

基于 SIMATIC 工业自动化控制技术的工厂物流自动控制系统

张 鹤

一、系统概述

西门子上海移动通讯有限公司,要维持设备和生产的高水平和高效率运转,生产过程中的有关材料、零件、部件和成品的生产配送是否做到有序、均匀、及时和准确就变为至关重要的问题。为解决这个问题,我们利用西门子公司 SIMATIC 工业自动化技术,在该公司的库房、生产车间和包装车间之间范围内,建立一个统一的物流自动控制系统,以完成在库房、生产车间和包装车间之间的自动生产配送任务。

物流自动控制系统主要是控制输送系统完成其物料的输送任务。在环绕库房、生产车间和包装车间场地,距地面 4 米至 6 米处,设置有由许多皮带输送机、滚轮输送机等组成的一条条输送链,经首尾连接形成连续的空中输送线。在物料的入口出和出口处设有和路径叉口装置、升降机和地面输送线。这样在库房、生产车间和包装车间范围内形成一个顺畅的、封闭的循环输送线系统。所有生产过程中使用的有关材料、零件、部件和成品的等物料,都装在贴有条形码的防静电的标准塑料托盘箱里。在生产管理系统发出的生产指令的作用下,装有物料的托盘箱从指定的入口处进入输送系统,系统经过扫描托盘箱上的条形码,查寻生产管理系统的生产指令并与之比较,可自动识别判断出该托盘箱需要达到目的地出口。系统将按照最佳路径,控制启动相应一系列输送链、路径叉口装置和升降机,把该托盘箱自动输送到指定出口。

因此,物流自动控制系统利用 PLC 控制技术,按照生产指令,通过系统的自动识别功能和输送系统,自动地和柔性地把托盘箱上生产物料,以最佳的路径,最快的速度,准确地从生产场地的一个位置输送到另一个位置,完成托盘箱和生产物料的时空转移,以保证工厂的设备和生产的高效率地运行。

