

## 前言

近些年来，我国已经涌现了大量的制造型企业，随着竞争的发展，对产品质量的要求愈来愈高，特别是在电子制造型企业里，对于制造流程控制的要求不断提升。许多企业为了增强竞争力，不吝重金实施 ERP 系统，以求缩减本钱控制、缩短供货周期。但在内部生产控制上，却没有一个完善成熟的平台。MES 制造执行系统就是在这种背景上，受到大家愈来愈多的关注，愈来愈多的企业在考虑啊或实施自己的 MES 系统。

本书系统地介绍了 MES 的功能模块和实现的逻辑。本人在国内大型的电子产品制造企业担任连年的工艺工程师和工厂控制系统业务分析师，对制造的流程超级熟悉，参与设计了所在企业的 MES 系统。本书是作者连年经验的总结。

希望本书有助于大家理解 MES 系统，有助于国内制造企业的流程控制和质量提升。

## 第一章 什么是制造执行系统

### 1.1 MES 的功能

在传统的加工生产企业中，往往用流程卡来进行生产的跟踪控制。在流程卡上印刷工序列表，每通过一个工位，则由作业人员打勾、签名、标注日期。这样产品在生产线上流转时，咱们可以检查产品是不是通过了所有的必需工序。

MES 全称 Manufacturing Execution System 制造执行系统，它的核心功能与流程卡类似，即通过流水号控制生产工序。MES 通过创建产品的序列号来取代流程卡号，生产进程中的任何一个工序通过序列号访问数据库，取得所有相关的控制信息。

流程卡在生产完成以后即作废，而序列号却一直保留在企业的数据库中，所以可以作为产品此后的跟踪依据，方便质量管理。简单地说，MES 有两大核心功能：按照序列号进行工序的控制，按照序列号进行历史数据的跟踪。其它功能还有装配、包装、物料跟踪，我们在具体的模块中详细介绍。

## **1.2 MES 与 ERP 的关系**

ERP 即 Enterprise Resource Planning 企业资源计划，是生产企业的核心模块，其主要功能是物料管理和本钱控制。

所有的生产都是由 ERP(通过工单)发起、由 ERP(通过发货单)结束的。

一些 ERP 系统也包括了简单的生产模块。我们可以把 MES 看成 ERP 生产模块的专业化。因此 MES 与 ERP 的接口应维持逻辑上的一致性。

## **第二章 产品、工单、序列号**

### **2.1 产品(Product)**

MES 的流程一般是由 ERP 系统发起的，因此对于产品的概念必需与 ERP 维持一致。

通常，用 item\_no(产品编或 item\_no 和 item\_revision(产品版本)的组合来概念一个产品(product)。从 ERP 的角度而言，产品等同于物编码。

一个完整的产品周期可能包括以下环节，这些环节都与产品相关，如图 2-1 所示：

对于 MES 而言，产品除物料属性之外，还有一些其它与生产密切相关的属性，如工艺流程、装配结构、测试规范等。咱们在后面的章节中将陆续展开。

### **2.2 工单(WorkOrder)**

工单又称任务单、计划单。一个工单概念了一次加工作业，包括以下信息：待加工产品、数量、加工起点、原材料输出仓库、成品输入仓库，和工单状态、计划完成时间等辅助信息。一个标准的 MES 系统是由工单驱动的。首先由计划在 ERP 中概念工单，然后将此工单刷新到 MES，车间的主管将工单落实到具体的产品工艺线路，操作人员依照工艺线路进行作业。如图 2-2：

### 2.3 序列号(SerialNumber)

在传统的生产进程中，咱们往往用流程卡来指导产品的生产。在 MES 系统中，咱们用序列号来代表一个具体的产品。序列号代表系统里唯一的一个产品，它具有 item\_no 属性(ERP 物料号)，另外，它必需与工单关联，这样才能够用工单进行驱动。对于制造件和装配件，它们的序列号规则是不一样的。对于制造件，其序列号可以全数由 MES 系统分派产生，而采购件的序列号是供给商产生的，只能作为外来数据导入 MES，同时给予其 item\_no 属性。在一些情况下，序列号是企业的重要资源。如对于网卡 MAC 地址，其前 6 位是企业代号，后 6 位是企业内部的 MAC 流水号，MAC 地址的申请需要向相关组织缴纳费用。另如中国 GSM 的 IMEI 号码，是由政府信息产业部份派的。

