

## 1、设计背景：

由于城市道路绿化带以及小区绿化带台阶高度没有统一标准，这造成了喷涂机的工作高度有一定的限制。



图 1



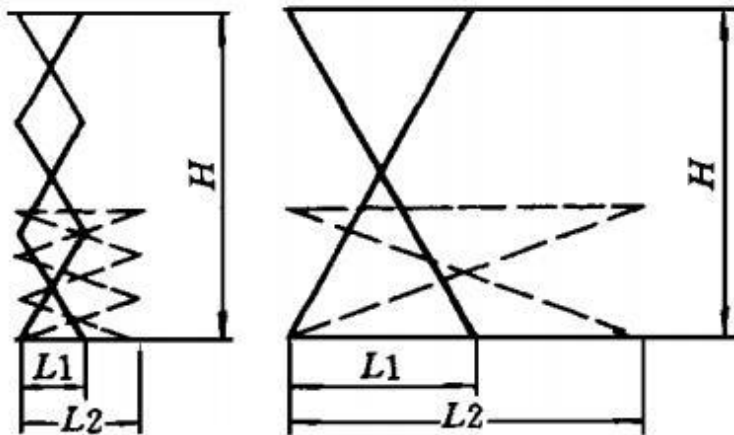
## 2、机构概要：

考虑到城市道路绿化带台阶的高度带来的不确定性，同时为了扩大喷涂机的应用范围和通用性，我们在喷涂机上设计了一个小型升降平台。

在升降平台中，常采用多级 X 形的剪式机构。X 形剪式机构是一种单自由度机构，在实践中得到广泛的应用，如玩具、灯具、登高作业台、起重平台等，一般是利用它的对称结构具有放大的平行位移的特点。

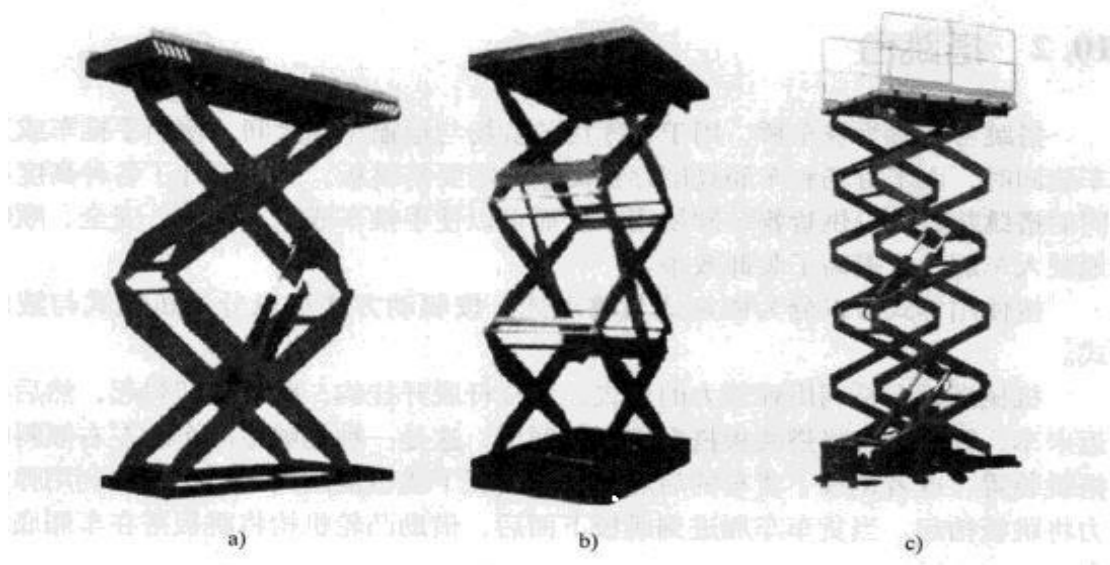
在相同的起升高度下，X 形剪式机构具有较小的纵向尺寸 ( $L_1$  和  $L_2$ ) 和较小的纵向尺寸

变动幅度 ( $L_2 - L_1$ )，以及较大的位移放大率  $\frac{H}{(L_2 - L_1)}$ ，见下图。



下图为一种常用剪式液压升降平台简图，由平台、支撑杆、长横杆、短横杆、液压缸、活塞、机座组成，长横杆和短横杆与支撑杆之间形成铰接，支撑杆长度均相等，这种多个平行四边形伸缩架，可获得较大的伸缩行程，当液压缸使得活塞伸缩时，带动长横杆在机座导槽内滑动和支撑杆运动，使得平台在铅垂方向升降。

