

# 2016第三届（上海）工业控制与机器人 技术研讨会

## 机器人伺服驱动控制系统

上海大学 阮毅  
2016年11月25日

# 内容提要

- 机器人概述
- 永磁同步伺服电机
- 伺服驱动控制器

# 机器人概述



# 机器人定义

- 机器人（Robot）是具有多自由度及柔性关节的自动执行工作的机器装置。它既可以接受人类指挥，又可以运行预先编排的程序，也可以根据以人工智能技术制定的原则纲领行动。
- 它的任务是协助或取代人类的工作。



# 机器人概述



- 机器人是多门学科的整合：控制论及人工智能、机械结构、电子电气、计算机、通信、传感器、材料和仿生学等。
- 应用领域相当之广，几乎涉及各个领域。

# 机器人分类

## ● 服务、娱乐机器人

人

- ✓ 具有人体的外形特征
- ✓ 具有语言、视觉、行走等功能。
- ✓ 定位精度要求不高。



# 机器人分类

●完成某种特殊功能的特种机器人

- ✓ 消防巡检机器人
- ✓ 管道机器人
- ✓ 水下机器人
- ✓ 爬壁机器人
- ✓ 飞行机器人



# 机器人分类

## ● 工业机器人

- ✓ 以机器臂的形式为主
- ✓ 具有多个柔性关节（一般为4轴或6轴），机器臂在预定的区域内移动
- ✓ 单手臂或双手臂



# 机器人分类

## ● 工业机器人

- ✓ 整体一般不可移动，  
用于固定的生产线
- ✓ 可多个机器人协调工  
作

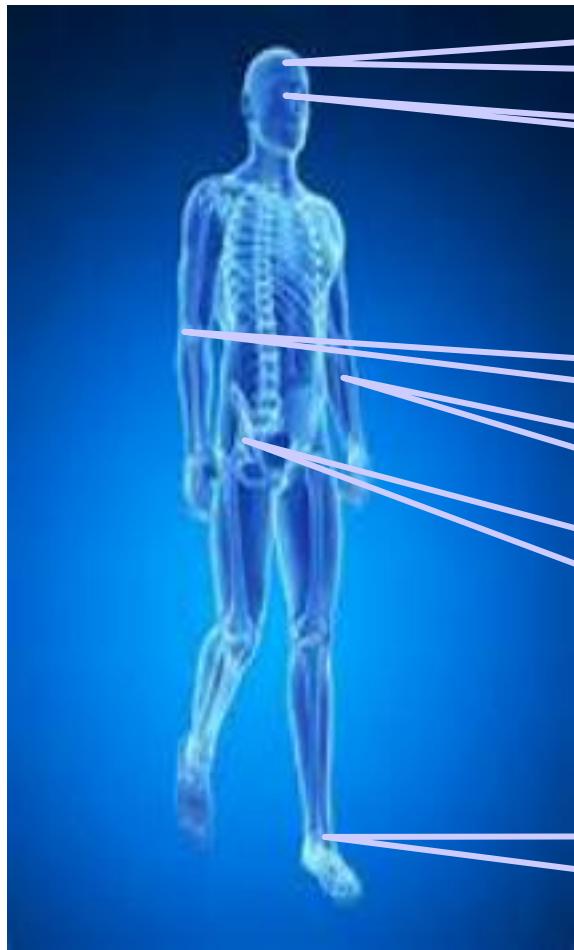


# 机器人分类

- 组合机器人
- ✓AGV+机器人



# 机器人构成及相关学科



大脑-指挥机构（控制论、人工智能）

感觉-感知机构（传感器技术）

关节-转动机构（伺服驱动）

上肢-工作机构（制造工艺）

肢体-支撑机构（机械动力学）

下肢-行走机构（移动机器人）  
(伺服驱动或电力传动)

