酒店清洁机器人目前主要针对卫生间的清扫服务，主要集中在镜面擦拭，桌面擦拭，洗脸盆擦拭，马桶擦拭与淋浴间擦拭。以下分别对各擦拭任务进行轨迹规划仿真，保证轨迹（速度、加速度）连续的前提下，尽可能缩短任务时间，提高效率。

现阶段的轨迹规划任务求解暂不考虑机械臂的动力学约束，仅包含运动学约束，对于机械臂关节空间轨迹规划而言，其运动学约束主要为关节限位，关节速度限制和关节加速度限制，同样的，对于笛卡尔空间轨迹规划而言，其运动学约束为笛卡尔工作空间，笛卡尔空间速度和加速度，由于酒店清洁机器人重点关注笛卡尔空间末端位置，因此后续本文中提到的笛卡尔空间速度和加速度约束仅包含线速度和线加速度，更进一步，仅包含线速度和加速度的模。

酒店机器人运动学约束：

* **镜面擦拭任务**

设定镜子四个顶点的位置如下所示，其顺序为从右下角开始，顺时针旋转。

，，

擦拭镜子轨迹在空间中呈S曲线，且纵向间隔0.1m，因此可得到全部轨迹中的26个经由点，在每两个间隔点间，机械臂末端线速度均为零，在两间隔点间的运动用梯形速度规划，并设定笛卡尔最大线速度为0.4m/s，笛卡尔最大加速度为0.8m/s^2，按此约束其运动路径如下图所示



图 1 镜面擦拭直线运动路径

运动过程中的线速度和线加速度变化曲线如下图所示



图 2 直线路径下速度和加速度变化曲线

可以看出，最大线速度和加速度均不超过运动学约束，并且最终完成镜面擦拭任务时间约61s，基本符合预期。但机械臂按该方法运动时，会频繁出现“启停”动作，尤其是纵向间隔较小，运动过程中机械臂末端出现抖动的概率非常大，因此可考虑在直线间添加圆弧过渡，保证机械臂运动的顺畅性。

运动学约束保持不变，由于圆弧过渡时存在较大离心力，因此必须对最大速度做进一步的限制，在本方案中，对最大线速度约束为0.216m/s，其运动路径如下图所示



图 3 镜面擦拭圆弧过渡运动路径

运动过程中的线速度和线加速度变化曲线如下图所示



图 4 圆弧过渡路径下速度和加速度变化曲线

可以看出，最大线速度和最大线加速度均不超过运动学约束，机械臂运动过程中未停顿，且长时间保持在匀速运动段。但由于向心力的影响，导致最大线速度过低，最终完成镜面擦拭时间约88s，大大超出预期的1分钟时间。

更优的解决方案是在直线路径下以最大速度运动，在圆弧运动时以最大加速度运动，此时机械臂不会出现频繁的“启停”现象，并且充分利用了机械臂的运动性能，提高工作效率，其速度和加速度变化曲线如下图所示



图 5 圆弧过渡路径下速度和加速度变化曲线

可以看出，其最大线速度和最大线加速度均满足运动学约束，在圆弧运动时，机械臂减速以满足线加速度约束，并且最终完成镜面擦拭时间约54s，符合预期工作效率要求。