



工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

工业互联网产业联盟标准

AI1/013-2023

工业互联网电子装联设备交互信息 模型

Electronic assemble' s production
equipment information model of data
exchange for industrial Internet

工业互联网产业联盟

(2023 年 12 月)

工业互联网 电子装联设备交互信息模型

1 范围

本文件规定了电子装联行业生产设备与上层制造应用系统的交互信息模型。

本文件适用于电子装联行业生产制造设备的平台化管理和集中监控，并为生产设备设计、开发和采购提供物联数字化参考。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

ANSI/ISA-S88.01-1995 Batch Control Part 1: Models and Terminology

GB/T 20720.1-2006 企业控制系统集成 第1部分:模型和术语

T/CCSA 449-2023 工业互联网信息模型 物模型描述规范

YD/T 4097-2022 物联网信息模型总体框架

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

信息模型 information model

信息的标准化组织和表达技术，通过对工业互联网对象、对象属性和对象间的关系等进行建模，实现对象信息的互通和共享。

3.2

电子装联 electronic assemble

依据设计方案将电子元器件通过插装、表面贴装、微组装等方式实现装配和电气连通的制造过程，并通过功能及可靠性测试，形成模块、整机或系统级组件。

3.3

配方 Recipe

设备生产配方，一组唯一定义产品生产要求的必要信息集合。

4 缩略语

- 下列缩略语适用于本文件。
- ERP 企业资源计划系统 (Enterprise Resource Planning)
 - I/O 输入/输出 (Input/Output)
 - JSON JS 键值对数据(JavaScript Object Notation)
 - MES 制造执行系统 (Manufacturing Execution System)
 - PLC 可编程逻辑控制器 (Programmable Logic Controller)
 - SCADA 数据采集与监视控制系统(Supervisory Control And Data Acquisition)
 - XML 可扩展标记语言 (Extensible Markup Language)
 - YAML 另一种标记语言(YAML Ain't a Markup Language)