# 机器人常用传感器

● 传感器应机器人的功能而异

- ✓ 视觉、听觉传感器
- ✓ 位置、速度、距离传感器
- ✓ 力矩、重力、压力传感器
- ✓ 温度、湿度传感器



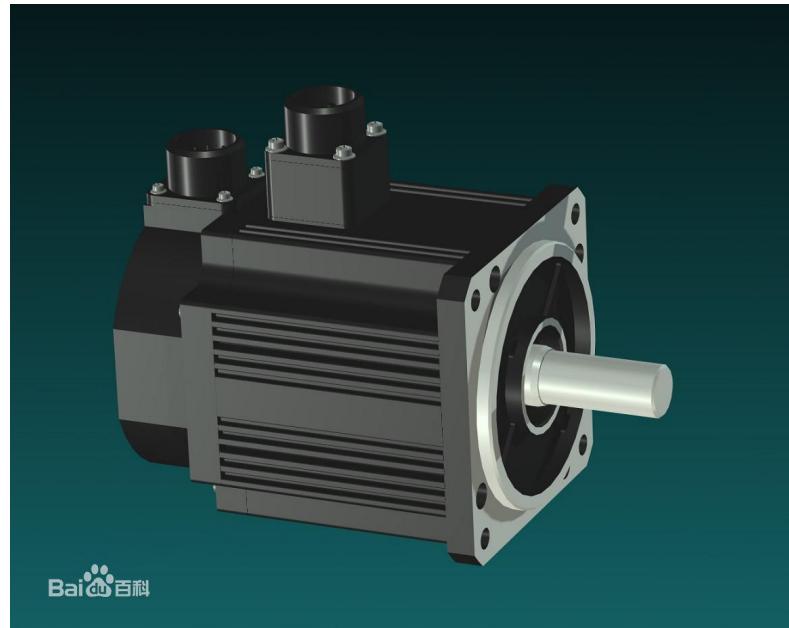
# 机器人机械传动机构

## ●常用的机械传动机构

- ✓ 减速齿轮箱
- ✓ 滚珠丝杠
- ✓ 皮带、链条
- ✓ 传动轴



# 永磁同步伺服电机



# 伺服电机

## ●常用的伺服电机

✓ 直流无刷电机：

转子永磁体、反电动势梯形波，换相转矩脉动

✓ 磁阻电机：

转子直轴和交轴不对称，转矩脉动

✓ 永磁同步伺服电机：

转子永磁体、反电动势正弦波，转矩脉动小，低速性能好，使用广泛。

# 永磁同步伺服电机

## ●特点

- ✓ 功率因数高、效率高，能量密度高，体积小、重量轻、损耗小。
- ✓ 结构简单、运行可靠，过载能力强。

## ●功率等级

- ✓ 微型：十几瓦至几十瓦
- ✓ 小型：数百瓦至千瓦
- ✓ 中型：数千瓦及以上



# 永磁同步伺服电机

## ●转速范围

- ✓ 额定转速：3000至5000r/min
- ✓ 最高转速：5000至12000r/min

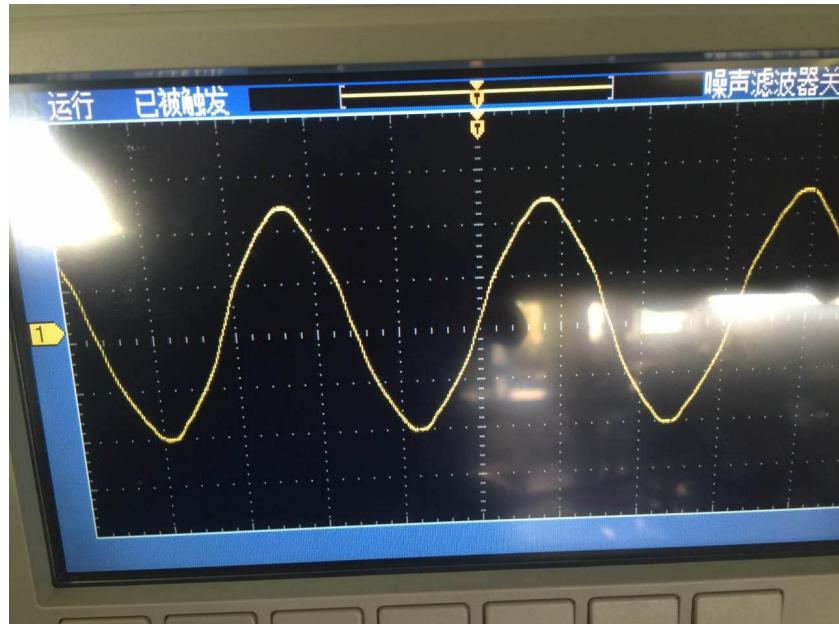
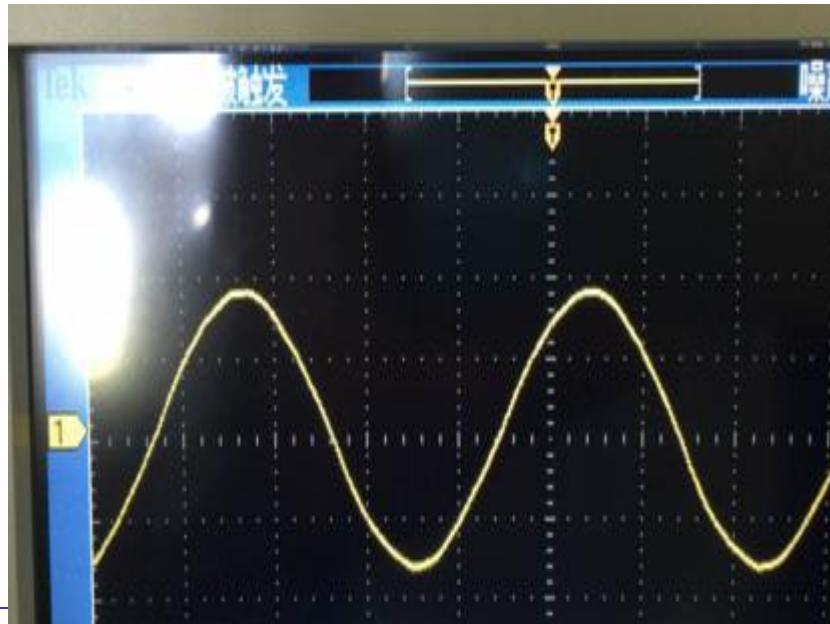
## ●电压等级

