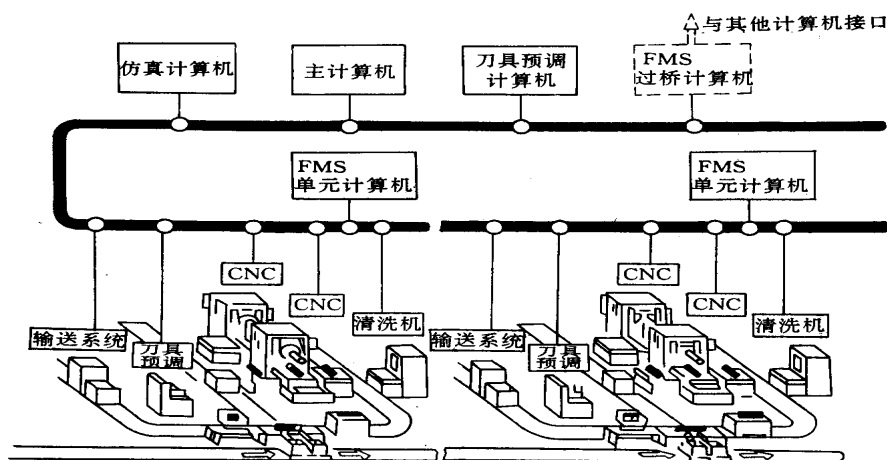


第六章 柔性制造系统 与智能制造系统



目 录

6.1 概述

6.1.1 FMS的产生

6.1.2 FMS定义、组成、特点

6.2 FMS加工系统

6.2.1 加工系统功能和要求

6.2.2 常用加工设备

6.2.3 刀具运储系统

6.3 自动换料装置

6.4 零件运储系统

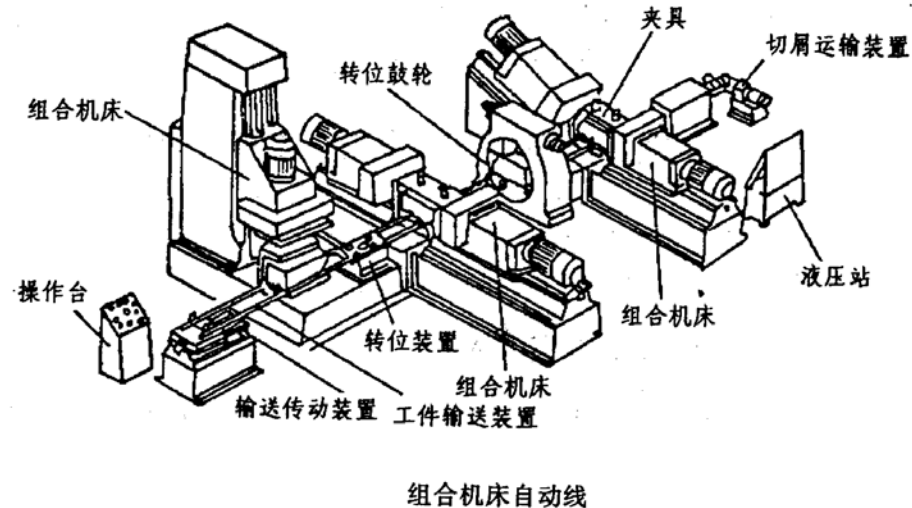
6.5 自动化仓库

6.6 FMS控制系统




6.1 概述

1FMS(FlexibleManufacturing System)的产生



刚性生产线——柔性生产线

195几年英国DAVID WILLIAMSON工
程师提出“FMS”。



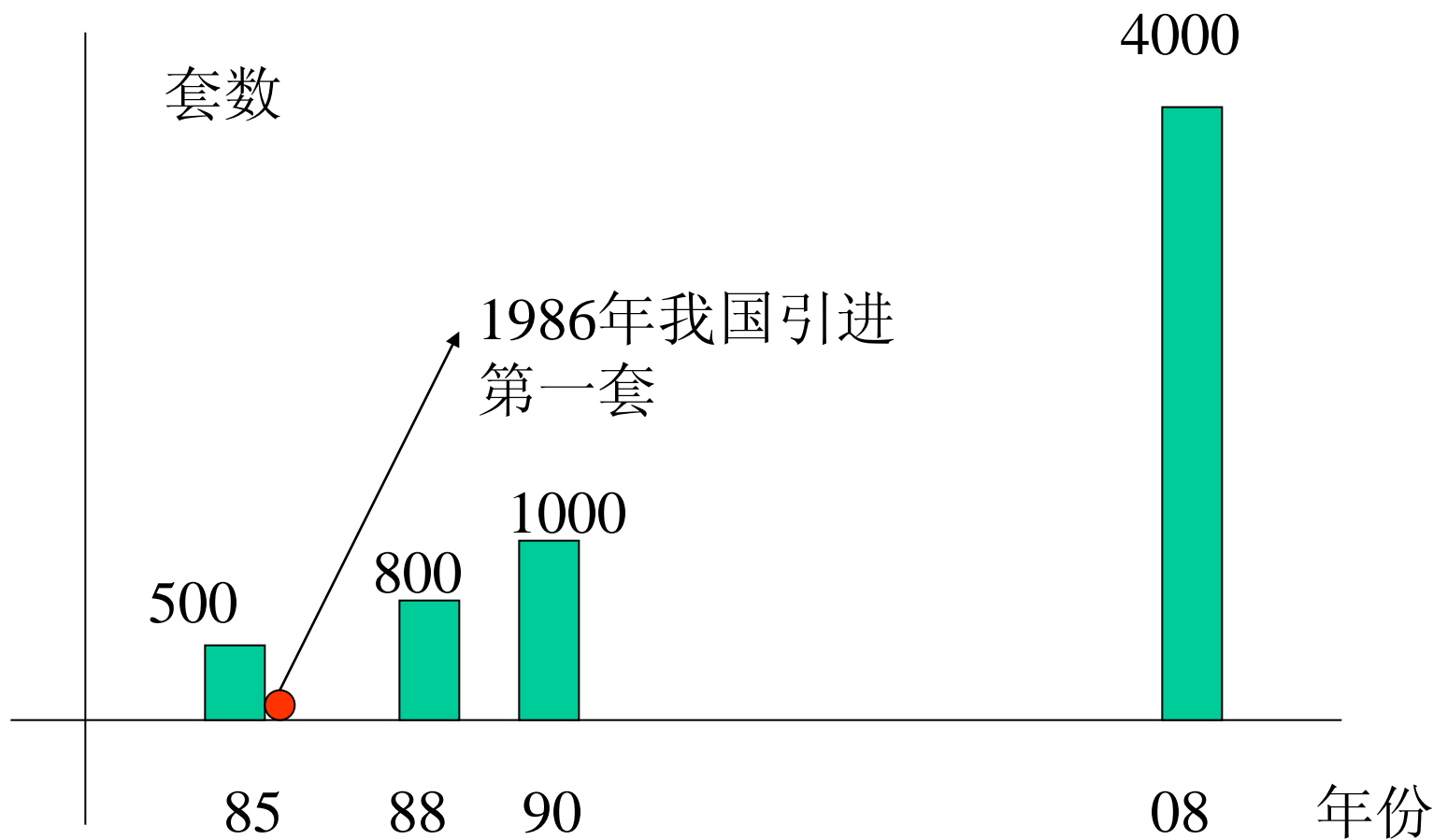
•1967年，英国莫林斯公司首次根据威廉森提出的FMS概念，研制了“系统24”。目标实现昼夜24小时连续自动加工，但由于经济和技术上的困难而未全部建成。

•美国的怀特·森斯特兰公司建成 **Omniline I** 系统。

•1976年，日本FANUC公司展出了由加工中心和工业机器人组成的柔性制造单元(简称FMC)。

• 70年代末期，FMS在技术上和数量上都有较大发展，80年代初期已进入实用阶段，其中以由3~5台设备组成的FMS为多，也有规模更大的系统投入使用。

1994年初，世界各国已投入运行的FMS约有3000多个，其中日本拥有2100多个，占世界首位。在现已运行的FMS中，50%的FMS由美国制造商提供，另外50%由日本和德国厂商提供。



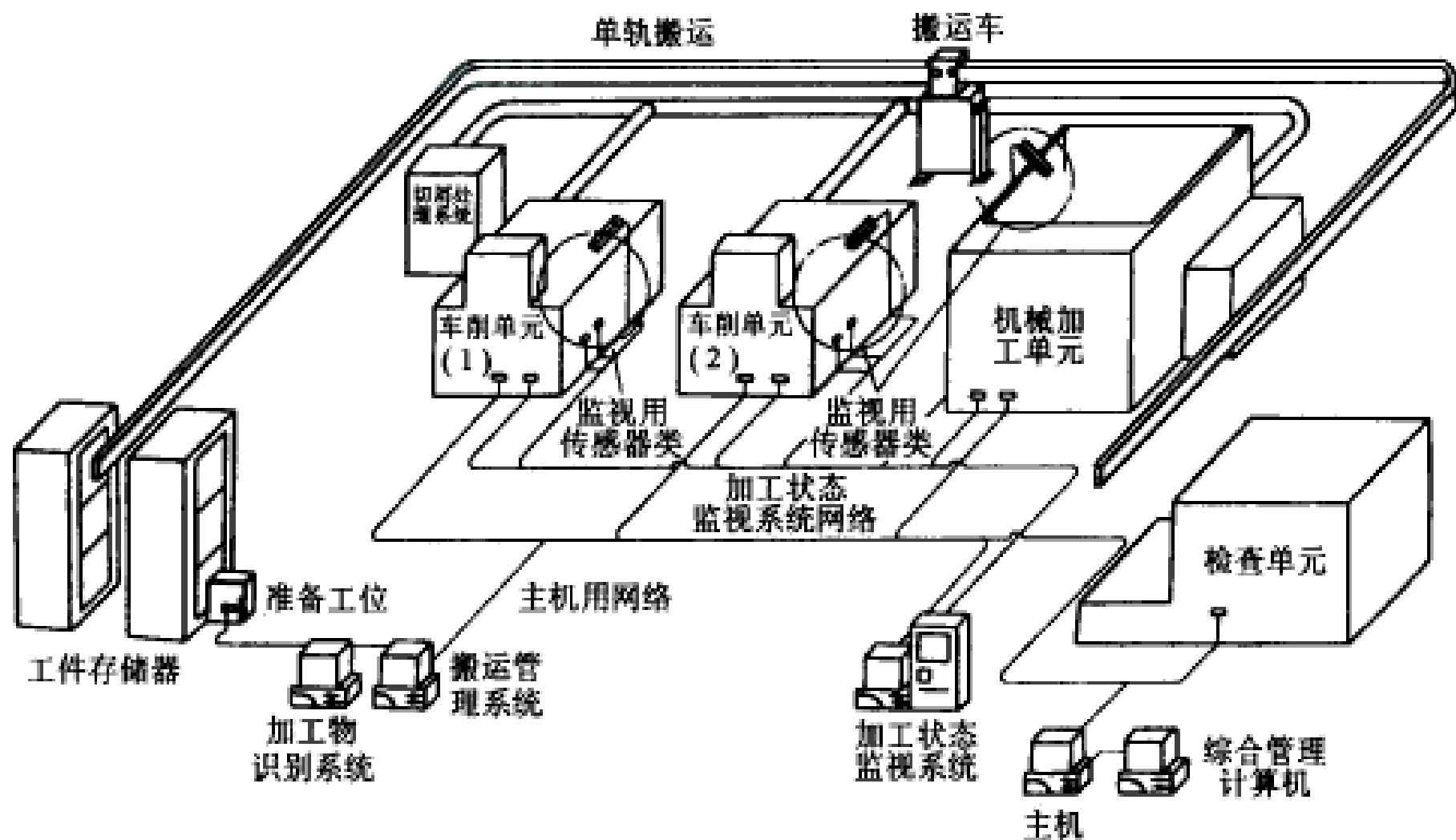
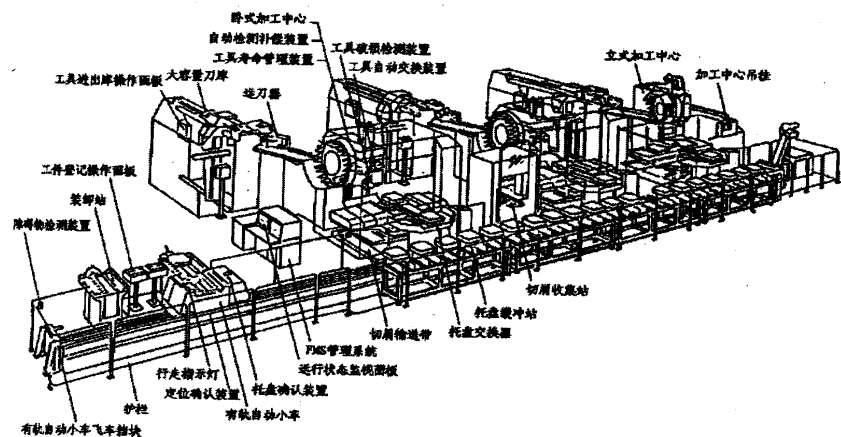
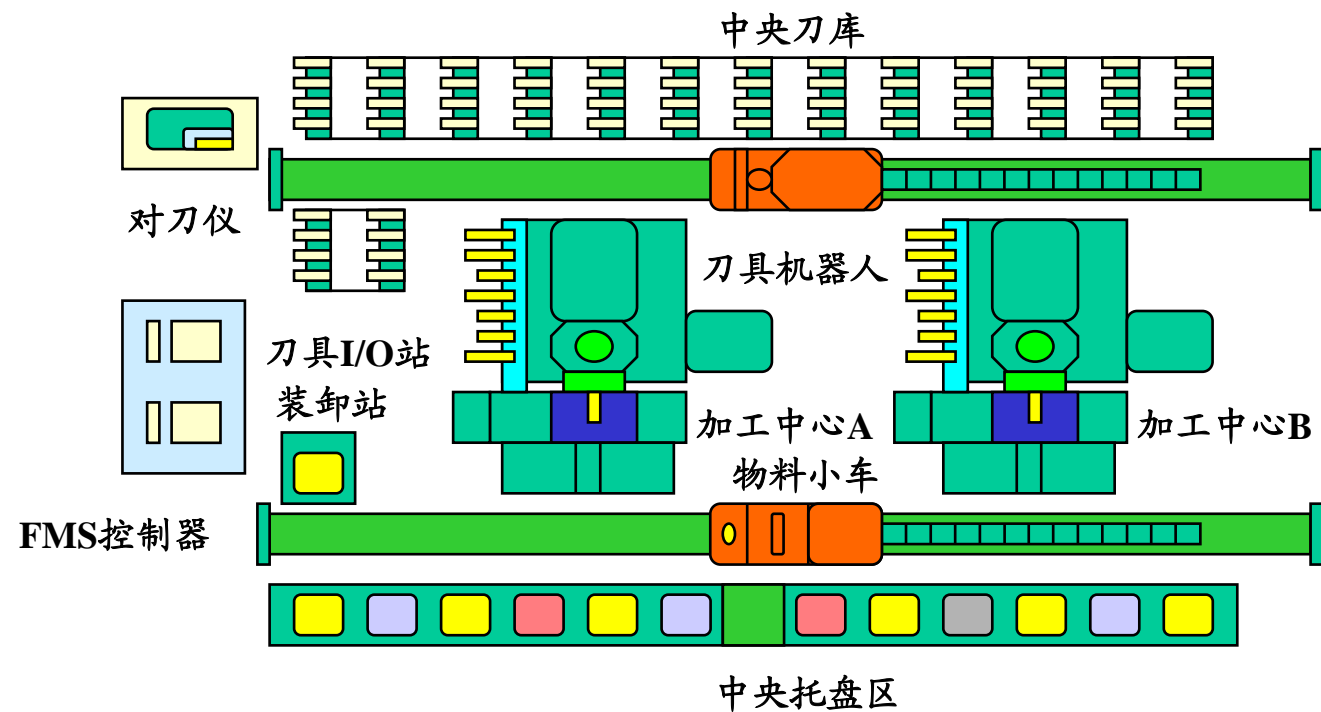
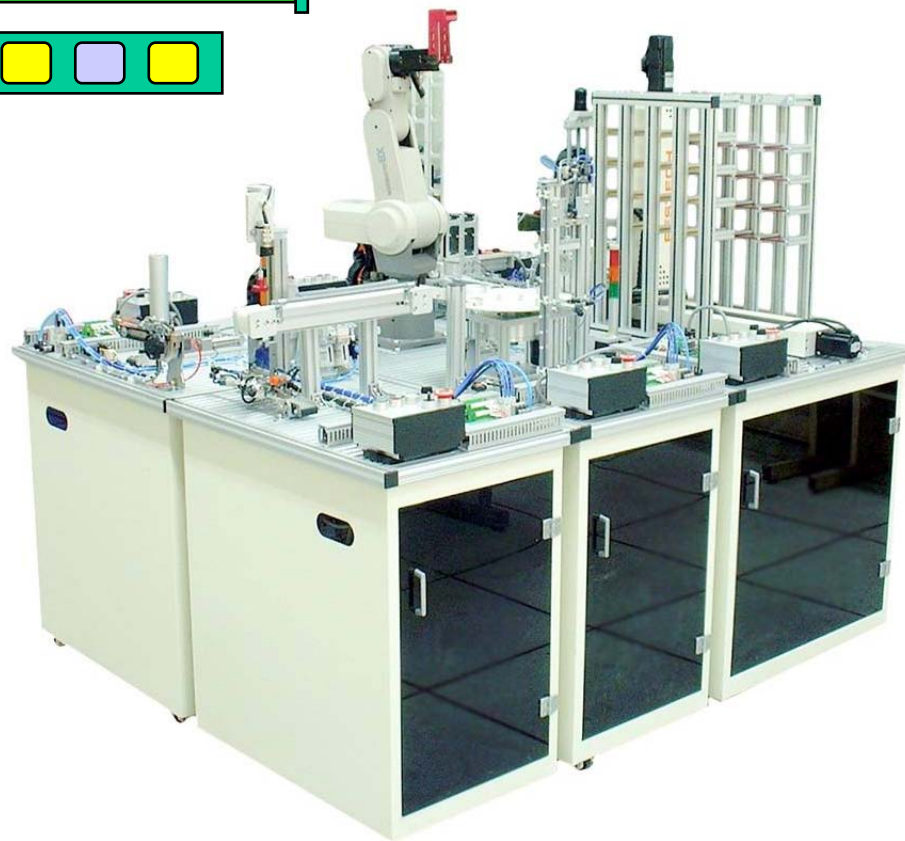


