























表5 嵌线车间设备基础采集信息（续）

设备类别	设备名称	铭牌信息	工作范围	技术特征
辅助设备	采集器	设备型号或规格、设备制造厂家、编号、入厂时间、使用时间等	/	检测参数
	传感器	设备型号或规格、设备制造厂家、编号、入厂时间、使用时间等	/	检测参数
	工装模具	设备型号或规格、设备制造厂家、编号、入厂时间、使用时间等	适用电机规格	/

### 9.1.2 设备运行信息

设备运行过程中，应对设备的运行状态、加工信息、历史信息等数据进行采集，对于无法直接采集运行信息的设备，可通过辅助采集器/传感器进行采集。嵌线车间设备运行采集数据见表6。

表6 嵌线车间设备运行采集数据

设备类别	设备名称	运行状态	加工信息	历史信息
生产设备	插纸机	开关机信息、运行故障信息、通讯状态、运行参数	工件信息：定子铁心编号、槽绝缘纸材质、批次； 加工参数：工序开始/完成时间、折边高度等 统计信息：工件加工数量、合格/不合格品数量	报警信息 操作履历
	绕线机	开关机信息、运行故障信息、通讯状态、运行参数	工件信息：定子铁心编号、漆包线材质、批次； 加工参数：工序开始/完成时间、线圈匝数、半匝长 统计信息：工件加工数量、合格/不合格品数量	报警信息 操作履历
	嵌线机	开关机信息、运行故障信息、通讯状态、运行参数	工件信息：线圈、定子铁心/带绕组定子铁心编号 加工参数：工序开始/完成时间； 统计信息：工件加工数量、合格/不合格品数量	报警信息 操作履历
	整形机	开关机信息、运行故障信息、通讯状态、运行参数	工件信息：带绕组铁心编号； 加工参数：工序开始/完成时间、端部尺寸； 统计信息：工件加工数量、合格/不合格品数量	报警信息 操作履历
	绑线机	开关机信息、运行故障信息、通讯状态、运行参数	工件信息：带绕组铁心编号； 加工参数：工序开始/完成时间、绑线方式； 统计信息：工件加工数量、合格/不合格品数量	报警信息 操作履历
检测设备	在线检测设备	开关机信息、运行故障信息、通讯状态、运行参数	工件信息：带绕组铁心编号； 加工参数：工序开始/完成时间、冷态电阻、匝间绝缘、电气强度、绝缘电阻； 统计信息：工件加工数量、合格/不合格品数量	报警信息 操作履历
物流设备	关节机器人	开关机信息、运行故障信息、通讯状态、运行参数	工件信息：带绕组铁心编号； 加工参数：工序开始/完成时间； 统计信息：工件加工数量；	报警信息 操作履历

## 9.2 功能要求

### 9.2.1 设备运行状态监控

设备状态信息应采用图形化展示方式，以满足可视化监控要求。

对指标参数的监控结果进行分析和判定，对有异常变化趋势的情况进行预警，对发生异常或故障的情况进行报警；预警和报警信息可采用现场监控屏幕显示、报警灯声光报警、系统级消息通知等方式通知相应的监控人员。

## 9.2.2 设备故障与维护

### 9.2.2.1 设备维护计划

根据设备类型的不同按周期制定维修维护计划，基于配置信息自动生产维修维护工单，并通知和下发给相应岗位人员，通过执行工单的反馈信息跟踪执行状态。

### 9.2.2.2 设备故障管理

设备故障管理包括以下内容：

- a) 故障信息维护。依据车间设备实际情况，建立设备、故障类型、故障部位、故障名称等信息的故障信息维护体系；
- b) 故障处理与分析。利用信息化手段对设备故障进行快速响应，及时通知设备维修人员进行设备维修；并通过数字化分析工具，对故障现象进行原因分析，为分析人员提供故障诊断方案。基于日常故障处理经验，建立并维护设备故障信息库，为故障处理人员提供故障解决方案。

