

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局



(43) 国际公布日
2020 年 10 月 15 日 (15.10.2020)

(10) 国际公布号
WO 2020/207209 A1

(51) 国际专利分类号:
G05B 19/05 (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2020/079739

(22) 国际申请日: 2020 年 3 月 17 日 (17.03.2020)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
201910285327.0 2019年4月10日 (10.04.2019) CN

(71) 申请人: 广东工业大学 (GUANGDONG UNIVERSITY OF TECHNOLOGY) [CN/CN]; 中国广东省广州市大学城外环西路 100 号, Guangdong 510006 (CN)。

(72) 发明人: 刘强 (LIU, Qiang); 中国广东省广州市大学城外环西路 100 号, Guangdong 510006 (CN)。宋源 (SONG, Yuan); 中国广东省广州市大学城外环西路 100 号, Guangdong 510006 (CN)。冷杰武 (LENG, Jiewu); 中国广东省广州市大学城外环西路 100 号, Guangdong 510006 (CN)。林贵祥 (LIN, Guixiang); 中国广东省广州市大学城外环西路 100 号, Guangdong 510006 (CN)。张浩 (ZHANG, Hao); 中国广东省广州市大学城外环西路 100 号, Guangdong 510006 (CN)。

(74) 代理人: 深圳市韦恩肯知识产权代理有限公司 (WAYNE INTELLECTUAL PROPERTY AGENCY CO., LTD.); 中国广东省深圳市宝安区前进二路智汇创新中心 A 座 715 室黄昌平, Guangdong 518126 (CN)。

(54) Title: PARALLEL CONTROL METHOD BASED ON MULTI-PERIOD DIFFERENTIAL SAMPLING AND DIGITAL TWIN TECHNOLOGIES

(54) 发明名称: 基于多周期差分采样和数字孪生技术的平行控制方法

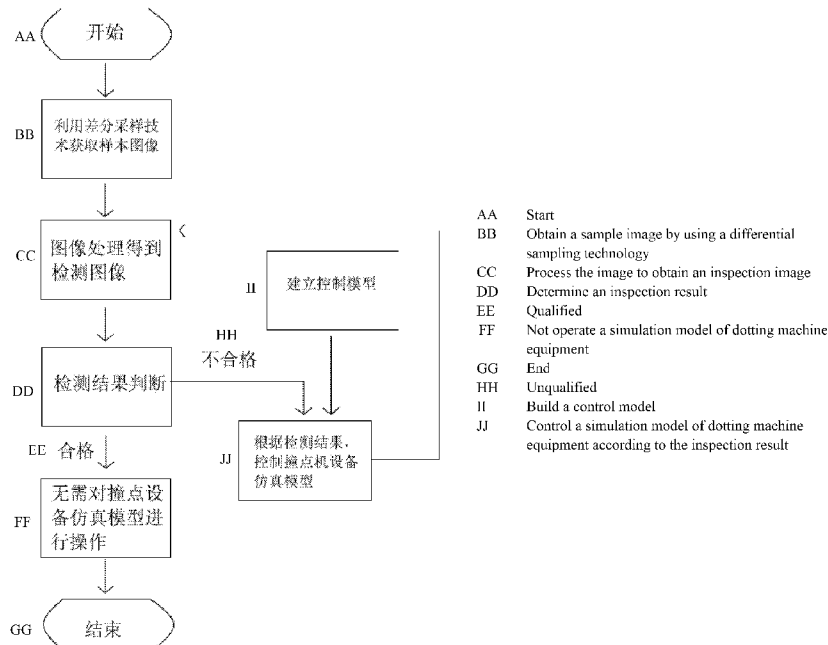


图 1

(57) Abstract: A parallel control method based on multi-period differential sampling and digital twin technologies, comprising the following steps: a. inspecting the processing status of dotting machine equipment by using a multi-period differential sampling technology; b. building a digital twin control model; and c. controlling a simulation model of the dotting machine equipment according to an inspection determination result, and then controlling the dotting machine equipment in parallel. According to the parallel control method, a simulation model and an inspection model of the dotting machine equipment are built for a digital twin model of the dotting

(81) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

根据细则4.17的声明:

- 关于申请人有权要求在先申请的优先权(细则4.17(iii))

本国际公布:

- 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

machine equipment by using a virtual and physical synchronization technology; simulated dotting machine equipment and physical dotting machine equipment operate synchronously to implement real-time inspection and corresponding precise parallel control in a dotting process of the dotting machine equipment; the method enables an operator to remotely control the dotting machine equipment, and achieves one-to-many fast control, and therefore, the control operation is more convenient and precise.

(57) 摘要: 一种基于多周期差分采样和数字孪生技术的平行控制方法, 其包括如下步骤: a. 利用多周期差分采样技术检测撞点机设备加工情况步骤; b. 建立数字孪生控制模型; c. 根据检测判断结果控制撞点机设备的仿真模型, 进而平行控制撞点机设备。平行控制方法针对撞点机设备的数字孪生模型, 利用虚实同步技术建立撞点机设备的仿真模型和检测模型; 仿真撞点机设备与实物撞点机设备同步运行, 实现对撞点机设备撞点工艺中实时检测及对应的精准平行控制; 让操作人员可以对撞点机设备进行远程控制, 一对多快速控制, 控制操作更加方便精准。

基于多周期差分采样和数字孪生技术的平行控制方法

技术领域

本发明涉及智能加工领域，特别是一种基于多周期差分采样和数字孪生技术的平行控制方法。

背景技术

随着手机行业的发展，手机生产行业之间的竞争越来越激烈，如何提高生产效率和质量成为各个生产企业提高自身竞争力的主要研发方向之一。智能手机的背光模组主要由 LED、导光板、反射片、扩散片、增光片等组成，LED 发出光照，通过背光模组中各层结构对光线重新整合，使手机屏幕显示内容。导光板的主要作用是指引光线的方向，增强面板的光亮强度和决定光线的均匀性，它是决定背光模组厚度和光学亮度均匀性的关键组件。导光板的加工是利用导光板模具复印加工的，而导光板的模具中导光板模芯是用高速点运动的撞点机进行加工的，导光板模具微结构阵列的加工精度决定导光板质量，一块智能手机导光板上有上百万个微结构密集阵列网点，为使导光板均匀发光，必须保证微结构阵列微点的加工质量和尺寸精度。导光板模芯的微结构阵列加工除了和精密加工工艺相关，还和高精密的检测技术密切相关。

