

10.1 FMS概述

10.1.1 制造柔性

制造柔性是指一个制造设备或系统对生产需求变化的适应能力，通常制造柔性体现在以下几个方面：

- 制造设备的柔性

制造设备通过配备相应的刀具、量具、夹具、NC程序等，使得此设备具有制造给定零件族中任何零件的能力；（这是一种固有的柔性，它与制造设备所具有的相关功能有关，如机附刀库的容量、控制的运动轴数等。）



- 加工柔性

以不同加工工序和工艺加工一个零件的能力或在给定的一个工艺规划下以不同的加工路线实现零件的加工（制造工作站间和加工功能间的互换和替代）。

- 产品柔性

能够经济、快速地转变生产产品的能力。

- 零件流动路线柔性

当系统出现局部故障时，能重新选择零件加工路径，并继续进行加工的能力。

- 产量柔性

系统运行可适应不同的生产批量，并具有良好的生产效益。



- 系统重构柔性

系统具有重构柔性，可以生产需求发生变化时，系统可以方便地扩展、收缩或重构。

- 故障控制柔性

当系统中的设备出现故障时，制造系统对故障的处理能力。

10.1.2 FMS定义

柔性制造系统（简称 FMS）是由数控加工设备、**物料储运**装置和计算机控制系统等组成的自动化制造系统。它包括多个柔性制造单元，能根据制造任务或生产的变化迅速进行调整，适用于多品种中、小批量生产。

（依据：中华人民共和国国家军用标准 - 武器装备柔性制

10.1.3 FMS的组成与功能

(1) FMS的组成

Ø 硬件系统（第一部分）

- 制造设备：加工中心、测量机、清洗机等；
- 自动化储运设备：传送带、有轨小车、AGV/搬运机器人、立体库、中央托盘库、物料或刀具装卸站、中央刀库等；
- 计算机控制系统及网络通信系统。

Ø 软件系统（第二部分）

- 系统支持软件：操作系统、网络操作系统、数据库管理系统等。
- FMS运行控制系统：动态调度系统、实时故障诊断系统、生产准备系统、物料/工件和刀具、管理控制系统等



(2) FMS的功能

- ∅能自动控制和管理零件的加工过程，包括制造质量的自动控制、故障的自动诊断和处理、制造信息的自动采集和处理；
- ∅通过简单的软件系统变更，便能制造出某一零件族的多种零件；
- ∅自动控制和管理物料（包括工件与刀具）的运输和存储过程；
- ∅能解决多机床下零件的混流加工，且无需增加额外费用
- ∅具有优化的调度管理功能，无需过多的人工介入，能做到无人加工。



10. 1. 4 FMS的特点

- u 设备利用率高
- u 减少设备投资
- u 减少占地面积
- u 减少直接工时费用
- u 减少了在制品的数量，缩短了生产准备时间
- u 具有快速应变能力
- u 维持生产能力强
- u 产品质量高而稳定
- u 系统运行灵活性大
- u 产量变化适应性好
- u 便于实现工厂自动化