### 9.2.3 备品备件管理

依据关键备件的安装时间，结合其理论使用寿命和采集数据所反映的实际状态，对即将到期的更换的备件进行提醒，对超期使用的备件做报警处理。

## 10 数字化质量控制和追溯

### 10.1 质检信息

嵌线车间的检测信息主要包括产品名称及编号、原材料检测（含供方提供的检测信息）、外观/尺寸检测和电气性能检测，嵌线车间质量检查信息见表7。

表7 嵌线车间质量检测信息

产品名称	检测方法	原材料检测	外观/尺寸检测	电气性能检测
定子铁心	人工检测 或 CCD	定子铁心材料是否检测合格（应提供所用材料的材质报告）	检测铁心表面是否有油污、锈迹，运输过程是否有撞伤，定子铁心内圆、外圆、槽口是否齐整	无
线圈	人工检测 或 CCD	漆包线是否检测合格	线圈的匝数	无
有绕组铁心	人工检测 或 CCD、 在线检测设备	绝缘材料、引接线是否检测合格	端部内、外圆的直径和高度是否满足要求；相间绝缘不应高出或低于规定值；出线位置是否正确；槽楔两端伸出槽口长度是否一致且不高出槽口；导线无打折现象	冷态电阻、匝间绝缘、绝缘电阻、磁场旋向

### 10.2 功能要求

### 10.2.1 质量数据采集与处理

生产过程中采集的质量数据,应采用实时数据库和关系数据库联合存储的方式。对于离线质量数据,由于数据实施性滞后和数据量少的特点,通常直接采集到关系数据库。质量数据存储方式见图3。

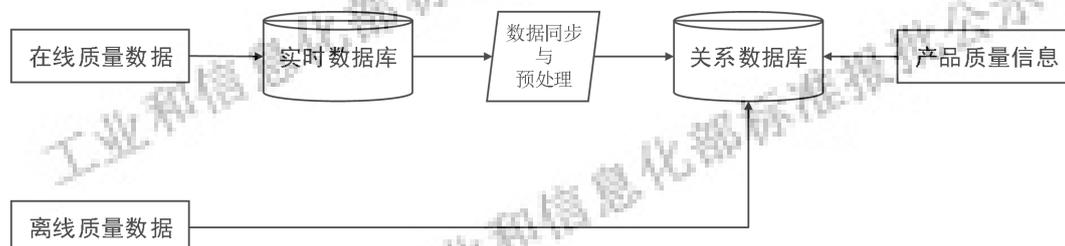


图3 质量数据存储方式

### 10.2.2 质量追溯

以产品标识为追溯条件,以条形码、二维码、电子标签为载体,基于产品质量档案,通过产品标识可以追溯产品生产过程中的所有关键信息:如原材料批次、供应商、作业人员、加工中心、加工工艺、作业时间、质量检测及判定、不良处理过程等。

附录 A  
(规范性附录)  
详细排产约束

### A.1 总则

以电机数字化嵌线车间详细排产为例，对相关的部件排产约束、工序排产约束、关键工序时间点约束、工序逻辑关系、供料约束、工序优先级、加工中心约束、技能约束、插单约束和外协约束等条件进行了描述。

### A.2 部件排产约束

部件作为排产的主要对象，包括一系列的加工工序，所有工序都完成才表示部件加工完成，部件排产约束可参考表A.1。

表 A.1 部件排产约束

关键部件	工序排产约束	关键工序约束	工序优先级	工序逻辑关系	外协约束	供料约束	加工中心	技能约束	外协	备注
定子铁心	×	×	×	√	×	×	×	×	×	定子铁心加工在冲压车间完成
线圈	√	√	√	√	√	√	√	√	√	
有绕组定子铁心	√	√	√	√	√	√	√	√	√	