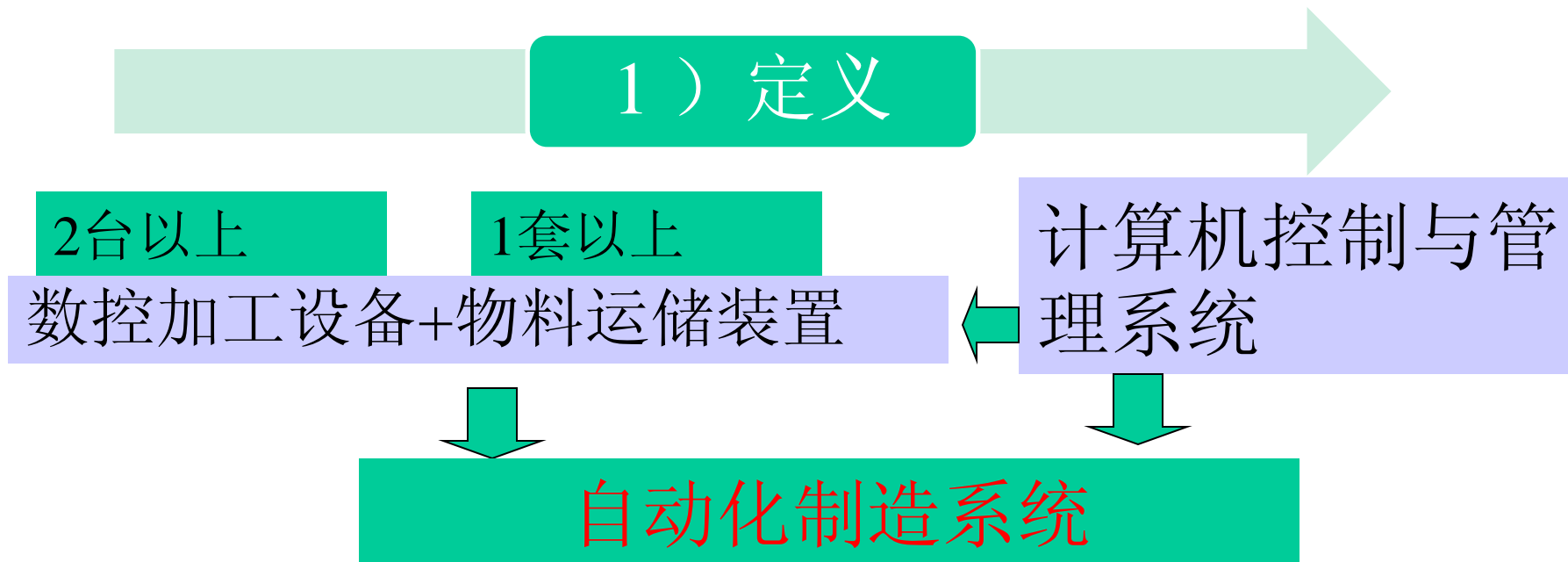
图 15 应用例中 FMS 的组成



柔性制造系统(FMS)



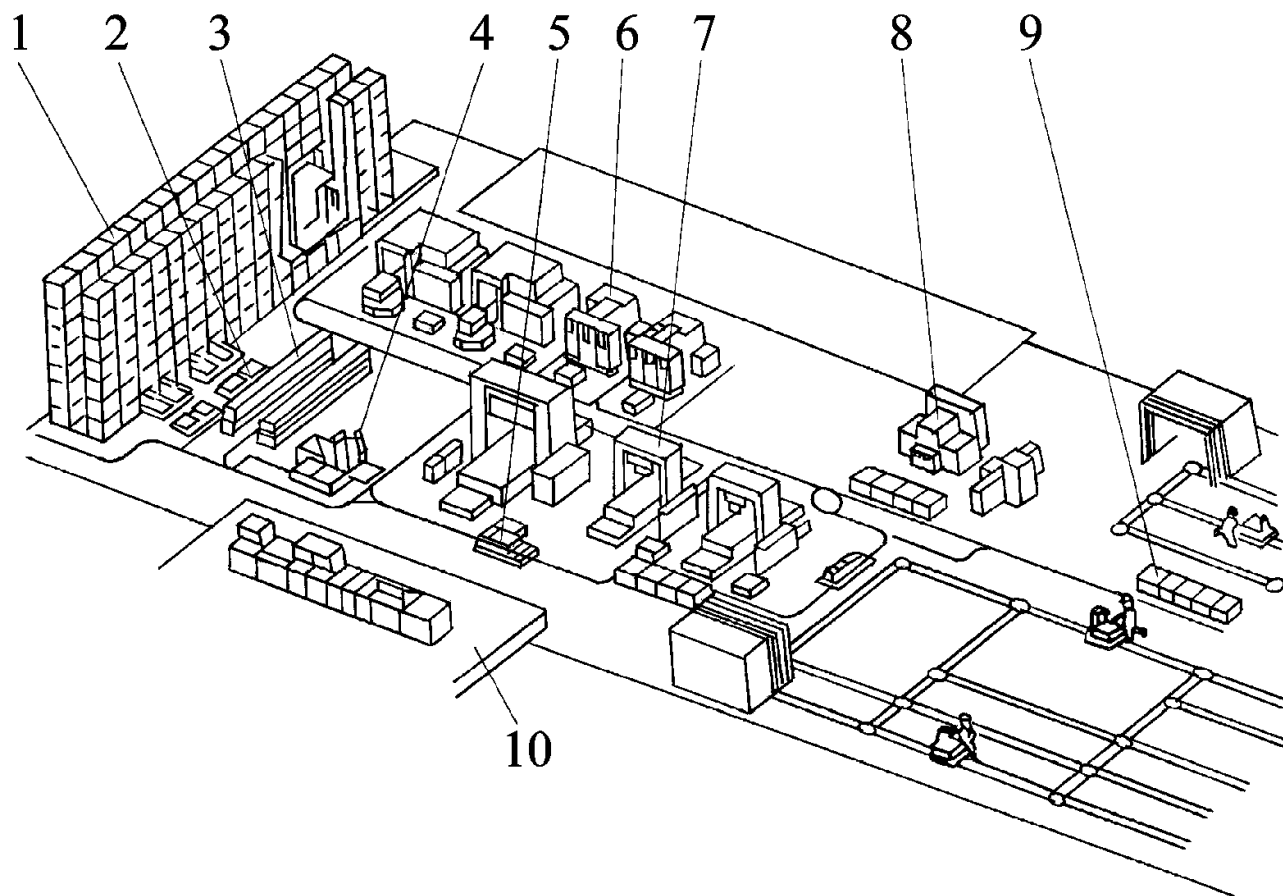
6.1.2 FMS的定义、组成、类型



美国国家标准局定义**FMS**：由一个传输系统联系起来的一些设备，传输装置把工件放在其它联结装置上送到各加工设备，使工件加工准确、迅速、自动化。中央控制系统控制机床与传输系统。

在我国有关标准中，FMS被定义为：由数控加工设备、物流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环境变化迅速进行调整，适用于多品种，中、小批量生产。

国外有关专家对FMS进行了更为直观的定义：柔性制造系统是至少由两台机床、一套物料运储系统(从装载到卸载具有高度自动化)和一套计算机控制系统所组成的制造系统，它通过简单地改变软件的方法便能制造出多种零件中的任何一种零件。



1—自动仓库；2—装卸站；3—托盘站；4—检验机器人；5—自动运输车；
6—卧式加工中心；7—立式加工中心；8—磨床；9—组装交付站；10—计算机控制室

图2-1 典型的柔性制造系统

2) 硬件组成

2台以上数控机床 或加工中心

及其辅助设备：测量机、动平衡机、清洗机

各种特种加工设备以及刀具修形设备

自动装卸的刀具、原料运储系统——物流系统

上下料托盘、交换工作站、刀具库和工件库

传送带、有轨小车、无轨小车、机器人

计算机监测与控制系统

典型的FMS一般由三个子系统组成。它们是加工系统、物流系统和控制与管理系统，各子系统的构成框图及功能特征如图1所示。

三个子系统构成了一个制造系统的能量流（通过制造工艺改变工件的形状和尺寸）、物料流（主要指工件流和刀具流）和信息流（制造过程的信息和数据处理）。

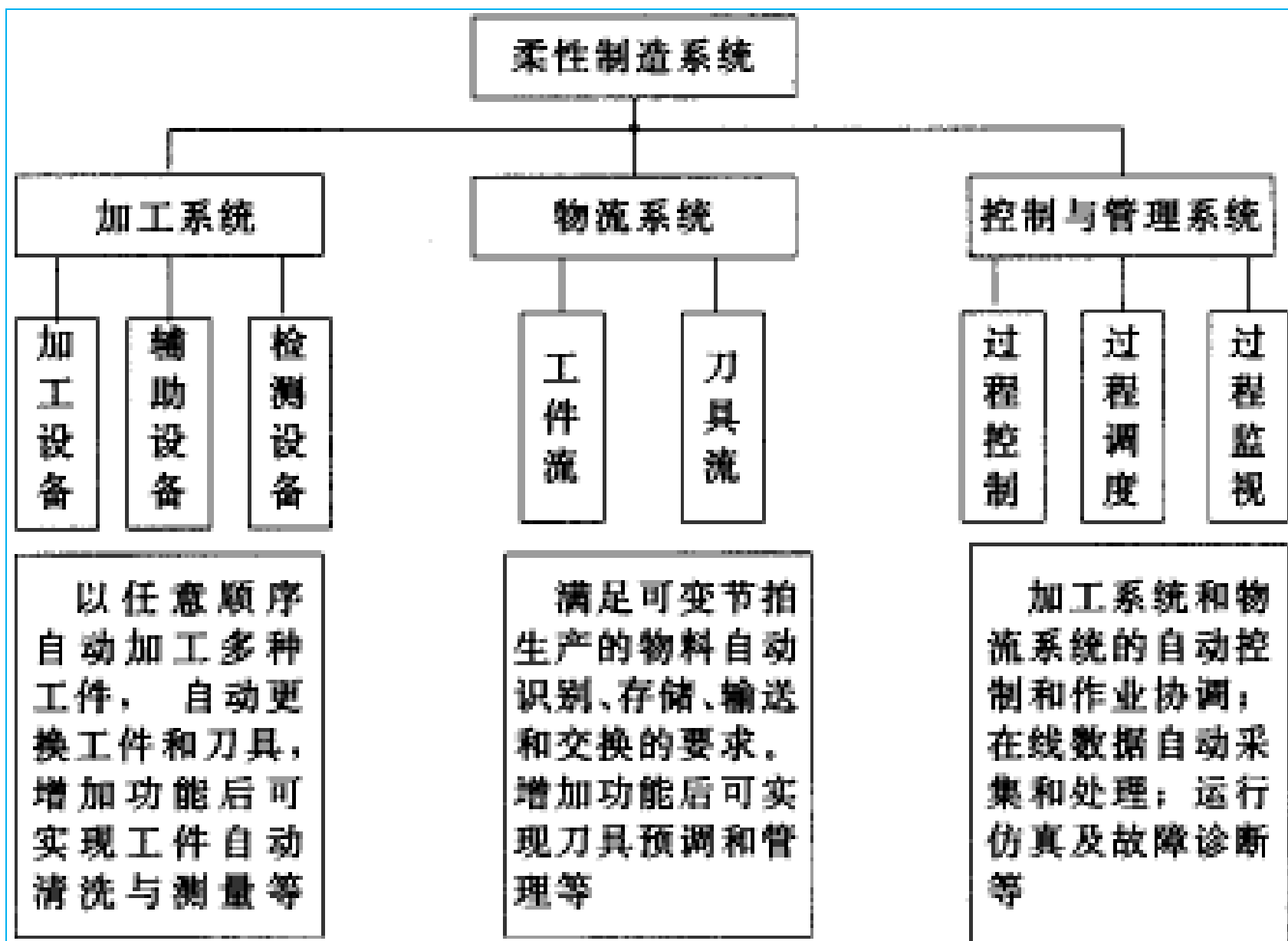


图 1 FMS的组成框图及功能特征

3) 软件组成

FMS 的运行控制

FMS 的质量保证（检测、管理）

FMS的数据管理和通讯网络

4) FMS的功能

1) 自动进行批量生产

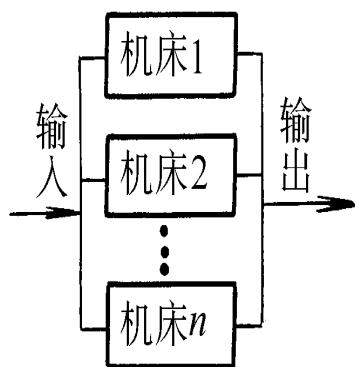
2) 改变软件，制造出一零件族

3) 物料（刀具、原料）运输、存储自动进行

4) 对各加工设备任务进行调度

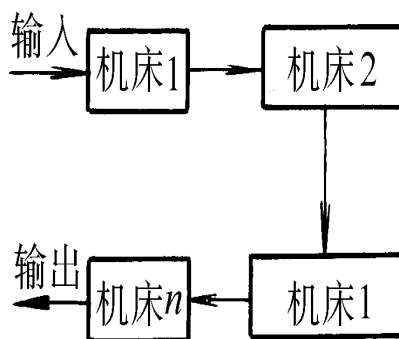
2. FMS的类型

配备互补机床的FMS
配备可互相替换机床的FMS
混合式的FMS



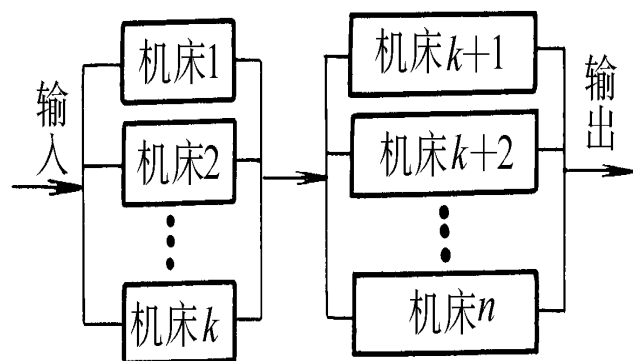
a)

a) 互替式



b)