机海言 国际工 开公国机以 管理上需五书言



10. 1. 5 FMS的类型

(1) 按系统的规模分类

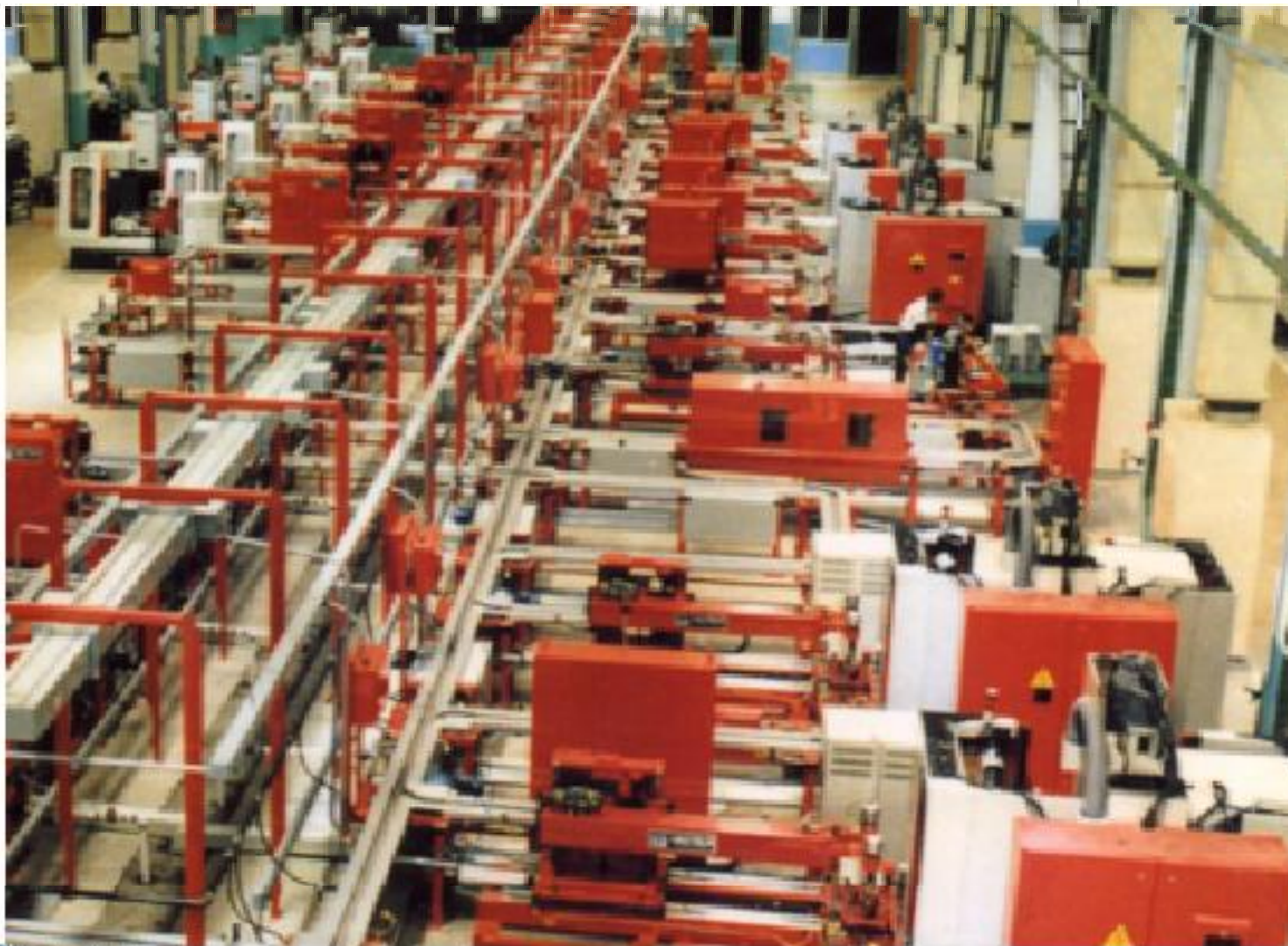
- 柔性制造单元



- 柔性制造系统



- 柔性生产线



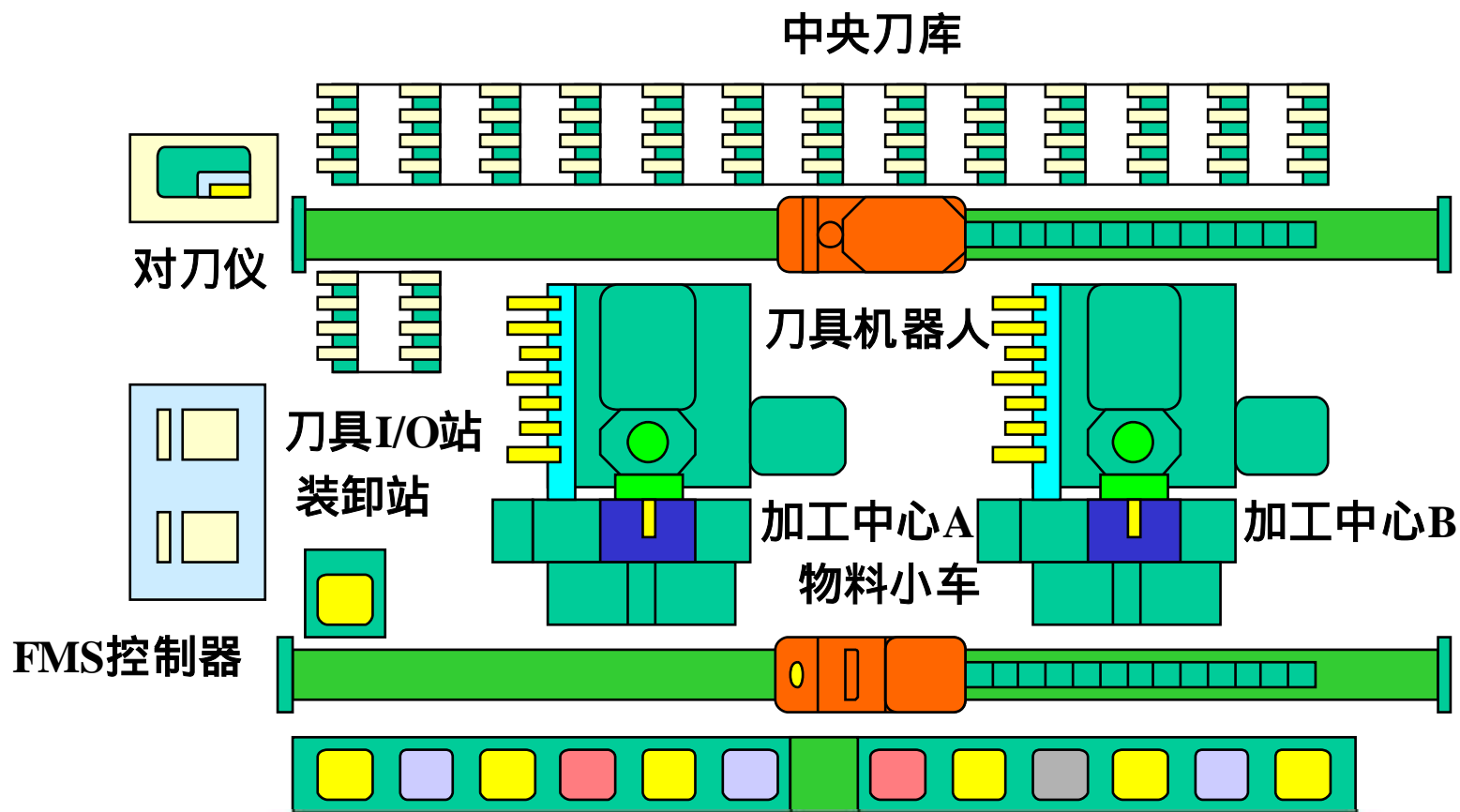
(2) 按应用对象分类

- 切削加工FMS
- 钣金加工FMS
- 焊接FMS
- 柔性装配系统等

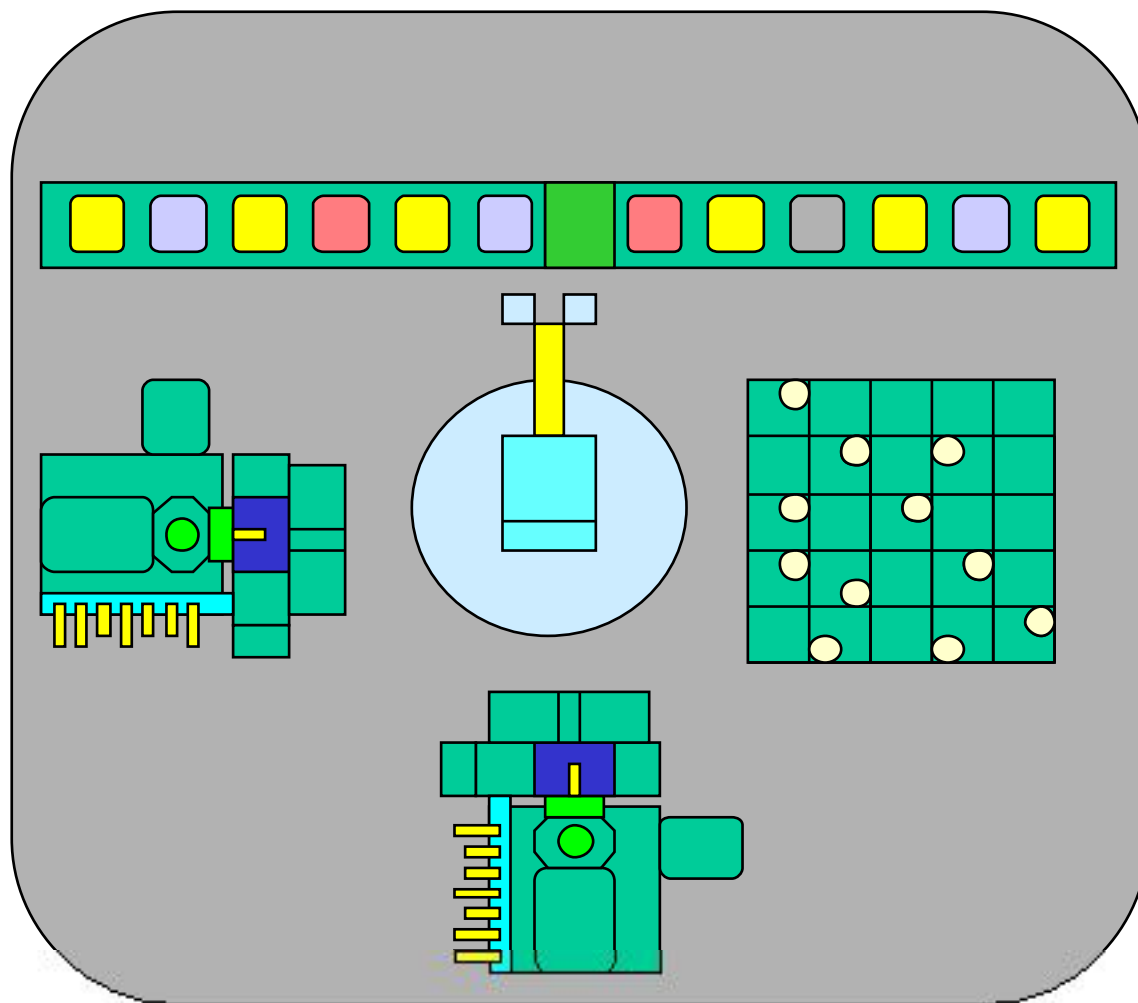


(3) 按系统布局分类

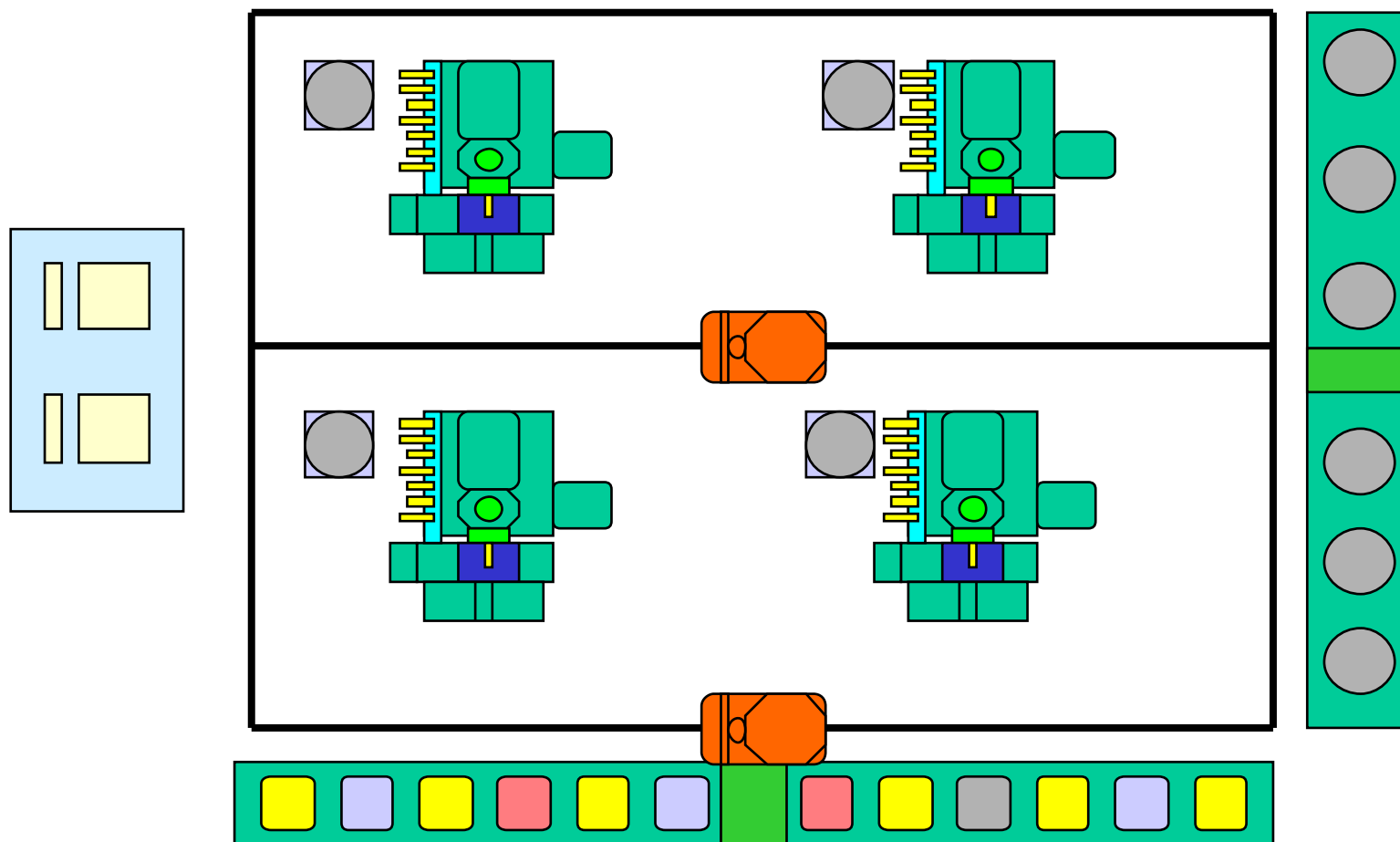
• 直线型



• 机器人型



• 环型



10.2 FMS制造工作站

10.2.1 机械加工工作站

Ø 加工中心（Machining Center or Production Center）

一般在柔性制造系统中主要的机械加工设备是加工中心，常带有机附刀库，可实现主轴和机附刀库的刀具交换；同时MC还带有自动托盘交换装置。



集成加工中心到FMS的基本条件

- 硬接口：**托盘自动交换装置**（Automated Pallet Changer-APC）和**第二刀具交换点**；
- 软接口：具有通过计算机网络或其它通信接口实现与上级控制计算机通信的功能。



