

内 容 简 介

本书主要介绍汽车制造工艺基础，包括冲压、涂装、焊接、装配等工艺。本书可作为汽车专业及相关专业的教材，也可供从事汽车制造工作的工程技术人员参考。

本书共分八章。第一章介绍汽车制造工艺的发展概况；第二章介绍冲压工艺；第三章介绍涂装工艺；第四章介绍焊接工艺；第五章介绍装配工艺；第六章介绍汽车总装工艺；第七章介绍汽车检测工艺；第八章介绍汽车修理工艺。

本书可作为汽车专业及相关专业的教材，也可供从事汽车制造工作的工程技术人员参考。



汽车类

主编：	黄旭
定价：	¥39.8元
印张：	12.75
书号：	978-7-5684-0486-0
出版社：	江苏大学出版社

目 录

项目一概论

任务一汽车制造业的特点

任务二汽车产业结构的演变与发展

任务三汽车制造的新技术和新工艺

项目二汽车冲压工艺

任务一汽车冲压工艺的特点与地位

任务二冲压材料

任务三汽车冲压工艺设计

任务四汽车典型零件的冲压工艺

任务五冲压模具和冲压设备

任务六冲压件的质量检验

项目三汽车焊装工艺

任务一车身焊装工艺流程与工艺布局

任务二电阻焊

任务三熔化焊

任务四特种焊接

任务五焊装生产线整体效率评价

任务六车身焊装工艺

任务七常用焊接设备

任务八车身焊装工艺过程的涂胶工艺

任务九间隙面差调整与外观返修

项目四汽车涂装工艺

任务一汽车涂装工艺流程

任务二漆前处理

任务三电泳涂装工艺

任务四PVC涂装与防振隔声材料装贴工艺

任务五中涂、色漆、清漆及返修工艺

任务六塑料件的涂装工艺

任务七涂装质量控制

任务八涂装工艺设计的基本原则

项目五汽车总装工艺

任务一汽车总装工艺的设计原则

任务二汽车总装工艺流程

任务三汽车总装输送系统

任务四整车性能测试与调整

任务五汽车的返修

项目六零件毛坯制作工艺

任务一砂型铸造

任务二钢模铸造

任务三压力铸造

任务四精密铸造

任务五模锻

任务六辗锻

参考文献

项目五 汽车总装工艺

汽车总装工艺是将来自汽车零部件生产企业的数以万计的总成部件组装成一辆辆完整汽车整车的全部工艺的总称，是汽车整车制造四大工艺过程中的最后一个环节，是汽车整车质量的重要保证。业内常说的“采用质量上乘的零部件不一定能装配出一辆品质优良的汽车整车”充分揭示了汽车总装工艺的重要性。当然，如采用劣质的零部件，无论总装工艺何等先进，也绝对装不出一辆好车。

尽管汽车的种类很多，不同类型汽车的结构与总装工艺存在较大的差异，但各类汽车总装线的基本构成与工艺原理却大同小异。一方面，受篇幅的限制，不可能把各种不同车型的总装工艺拿来一一介绍；另一方面，轿车总装工艺最具代表性（轿车总装线不但工位数与占用的设备最多，而且自动化程度往往也最高）。因此，在此仅以轿车为例，介绍汽车的总装工艺。

任务一 汽车总装工艺的设计原则

汽车总装工艺在机械化的流水生产线上完成，其内容包括汽车总成部件的配送、装配、车身的输送及汽车整车的下线检测等内容。为了提高汽车整车的装配效率，通常在汽车总装线的旁边设置若干个汽车主要总成部件的分装线（也称为部装线），如内饰线、车身合装线、机械分装线、动力总成分装线、车门分装线、车桥分装线和仪表总成分装线等。为了使汽车总装工艺能高效有序地进行，汽车总装工艺的设计应遵循如下原则。

一、人、零件、汽车整车无交叉物流路线原则

汽车总装线一般是由输送设备（空中悬挂输送设备、地面输送设备）和专用设备（如升降台、加注设备、助力机械手、检测和螺栓螺母的紧固设备等）构成的有机整体。输送线的规划应综合考虑厂房空间的利用率、物流配送距离、人员移动的损耗和以后产能扩展的便利等因素。为了充分有效地利用总装车间的空间，总装主输送线常采用多段回折的形式，如三回折或四回折。为了实现分装总成搬运路径的最小化，各分装线都设置在总装主线的侧面靠近总成装配点位置，由此达到最短的物流配送路线。同时，将部件仓储存放区设置在总装线附近区域，规划成四面物流路线，可有效减少部件搬运上线时间，提高物流效率。

总装厂的工艺布局应充分考虑装配作业和来访参观的双重需要。在物流布局方面，应贯彻人、车、物流分开的设计思想，即在总装车间设置与物流配送通道完全隔开的专用参

观通道，这样既满足了参观者了解装配作业全过程的需求，保证了来访者的安全，又避免了来访者的参观对整车装配生产的影响，从而有利于提高装配作业的效率。

为保证汽车总装车间良好的工作环境，汽车总成部件的准时配送（又称总装车间的物流配送）均采用电动牵引车及电动叉车，杜绝了总装车间的空气污染，同时亦大大减少了总装车间的噪声。

二、工位时间均衡原则

汽车总装工艺由数百个工位组成，每一个工位都有其严格具体的作业内容，完成工位作业内容所需要的时间称为工位作业时间，简称工位时间。工位时间均衡可以避免工时浪费，有利于工作效率的提高，可以保证总装作业按生产节拍有效进行。

三、柔性化原则

柔性生产（多车型混合生产）是汽车总装生产线的一项基本要求，其原因是为了适应工厂现有车型及将来发展车型的混线生产。

不同车型其总装工艺或多或少会存在一定的差异。然而，汽车制造公司为了提升自身的竞争力，除每年都要推出新车型外，在产的车型还需要不断地改进，新车型的导入，不可避免会带来部分工位工艺的变化，在产车型的改进有时也会带来装配工艺的变化。汽车总装线的设计应易于工艺的持续改进。

产能提升几乎是任何一个汽车生产单元都会面临的共性问题，因此汽车总装工艺的设计必须充分注意到产能提升的问题。

四、经济性原则

总装工艺的设计应充分考虑成本因素，以追求低成本、高品质、高效益为终极目标。

总装生产的经济性包括设备、工艺两个方面。设备选购应讲求先进、方便、实用，不片面追求高新技术；工艺设计应科学、简单、合理。

五、节能降耗原则

在总装工艺设计过程中，应高度重视节能降耗原则，能源（包括 LPG、汽油、冷冻水和生产生活用水）和动力（压缩空气、电力）集中供应；动力源尽量靠近使用点以减小沿程损失；分装线设置在主线的侧面靠近总成装配点位置，以实现物流配送路线最短化；将部件仓储存放区设置在总装线附近区域，以减少部品搬运上线时间等。这些都能达到非常好的节能降耗效果。

六、总装工序集中与分散相结合的原则

将同样的操作集中在同一位置，尽量使用同一工具在同一工序装配，可优化投资成本；同样的操作可减少装配工时，提高劳动生产率，降低成本，提高生产质量。

将同工时的分散给多个工位完成，一方面可使每一工位的每种车型的装配尽量饱和，提高劳动生产率；另一方面方便后面的工位对前面工位完成的工作进行检查，可防止

错装漏装的发生，提高产品质量。

将总装流水生产分成若干个装配模块，模块间集中，模块内分散，以满足所有车型的装配工艺，保证汽车装配的质量，有效实现柔性化生产。

除此之外，总装工艺设计还应注重“以人为本”的原则，项目四已有叙述，不再重复。

任务二 汽车总装工艺流程

尽管自 20 世纪初汽车产业实现大规模工业化生产以来，汽车总装配的流程方式已基本确定，即将完成涂装（做好油漆）的车身转移到总装线的输送设备上；车身在连续不断移动过程中，操作工将上千种零部件按照严格的工艺要求装配到汽车上，流水线结束时，一台汽车就装配完成。但汽车总装工艺与设备却在持续不断地发展与更新。在早期的总装生产线上，除车身的输送由机械设备来完成外，其他所有的装配工作几乎都依赖于手工作业，为了保证总装线上的物流配送，常采用庞大的二级仓储模式，即汽车总装厂均配置有一个十分庞大的备件总库和分散在总装线各工位处的若干个二级备件库。随着技术的不断进步，总装作业方式发生了许多本质性的变化，主要表现在总装作业自动化程度越来越高、多品种共线柔性化生产、总装备件的无库存准时配送、生产过程信息化等多个方面。

一、汽车总装工艺的布局与组成

汽车总装工艺的总体布局首先应遵循前面所述的 7 大原则，然后结合各企业场地的具体实际进行合理规划。目前，常见的总装工艺布局形式主要有 S 形、T 形及 U 形 3 种，如图 5-1~图 5-3 所示。神龙汽车公司、东风本田汽车公司的总装线采用的是 S 形布局，上海通用汽车公司的总装线采用的是 T 形布局，载货汽车及微型车总装线大多采用 U 形布局。

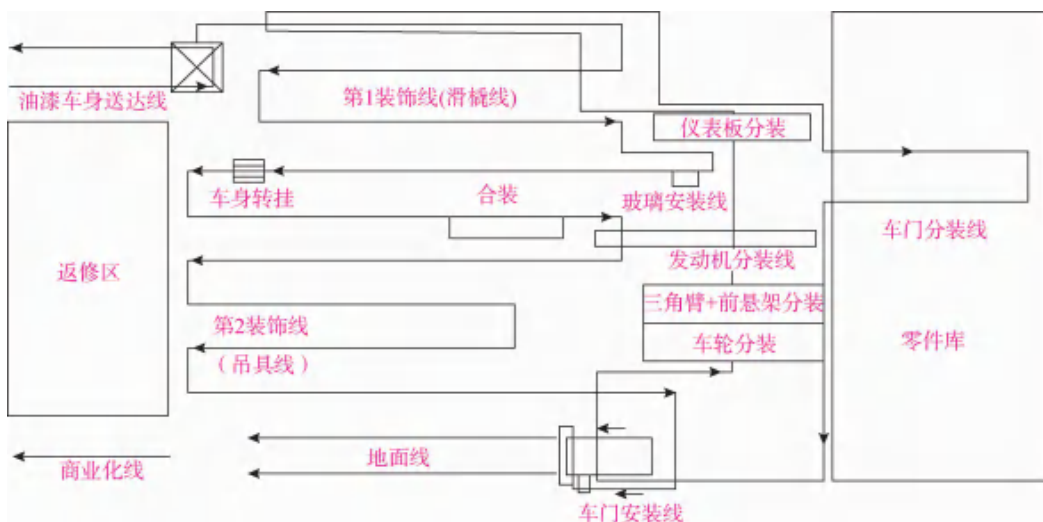


图 5-1 S 形布局的总装线

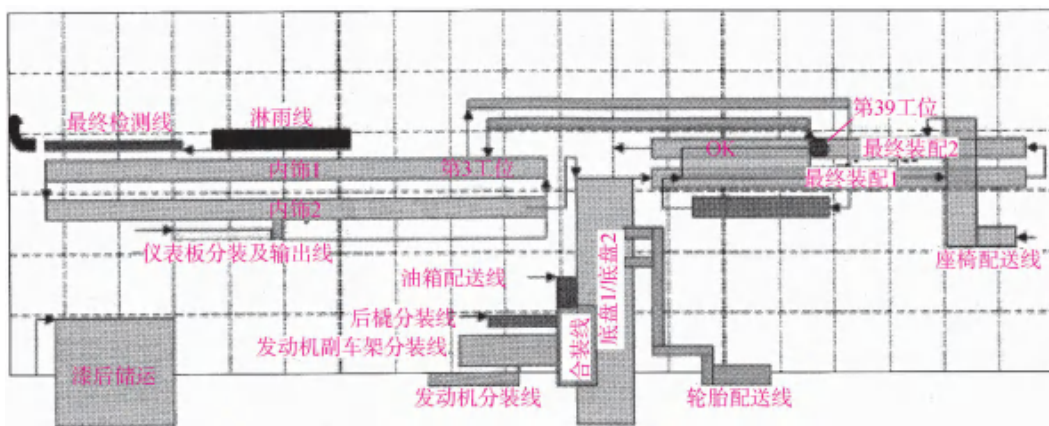


图 5-2 T 形布局的总装线

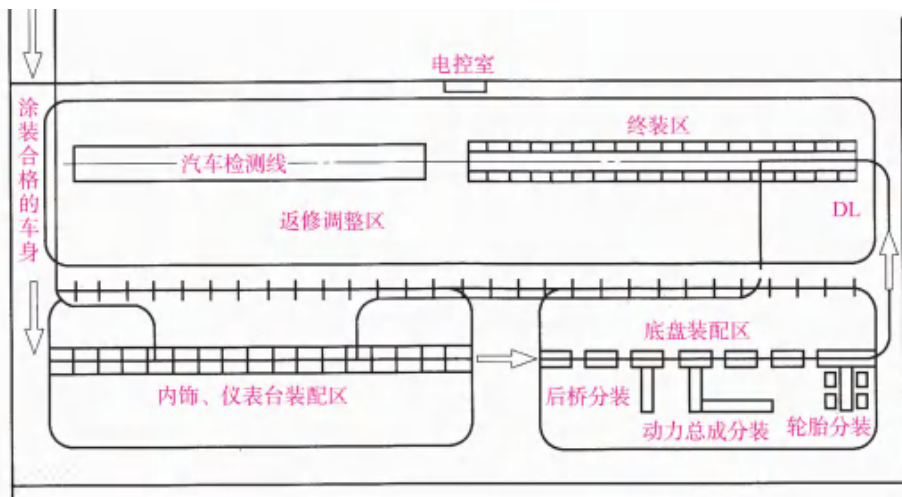


图 5-3 U 形布局的总装线

为了便于汽车总装质量的控制与总装工艺的规范化管理，汽车总装工艺常将其分为若干个模块，如内饰装配一线、内饰装配二线、底盘分装线、车门分装线、仪表台分装线、车轮分装、车身合装线、终装线、性能检测线等。当然，不同的工厂，由于其所生产车型及生产纲领的不同，工艺模块会有较大差异。尽管如此，总装工艺的主体内容和方法却没有本质的不同。