5 设备信息建模范围

5.1 设备信息交互架构

依据GB/T 20720.1-2006，结合电子装联行业数字化需求，本文件给出如下信息交互架构，定位设备交互信息模型场景及建模对象。

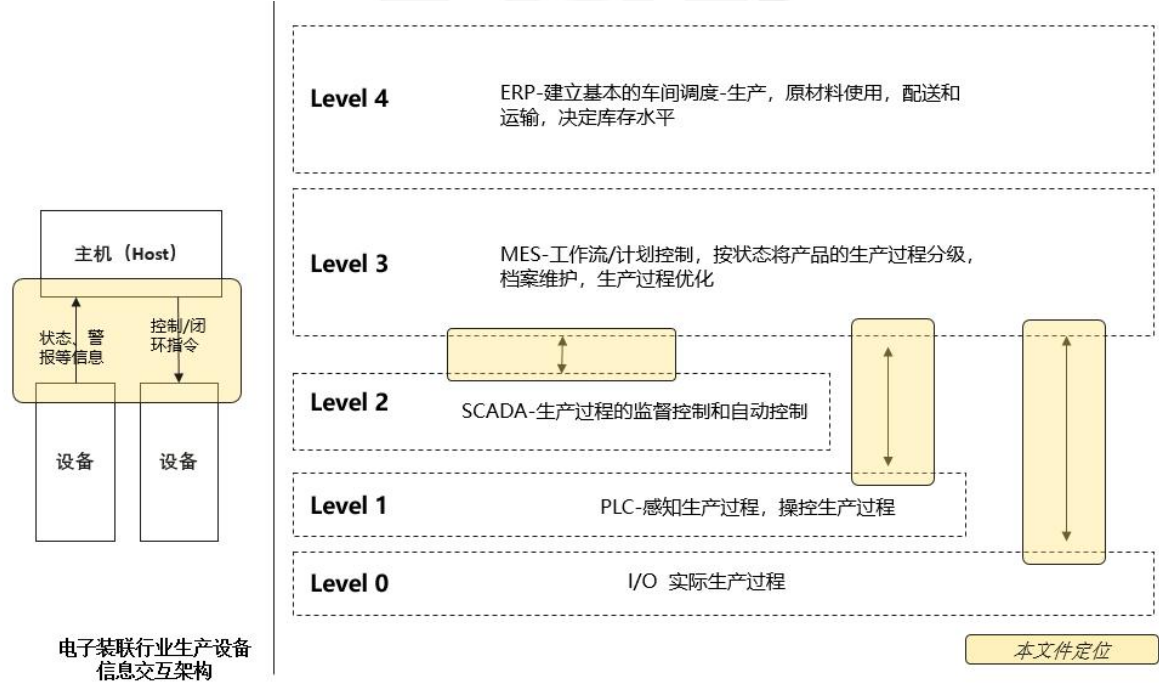


图 1 设备信息交互架构图

1) 主机

本文件的主机指具备数字化应用和服务功能的制造系统或组件。

2) 设备

本文件的设备具体指工厂用在生产经营过程中的一类生产要素，站在物联交互角度看，以独立实体与应用系统交互的对象，包括生产制程设备、辅助设备、物流设备、测试设备等。

3) 设备交互信息

依据ANSI/ISA-S88.01-1995，设备交互信息包括制造控制系统处理的数量（重量、单位等）、参数（比率、温度等等）等流程信息，以及控制器、传感器和执行器的状态、事件、操作、行为等信息。

5.2 设备信息建模对象

在电子产品加工过程中，一个加工周期覆盖被加工对象进到被加工对象出，共包括10个环节，见图2。

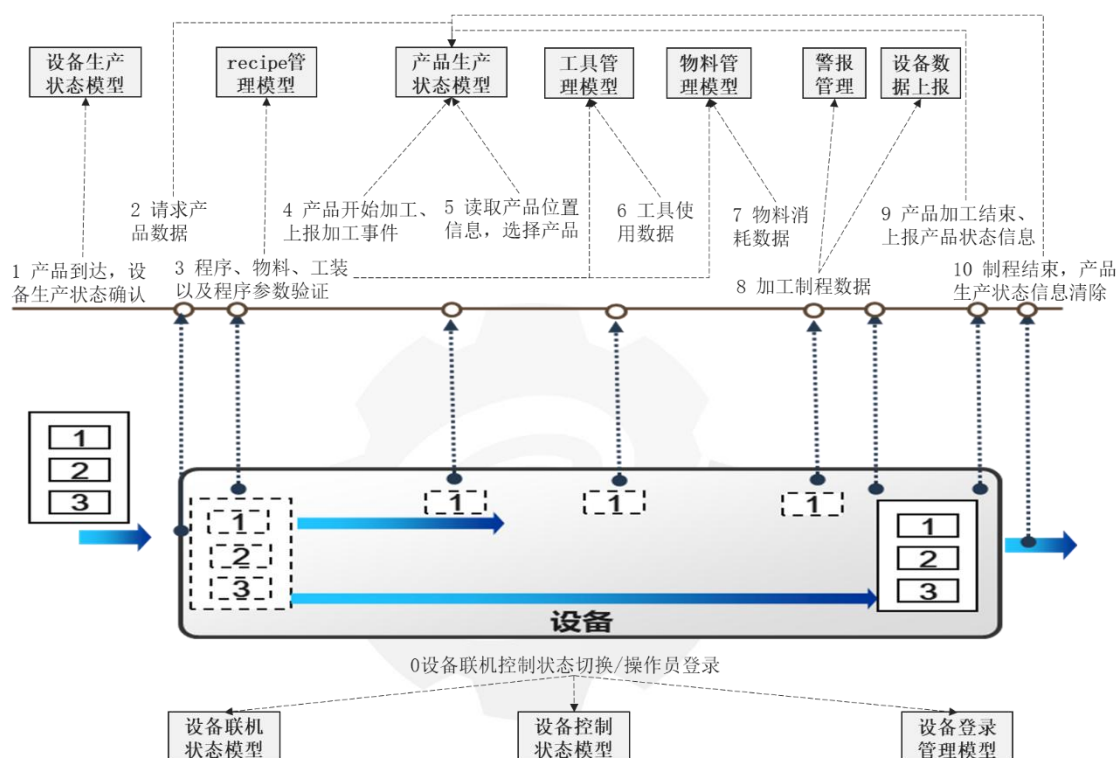


图2 设备交互过程信息建模

本文件信息模型建模架构应符合YD/T 4097-2022相关规定，信息模型描述方法应符合T/CCSA 449-2023相关规定，针对电子装联设备与主机交互的10个环节，涉及10类信息交互模型：