现有技术中利用对撞点机设备在原材料上加工微结构阵列时，都是需要人工实时观察加工情况，然后人工调整控制撞点机设备的加工操作和参数以保证加工的顺利进行。这样就需要撞点机设备周边时刻配有操作人员，撞点机设备的操作完全由人工在其周边进行操作，无法实现远程平行控制；由于上述原因现有技术中必须每个撞点机配备对应操作人员，操作人员无法远程同时对多个撞点机设备进行快速平行控制，因此导致现有技术中利用撞点机设备在原材料上加工微结构阵列时，操作复杂，甚至出现频繁停机加工周期

过长，人力投入多导致了加工成本高的问题，无法实现平行控制，产品加工质量无法得到保证，操作人员必须实时处于加工车间内，由于撞点机设备时高速运动的加工设备，操作人员在现场实时对撞点机设备进行操作很危险，人身安全无法得到保证。

发明内容

针对上述缺陷，本发明的目的在于提出一种基于多周期差分采样和数字孪生技术的平行控制方法，其能实现远程对撞点机设备的平行控制，让操作人员对撞点机设备的控制更加方便精准，保证了产品质量的同时也保证了操作人员的人身安全。

为达此目的，本发明采用以下技术方案：

基于多周期差分采样和数字孪生技术的平行控制方法，其应用于撞点机设备的加工过程，其包括如下步骤：

a. 检测步骤：a1. 将制作模具的加工原料装夹至撞点机设备上，并将拍摄装置按照拍摄要求设置；a2. 启动撞点机设备和拍摄装置，拍摄装置将经过多个加工周期后得到的加工原料进行拍照，得到多个周期采样；a3. 整合处理模块将多个周期采样，利用跨往复周期的差分采样技术整合为一个周期的样本图像，建立检测模型；a4. 图像处理模块对样本图像进行处理，得到检测图像；

b. 建立控制模型：b1. 撞点机设备仿真建模，完成撞点机设备的仿真模型设计，得到撞点机模型；b2. 撞点机设备动态实现，根据既定设计方案，给撞点机模型设置加工参数，完成单机设备的动作实现，完成在制品物流与运动实现，编制运动与动作控制脚本，并进行离线模拟运行；b3. 撞点机模型与撞点机设备集成，利用虚实同步技术借助仿真平台，实现撞点机模型与撞点机

设备同步运动；b4. 系统集成设计，搭建虚拟控制网络，即实现车间物联，运用数字孪生技术，构建虚实同步的实物仿真平台，使得单机实物可以与单机数字化模型实现动作同步化；将上层 MES 系统与数字孪生模型进行集成，实现数字孪生模型在生成 MES 指令下运行，同时也将数字孪生模型执行情况反馈回 MES，实现对撞点机设备在线监测和模拟运行；

c. 平行控制：根据检测图形控制撞点机模型，完成对撞点机设备的平行控制。

更优的，所述步骤 a 中，利用跨往复周期的差分采样技术整合为一个周期的样本图像的具体步骤如下：把加工路径上相同处理单元处理周期用 $T(\text{ms})$ 表示，把工业相机的采样周期设置为 $nT + \frac{T}{m}(\text{ms})$ ；其中 n 表示该工业相机相对于加工周期的响应速度， m 是根据数字孪生同步的精度要求对一个处理单元周期进行均分的数字；所述 n 为相机时间与加工周期的比值并向上取整得到的整数。

更优的， m 的设置取决于数字孪生同步精度的要求，对一个加工周期进行划分，确定一个加工周期由 m 个时间点图像来间接表征加工设备状态及其加工质量，对相似的多个周期分别进行图像数据采集，每个周期采集一个时间点的图像，第一个周期内采集第一个时间点图像，第二个周期内采集第二个时间点图像，依次类推，最后一个周期内采集第 m 个时间点图像，最终把一个加工过程中采集到的 m 个实时状态按时间序列进行合并为一个周期的采样状态。

更优的，所述步骤 a4 中图像处理模块对样本图像进行处理的步骤为：将样本图像转化为灰阶图像，再进行降噪、调节对比度处理。

更优的，所述步骤 b4 后还有判断步骤 b5，检测识别模块对检测图像进行识别和分析得到检测数据，判断装置将检测数据和加工设定数据进行对比；当检测数据超出加工设定数据设定的阈值时，判断结果为不合格，操作人员根据判断结果控制撞点机模型，完成对撞点机设备的平行控制；当检测数据未超出加工设定数据设定的阈值时，判断结果为合格，结束在位检测操作，操作人员无需控制撞点机模型进行任何操作。

更优的，所述步骤 b1 中完成撞点机设备的仿真模型设计的具体操作步骤为：首先利用机械三维建模平台完成仿真模型设计，再将得到仿真模型设计导入仿真平台进行模型二次处理，对仿真模型中设备的大小、布局进行修改以及区分动件与不动件。

更优的，所述步骤 b2 中进行离线模拟运行的具体操作为：利用仿真平台提供的二次开发功能，利用 Jscript 脚本语言实现撞点机工艺动作，同时在平台上进行离线模拟加工参数进行打孔测试；所述步骤 b 中给撞点机模型设置的加工参数包括：电压、速度和压力。