在某些情况下，序列号并非代表 ERP 中明确概念的产品。如有一款产品 G10，其 ERP 物料号为 10010，MES 系统会为其分派一序列号 20211100001(item\_no 属性为 10010)，但是在 ERP 的 BOM 中并无概念 IMEI，为了维持序列号格式的一致，咱们为 IMEI 概念一个“虚拟”(ERP 中没有此物料号)的 item\_no：IMEI。这样此手机在生产完成以后，至少有 2 个序列号，1 个是 10010 对应的序列号，1 个是 IMEI 对应的序列号。

车间的操作人员在作业时，将序列号与工单成立关联关系，这样工艺线

路就落实到每一个具体的序列号了。产品、工单、序列号三者之间的关系如图 2-3 所示，序列号继承自产品，工单通过与序列号关联的方式驱动产品。

## 2.4 条形码

为了提高序列号输入的效率，MES 系统采用条形码(以下简称条码)来记录序列号。条码是用条码打印设备，把序列号打印在尺寸裁切好的不干胶贴纸上，然后用激光扫描设备识别。常常利用的条码打印设备有 zebra 公司的系列条码打印机。常常利用的激光扫描识别设备有 symbol 公司的手持激光扫描枪系列。常常利用的条码编码规范有 39 码和 128 码，在一些包装工厂，还用二维码来记录大量数据信息。(E-WORKS)

## 第三章 工艺线路

### 3.1 工位(Step)

在现代化生产中，批量生产多采用流水作业，流水线由若干个独立作业的工位组成。工位是产品生产周期中的一个点，或说一次作业。工位是一个逻辑概念，一个工位可以对应若干个实际的工作台，比如电脑的主板装配工位，可以由 4 个工人、在 4 个工作台上做相同的装配作业，那么咱们说这 4 个工作台对应于同一个工位。在 MES 系统中，工位的概念可以和实际的作业有必然的出入。仍是举主板装配工位为例，在实际生产中可能作进一步的细化，分成定位、焊接、固定 3 个工位，但在 MES 系统中只概念一个工艺路线控制点，那么咱们可以看做是一个工位。

### 3.2 工艺路线(Route)

工艺路线是指产品的生产方式。通常我们用流程图来表示工艺路线，流程图由当前工位、结果、下一工位组合而成，如图 3-1。

工艺线路表达了产品完整的生产周期。一个产品可以概念若干个工艺线路，如试生产工艺线路、量产工艺线路、返工工艺线路等。可是一个工单只能驱动一条工艺线路，因此工单从 ERP 刷新到 MES 后，在生产之前，必需由车间主管或生产线组长指定工单到某一工艺线路。简单地说，工艺线路是产品的一种属性，由工位组成，受工单驱动。

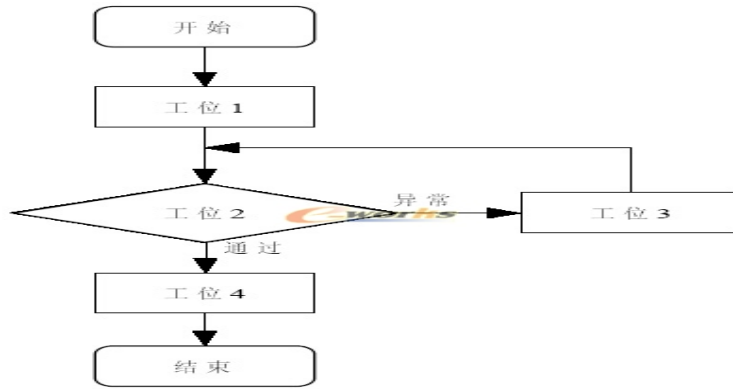


图 3-1

### 3.3 当前工艺状态(RouteStatus)

生产控制的目的，是为了实现“在指定的工位，做指定的产品”。咱们在工艺线路里已经概念了当前工位、结果、下一工位的组合关系，因此咱们只要再记录某个序列号对应的产品当前的工位和结果，就可以够取得下一工位，由此可以进行工艺检查和工艺记录。对当前工位的概念方式有两种。第一种概念方才结束的工位是当前工位。这样在工艺状态内外记录了序列号、当前工位名、当前工位结果。第二种概念下一工位是当前工位。这样在工艺状态内外记录了序列号、当前工位名。