- 设备联机状态模型：定义设备与主机各种可能的联机状态及各状态间相互转换过程的模型；
- 设备控制状态模型：定义设备与主机各种可能的控制状态(OFFLINE/ONLINE-LOCAL/ONLINE-REMOTE)及各种状态间相互转换过程的模型；
- 设备生产状态模型：定义设备各种可能的生产状态(RUN/DOWN/IDLE/PM)及各状态相互转换过程的模型；
- 设备登录状态模型：定义各种可能的登录状态（LOGIN/LOGOUT）及各状态相互转换过程的模型；
- 产品生产状态模型：定义产品被设备加工时，各种可能的加工状态及各状态间相互转换过程的模型；
- 物料管理模型：物料搬运、加载到设备，从设备卸载、搬离的各场景；
- 工具管理模型：工具搬运、加载到设备，从设备卸载、搬离的控制过程；
- Recipe管理模型：用户在设备创建、修改、选中、删除、修改程序参数的控制过程；

- 警报管理模型：设备警报状态机模型定义了设备警报产生和清除两种状态；
- 设备数据上报模型：定义设备上报生产过程数据到主机的各种方式的模型。

6 设备信息交互模型

6.1 设备联机状态模型

6.1.1 主机请求设备联机

主机向设备发起联机控制请求，当主机试图与设备通讯时，需要通过此请求与设备建立联机关系。

表1 请求联机信息模型

主机	方向		设备
设备联机状态切换请求 establishCommunicationRequest -请求应包括交互的唯一消息ID、设备SN、设备所在站点ID、通讯协议版本号、响应码、设备型号名称、软件版本等信息	>		
		<	设备联机状态切换响应 establishCommunicationReply
		<	设备联机状态上报 equipmentCommunicationStateChanged

6.1.2 设备上报联机状态

当设备的生产条件发生变化时，包括由COMMUNICATING切换到NOT COMMUNICATING，或者由NOT COMMUNICATING切换到COMMUNICATING，设备可以主动切换与主机的联机状态，设备联机状态切换成功后，需要向主机上报变更后的状态。

表2 上报联机信息模型

主机	方向		设备
		<	设备联机状态切换通知 equipmentCommunicationStateChanged -通知应包括交互的唯一消息ID、设备通信状态、设备型号名称、软件版本、响应码等信息

6.1.3 设备|主机请求心跳

设备和主机建立联机后，需要立即启动心跳，以探测联机链路的状态。

设备与主机心跳机制有如下特征：

1. 心跳建议由设备主动发起，或者由主机主动发起，但不建议设备与主机同时发起心跳请求；
2. 心跳的周期由设备供应商与工厂线下约定，不在此规范中定义，缺省心跳周期为1分钟；
3. 心跳丢失后，链路判故障的规则由设备供应商与工厂约定，不在此规范中定义。

表3 请求心跳信息模型

主机	方向		设备
		<	心跳请求 heartbeatRequest -应包括交互的唯一消息ID
心跳响应 heartbeatReply	>		

6.2 设备控制状态模型

6.2.1 主机请求设备切换控制状态

当主机试图切换与设备的控制状态时，主机向设备发起切换设备控制状态请求。

表4 请求状态切换信息模型

主机	方向		设备
设备控制状态切换请求 equipmentControlStateChangeRequest -应包括交互唯一消息ID、设备控制 状态、响应码信息	>		
		<	设备控制状态切换响应 equipmentControlStateChangeReply
		<	设备控制状态上报 equipmentControlStateChanged -应包括交互唯一消息ID、监控方 式、设备前置生产状态、设备当前生 产状态信息

6.2.2 设备上报控制状态

当设备的生产条件发生变化时，包括由OFFLINE切换到ONLINE，或者由ONLINE切换到OFFLINE，设备宜主动切换与主机的控制状态。设备控制状态切换成功后，需要向主机上报变更后的状态。