- ✓ 由电池供电：24、48、96V，用于移动或野外机器人
- ✓ 由电网供电：220、380V，用以非移动工业机器人

# 永磁同步伺服电机

## ●转速定子开路反电势

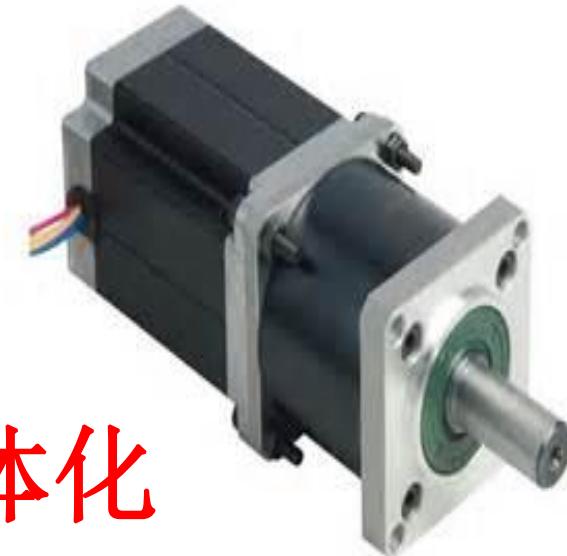
- ✓ 正弦波，V/ (1000r/min)
- ✓ 表征磁场密度的重要参数



# 永磁同步伺服电机

## ● 多功能复合

- ✓ 电机本体
- ✓ 减速齿轮箱
- ✓ 位置传感器
- ✓ 机械制动器
- ✓ 用于中、小功率等级



## ● 电机与驱动控制器一体化

- ✓ 一般用于小功率等级

# 永磁同步伺服电机

## ●定子结构

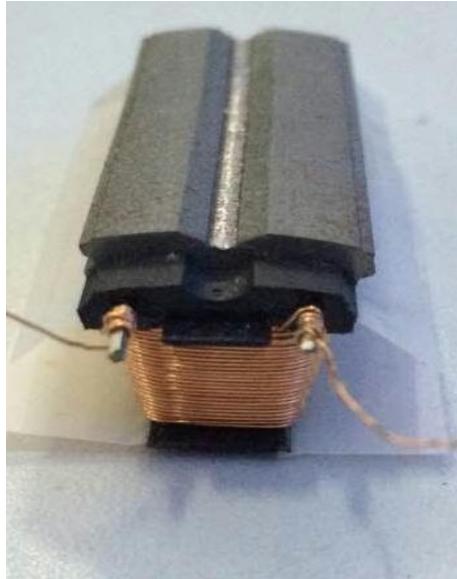
- ✓ 三相对称绕组
- ✓ 多极、少槽（12槽/8极）



# 永磁同步伺服电机

## ●定子铁心及绕组

- ✓ 铁心由硅钢片叠压而成
- ✓ 先制成单个绕组，再拼接而成

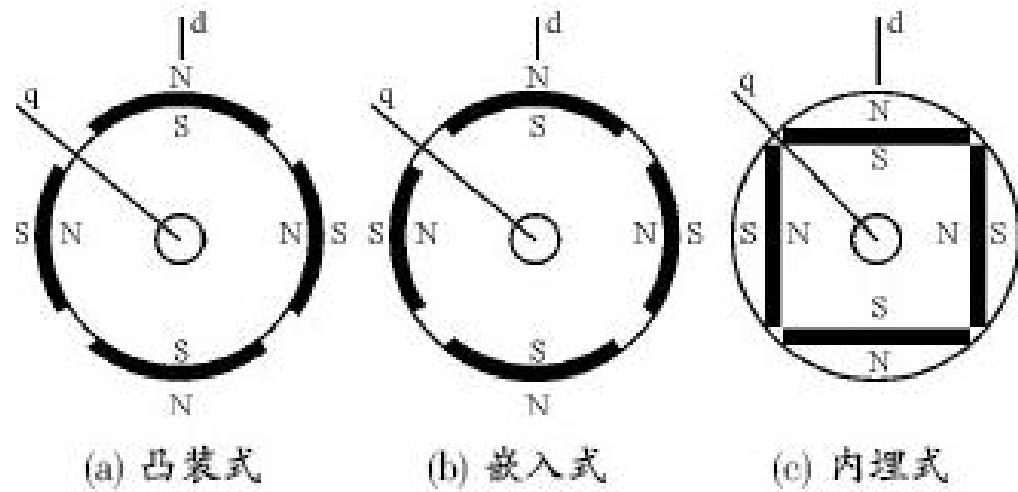


# 永磁同步伺服电机

## ●转子结构

- ✓ 转子铁心
- ✓ 永磁材料（用钕铁硼较多）

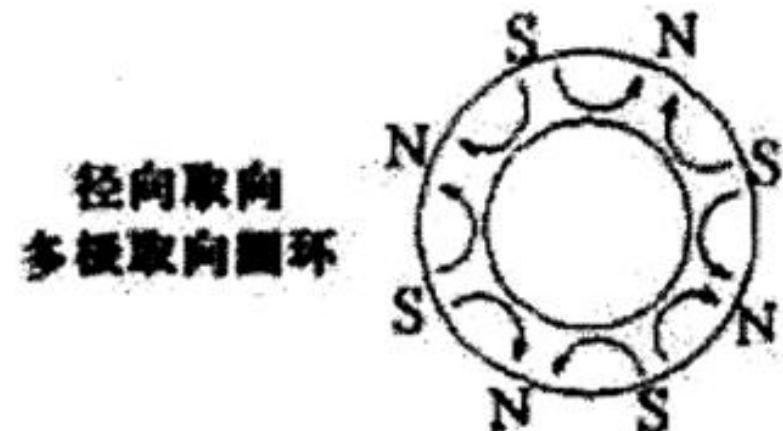
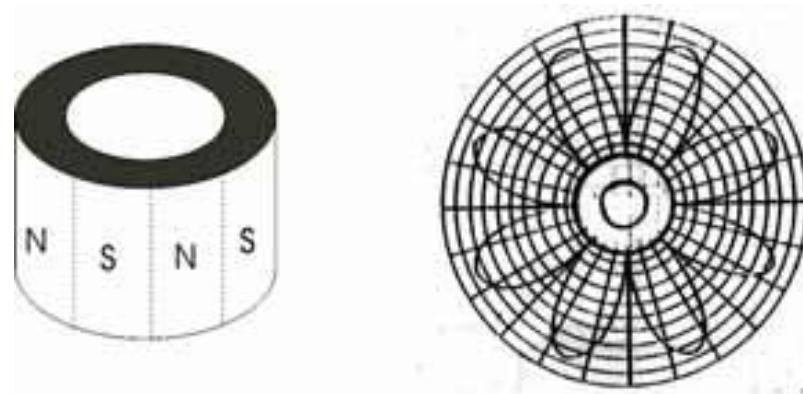
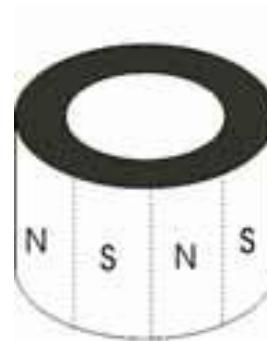
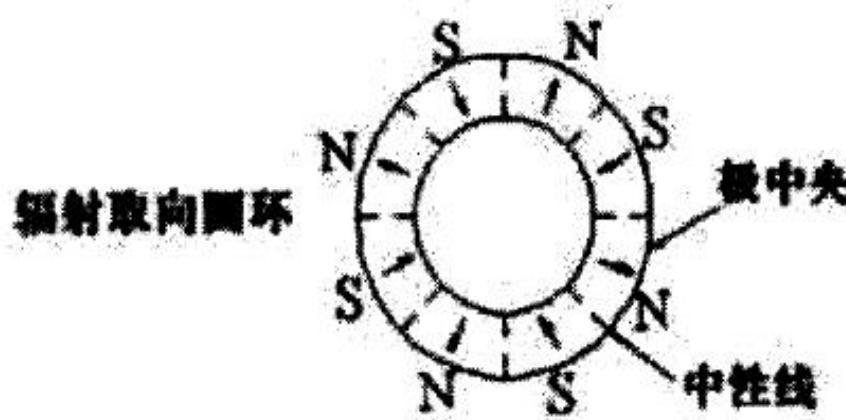
传统的转子结构