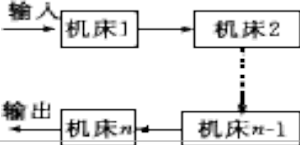
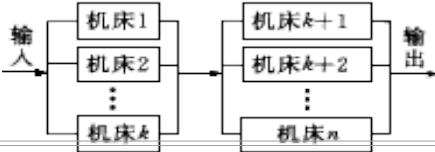
b) 互补式



c)

c) 混合式

表 1 机床配置形式与特征比较

特征	a) 互替形式	b) 互补形式	c) 混合形式
简图			
生产柔性	低(多功能机床)	中(专用机床组成)	高
生产率	低	高	中
技术利用率	低	中	高
系统可靠性	高	低	中
投资强度比	高	低	中

7) FMS的特点

- 连续自动工作
- 人工参与少
- 运行效率高
- 共用刀具与夹具
- 柔性高

6.2 FMS的加工系统

6.2.1 加工系统的功能及要求

A、加工系统的作用

完成工件成型加工，主要加工两类零件：

- ◎ 棱柱体零件，如箱形体、平板形
- ◎ 回转体

B、FMS加工设备八个选择原则

1) **工序集中**。如选用多功能机床、加工中心等，以减少工位数和减轻物流负担，保证加工质量。

2) **控制功能强、扩展性好**。外部通信功能和内部管理功能强，有内装可编程序控制器，易于与上下料、检测等辅助装置连接和增加各种辅助功能，方便系统调整与扩展。

3) **高刚度、高精度、高速度**。选用切削功能强，加工质量稳定，生产效率高的机床。

4) 使用经济性好。如导轨油可回收，断、排屑处理快速、彻底等，以延长刀具使用寿命。系统能安全、稳定、长时间无人值守而自动运行。（干切削）

5) 操作性、可靠性、维修性好、使用寿命长。

6) 自保护性、自维护性好。如设有切削力过载保护、功率过载保护、行程与工作区域限制等。有故障诊断和预警功能以及集中润滑等系统。

7) 对环境的适应性与保护性好。对工作环境的温度、湿度、噪声、粉尘等要求不高。

8) 其他。如技术资料齐全，机床上的各种显示、标记等清楚。

6.2.2 加工系统中常用加工设备介绍

1) 数控加工中心（MC—Machining Center）

加工中心是一种备有刀库并能按预定程序自动更换刀具，对工件进行多工序加工的高效数控机床。

它的最大特点是工序集中和自动化程度高，可减少工件装夹次数，避免工件多次定位所产生的累积误差，节省辅助时间，实现高质、高效加工。

常见加工中心按工艺用途可分为：

镗铣加工中心：镗、铣、钻、攻螺纹等。

车铣加工中心：外圆车削、镗孔、钻孔、端面铣、加工外圆上的平面、径向孔、槽，凸缘上的孔、槽、端面等。

钻削加工中心：钻削、铣削、镗削、刚性攻丝功能

磨削加工中心：内外圆磨削（立、卧两种）

按主轴在加工时的空间位置可分为：

- 立式加工中心
- 卧式加工中心
- 立卧两用（也称万能、五面体、复合）加工中心。

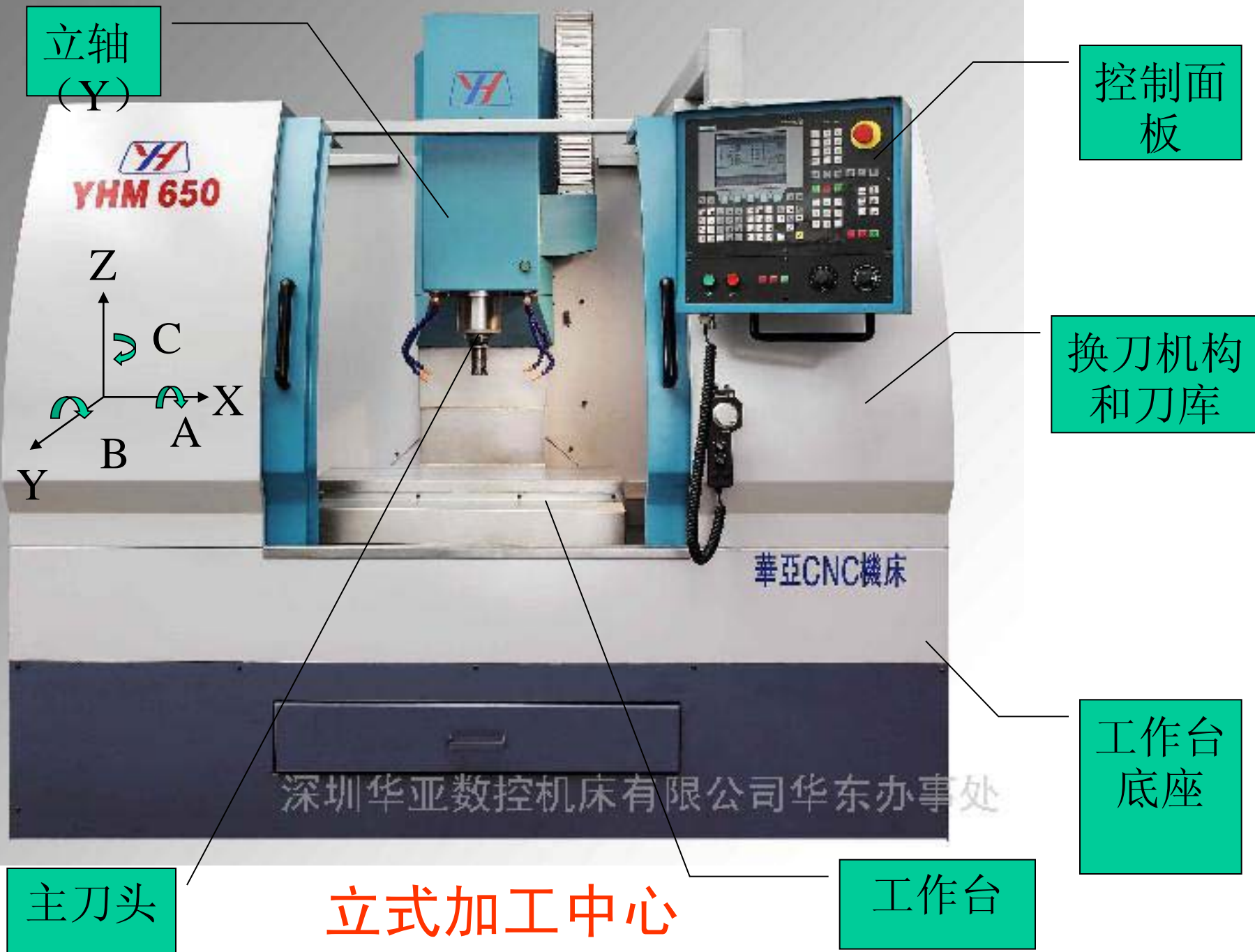
- 在实际应用中，以加工棱柱体类工件为主的镗铣加工中心和以加工回转体类工件为主的车铣加工中心最为多见。
- 由于镗铣加工中心（1958年由美国KM公司在数控铣床上加刀库）最早出现，且名为加工中心（Machining Center），所以习惯上常把“镗铣加工中心”称为“加工中心”。我们不妨也沿用此习惯。

数控加工中心运动轴:

至少X, Y, Z三个平动轴
还有A, B, C三个转动轴

五轴联动机床:

X, Y, Z加B轴, A (或C轴)

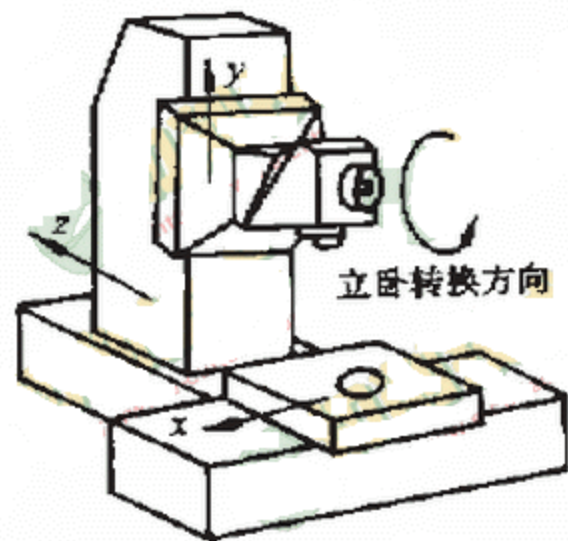




卧式加工中心



立卧加工中心



2) 镗铣加工中心

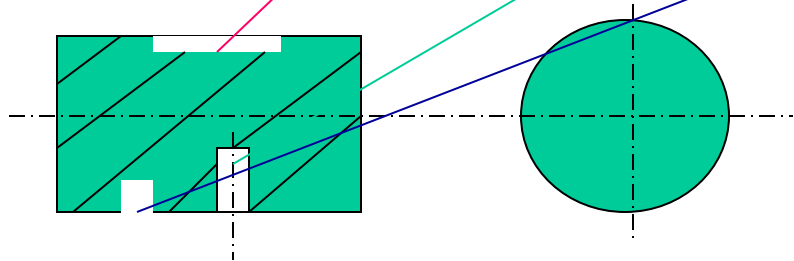
加工中心可完成镗、铣、钻、攻螺纹等工作，它与普通数控镗床和数控铣床的区别之处，主要在于它附有刀库和自动换刀装置。

加工中心是复杂曲面加工的理想设备。



3) 车铣加工中心 (TC-Turning Center)

- 分卧式和立式
- 回转零件的复合加工
- 外圆车削、镗孔、钻孔、端面铣
- 加工外圆上的平面、径向孔、槽，凸缘上的孔、槽、端面



视频

6.2.3 FMS的刀具储运系统

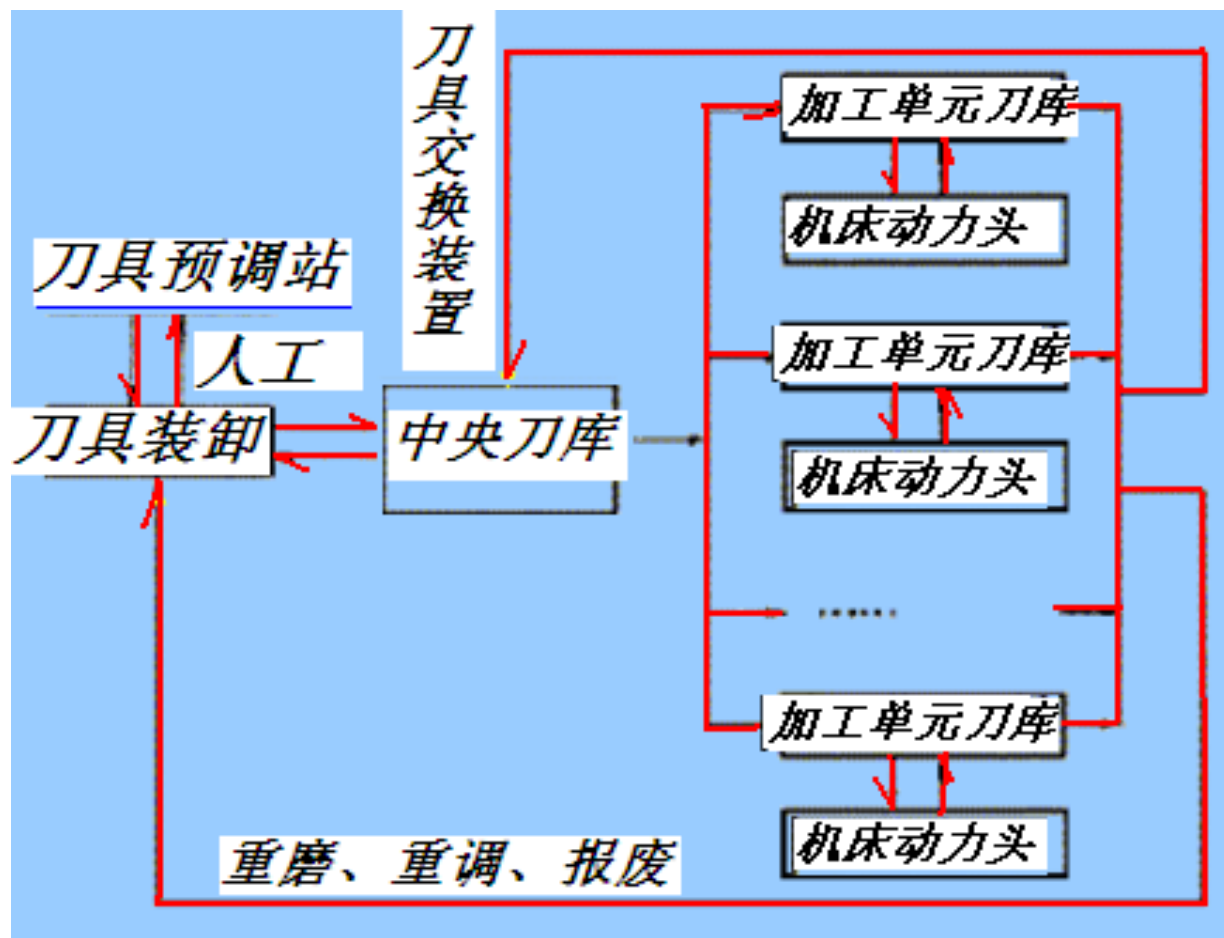
1) FMS刀库形式

- 中央刀库

一条由 10台加工中心组成的FMS，大约需要 3000~ 5000把刀具。若低于这个数目，生产线可能会由于等待刀具而造成停工。

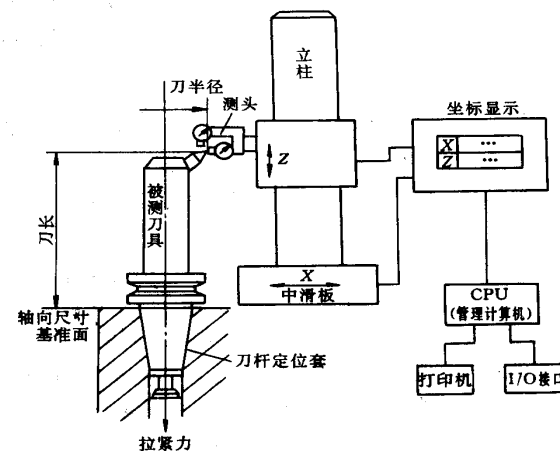
- 加工中心刀库
20~80把刀具.