汽车总装工艺十分复杂，由数百个工位组成，图 5-4 所示是某汽车公司汽车总装工艺的主要工艺流程。为了简化总装工艺、提高总装效率，汽车总装已普遍实现了模块化生产，即将多个总成部件按照其装配关系或功能的关联性组合成一个个的装配模块，如将动力系统（包括发动机及整个传动系统）、车桥与悬架集成为一个底盘装配模块（见图 5-5），将汽车全部仪表与空调机组组成一个模块（见图 5-6），将车门及安装在车门上的全部附件组合成一个模块（见图 5-7）等。当然，不同厂家其组合方式会略有差异，不同年代建成的汽车总装厂，其装配模块的差异更大。建设较早的汽车总装厂，汽车装配模块的数量较

少,大量的装配工作都放在总装线上完成,汽车总装线相对较长。近几年建设的汽车总装厂,在总装配线旁便于就近分装的地方设置有各总装模块的分装线,总装线相对较短。这样不仅可大大缩短总装生产的节拍时间,而且由于每一个总装模块就是一个功能相对独立的大系统,模块化集中装配,其系统功能和性能更容易保证,因此汽车的总装质量得以明显提升。

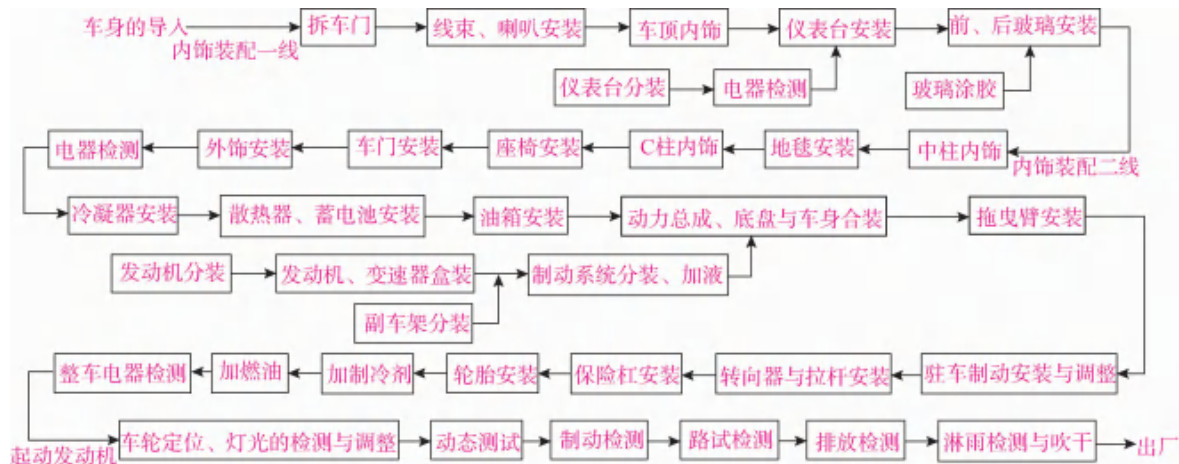


图 5-4 汽车总装工艺流程图

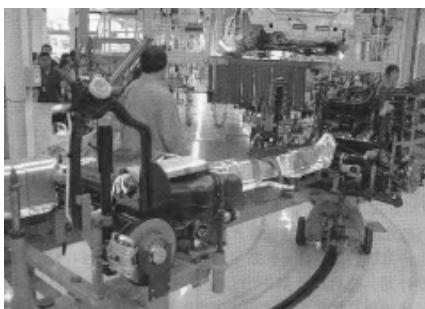


图 5-5 动力系统、车桥与悬架模块

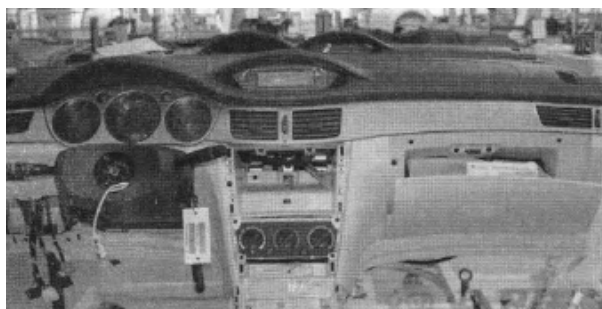


图 5-6 仪表与空调机组模块

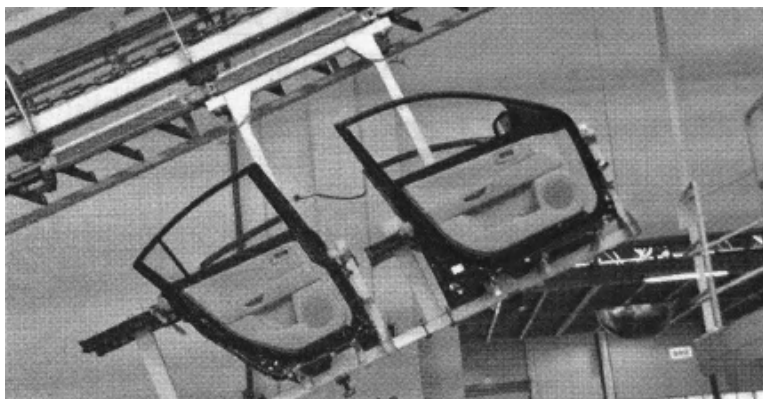


图 5-7 车门与附件模块

二、汽车总装生产方式

汽车总装生产已普遍采用准时制拉动式生产方式（Just-In-Time，简称 JIT）。所谓拉动式生产是以看板管理为手段，采用“取料制”，即最后一道工序依据市场需求进行生产，对本工序在制品短缺的量，从前道工序取相同的在制品量，从而形成全过程的拉动控制系统。这种“拉动式”逆向控制方式，把由于企业划分所形成的相对孤立的工序生产同步化地衔接起来，从根本上有效地制止了盲目过量生产，大幅度地减少了生产过程中的在制品数量，提高了生产效率和生产系统的柔性。为此需根据企业的经营方针和市场预测，制定年度计划、季度计划及月度计划，然后据此制定出日生产计划。但这些计划都是滚动调整的动态计划，对生产只起到预测指导和参考作用。在生产实际中，通过产品订单拉动进行生产。真正作为生产指令的最终投产顺序指令只下达到最后一道工序，即总装配线（混流生产线），其余工序由总装配线顺次上溯，通过看板或同步控制信息拉动进行。

1. 工位与工段

工位（Work Station）是总装生产线上的基本单元，工位地址提供物料运送的位置，安排生产人员并完成装配任务。总装线上的每一个工位都配置有装配用的专用工具和设备，供生产人员用于各总成部件的装配。待装配的车身作为装配基体，在流水线（Conveyor）上以一定的速度移动，各工位的操作工在移动中完成本工位的装配工作。

为了便于管理和提高生产效率，常将大总成大系统的装配、同类零部件的装配组合在一起进行集中装配，这就是总装线上的工段。如前面所述的内饰装配一线、内饰装配二线、底盘装配线、车门分装线、动力总成分装线、动力总成合装线、仪表台分装线、终装线、性能检测线都是总装线上的独立工段。

2. 工位节距

工位节距（FPS），是工位起点和终点之间的距离，也就是前一辆车和下一辆车的间隔距离。不同工段的工位节距往往不尽相同。

3. 流水线节拍

流水线节拍是指车身从一个工位的起始点移动到终点的时间。流水线节拍决定混流生产条件下各工位的工位工时。流水线节拍 R 的计算公式如下：

$$R = \frac{T_s}{N}$$

式中： T_s ——日实际工作时间，日实际工作时间 = 日理论工作时间 × 流水线开动率；

N ——日产量。

4. 等效工位工时

工位时间是指完成工位作业内容所需要的作业时间。如果一条流水装配生产线上只生产一种车型，则应均衡每一工位的作业内容，使各工位的作业时间尽可能地等于流水线节拍。但对于多车型共线生产的柔性生产线，由于各车型在同一工位所装配的零部件不一定相同，装配工序也可能不一样，要使任何一款车型在同一工位所进行装配作业的时间都接近流水线节拍往往很难，甚至是不可能。因此，在进行工艺设计时，应根据各车型的生产

比例算出等效工位工时 T_w ，使之尽可能接近流水线节拍 R 。这样虽然有的车型在某工位的工时会略高于流水线的节拍，另一些车型的工位工时会略低于流水线的节拍，但只要等效工位时间 T_w 接近流水线节拍 R ，就能基本保证操作工既不会长期超负荷工作，又不会影响流水线的节奏。等效工位工时 T_w 的计算公式如下：

$$T_w = \sum q_i \times T_i$$

式中： q_i ——混流生产时第 i ($i=1, 2, \dots, n$) 种车型投入生产的百分率；

T_i ——第 i ($i=1, 2, \dots, n$) 种车型在某装配工位上所需的工位工时。

例如：生产 A, B, C, D4 种车型，在某工位的装配时间分别为 128, 133, 135, 143。4 种车型的生产比例为 35 : 30 : 15 : 20。则该工位的等效工位工时为

$$T_w = 35\% \times 128 + 30\% \times 133 + 15\% \times 135 + 20\% \times 143 = 133.55 \text{ s}$$

5. 工作要素

工作要素 (Work Element) 又称工序，是装配过程中全部工作内容的一部分，是完成某项操作所进行的最小工作单元。

6. 工位质量控制

按照精益生产 (Lean Manufacturing) 的理念，从前道工序流到后道工序的零部件必须是 100% 的合格率，决不允许任何不合格品从前工序流到后工序。所谓 100% 的合格率，不仅是指已加工完成的零部件及产品的加工质量应全部合格，还包括是否按照生产工艺的要求完成了对零部件及产品的全部作业。若操作工在本工位作业区域内没能完成装配作业，则该产品被视为不合格产品，不允许流到下一工位的作业区。若出现某一工位在其作业区内没能完成其作业内容，该作业岗位的工人就必须拉下标有 Andon 的开关或按钮 (见图 5-8)，停止装配线的移动，继续进行未完成的装配作业 (这时班组长会前来协助完成装配)，直到作业完成后再次拉下 Andon 开关，重新启动装配线的移动。

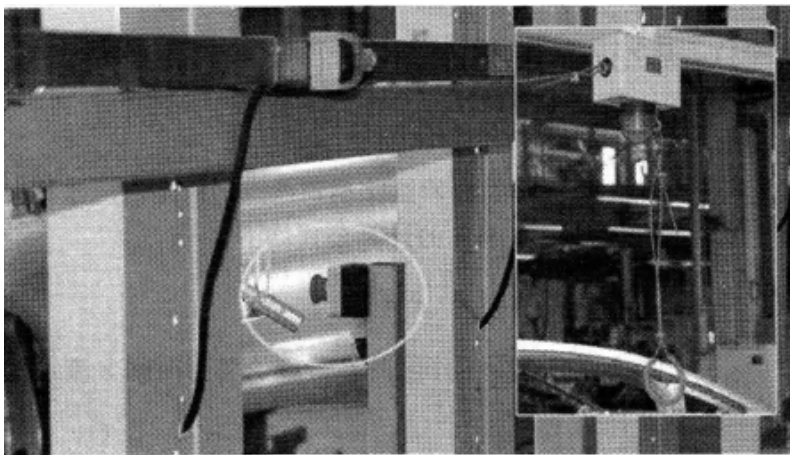


图 5-8 用于临时停止总装线移动的装置 (Andon 绳、Andon 按钮)

