第一周学习总结

汇报人：郝宇泽

本周围绕机器人基础核心模块展开学习，重点掌握坐标系与位姿变换、轨迹规划两大板块内容，现将学习成果梳理如下，并明确后续学习方向。

**一、坐标系与位姿变换：空间定位与运算基础**

1. 核心概念拆解

双坐标系认知：笛卡尔坐标系作为全局参照，以固定原点和 X、Y、Z 轴定义空间方向，可精准锁定末端执行器或目标物体的绝对位姿，支撑全局定位需求；关节坐标系聚焦局部，每个关节专属且原点多在关节运动轴上，仅记录单关节的角度或位移数据，是实现关节独立控制的关键。

齐次矩阵的作用：4×4 齐次矩阵将旋转与位移整合，左上角 3×3 旋转矩阵描述姿态，右侧 3×1 位置矩阵记录平移坐标，最后一行 [0,0,0,1] 统一格式，把分散运算合并为单次矩阵操作，大幅简化运动学位姿求解。

运动表征方式：平移是物体沿直线移动且姿态不变，如机械臂末端水平从 A 点到 B 点；旋转需区分欧拉角与四元数 —— 欧拉角用偏航、仰俯、横滚描述，直观但有万向节锁；四元数以 a+bi+cj+dk 形式规避该问题，不过计算需遵循特殊规则。

坐标转换逻辑：不同坐标系转换依赖齐次变换矩阵，A 转 B 只需 A 坐标乘对应矩阵；多关节机器人则通过相邻关节矩阵按序相乘的链式计算，得出末端相对基座的位姿。

2. 关键问题解析

齐次矩阵的必要性：能整合旋转与位移，避免分开计算时的频繁切换，统一运算格式，简化 FK、IK 等后续运动学求解流程。

A 到 B 坐标系的坐标转换：先确定 A 到 B 的齐次变换矩阵，再用 A 坐标系下点的坐标乘以该矩阵，即可得到 B 坐标系下的坐标。

多关节位姿求解：相邻关节坐标系间有对应齐次变换矩阵，按关节顺序依次相乘，通过链式计算得出末端相对基座的位姿。

**二、轨迹规划：运动路径的设计与优化**

1. 核心概念梳理

机器人轨迹规划需结合任务需求与运动约束（如关节极限、末端精度），先通过 OMPL（含 RRT 树、PRM 图）或 SBPL 生成初始路径，经 CHOMP 优化后转为控制指令，同时需根据场景选择关节空间或笛卡尔空间进行规划。

2. 关键问题解答

不同空间直线运动轨迹差异原因：关节空间以关节角度为核心，线性变化导致末端轨迹易呈曲线；笛卡尔空间直接控制末端沿直线移动，需逐点位姿规划，关节角度适配末端需求，故轨迹不同。

速度与加速度限制的意义：一方面防止超出硬件极限，避免关节磨损、电机过载；另一方面保障运动稳定，防止速度骤变引发冲击，避免精度下降或姿态晃动。

2 秒内完成动作的轨迹安排：优先在关节空间用五项式插值，以 2 秒为总时间，结合设备最大速度、加速度，设起止速度为 0，代入公式求轨迹；需末端直线运动则在笛卡尔空间规划，配合时间插补控节奏。

**三、下周学习规划**

重点攻克机器人运动学中的 IK（逆运动学）与 FK（正向运动学）内容，完成后将继续推进下一章节学习。