



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 114326494 B

(45) 授权公告日 2024. 06. 25

(21) 申请号 202111575039.2

G06N 10/00 (2022.01)

(22) 申请日 2021.12.21

(56) 对比文件

(65) 同一申请的已公布的文献号

CN 109376866 A, 2019.02.22

申请公布号 CN 114326494 A

Daive Rotta, 等. Quantum information density scaling and qubit operation time constraints of CMOS silicon-based quantum computer architectures .npj Quantum Information. 2017, 1-14.

(43) 申请公布日 2022.04.12

(73) 专利权人 华东计算技术研究所(中国电子科技集团公司第三十二研究所)

地址 201800 上海市嘉定区嘉罗路1485号

审查员 李湘伟

(72) 发明人 王富民 黄汛 卫佳 高薪凯
郭科选 侯杰 吴永政

(74) 专利代理机构 上海段和段律师事务所
31334

专利代理师 梁勤伟

(51) Int. Cl.

G05B 19/042 (2006.01)

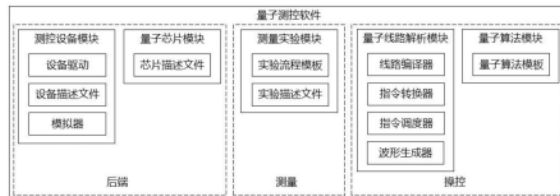
权利要求书2页 说明书4页 附图3页

(54) 发明名称

超导量子计算机的量子测控系统和方法

(57) 摘要

本发明提供了一种超导量子计算机的量子测控系统和方法,包括:测控设备模块:根据用户需求加载所需测控设备驱动,通过设备驱动控制测控设备的打开、关闭、输入和输出;量子芯片模块:描述量子芯片的属性,包括量子芯片本身内在属性和量子芯片相关参数的测量值;测量实验模块:测量所述量子芯片的相关参数;量子线路解析模块:将量子线路模型分解、组合并优化为所述量子芯片支持的量子门操作序列,并将门序列编译成测控波形序列,作为测控设备的输入;量子算法模块:加载所述量子芯片以及所述测控设备,或者加载模拟后端,生成和执行算法操作。本发明能够使量子测控过程中结构逻辑更加清晰,易于实现,且更加方便量子计算研究人员编程使用。



1. 一种超导量子计算机的量子测控系统,其特征在于,包括:

测控设备模块:根据用户需求加载所需测控设备驱动,通过设备驱动控制测控设备的打开、关闭、输入和输出;

量子芯片模块:用于描述量子芯片的属性,包括量子芯片本身内在属性和量子芯片相关参数的测量值;

测量实验模块:用于测量所述量子芯片的相关参数;

量子线路解析模块:用于将量子线路模型分解、组合并优化为所述量子芯片支持的量子门操作序列,并将门序列编译成测控波形序列,作为测控设备的输入;

量子算法模块:用于加载所述量子芯片以及所述测控设备,或者加载模拟后端,生成和执行算法操作;

所述量子芯片模块包含芯片描述文件,用于描述芯片的比特数、芯片的采样间隔、耦合量子对、参数更新时间、各个量子比特间支持的量子门参数、各个量子比特的频率、各个量子比特的读取频率、各个量子比特的T1时间、各个量子比特的T2时间、各个量子比特的非谐性振动频率、各个量子比特的保真度、各个量子比特上量子门的保真度以及各个量子比特上量子门的时长;

所述测量实验模块包括:

实验流程模板,用于实现所述量子芯片相关参数测量的流程,包括:量子比特频率测量流程、量子比特读取频率测量流程、量子比特 π 脉冲测量流程、T1时间测量流程以及T2时间测量流程;

实验描述文件,用于描述本次测量实验用到的测控设备以及量子芯片。

2. 根据权利要求1所述的超导量子计算机的量子测控系统,其特征在于,所述测控设备模块包括模拟后端和真实后端,所述真实后端包括设备驱动和后端描述文件。

3. 根据权利要求2所述的超导量子计算机的量子测控系统,其特征在于,所述量子芯片模块包括量子芯片配置描述文件、量子芯片属性描述文件和量子芯片波形描述文件。

4. 根据权利要求3所述的超导量子计算机的量子测控系统,其特征在于,所述测量实验模块包括:

