射模型。当模型预测模具剩余寿命低于1000次注塑周期时,自动触发优化流程。采用多目标遗传算法,以天线辐射单元长度、宽度几何参数和阵列排布密度为优化变量,以模具使用寿命大于5000次注塑周期和天线增益大于15dB为优化目标,并将模具质量特征参数纳入约束条件,搜索最优天线设计参数组合。基于优化结果,利用智能CAD/CAE系统对模具结构进行自动修改和再设计,生成数字化加工程序,指导模具加工。同时持续监测模具质量状态,当型腔表面粗糙度超过6 μm 或模具磨损量超过2mm时,重新启动优化,实现模具智能化升级。

[0045] 以上仅列举了本发明的一些优选实施方式,但本发明并不局限于此,还可以作出许多的改进和变换。只要是在本发明基本原理基础上所作出的改进与变换,均应视为落入本发明的保护范围内。

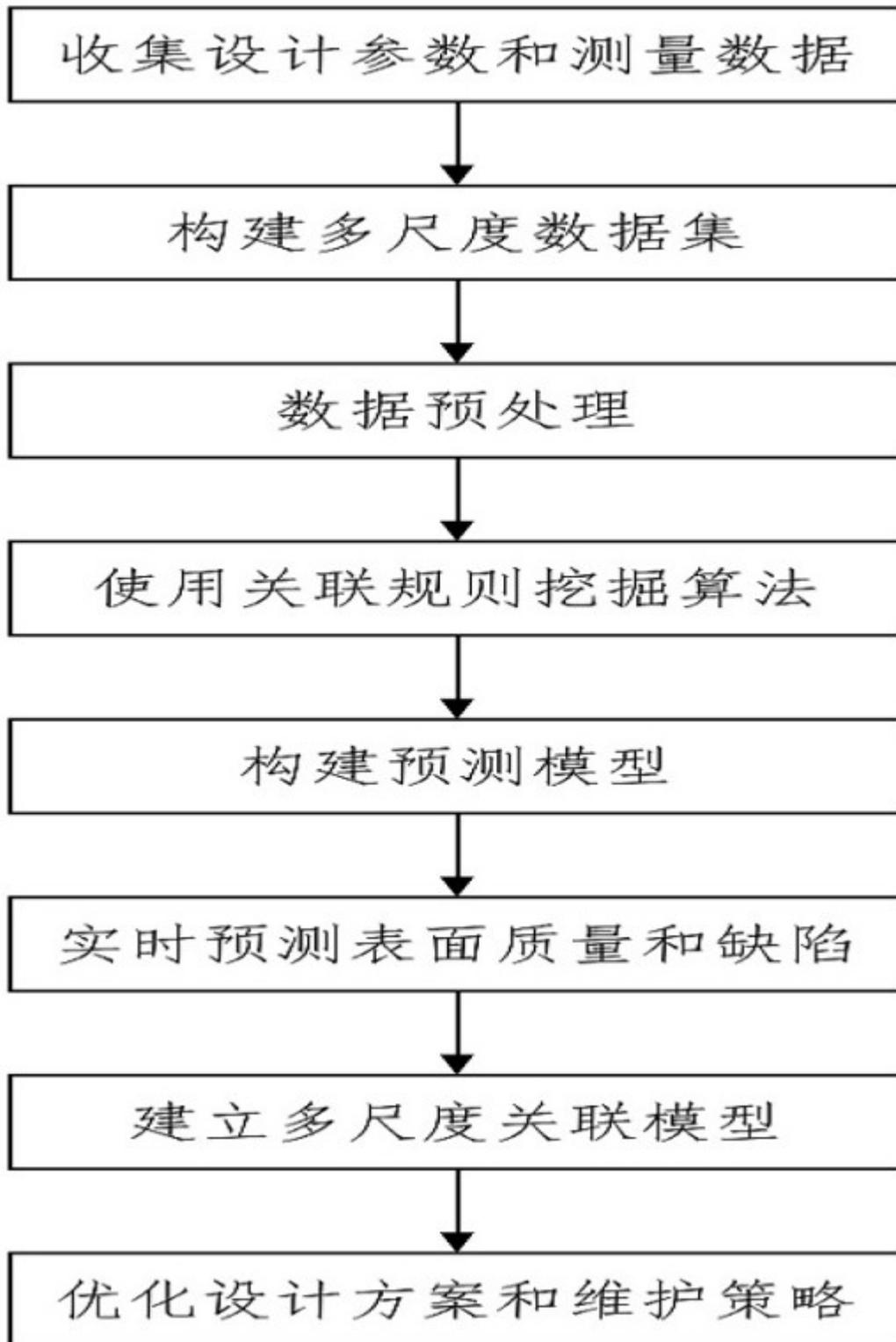


图1

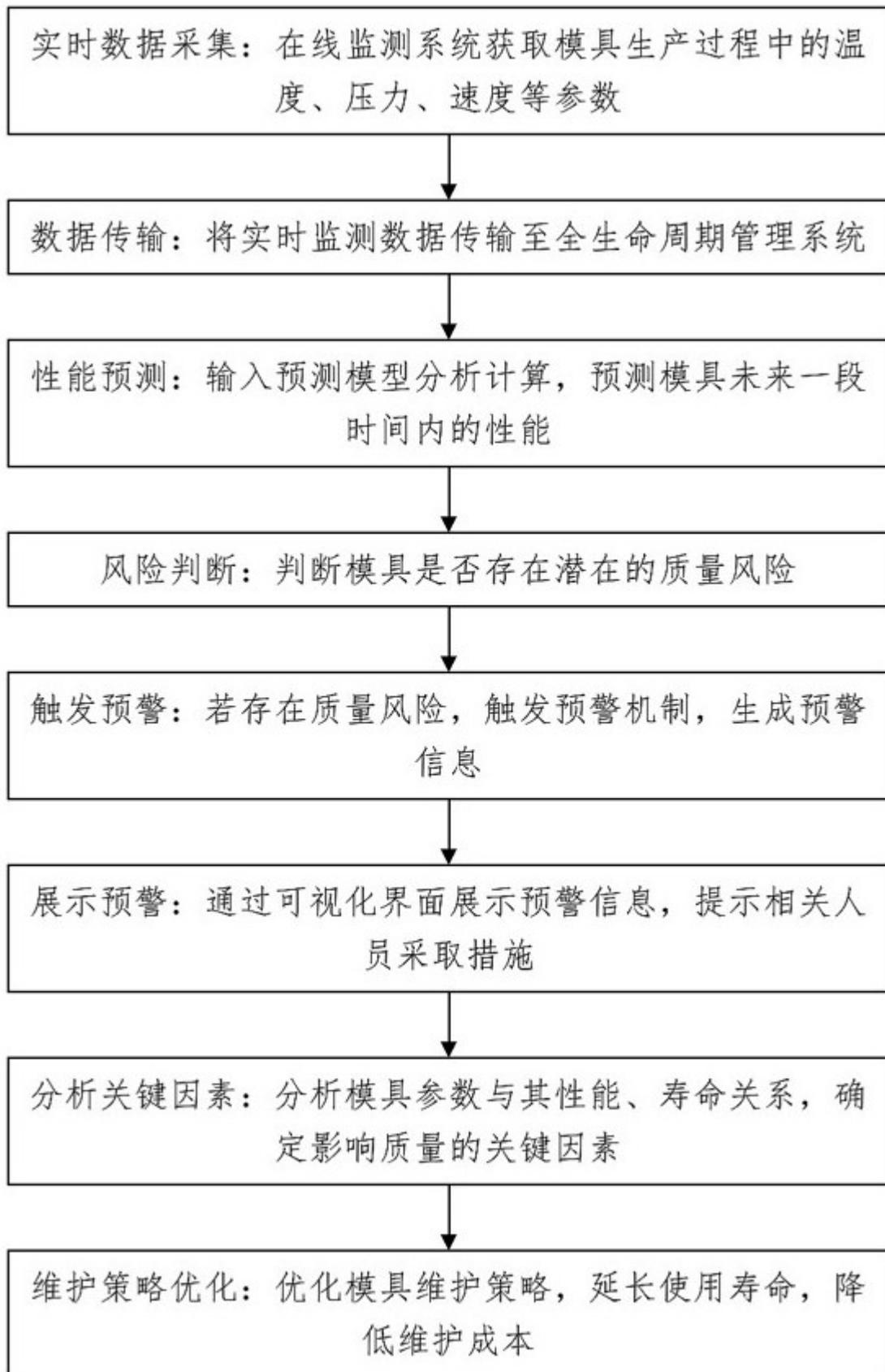


图2