注：“√”为强制约束，部件严格按照时间点约束排产计划；“×”为非强制约束，在实际产能无法满足的情况下，可根据工序优先级自动调整排产计划。

### A.3 工序排产约束

嵌线车间工序分为手工加工工序和机加工工序，工序排产应遵循以下原则：

- a) 每个工序具有唯一的编码；
- b) 每个工序只能在一个加工中心进行加工；
- c) 工序一旦开始，中途不可结束；
- d) 每个工序都有人工工时或设备工时，或两者都有；
- e) 工序加工时，均需占用资源或技能。

嵌线车间详细工序排产约束可参见表A.2。

表 A.2 工序排产约束示例

工序	工序号	订单号	部件号	上道工序	最早开始时间	是否硬约束	最晚完工时间	是否硬约束	优先级	设备工时	人工工时	占用资源	外协
铁心准备	GX001	SC001	TC001	-	2017/12/15 7:50	否	2017/12/15 8:00	是	2	0.1	0	AGV	否
漆包线准备	GX002	SC001	RZ001	-	2017/12/15 7:50	否	2017/12/15 8:00	是	1	0.1	0	AGV	否
绕线	GX003	SC001	RZ001	GX002	2017/12/15 7:50	否	2017/12/15 8:05	是	2	0.08	0	绕线机	否
插纸	GX004	SC001	TC001	GX003	2017/12/15 7:50	否	2017/12/15 8:10	是	2	0.08	0	插纸机	否
嵌线	GX005	SC001	TR001	GX003 GX004	2017/12/15 8:05	否	2017/12/15 8:15	是	2	0.08	0	嵌线机	否
预整形	GX006	SC001	TR001	GX005	2017/12/15 8:15	是	2017/12/15 8:20	是	2	0.08	0	预整形机	否
插隔相纸	GX007	SC001	TR001	GX006	2017/12/15 8:20	否	2017/12/15 8:25	是	2	0	0.08	插纸(技能)	否
中间整形	GX008	SC001	TR001	GX007	2017/12/15 8:25	是	2017/12/15 8:30	是	2	0.08	0	中间整形机	否
焊线	GX009	SC001	TR001	GX008	2017/12/15 8:30	否	2017/12/15 8:40	是	2	0.16	0.16	焊线机 焊接(技能)	否
绑线	GX010	SC001	TR001	GX009	2017/12/15 8:40	是	2017/12/15 8:45	是	2	0.08	0	绑线机	否
最终整形	GX011	SC001	TR001	GX010	2017/12/15 8:45	是	2017/12/15 8:50	是	3	0.08	0	最终整形机	否

#### A.4 工序优先级

每个工序都会有一个重要性系数，即为优先级。该优先级用数字表示，数字越大，表示优先级越高，如果工序未制定优先级，默认其优先级为0。

#### A.5 关键工序约束

关键工序约束包括最早开始时间和最晚完工时间，最早开始时间和最晚完工时间分为强制约束（硬约束）和非强制约束（软约束）。详见表A.3。

表 A.3 关键工序时间点约束

最早开始时间	最晚完工时间	排程效果	备注
强约束 (硬约束)	强约束 (硬约束)	工序在最早开工时间后开始, 并且在最晚完工时间前结束	
强约束 (硬约束)	非强约束 (软约束)	工序在最早开工时间后开始, 在最晚完工时间前或后均可结束	
非强约束 (软约束)	强约束 (硬约束)	工序在最早开工时间前或后均可开始, 但在最晚完工时间前结束	
非强约束 (软约束)	非强约束 (软约束)	工序在最早开工时间前或后均可开始, 在最晚完工时间前或后均可结束	

## A.6 工序逻辑关系

工序之间存在三种逻辑关系:

- FS (Finish to Start), 前序完工后, 后序才能开始;
- SS (Start to Start), 前序开始后, 后序才能开始;
- FF (Finish to Finish), 前序结束后, 后序才能结束。