一旦某一工位的员工拉下 Andon 绳或按下 Andon 按钮，停止装配线的移动，其他岗位的员工也被迫停止装配而处于空闲状态。如此不但影响了整个装配线的工作效率，而且

影响了流水线的开动率。此外，若装配流水线频繁地停止、启动，还会给装配线的使用寿命带来不利影响。这就是为何必须均衡工位作业时间的原因。

三、汽车总装配工艺

汽车总装配工艺包括若干个装配工段、数百个工序，下面简要介绍几个典型工段的作业内容和作业方法。

1. 车身（车架）的导入

车身（载货汽车的车架）是汽车各总成部件的装配基础，车身（车架）在流水线上移动的过程中将全部总成部件装配到车身（车架）上便完成了汽车的总装。由此可见，车身（车架）的导入是汽车总装工艺的起点。

车身进入总装线后，积放链的控制系统通过控制线路上的道岔使车身按照产品的品种自动分类储存到不同的储存线路内，如图 5-9 所示。总装车间的生产控制人员根据库区内储存车身的具体情况安排总装车间的生产次序。积放链系统能够按照生产调度人员指定的生产次序自动从储存区内提取符合要求的车身并转运至内饰线。

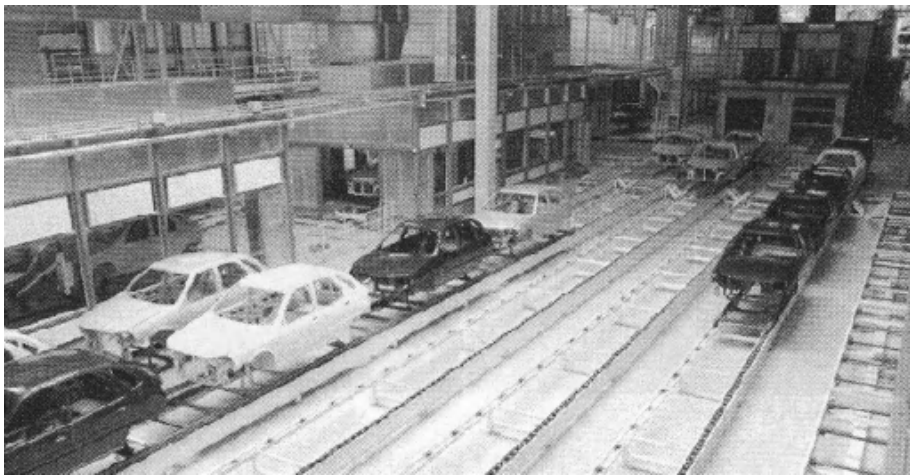


图 5-9 车身的自动分类存储

总装线的起点处设置一个升降机将涂装好的车身转挂到总装线上（见图 5-10），并赋予车身一些必要的信息（如车型、各总成部件的配置、内饰颜色等）。

携带车身的吊具在接到转接工位允许进入的信号时进入转接工位，待完全到位后，吊具定位并夹紧，随后升降机下降。待接近下位时，将车身缓慢放置到在转接工位处等待的内饰线大平板上，并继续下降一定高度，确保吊具和车身脱开。升降机下降到位后自动发送内饰线允许起动大平板的信号，大平板将车身拖出吊具进入内饰装配线，如图 5-11 所示。



图 5-10 车身转挂升降机



图 5-11 进入总装线的车身

2. 装饰一线（或称工段）

装饰一线的作业内容主要有车门拆卸、装线束、装车顶内饰、装天窗、装仪表台、装影后风窗玻璃等零部件。

（1）拆车门

涂装合格的车身进入总装车间的装饰一线后，第一项工作是将车门和车身分离，即拆车门，如图 5-12 所示。在涂装作业过程中，将车门与车身装在一起整体涂装是为了保证车身的颜色一致，而到总装车间后将两者分开则是为了便于各种部件在车身上的安装及避免在总装过程中造成车身涂层的破坏。车门和车身通过空中运输通道送到各自的装配线，仪表和动力总成的分装也同时进行。



(a) 拆车门铰链



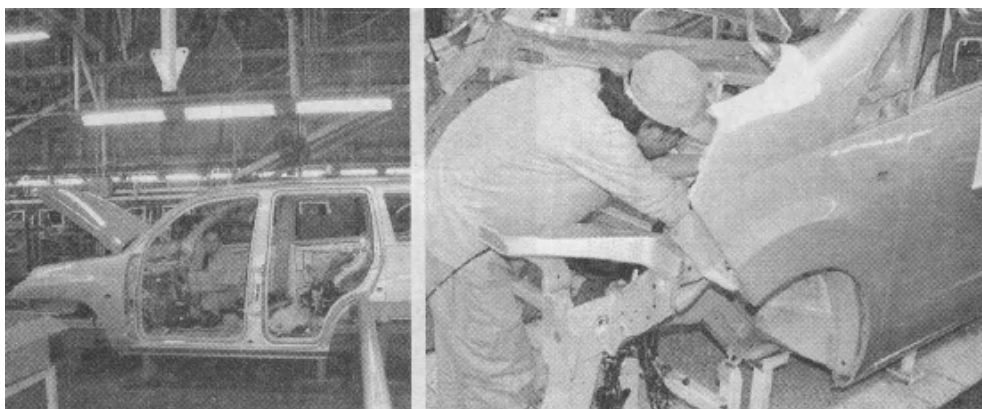
(b) 卸下车门

图 5-12 拆卸车门

（2）车内线束及内饰的安装

车门从车身上拆下后，就可以非常方便地进行车内线束和内饰的安装，如图 5-13～图 5-28 所示。为了提高效率、尽可能减小人为因素对汽车装配质量的影响，汽车总装过程中，需人工调整的内容越来越少，除门锁、铰链、车轮定位参数、车灯等极少数内容需要人工调整外，其他绝大多数装配项目的装配质量由设备和工装来保证。通常情况下，装配操作工只需将待装配的总成部件放置到相应位置（任何错位都装配不上），然后就由专用卡口、专门的锁紧机构和定力矩扳手来完成，对于体积与质量大的总成部件，由专用吊具

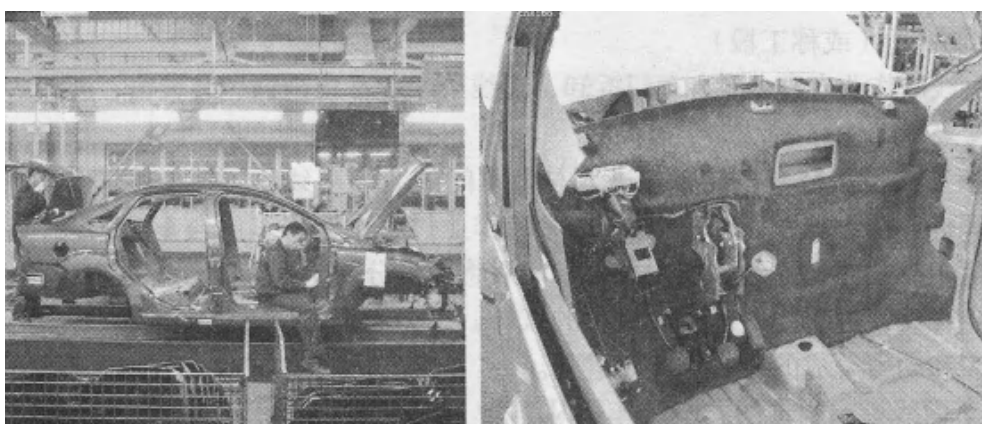
或机械手协助完成装配。为此，在列举汽车装配工艺过程时，不再介绍其简单的工艺操作方法。



