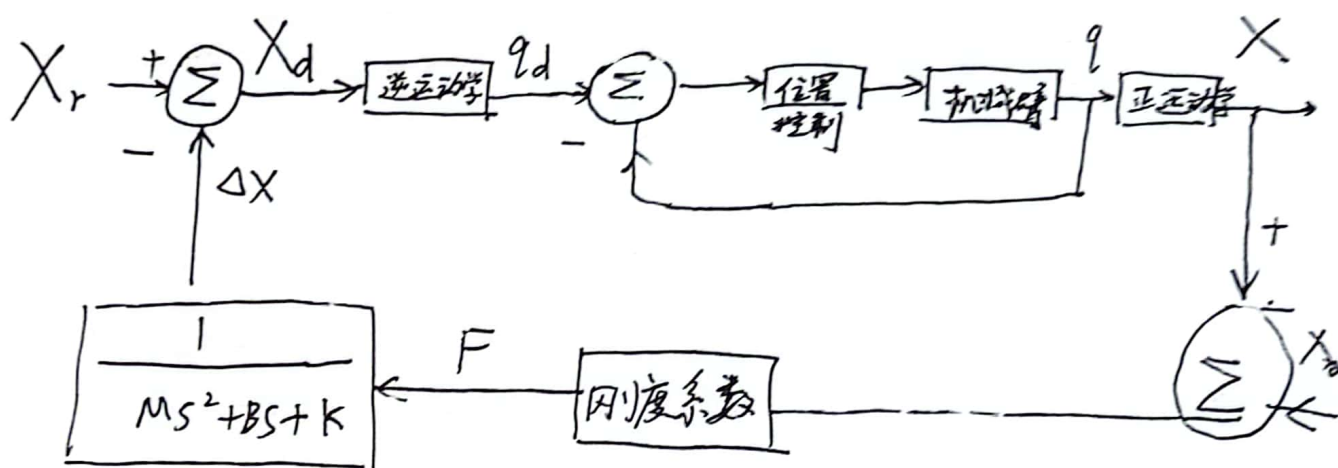


4. 区别: 直接力控制 通过力反馈闭环来控制力。

间接力控制 通过运动控制来实现对力的控制,不需要反馈  
闭环。

5.



### 阻抗控制原理图

步骤聚: ① 读取传感器采集的环境力  $F$  (或结合环境刚度计算出  $F$ )

② 将  $F$  输入阻控制器, 输出位置修正量  $\Delta X$ ;

③ 计算出期望轨迹  $x_d$ ，逆运动学计算期望关节角度  $q_d$

④ 采集关节角度信息, 设计位置控制器。

6. 阻抗参数  $M$ :  $M$  越大, 所需稳定接触力越大, 需在一定范围内调节来保证系统稳定。

阻尼参数  $B$ :  $B$  增大, 响应时间变长, 响应速度变慢.

$B$  过小, 响应的超调变大。

刚度参数  $k$ ， $k$  增大，刚度变大，机器人与环境接触时呈现刚的特性；  
反之，呈现柔的特性。



7. Y方向力控制 (第2)

X, Z方向位置控制 (第1, 3)

$$S = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

位控矩阵

$$S' = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

力控矩阵