具体的，所述仿真平台为 Demo3D 仿真平台。

更优的，所述步骤 b3 中，所述虚实同步技术为：首先确保撞点机模型与撞点机设备的设计参数的一致性；以撞点机模型作为主动模型，撞点机设备作为从动部分；通过撞点机模型与撞点机设备同时连接同一 PLC 控制系统实现撞点机模型与撞点机设备的信号的同步；所述步骤 b3 中，将撞点机模型与撞点机设备同时连接同一 PLC 控制系统的具体方式为：将 Demo3D 里面的 I/O 点与 PLC 中的 I/O 点地址进行绑定，PLC 控制系统中的 I/O 点控制实物的运动参数；而撞点机模型主要是通过工件触发传感器，通过 PLC 控制系统的 I/O

点以及内部逻辑驱动撞点机设备进行同步运动。

更优的，所述设计参数包括：撞点机模型的尺寸、布局和控制逻辑；所述运动参数包括：撞点机设备的运动方向、运动速度、行程、启动和停止；数字孪生模型执行情况包括：工单完成信息和随机故障。

本发明提出基于多周期差分采样和数字孪生模型的平行控制方法，所述平行控制方法针对撞点机设备的数字孪生模型，利用虚实同步技术建立撞点机设备的仿真模型和检测模型；仿真撞点机设备与实物撞点机设备同步运行，实现撞点机设备撞点工艺中实时检测及对应的精准平行控制；让操作人员可以对撞点机设备进行远程控制，一对多快速控制，控制操作更加方便精准。

附图说明

图 1 是本发明的一个实施例中所述基于多周期差分采样和数字孪生模型技术的监测方法的流程示意图；

图 2 本发明的一个实施例中撞点机撞点工艺过程中，建立检测模型用于检测撞点加工结果时的示意图；

图 3 发明的一个实施例中撞点机模型、PLC 控制系统和撞点机设备关联同步方式的示意图。

图 4 发明的一个实施例中所述建立控制模型步骤的流程示意图。

具体实施方式

下面结合附图并通过具体实施方式来进一步说明本发明的技术方案。

数字孪生：是充分利用物理模型、传感器更新、运行历史等数据，集成

多学科、多物理量、多尺度、多概率的仿真过程，在虚拟空间中完成映射，从而反映相对应的实体装备的全生命周期过程，又称“数字镜像”，“数字双胞胎”或“数字化映射”。

数字孪生模型主要涉及仿真模型与物理设备，两者的对接是实现数字孪生模型的关键，低速加工设备模型对接常采用以太网中 PLC 点位的绑定，云路由器数据的传输以驱动仿真模型与物理设备进行协同运动。针对高速点位运动装备，采用多周期差分采样技术完成对物理运动装备状态的实时采样，利用从多个周期内均匀布置采样点位得到的加工设备位置与加工精度数据来间接表征加工装备状态及其加工质量，即把物理设备的工作状态实时映射到虚拟仿真模型上去，高速点位运动装备的性能即可以通过虚拟模型的分析并反馈给物理系统。这样就建立起了针对高速点位运动装备的数字孪生模型。在此数字孪生模型基础上，可以进行生产线的快速定制，高逼真的半实物仿真，透明化监控，根据现场信息实时反馈到模型与系统，实现整线与其数字孪生模型作业同步全视角、跨粒度的实时监控。智能化运维，模拟投放与生产过程，采集过程数据，对制造过程中设备稼动率、生产平衡率、瓶颈工序等进行统计和分析，对制造周期与制造成本进行预测。

如图 1 至 4 示，基于多周期差分采样和数字孪生技术的平行控制方法，其应用于撞点机设备的加工过程，其包括如下步骤：

a. 检测步骤：a1. 将制作模具的加工原料装夹至撞点机设备上，并将拍摄装置按照拍摄要求设置；a2. 启动撞点机设备和拍摄装置，拍摄装置将经过多个加工周期后得到的加工原料进行拍照，得到多个周期采样；a3. 整合处理模块将多个周期采样，利用跨往复周期的差分采样技术整合为一个周期的样本

图像，建立检测模型；a4. 图像处理模块对样本图像进行处理，得到检测图像；

b. 建立控制模型：b1. 撞点机设备仿真建模，完成撞点机设备的仿真模型设计，得到撞点机模型；b2. 撞点机设备动态实现，根据既定设计方案，给撞点机模型设置加工参数，完成单机设备的动作实现，完成在制品物流与运动实现，编制运动与动作控制脚本，并进行离线模拟运行；b3. 撞点机模型与撞点机设备集成，利用虚实同步技术借助仿真平台，实现撞点机模型与撞点机设备同步运动；b4. 系统集成设计，搭建虚拟控制网络，即实现车间物联，运用数字孪生技术，构建虚实同步的实物仿真平台，使得单机实物可以与单机数字化模型实现动作同步化；将上层 MES 系统与数字孪生模型进行集成，实现数字孪生模型在生成 MES 指令下运行，同时也将数字孪生模型执行情况反馈回 MES，实现对撞点机设备在线监测和模拟运行；

c. 平行控制：根据检测图形控制撞点机模型，完成对撞点机设备的平行控制。

更优的，所述步骤 a 中，利用跨往复周期的差分采样技术整合为一个周期的样本图像的具体步骤如下：把加工路径上相同处理单元处理周期用 $T(\text{ms})$ 表示，把工业相机的采样周期设置为 $nT + \frac{T}{m}(\text{ms})$ ；其中 n 表示该工业相机相对于加工周期的响应速度， m 是根据数字孪生同步的精度要求对一个处理单元周期进行均分的数字；所述 n 为相机时间与加工周期的比值并向上取整得到的整数。

更优的， m 的设置取决于数字孪生同步精度的要求，对一个加工周期进行划分，确定一个加工周期由 m 个时间点图像来间接表征加工设备状态及其加工质量，对相似的多个周期分别进行图像数据采集，每个周期采集一个时间