工序之间的逻辑关系可以设置一定的时间间隔, 特殊情况如即时关系, 该时间间隔为0, 工序之间的逻辑关系可参见表A.4。

表 A.4 工序逻辑关系示例

前序	后序	关系	间隔(分)	是否严格	说明
GX001	GX002	FS	4	是	工序 0010 结束 4 分钟后, 工序 0020 开始
GX005	GX006	SS	4	否	工序 0030 开始 4 分钟后的任何时间, 工序 0040 均可开始

## A.7 供料约束

工序加工中需要物料的支持, 物料的供料时间形成该工序加工的供料约束。

## A.8 外协约束

工件的部分工序会交由其他工厂代为加工, 这些工序不占用资源, 只有标准工时、出差时间、回厂时间。

## A.9 加工中心约束

## A.9.1 生产模式约束

加工中心按生产模式分为自动中心和手工加工中心, 自动加工中心包括机床设备、加工场地等, 手工中心为加工工位。

### A.9.2 工作日历约束

对于每个加工中心，需要根据指定的工作日历来进行排产，系统按照日期和时间给出加工中心不可作业时间，在给定的不能作业的时间段外，加工中心均可使用，详见表A.5。

表 A.5 加工中心工作时间示例

加工中心	日期	开始时间	结束时间	备注
插纸机	2017/12/17	8:00	20:00	
绕线机	2017/12/17	8:00	20:00	
嵌线机	2017/12/17	8:00	20:00	
预整形机	2017/12/17	8:00	20:00	
中间整形机	2017/12/17	8:00	20:00	
绑线机	2017/12/17	8:00	20:00	
最终整形机	2017/12/17	8:00	20:00	

### A.9.3 加工效率约束

同一工序可以由不同的加工中心完成，但是由于加工中心的设备不同，完成同一工序所需要的工作时间和成本也不尽相同，进行优化排产时，应考虑总成本最小。

## A.10 技能约束

### A.10.1 概述

对于所有的工序，其作业都默认需要一种资源并且需要某一种技能或多种技能的工人，详见表A.6。

表 A.6 技能约束示例

工序	加工中心	技能	备注
绕线	绕线工位	绕线	
嵌线	嵌线工位	插纸、嵌线、插隔相纸、插槽楔	
整形	整形工位	整形、焊线、绑线	
检测	检测工位	检测	

### A.10.2 工作日历约束

每种技能都具有工作日历，只有在工作的时间才能安排该技能的工序开工，详见表A.7。

表 A.7 技能工作日历示例

技能	日期	开始时间	结束时间	备注
绕线	2017/12/17	8:00	17:00	
嵌线	2017/12/17	8:00	17:00	
整形	2017/12/17	8:00	17:00	
检测	2017/12/17	8:00	17:00	

### A.10.3 人数限制

每种技能按照班次有人数上限,在每次班次中加工的工序所使用的工人总数不能超过该班次具有该技能的工人总数限制,按加工中心的产能限制和排班工人的技能限制,分为4大类,详见表A.8。

表 A.8 技能人数约束示例

类别	加工中心 (是否无限产能)	技能 (是否有人数限制)	描述
1	是	是	加工中心同时作业的工序数量没有限制,使用的工人数量按照班次不能超过上限
2	是	否	加工中心同时作业的工序数量没有限制,使用的工人数量没有限制
3	否	是	加工中心同时只能作业一道工序,使用的工人数量按照班次不能超过上限
4	否	否	加工中心同时只能作业一道工序,使用的工人数量没有限制

#### A.11 插单约束

插单包括两种,一种是产品返修(如物流问题、工序返修等);另一种是新产品的紧急插入。返修插单和紧急插单的具体形式如下:

- 返修插单,不合格的产品会新增返修工序,同时会提供返修工序与现有工序之间的逻辑关系;
- 紧急插单,新增加的订单会产生新的工序,根据新的优先级重新分配资源和安排计划。