**模型：**



其中



 









**考虑加性故障：**



其中：，。

**反步控制**

**位置环控制**



其中，分别为,，由于未知，设计非线性观测器对进行估计。



其中和是关于的待设计的时变矩阵。

估计误差：



假设干扰变化缓慢，导数近似为0，对时间求导：





取：

则：



不妨设计，

则：

以下为控制器反步法设计过程：





设计的虚拟控制率为



代入得：





代入得



设计控制规律





代入得



令：



为保证负定，在设计过程中需要保证：

稳定性得证；

即控制规律为：







**姿态环控制**



其中，分别为, ，由于未知，设计非线性观测器对进行估计。



其中和是关于的待设计的时变矩阵。

估计误差：



假设干扰变化缓慢，导数近似为0，对时间求导：





取：



同位置环设计：，



以下为控制器反步法设计过程：





设计虚拟控制率：



代入得：





代入得：



设计控制规律



代入得：



令：





即控制规律为：