点的图像，第一个周期内采集第一个时间点图像，第二个周期内采集第二个时间点图像，依次类推，最后一个周期内采集第 m 个时间点图像，最终把一个加工过程中采集到的 m 个实时状态按时间序列进行合并为一个周期的采样状态。

更优的，所述步骤 a4 中图像处理模块对样本图像进行处理的步骤为：将样本图像转化为灰阶图像，再进行降噪、调节对比度处理。

更优的，所述步骤 b4 后还有判断步骤 b5，检测识别模块对检测图像进行识别和分析得到检测数据，判断装置将检测数据和加工设定数据进行对比；当检测数据超出加工设定数据设定的阈值时，判断结果为不合格，操作人员根据判断结果控制撞点机模型，完成对撞点机设备的平行控制；当检测数据未超出加工设定数据设定的阈值时，判断结果为合格，结束在位检测操作，操作人员无需控制撞点机模型进行任何操作。

更优的，所述步骤 b1 中完成撞点机设备的仿真模型设计的具体操作步骤为：首先利用机械三维建模平台完成仿真模型设计，再将得到仿真模型设计导入仿真平台进行模型二次处理，对仿真模型中设备的大小、布局进行修改以及区分动件与不动件。

更优的，所述步骤 b2 中进行离线模拟运行的具体操作为：利用仿真平台提供的二次开发功能，利用 Jscript 脚本语言实现撞点机工艺动作，同时在平台上进行离线模拟加工参数进行打孔测试；所述步骤 b 中给撞点机模型设置的加工参数包括：电压、速度和压力。

具体的，所述仿真平台为 Demo3D 仿真平台。

更优的，所述步骤 b3 中，所述虚实同步技术为：首先确保撞点机模型与

撞点机设备的设计参数的一致性；以撞点机模型作为主动模型，撞点机设备作为从动部分；通过撞点机模型与撞点机设备同时连接同一 PLC 控制系统实现撞点机模型与撞点机设备的信号的同步；所述步骤 b3 中，将撞点机模型与撞点机设备同时连接同一 PLC 控制系统的具体方式为：将 Demo3D 里面的 I/O 点与 PLC 中的 I/O 点地址进行绑定，PLC 控制系统中的 I/O 点控制实物的运动参数；而撞点机模型主要是通过工件触发传感器，通过 PLC 控制系统的 I/O 点以及内部逻辑驱动撞点机设备进行同步运动。

更优的，所述设计参数包括：撞点机模型的尺寸、布局和控制逻辑；所述运动参数包括：撞点机设备的运动方向、运动速度、行程、启动和停止；数字孪生模型执行情况包括：工单完成信息和随机故障。

应用了如上所述的基于多周期差分采样和数字孪生技术的平行控制方法的撞点机设备，其包括：撞点机、拍摄装置、整合处理模块、图像处理模块、机械三维建模平台、Demo3D 仿真平台、PLC 控制系统和 SCADA 系统；

所述撞点机，用于在加工原料上打孔，并进一步加工得到导光板；所述拍摄装置，具体为工业相机，用于对多个加工周期后得到的加工原料进行拍照，得到多个周期采样；所述整合处理模块，用于将多个周期采样，利用跨往复周期的差分采样技术整合为一个周期的样本图像；所述图像处理模块，用于对样板图像进行处理，得到检测图像；机械三维建模平台，用于根据撞点机设备整体机械参数建立仿真模型设计；Demo3D 仿真平台，用于对仿真模型设计进行优化处理，同时实现与 PLC 控制系统的联接；PLC 控制系统，用于实现撞点机模型与撞点机设备同步运动，并控制撞点机模型与撞点机设备的运动；SCADA 系统，可实时采集撞点机模型或撞点机设备的加工情况，对撞点

机设备的加工状态起到实时检测的目的。

在平行指控方法中采用差分采样技术，提出的数字孪生模型直接在撞点机设备的数字模型中进行执行逻辑验证和控制，快速定位故障原因，主动检查系统是否能满足质量控制要求。因此，在实现数字孪生后，初始撞点机床的定位精度从 4.0m 提高到 2.0m。冲压速度从 20-25 点秒提高到 20-65 点秒，也优于主流机床的 20-40 点秒。加工实验结果与实际要求相吻合，说明所研制的数字孪生系统适用于超精密机床的微点加工。网点检测传统的补偿策略通过模拟输入直接决定压电陶瓷的位移输出。然而，在所提出的数字孪生工艺补偿中，压电陶瓷的非线性通过压电陶瓷的在线优化输入值进行补偿，采用数字孪生模型有助于撞点机做出更智能的控制决策。数字孪生系统平台可以优化动态执行机制。整个撞点机的性能可以虚拟分析并反馈给物理系统。一旦性能不足，就可以调整和迭代操作，直到获得最佳状态。形成设备级的上下文感知解决方案，并使用上下文分析方法对机器的所有控制决策进行评估和制定，支持在线优化性能指标。所提出的撞点机模型是相对灵活的，通过使每个撞点机的在线设置具有不同的个性化加工参数和质量要求，这提供了一个大的选项变体，以满足个性化的需求。

所述平行控制方法应用于所述撞点机设备的方式：

基于数字孪生模型的监测方法在导光板加工工艺中模拟运行：在撞点机模型建立步骤的步骤 a 和步骤 b 基础即可进行模拟运行。在 Demo3D 平台，模拟设置撞点机的电压值、速度以及力等加工参数，观察导光板打孔质量反复调整撞点机的电压值，寻找合适电压值。

基于数字孪生模型的监测方法在导光板加工工艺监控与同步测试及同步

优化：通过建立撞点机的数字孪生模型，即可实现撞点机设备与撞点机模型的指令、动作以及信息同步。通过 SCADA 系统采集的数字孪生模型的反馈，即可监控撞点机设备的运行状态和信息，比如撞点机运行的电压、打孔速度等参数。如果导光板加工的网孔质量不合格，可以及时的调剂撞点机的电压值，保证加工质量，起到撞点机加工工艺同步测试与优化的效果。