请见图 4 物流自动控制系统平面图

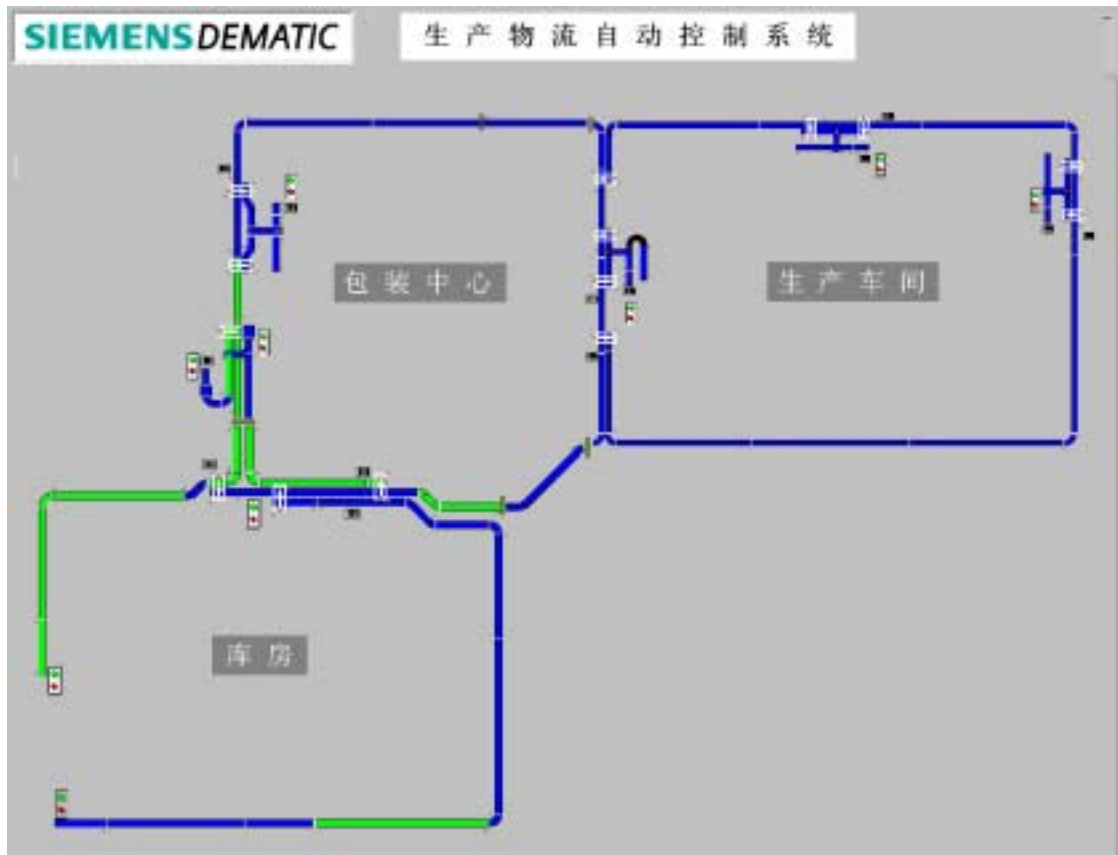


图 4 物流自动控制系统平面图

二、系统分析

物流自动控制系统的控制对象是主要分布在库房、生产车间和包装车间。其分类和作用如下所述：

1. 输送链

1) 皮带输送机，主要完成直线输送。

2) 台滚轮输送机，要完成直线输送或者弯道输送，对托盘箱具有存储集放功能。

2. 升降系统

1) 往复垂直式升降机，设在入口处和出口处位置，可使托盘箱往返于地面输送线和空中输送线之间。

2) 连续垂直式提升机和连续垂直式下降机，分别设在包装车间入口处位置和出口处位置，可快速、高效地将地面输送线的托盘箱输送到空中输送线。

3. 路径叉口控制系统

设有路径叉口分开控制装置和路径叉口合并控制装置，分别控制托盘箱从循环输送线上分离并输送进入到连接出口处的支路输送线和控制托盘箱从

入口处的支路输送线上输送进入（合并）到循环输送线输。

4. 自动识别系统

设有 13 台固定式条形码激光扫描仪构成系统对托盘箱的识别装置。

其中 6 台分别设置在输送线各物料入口处，检查进入输送系统的托盘箱合法性并为其托盘箱建立信息记录。

另外 7 台分别设置在输送线各路径叉口分开控制装置处，为对托盘箱的输送路径控制提供依据。

5. 系统的物料入口和出口

设有六个物料托盘箱入口，分别为库房、包装车间、装配 1 工作区、装配 3 工作区、印刷电路板测试工作区和贴片机工作区的入口。

设有六个物料托盘箱出口，分别为库房、包装车间、装配 1 工作区、装配 3 工作区、印刷电路板测试工作区和贴片机工作区的出口。

6. 系统的物料托盘箱

系统使用的物料托盘箱是物流输送系统的基本储运单元，并且采用标准化的防静电的塑料托盘箱。所有物料托盘箱在侧面的相同的位置上，都贴有相互不同的具有八位代码的条形码标签，使其在输送线输送行走时，可被固定式条形码激光扫描仪扫描，以作为系统自动识别标志。

通过上述对系统控制对象的具体构成和作用的分析可以得出一个结论：为了把物料托盘箱按照其生产指令，从指定的物料入口自动输送到物料出口，PLC 控制系统如何在托盘箱自动输送过程中的控制路径选择和最佳路线，即路径控制就成为物流自动控制系统的技术关键，而系统其他都部分是围绕路径控制进行相应工作。

三、控制系统硬件结构

该系统是以一台西门子公司的 PLC S7-300 CPU318-2DP 为核心，现场工业总线 Profibus-DP 网络为基础，ET200 为主要控制模块，构成一个分布式控制系统。在 CPU318-2DP 里运行着由 STEP 7 语言编制的系统控制程序，控制着物流输送系统正常工作。