### 3.4 工艺检查(RouteCheck)

工艺检查是判断序列号是不是出此刻正确的工位。方式如下：

按第一种定义，前台录入工单、序列号、作业工位。

后台按照工单取得工艺线路；按照序列号取得当前工位和结果；然后按照工艺线路和当前工位、结果，取得下一工位；比较下一工位和作业工位，取得工艺检查的结果。如图 3-2 所示：

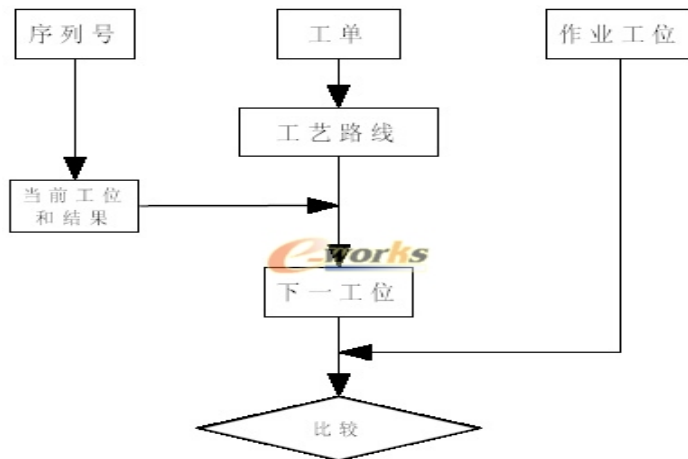


图 3-2

按第二种概念，前台录入序列号、作业工位。后台按照序列号取得当前工位；比较当前工位和作业工位，取得工艺检查的结果。如图 3-3 所示：

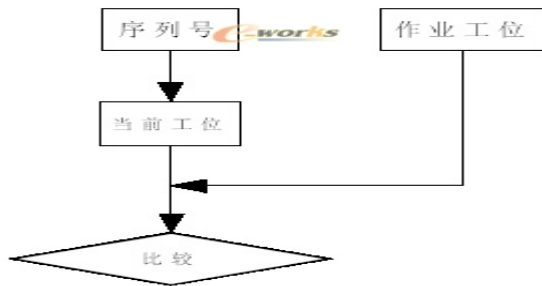


图 3-3

### 3.5 工艺记录(RouteUpdate)

工艺记录是指工位作业完成后，对工艺的状态进行更新。按第一种概念，前台录入序列号、作业工位、结果，后台直接将此数据更新到工艺状态表。如图 3-4 所示：

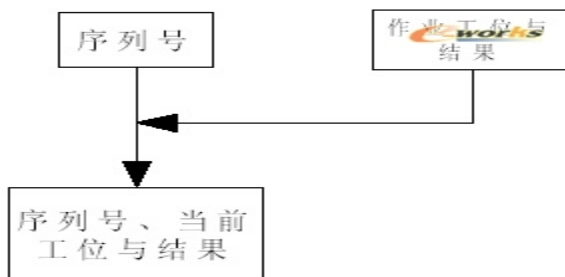


图 3-4

按第二种概念，前台录入工单、序列号、作业工位、结果；后台按照工单取得工艺线路；按照工艺线路、作业工位、结果，取得下一工位；按照序列号、下一工位更新工艺状态。如图 3-5 所示：