表5 上报控制状态信息模型

主机	方向		设备
		<	设备控制状态切换通知 equipmentControlStateChanged -应包括交互唯一消息ID、监控方 式、设备前置生产状态、设备当前生 产状态信息

6.3 设备生产状态模型

6.3.1 设备生产状态定义

本规范中设备生产状态定义见表6。

表6 生产状态定义

设备状态	子状态（可选）	描述
RUN	SETUP	设备准备中，这包括与工艺相关要求的机器配置、程序、数据、调整等。
	READY	设备准备动作已经完毕，正在等待操作员/主机指令即可开始生产
	EXECUTING	设备正在加工，处于生产作业中
	PAUSE	设备加工还未完成状态下的暂定，正等待下一步执行指令
DOWN	DOWN	设备故障无法正常加工产品，如果设备物联软件能检测到设备故障且能与主机通信，则上报此状态； 如果设备无法上报故障状态，主机也可以根据设备的其它行为推断设备为故障状态。
IDLE	INIT	设备初始化，具备为完成某一加工任务的能力
	IDLE	设备正在等待加工主机加工任务
PM	PM	操作员将设备切换成维护保养状态： 如果设备物联软件能检测到此状态且能与主机通信，则上报此状态； 如果设备无法上报维护保养状态，操作员也可以在主机上将设备设置成维护保养状态。

6.3.2 设备上报生产状态

当设备的生产状态发生变化或者设备由OFFLINE控制模式转换成ONLINE模式时，需要向主机上报生产状态。

表7 上报生产状态信息模型

主机	方向	设备
	<	设备生产状态上报 equipmentProcessStateChanged --应包括交互唯一消息ID、监控方式、工作区编号、设备前置生产状态、设备当前生产状态、响应码信息

6.4 设备登录管理模型

6.4.1 登录状态定义

登录场景指操作员在设备上登录和登出过程，登录状态切换见图3。

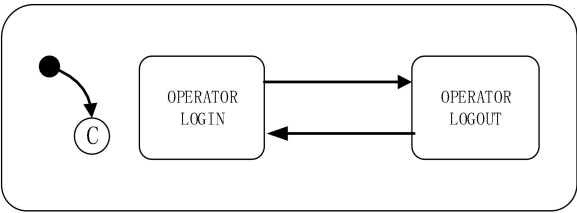


图3 登录状态切换示意图

6.4.2 登录状态上报

当设备上登录状态发生变化或者设备由OFFLINE控制模式转换成ONLINE模式时，需要向主机上报登录状态。

表8 登录管理模型

主机	方向	设备
	<	设备登录状态上报 operatorLoginStateChanged -应包括交互唯一消息ID、监控方式、操作员账号、登录状态、响应码信息