(a) 安装车内线束

(b) 安装发动机舱线束

图 5-13 安装车内线束



(a) 隔热垫的安装

(b) 安装后的隔热垫

图 5-14 安装前壁板隔热垫

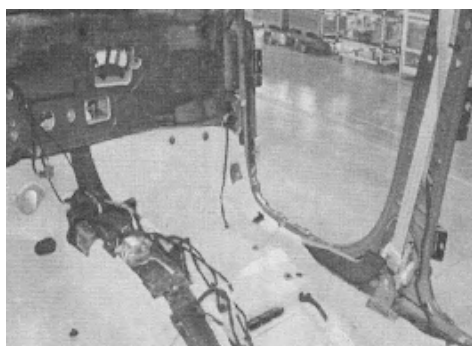


图 5-15 安装安全带



图 5-16 安装天窗



图 5-17 安装仪表台专用吊具



图 5-18 安装仪表台

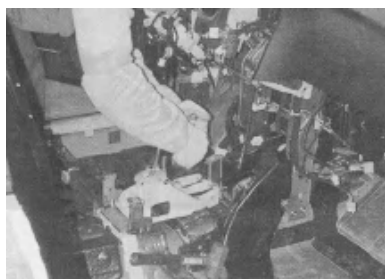


图 5-19 安装中控台



图 5-20 安装地垫



图 5-21 安装车顶内饰



图 5-22 安装车门锁



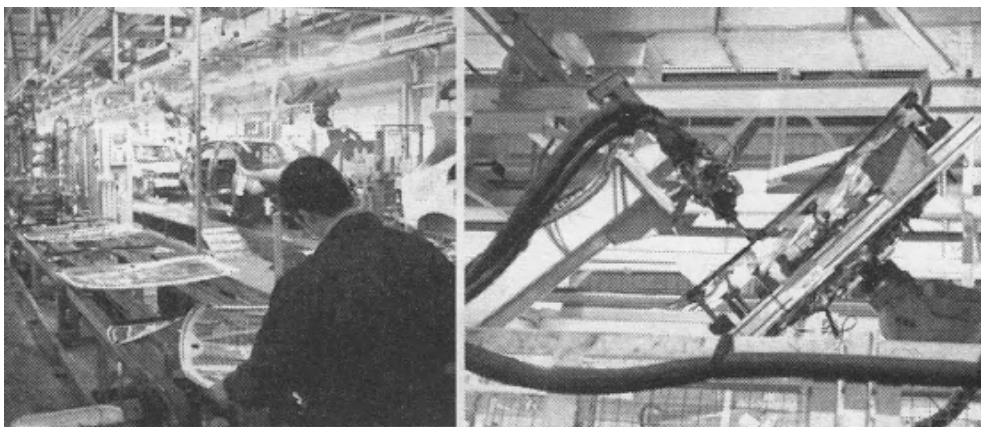
图 5-23 安装 A, B 柱内装饰板



图 5-24 安装转向盘及组合开关

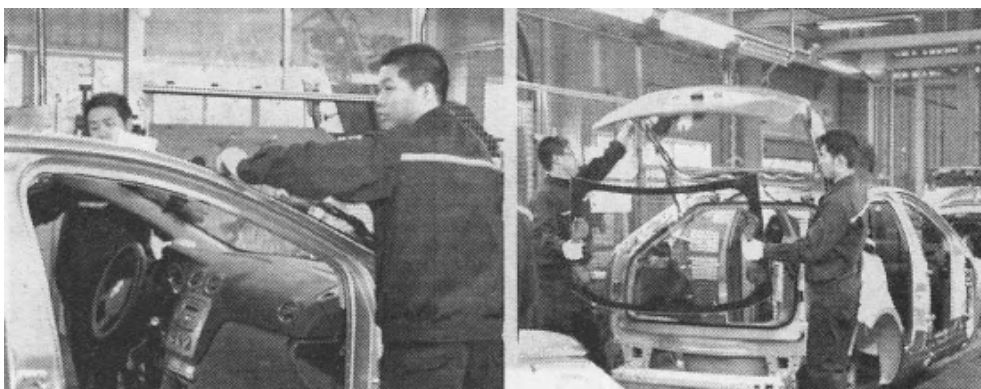


图 5-25 安装车门框密封条



(a) 清洁玻璃

(b) 机器涂胶



(c) 安装前风窗玻璃

(d) 安装后风窗玻璃

图 5-26 前、后风窗玻璃的安装



图 5-27 安装制动总泵、制动管路及 ABS 泵

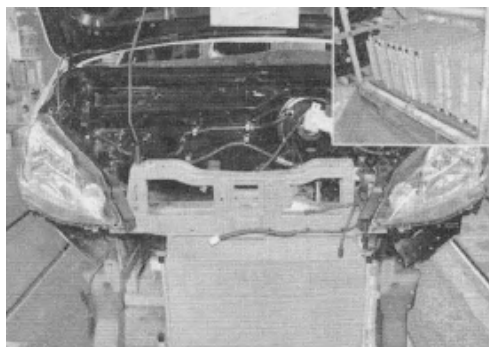


图 5-28 安装前横梁及散热器

装饰一线的装配完成后转到底盘装配线，汽车车身的传送方式由大平板改为悬挂输送，如图 5-29 所示。

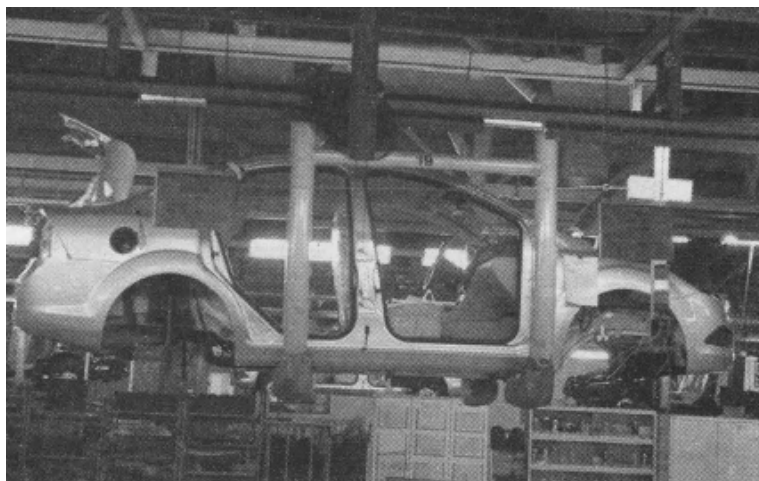


图 5-29 由大平板输送改为悬挂输送

在车身进入总装线第一个装配工段——装饰一线的同时，从车身上拆下的车门及仪表台、动力总成、车桥与悬架总成在总装线的两侧紧邻其与车身合装处的分装线上同步分装。

3. 车门分装

图 5-30、图 5-31 所示分别是某轿车车门的分装线全貌和工艺流程图。车门分装的内容包括：车门限位器、车门线束、门把手、车门锁、玻璃升降器、车门玻璃、车门密封条、防水帘、后视镜、车门内防护板、扬声器、电检等，其具体装配工艺过程如图 5-32～图 5-37 所示。



图 5-30 车门分装线全貌

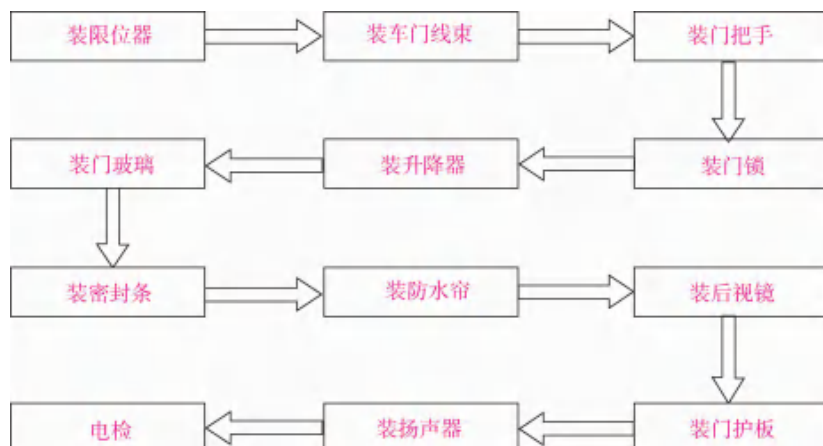


图 5-31 车门分装工艺流程图

图 5-32 将车门放入悬吊式的
专用车门装配架图 5-33 安装车门限位器、
专用车门装配架

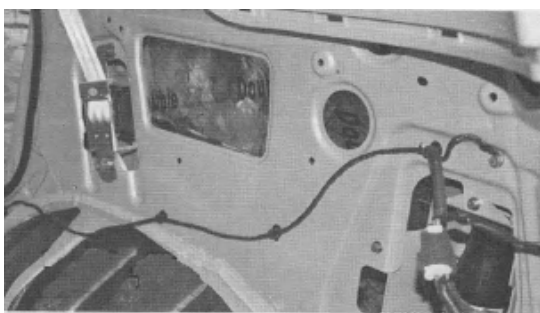


图 5-34 安装车门线束

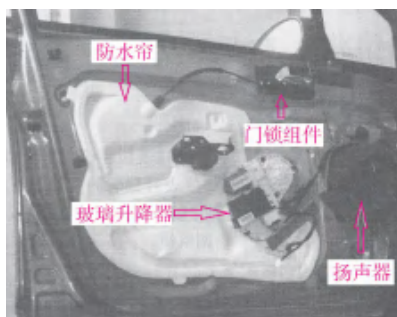


图 5-35 安装玻璃升降器、扬声器、防水帘及门锁组件



图 5-36 安装车门内防护板、用橡胶锤子敲击消除装配间隙



图 5-37 安装车门密封条

4. 仪表台分装

仪表台是一个多总成集成的装配模块，包括仪表板、仪表、转向柱、空调机组与通风管道等。图 5-38 所示是某轿车仪表台分装线。仪表台分装的主要设备是可翻转的仪表台专用装配台架，如图 5-39 所示，其主要装配工艺过程是依次将仪表台安装横梁（见图 5-40）、仪表台线束（见图 5-41）、风道（见图 5-42）、空调机组（见图 5-43）、仪表台面板（见图 5-44）及仪表台附件（见图 5-45）等装到仪表台装配架上。

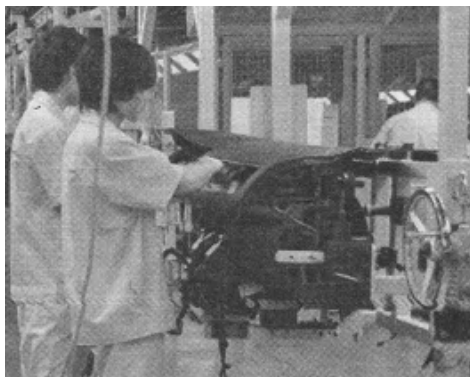


图 5-38 仪表台分装线

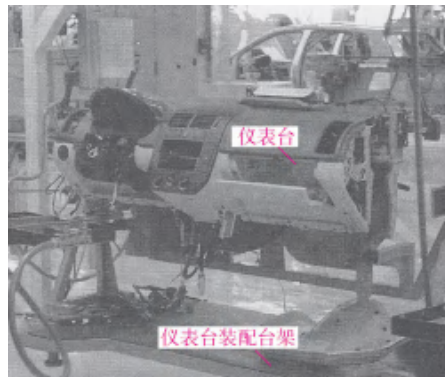


图 5-39 仪表台装配架



图 5-40 仪表台安装横梁



图 5-41 仪表台线束



图 5-42 空调风道

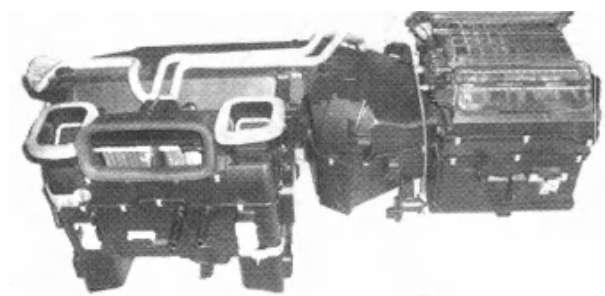


图 5-43 空调机组

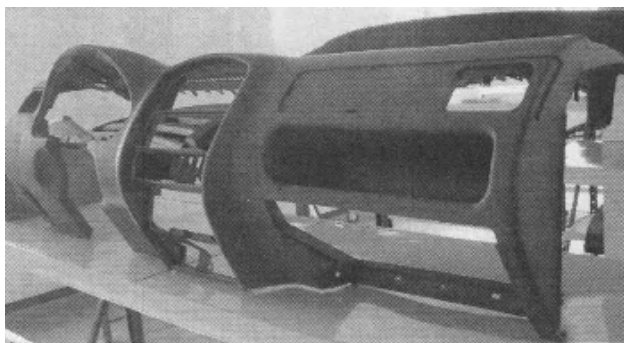
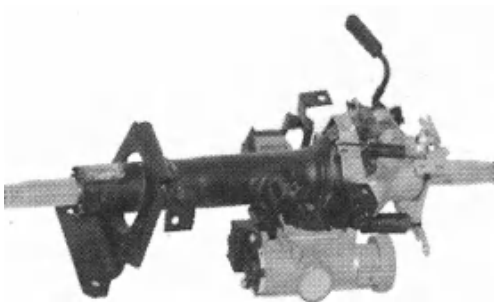


图 5-44 仪表台面板



(a) 转向柱



(b) 组合开关

图 5-45 仪表台附件

5. 底盘的分装

关于汽车底盘，在不同的场合有着不相同的定义，如在《汽车构造》和《汽车设计》此类教科书上，对底盘的定义是汽车上除发动机、车身和电气设备之外的部分，由传动系统、行驶系统、转向系统和制动系统 4 个部分组成。在汽车改装行业，汽车底盘被分为二、三、四共 3 类，二类底盘与汽车整车的唯一区别就是没有装配货厢；将二类底盘上的驾驶室拿掉就是三类底盘；四类底盘和三类底盘的组成完全一样，其唯一的区别是四类底盘是没有组装在一起的散件，若将四类底盘组装在一起就是三类底盘。对于轿车的总装生产，“底盘”缺少一个清晰的概念，它只是汽车总装生产的一个模块化装配单元。由于汽车结构上的差异，底盘装配模块的组成往往各不相同。图 5-46、图 5-47 和图 5-48 所示分别是 3 种不同车型的底盘装配模块，不难看出：图 5-46 中的底盘装配模块包括发动机与动力传动系统、前桥、前悬架等部分；图 5-47 中的底盘装配模块所包括的总成部件更多，除图 5-46 中的总成部件外，还把后桥和后悬架也组合到了一起；图 5-48 中的底盘装配模块在图 5-47 的基础上进一步把前横梁、灯板梁、护风罩、发动机冷却风扇等总成部件组合在一起，构成一个更大的底盘装配模块。事实上，即便是同一个厂牌型号的汽车，若分别在两个不同的工厂生产，由于工厂建设年代的差异，底盘装配模块的组成也会有所不同。关于这一点前面已述及，在此不再重复。