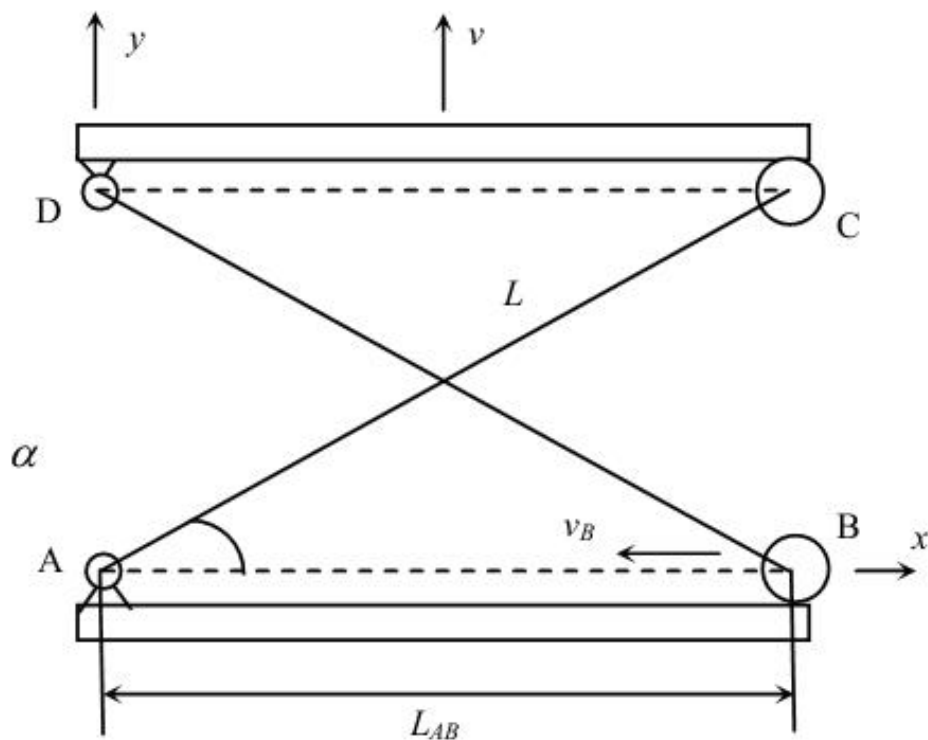




### 3、运动分析：

剪叉机构由两根中间用枢轴连接，可在平面内相互转动的剪杆组成，每根剪杆又可以认为由两段一端铰接和一段固接的梁单元连接而成。剪杆作为机构折叠变化的对象，铰点约束剪杆的变化，折叠过程即剪杆围绕铰点旋转，最后达到指定位置，从而完成一个折叠过程。剪叉式升降台主要由底座、剪叉机构和工作台三个部分组成，其中剪叉机构是剪叉式升降台的主体，也是主要承力构件。

以单片剪叉式升降台为研究对象，如下图所示，分析滑块 B 水平速度  $v_B$  与升降平台 CD 在垂直速度  $v$  之间的关系。该运动为平面运动，采用速度瞬心法进行求解。