FMS环境下刀具流的组成及运行过程



预调站：刀柄、
刀具组装，刀具
测试、记录并输
入计算机系统。

装卸站：临时
存储站



刀具预调仪示意图

2) 加工中心的刀库

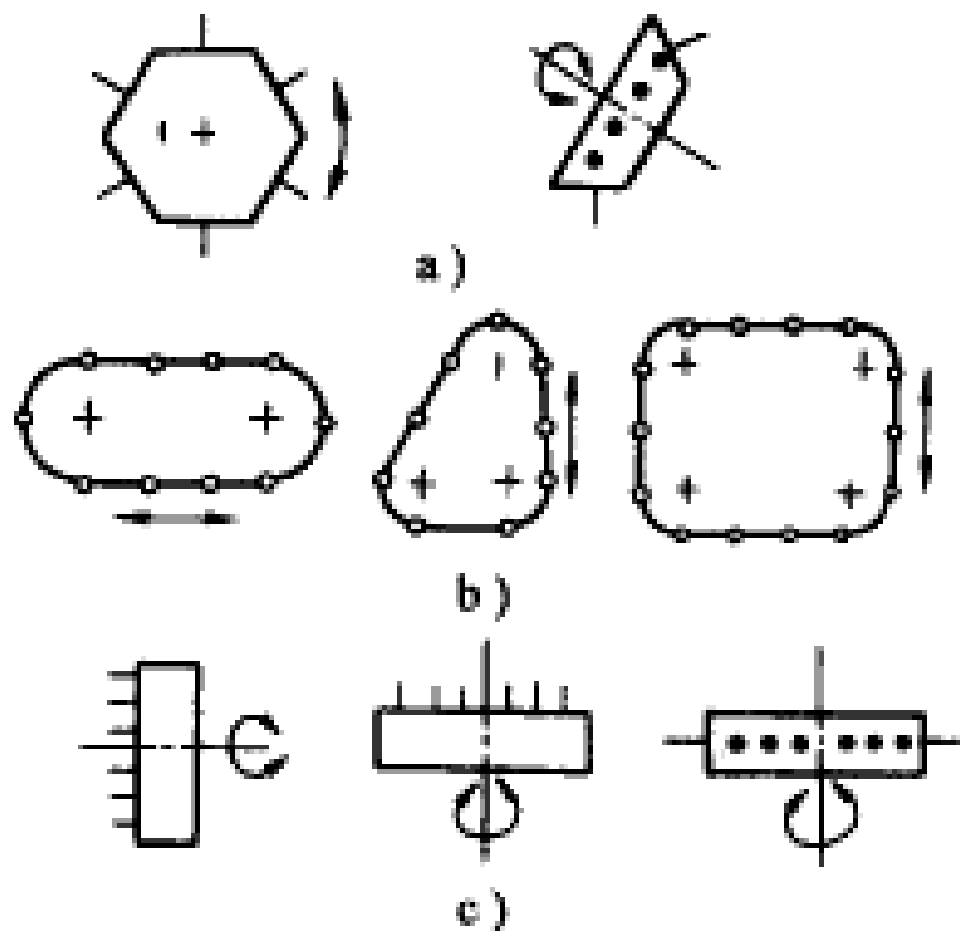


图 3 加工中心刀库的基本类型

a) 转塔式 b) 链式 c) 盘式

转塔式：6~8把刀具



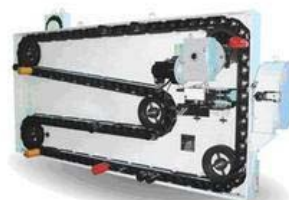
适用于轻便简单机型,如车削中心，钻削中心。

盘式：~32把刀。



适应于中小型加工中心。盘式和转塔式刀库的特点是构造简单、适当选择刀库位置可省略换刀机械手，但刀库容量有限。

链式：30~120把



链式刀库的特点是存刀量多、扩展性好，但结构复杂。



3) 自动换刀装置

- 衡量加工中心刀库的指标有：刀具存储量、刀具（加刀柄和刀杆等）最大尺寸与重量、可扩展性等；
- 衡量自动换刀装置的指标有：换刀重复定位精度、换刀时间等。



➤ 常用换刀机械手有单臂式、双臂式、回转式和轨道式等。

➤ 双臂式机械手换刀时，可缩短换刀时间又有利于使机械手保持平衡，被广泛采用。



单臂式

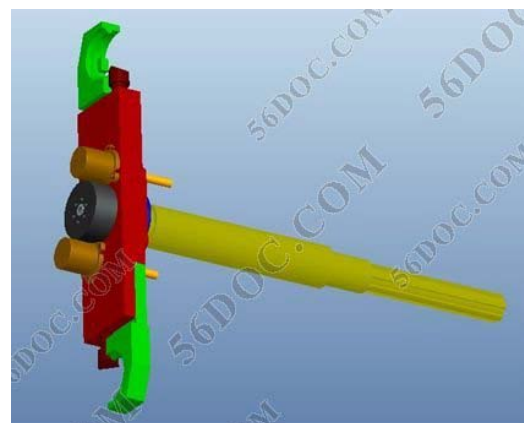


图 10 换刀机械手组 56DOC.COM 毕业设计(论文)网

双臂式

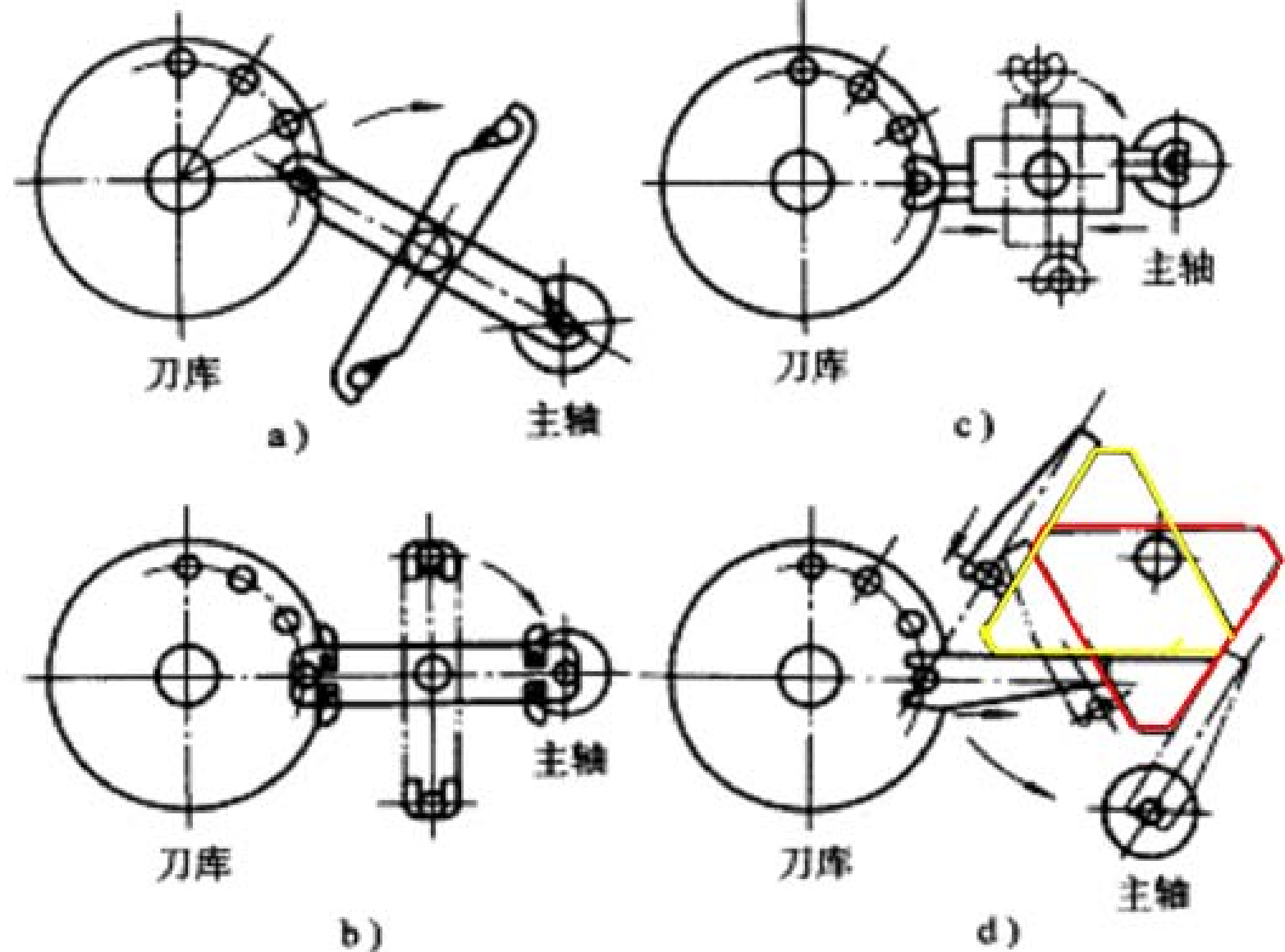


图 4 双臂式机械手的手爪结构

a) 钩手 b) 抱手 c) 伸缩手 d) 叉手

4) 加工中心刀位管理



从刀库中挑选所需刀具的方法有：

顺序选择法：

按加工顺序。
不能放错，刀具不能重复利用。（已少用）

刀座编码法：

不能放错、刀具能重复利用——应用普遍。

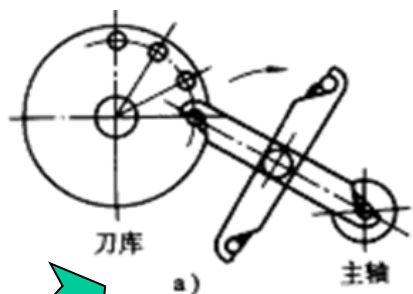
刀具编码法：

刀柄上有识别码，可任意放，可重复用（难定位）。

刀具刀座跟踪记忆法：

刀座、刀具同时识别（容易定位）。

其中，刀具刀座跟踪记忆法在加工设备内使用最为方便，刀具编码法适合于FMS刀具的集中管理，所以在FMS中常将这两种方法混合使用。



5) 换刀时间

刀对刀换刀时间:

主轴和刀库刀座都回到换刀点后交换刀具所需的时间。

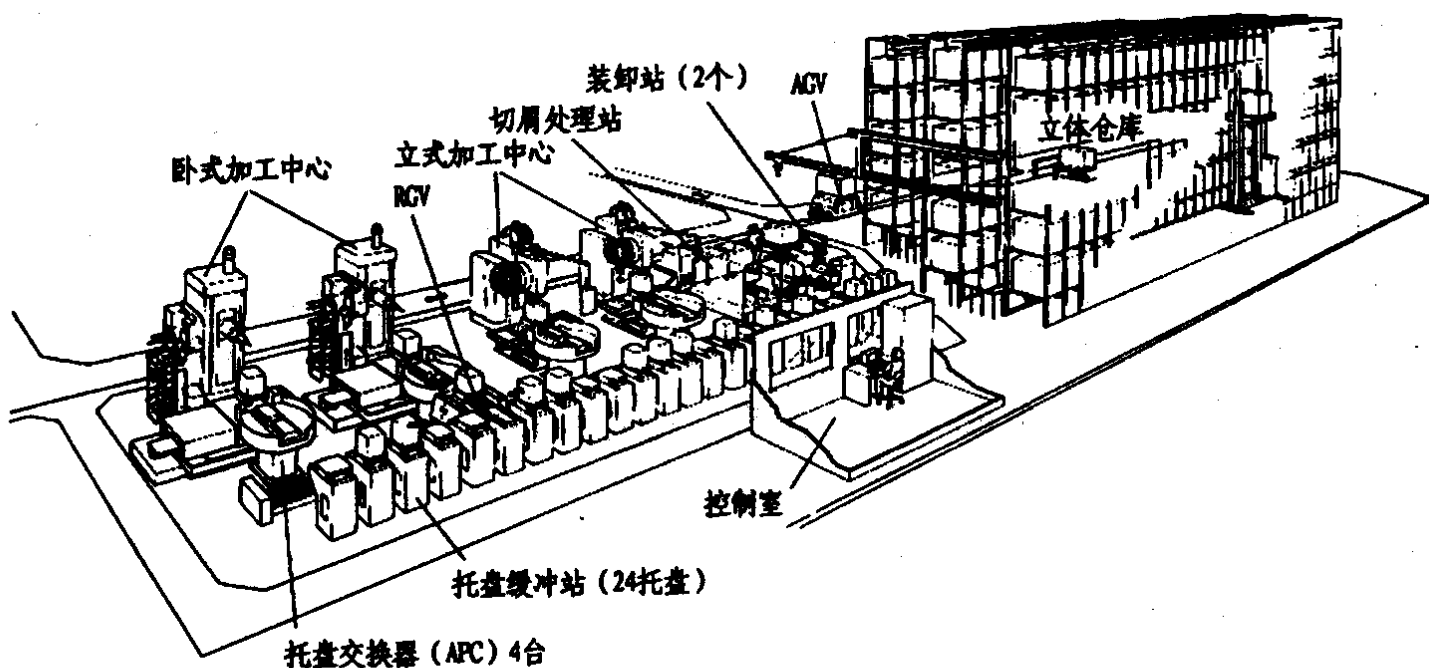
加工对加工换刀时间:

从上一把刀加工结束到刀具交换后下一把刀进入加工所需的时间。

通常加工中心的技术参数中给出的换刀时间是刀对刀换刀时间（或称净换刀时间），目前最快为0.45s，一般为5s左右。

6.3 自动换料装置

- **功能：**完成加工设备间、加工设备与自动化仓库间的**工件运输与搬运。**

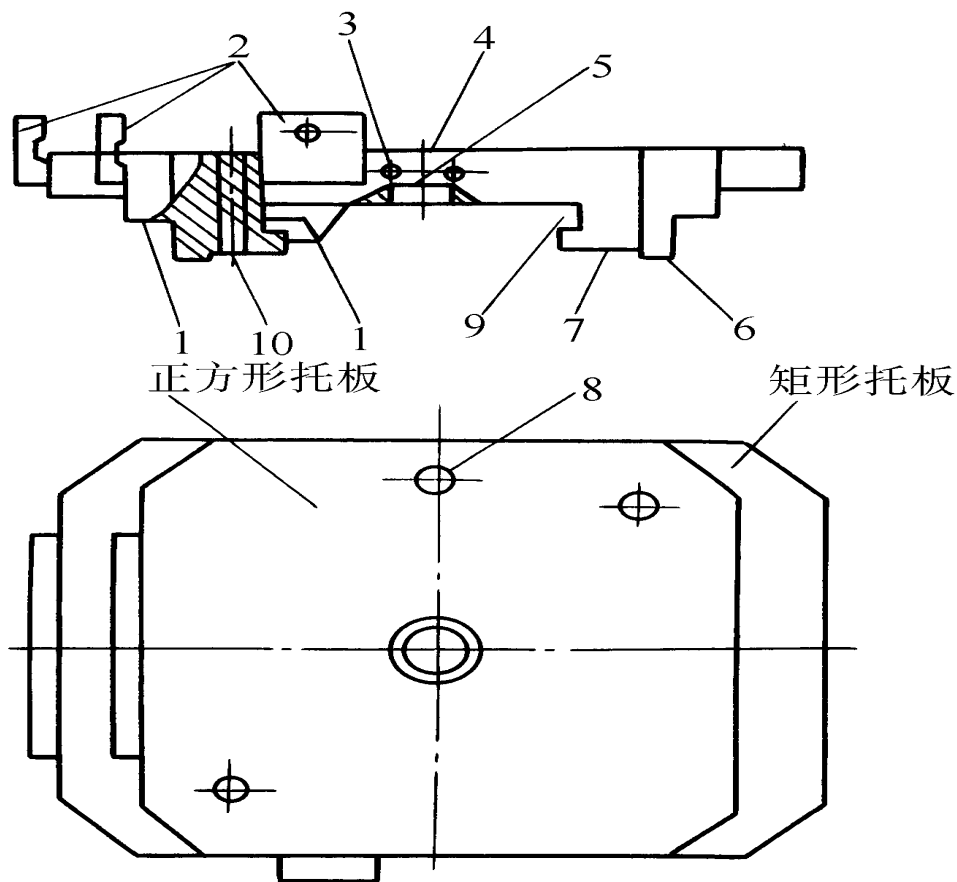


有平面仓库和立体仓库的 FMS

- **工件更换方式：**工件用夹具安装在托盘上，托盘成为机床的工作台，更换工件则连同托盘一起更换。
- **更换装置：**托盘交换器、机器人

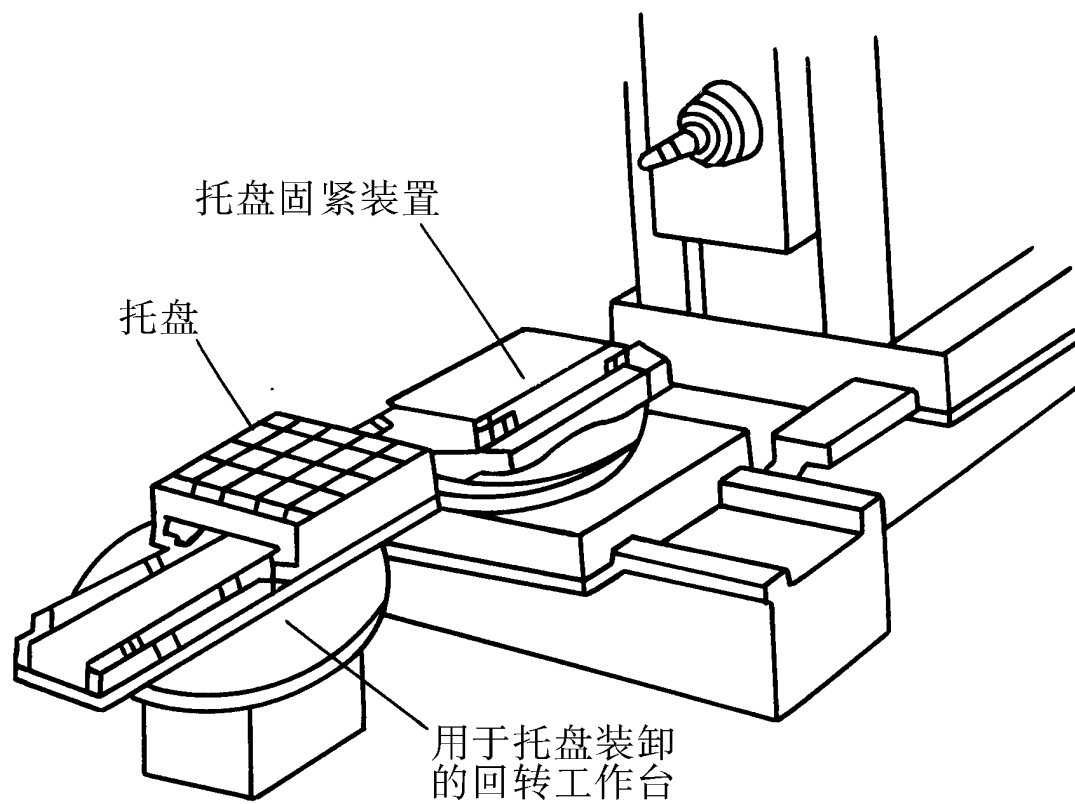
1) 托盘交换器

它完成或协助完成物料（工件）的装卸与交换，并起缓冲作用。

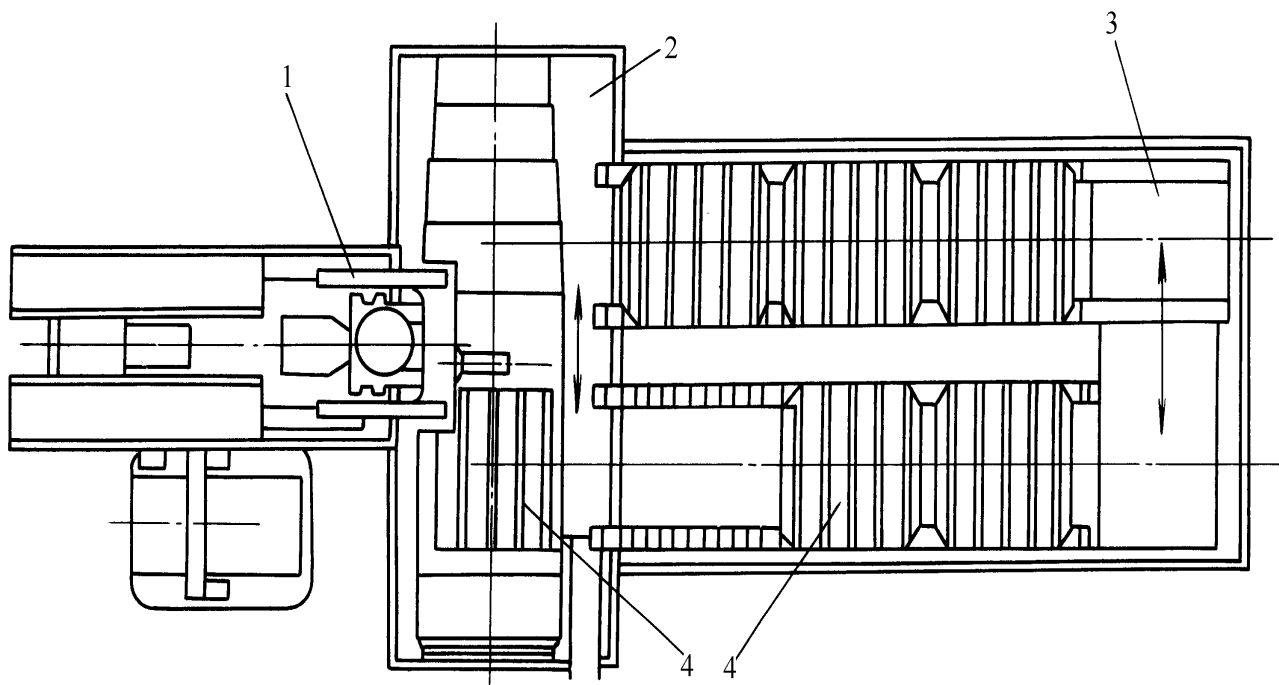


ISO标准规定的托盘基本形状

1-托盘导向面 2-侧面定位面 3-安装螺孔
4-工件安装面 5-中心孔 6-托盘搁置面
7-底面 8-工件固定孔 9-托盘夹紧面 10-托盘定位面



回转式托盘交换器

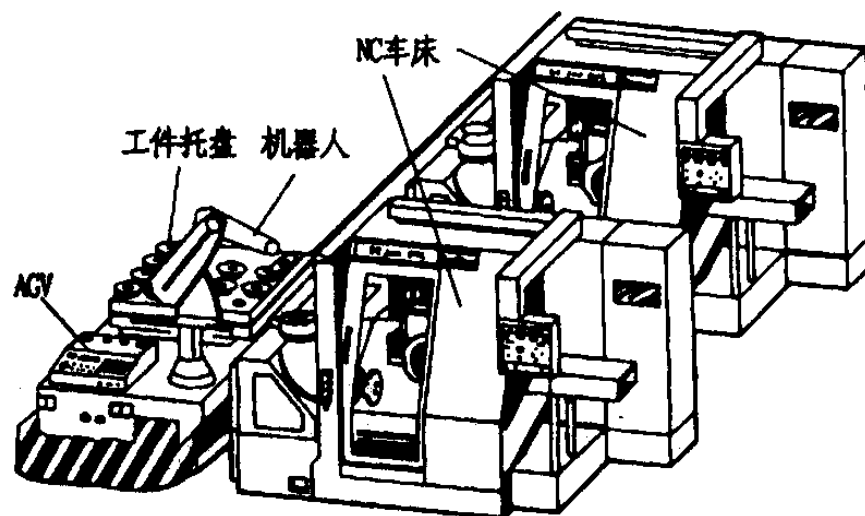


往复式托盘交换器



2) 工业机器人

- **功能**: 搬运材料、零件、工具等
- **组成**: 由执行机构、驱动机构（电气、液压、气动）、控制系统、检测系统等
- **种类**: 固定式机器人、移动式机器人等



机器人与 AGV

国际上有代表性的机器人公司有：

瑞典：ABB Robotics

日本：FRANUC, Yaskawa

德国：KUKA Roboter

美国：Adept Technology, AmercianRobot

意大利：COMAU

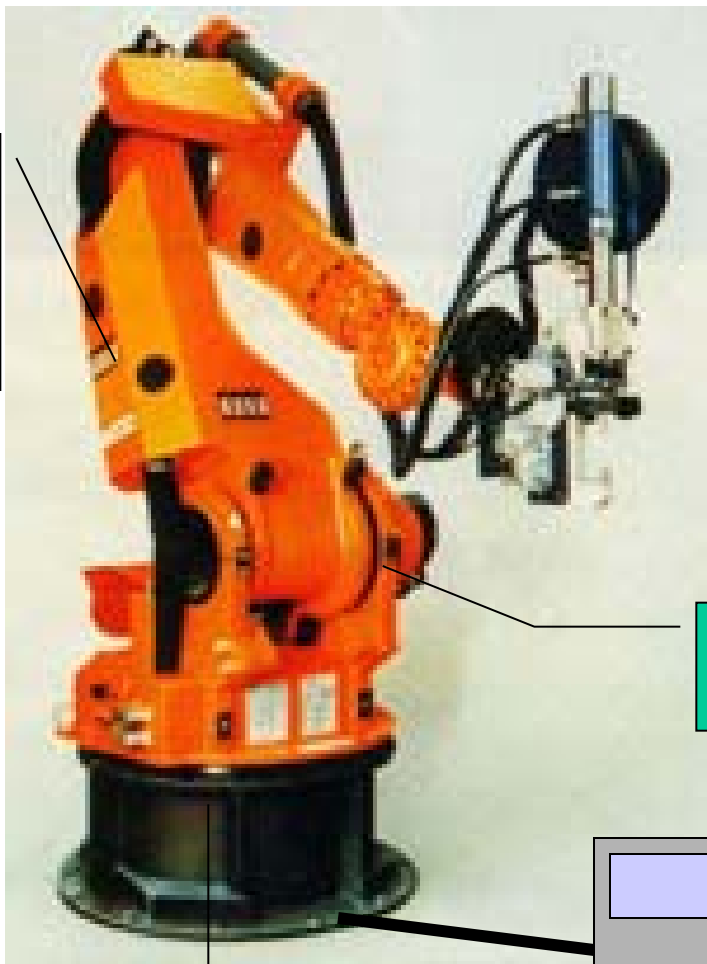
英国：AutoTech Robotics

加拿大：Jcd International Robotics

以色列：Robogroup

中国：中科院沈阳自动化所新松机器人公司

延伸肘



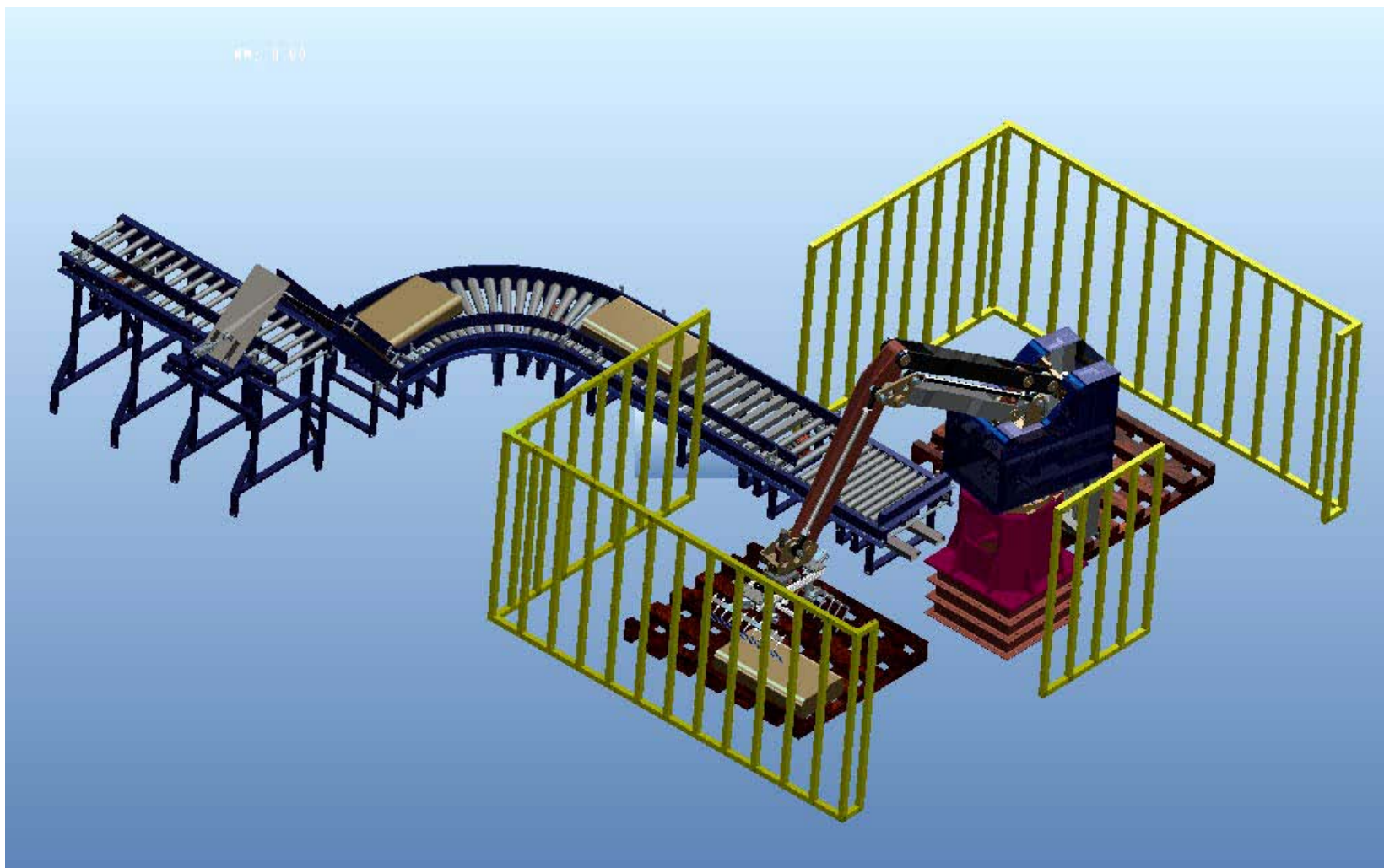
摆动肩

扫描臂

计算机控制系统



垛码机器人





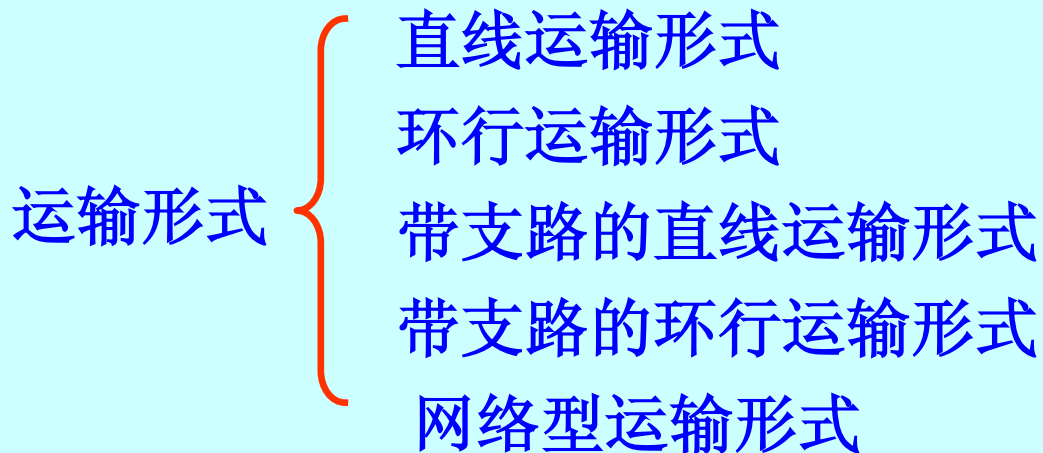
TH 150D (c) HKPU 10

6.4 零件运输系统

1) 功能:

- 对外的运输。即运进毛坯，运出产品。
- 内部运输。原料、半产品在FMS内部运输。

2) 零件运输系统的形式



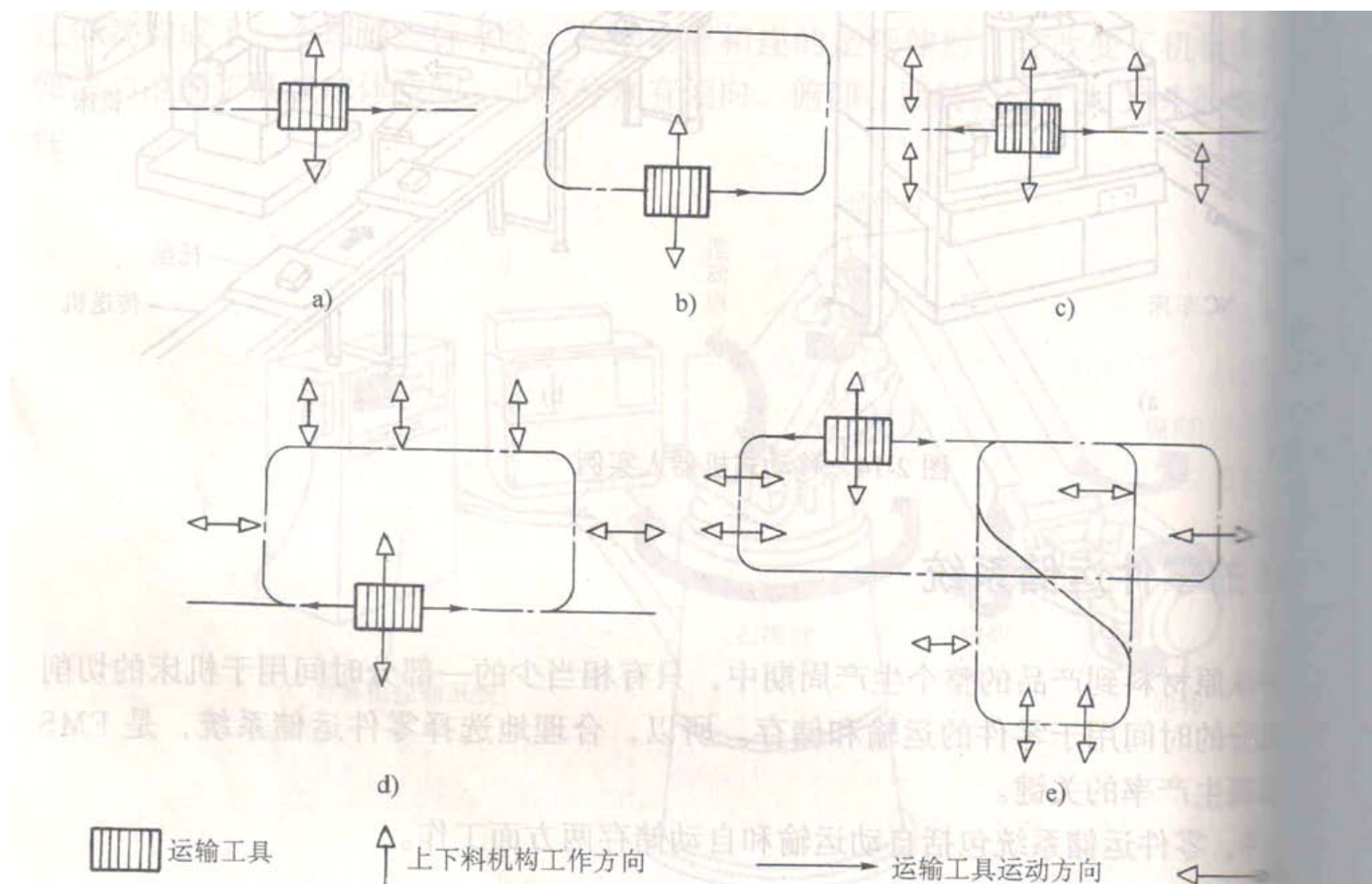


图 2-15 零件运输系统的组成

a) 直线运输形式 b) 环形运输形式 c) 带支路的直线运输形式 d) 带支路的环形运输形式 e) 带支路的复杂运输形式

(2) 环形运输形式 环形运输形式如图 2-15b 所示。运输工具只能沿

3) 自动导向小车

- 自动导向小车组成

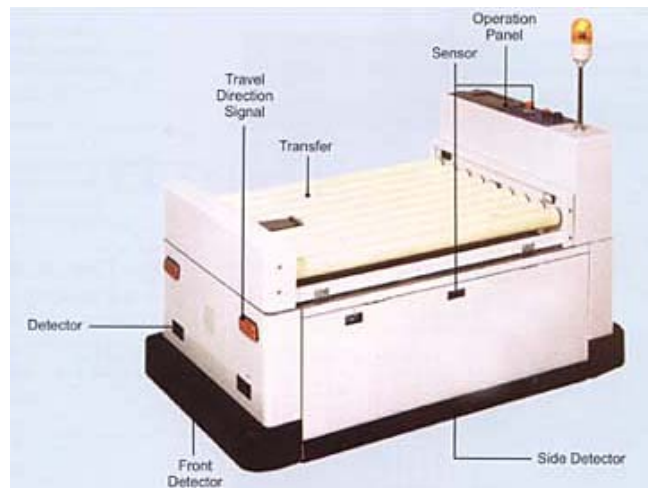
由可控小车+托盘+托盘装夹机构组成

- 自动导向小车特点

高柔性：通过改变导向程序，容易修改路线

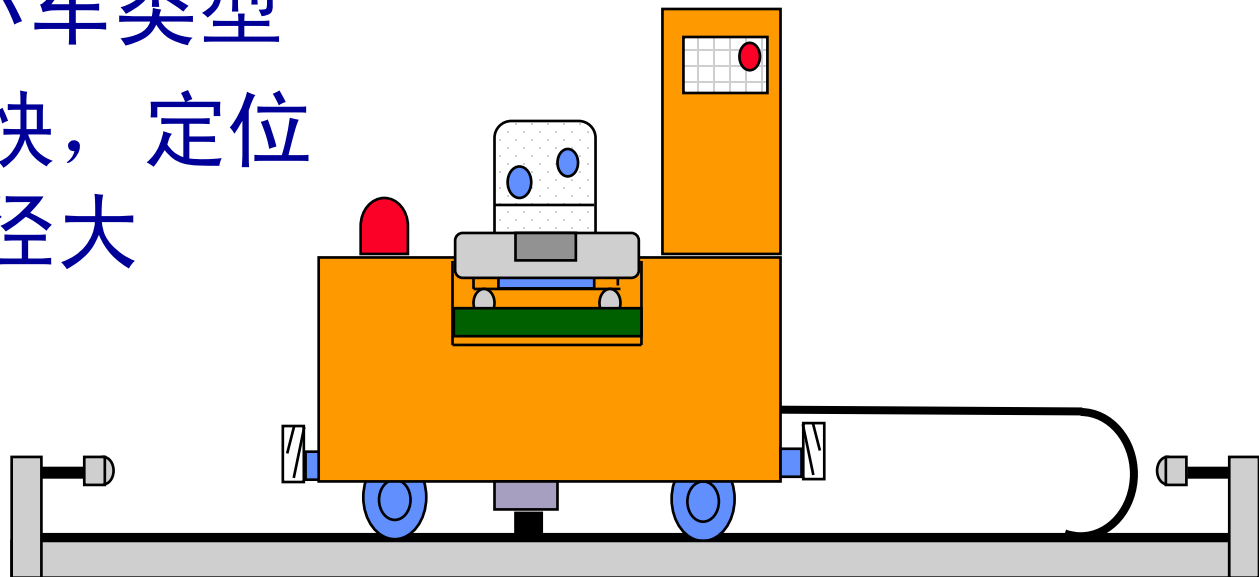
实时监视与扩展：提高计算机可控同频率小车

安全可靠：速度低10~70M/MIN，定位准确

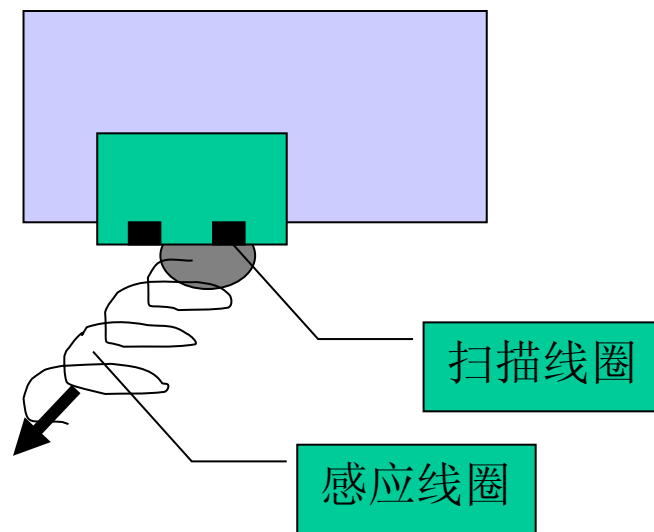


4) 自动导向小车类型

- 有轨：移动快，定位准，转弯半径大



- 线导：



- 遥控小车

- 光导小车：荧光材料铺出轨迹，光敏传感器识别

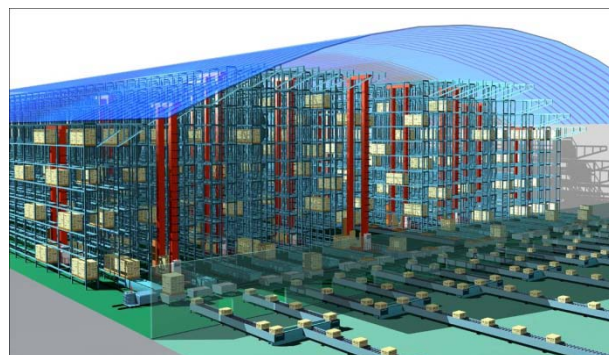


AGV

6.5 自动化仓库

自动化仓库组成：

- 库房
- 货架
- 堆垛起重机
- 控制计算机
- 状态检测器



6.6 FMS 控制系统

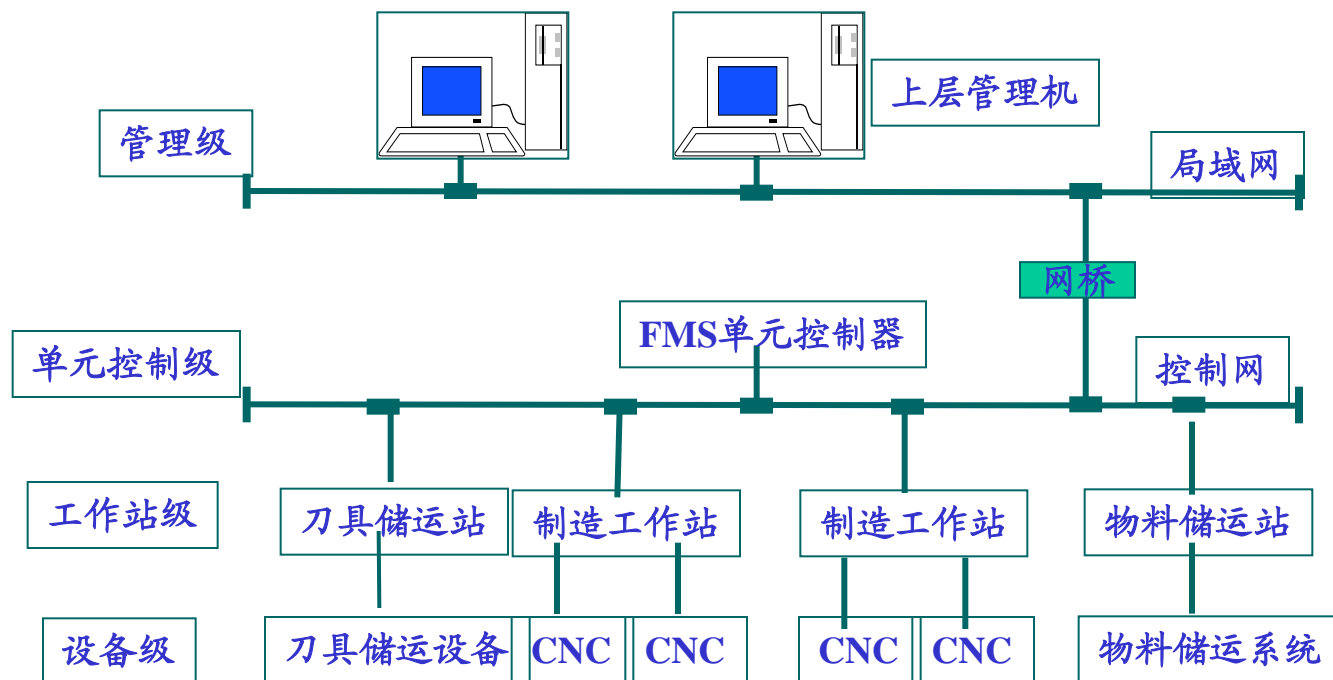
1) 控制系统结构：递阶控制的方式

FMS分三
层结构：

设备层

工作站层

单元层

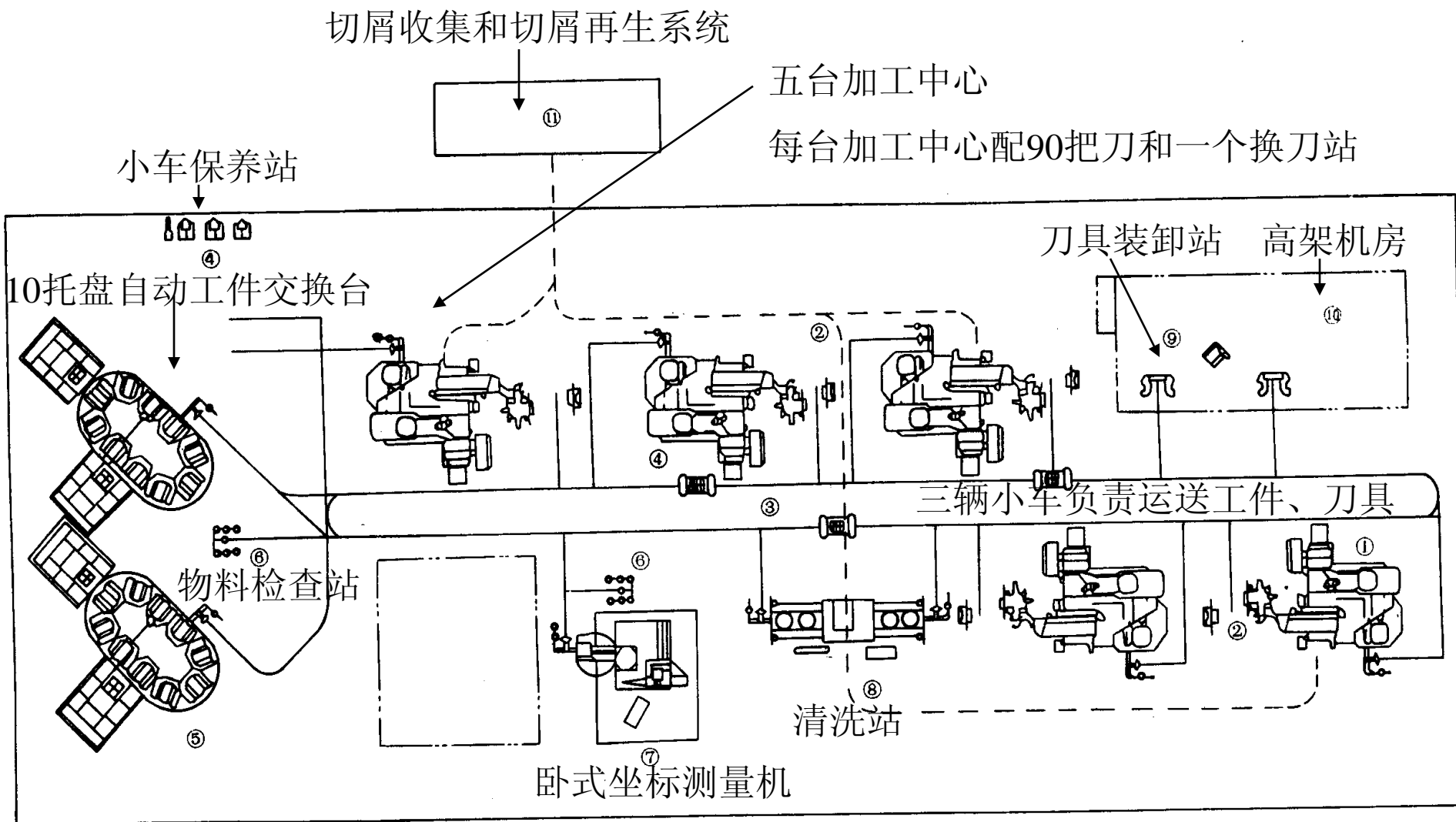


2) 功能模块

名称	功能	名称	功能
1、生产 管理子系统	生产调度、作 业、优化、运 行、仿真	2、运行控 制子系统	物料流动控制与协调、 设备运行控制与协调
名称	功能	名称	功能
3、数据 管理子系统	物料数据管理 基本数据管理 工艺数据管理 资源维护管理	4、质量保 证子系统	质量监控、物料识别、故障诊 断、质量管理