在 PLC 上配置了一块工业以太网卡 CP343-1 ICP。通过上面的 RJ45 端口接入公司内的管理网络，使物流自动控制系统与公司里 ERP 的生产管理系统

融合在一起。通过该通讯通道，使 PLC 能够接受上层生产管理系统的生产指令，控制托盘箱在输送线上的运行。同时 PLC 可把物流自动控制系统运行和生产指令执行情况，向上层上层生产管理系统反馈。

PLC CPU318-2DP 上本身具有一个 Profibus-DP 端口。以这个端口为 Profibus-DP 主站，向外连延伸着一条 Profibus-DP 总线，连接着现场 26 的子站。实际上就是通过 Profibus-DP 总线，连接着分布在现场的有关物流自动控制系统的各个控制部分。具体的连接对象包括以下几个方面：

1. ET200 分布式控制装置

在现场输送线附近分别分布着 23 个 ET200B 模块，做为 Profibus-DP 总线的子站，直接控制着各个输送链、升降系统、路径叉口控制和系统的物料入口和出口，即输送系统的绝大部分执行控制单元和传感器。

2. WinCC 人机界面终端

在生产车间和包装车间里分别设置一台计算机终端，通过插入 CP5611 卡，连接到 Profibus-DP 总线上。计算机上运行西门子公司工业组态软件 WinCC，用于监控物流自动控制系统各部分运行状态。

3. 自动识别系统

在现场由一个工业多路转换器 MX4000 和分布在输送线附近的不同位置的 13 个固定式条形码激光扫描仪，通过 RS485 总线连接，构成一个数据采集系统。经条形码激光扫描仪扫描托盘箱上的条形码，获得的条形码信息汇总到工业多路转换器 MX4000。由于 MX4000 是挂在 Profibus-DP 总线上一个子站，PLC CPU318-2DP 程序可以直接处理这些汇总的托盘箱条形码，对托盘箱进行识别。由此而形成自动识别系统。

四、系统的基本工作原理

控制系统为了让已进入输送线的托盘箱能够沿着正确的输送路径到达所需的目的地，系统为之在 PLC CPU318-2DP 里建立了一个实时数据库管理系统。当某个托盘箱进入物流输送线时，系统立刻在实时数据库系统中为该托盘箱建立一条记录，存放着该托盘箱有关的信息。

每条托盘箱的信息记录格式如下：

第一部分

第二部分

第三部分

托盘箱的条形码	路径控制码	备用
八个字节	四个字节	四个字节

物流自动控制系统的工作过程主要分为以下四个步骤：

1. 生产管理系统中生产指令的产生

在输送线的各入口处，操作人员按照生产计划，把物料按种类装入不同的托盘箱，再通过手持式条形码激光扫描仪把这些托盘箱的条形码输入到生产管理系统中。生产管理系统对收到的每个托盘箱条形码，依据生产调度计划，立即产生一条该托盘箱的生产指令，并放入到生产指令表格中，以便物流自动控制系统查找。每条生产指令内容由三部分组成：该托盘箱上的条形码代码，该托盘箱在输送线上的入口位置和出口位置。

2. 物流入口处的查询

当操作人员把准备好的托盘箱放入某入口处的滚轮输送机时，PLC 控制该入口处固定式条形码激光扫描仪，获取该托盘箱的条形码，并依此条形码向上层生产管理系统的生产指令表格查询该托盘箱信息。根据返回信息，可能会出现两种情况：

a. 该托盘箱在生产指令表格中不存在，或者存在但入口位置不符，说明此托盘箱是非法的，不该进入物流输送系统，PLC 会立即控制开启入口处的声光报警器，通知操作人员把此托盘箱从输送机上手工搬走。

b. 该托盘箱在生产指令表格中存在，并切入口位置相符，说明此托盘箱是合法的，系统可接受。一方面 PLC 控制入口输送机继续转动，让此托盘箱进入物流输送系统；另一方面，PLC 为此托盘箱在实时数据库中建立一条记录。条形码写入记录第一部分。PLC 根据生产指令中指明的此托盘箱的出口位置和实际输送路径，计算出路径控制码，并把该路径控制码写入记录第二部分。