6.5 产品生产状态模型

6.5.1 产品生产状态定义

产品制造过程指设备加工产品的全过程，从产品加载到设备开始加工，产品离开设备结束加工，对应的产品生产状态切换如下图所示。

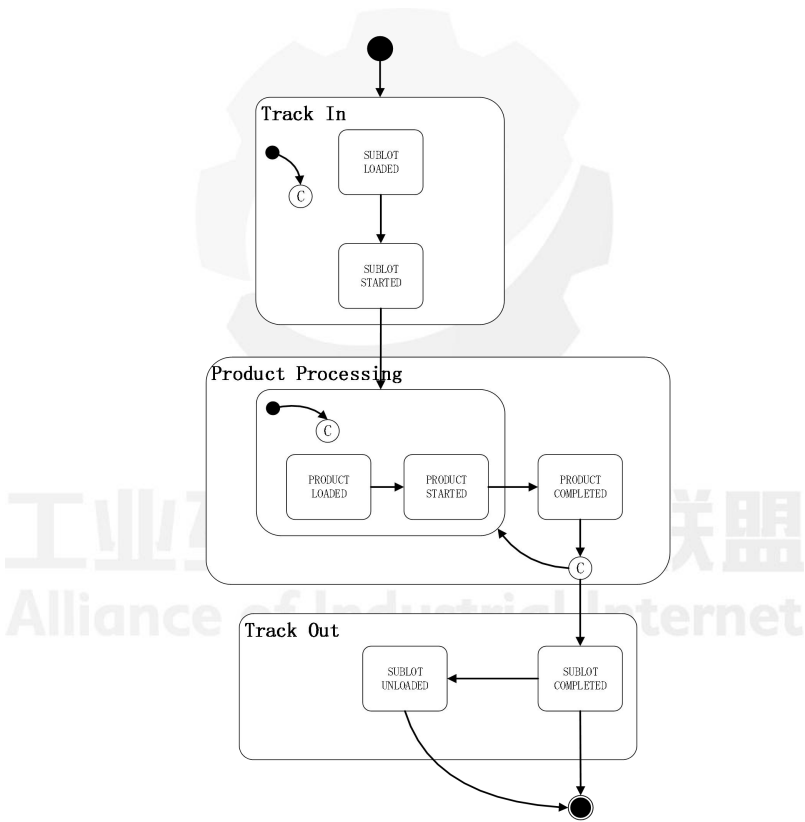


图 4 生产状态切换示意图

各状态定义见表9。

表9 生产状态定义

主状态	子状态	说明
Track In	SUBLOT_LOADED	SUBLOT（产品+载具）进入到设备，如果设备没有产品上载的过程，则可以不上报

	SUBLOT_STARTED	设备开始加工载具中的产品
Product Processing	PRODUCT_LOADED	设备将产品从载具取出，放置到待加工位置，此事件是否上报由设备供应商跟华为约定
	PRODUCT_STARTED	设备开始加工产品
	PRODUCT_COMPLETED	设备完成产品加工
Track Out	SUBLOT_COMPLETED	设备加工完载具中的产品
	SUBLOT_UNLOADED	SUBLOT（产品+载具）离开设备，如果设备没有产品下载的过程，则可以不上报

6.5.2 产品生产状态上报

产品在设备生产过程中的产品生产状态发生变更时，设备需要向主机上报变更后的状态，包括但不限于：产品/载具编号，Recipe名称、Recipe版本，工装编号等信息。

表10 产品生产状态模型

主机	方向	设备
	<	产品生产状态上报 productProcessStateChanged -应包括交互唯一消息ID、监控方式、产品或产品批次SN、产品加工面标识、产品制程状态、工作区编号、程序、物料清单、工具清单、产品制程结果、响应信息
继续生产指示 continueProcess -应包括交互唯一消息ID、生产上下文信息	>	
终止生产指示 stopProcess -应包括交互唯一消息ID、终止原因、原始异常信息	>	
	<	产品制程数据上报 processDataReport -应包括交互唯一消息ID、产品或者产品批次SN、产品加工面标识、工作区编号、产品制程结果、程序、产品制程数据信息

6.6 物料管理模型

6.6.1 物料状态定义

物料状态切换见图5。

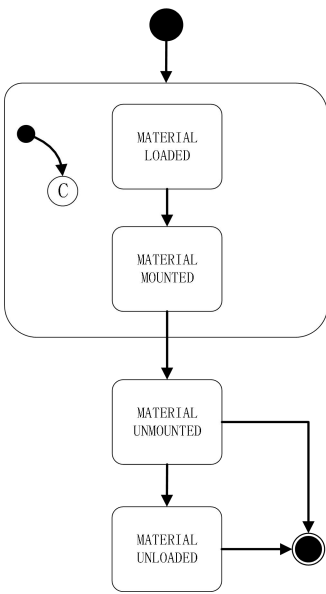


图 5 物料状态切换示意图

各状态定义见表11。

表11 物料状态定义

物料状态	说明
MATERIAL LOADED	物料搬运到设备, 如果设备采用人工搬运物料, 则可以不上报此状态
MATERIAL MOUNTED	物料加载到设备
MATERIAL UNMOUNTED	物料从设备卸载
MATERIAL UNLOADED	物料搬离设备, 如果设备采用人工搬运物料, 则可以不上报此状态

6.6.2 物料状态上报

当设备执行与物料搬运、上载有关的操作时，设备可以上报物料的状态给主机，并根据主机下发的控制指令决定下一步处理。

表12 物料状态上报模型

主机	方向	设备
	<	物料状态变更上报 materialStateChanged -应包括交互唯一消息ID、监控方式、物料SN、上料口编号、物料状态、响应码信息
继续生产指示 continueProcess	>	
终止生产指示 stopProcess	>	