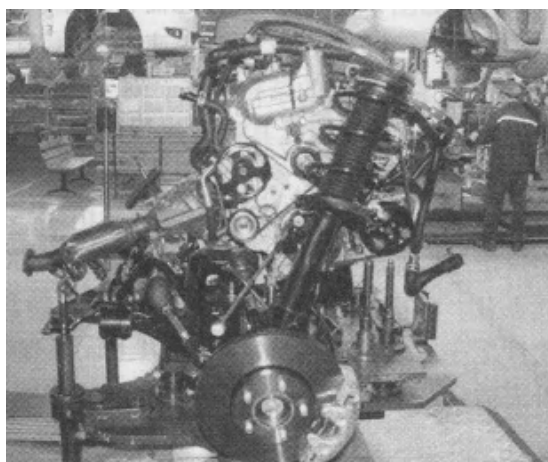


图 5-46 底盘装配模块 1

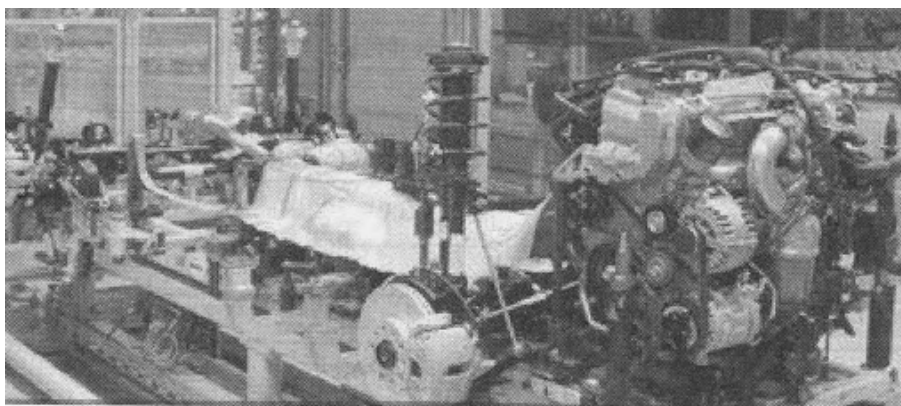


图 5-47 底盘装配模块 2

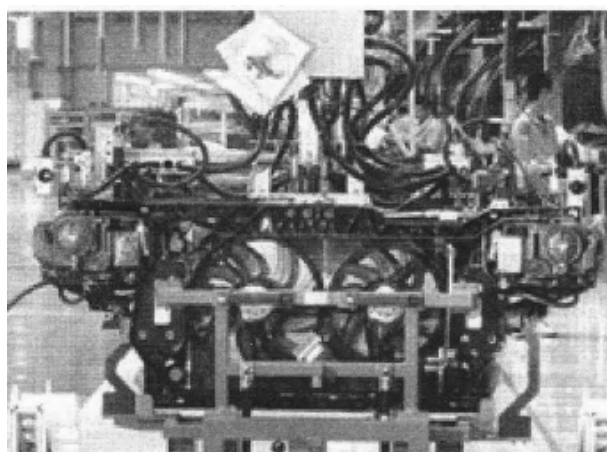


图 5-48 底盘装配模块 3

尽管底盘分装的装配工艺过程会因底盘的构成不同有所差异，但经分析不难发现，不

同构成的底盘装配模块只存在装配工序数的差异，其主体的装配工艺基本相同，故在此以某一车型为例不加区分地介绍底盘的装配工艺。

汽车底盘装配的工艺流程如图 5-49 所示。现代汽车的传动系统包括 MT（手动机械式变速器）、AT（液力自动变速器）、CVT（带式无级自动变速器）、AMT（机械式自动变速器）等多种不同的结构形式。对于采用 CVT 和 AMT 变速器的汽车，由于 CVT 和 AMT 常做成整体式结构，因此其装配过程比 MT 和 AT 变速器的汽车少了一道装离合器（或液力变矩器）的工艺。对于绝大多数轿车而言，底盘装配模块中的前桥和后桥之间缺少确定彼此位置关系的专门装置，因此需将底盘组成部件统一装到一个专门的安装架上，此安装架在汽车制造业中被称为机械托架，如图 5-50 所示。机械托架上设置有许多个不同高度、不同形状、不同尺寸的定位点，用此确定各总成部件在汽车上的精确位置。此外，为了实现柔性生产（多品种共线生产），其上设置有在产各车型的定位点。若需要导入新车型，则需补充适合新车型的新的定位点。

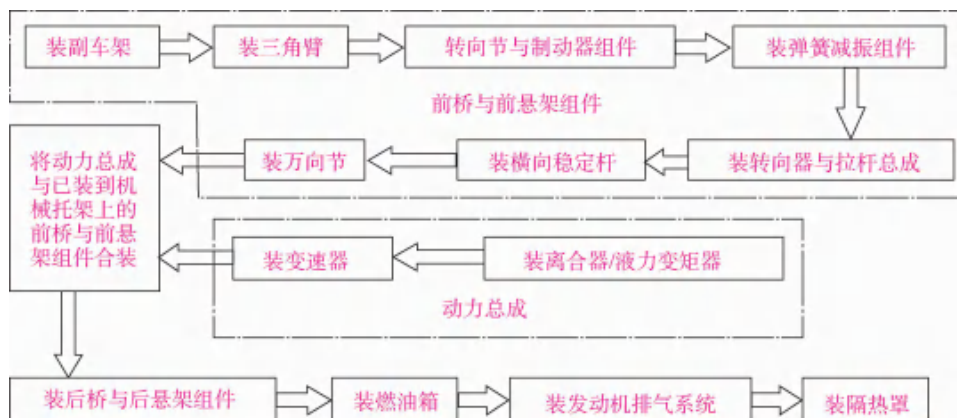


图 5-49 底盘装配工艺流程

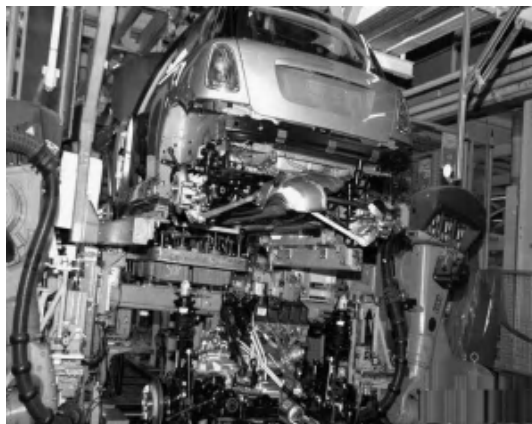


图 5-50 机械托架

为了便于读者看清底盘分装各总成部件的位置关系，下面以图 5-51～图 5-56 简要介绍底盘的装配过程。先将副车架安装到机械托架上，再依次安装悬架中左右两侧的三角臂与制动器组件、弹簧与减振组件、转向器与拉杆总成、横向稳定杆、万向节，然后再将组

装在一起的动力总成（发动机、离合器、变速器）装到副车架上，如图 5-54 所示。在此需说明的是，有的厂家先将万向节、制动器及弹簧与减振组件组装在一起，然后再将其安装到机械托架上的副车架上。最后依次将后桥和燃油物装到机械架上，安装排气系统。

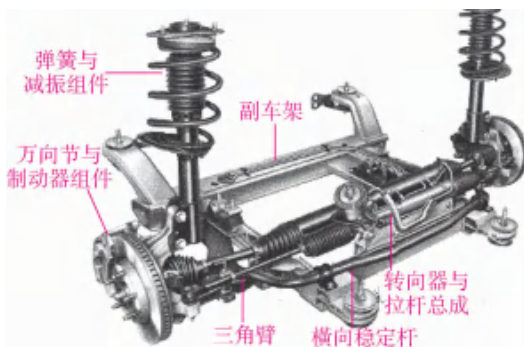


图 5-51 前桥与前悬架的组装



图 5-52 装离合器



图 5-53 装变速器

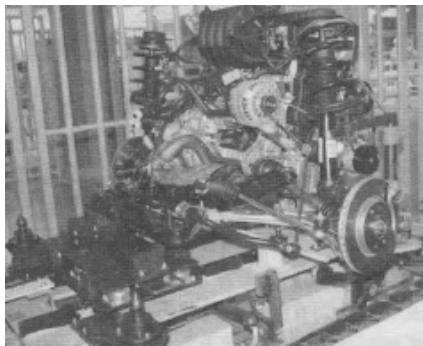


图 5-54 将动力总成（发动机、离合器、变速器）装到副车架上

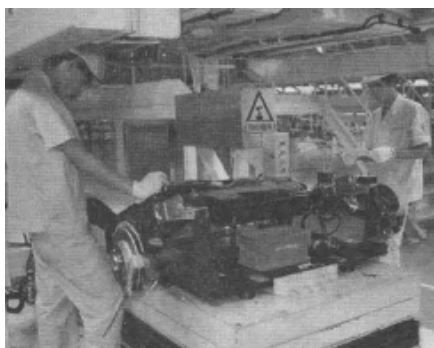


图 5-55 依次将后桥和燃油箱装到机械托架上

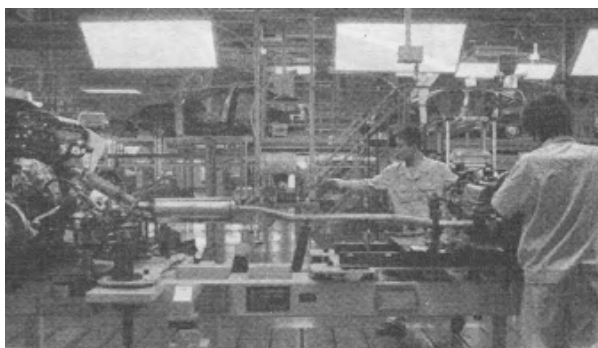


图 5-56 安装排气系统

6. 车身合装

车身合装的主要内容是将前面各分装工艺过程所得到的底盘装配模块、车门装配模

块、车轮装配模块装配到车身上，如图 5-57～图 5-65 所示。

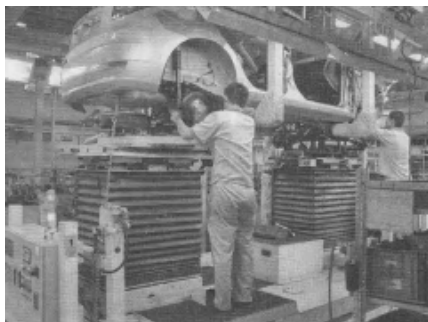


图 5-57 底盘与车身的合装



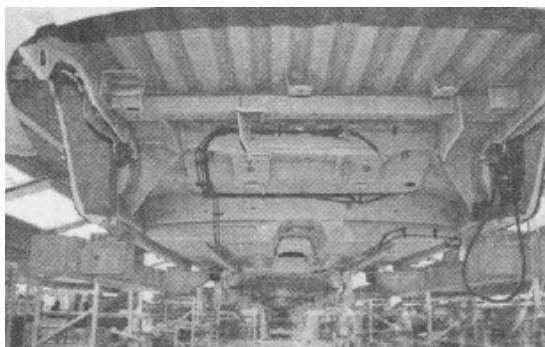
图 5-58 安装后排座椅



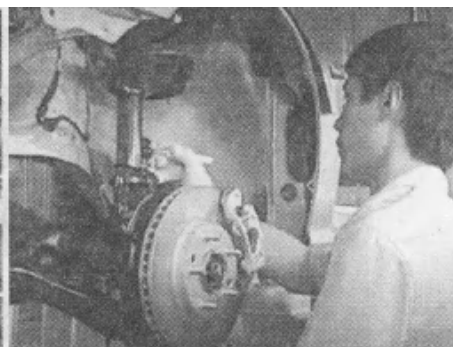
图 5-59 安装前排座椅



图 5-60 吊装车轮



(a) 安装车底管路



(b) 接头处打标记

图 5-61 安装车身底部管路，在接头处打上标记



图 5-62 拧紧轮胎螺栓



图 5-63 安装转向盘



图 5-64 安装车门



图 5-65 检查车门缝隙

7. 装饰二线

装饰二线的主要装配内容包括合装后车身底部管路连接、散热器风扇机组装配、汽车制动/冷却/空调/助力转向等系统管路的装配、前/后大灯装配、前/后保险杠装配、管路的密封检查、发动机/变速器润滑油加注、制动液/空调液加注、发动机冷却液/助力转向液/玻璃清洗液加注等，如图 5-66～图 5-73 所示。



图 5-66 装发动机舱内制动、冷却、空调、助力转向等系统管路

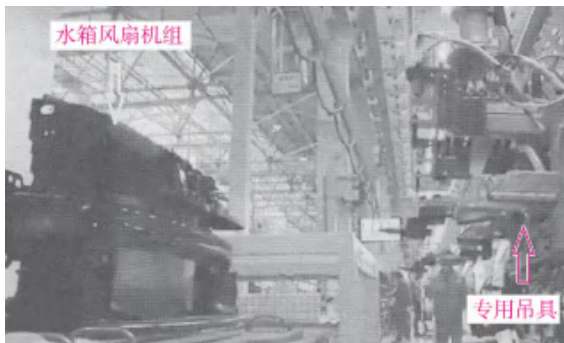


图 5-67 安装散热器风扇机组



图 5-68 安装保险杠内衬



图 5-69 安装保险杠



图 5-70 安装车灯

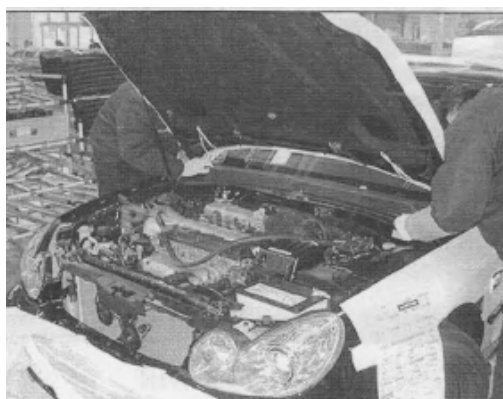


图 5-71 安装发动机密封条



图 5-72 加注制动液



图 5-73 油液加注（发动机/变速器
润滑油、制冷剂、动力转向油）

所有的部件都安装完毕后，下线前需启动发动机，使整车能够进入正常运行状态。由于这是全车设备第一次集体工作，需要用专门的设备“激活”整车电控系统，如图 5-74 所示。