* FMS实例:

美国麦道公司的FMS:



美国麦道公司FMS

Flexible Fertigungssysteme FFS500



典型的柔性制造系统

智能制造系统 (IMS)

Intelligent Manufacturing System)

智能制造的提出

是否能改变这一现状？

- 体力劳动得到解放，但脑力劳动依然依赖人的智慧；
- 制造过程信息化的增加，对脑力劳动的依赖越严重。

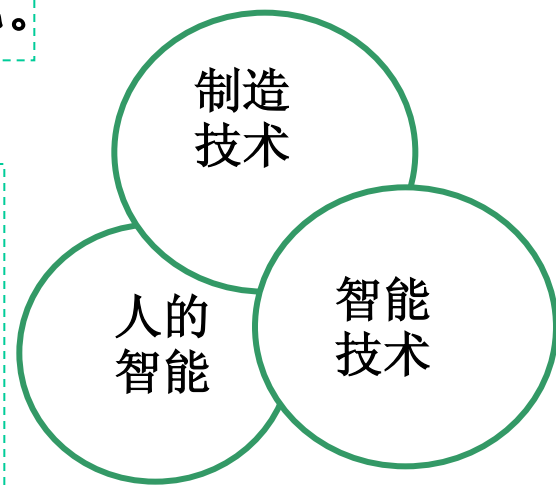


需要增加产品制造全过程（市场、设计、制造、销售、维护、回收等）的智能化。

一、智能制造系统的含义

■ 智能制造系统(Intelligent Manufacturing System, IMS)是一种由智能机器和人类专家共同组成的人机一体化系统。

■ 智能制造突出了在制造诸环节中，以一种高度柔性集成的方式，借助计算机模拟人类专家的智能活动进行分析、判断、推理、构思和决策，取代或延伸制造环境中人的部分脑力劳动，同时收集、存储、完善、共享、继承和发展人类专家的制造智能。



二、智能制造系统的发展

■ 近半个世纪特别是近20年来，随着产品性能的完善化及其结构的复杂化、精细化，以及功能的多样化，各类产品制造过程和管理工作的信息量呈爆炸性增长趋势，促使**制造技术的发展转向如何提高制造系统的信息处理能力和效率上来。**

■ 目前，先进制造设备离开了信息的输入和处理就无法运转，柔性制造系统(FMS)一旦被切断信息来源就会立即停止工作。专家认为，**制造系统正在由原先的能量驱动型转变为信息驱动型，这就要求制造系统不但要具有柔性，而且还要表现出智能。**

■ 虽然，智能制造尚处于概念和实验阶段，但各国政府均将智能制造模式列为国家发展计划，大力推动实施。**智能制造是制造技术和信息技术发展的必然，是自动化和集成技术发展的结果。**

三. 国内外发展状况

国际

美国

国家科学基金在智能制造的大部分领域内投入了大量资金，建立了大量重要实验基地。

日本

20世纪90年代立案通过“智能制造系统国际合作计划”。美国、欧盟、澳大利亚、加拿大参加。

国内

起步较晚，发展较快，目前正在制造业应用，政府“十二五”投资力度大。

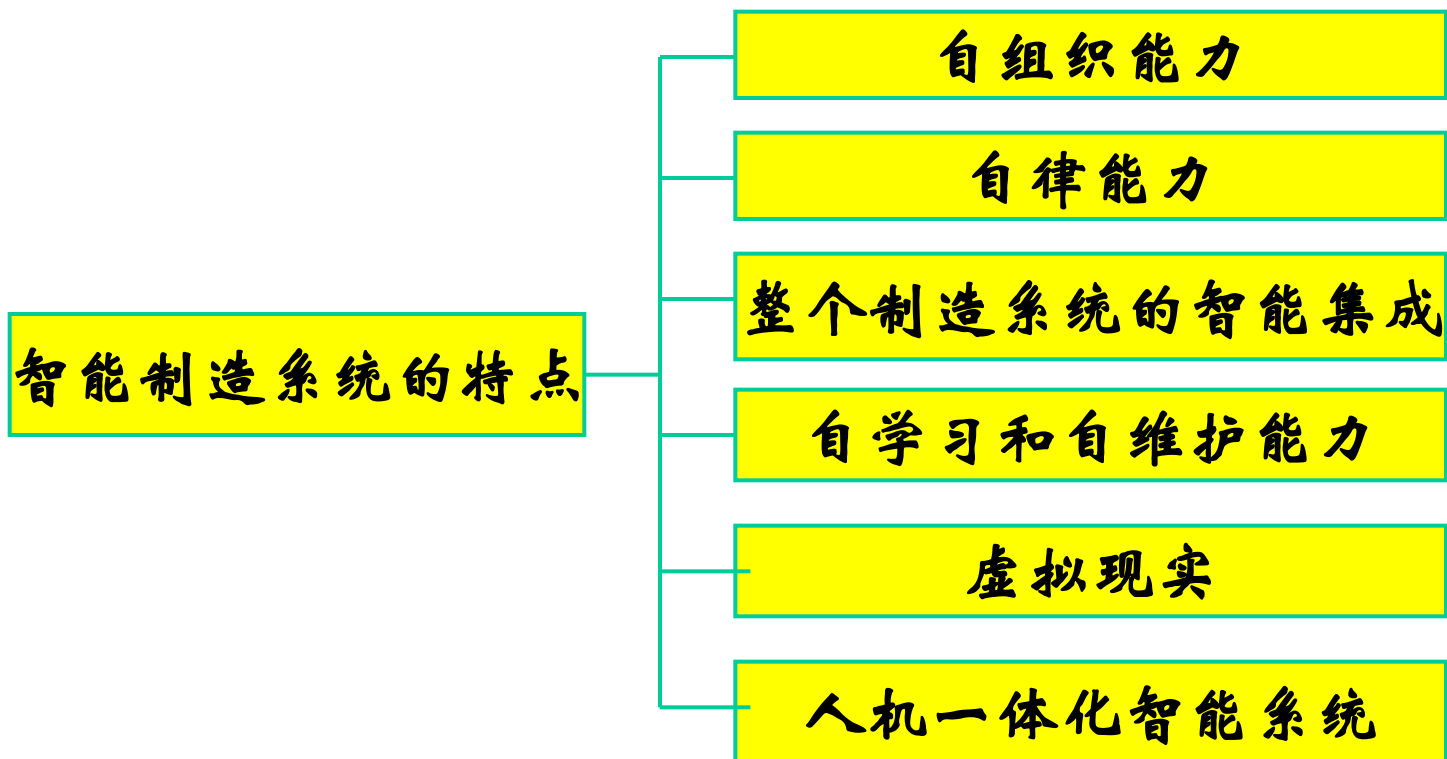
中国：高端装备制造业十二五规划（2011~2015）

重点突破关键智能技术、核心智能测控装置与部件，开发智能基础制造装备和重大智能制造成套装备，提高制造过程的数字化、柔性化及系统集成水平。

国家发展改革委 财政部 工业和信息化部办公厅关于
组织实施**2012年智能制造装备发展专项**

工业和信息化部于**2011年**组织了**智能制造装备发展专项**,支持了汽车自动化焊接、煤炭综采设备、机场行李分拣等重大智能成套装备的研发及示范应用。

四.智能制造系统的特点

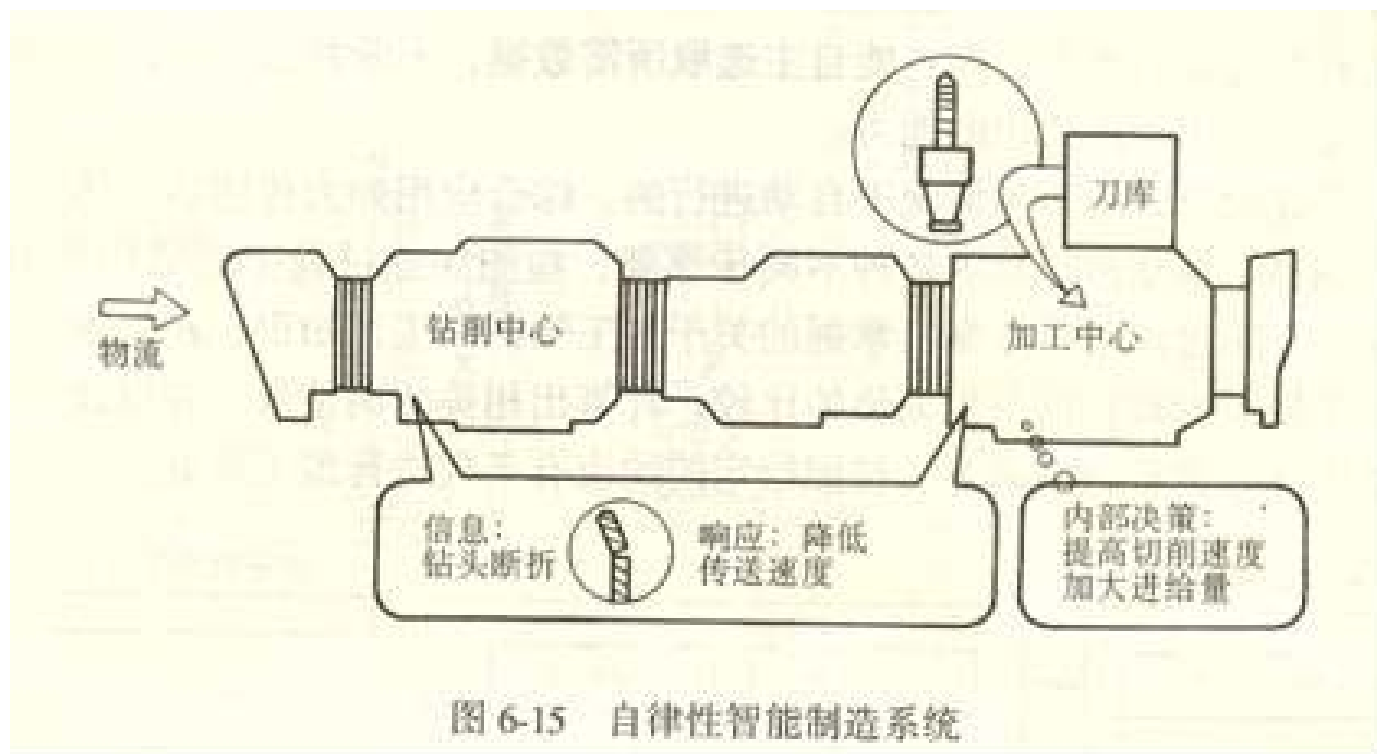


智能制造特点之一——自组织

组织是指系统内的有序结构或这种有序结构的形成过程。德国理论物理学家H.Haken认为，从组织的进化形式来看，可以把它分为两类：他组织和自组织。如果一个系统靠外部指令而形成组织，就是他组织；如果**不存在外部指令，系统按照相互默契的某种规则，各尽其责而又协调地自动地形成有序结构，就是自组织**。自组织现象无论在自然界还是在人类社会中都普遍存在。一个系统自组织功能愈强，其保持和产生新功能的能力也就愈强。

自组织和超柔性是指智能制造系统中的各组成单元能够依据工作任务的需要，自行组成一种最佳结构，其柔性不仅表现在运行方式上，而且表现在结构形式上，所以称这种柔性为超柔性，如同一群人类专家组成的群体，具有生物特征。

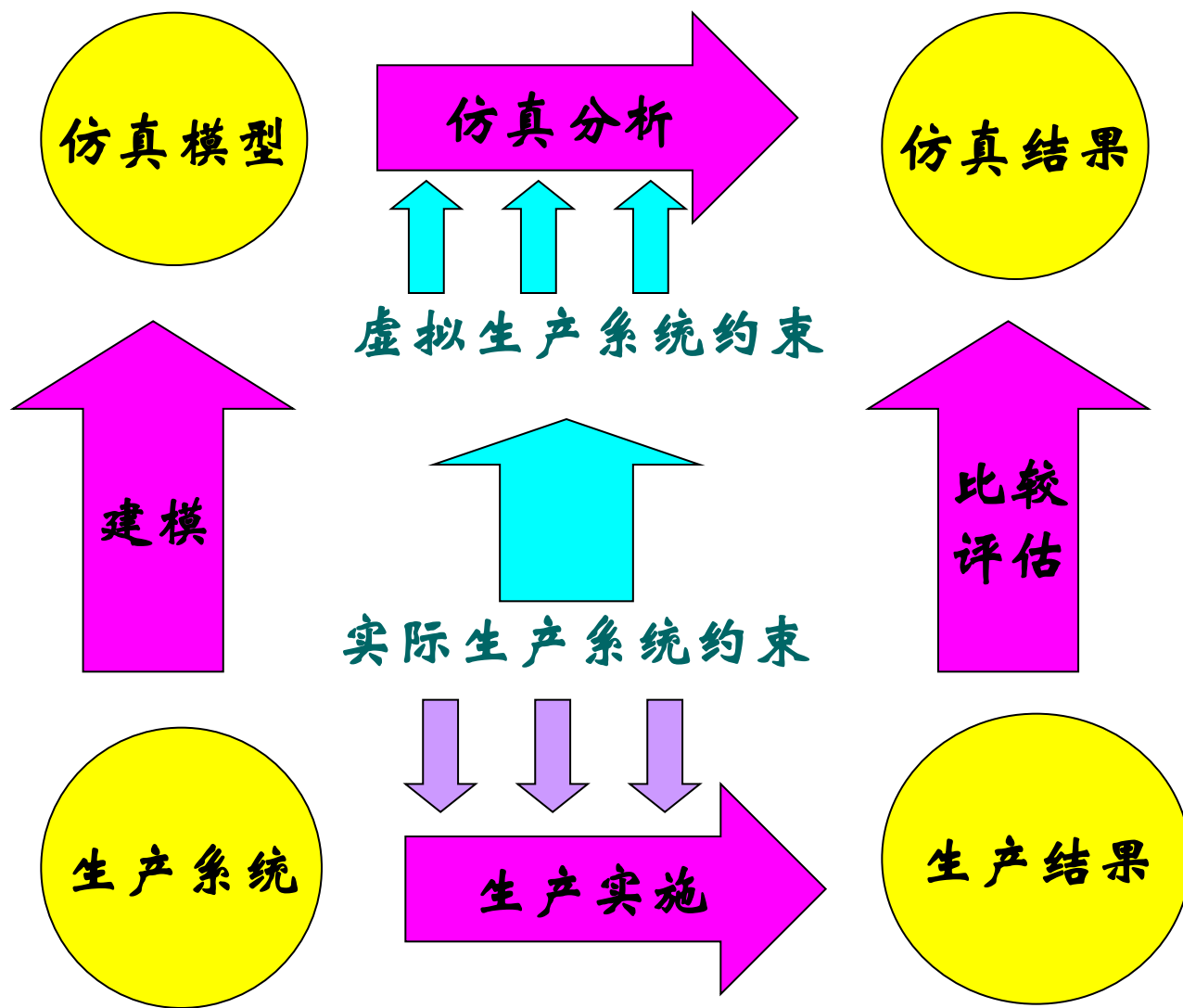
智能制造系统的特征——自律能力



上图所示为具有自律能力的智能生产线，若其中的一台钻削加工机床刀具发生了断折，当被系统检测后将自动减慢传送带传送速度，以便后面机床代替加工。为了不影响生产效率，系统能够作出自我决策，可提高切削速度，加大进给量等措施，以维持系统原来的生产节拍。