加工中心在FMS中的配置方式

- **互替方式**：就是一加工任务即可在这台机床上完成，也可在另一台上完成。
- **互补方式**：就是对一加工任务需通过两台加工中心联合加工方能完成。

MC中的在线测量装置

- **零件的找正与在线测量**；
- **刀具磨损或破损检查**。

在线测量装置有硬线连接式、感应式、光学式和无线电式。

刀具寿命的管理功能

∅ 清洗站

清洗站可以放在柔性制造系统的生产线内，也可分开，也可与装卸站并为一体，所谓清洗，主要指清除切屑，包括洗涤零件，夹具和托盘，但不包括去除零件毛刺。

∅ 测量站

检验工序有在线和离线两种方式，各有优点。在线检验仪可由编程令其投入工作，以判定加工误差和直接经由中央计算机进行刀具补偿调整。在线检验系统的最大优点是能迅速确定制造中的问题。而离线检验则由于检验工位离得远，零件定位和夹紧费时，或缺少自动检验装置等原因具有滞后性。





10.3 FMS物料储运系统

10.3.1 FMS物料储运系统概述

(1) FMS物料储运系统

柔性制造系统中物料传送系统就是把各工作站联接起来，实现物料传送的自动化系统。根据传送对象不同，可分为用于传送工件的**工件流子系统**和用于传送刀具的**刀具流子系统**。

(2) FMS物料储运系统的功能

Ø 物料自动存储功能

物料存储设备：自动化立体库（ASRS），中央托盘区、装卸站、刀具进出口站、中央刀库、机附刀库等



Ø 物料自动传送功能

物料自动化传输设备：工业机器人、传送带、有轨小车、自动导向小车（Automated Guided Vehicle, AGV）等。

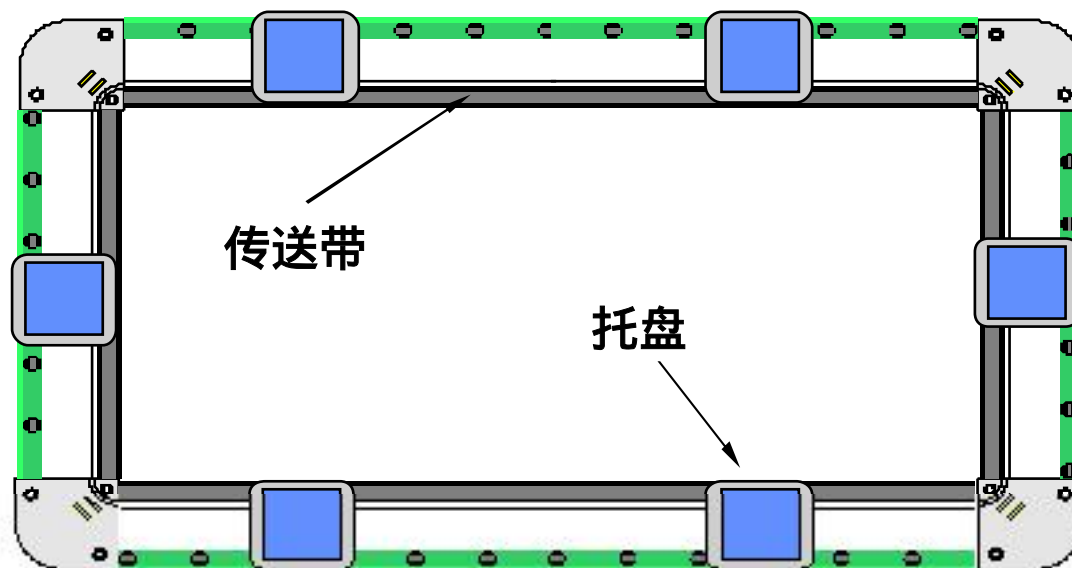


Ø 物料管理功能

物料管理系统从物料进入系统，到最终退出系统，能进行自动跟踪，保证物料储运系统的正常运行。

10.3.2 FMS中的自动化物料传送设备

(1) 传送带 (Conveyer)



Ø 传送机的特点

- 控制相对简单；
- 具有连续输送的能力，单位时间内输送量大；
- 传送设备造价低廉；
- 实施的技术要求低、维护方便；
- 工件（或托盘）定位准确性差；
- 设备占地面积较大、空间利用率低；
- 运行速度比较低，传输途径柔性较差。



(2) 工业机器人

工业机器人是一种特殊的物料传送系统，它常用于机床之间**距离较短**，工件和夹具的总重量较轻的情况。对于按**群集式**机床布置的加工单元，机器人最有效。由于所有机床都围成圆形，一台机器人可以为多台机床服务。机器人常用于无夹具的回转体零件的装卸。机器人往往也用于刀具的传送和装卸。