加载所述真实后端和所述量子芯片配置描述文件;

测量标定所述量子芯片属性描述文件和量子芯片波形描述文件。

5. 根据权利要求1所述的超导量子计算机的量子测控系统,其特征在于,所述量子线路解析模块包括:

量子门编译模块:将量子线路模型分解为量子芯片支持的量子门序列;

波形调度模块:将量子门序列转化为波形指令序列发送给驱动程序作为打开、关闭、输入或输出命令。

6. 根据权利要求5所述的超导量子计算机的量子测控系统,其特征在于,所述量子算法模块包括各种算法的量子线路模型,通过所述量子线路解析模块转化为驱动程序命令。

7. 根据权利要求1所述的超导量子计算机的量子测控系统,其特征在于,所述量子线路解析模块包括:

线路编译器,用于将量子线路中量子门的序列转换为量子芯片支持的量子门的序列并优化序列的长度;

指令转换器,用于将量子比特上的量子门转换为所述芯片描述文件中相应量子比特上量子门所对应的一系列指令并传递参数;

指令调度器,用于对量子门序列中每个量子门对应的指令进行排序并生成指令调度表;

波形生成器,根据指令调度表中的指令序列与参数生成相应的波形采样点序列。

8.一种超导量子计算机的量子测控方法,其特征在于,采用权利要求1-7中任一项所述的超导量子计算机的量子测控系统,包括:

步骤1:测量开始先创建一次测量实验,选择一个或多个实验流程模板后,加载实验描述文件、测控设备以及量子芯片描述文件;

步骤2:判断测控设备是否为模拟器,如果为模拟器则模拟测量实验发送指令并返回虚拟结果;如果为真实设备,则检查测控设备并按照实验流程给设备发送指令,获得测量数据并更新量子芯片描述文件,测量结束;

步骤3:量子算法执行开始先创建算法任务,选择一个或多个量子算法模板后,将量子算法编译为量子门序列,加载测控设备和量子芯片描述文件;

步骤4:判断测控设备是否为模拟器,如果为模拟器则用虚拟设备和模拟器模拟量子算法执行并返回量子算法结果;如果为真实设备,则检查测控设备并按照量子门序列转换的波形序列发送到测控设备执行,返回量子算法结果,算法结束。

超导量子计算机的量子测控系统和方法

技术领域

[0001] 本发明涉及量子计算领域,具体地,涉及一种超导量子计算机的量子测控系统和方法。

背景技术

[0002] 随着量子计算技术的发展,量子计算有许多物理实现方案,其中基于超导量子芯片的超导量子计算方案是目前发展最快、走在产业化最前沿的量子计算物理实现技术路线。由于量子芯片中每个比特都有各个内在属性,需要通过量子测量技术来测量量子芯片中各个量子比特的参数,随后将参数用到标定各个量子比特上的量子门操作以及读取操作中。

[0003] 专利文献CN109542028A(申请号:CN201910094217.6)公开了一种量子测控系统,量子测控系统包括主控模块;直流信号生成模块,提供用于量子比特调控的直流信号;脉冲信号生成模块,提供用于量子比特调控的脉冲信号;微波调制信号生成模块,提供用于量子比特调控的第一微波调制信号和用于量子比特逻辑状态读取检测的第二微波调制信号;量子比特读取检测模块,用于采集量子比特逻辑状态读取回传信号,并上传至所述主控模块,并由所述用户逻辑模块进行处理。

[0004] 然而传统的量子芯片测量是科研人员根据实验需要选择与本次实验相关仪器设备,通过控制仪器设备的方式完成量子芯片参数的测量,仪器设备与量子比特之间的关系记录在科研人员大脑中,随着量子芯片数量的增加或者量子芯片上比特数目的增多,操控的仪器数量的急剧增长,极度容易造成仪器设与量子比特之间对应关系的混乱,从而造成连线错误,且这种错误并不会造成仪器控制程序报错,因此实验过程这些错误很难被发现。

发明内容

[0005] 针对现有技术中的缺陷,本发明的目的是提供一种超导量子计算机的量子测控系统和方法。

[0006] 根据本发明提供的超导量子计算机的量子测控系统,包括:

[0007] 测控设备模块:根据用户需求加载所需测控设备驱动,通过设备驱动控制测控设备的打开、关闭、输入和输出;

[0008] 量子芯片模块:用于描述量子芯片的属性,包括量子芯片本身内在属性和量子芯片相关参数的测量值;

[0009] 测量实验模块:用于测量所述量子芯片的相关参数;

[0010] 量子线路解析模块:用于将量子线路模型分解、组合并优化为所述量子芯片支持的量子门操作序列,并将门序列编译成测控波形序列,作为测控设备的输入;

[0011] 量子算法模块:用于加载所述量子芯片以及所述测控设备,或者加载模拟后端,生成和执行算法操作。

[0012] 优选的,所述测控设备模块包括模拟后端和真实后端,所述真实后端包括设备驱

动和后端描述文件。

[0013] 优选的,所述量子芯片模块包括量子芯片配置描述文件、量子芯片属性描述文件和量子芯片波形描述文件。

[0014] 优选的,所述测量实验模块包括:

[0015] 加载所述真实后端和所述量子芯片配置描述文件;

[0016] 测量标定所述量子芯片属性描述文件和量子芯片波形描述文件。

[0017] 优选的,所述量子线路解析模块包括:

[0018] 量子门编译模块:将量子线路模型分解为量子芯片支持的量子门序列;

[0019] 波形调度模块:将量子门序列转化为波形指令序列发送给驱动程序作为打开、关闭、输入或输出命令。

[0020] 优选的,所述量子算法模块包括各种算法的量子线路模型,通过所述量子线路解析模块转化为驱动程序命令。

[0021] 优选的,所述量子芯片模块包含芯片描述文件,用于描述芯片的比特数、芯片的采样间隔、耦合量子对、参数更新时间、各个量子比特间支持的量子门参数、各个量子比特的频率、各个量子比特的读取频率、各个量子比特的T1时间、各个量子比特的T2时间、各个量子比特的非谐性振动频率、各个量子比特的保真度、各个量子比特上量子门的保真度以及各个量子比特上量子门的时长。

[0022] 优选的,所述测量实验模块包括:

[0023] 实验流程模板,用于实现所述量子芯片相关参数测量的流程,包括:量子比特频率测量流程、量子比特读取频率测量流程、量子比特 π 脉冲测量流程、T1时间测量流程以及T2时间测量流程;

[0024] 实验描述文件,用于描述本次测量实验用到的测控设备以及量子芯片。

[0025] 优选的,所述量子线路解析模块包括:

[0026] 线路编译器,用于将量子线路中量子门的序列转换为量子芯片支持的量子门的序列并优化序列的长度;

[0027] 指令转换器,用于将量子比特上的量子门转换为所述芯片描述文件中相应量子比特上量子门所对应的一系列指令并传递参数;

[0028] 指令调度器,用于对量子门序列中每个量子门对应的指令进行排序并生成指令调度表;

[0029] 波形生成器,根据指令调度表中的指令序列与参数生成相应的波形采样点序列。

[0030] 根据本发明提供的超导量子计算机的量子测控方法,包括:

[0031] 步骤1:测量开始先创建一次测量实验,选择一个或多个实验流程模板后,加载实验描述文件、测控设备以及量子芯片描述文件;

[0032] 步骤2:判断测控设备是否为模拟器,如果为模拟器则模拟测量实验发送指令并返回虚拟结果;如果为真实设备,则检查测控设备并按照实验流程给设备发送指令,获得测量数据并更新量子芯片描述文件,测量结束;

[0033] 步骤3:量子算法执行开始先创建算法任务,选择一个或多个量子算法模板后,将量子算法编译为量子门序列,加载测控设备和量子芯片描述文件;

[0034] 步骤4:判断测控设备是否为模拟器,如果为模拟器则用虚拟设备和模拟器模拟量

子算法执行并返回量子算法结果;如果为真实设备,则检查测控设备并按照量子门序列转换的波形序列发送到测控设备执行,返回量子算法结果,算法结束。

[0035] 与现有技术相比,本发明具有如下的有益效果:

[0036] (1) 各个模块解耦方便维护;将所述真实后端与所述量子芯片模块分离,将量子芯片看作独立于后端的硬件;对量子芯片各参数的描述不再依赖于真实后端,真实后端中设备之间的连线也不依赖于量子芯片;将后端变为黑盒子透明化,无论是测量还是操控可选择模拟后端或真实后端,并返回结果;