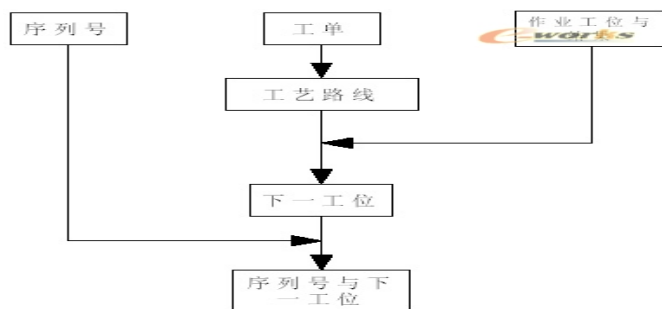


图 3-5

咱们可以看出，两种方式的区别是：第一种方式在 routecheck 时引用工艺线路，第二种方式在 routeupdate 时引用工艺线路。第一种方式在 routecheck 时较为繁琐，可是适合以下这种特殊情况，即当前工位和结果的组合，对应的下一工位有多条记录，如图 3-6：

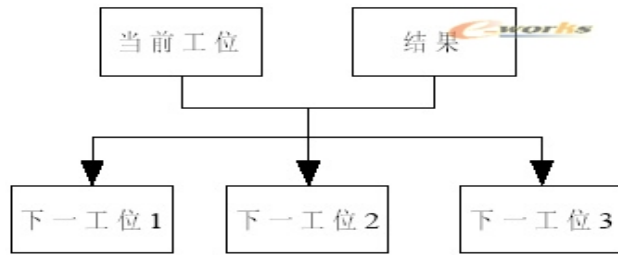


图 3-6

### 3.6 工艺历史(RouteHistory)

在进行 RouteUpdate 的时候，同时产生一条 log 记录，包括作业时间、作业人员、作业工单、序列号、当前工位、结果。当生产结束的时候，一个序列号有多条 routelog 记录，这些记录就组成了一个序列号的工艺历史 RouteHistory，也就是一个完整的生产周期的记录。

### 3.7 工艺初始化(RouteInitial)

工艺的起始点比较特殊，因为有了它以后才能进行工艺检查。为了设计的方便，咱们在所有的工艺线路中，均设计其起始点为工艺初始化点，此点以后的工位就可以够利用 routecheck 和 routeupdate 方式了。

初始化的方法有两种。

第一种是在序列号创建之时就进行初始化。

第二种是在 routecheck 时检查是否有 routestatus 记录，如果没有，则先进行初始化。

初始化是一种特殊的 routeupdate，其工位名是 initial。

### 3.8 工艺结束(RouteClose)与工单关闭

工艺结束点也是较为特殊的一个工位，它是所有工艺路线的最后一个工位。依照 routeupdate 的第二种方法，则系统通过 routeupdate 自动产生 close 工位。关闭工单时，系统取得此工单驱动的所有序列号；然后 routecheck 其当前工位是否都是 close；如果全数 close 则允许关闭工单，不然需强行关闭工单。

按照 routeupdate 的第一种方法，则 routehistory 里不包括 close 工位，所以必须手动关闭。关闭工单时，系统得到此工单驱动的所有序列号；然后 routecheck 其当前工位是否都是 close；如果全部 close 则允许关闭工单，否则需强行关闭工单。可以在关闭工单时，将其驱动的序列号 routeupdate 到 close 工位。

### 3.9 故障与维修



故障工位与维修工位是较为特殊的 route 工位，因为它们在 routeupdate 的同时，还要记录相应的故障与维修记录。故障与维修信息可以看成 routeupdate 的扩展信息，每一次的故障与维修记录，都通过外键关联到一条 routelog 历史记录，因此 route 与故障、维修的动作就接合在一路，可以通过序列号找到它们之间的关联。

### 3.10 自动测试

在现代企业的生产中，为保证产品的质量，往往在生产周期中设置若干个测试点，在大量的生产中，这些点往往采用自动测试完成。具体的操作是：首先按照产品与工位概念 testprofile 测试模板，然后输入实测数据，生成测试数据文件，并关联到序列号。由于测试文件与测试模板是关联的，因此能够按照 testprofile 进行分类统计。自动测试是一个特殊的 route 工位，操作前需要 routecheck，完成后进行 routeupdate 并生成 routelog。测试数据与 routelog 进行关联，因此可以按照 routehistory 直接定位测试数据。