# 永磁同步伺服电机

## ● 新型转子结构

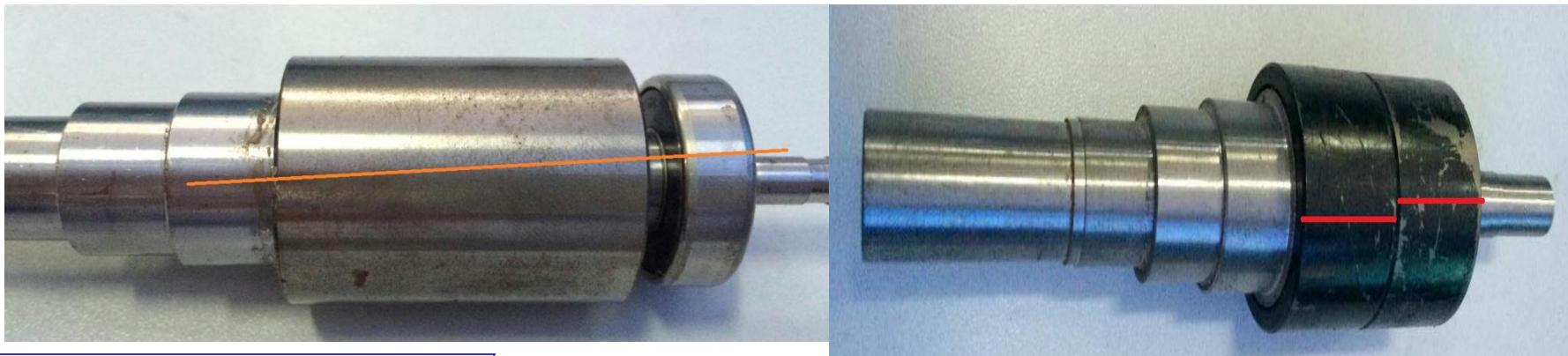
✓ 钕铁硼多极磁环



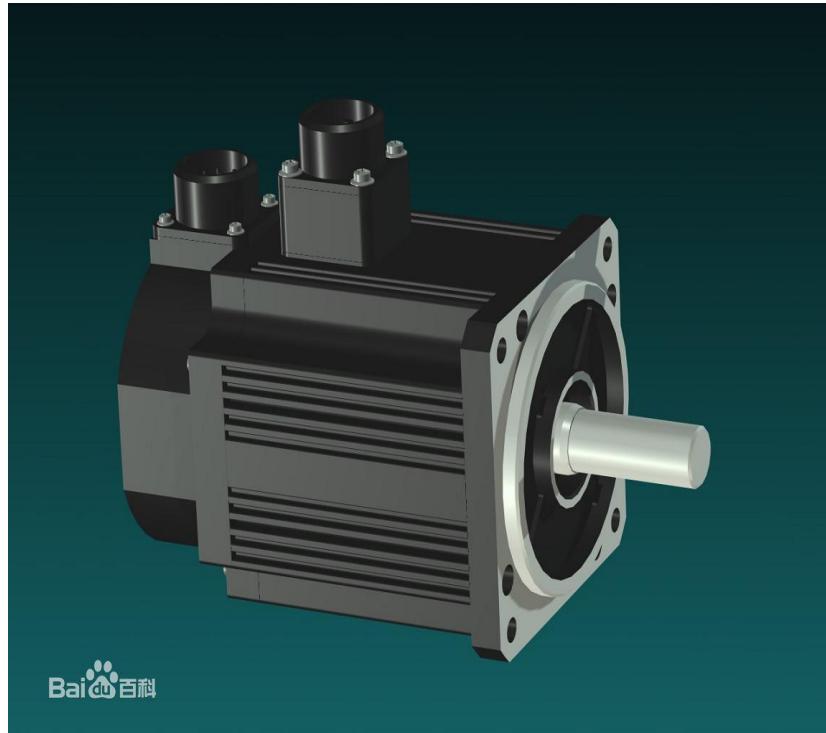
# 永磁同步伺服电机

## ●新型转子结构

- ✓ 斜极钕铁硼多极磁环，斜3至5度电角度，整体充磁，充磁要求高、难度大
- ✓ 分段错位钕铁硼多极磁环，分段充磁后拼接，降低充磁难度



# 伺服驱动控制器



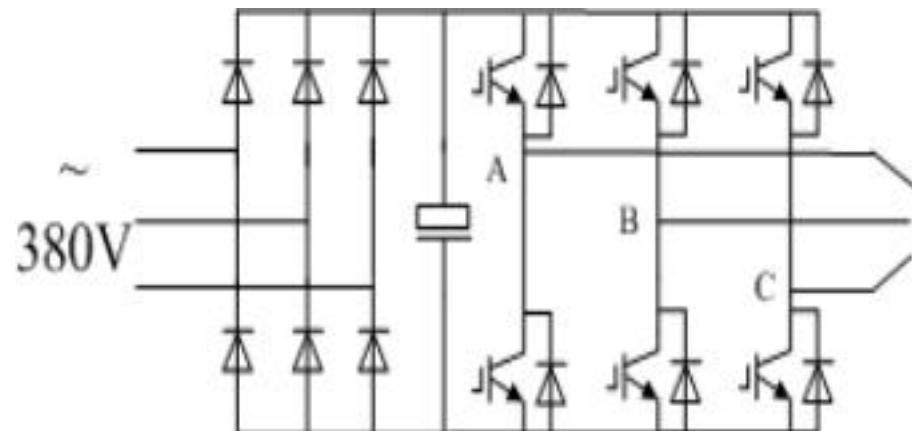
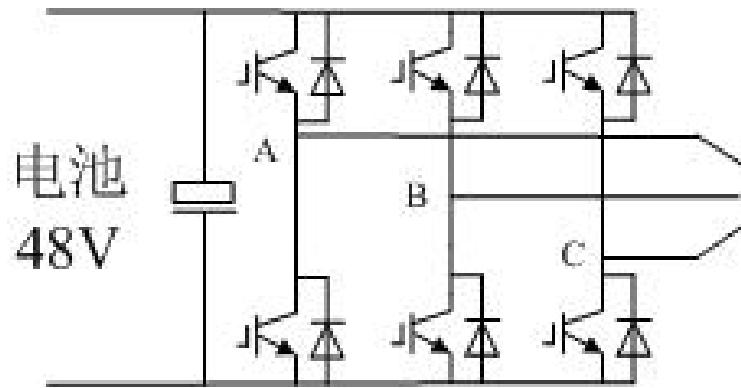
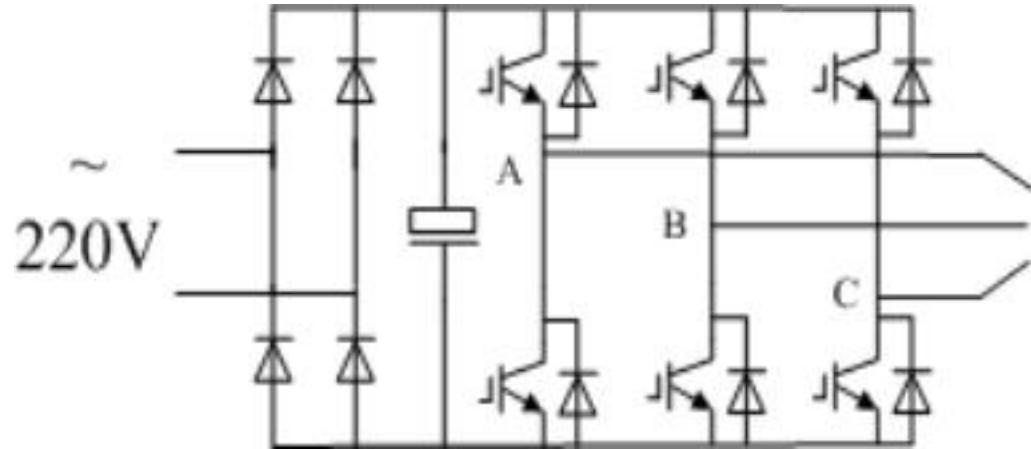
Baidu 百科



# 伺服驱动控制器

## ● 主电路

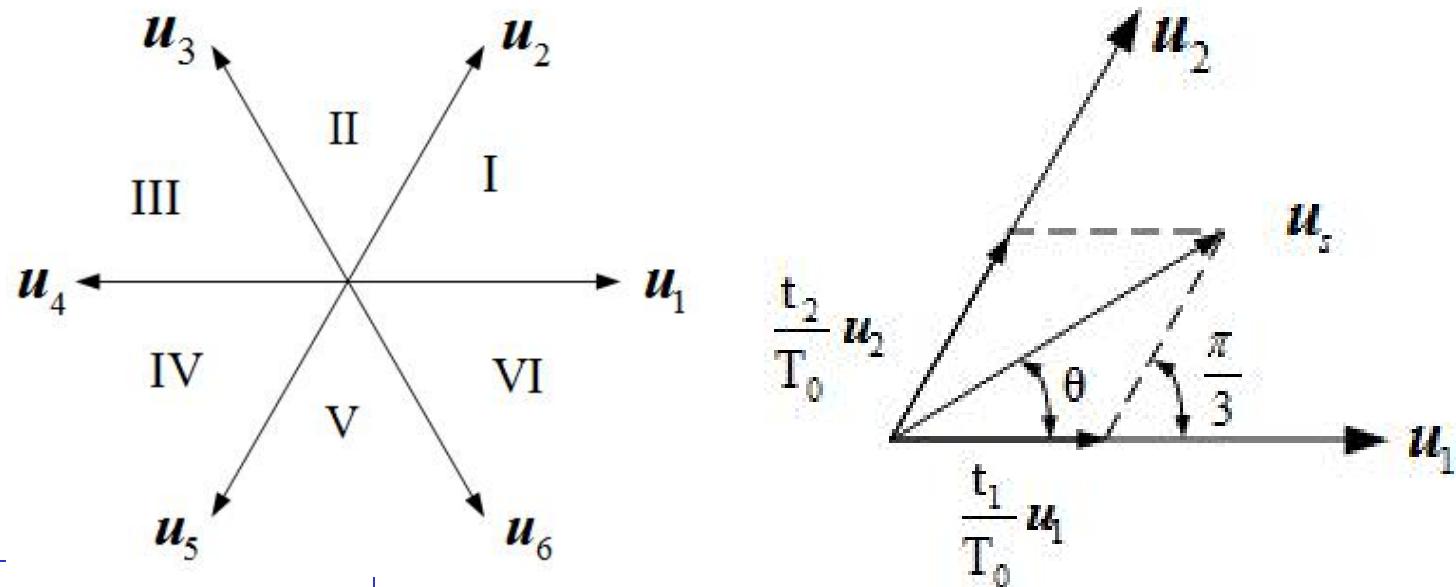
- ✓ 直流电池供电
- ✓ 单相交流供电
- ✓ 三相交流供电



# 伺服驱动控制器

## ● 主电路控制方式

- ✓ 采用空间电压矢量PWM（SVPWM），用六个基本矢量合成期望输出矢量



# 伺服驱动控制器

## ● 功率器件

- ✓ Power-MOSFET，电压小于100V
- ✓ IPM功率集成电路，中、小功率
- ✓ IGBT功率模块，较大功率



# 位置传感器

## ● 相对值旋转编码器（增量编码器）

- ✓ 旋转时，有相应的脉冲输出。旋转方向的判别和脉冲数量的增减，需借助后部的判向电路和计数器来实现。
- ✓ 计数起点任意，断电后所有信息丢失。
- ✓ 每转发出一个脉冲的Z信号，作为参考机械零位。