本发明利用多周期差分采样和数字孪生技术，搭建一个撞点机设备的检测模型和仿真模型；仿真模型集成实物和仿真的同步运行、同步测试以及同步优化的实时平行控制，检测模型用于实时检测撞点机加工情况。利用虚实同步技术，实现实物撞点机设备与仿真撞点机设备同步运行，对设备运行信息与状态进行跟踪与三维可视化呈现，同时融合实时指令数据与统计数据进行可视化呈现，将实物设备执行过程进行实时三维可视化展示以及相关执行性能数据动态显示。通过将加工现场检测到的信息实时反馈到检测模型进而显示到撞点机设备的仿真模型，操作人员根据检测判断结果，对撞点机设备的仿真模型进行控制，从而实现撞点机设备与仿真模型的作业和控制同步平行控制。

以上结合具体实施例描述了本发明的技术原理。这些描述只是为了解释本发明的原理，而不能以任何方式解释为对本发明保护范围的限制。基于此处的解释，本领域的技术人员不需要付出创造性的劳动即可联想到本发明的其它具体实施方式，这些方式都将落入本发明的保护范围之内。

权利要求书

1. 基于多周期差分采样和数字孪生技术的平行控制方法，其应用于撞点机设备的加工过程，其特征在于，包括如下步骤：

a. 检测步骤：a1. 将制作模具的加工原料装夹至撞点机设备上，并将拍摄装置按照拍摄要求设置；a2. 启动撞点机设备和拍摄装置，拍摄装置将经过多个加工周期后得到的加工原料进行拍照，得到多个周期采样；a3. 整合处理模块将多个周期采样，利用跨往复周期的差分采样技术整合为一个周期的样本图像，建立检测模型；a4. 图像处理模块对样本图像进行处理，得到检测图像；

b. 建立控制模型：b1. 撞点机设备仿真建模，完成撞点机设备的仿真模型设计，得到撞点机模型；b2. 撞点机设备动态实现，根据既定设计方案，给撞点机模型设置加工参数，完成单机设备的动作实现，完成在制品物流与运动实现，编制运动与动作控制脚本，并进行离线模拟运行；b3. 撞点机模型与撞点机设备集成，利用虚实同步技术借助仿真平台，实现撞点机模型与撞点机设备同步运动；b4. 系统集成设计，搭建虚拟控制网络，即实现车间物联，运用数字孪生技术，构建虚实同步的实物仿真平台，使得单机实物可以与单机数字化模型实现动作同步化；将上层 MES 系统与数字孪生模型进行集成，实现数字孪生模型在生成 MES 指令下运行，同时也将数字孪生模型执行情况反馈回 MES，实现对撞点机设备在线监测和模拟运行；

c. 平行控制：根据检测图形控制撞点机模型，完成对撞点机设备的平行控制；

所述步骤 a 中，利用跨往复周期的差分采样技术整合为一个周期的样本图像的具体步骤如下：

把加工路径上相同处理单元处理周期用 $T(\text{ms})$ 表示，把工业相机的采样周

期设置为 $nT + \frac{T}{m}$ (ms)；其中 n 表示该工业相机相对于加工周期的响应速度， m 是根据数字孪生同步的精度要求对一个处理单元周期进行均分的数字；所述 n 为相机时间与加工周期的比值并向上取整得到的整数；

m 的设置取决于数字孪生同步精度的要求，对一个加工周期进行划分，确定一个加工周期由 m 个时间点图像来间接表征加工设备状态及其加工质量，对相似的多个周期分别进行图像数据采集，每个周期采集一个时间点的图像，第一个周期内采集第一个时间点图像，第二个周期内采集第二个时间点图像，依次类推，最后一个周期内采集第 m 个时间点图像，最终把一个加工过程中采集到的 m 个实时状态按时间序列进行合并为一个周期的采样状态；

所述步骤 a4 中图像处理模块对样本图像进行处理的步骤为：将样本图像转化为灰阶图像，再进行降噪、调节对比度处理；

所述步骤 b4 后还有判断步骤 b5，检测识别模块对检测图像进行识别和分析得到检测数据，判断装置将检测数据和加工设定数据进行对比；

当检测数据超出加工设定数据设定的阈值时，判断结果为不合格，操作人员根据判断结果控制撞点机模型，完成对撞点机设备的平行控制；

当检测数据未超出加工设定数据设定的阈值时，判断结果为合格，结束在位检测操作，操作人员无需控制撞点机模型进行任何操作。

2. 根据权利要求 1 所述的基于多周期差分采样和数字孪生技术的平行控制方法，其特征在于，所述步骤 b1 中完成撞点机设备的仿真模型设计的具体操作步骤为：首先利用机械三维建模平台完成仿真模型设计，再将得到仿真模型设计导入仿真平台进行模型二次处理，对仿真模型中设备的大小、布局进行修改以及区分动件与不动件。

3. 根据权利要求 1 所述的基于多周期差分采样和数字孪生技术的平行控制方法，其特征在于，所述步骤 b2 中进行离线模拟运行的具体操作为：利用仿真平台提供的二次开发功能，利用 Jscript 脚本语言实现撞点机工艺动作，同时在平台上进行离线模拟加工参数进行打孔测试；所述步骤 b 中给撞点机模型设置的加工参数包括：电压、速度和压力。

4. 根据权利要求 1 或 2 或 3 所述的基于多周期差分采样和数字孪生技术的平行控制方法，其特征在于，所述仿真平台为 Demo3D 仿真平台。

5. 根据权利要求 4 所述的基于多周期差分采样和数字孪生技术的平行控制方法，其特征在于，所述步骤 b3 中，所述虚实同步技术为：首先确保撞点机模型与撞点机设备的设计参数的一致性；以撞点机模型作为主动模型，撞点机设备作为从动部分；通过撞点机模型与撞点机设备同时连接同一 PLC 控制系统实现撞点机模型与撞点机设备的信号的同步；