3. 物流输送的路径控制

本物流输送系统是按照一个方向单向输送的，构成的是一个封闭的循环输送线，基本上由主循环和次循环两部分组成。分布在循环线上的路径叉口分开控制装置和路径叉口合并控制装置，控制着托盘箱从循环线分离进入支线和从循支线进入合并进入循环线。对于已进入物流输送线的托盘箱，为了

到达指定的目的地出口，其输送路径的选择，基本上是由输送线沿线上路径叉口分开控制装置所控制。请详见图 1 输送系统路径控制原理图。

存在于实时数据库中的托盘箱记录，其中记录第二部分--路径控制码，规定了托盘箱到达目的地的路径。按照输送线和叉口分开装置的实际分布情况，归纳形成路径控制码的代码表。请详见图 2 路径控制码的代码表。

路径控制码的代码表说明了控制码形成原理。路径控制代码的每一个位实际上是控制着对应的路径叉口分开装置，达到控制托盘箱输送路径的目的。当托盘箱在输送线上运行时，经过某个叉口分开装置前的固定式条形码激光扫描仪时，系统就获得该托盘箱的条形码，PLC 通过查询实时数据库，系统又进一步获得该托盘箱的记录信息，从而得到该托盘箱的路径控制码，与当前叉口分开装置的特征码进行比较。如果一致，叉口分开装置会立即把托盘箱推出循环输送线，进入支线到达目的地出口，或者进入次循环输送线，等待在沿线上的下一个叉口分开装置的检查。如果不一致，叉口分开装置不动作，托盘箱继续沿着循环输送线向前行走，等待在沿线上的下一个叉口分开装置的检查。

用这种路径控制码的方法可以保证作到，通通过条码扫描仪的自动识别和系统判断，当托盘箱不管在输送线上什么位置，只要沿着循环输送线运行，PLC 依靠该托盘箱本身的路径控制码，控制分布在相应叉口分开装置，总能找到该托盘箱的目的地出口。

4. 物流出口处的的控制

当该托盘箱在叉口分开装置作用下从循环输送线进入出口支线时，PLC 会控制升降机把托盘箱引导到地面输送线，送到目的地，使托盘箱退出物流输送系统。同时 PLC 会调用功能块，在实时数据库中删除该项托盘箱的记录信息，并通知上层生产管理系统，该条生产指令执行完毕，该托盘箱已送到指定物流出口。