6.6.3 物料消耗信息上报

产品生产过程中，如果产生了物料消耗，设备需要上报物料的消耗信息。

一般情况下，设备每加工一个产品，上报一次物料消耗信息，特殊情况下允许上报多次。物料消耗需要在设备上报“产品开始生产”之后，上报“产品结束生产”前上报。

表13 物料消耗信息上报模型

主机	方向	设备
		物料消耗信息上报 materialConsumptionReport -应包括交互唯一消息ID、产品或者产品批次SN、物料消耗清单信息

6.7 工具管理模型

6.7.1 工具状态定义

工具管理状态机切换如下图所示。

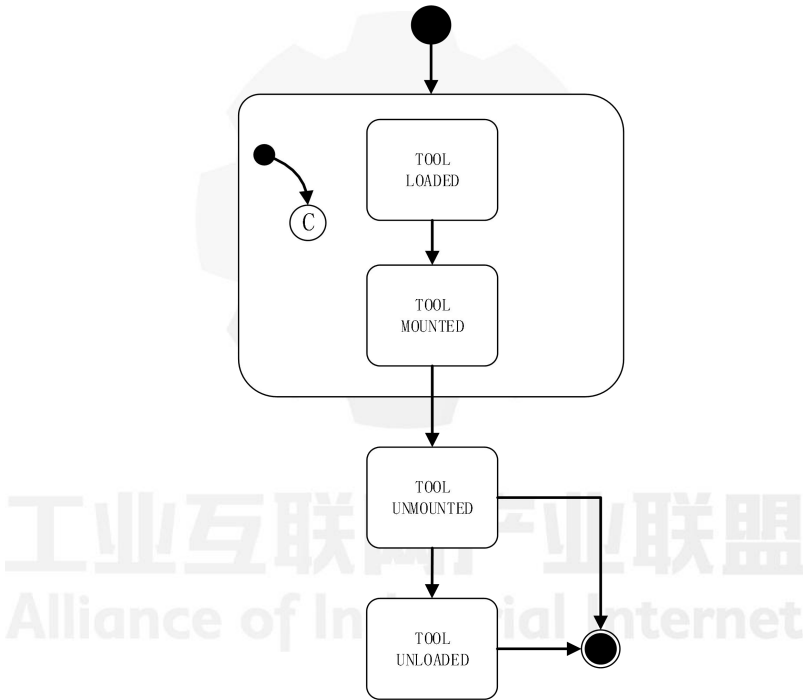


图6 工具管理状态切换示意图

各状态定义见表14。

表14 工具管理状态定义

工具状态	说明
TOOL LOADED	工具搬运到设备，如果设备采用人工搬运工具，则可以不上报此状态
TOOL MOUNTED	工具加载到设备
TOOL UNMOUNTED	工具从设备卸载
TOOL UNLOADED	工具搬离设备，如果设备采用人工搬运工具，则可以不上报此状态

6.7.2 工具管理状态上报

当设备执行与工具搬运、上载有关的操作时，设备可以上报工具的状态给主机， 并根据主机下发的控制指令决定下一步的处理。

表15 工具管理状态上报模型

主机	方向		设备
		<	工具状态变更上报 toolStateChanged -应包括交互唯一消息ID、监控方式、工具编号、上载口编号、工具状态、响应码信息
继续生产指示 continueProcess	>		
终止生产指示 stopProcess	>		