所述步骤 b3 中，将撞点机模型与撞点机设备同时连接同一 PLC 控制系统的具体方式为：将 Demo3D 里面的 I/O 点与 PLC 中的 I/O 点地址进行绑定，PLC 控制系统中的 I/O 点控制实物的运动参数；而撞点机模型主要是通过工件触发传感器，通过 PLC 控制系统的 I/O 点以及内部逻辑驱动撞点机设备进行同步运动。

6. 根据权利要求 5 所述的基于多周期差分采样和数字孪生技术的平行控制方法，其特征在于，所述设计参数包括：撞点机模型的尺寸、布局和控制逻辑；所述运动参数包括：撞点机设备的运动方向、运动速度、行程、启动和停止；数字孪生模型执行情况包括：工单完成信息和随机故障。

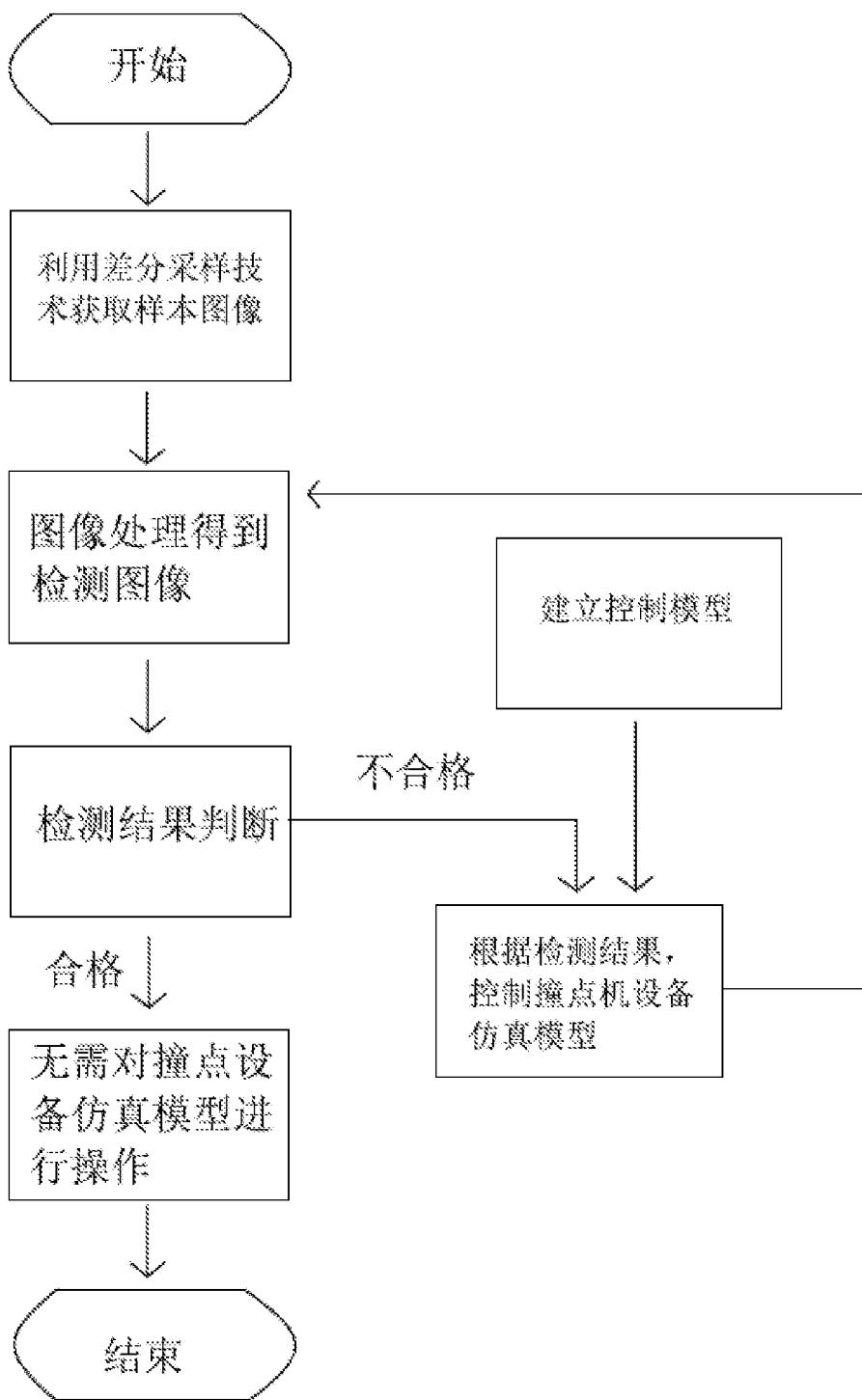


图 1

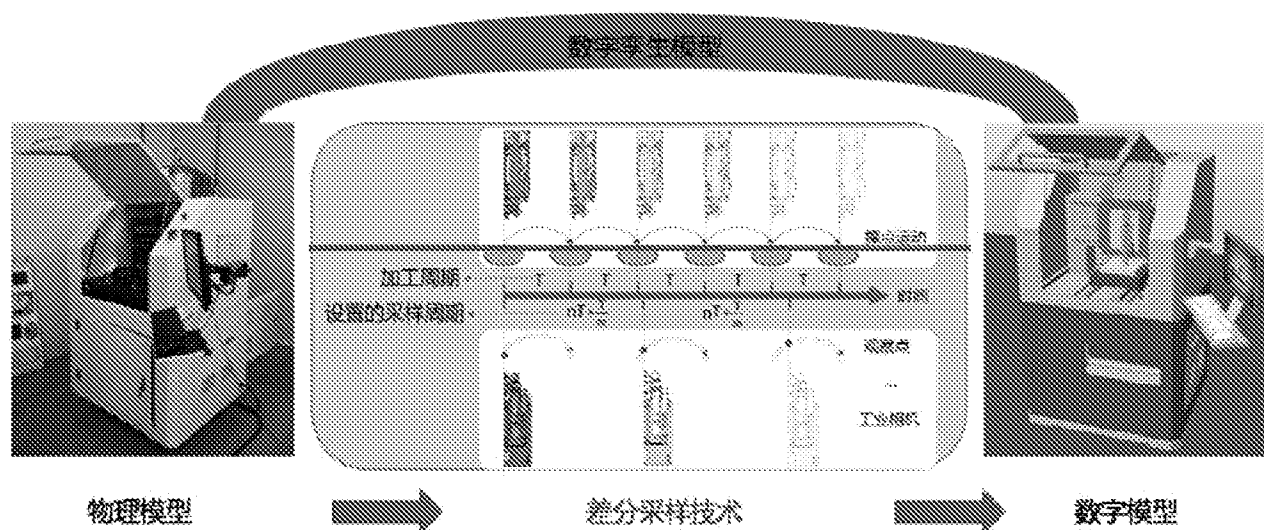


图 2

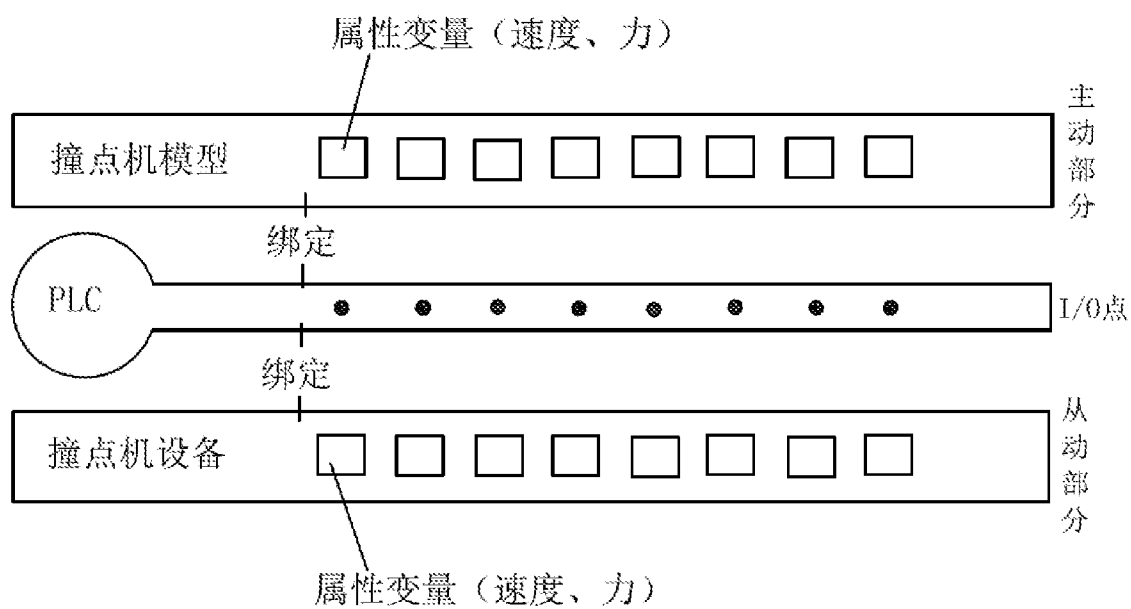


图 3

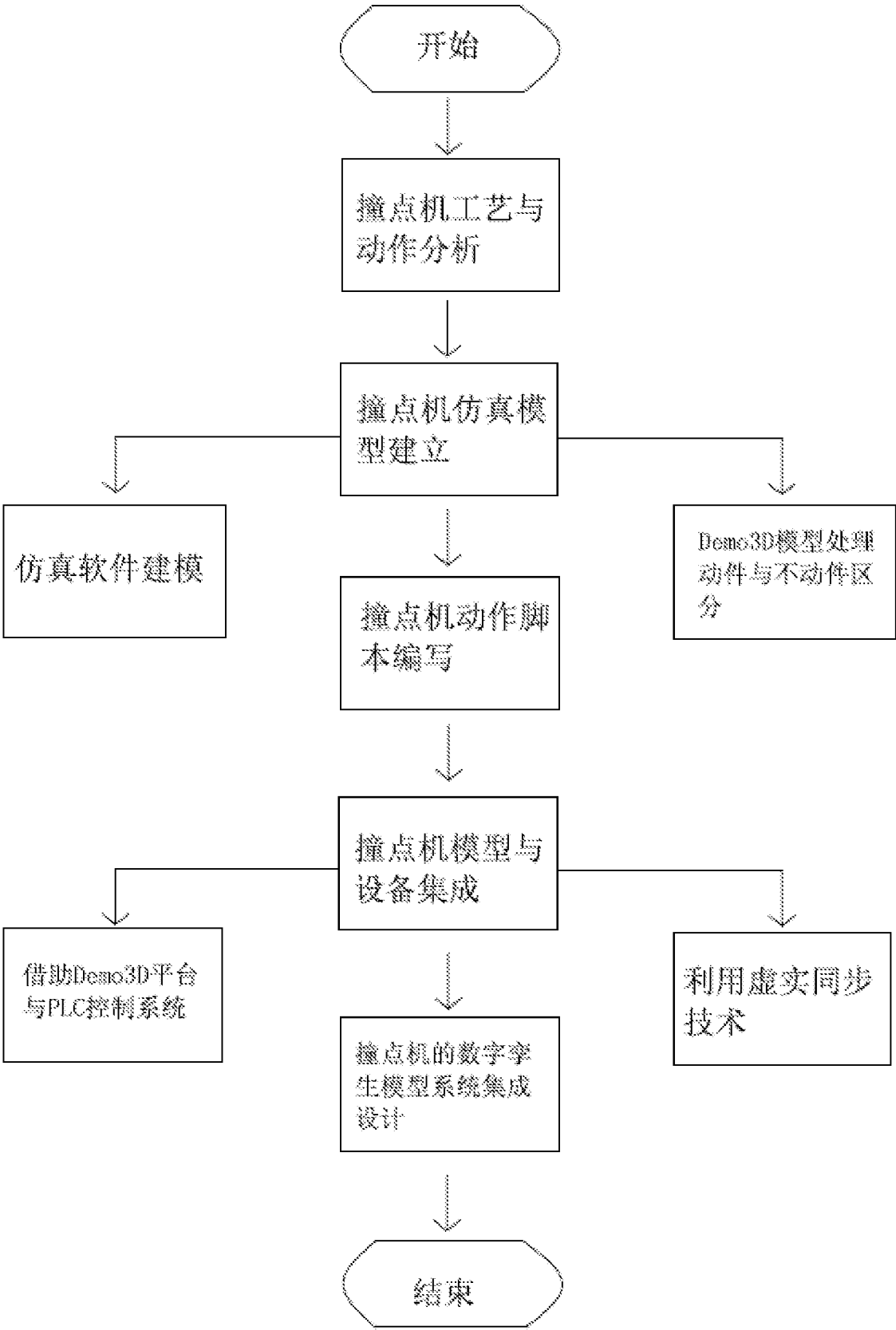


图 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2020/079739

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G05B 19/05(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G05B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNKI, CNPAT, WPI, EPODOC: 周期, 差分, 采样, 取样, 数字孪生, 图像, 照片, 仿真, 平行控制, digital, twin+, sampl+, imag+, photo, camera, picture, period, difference, parallel, control

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 109991918 A (GUANGDONG UNIVERSITY OF TECHNOLOGY et al.) 09 July 2019 (2019-07-09) description, paragraphs [0025]-[0046], and figures 1-4	1-6
A	CN 107861478 A (GUANGDONG UNIVERSITY OF TECHNOLOGY) 30 March 2018 (2018-03-30) description, paragraphs [0033]-[0063], and figures 1-4	1-6
A	CN 108919760 A (CHANG'AN UNIVERSITY) 30 November 2018 (2018-11-30) entire document	1-6
A	CN 109359507 A (NANJING UNIVERSITY OF SCIENCE & TECHNOLOGY) 19 February 2019 (2019-02-19) entire document	1-6
A	CN 108983729 A (GUANGZHOU EINGSOFT INFORMATION TECHNOLOGY CO., LTD.) 11 December 2018 (2018-12-11) entire document	1-6