图 5-74 车载电脑的初始化

8. 避免柔性生产中总成部件装配错误的技术措施

前面述及，现代化的汽车制造公司均已采用拉动式生产方式（JIT）组织汽车的生产。为了均衡工位工时，汽车制造公司基于市场预测的结果制订年度生产计划、季度生产计划、月度生产计划直到日生产计划，按照日生产计划中各车型的比例交叉安排生产。为了避免不同车型共线生产时错装总成部件，目前有 2 种常用的方法：①汽车车身进入装配线时，随身携带了详细的配置单（见图 5-75），每一个装配工位均严格按照配置单装配；②在每一个装配工位均配置有按车型分别摆放的配件架，各车型的配件分别放置在各自的配件箱里，配件箱的正前方设置有红、绿指示灯，如图 5-76 所示。车身上线时随身携带有包含该车规格、型号、配置等信息的 VIN 码。VIN 码是按照国际标准统一编制的，有一维和二维 2 种，车身每到一个工位，先利用条码阅读器录入车身的条码（见图 5-77），条码一录入，应该装配的配件箱前的绿灯被点亮，装配工按照绿灯的指示取件装配便可彻底避免装错配件。

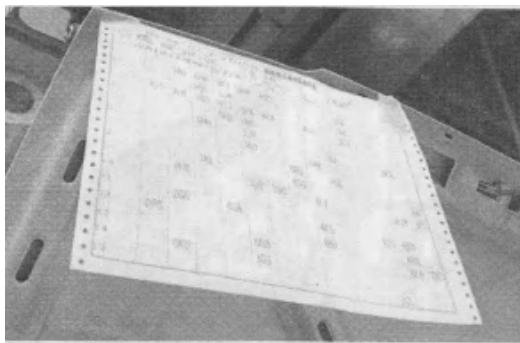


图 5-75 保证柔性生产不出错的配置单



图 5-76 带指示灯配件架



图 5-77 录入 VIN 码

任务三 汽车总装输送系统

汽车的总装是车身（或车架）在流动的过程中，通过将数千种总成部件按照规定的工艺流程和工艺要求安装到车身（或车架）上完成的，车身（或车架）的流动需要借用为汽车总装专门配置的输送系统。

一、汽车总装输送系统的分类

汽车总装输送系统主要由空中悬挂输送设备、地面输送设备和升降设备等组成，其中空中悬挂输送设备主要有空中积放式输送系统、空中摩擦输送系统、电动单轨输送小车系统等；地面输送设备主要有自导向输送小车 AGV 系统、滑板输送系统、板链输送系统、滑橇输送系统、地面摩擦输送系统等。

1. 积放式输送系统

积放式输送系统（见图 5-78）是过去较常用的一种总装输送系统，现阶段在许多公司仍在采用，其特点是技术成熟、设备投资较低，但由于积放式输送系统采用的是链传动，因此噪声大、润滑点多、维修保养不太方便。

2. 空中摩擦输送系统

空中摩擦输送系统是一种具有国际先进水平的新型输送方式，如图 5-79 所示。空中摩擦输送系统改变了传统依靠链传动的方式，利用动力装置（摩擦轮）与工件承载介质（吊具、台板）间的摩擦力完成工件的输送，其特点是噪声小、能耗低、节能环保、维护简单、柔性大、扩能方便，但技术难度和初期投资较大。



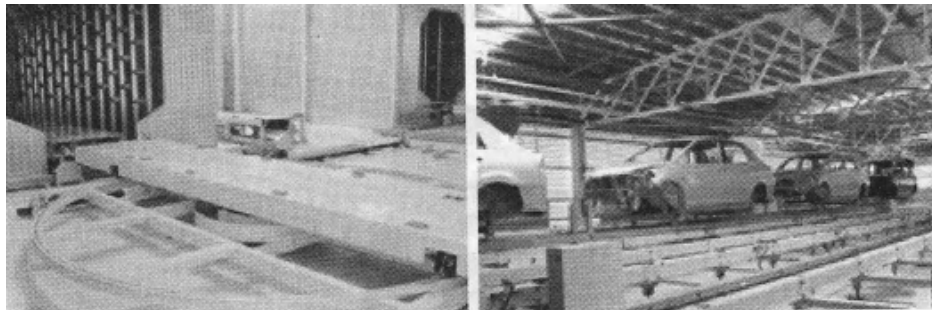
图 5-78 积放式输送系统



图 5-79 空中摩擦输送系统

3. 滑橇输送系统

滑橇输送系统是由多个标准单元模块组合成的组合式输送系统，如图 5-80 所示。滑橇输送系统输送物件的橇体依靠托滚或链条的摩擦力实现前进、后退、平移、举升、积放、旋转等功能。滑橇输送系统具有机动灵活、运行平稳、结构紧凑、接近性好等特点。



(a) 滑橇旋转台

(b) 滑橇输送机

图 5-80 滑橇输送系统

4. 滑板输送系统

滑板输送系统按承载能力可分为轻型、重型和特重型 3 个系列，分别用于小、中、重型车的输送；按滑板的宽窄可分为宽滑板输送系统和窄滑板输送系统（见图 5-81 和图 5-82）。滑板输送系统属直线输送设备，占地面积少、运行安全、使用可靠，是汽车部装和总装常用的输送设备。



图 5-81 宽滑板输送系统

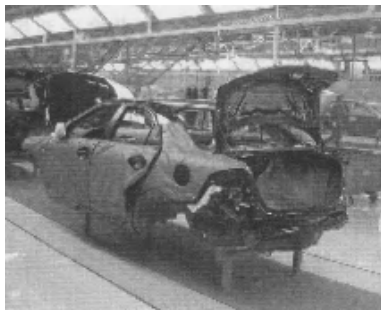


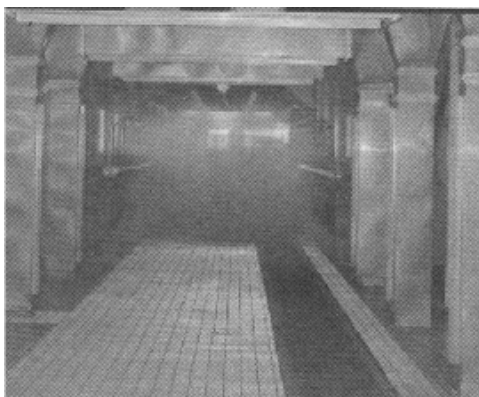
图 5-82 窄滑板输送系统

5. 板链输送系统

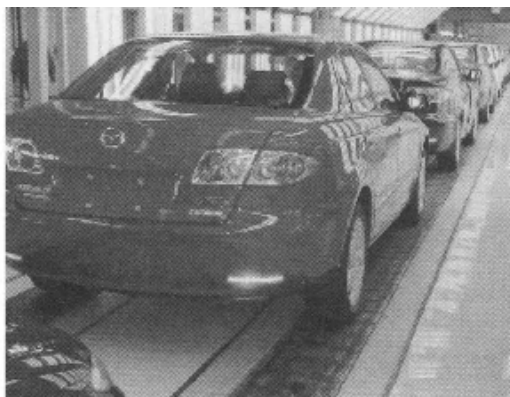
按板的宽窄，板链输送系统可分为宽板链输送系统和窄板链输送系统，如图 5-83 和图 5-84 所示，其中窄板链又有单板链输送系统和双板链输送系统之分，板链输送系统同样属于直线输送设备，在各类汽车制造厂都得到了较广泛的应用。



图 5-83 宽板链输送系统



(a) 单板链输送系统



(b) 双板链输送系统

图 5-84 窄板链输送系统

6. 电动单轨输送小车系统

电动单轨输送小车系统 (Electric Monorail Transport Trolley System, EMS) 是物料搬运设备的最新产品，在对速度和智能要求成为主要指标的特别环境下日益流行。EMS 从其运行的轨道上取电，可满足物料在水平、垂直方向的自由输送。在各种使用场合均已证明 EMS 具有维修简单、生产效率高等特点，其在同步和非同步的制造和装配线上得到了较广泛的应用，如图 5-85 所示。

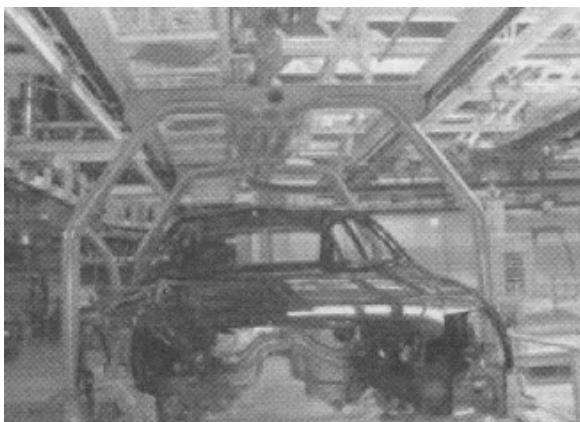


图 5-85 电动单轨输送小车系统

7. 自导向输送小车

自导向输送小车（Automated Guided Vehicle, AGV）是指具有磁条、轨道或者激光等自动导引设备，沿规划好的路径行驶，以电池为动力，并且装备安全保护及各种辅助机构（如移载、装配机构）的无人驾驶的自动化车辆，如图 5-86 所示。自导向输送小车通常由多台自导向输送小车、控制计算机（控制台）、导航设备、充电设备及周边附属设备组成输送系统。自导向输送小车在计算机的监控及任务调度下，按照规定的路径行走，到达指定的作业位置后，完成一系列规定的任务，控制计算机可根据 AGV 自身电量决定是否到充电区进行自动充电。



图 5-86 自导向输送小车

国内外许多汽车制造工厂部分总装工位已普遍采用自导向输送小车作为总装线的输送设备，自导向输送小车的突出特点：输送线因局部故障或某工位因操作错误而停顿时，可以利用设置的离线维修岔道消除其对装配线整体的影响；对于瓶颈工序（如发动机变速器合装工位、驾驶室与底盘合装工位），自导向输送小车可岔出主装配线，利用局部装配道

岔,满足主线生产节拍的要求。自导向输送小车输送系统的缺点是造价较高。

8. 地面摩擦输送系统

地面摩擦输送系统是空中摩擦输送技术在应用上的拓展,其主体由 H 形轨道、驱动装置、道岔装置和定位装置等组成,如图 5-87 所示。

9. 升降设备

为了便于装配,在总装过程中有些工段需要采用空中悬挂式输送设备,有些工段则需要采用地面输送设备。无论是由空中转为地面还是由地面转为空中,为了节省空间常采用升降设备实现空一地或地一空输送的转换,如图 5-88 所示。



图 5-87 地面摩擦输送系统

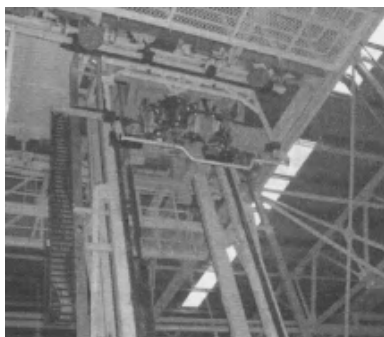


图 5-88 升降设备

对于某具体的汽车总装厂(车间),其输送设备的选用往往需根据所生产的车型、生产纲领、投资规模和总装工艺的设计综合确定。此外,由于总装工艺中的每一个装配工段有其自身的工艺特点,作业内容和作业方式存在很大的不同,因此,不同工段所采用的输送系统也会有所不同。由此可见,任何一个汽车总装厂(车间)均不可能采用单一的输送系统,往往是两三种不同输送系统的合理组合。如涂装车间与总装车间的中转输送系统常采用滑橇输送系统,装饰一线常采用板式输送系统(宽板链输送系统或地面摩擦输送系统),车身合装线常采用积放式输送系统或空中摩擦输送系统与自导向输送小车 AGV 相结合的输送系统,装饰二线常采用板链输送系统(单板链或双板链输送系统)或地面摩擦输送系统。

二、总装输送系统的基本要求与功能

尽管汽车的种类和结构不同,汽车总装工艺及总装输送所选用的设备存在较大的差异,但汽车总装输送系统的基本要求与功能却非常接近,下面以某汽车制造厂为例,简要介绍汽车总装输送系统的基本要求与功能。

1. 油漆到达输送系统

(1) 油漆到达输送系统的功能与布局

油漆到达输送系统的功能主要是将涂装后的车身从涂装车间按照生产排序提供给总装车间进行装配。油漆到达输送系统犹如涂装车间与总装车间之间的中转仓库,主要由预生产储存区和同步配送延长线 2 个部分组成,如图 5-89 所示。