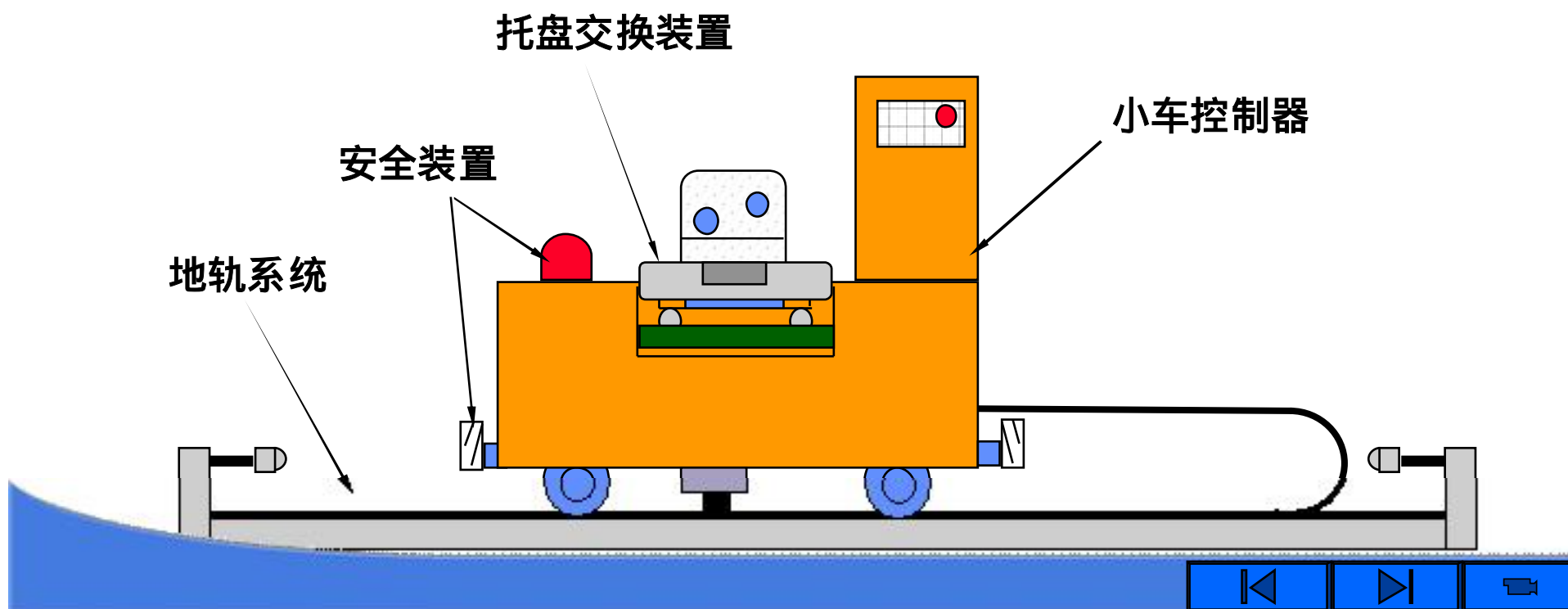
(3) 有轨小车 (RGV-Rail Guided Vehicle)

有轨小车一种无人驾驶的自动化搬运设备。有轨小车沿着**预先铺设的导轨**，在牵引装置的推动下，按照控制需求行走，实现物料的自动传送。



Ø 有轨小车的组成

- 导轨系统
- 小车控制器
- 车架
- 警告和安全装置



Ø 有轨小车的特点

- 移动速度快，行走平稳，定位精确；
- 承载能力大，适合搬运笨重零件；
- 控制系统相对简便，可靠性高，成本低，易维护；
- 传输路径柔性不高，一般适宜在直线布局的系统中采用。

(4) 无轨小车 (AGV Automated Guided Vehicle)