### 3.11 产品、工单与工艺路线

产品、工单与工艺路线的关系，见图 3-7，装配结构、包装结构、材料跟踪的定义参见后面的章节。

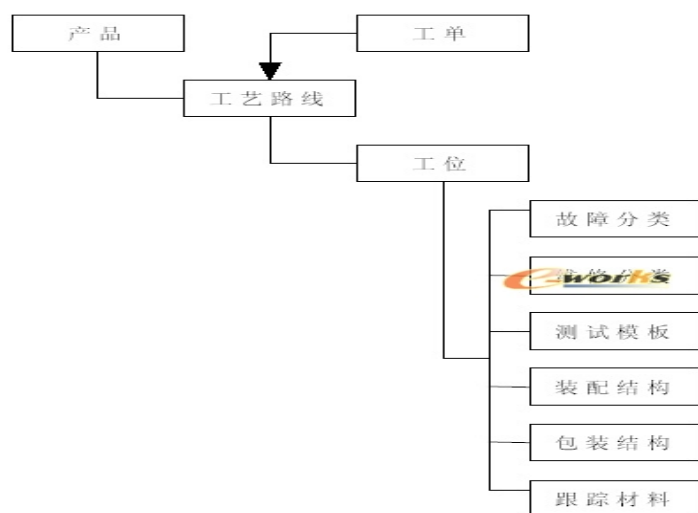


图 3-7

## 第四章 装配

### 4.1 装配(assembly)与子装配(sub-assembly)

ERP 中的产品不仅是物料，它同时仍是一个装配件，通过 BOM 表达它的装配结构。

一个装配件由若干个子装配件组成。

比如一台 PC，包含的子装配件有主板、CPU、显卡、硬盘、显示器等，其 BOM 的结构如图 4-1：



图 4-1

这个结构表示一台 PC 由 1 件主板、1 件 CPU、1 件显卡、2 件硬盘、1 件显示器、1 件机箱组成。这种结构可以看成 PC 这种产品的一个属性。在 MES 系统中，这种结构通过产品工艺线路的若干个工作位表现，如图 4-2：



图 4-2

图 4-2 表示 PC 的装配工艺共分散在 4 个工位中。

为了记录产品与其子装配之间的关系，我们需要将产品的序列号与子装配的序列号进行关联。具体的操作如表 4-3：

装配工位	装配序列号
主板装配工位	PC 序列号 机箱序列号 主板序列号 CPU 序列号
显卡装配工位	PC 序列号 显卡序列号
硬盘装配工位	PC 序列号 硬盘 1 序列号 硬盘 2 序列号
显示器装配工位	PC 序列号 显示器序列号

表 4-3

关联完成以后，MES 数据库里就保留了产品与其装配件之间序列号的关联关系，

如图 4-4：

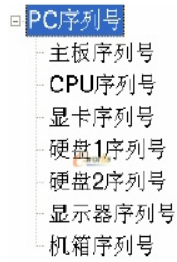


表 4-4

从技术的角度而言，有两种方式记录序列号的关联关系。第一种方式是在数据库里保留产品的结构，然后各相关序列号指向这种结构。

第二种方式是直接记录各序列号之间的关联关系，形成一棵“树”。比较而言，第一种方式方便形成批量数据关联关系的报表，而第二种方式隔离了序列号数据与产品结构，所以产品的结构变了也不会影响历史数据。

我们更倾向于采用第二种方法，因为这对于后面要说到的序列号关联替换、注销等操作更为方便。

#### 4.2 序列号关联表的设计

考虑到关联的结构，用父-子节点来概念树状结构是超级方便的，效率也比较高。如图 4-5 所示的结构：

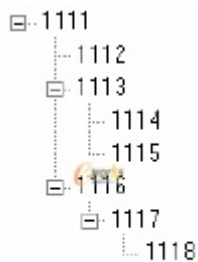


图 4-5

用表 4-6 表达：

ID	SN	Father_ID
1	1111	-2
3	1112	1
4	1113	1
5	1114	4
6	1115	4
7	1116	1
8	1117	7
9	1118	8

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/427061032146006121>