因为 D 点速度垂直向上，B 点速度水平向左，所以剪杆 BD 运动瞬心为点 C，令其瞬时角速度为  $\omega$ ，则 D、B 点的速度为：

$$v = \omega \cdot r_D = \omega \cdot L \cos \alpha \quad (1)$$

$$v_B = \omega \cdot r_B = \omega \cdot L \sin \alpha \quad (2)$$

由(1)、(2)式可得：

$$v = v_B \cdot \operatorname{ctg} \alpha \quad (3)$$

由几何关系可得：

$$\operatorname{ctg} \alpha = \frac{L_{AB}}{\sqrt{L^2 - L_{AB}^2}} \quad (4)$$

将(4)代入(3)可得：

$$v = \frac{v_B \cdot L_{AB}}{\sqrt{L^2 - L_{AB}^2}} = K v_B \quad (5)$$

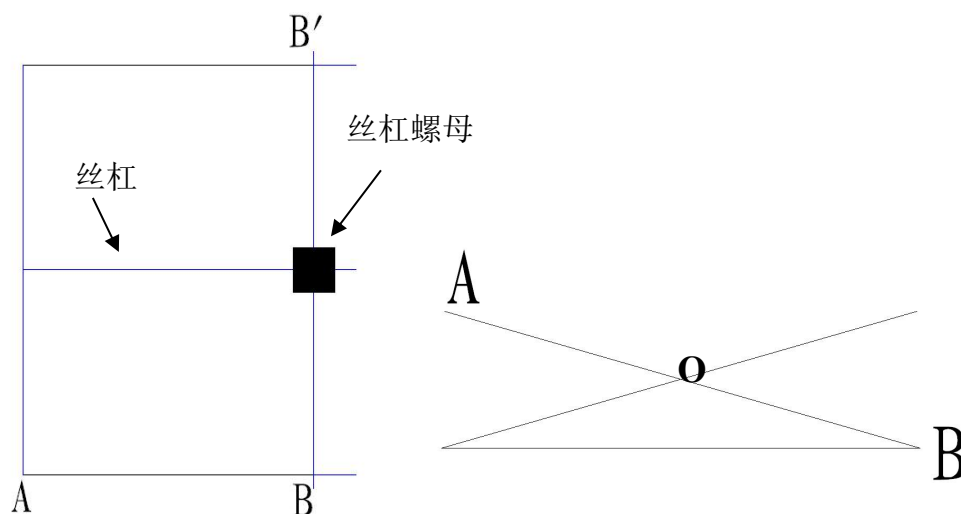
式中，K 为速度放大系数。

由(5)式可以得出，当 B 点的运动速度确定，即  $v_B$  为已知时，某一时刻  $t$  对应的  $L_{AB}$  确定，则  $t$  时刻平台的升降速度  $v$  确定。因此，调整  $v_B$  可使升降台具备良好的运动性能。

