当当前位置偏离设置的航线较远时，即当前位置pos与航线prev-curr的正交垂线长度超过pos点的单位圆半径，飞机从当前位置pos到当前航点curr的飞行过程分为三种情况：pos垂线与航线prev-curr交点在航点prev前、在航点prev和curr之间以及在航点curr之后，三种情况的期望位置pos\_sp随时间增加的规划路线分别如图1-3所示。



图1 pos在prev\_sp之后情况下随时间增加pos\_sp分布



图2 pos在prev\_sp和curr\_sp之间情况下随时间增加pos\_sp分布



图3 pos在curr\_sp之前情况下随时间增加pos\_sp分布

当当前位置pos进入航点curr的单位圆内，下一步的期望位置pos\_sp的分布情况如图4、5所示。图4为航点next固定不变，不同pos位置对应的期望位置pos\_sp。虚线左侧的点pos-curr与prev-curr为锐角，下一步期望位置pos\_sp增加前馈，分布在prev-curr的延长线上。虚线右侧及虚线上的点pos-curr与prev-curr为钝角或直角，下一步期望位置pos\_sp为航点curr。



（a）航点分布情况图



（b） 圆内局部放大图



（c）curr\_sp附近局部放大图

图4 固定next\_sp不同pos的pos\_sp分布

由图4（b）（c）局部放大图可以看出不同pos点对应的pos\_sp的分布规律。绿色圆圈、粉色圆圈和蓝色圆圈为不同的当前位置pos，同色连线对应的同色圆点为各pos对应的pos\_sp。左半区pos当pos-curr长度相等时，prev-curr-pos夹角越小，前馈距离越长；当prev-curr-pos夹角相等时，pos-curr长度越短，前馈距离越长。右半区不同pos对应的pos\_sp相同，都为航点curr。

图5为不同航点next情况下相同的pos（在左半区）对应的pos\_sp分布。



（a）航点分布情况图



（b）curr\_sp附近局部放大图

图5 不同next\_sp固定pos的pos\_sp分布

由图5可以看出curr-next与prev-curr的夹角越大，pos对应的前馈距离越小。

图6为计算出pos\_sp对速度进行限制后得出的实际跟踪的pos\_sp点与计算出的pos\_sp的关系。当计算出的pos\_sp与上一时刻的pos\_sp距离超过单位圆，其位置将被限制在单位圆上，未超过时该点即为实际跟踪pos\_sp。



图6 限速后实际pos\_sp\_s与计算出的pos\_sp\_s 的关系