



# 第六讲 轨迹规划

熊蓉

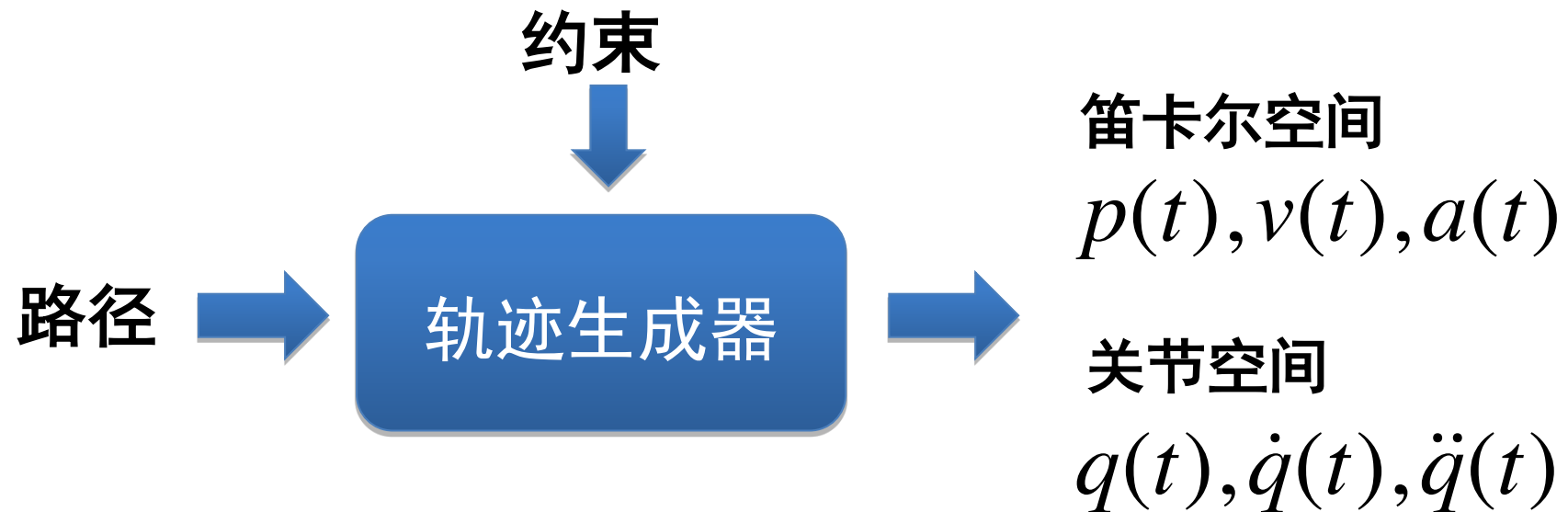
浙江大学 控制科学与工程学院



## 6.1 基本概念

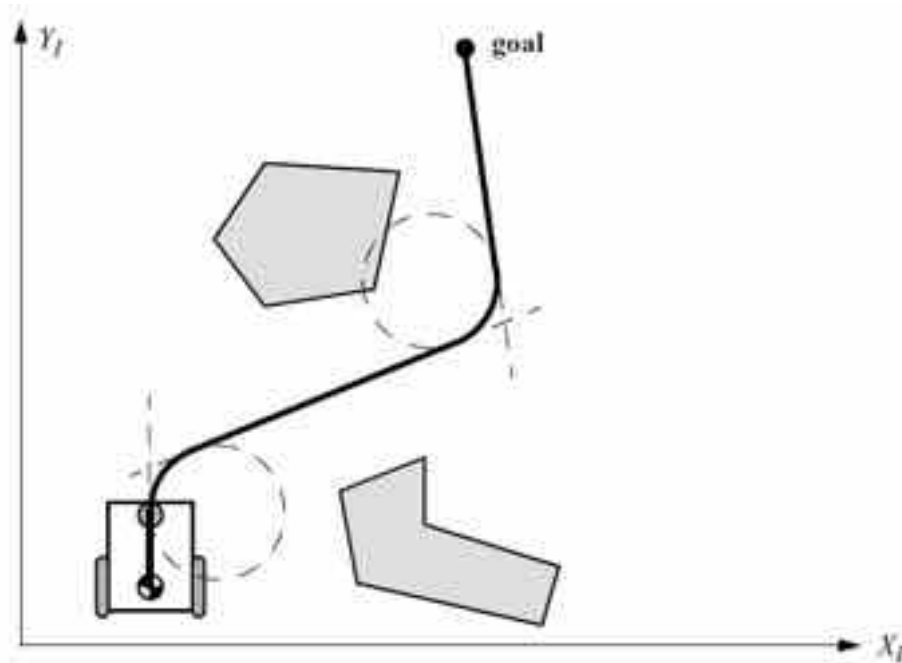
# 轨迹规划

- 目标：给定路径与约束，生成一组控制序列，使机器人从初始位姿移动到目标位姿



# 轨迹规划

- 移动机器人轨迹规划得到质心/参考点在笛卡尔空间中的位置、速度、加速度控制序列



$$p(t), v(t), a(t)$$

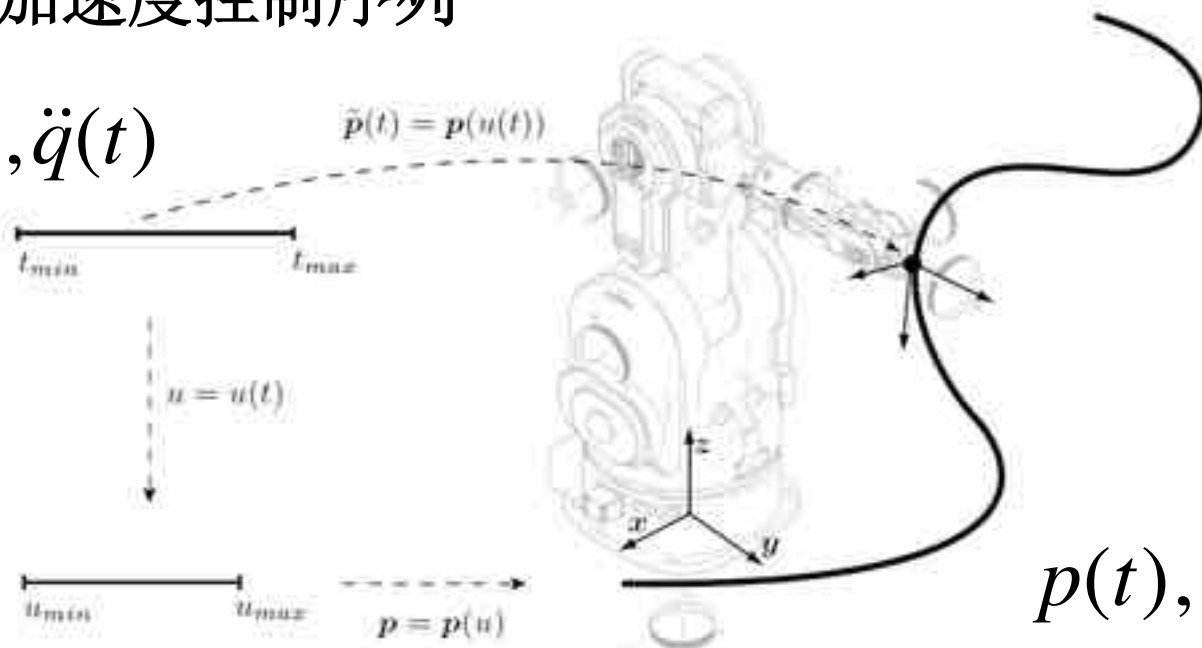


# 轨迹规划

## ○ 关节式机器人轨迹规划

- 末端轨迹规划：得到末端在笛卡尔空间中的位置、速度、加速度控制序列
- 关节轨迹规划：得到关节空间中的角度、角速度和角加速度控制序列

$q(t), \dot{q}(t), \ddot{q}(t)$



$p(t), v(t), a(t)$

# 轨迹规划

- 轨迹为关于时间的位置、速度或加速度函数
- 与路径的区别在于，轨迹需考虑以下约束和要求
  - 路径约束
  - 运动学约束
  - 边界约束
  - 无碰约束
  - 连续性/光滑性要求



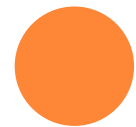
# 轨迹规划的边界约束

## ○ 初始状态

- 位置 (给定)
- 速度 (给定, 一般为0)
- 加速度 (给定, 一般为0)

## ○ 终点状态

- 位置 (给定)
- 速度 (给定, 一般为0)
- 加速度 (给定, 一般为0)