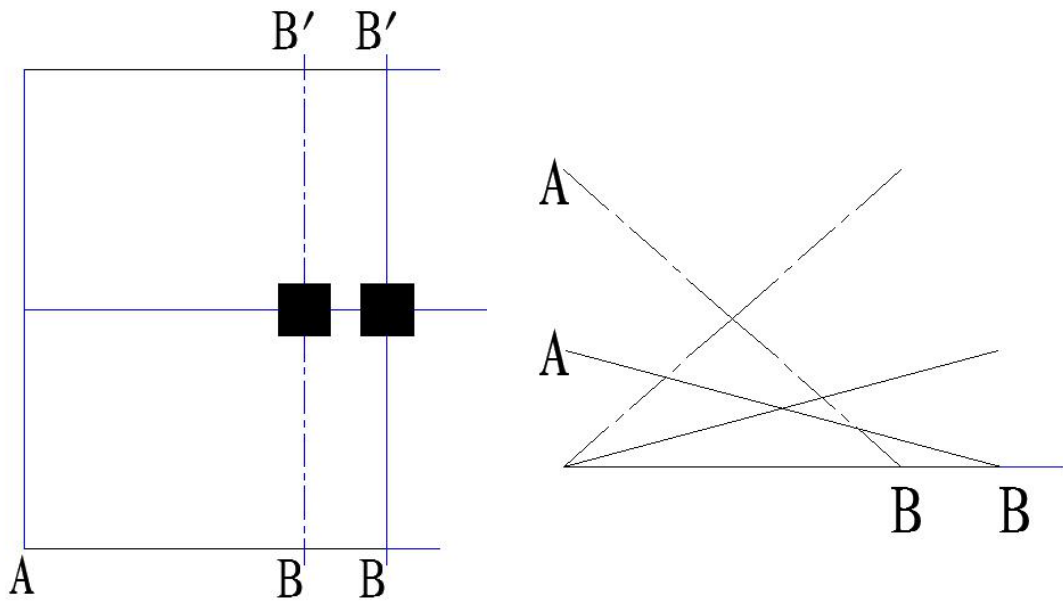
#### 4、机构设计：

再本例所设计的剪式升降平台主要是承载叉架和喷管并做升降运动，受载荷小、结构紧凑、设计简单。经过估算，升降平台承受的载荷是 40KG。

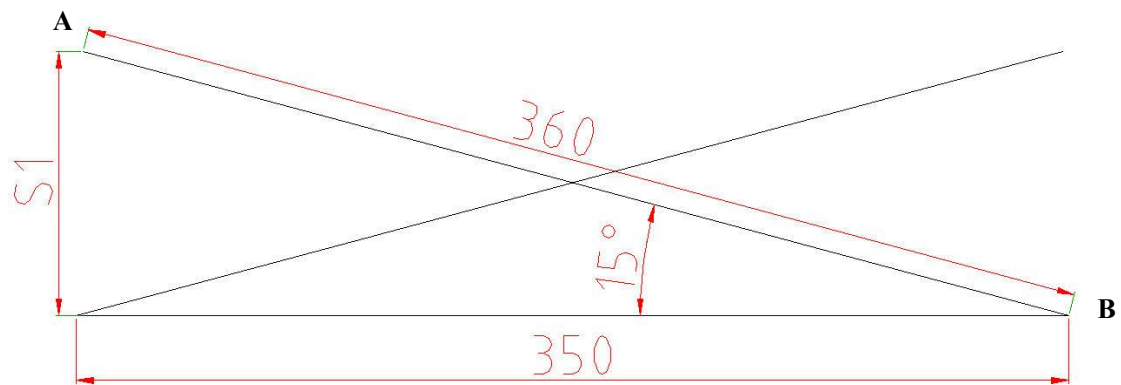
因此我们设计剪式升降机构由手轮驱动带轮，通过带轮和丝杠的传动为升降机构提供横向驱动，一对单片剪叉结构俯视图和前视图如下图所示。



小型丝杠与 AB 水平方向平行，轴 BB' 通过丝杠螺母沿 AB 水平方向运动。AB 作为机构折叠变化的对象，铰点 O 约束剪杆的变化，折叠过程即剪杆围绕铰点旋转，最后达到指定位置，从而完成一个折叠过程，如下图所示。



初定设计条件：一对单片剪叉每条连杆长度  $L=360\text{mm}$ ，B 处为可沿前后方向移动的滑块，平台处于最低点时连杆 AB 与水平面夹角为  $15^\circ$ ，最大横向滑动距离为  $175\text{mm}$ 。如下图所示。



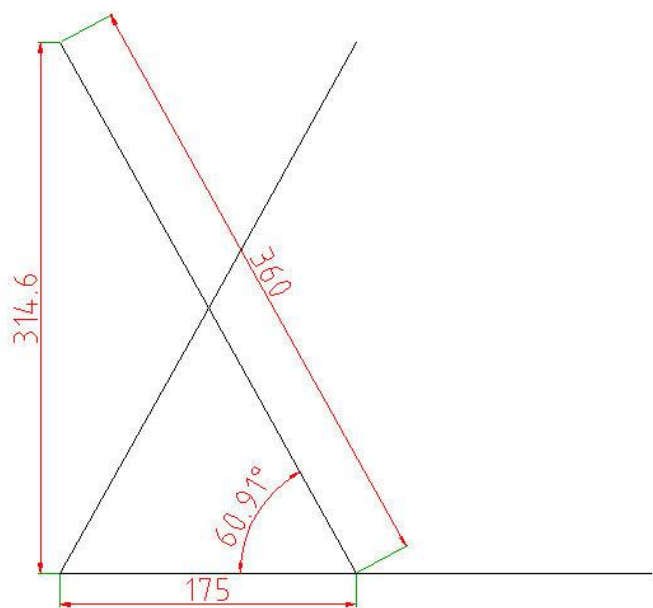
$L=360\text{mm}$ ， $D=350\text{mm}$ ，则

单个连杆最小高度  $S1=360 \times \sin 15^\circ = 93.2\text{mm}$ 。

伸缩架移动到横向最大距离时连杆与水平面的夹角

$$\theta = \arccos\left(\frac{175}{87.5}\right) = 60.91^\circ$$

单个连杆最大高度  $S2 = 360\text{mm} \times \sin 60.91^\circ = 314.6\text{mm}$



设可升降距离为  $H=450\text{mm}$ ，则需要连杆个数为  $n$ ，

$$S2 \times n - S1 \times n = H,$$

$$\therefore n = \frac{H}{S2 - S1} = \frac{450}{314.6 - 93.2} = 1.8 \approx 2$$

由上述计算可知至少需要两个连杆机构。