[0037] (2) 将测控设备、量子芯片、测量实验以及量子算法全部解耦合,使量子测控过程中结构逻辑更加清晰,易于实现,且更加方便量子计算研究人员编程使用,具有现实意义和良好的应用前景。

附图说明

[0038] 通过阅读参照以下附图对非限制性实施例所作的详细描述,本发明的其它特征、目的和优点将会变得更明显:

[0039] 图1为本发明整体结构示意图;

[0040] 图2为测量实验执行流程图;

[0041] 图3为量子算法执行流程图。

具体实施方式

[0042] 下面结合具体实施例对本发明进行详细说明。以下实施例将有助于本领域的技术人员进一步理解本发明,但不以任何形式限制本发明。应当指出的是,对本领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明构思的前提下,还可以做出若干变化和改进。这些都属于本发明的保护范围。

[0043] 实施例:

[0044] 请参阅图1,本实施例提供一种量子测控软件架构:

[0045] 如图1所示,测控设备模块包含设备驱动用于控制测控设备的打开、关闭、输入和输出;设备描述文件用来描述可使用仪器的初始化参数以及设备间通道口的连接方式;模拟器为虚拟设备,仅用作算法模拟,不参与测量相关。

[0046] 如图1所示,量子芯片模块包含芯片描述文件,用于描述芯片的比特数、芯片的采样间隔、耦合量子对、参数更新时间、各个量子比特间支持的量子门参数、各个量子比特的频率、各个量子比特的读取频率、各个量子比特的T1时间、各个量子比特的T2时间、各个量子比特的非谐性振动频率、各个量子比特的保真度、各个量子比特上量子门的保真度以及各个量子比特上量子门的时长。由于量子芯片的不稳定性,要经常测量这些参数以保证能正确地运行量子算法。

[0047] 如图1所示,测量实验模块包含实验流程模板用于实现某一个所述量子芯片相关参数测量的具体流程,具体有:量子比特频率测量流程、量子比特读取频率测量流程、量子比特 π 脉冲测量流程、T1时间测量流程以及T2时间测量流程。也可自定义一个测量流程;实验描述文件用于描述本次测量实验用到的测控设备以及量子芯片。

[0048] 如图1所示,量子线路解析模块包含线路编译器,用于将量子线路中量子门的序列

转换为量子芯片支持的量子门的序列并优化序列的长度；指令转换器用于将量子比特上的量子门转换为所述芯片描述文件中相应量子比特上量子门所对应的一系列指令并传递参数；指令调度器用于对量子门序列中每个量子门对应的指令进行排序并生成指令调度表；波形生成器根据指令调度表中的指令序列与参数生成相应的波形采样点序列。

[0049] 如图1所示,量子算法模块包含多种量子算法模版,可以生成量子算法相应的量子线路,通过选择加载所述测控设备模块的真实设备或模拟器,执行量子算法并返回计算结果。

[0050] 测量实验使用方法如图2所示,测量开始先创建一次测量实验,选择一个或多个实验流程模板后,加载实验描述文件、测控设备以及量子芯片描述文件。判断测控设备是否为模拟器,如果为模拟器则模拟测量实验发送指令并返回虚拟结果;如果为真实设备,则检查测控设备并按照实验流程给设备发送指令,获得测量数据并更新量子芯片描述文件,测量结束。

[0051] 量子算法使用方法如图3所示,量子算法执行开始先创建算法任务,选择一个或多个量子算法模板后,将量子算法编译为量子门序列,加载测控设备和量子芯片描述文件。判断测控设备是否为模拟器,如果为模拟器则用虚拟设备和模拟器模拟量子算法执行并返回量子算法结果;如果为真实设备,则检查测控设备并按照量子门序列转换的波形序列发送到测控设备执行,返回量子算法结果,算法结束。