# 位置传感器

## ● 绝对值旋转编码器

✓ 旋转时，有与位置对应的代码输出，从代码大小的变更即可判别正反方向和位移所处的位置，而无需判向电路。

✓ 绝对值旋转编码器有一个绝对零位代码，当停电或关机后再开机重新测量时，仍可准确地读出停电或关机位置地代码，并准确地找到零位代码。



# 位置传感器

## ● 绝对值旋转编码器

✓ 单圈绝对值旋转编码器  
绝对值编码器的测量范围为0~360度。

✓ 多圈绝对值旋转编码器  
用绝对值编码器的内部电路  
计算和存储圈数，需要备用  
电池，以防断电丢失数据。



# 位置传感器

## ● 旋转变压器

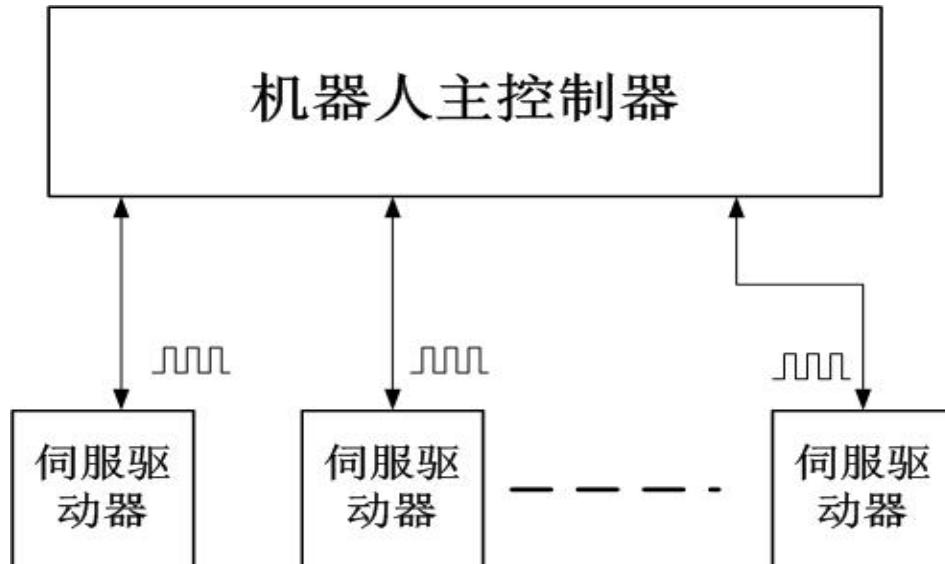
- ✓ 用来测量旋转物体的转轴角位移和角速度，由定子和转子组成。
- ✓ 转子绕组作为变压器的原边，接受励磁电压。定子绕组作为变压器的副边，通过电磁耦合得到感应电压。
- ✓ 定位进度高。需要专用的调制、解调电路。