五、PLC 控制程序的结构

由于采用 STEP 7 编程语言，控制程序基本上是线性模块化结构。这种形式可以以清晰的结构体现出物流控制方式和结构。

控制程序主要分为以下几个部分：

1. 运动设备控制

对所有皮带输送机，滚轮输送机和升降机按照所需的模式运行，保证托盘箱在输送线上能够畅通连续运行。

2. 输送路径控制

按照托盘箱的路径控制码，控制输送线和叉口分开装置，实现托盘箱输送当中的路径选择。

3. 自动识别系统

把条形码激光扫描仪和 PLC 的实时数据库相结合，完成对输送线上托盘箱自动识别。

4. 与上位生产管理系统的接口管理

主要处理与上位机的信息交换，包括通讯规约，报文格式，通讯编码和解码及诊错等。

5. 实时数据库管理系统

利用数据块建立数据记录存储区，存储托盘箱的记录信息。利用功能块实现对数据库的操作，为输送系统路径控制提供依据。

6. WinCC 监控的数据处理

配合 WinCC 监控，进行的数据处理，主要有报警处理，有关设备运行状态的数据处理等。

六、系统运行的几项保证措施

由于该系统比较庞大，涉及到工厂生产的各个环节，保证系统正常可靠有效地运行，减少各种故障，同样是关系到企业生产效率的重要问题。为此采取了下列措施：

1. 可视化的监控系统