智能制造特点之一——虚拟现实

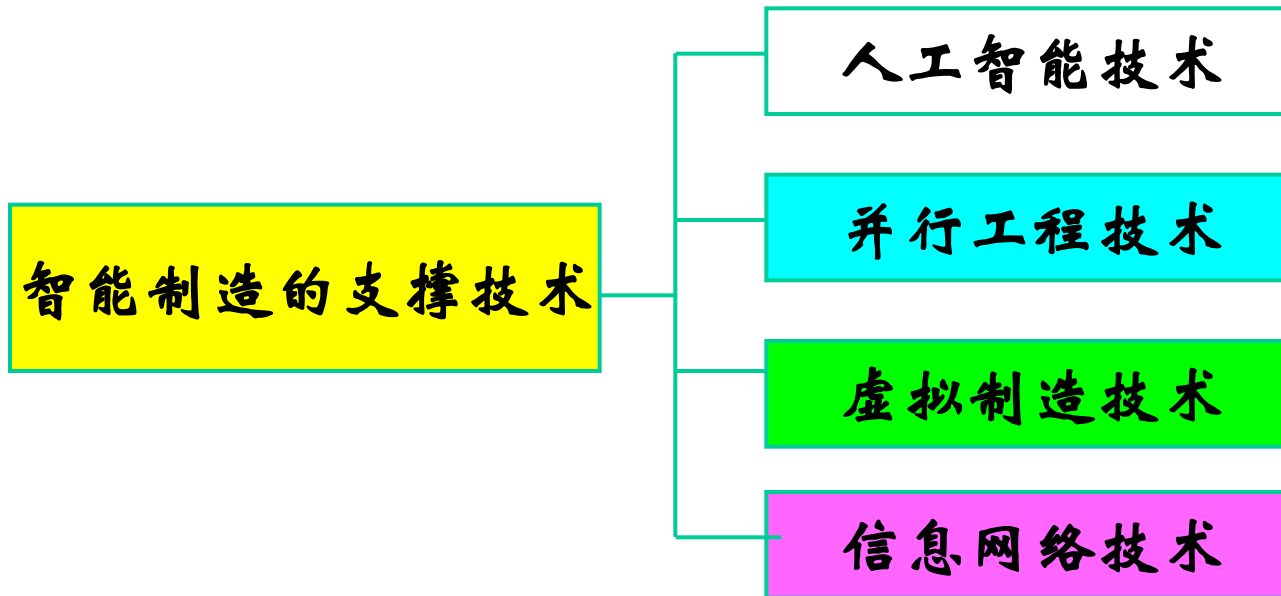
虚拟制造和实际制造的关系



智能制造特点之一——自学习、自维护

智能制造系统能够在实践中不断地充实知识库，具有自学习功能，同时，在运行过程中自行进行故障诊断，并具备对故障自行排除、自行维护的能力。这种特征使智能制造系统能够自我优化并适应各种复杂的环境。

五.智能制造的技术支撑



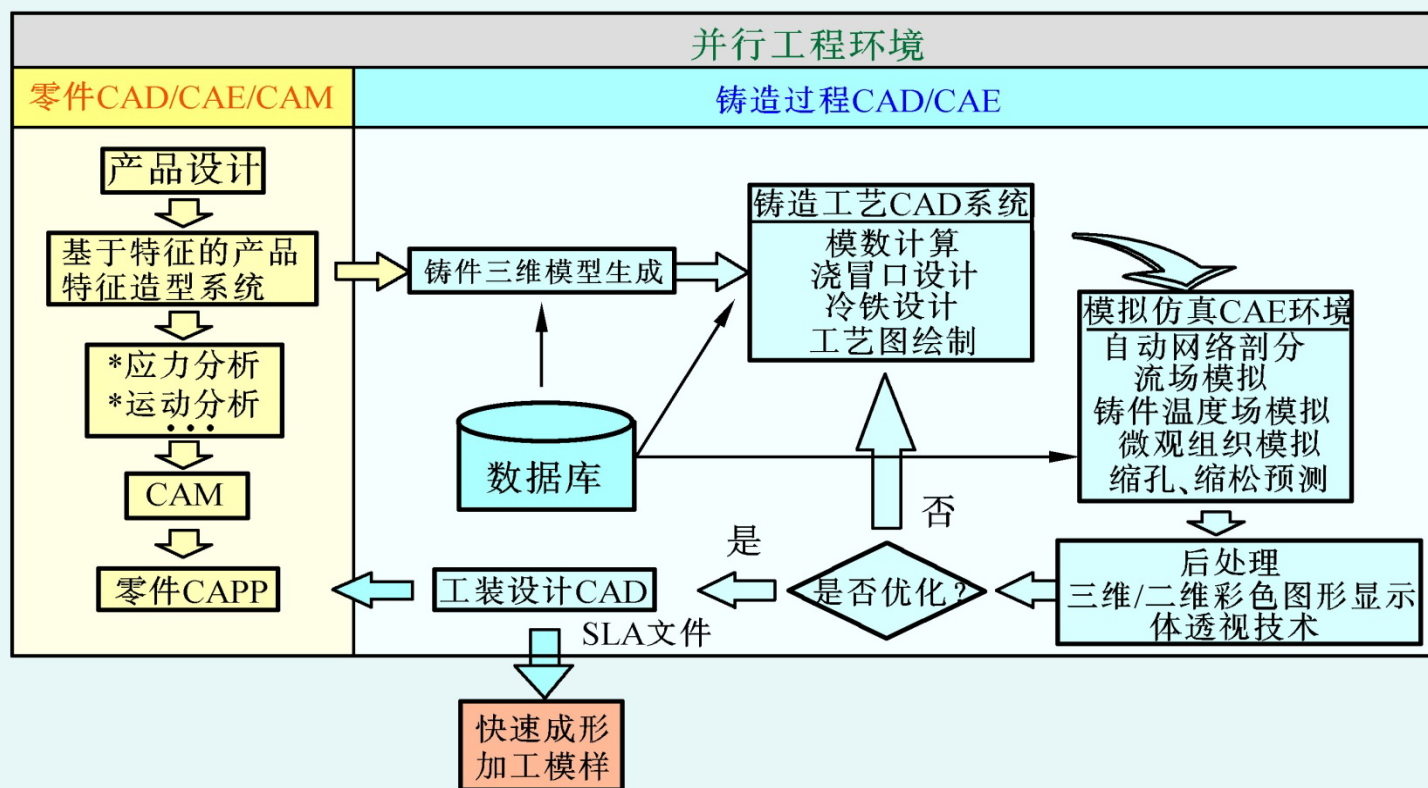
人工智能技术



- 人工智能是研究使计算机来模拟人的某些思维过程和智能行为（如学习、推理、思考、规划等）的学科。
- 应用领域
- 机器翻译，智能控制，专家系统，机器人学，语言和图像理解，遗传编程机器人工厂，自动程序设计，航天应用，庞大的信息处理，储存与管理，执行化合生命体无法执行的或复杂或规模庞大的任务等等。

并行工程技术

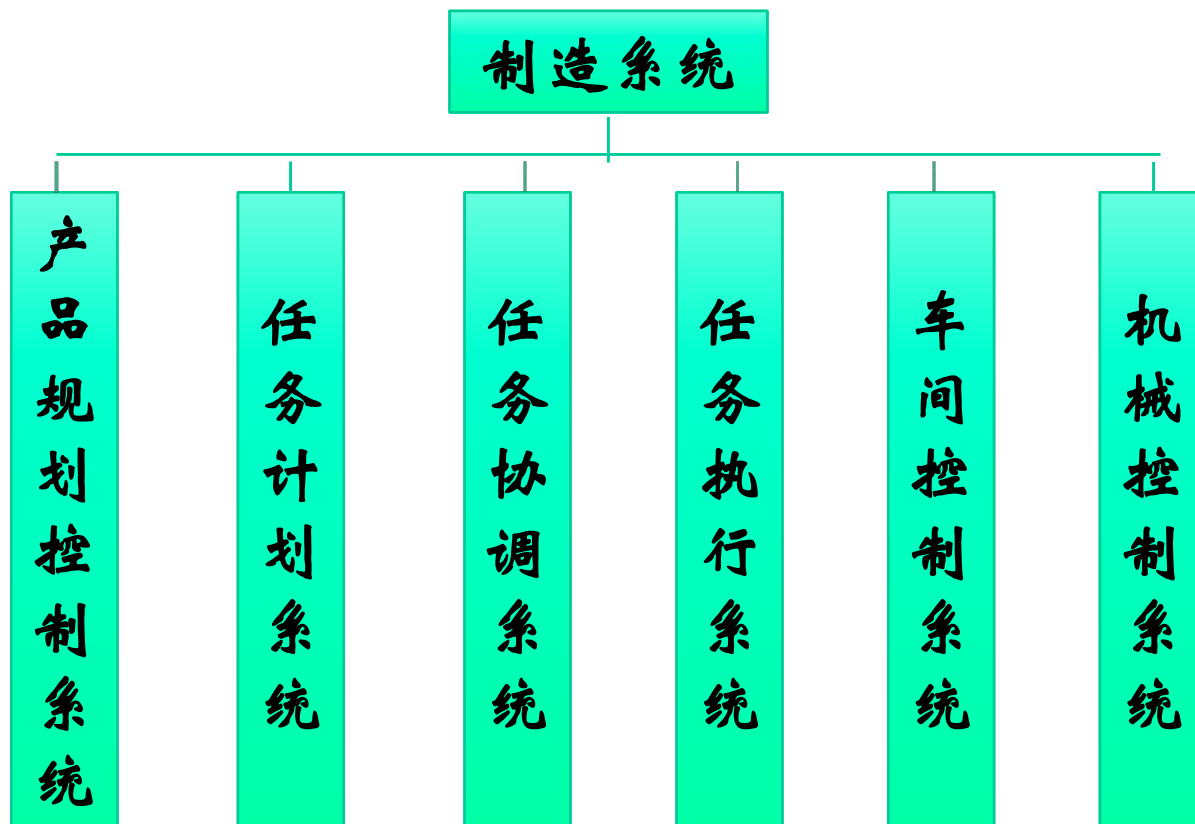
并行工程是一种基于平行任务的工作方法，在产品开发过程中把设计工程功能，制造工程功能，以及其他的功能综合起来，相互协调，以节省必须的时间将产品投放市场。



六、智能制造模式

- 1、多智能体（multi-agent）系统

每一个子系统都可以看作是一个智能体。



智能体是人工智能领域中一个很重要的概念。任何独立的能够思想并可以同环境交互的实体都可以抽象为智能体。

智能体特征

反应性

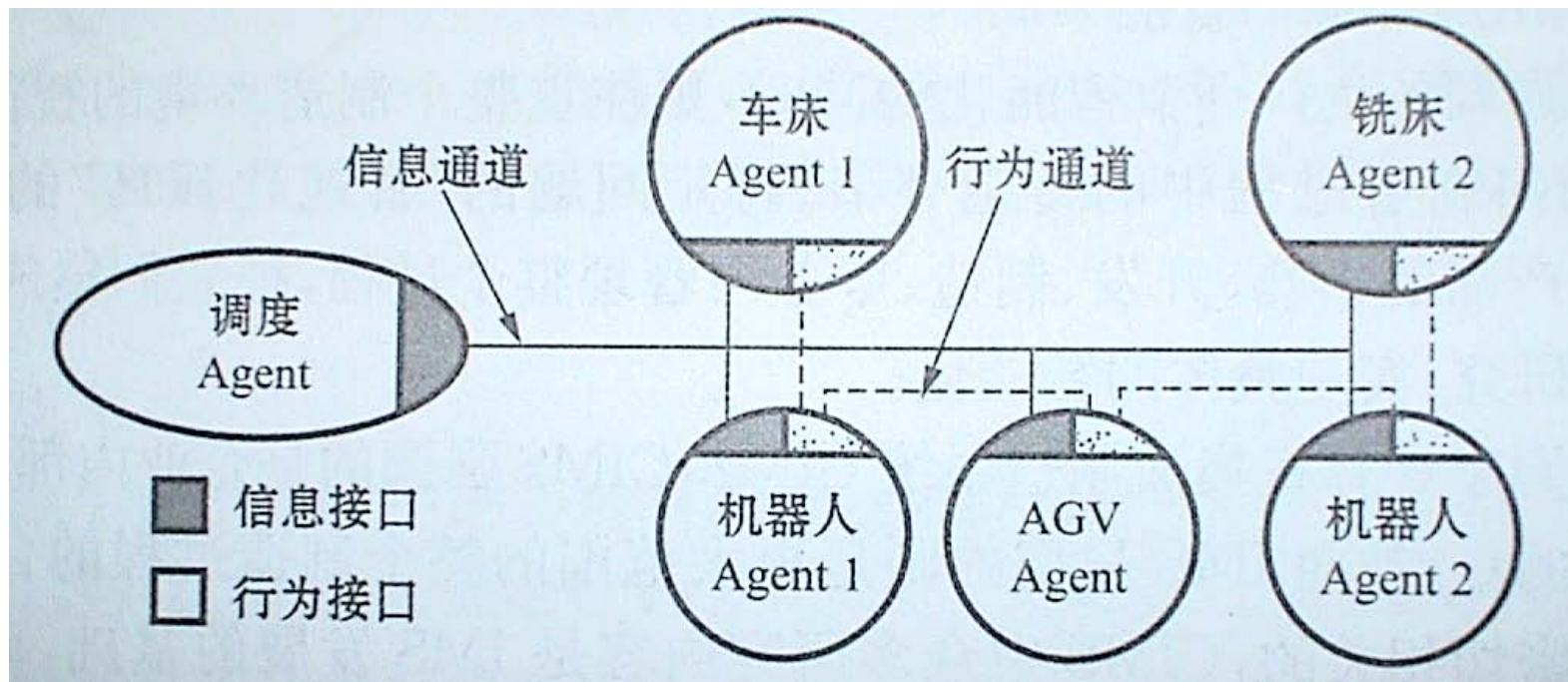
自治性

主动性

社会性

进化性

智能体能够对外界的刺激作出反应，并能产生相应的调整、自我管理、自主活动并能与其他智能体交互协作，且具有学习能力。



多智能体制造系统事例
——信息通道
-----行为通道

2、整子系统（Holon system）

- 基本构件为整子。系统由整子构成。
- 整子的特征：自治性、合作性、智能性
- 整子系统的特征：敏捷性、柔性

重点

- 柔性制造系统的主要构成
- 加工中心的功能
- 在FMS系统中那些地方体现了制造的柔性
- 查阅资料，举例说明FMS的组成、功能

- FMS的组成部分
- FMS机床配置有几种形式，按柔性高低如何排列
- 加工中心与普通机床的主要区别是什么