A	JP 2009145769 A (TOSHIBA MATSUSHITA DISPLAY TECHNOLOGY CO., LTD.) 02 July 2009 (2009-07-02) entire document	1-6



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

11 May 2020

Date of mailing of the international search report

17 June 2020

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration (ISA/
CN)
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing
100088
China

Authorized officer

Facsimile No. (86-10)62019451

ie No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2020/079739

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	109991918	A	09 July 2019	CN	109991918	B	12 November 2019
CN	107861478	A	30 March 2018	WO	2019076235	A1	25 April 2019
				DE	112018002433	T5	20 February 2020
				CN	107861478	B	14 August 2018
CN	108919760	A	30 November 2018	CN	108919760	B	24 January 2020
				WO	2020007016	A1	09 January 2020
CN	109359507	A	19 February 2019	None			
CN	108983729	A	11 December 2018	None			
JP	2009145769	A	02 July 2009	US	8154557	B2	10 April 2012
				US	2009153583	A1	18 June 2009

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2020/079739

A. 主题的分类

G05B 19/05 (2006.01) i

按照国际专利分类 (IPC) 或者同时按照国家分类和 IPC 两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献 (标明分类系统和分类号)

G05B

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库 (数据库的名称, 和使用的检索词 (如使用))

CNKI, CNPAT, WPI, EPDOC: 周期, 差分, 采样, 取样, 数字孪生, 图像, 照片, 仿真, 平行控制, digital, twin+, sampl+, imag+, photo, camera, picture, period, difference, parallel, control

C. 相关文件

