预观控制是一种在控制领域应用广泛的控制方法，早在上世纪60年代就有学者提出了这一控制方法，它是通过预测未来一段时间内系统的行为来计算控制信号，以提高控制系统的精度和鲁棒性。以人走路为例，当我们在街道上驾驶车辆时，我们需要用眼睛观察观察前方道路的状况，以调整方向盘做出合适的行车轨迹，这就可以认为我们在利用将来的信息为现阶段的策略提供了帮助。这种控制方法就叫做预观控制理论。 下面是基于这种理论的控制器设计方法，将仿人机器人简化为线性倒立摆模型，预观控制器将利用参考ZMP作为预观控制系统的未来参考信息，规划仿人机器人质心轨迹。



由倒立摆的动力学方程可得：

（1）

以x方向的倒立摆的动力学方程为例，g为重力加速度，为倒立摆质心的高度，和为倒立摆质心在x轴上的位置和加速度，为倒立摆的ZMP所在的位置。

这两个方程给出了通过系统的质心轨迹计算ZMP位置的表达式。如果将机器人表达为类似的倒立摆模型，则得到机器人质心的运动轨迹之后，就可以利用这个方程计算其ZMP的位置。

为了将方程上式写成控制系统状态方程的形式，定义质心在水平方向的加速度对时间的导数，：

（2）

公式（2）可以重写为下面的系统状态方程:

（3）

（4）

（5）

（6）

在机器人的行走过程中，当支撑腿变化时，ZMP的位置会有一个阶跃变化，而正常情况下，质心的位置需要在ZMP阶跃变化之前就开始逐渐变化。也就是说，在计算质心轨迹时，需要提前考虑到未来ZMP的变化趋势。根据将来的ZMP的变化趋势计算当前质心的轨迹，这就是预观控制生成轨迹的基本思想。

为说明预观控制方法的应用，将方程(3)和(5)进行离散化，假定采样时间为T，则得到x方向的系统方程：

（7）

其中，，，*k*为正整数，

Y方向的系统方程有类似的形式。

按照预观控制理论，衡量跟踪指标的表达式为

（8）

是ZMP跟踪误差，为第iT时刻的*x*坐标。为状态向量增量。为输入增量。上标’代表转置，是大于零的系数，是3×3的非负定矩阵。

假定在每个采样时刻，可以预观未来步的ZMP参考轨迹，则可以使方程(8)中的指标J最小的最优控制器的表达式为

为了方便书写，则先定义：

参数为：

参数为：

参数为：

其中，是下面Riccati方程的解:

通过如下定义：