# 轨迹规划的边界约束

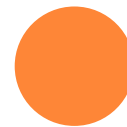
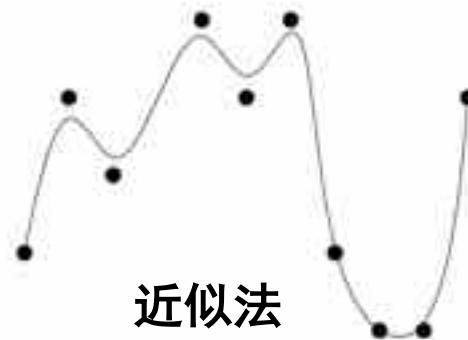
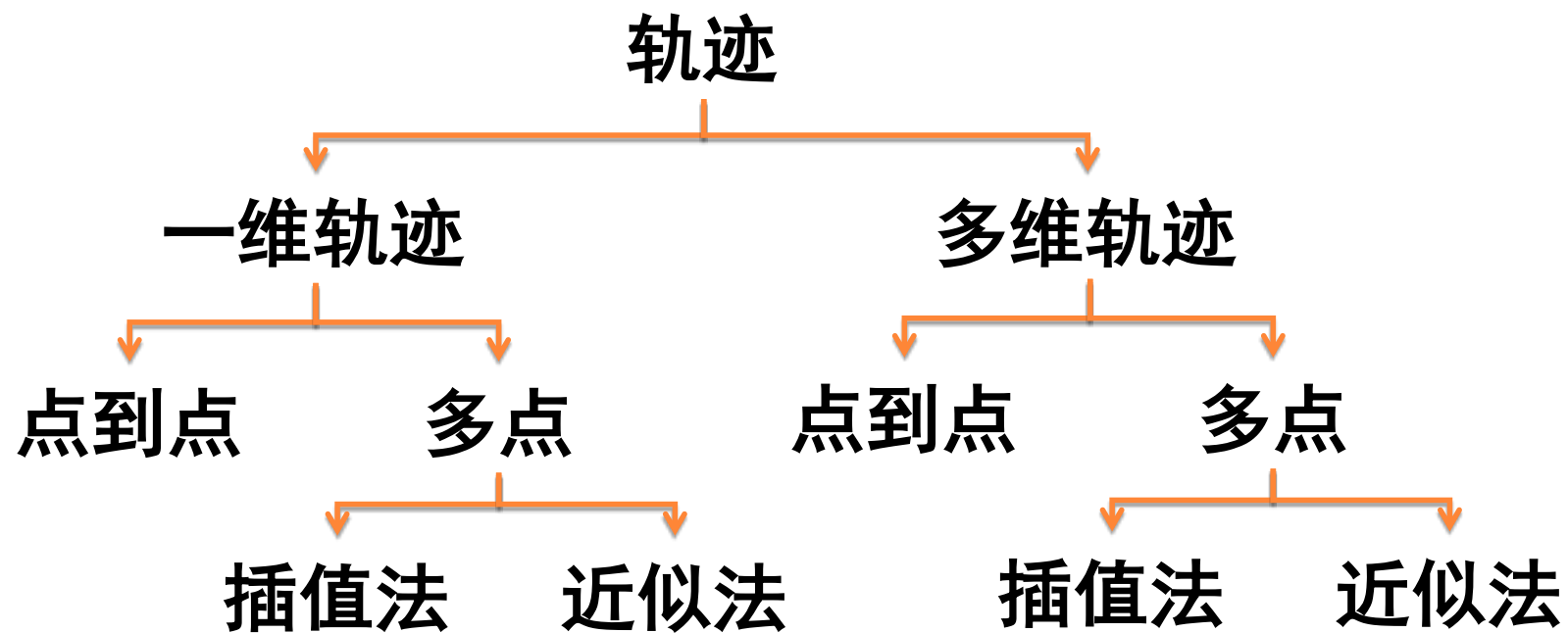
## ○ 中间位置

- 匀速起点位置 (给定)
- 匀速起点位置处与前面轨迹的路径连续性
- 匀速起点位置处与前面轨迹的速度连续性
- 匀速起点位置处与前面轨迹的加速度连续性
- 减速位置 (给定)
- 减速位置处与前面轨迹的路径连续性
- 减速位置处与前面轨迹的速度连续性
- 减速位置处与前面轨迹的加速度连续性