在生产车间和包装车间设立的计算机终端上，运行经过编制的 WinCC 界面，以图文并茂的方式，监控整个物流输送系统运行。其作用有两个方面：

a) 以图形化的方式显示各个设备运行状态。

b) 通过 WinCC 界面，操作人员可以对实时数据库进行操作，可以查看当前在输送线上运行的托盘箱，可以对系统控制进行干预。

请见图 4、图 5、图 6 和图 7 所示的 WinCC 界面。

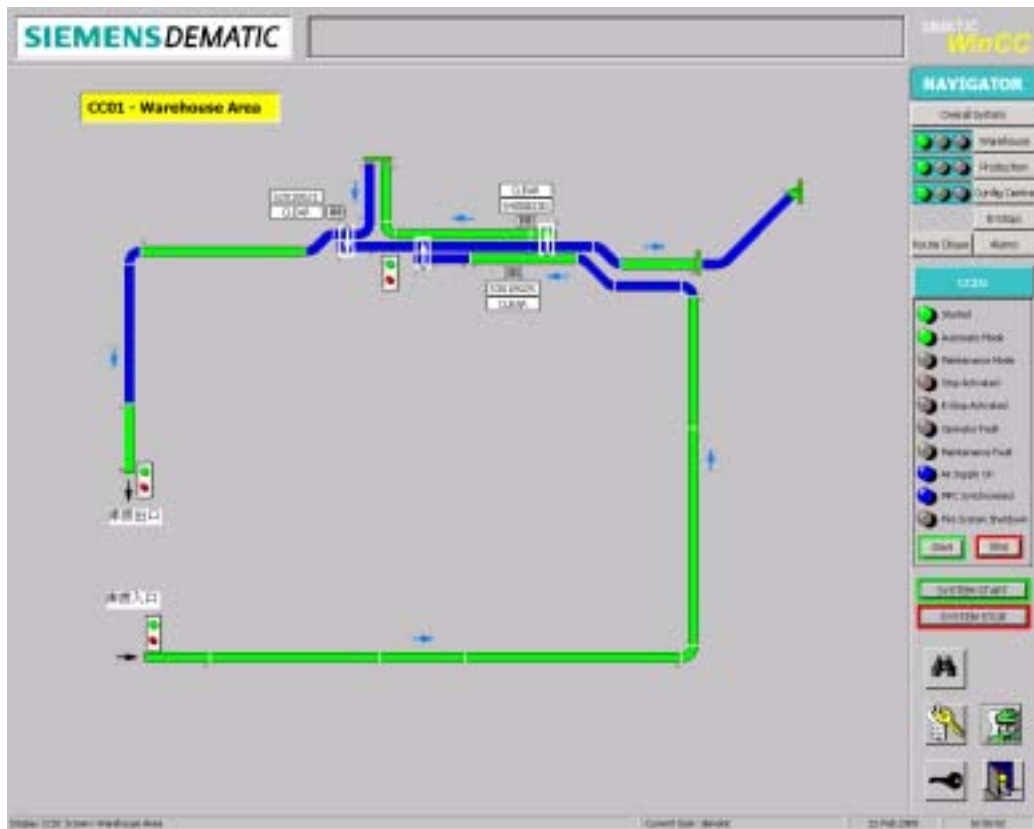


图 5 库区平面图

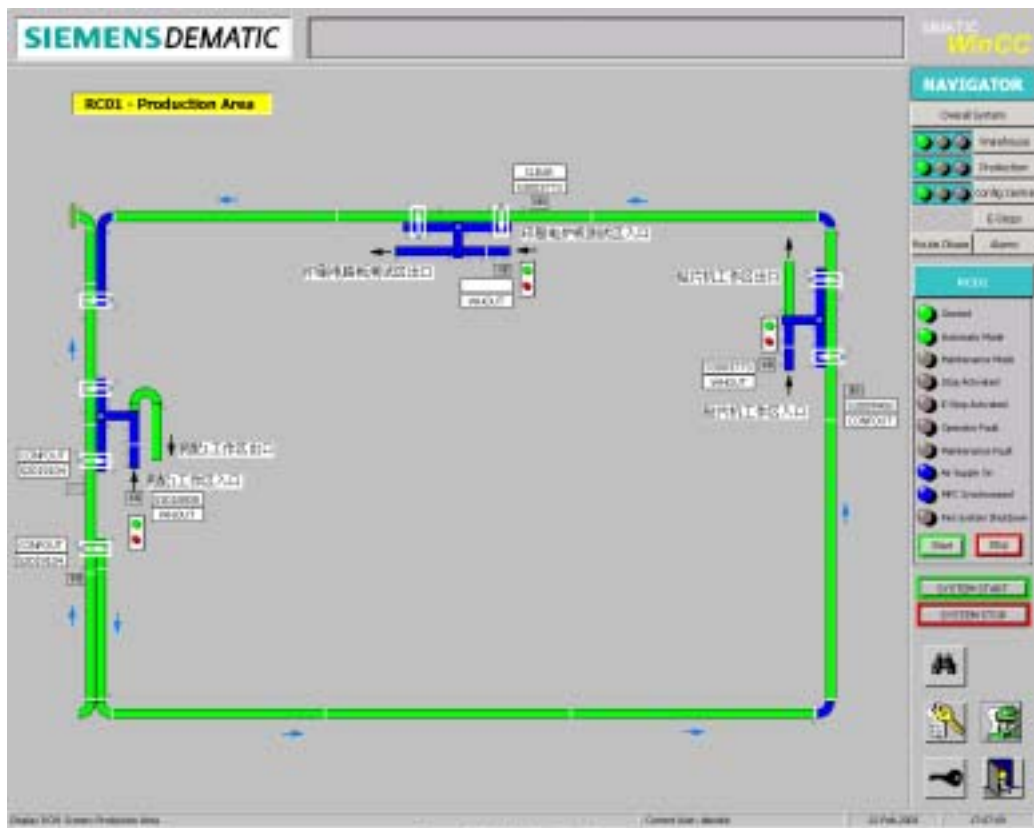


图 6 生产车间平面图

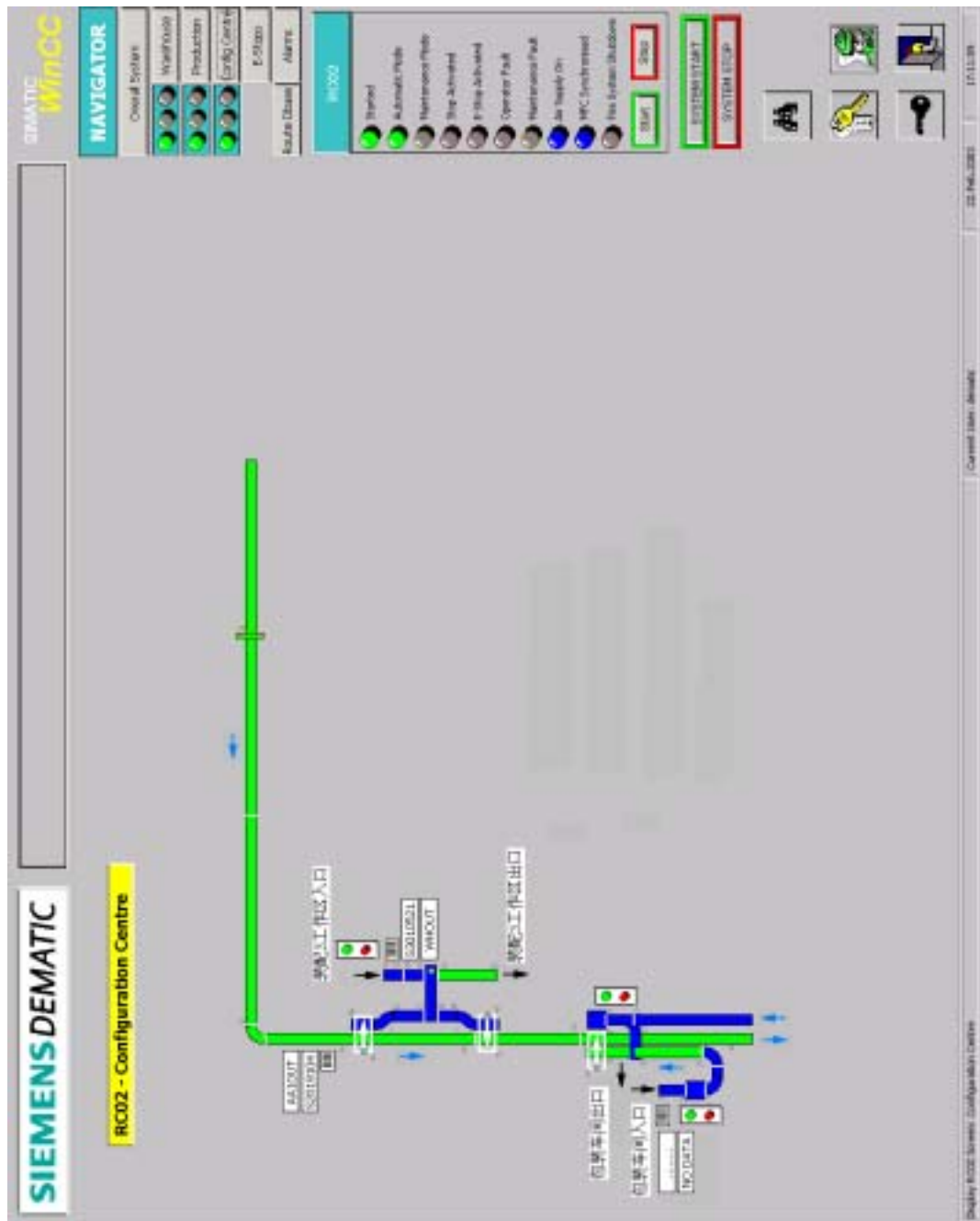


图 7 包装车间平面图

2. 输送线的睡眠状态方式

对于每一台皮带输送机或滚轮输送机，在空闲时，即在自己的皮带或滚轮上较长时间无托盘箱输送时，应停机，进入睡眠状态。只有在前一段输送设备运行并切在其末端传感器感应到托盘箱到来，才能激活该输送机运行。

3. 路径合并控制

当支路上的托盘箱向循环输送线上合并输送时，系统要适时控制把托盘

箱推向循环输送线上，与在已在线上的前后位置的托盘箱既不能发生碰撞，也不能距离太近，以免造成输送线堵塞。