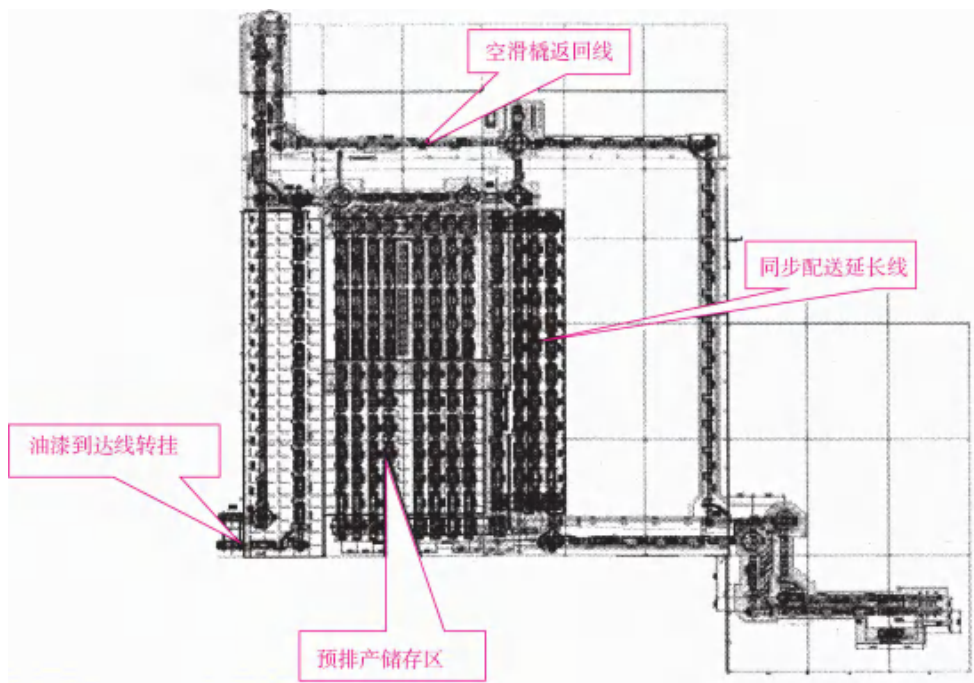


图 5-89 油漆到达输送系统

(2) 油漆到达输送系统的工作过程

空滑橇经返回线进入油漆线与总装线的转挂点，然后将涂装后的车身从油漆滑橇转接到总装油漆，最后到达系统空滑橇上。经转接后，车身滑橇进入八条道的储存线入口，得到预排产信息后，车身进入预排产储存区。

在储存线出口，排产人员根据生产指令进行排产。油漆到达输送系统滑橇上的车身通过叉式移栽升降机转接到装饰一线的宽板链输送线上。

若需要对已排产的车身流向进行改动，可通过控制系统发出修正指令，在同步输送线第二道的出口，按照修正后的信息对车身流向自动进行纠错。

油漆到达输送系统通常还设有人工排产模式，当排产人员需要对某储存线内某条道上某处的车身进行排产时，可以先将前面的车身导出，导出的车身由预排产人员手动控制，将车身导入车身同步配送排产纠错线，车身滑橇经同步配送排产纠错线回到移行机入口，再次进入预排产区。

2. 装饰一线输送系统

装饰一线是汽车总装工艺的第一条装配线，其作业内容主要是车门拆卸及线束、顶棚、天窗、仪表板、前后风窗玻璃等零部件的装配，依据装饰一线零部件装配的特点，其输送系统常采用宽板（宽板链或宽滑板）输送方案，其主要流程如下：

油漆滑橇上的车身通过转挂装置转挂至装饰一线的 HC1 装配线宽板输送系统的滑橇上，在完成车门拆卸、线束装配、顶棚装配等操作后进入装饰一线两条装配线之间的快速缓冲区，滑橇在快速缓冲区中通过高低齿横移链跨过物流通道进入装饰一线的 HC2 线，车身在宽板链上完成天窗的安装、仪表板的合装、前后风窗玻璃的安装等操作后进入转挂

区，车身通过转挂从滑橇转挂至悬链吊具后即完成了整个装饰一线的工艺流程。因此从功能区域来划分，装饰一线输送系统主要包含工艺区（HC1 和 HC2 装配线）、快速缓冲区和维修区，如图 5-90 所示。

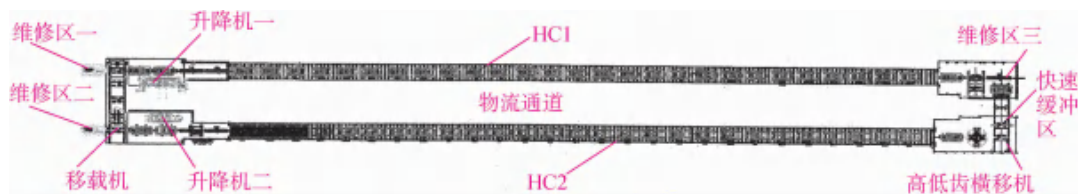


图 5-90 装饰一线输送系统的布局

（1）工艺区

装饰一线的全部装配作业均在工艺区内完成。

（2）快速缓冲区

快速缓冲区的作用：将 2 条工艺线 HC1 和 HC2 连接在一起，减少其中一条线设备故障对另一条线装配作业的影响。当然，缓冲区中的车位数越多，两条线的相互影响越小，但车位数太多会降低总装车间的空间利用率，所以缓冲区应设置合适的车位数。

（3）维修区

在装饰一线常设置 2~3 个维修区。

维修区一又称车辆排产调整区，当生产部门需要从线外导入车身而不是从油漆到达线排入车身时，可以将车辆从该区域导入装饰一线。

维修区二的主要功能是将生产线空滑橇导出或导入装饰一线。

维修区三的主要功能是将已进入内饰线但有问题的车身（缺零件或装配不当的车身）导出到该区域进行线外维修，维修完成后的车身再导回装饰一线。

维修区的设置可使装饰一线更具柔性化功能。

3. 车身合装线输送系统

车身合装的主要作业内容是动力总成、汽车底盘各系统（动力总成和底盘一起又称为机械部分）与车身的合装。为了便于装配，车身合装常采用悬挂输送系统，如图 5-91 所示。

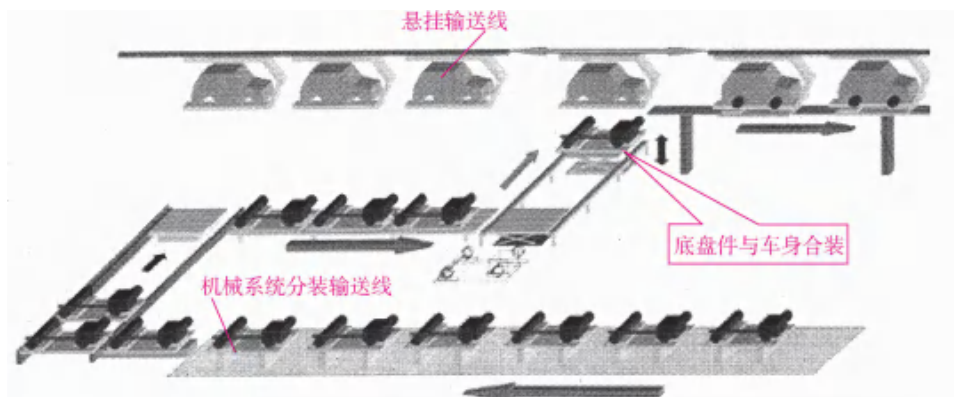


图 5-91 车身合装输送系统

4. 装饰二线输送系统

车身合装完成后,余下的装配内容主要是车身底部管路连接、散热器风扇机组、灯光/信号装置、前/后保险杠、液加注等,装饰二线输送系统应该是经过一定距离的空中悬挂输送后再转入地面输送,如图 5-92 所示。

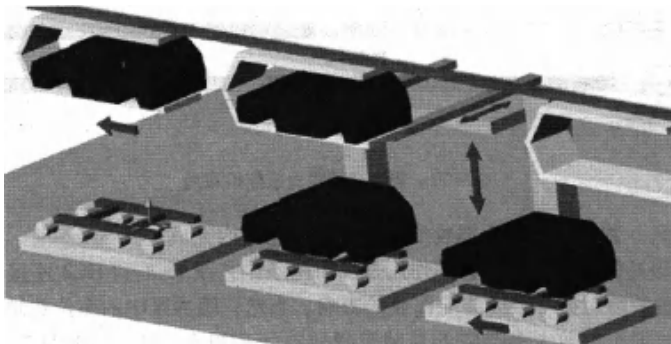


图 5-92 装饰二线输送系统

(1) 空中连续输送线

车身合装线和装饰二线的前半部分均采用空中悬挂输送线,尽管车身合装与装饰二线属于两个不同的装配工段,但对于空中输送设备却采用的是同一套系统。由于装配二线的装配内容非常多,为了使装配工艺的布局趋于合理,空中输送线常需要多次折回,如图 5-93 所示。

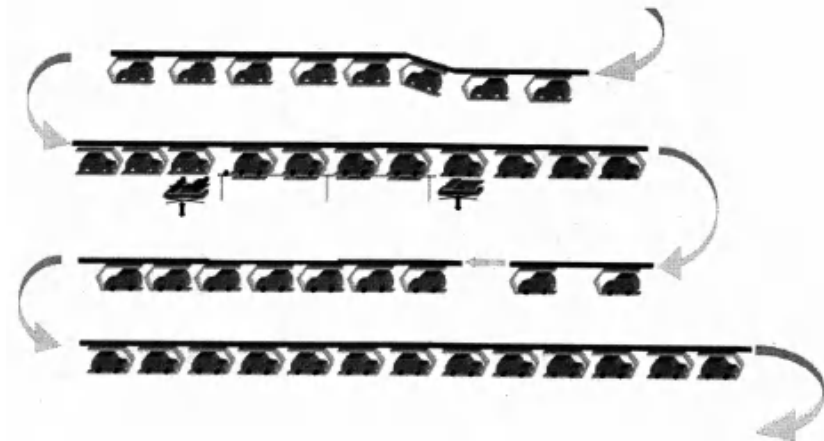


图 5-93 空中连续输送线

(2) 在两个操作区(装配线)间的快速输送线

为了保证汽车总装线工艺操作的连续性,在两个操作区(装配线)间常采用快速输送线,如图 5-94 所示。两个操作区(装配线)间的快速输送还可以保证各装配线之间的动态变化及储存一定数量的车身以应对生产期间出现的突发事件(如停线等),为此,悬挂车身的吊具应能在快速输送线的末端的停止器处积放。

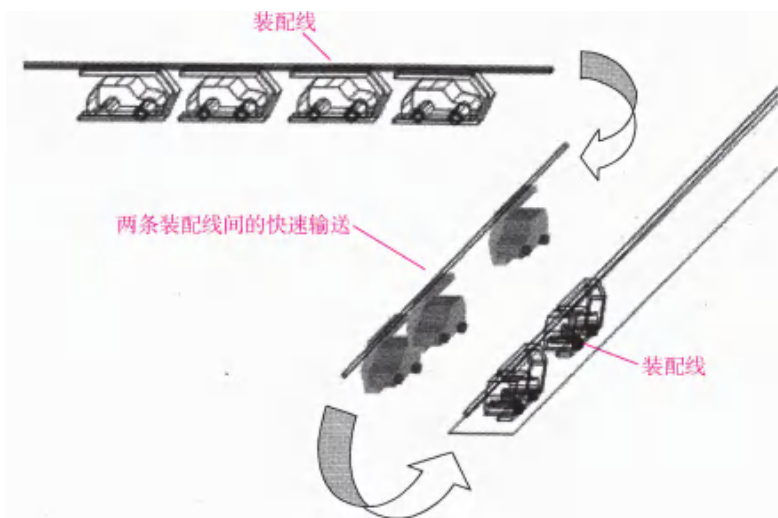


图 5-94 装配线间快速输送线

(3) 空中输送线向地面线的转挂

空中输送线向地面线的转挂的目的在于将在装配线上移动的已完成车轮装配的车身从空中输送线的吊具上放到地面的双板链（或单板链）输送系统，以便完成后续的装配、检查等操作，如图 5-95 所示。