6.7.3 工具使用状态上报

产品生产过程中，如果产生了工具消耗（如使用次数、QTime等要求），设备需要上报工具的消耗信息。

一般情况下，设备每加工一个产品，上报一次工具消耗信息，特殊情况下允许上报多次。工具消耗需要在设备上报“产品开始生产”之后，上报“产品结束生产”前上报。

表16 工具使用状态模型

主机	方向		设备
		<	工具使用信息上报 toolUsageReport -应包括交互唯一消息ID、产品SN、工具使用信息

6.8 Recipe 管理

6.8.1 Recipe 状态定义

Recipe管理状态切换见图7。

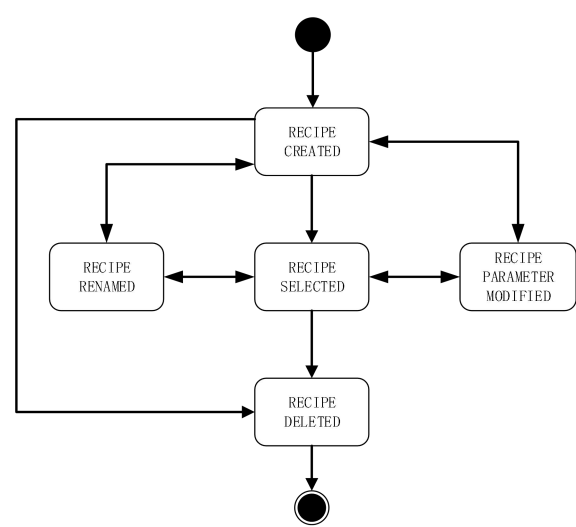


图 7 Recipe 管理状态切换示意图

各状态定义见表17。

表17 Recipe管理状态定义

程序状态	说明
RECIPE CREATED	操作员在设备上创建程序
RECIPE SELECTED	操作员在设备上选择程序，准备用此程序进行生产
RECIPE DELETED	操作员从设备上删除了程序
RECIPE RENAMED	操作员在设备重命名了程序
RECIPE PARAMETER MODIFIED	操作员在设备上修改了程序参数

6.8.2 Recipe 状态上报

当操作员在在设备上创建、修改（重命名或修改程序参数）、删除、选择程序时，设备需要上报 RECIPE状态变更的事件。

表18 Recipe状态上报模型

主机	方向	设备
程序切换请求 RecipeSelectRequest -应包括交互唯一消息ID、程序、响应码信息	>	
	<	程序切换响应 RecipeSelectReply
	<	程序状态变更上报 RecipeStateChanged -应包括交互唯一消息ID、监控方式、程序、程序状态、程序体、响应码信息

6.8.3 主机查询设备 Recipe 信息

主机向设备发起Recipe参数查询请求，获取设备上指定Recipe的参数信息，主机获取到的Recipe参数信息通常有如下用途：

- 1) Recipe应用管系统对设备Recipe参数进行校验，校验其合法性；
- 2) Recipe应用管理系统在主机侧保存Recipe参数信息，供设备下载。

表19 主机向设备查询Recipe参数模型

主机	方向		设备
程序参数查询请求 RecipeParameterRequest -应包括交互唯一消息ID、程序、响应码、程序体信息	>		
		<	程序参数查询响应 RecipeParameterReply

6.8.4 设备查询主机 Recipe 信息

设备向主机发起Recipe参数查询请求，获取主机上指定Recipe的参数信息(俗称Recipe下载)，设备获取到的Recipe参数信息通常会被用作产品加工处理。

表20 设备向主机查询Recipe参数模型

主机	方向		设备
		<	程序参数查询请求 RecipeParameterRequest -应包括交互唯一消息ID、程序、响应码、程序体信息
程序参数查询响应 RecipeParameterReply	>		

6.8.5 主机请求设备选择 Recipe

主机向设备发送Recipe选择请求，请求设备采用主机下发的Recipe作为产品生产使用的Recipe。

表21 主机向设备发送Recipe选择请求模型

主机	方向		设备
程序切换请求 RecipeSelectRequest -应包括交互唯一消息ID、程序、响应码信息	>		
		<	程序切换响应 RecipeSelectReply
		<	程序状态变更上报 RecipeStateChanged -应包括交互唯一消息ID、监控方式、程序体、程序状态、程序、响应码信息

6.8.6 主机请求设备修改 Recipe 参数

主机向设备发送Recipe参数修改请求，请求设备采用主机下发的Recipe参数来生产产品。

表22 主机向设备发送Recipe修改请求模型

主机	方向		设备
程序参数设置请求 RecipeParameterSetRequest -应包括交互唯一消息ID、程序、请求修改的程序体、响应码信息	>		
		<	程序参数设置响应 RecipeParameterSetReply