4. 托盘箱输送的均匀性

当一系列托盘箱在输送线上运行时，托盘箱之间距离应保持合理距离 D 为最好，即保持托盘箱输送的均匀性。

- a) 控制物料入口的输送链；
- b) 控制输送链与输送链之间的连接；
- c) 路径合并控制。

七、结论

为西门子上海移动通信有限公司实施的工厂物流自动控制系统，实际上是系统在执行生产管理系统的生产指令中，利用 PLC 控制系统自动调节物料输送过程。系统通过控制输送链运行和标准托盘箱的路径选择，把物料输送延伸到库房和生产线的各个环节，把库房，生产车间和包装车间有机地连接起来。在衔接人与工位、工位与工位、加工与存储、加工与装配、装配与包装等物流环节的同时，也具有物料的暂储和缓冲的功能。因此，该物流自动控制系统经过调试和运行，其生产物料自动配送能力，是可以满足该公司的设备和生产的高水平和高效率的运转。

这个基于 SIMATIC 工业自动化控制技术的物流自动控制系统是一个现代化工厂提高生产效率的有力措施。它把加工车间和专用仓库融为一体，实现了生产物料输送的自动化和柔性化，缩短了响应周期，降低了工位存储。这个系统犹如不知疲惫的搬运工，严格按照指令连续不断地进行物料输送。所以，物流自动控制系统在生产制造和加工领域里，特别在大规模、高效率、连续生产的企业里，确实是一项值得推广的技术。