# 机器人控制器通信方式

## ●通信及数据传输

- ✓ 伺服驱动器与机器人主控制间通信。
- ✓ 伺服驱动器之间不直接联系。

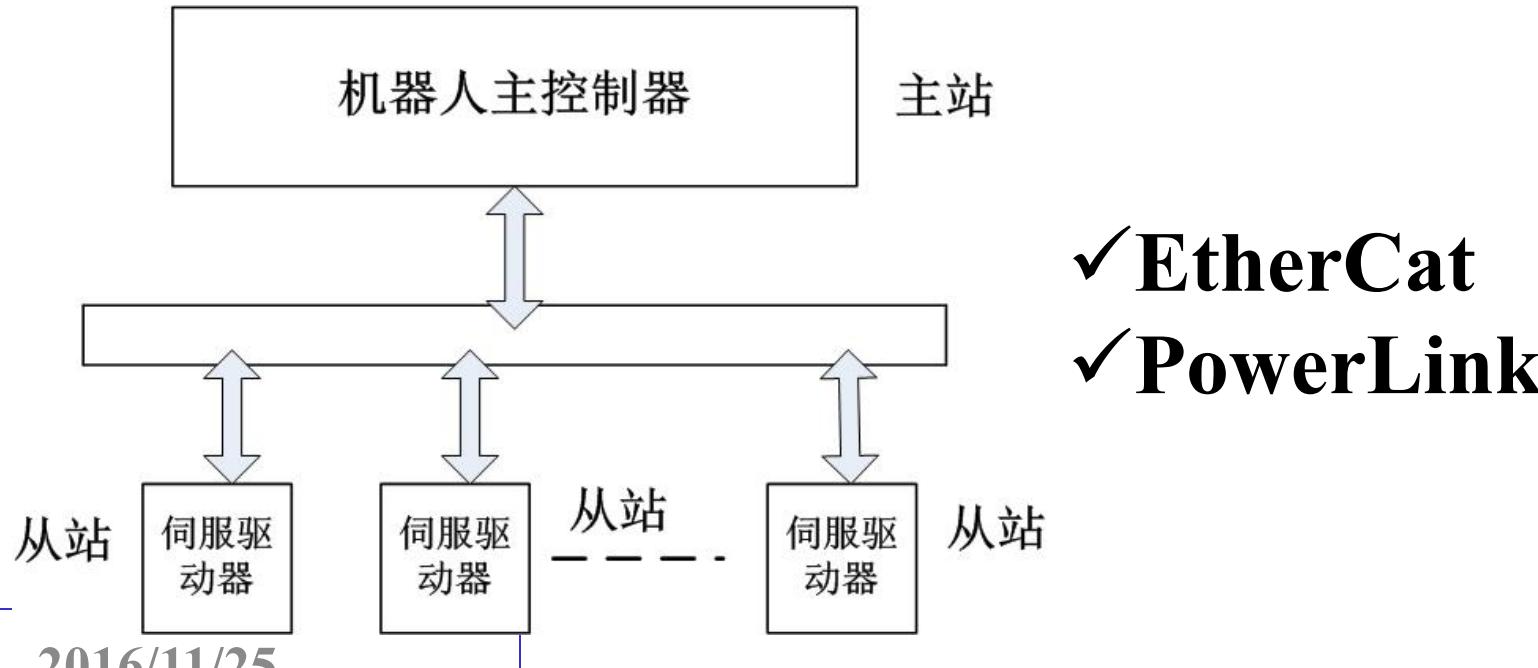


- ✓ 主控制器可以由PLC、工控机或自制的控制器
- ✓ 传统的位置给定用方波脉冲

# 机器人控制器通信方式

## ●通信及数据传输

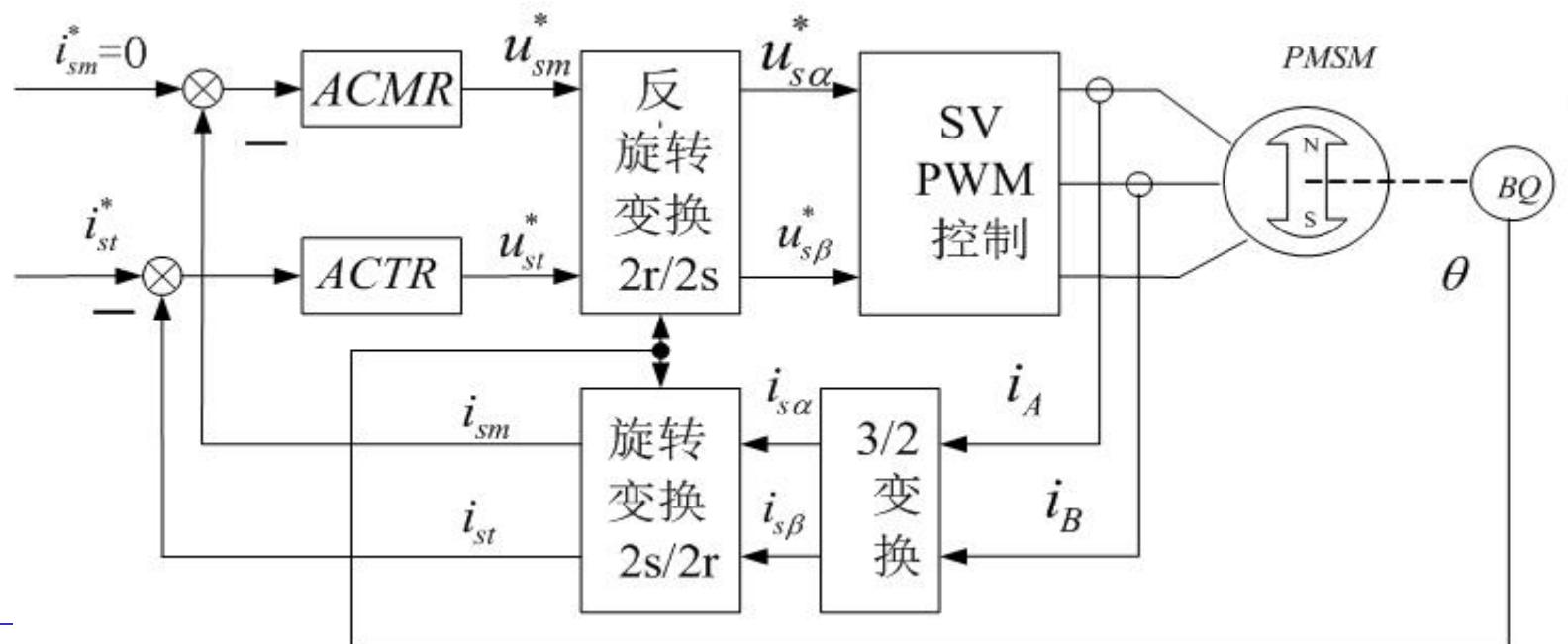
- ✓ 以工业以太网方式传输数据
- ✓ 主控制器为主站，伺服驱动器为从站



# 伺服驱动控制方案

## ● 转矩控制模式

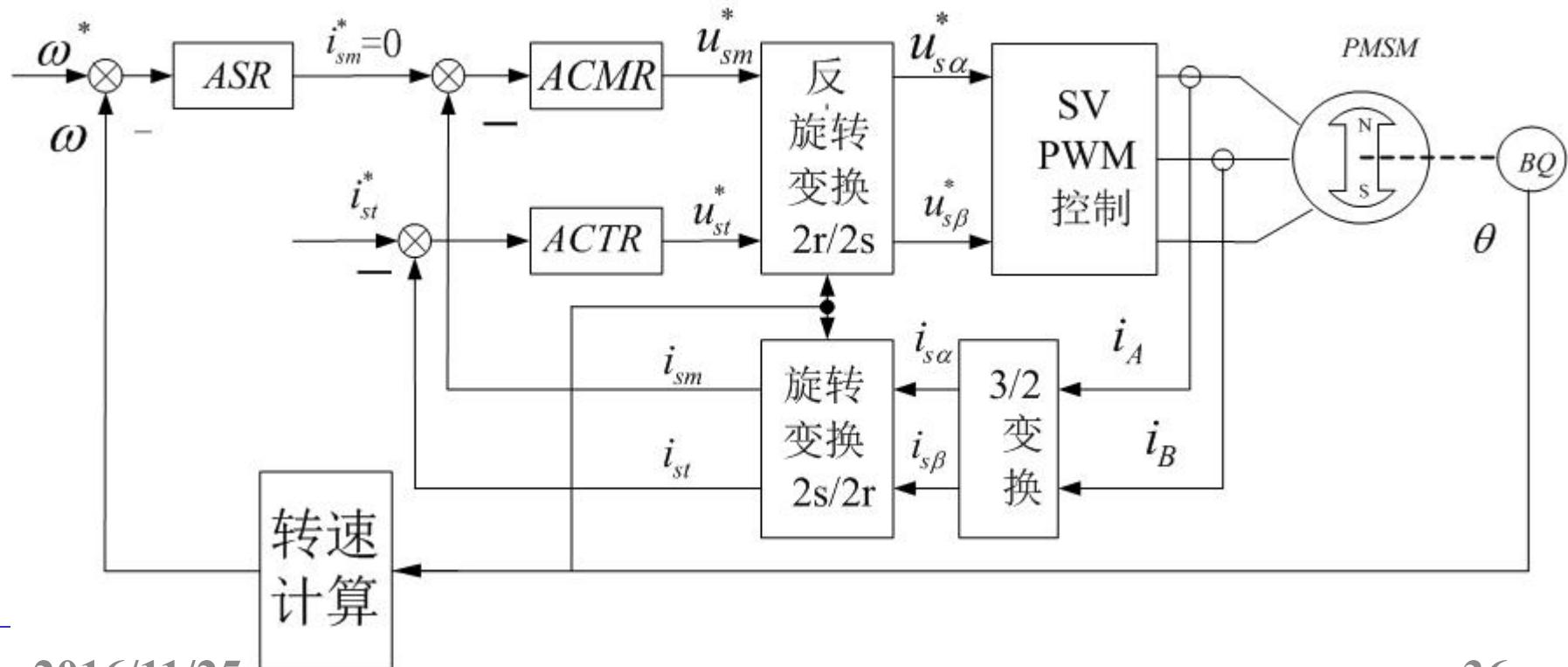
✓ 内环采用电流闭环控制，一般情况定子励磁电流等于零，控制定子转矩电流以控制转矩