6.9 警报管理

6.9.1 警报状态上报

当设备上产生或者清除警报时，需要上报警报状态变更事件。

表23 警报状态上报模型

主机	方向		设备
		<	警报上报 alarmReport -应包括交互唯一消息ID、严重级别、警报状态、警报类别及警报描述信息

6.10 设备数据上报

6.10.1 场景说明

设备数据上报的业务场景包括：

- a) 主机查询设备数据；
- b) 主机下发设备数据采集任务；
- c) 设备周期性上报设备数据。

6.10.2 设备数据查询

主机可以根据北向数字化应用的需要，临时向设备发起数据查询请求，获取设备数据。

表24 设备数据查询模型

主机	方向		设备
设备数据查询 equipmentDataRequest -应包括交互唯一消息ID、设备数据类型、设备数据名称清单、响应码、设备数据项值清单信息	>		

		<	设备数据查询响应 equipmentDataReply
--	--	---	--------------------------------

6.10.3 设备采集任务下发

主机可以根据北向数字化应用的需要，向设备发起数据采集任务，请求设备周期性上报设备数据。任务请求中包含采集频率、采集次数、数据项列表等关键信息。

表25 设备采集任务下发模型

主机	方向		设备
设备采集任务下发 equipmentDataTraceRequest -应包括交互唯一消息ID、跟踪任务ID、采样周期、采样数量（计划）、采集数据包大小、设备数据项名称、响应码信息	>		
		<	设备采集任务下发响应 equipmentDataTraceReply

6.10.4 设备数据周期性上报

在以下两种情况下，设备需要周期性地向主机上报设备数据。

- a) 主机下发了设备数据采集任务且设备响应了成功；
- b) 设备跟主机线下约定了设备数据上报的频率、次数、数据项列表。

表26 设备数据周期性上报模型

主机	方向		设备
设备数据周期性上报请求 enableEventReportRequest -应包括交互唯一消息ID、设备事件数组（事件类型、事件名称、响应方式）、响应码信息	>		
		<	设备数据周期性上报响应 enableEventReportReply

6.10.5 产品制程数据上报

设备在加工完某个产品后，在上报PRODUCT-COMPLETED状态前，可以向主机上报产品的制程数据。产品制程数据的详细信息跟设备类型以及设备加工的产品相关，需要跟设备单独约定，不在本规范定义范围内。

表27 产品制程数据上报模型

主机	方向		设备
		<	产品制程数据上报 equipmentDataReport -应包括交互唯一消息ID、跟踪任务ID、采集数量（实际）、采样时间、

			设备数据项名称信息
--	--	--	-----------

7 设备信息交互数据字典

7.1 数据类型

本规范中引用的参数数据类型，可用JSON、XML、YAML语法进行定义。

7.2 参数类别

- 本规范中使用的参数有如下类别。
- 设备参数：设备的固有属性；
 - 交互参数：设备信息交互过程涉及的参数信息；
 - 产品参数：设备生产过程中，加工产品的基本属性，加工状态等；
 - 程序参数：设备生产产品使用的程序名，版本、状态、程序体等；
 - 物料参数：产品生产过程中所需要的物料清单、物料上载位置、物料类型、物料状态等；
 - 工具参数：产品生产过程中所需要的工具清单、工具的上载位置、状态等；
 - 操作员参数：操作员登录的账号及登录状态；
 - 告警参数：设备产生的告警信息；
 - 设备数据上报参数：设备根据主机要求上报的数据信息。

7.3 设备参数

7.3.1 communicationState 设备通信状态

设备通信状态见表28。

表28 设备通信状态

字典描述	设备通信状态
数据类型	String
长度	不超过64字符
赋值说明	{“DISABLED” “NOT_COMMUNICATING” “WAIT_CR_FROM_HOST” “WAIT_CRA” “WAIT_DELAY” “COMMUNICATING” }，其中“NOT_COMMUNICATING”、“COMMUNICATING”是必选项。
举例	“COMMUNICATING”

7.3.2 equipmentSn 设备 SN

设备SN见表29。

表29 设备SN

字典描述	设备编号
数据类型	String
长度	不超过512字符
赋值说明	设备与主机对接时由工厂提供给设备供应商

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/828107053136006026>