[0052] 本领域技术人员知道,除了以纯计算机可读程序代码方式实现本发明提供的系统、装置及其各个模块以外,完全可以通过将方法步骤进行逻辑编程来使得本发明提供的系统、装置及其各个模块以逻辑门、开关、专用集成电路、可编程逻辑控制器以及嵌入式微控制器等的形式来实现相同程序。所以,本发明提供的系统、装置及其各个模块可以被认为是一种硬件部件,而对其内包括的用于实现各种程序的模块也可以视为硬件部件内的结构;也可以将用于实现各种功能的模块视为既可以是实现方法的软件程序又可以是硬件部件内的结构。

[0053] 以上对本发明的具体实施例进行了描述。需要理解的是,本发明并不局限于上述特定实施方式,本领域技术人员可以在权利要求的范围内做出各种变化或修改,这并不影响本发明的实质内容。在不冲突的情况下,本申请的实施例和实施例中的特征可以任意相互组合。

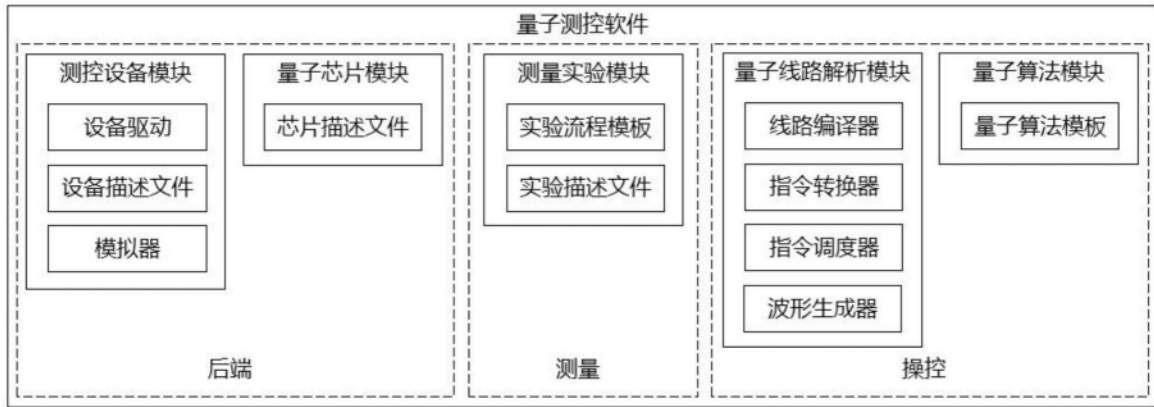


图1

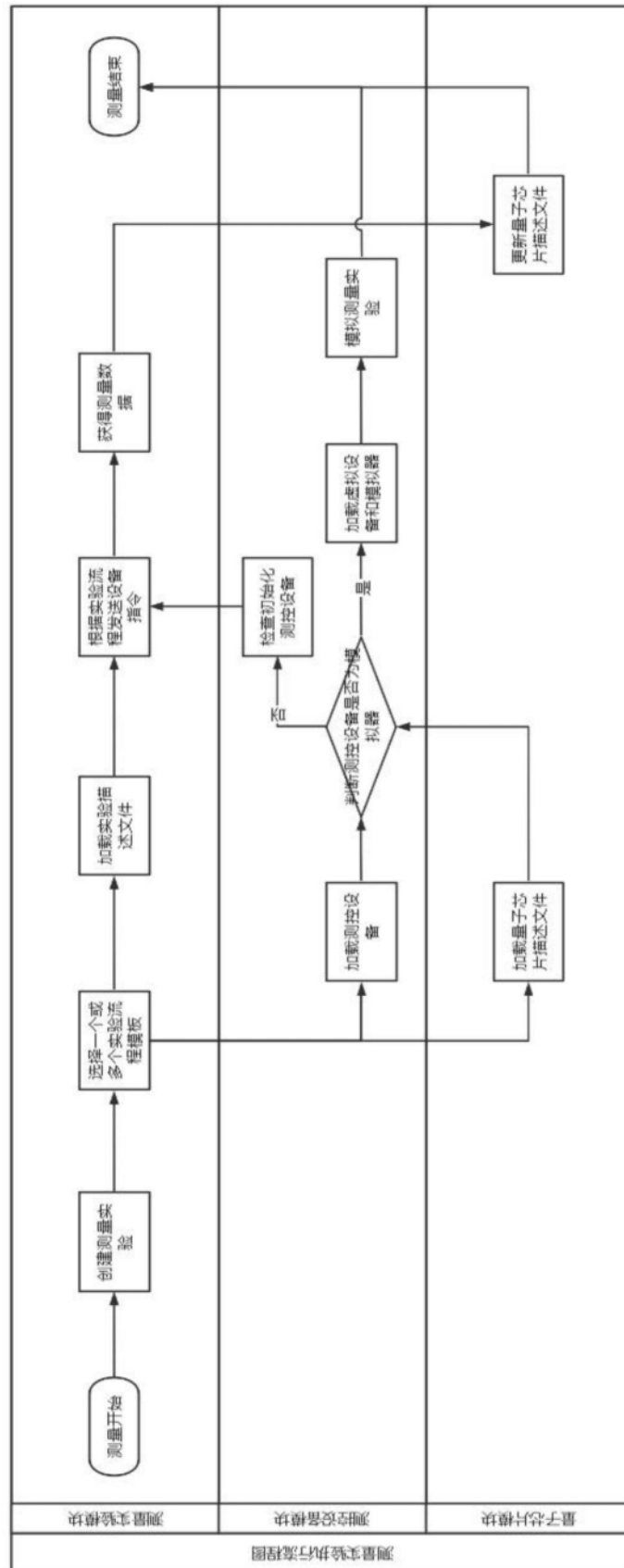


图2

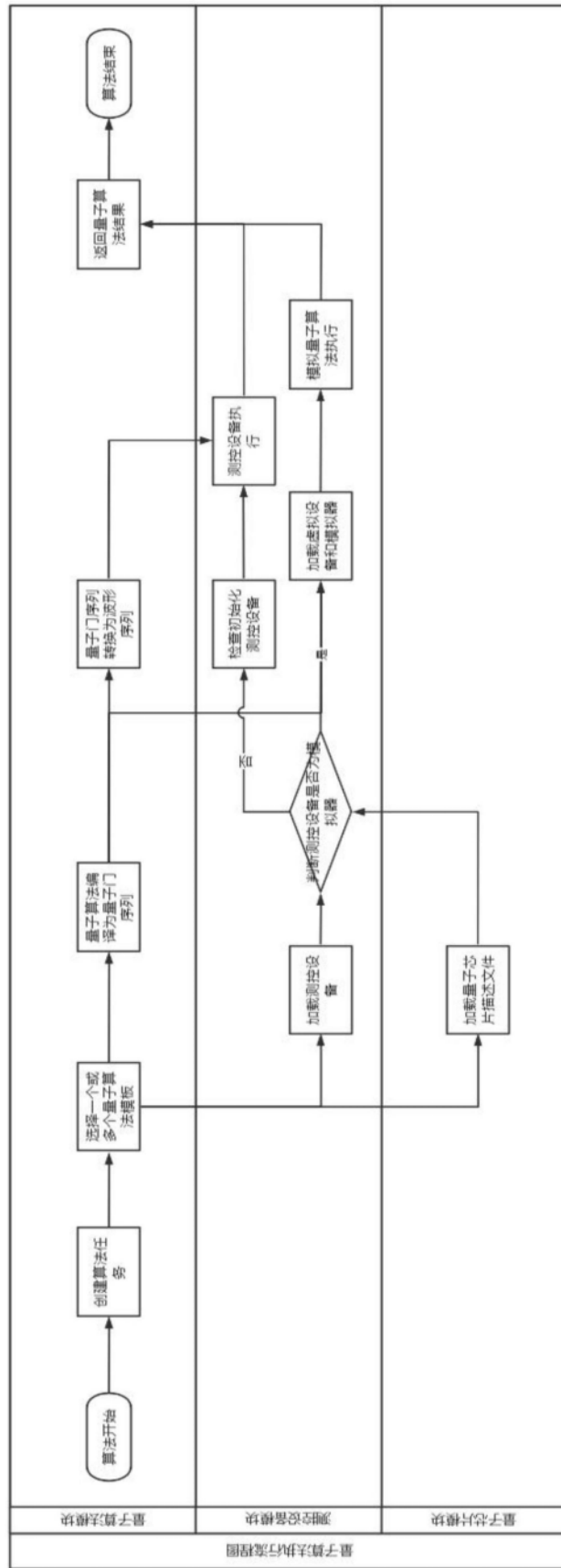


图3