# 伺服驱动控制方案

## ●速度控制模式

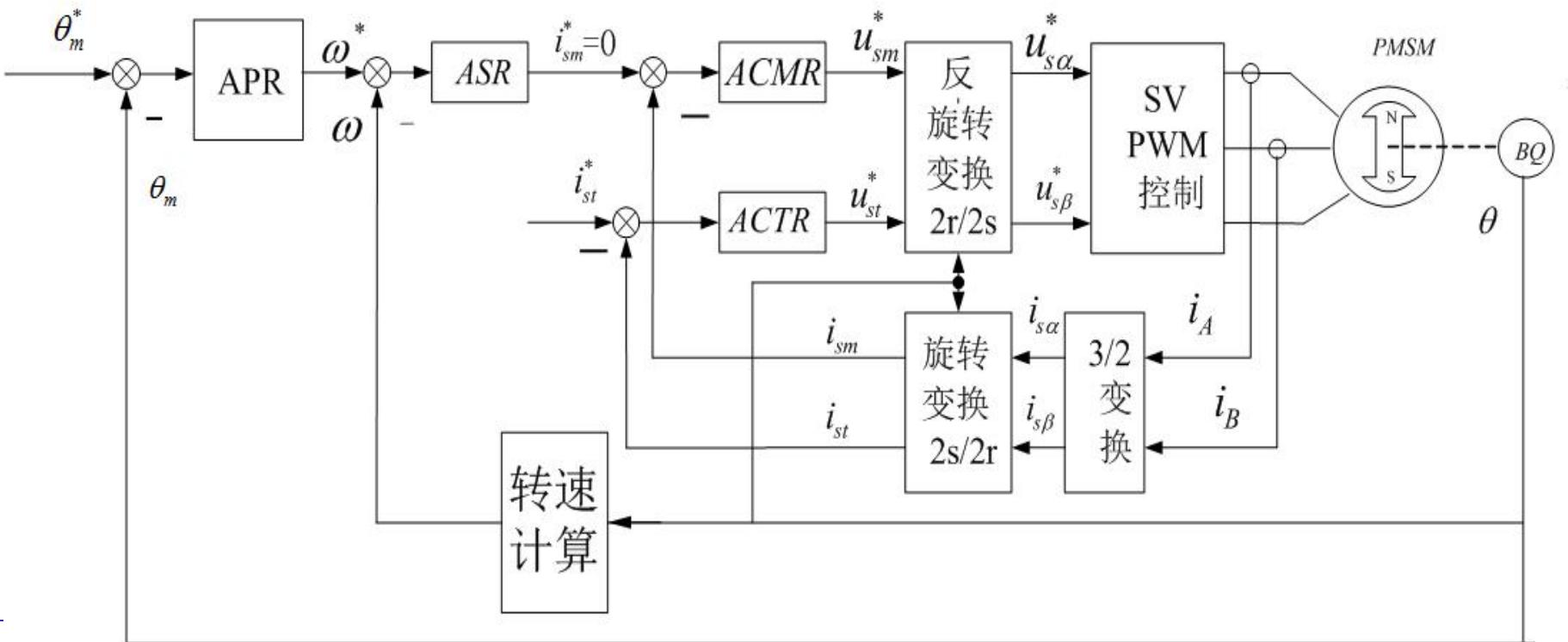
✓ 转速闭环控制，速度调节器采用PI控制



# 伺服驱动控制方案

## ●位置控制模式

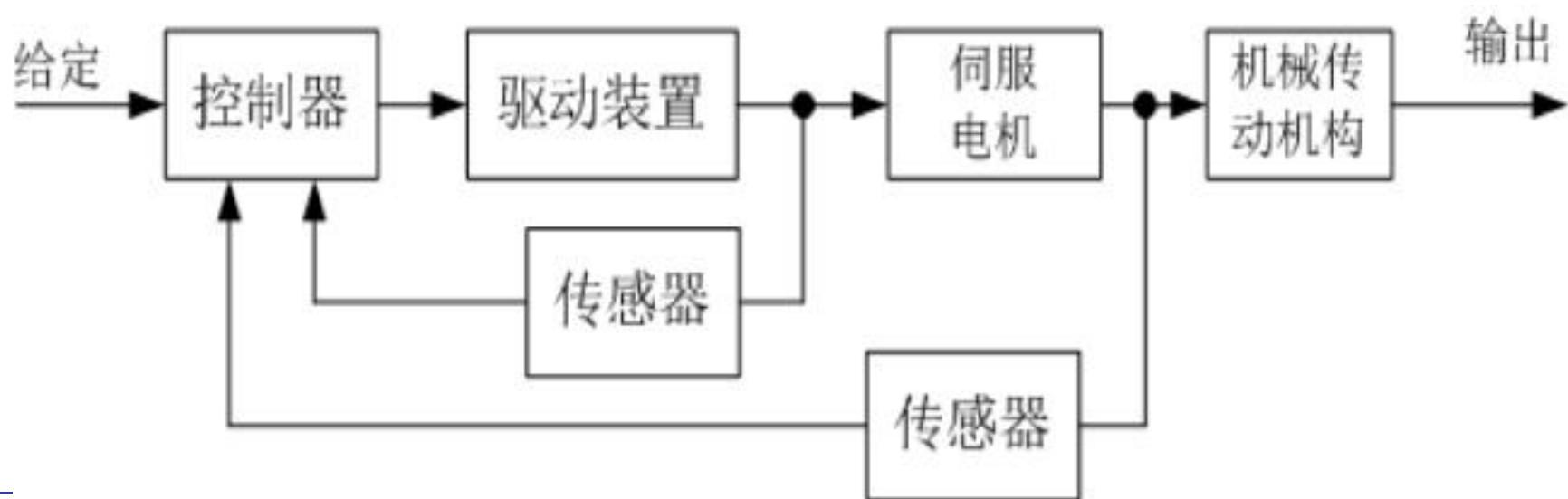
✓ 位置闭环控制，位置调节器采用P控制



# 伺服驱动控制方案

## ●位置控制模式

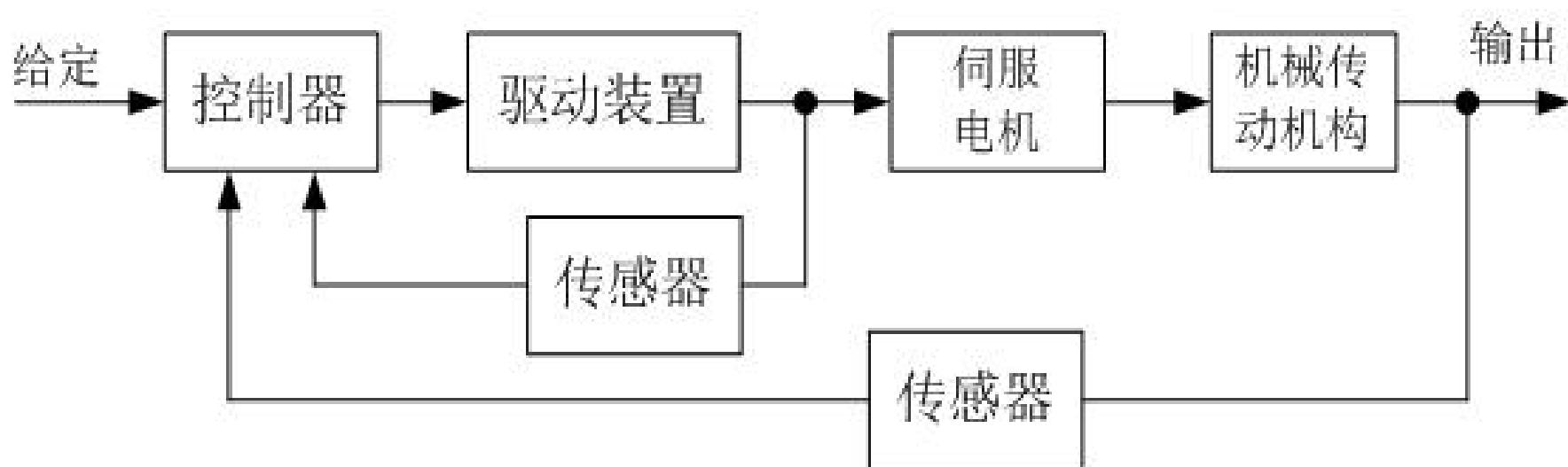
- ✓ 位置半闭环控制，机械传动机构未被反馈通道包围
- ✓ 结构较为简单，机械传动机构会产生定位误差