AGV无轨道，可以外部控制的自由运行的电动小车，以蓄电池作为电源，用某种制导方法（**电磁制导及光学制导**）控制其运行路线，不需设置导轨，柔性大。



10.4 FMS系统体系结构

10.4.1 系统体系结构

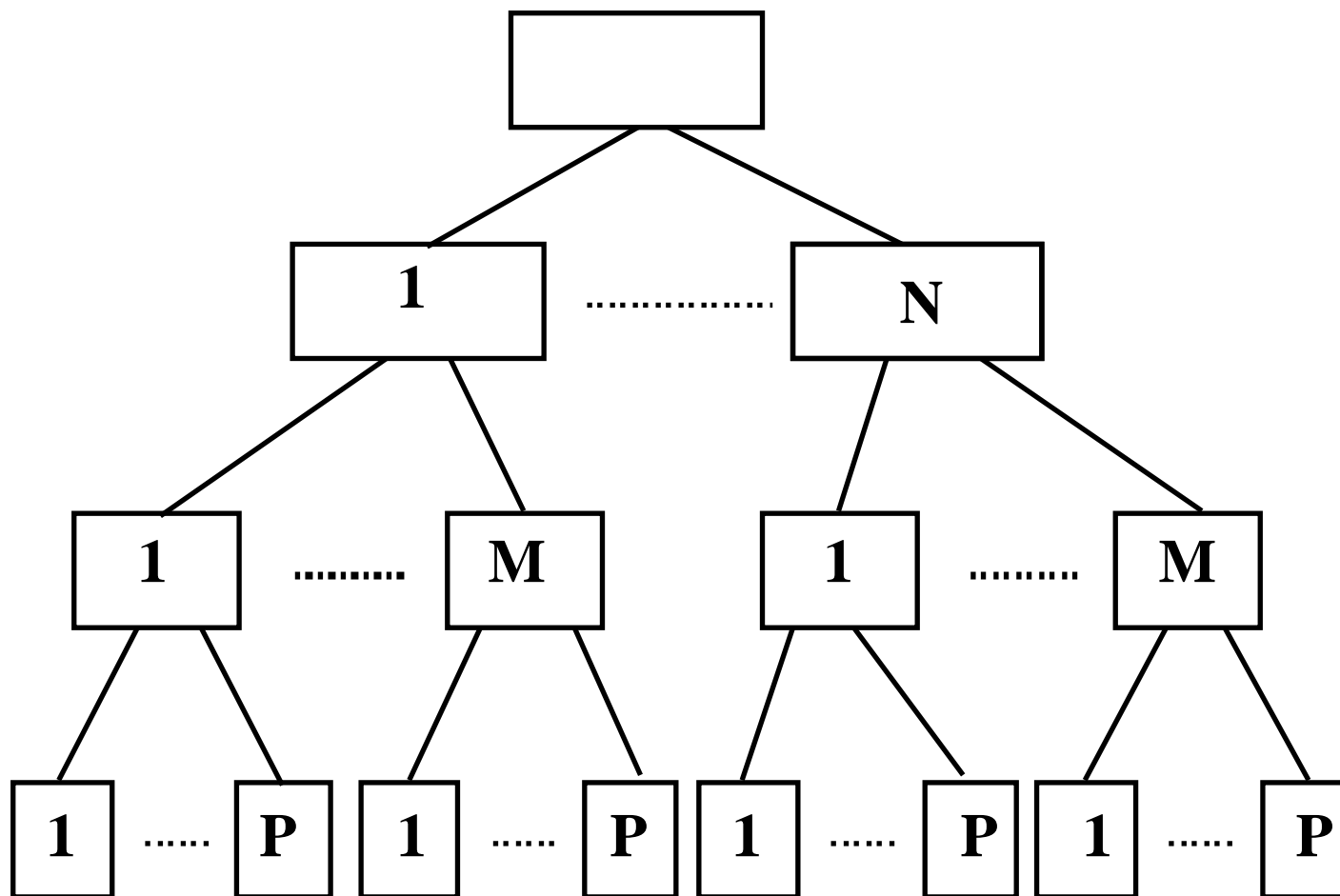
(1) 系统体系结构

系统体系结构是研究系统各部分组成及其相互关系的技术科学。研究体系结构的目的是为了**确保设计出高质量、总体优化的系统而研究一种从系统设计到实施，具有较高规范程度和参考价值的参考体系。**