类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
PX	CN 109991918 A (广东工业大学 等) 2019年 7月 9日 (2019 - 07 - 09) 说明书第[0025]-[0046]段、图1-4	1-6
A	CN 107861478 A (广东工业大学) 2018年 3月 30日 (2018 - 03 - 30) 说明书第[0033]-[0063]段、图1-4	1-6
A	CN 108919760 A (长安大学) 2018年 11月 30日 (2018 - 11 - 30) 全文	1-6
A	CN 109359507 A (南京理工大学) 2019年 2月 19日 (2019 - 02 - 19) 全文	1-6
A	CN 108983729 A (广州易行信息技术有限公司) 2018年 12月 11日 (2018 - 12 - 11) 全文	1-6
A	JP 2009145769 A (TOSHIBA MATSUSHITA DISPLAY TECHNOLOGY CO.) 2009年 7月 2日 (2009 - 07 - 02) 全文	1-6

☐ 其余文件在C栏的续页中列出。☒ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型:

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件 (如具体说明的)

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件

“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

2020年 5月 11日

国际检索报告邮寄日期

2020年 6月 17日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中国国家知识产权局 (ISA/CN)

中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088

传真号 (86-10)62019451

授权官员

李玉林

电话号码 86-(10)-53962620

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2020/079739

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	109991918	A	2019年 7月 9日	CN	109991918	B	2019年 11月 12日
CN	107861478	A	2018年 3月 30日	WO	2019076235	A1	2019年 4月 25日
				DE	112018002433	T5	2020年 2月 20日
				CN	107861478	B	2018年 8月 14日
CN	108919760	A	2018年 11月 30日	CN	108919760	B	2020年 1月 24日
				WO	2020007016	A1	2020年 1月 9日
CN	109359507	A	2019年 2月 19日	无			
CN	108983729	A	2018年 12月 11日	无			
JP	2009145769	A	2009年 7月 2日	US	8154557	B2	2012年 4月 10日
				US	2009153583	A1	2009年 6月 18日