# 轨迹的分类

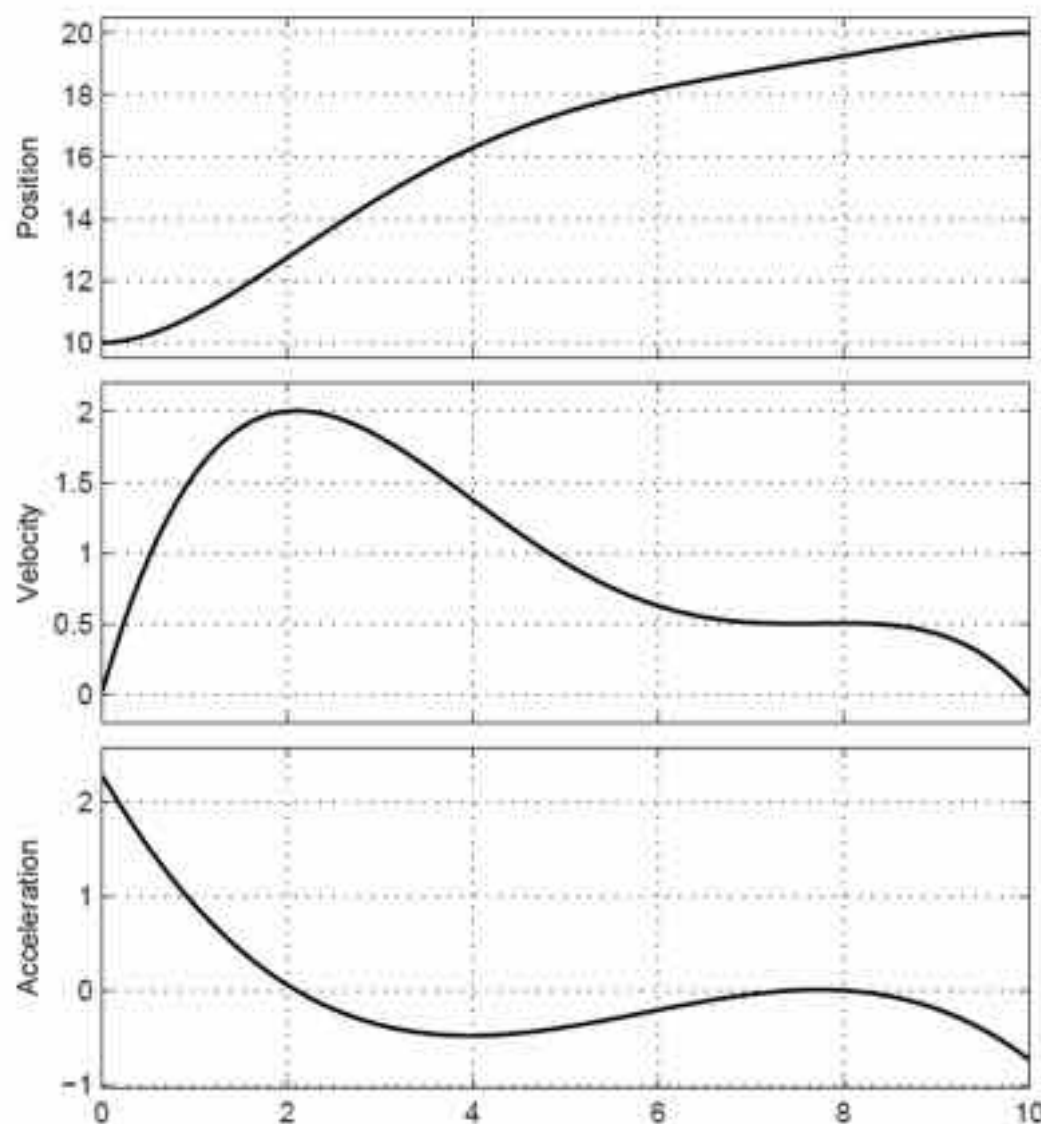


# 轨迹规划基本方法

- 用一定的函数形式表示控制量的控制律，根据约束或/和最优目标，求取控制律参数
- 控制量：位置、速度、加速度
- 常用函数表示形式（基本轨迹）
  - 多项式表示  $q(t) = a_0 + a_1t + a_2t^2 + \dots + a_nt^n$
  - 三角函数
  - 指数函数



# 一维多项式轨迹规划



$$t_0 = 0, t_1 = 10$$

$$q_0 = 10, q_1 = 20$$

$$v_0 = 0, v_1 = 0$$

$$v(t = 2) = 2$$

$$a(t = 8) = 0$$

六个约束，要求多项式至少5阶

求解可得参数为

$$a_0 = 10.0000, a_1 = 0.0000$$

$$a_2 = 1.1462, a_3 = -0.2806$$

$$a_4 = 0.0267, a_5 = -0.0009$$