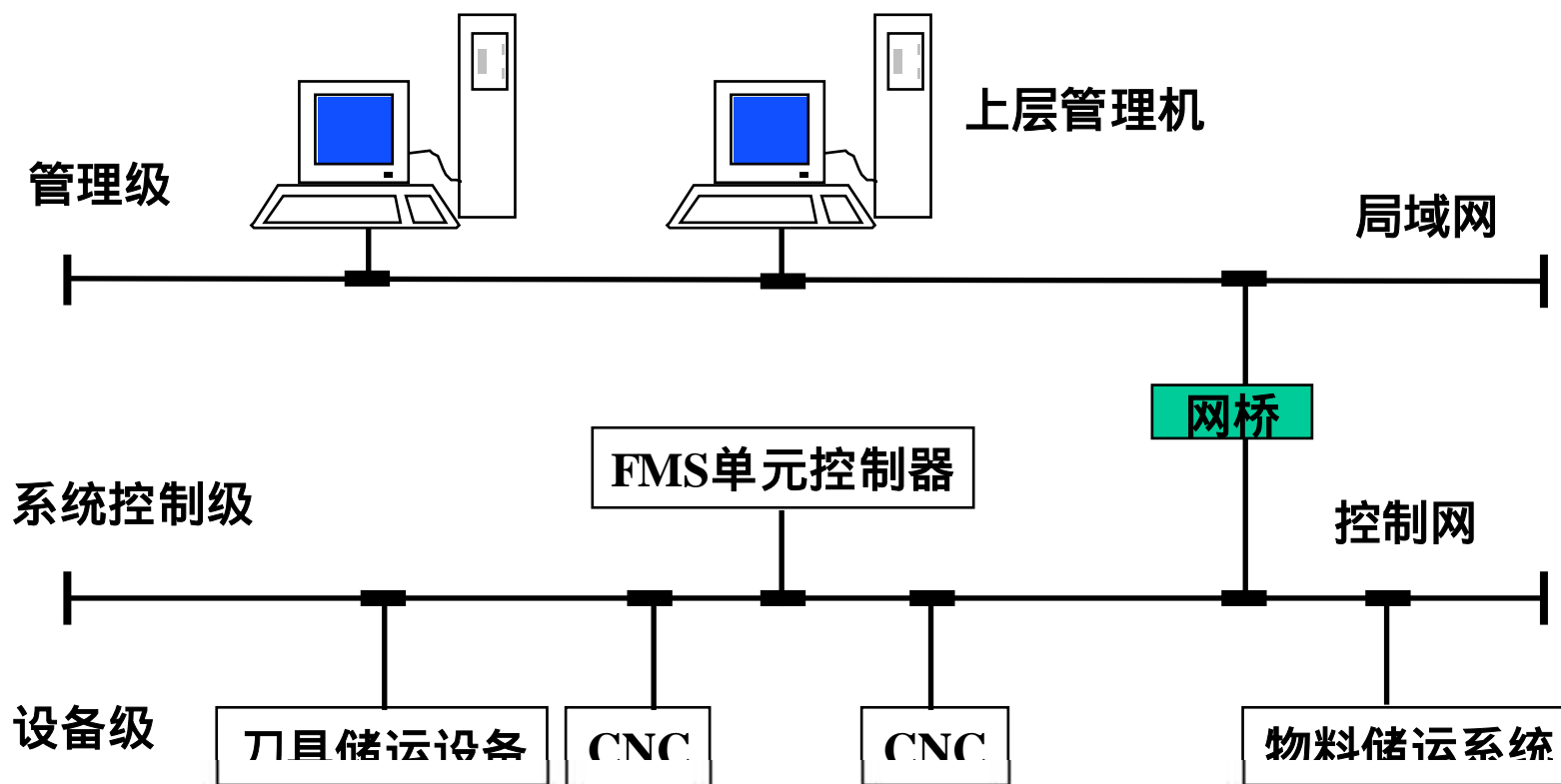
(2) 递阶控制结构的概念

为了降低控制系统的复杂性，简化实施过程，采用**横向或纵向的分解与集成而形成的一种多层递阶控制结构**

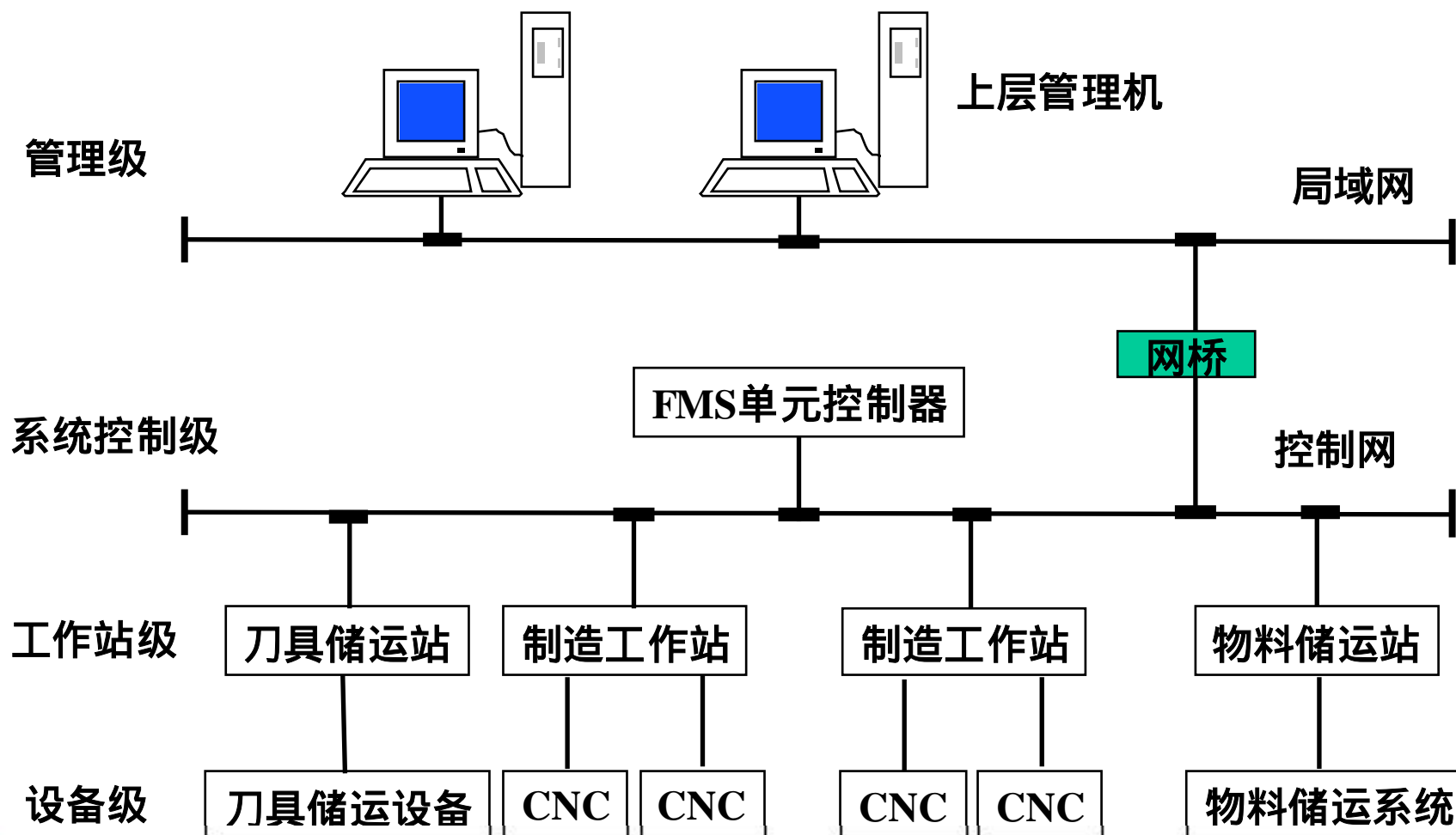




(1) FMS三级递阶控制结构

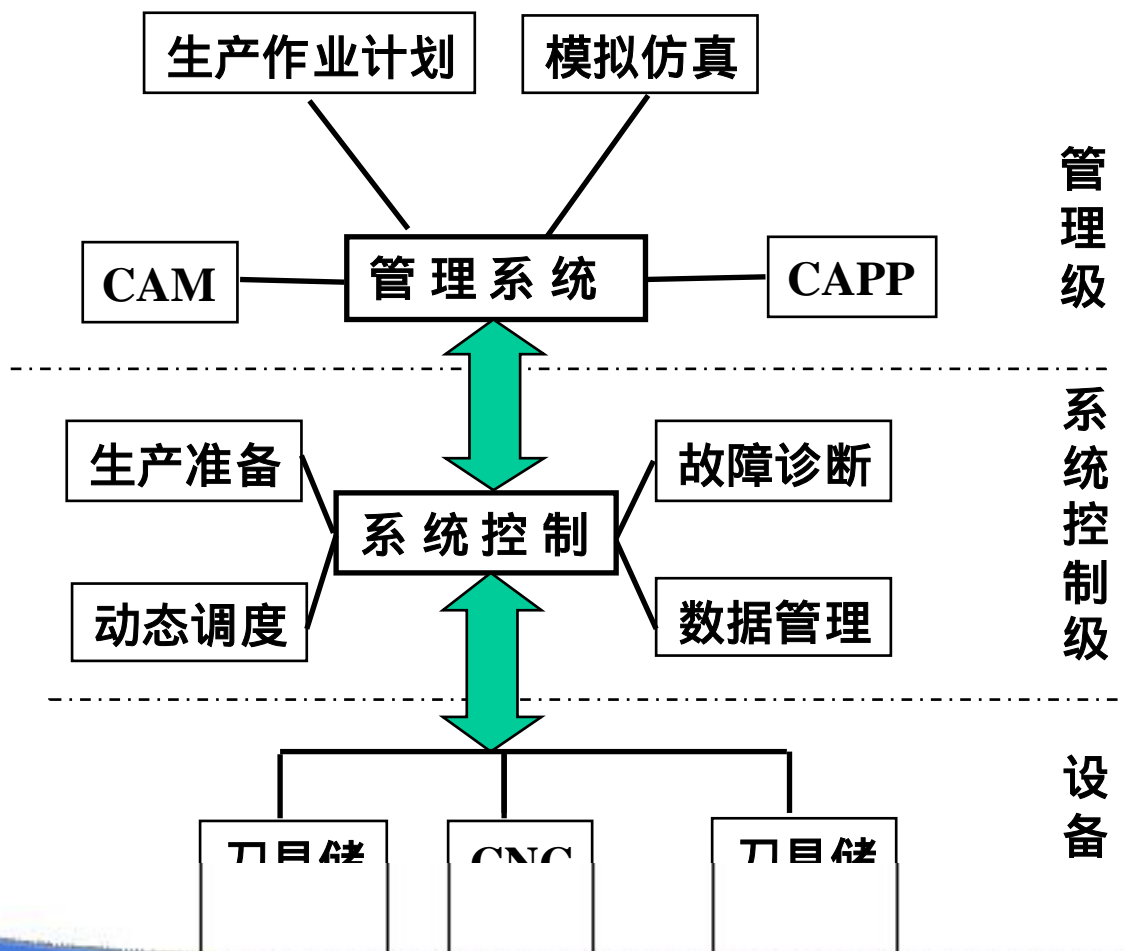


(2) 具有工作站级的FMS系统递阶控制结构



10.5 FMS计划、控制与调度

10.5.1 基于递阶控制结构FMS计划、调度和控制体系



(1) 管理级的主要功能

- FMS作业计划编制与优化；
- 作业计划运行仿真；
- 计算机辅助工艺计划编制（CAPP）；
- 数控程序自动编制与刀具轨迹模拟。

(2) FMS系统控制级的主要功能

Ø单元控制器

单元控制器是FMS控制系统软件的核心。

- 生产准备系统。
- 动态调度系统
- 故障诊断与系统监控（视）系统



∅ 工作站控制器

- | 刀具工作站控制系统；
- | 物料工作站控制系统；
- | 制造工作站控制系统。