# 伺服驱动控制方案

## ●位置控制模式

- ✓ 位置全闭环控制，机械传动机构被反馈通道包围
- ✓ 结构较为复杂，定位误差小



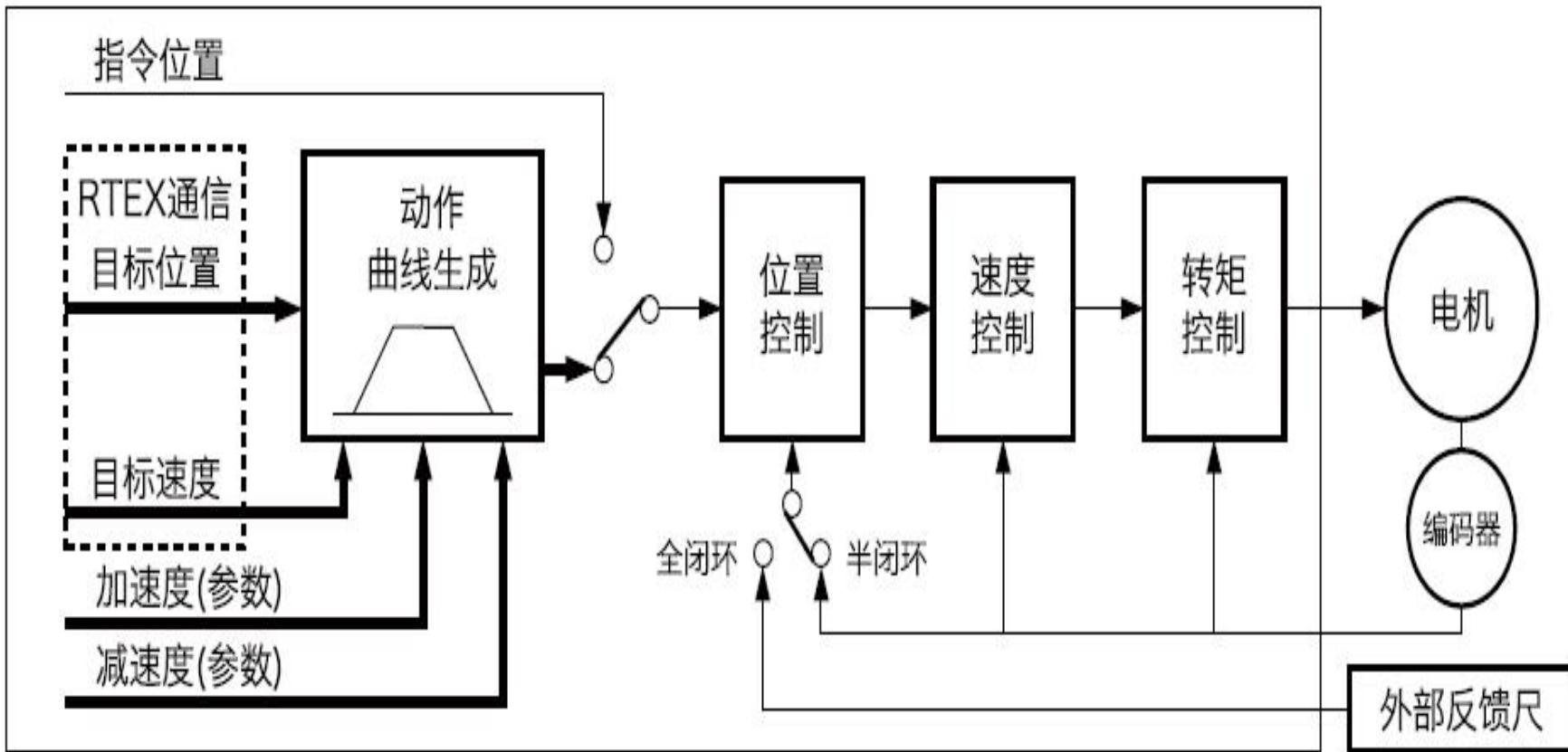
# 伺服驱动控制方案

## ●存在的问题

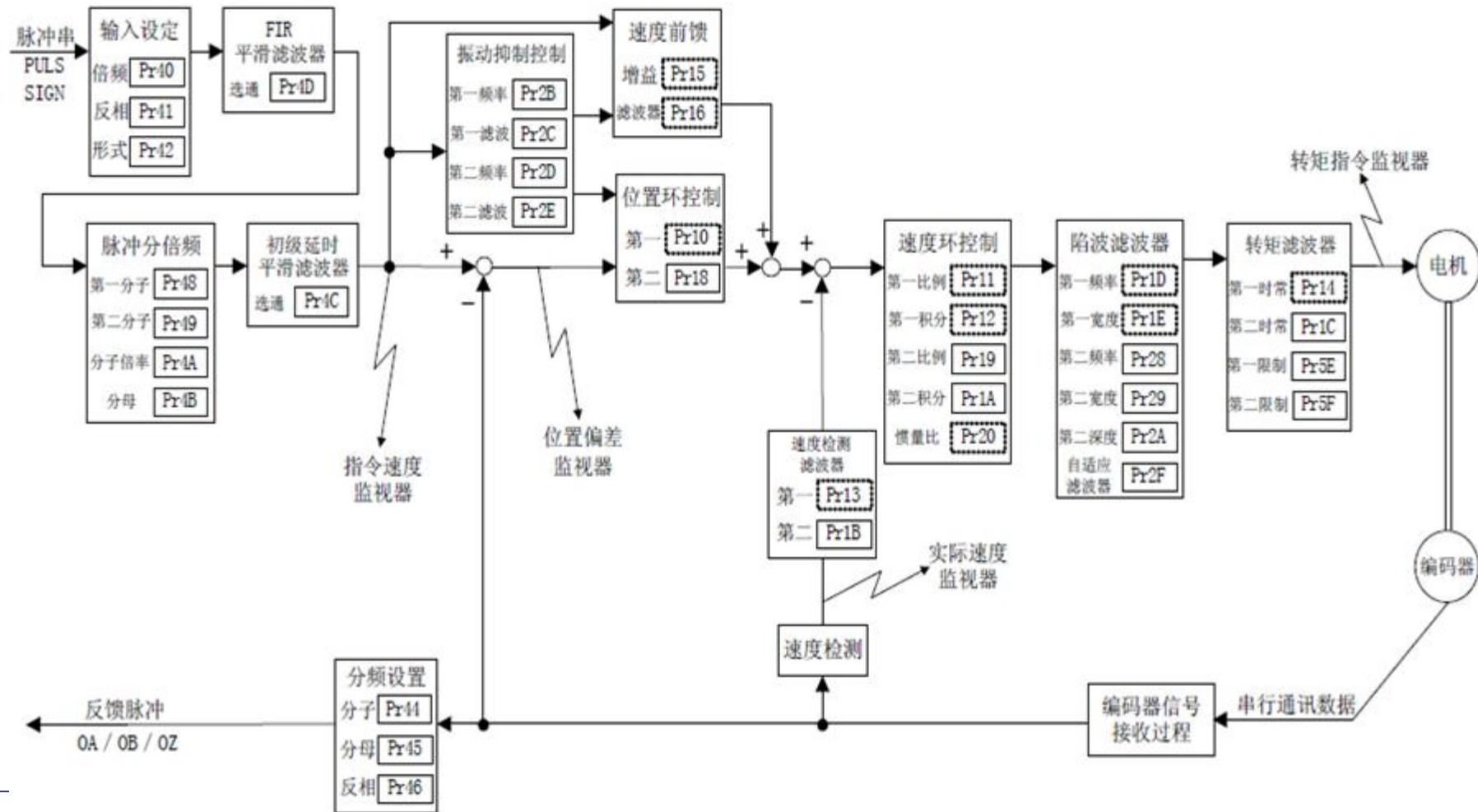
- ✓ 机械惯量难以精确测量，且机械惯量随着机器人的姿态而变化
- ✓ 避开机器人自然共振点，而自然共振点也随着机器人的姿态而变化
- ✓ 一般位置半闭环控制，机械传动机构误差，将影响定位精度或者说重复定位精度
- ✓ 参数自整定或参数自适应控制尚未完全成熟，应用受限
- ✓ 国内机器人控制技术起步较晚，控制软件欠成熟，有待完善

2016/11/25

# 松下伺服驱动方案



# 松下伺服驱动方案





# 谢谢！