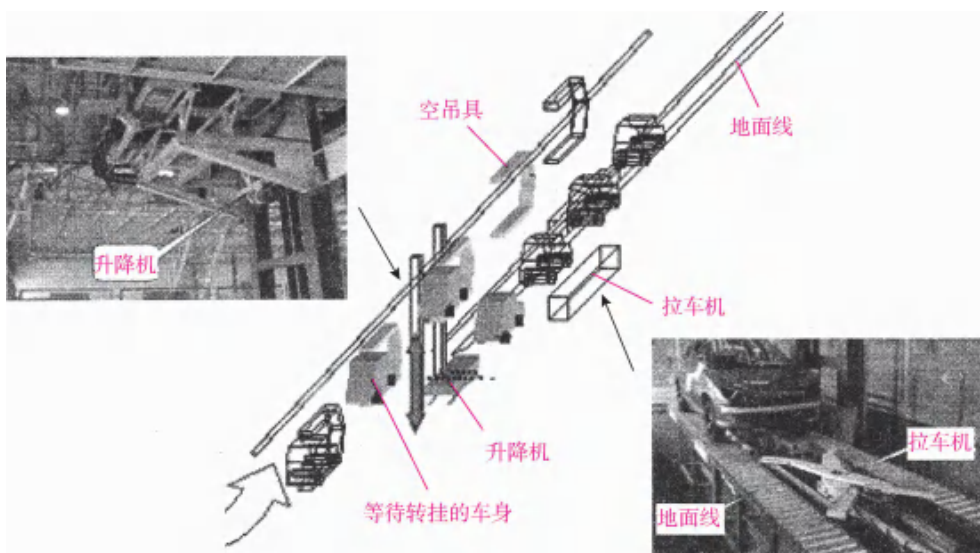


图 5-95 空中输送线向地面线的转挂

5. 机械分装输送系统

在过去，机械分装输送系统大多采用宽板链输送系统或地面摩擦输送系统。宽板链输送系统（地面摩擦输送系统）连续运行，在运行过程中操作工将装配件装配到宽板链输送系统（地面摩擦输送系统）上的机械托盘上，装配完成后，连同机械托盘一起通过移行小车输送到合装处的垂直升降机上，带机械托盘的汽车机械部分与悬挂的车身同步向前移动，在移动

的过程中完成车身的合装。当机械部件与车身合装拧紧后，在固定工位把机械托盘从车辆/吊具总成上分开，再把空的机械托盘重新循环到机械分装线第一工位，如图 5-96 所示。

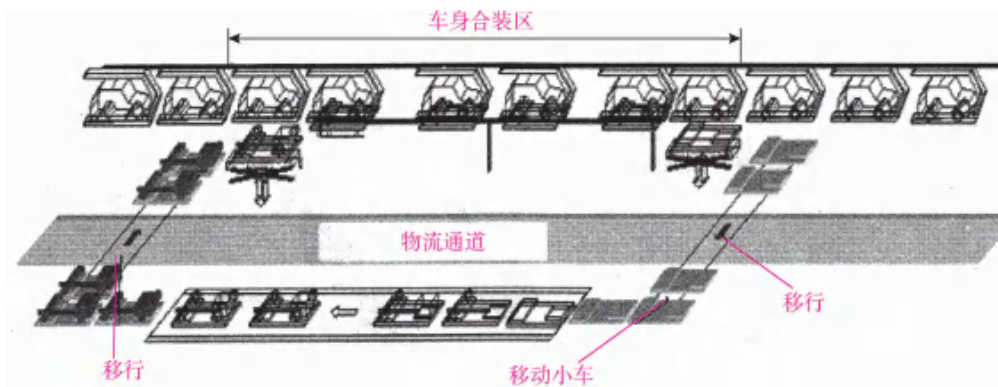


图 5-96 机械分装输送系统

近几年新建的汽车总装厂，机械分装输送系统越来越多地采用自导向输送小车 AGV 输送系统，其将汽车机械部分直接装配到自导向输送小车 AGV 上的托盘上，自导向输送小车 AGV 完成机械部分的输送、举升，且与吊挂的车身同步运行，合装完成后返回到机械分装线第一工位处。

6. 车门分装输送系统

为了确保车身各部涂装颜色的一致性，在涂装工艺中，需将车门安装到车身上一起涂装。然而，在汽车总装工艺中，车门的存在不仅会影响仪表板、座椅等件的安装，而且由于在总装车间生产的车型较多，线边用于存放零件的面积已越来越不能满足零件供应的要求，如不拆下车门，在整个总装生产线的装配过程中，由于不停地开关车门，平均每辆车至少要多消耗 30 min 的工时。为了提高总装的生产效率，在进行总装前需拆下车门。为此，车门分装输送系统应包括线下的车门与车身的同步输送、车门分装过程中的输送、将分装好的车门输送到与车身合装的安装点等内容。

对于近些年建设的汽车总装厂，车门的输送大多采用统一的空中悬挂连续输送方式，如图 5-97～图 5-100 所示。对于早期的汽车总装厂，车门分装过程中的输送也有采用地面连输送方式的。

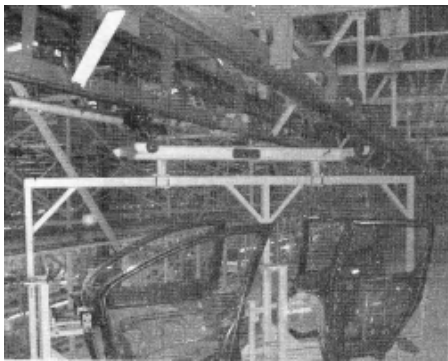


图 5-97 车门与车身的同步输送



图 5-98 车门分装输送



图 5-99 车门与车身合装输送

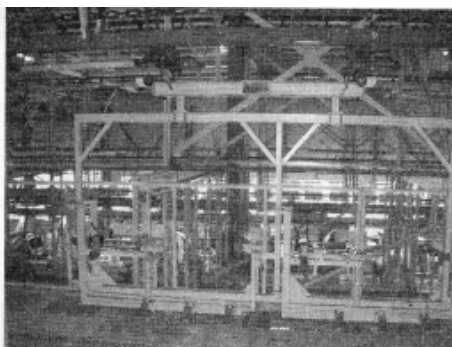


图 5-100 输送吊具的返回

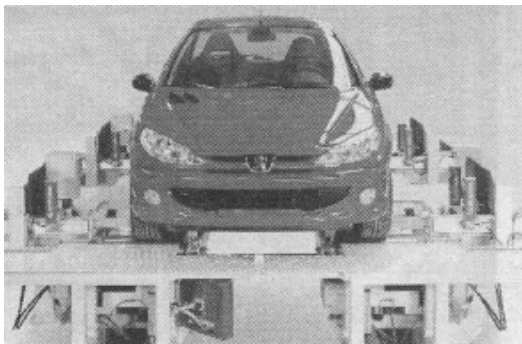
任务四 整车性能测试与调整

为了确保汽车产品质量，汽车制造公司除对汽车制造过程每一道工序的作业内容、操作方法和工艺要求均做出了详细与严格的规定，以及用大量现代化高精度的生产设备以保证其产品质量外，汽车在出厂前还要进行全面的检测和调试，以避免存在质量问题的汽车产品流入市场。

汽车出厂前的性能检测与调整，包括室内台架检测和室外道路检测两部分，其中室内台架检测常将具有各种不同检测功能的汽车检测设备组合在一起用于汽车整车的性能检测，以达到控制产品质量的目的，这种组合在一起的汽车检测设备统称为汽车整车出厂检测系统。由于该检测系统采用的是流水式的检测方式，因此，汽车制造公司常将其称为整车检测线。室外道路检测都在专门建设的试车场地上进行，因此将其称为场地测试或道路测试。

一、检测线

汽车出厂前需检测与调整的内容主要包括：四轮定位参数的检测与调整、汽车前照灯的检测与调整、汽车制动性能检测、汽车行驶性能检测、汽车防雨密封性检测、汽车外观检测和汽车排放检测等，如图 5-101～图 5-105 所示。



(a) 四轮定位参数检测

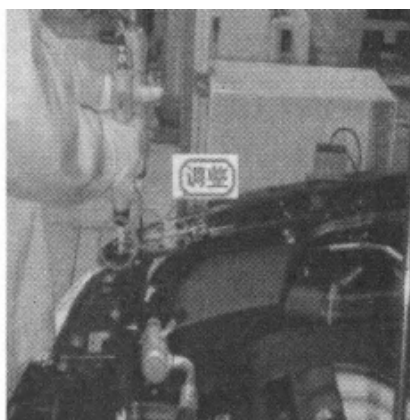


(b) 前束角的调整

图 5-101 四轮定位参数的检测与调整



(a) 前照灯的检测



(b) 灯光照射位置的调整

图 5-102 前照灯的检测与调整



(a) 测试台架



(b) 显示仪表

图 5-103 汽车行驶与制动性能测试



图 5-104 排放测试



图 5-105 防雨密封性测试

二、外观检查

汽车经 100 多年的发展,已由早期单纯的交通运输工具发展为集现代美学、休闲娱乐、交通运输于一体的光机电一体化产品,用户对其外观(内饰、外饰等)质量要求非常高,以至于

越来越多的人将其称为流动的工艺品。为了满足人们对汽车外观质量日益苛刻的要求,汽车在出厂前还要将其置于专门的外观检测间对汽车的内饰、外饰、发动机舱进行全面的检查,如图 5-106 和图 5-107 所示。外观检测间对洁净程度及光照强度有专门的要求。在这里进行的是车身外观的检测,光照强度 900 lx 光通道的拱形设计,要以将光线反射到车身的任何角落 2 mm^2 的掉漆都能发现,旁边的挡板能挡住其他光源。



图 5-106 发动机舱检查



图 5-107 整车外观检查

三、道路测试

道路测试的内容非常多,主要包括汽车各总成部件的运行状况,是否有异响,发动机的工作温度、机油压力,发电机的发电量与充电特性,汽车启动、加速、制动、操纵性能,汽车维持直行的能力与转向回正特性,悬架的缓冲与减振特性,车轮是否摆振等。

汽车下线的道路测试与其他目的的道路测试的根本区别是必须在极短的时间内(5~10 min)完成名目繁多的测试。正因为如此,汽车下线道路测试不可能提供将车载式的汽车道路性能试验仪器设备安装到车上和从车上卸下的时间,所以到目前为止,汽车下线的道路测试除少数项目(如汽车行驶跑偏)采用固定式设备(固定安装在试车道上)进行测试外,绝大多数项目仍采用最原始的人工主观评价方法进行测试。图 5-108~图 5-111 所示为汽车道路测试的部分内容。



图 5-108 大、小石块波浪路



图 5-109 高速执行路段



图 5-110 凸包路面



图 5-111 ESP, ABS 测试路段

任务五 汽车的返修

返修是任何一个汽车制造公司不可避免的一项重要工作，不但汽车总装与部件分装有返修，而且汽车的涂装与焊装也都有返修。不过在此需特别指出的是，汽车制造工艺过程中任何一个制造环节的返修都是针对微小问题的维修，凡是较大的质量问题，其处理方法都是直接报废。

对于汽车总装的返修主要是装配调整的问题，如位置误差、小件漏装、覆盖件间隙不均匀、紧固件拧紧力矩偏差、内外饰件表面破损等。当然，尽管都是一些小问题，但任何一家有影响的汽车公司都视其为零容忍，只有这样，才能有效保证汽车产品质量。正因为如此，在汽车总装厂均专门设置有足够面积的返修区，如图 5-112 所示。如果在汽车出厂前的下线检验中发现有任何质量问题，均将其开到返修区由专门的返修工对其进行维修。返修后的车辆需重新上线检测合格后方可出厂。

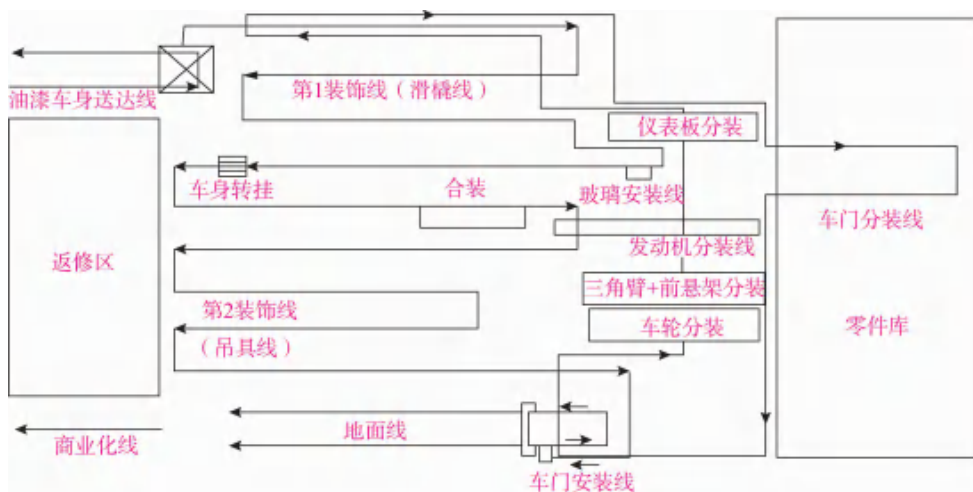


图 5-112 返修区的设置