没有工作站控制器，则分配到单元控制器上和（或）设备控制器上。

∅ 设备级控制器

设备控制器通常是由设备制造商提供，如CNC系统等。设备控制器的主要功能是对设备进行控制和管理，实现相应的功能，对于集成到FMS中的设备还必须实现FMS接口功能。



10.6 FMS实例——FMS-500

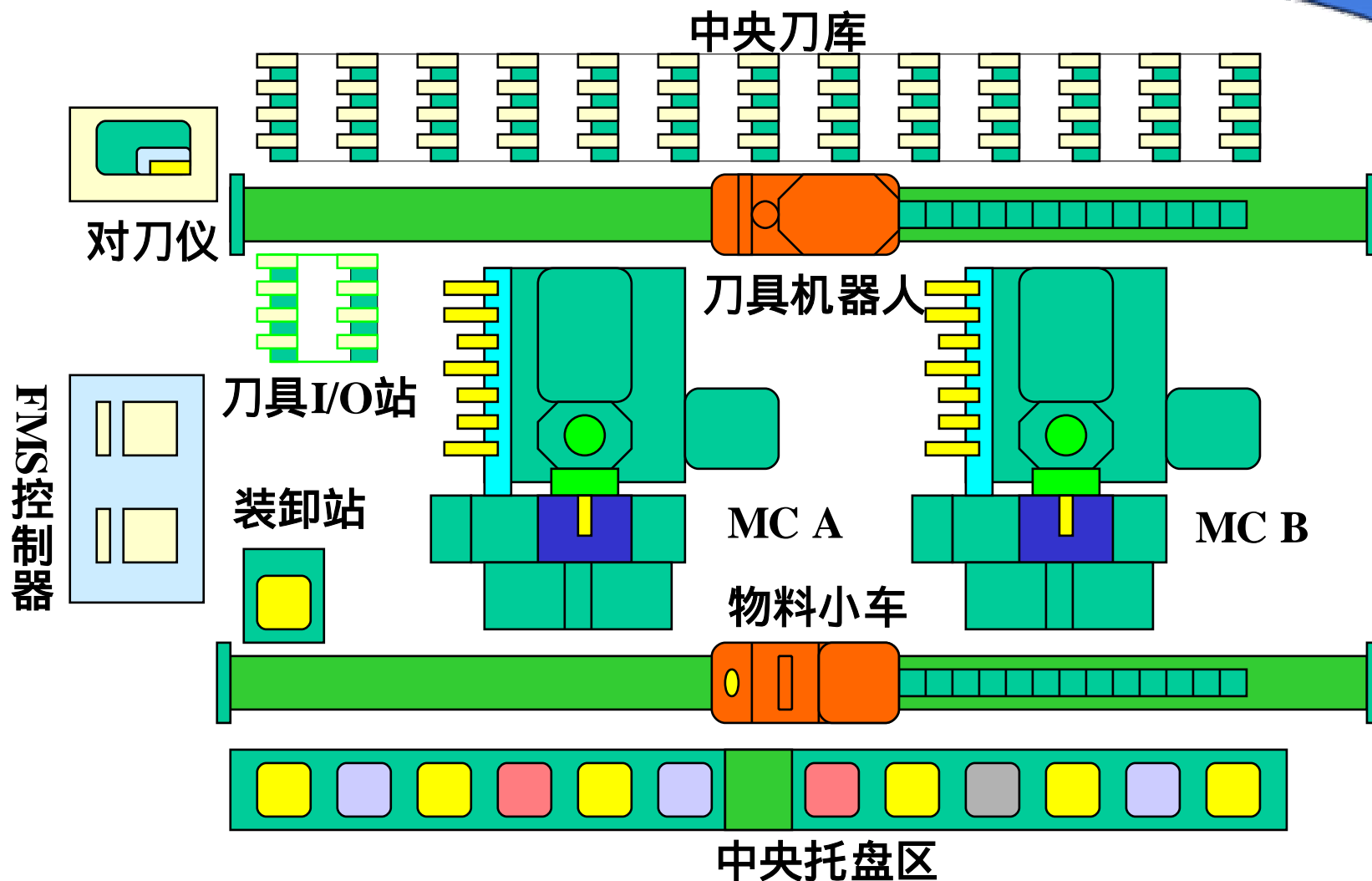
10.6.1 FMS-500系统组成、结构

(1) 系统的基本组成

FMS-500是一套适合于加工箱体类零件的中小型柔性制造系统，它由两台卧式加工中心、工件储运系统、刀具储运系统、控制系统和管理决策支持系统所组成。

物料储运子系统又由物料运输有轨小车、中央托盘库、装卸站所组成；刀具储运子系统由一台四自由度的直角坐标机器人、中央刀库、刀具进出口站和对刀仪组成，











加工中心工件进出口站





数控刀床



15 11 15 1







物料运输小车托盘交换机构





柔性制造系统



柔性制造系统



10-1-2-1-10





柔性制造系统









系统的控制结构

