

小结

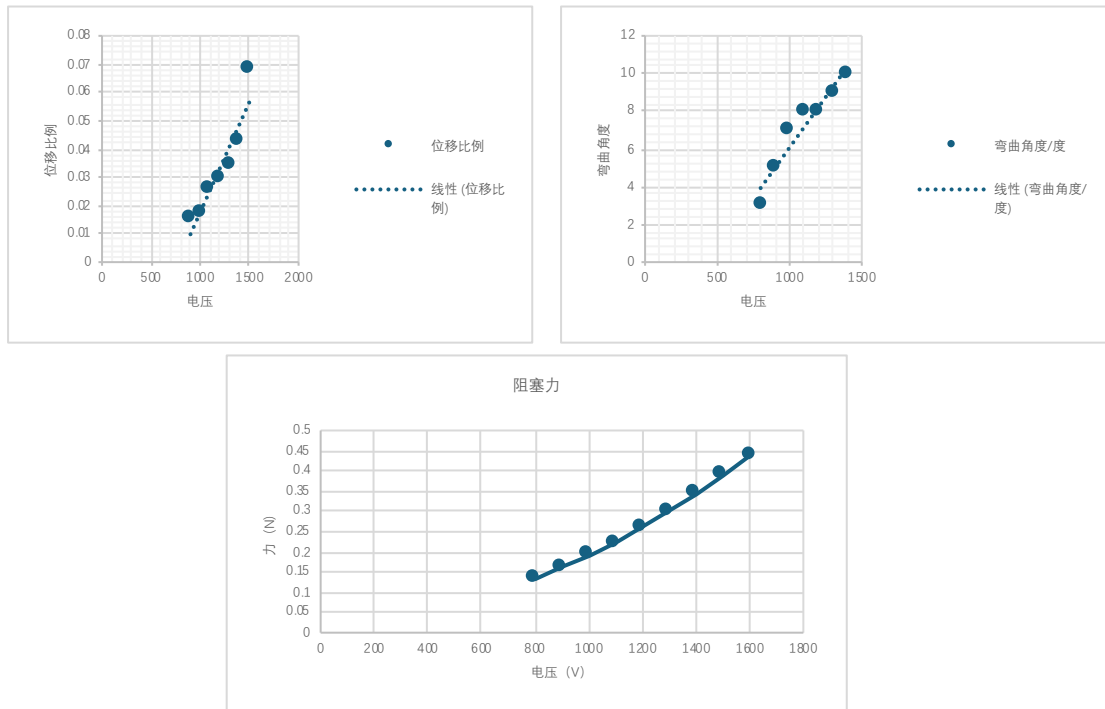
一、已完成的工作&已有的成果

目标: 组装管状 DE (目前使用膜尺寸 24mm*70mm, 电极有效部分长 16mm), 探索有可能的组合单元的运动。

结果: 通过对三节管状 DE 的组合连接 (管与管之间磁铁连接) 与被动层位置的控制, 基本实现了横向移动与径向移动。(详细效果见视频)

各种运动表现及数据分析 (所有详细数据见 excel):

1. 首先探究了单个驱动单元的表征数据, 包括位移量、添加被动层后的弯曲角度及阻塞力



在位移方面, 由于管的尺寸及工艺问题, 可能存在位移形变不完全直的情况, 导致测量结果可能存在较大误差。在弯曲方面, 由于管状 DE 本身存在向某个方向弯曲的趋势, 因此若被动层的位置未处于其本身弯曲趋势的一侧, 可能对其弯曲效果产生影响, 在测量阻塞力方面, 使用的 DE 相对偏长, 若再使用更短的 DE, 应该会有更好 (更准确) 的数据表现。三组数据整体呈现出随电压 线形增加的趋势。

2. 尝试了一些球棍模型结构, 发现其运动效果较为微弱, 主要可能由以下原因导致:

- 1) 球本身自重偏高, 暂时没有合适的材料来满足球的条件
- 2) 要让整体产生运动效果的结构缺乏稳定性, 可重复性较低
- 3) DE 本身运动也可能非线形, 结构较难统一设计
- 4) 球的摩擦力对其运动影响可能较大

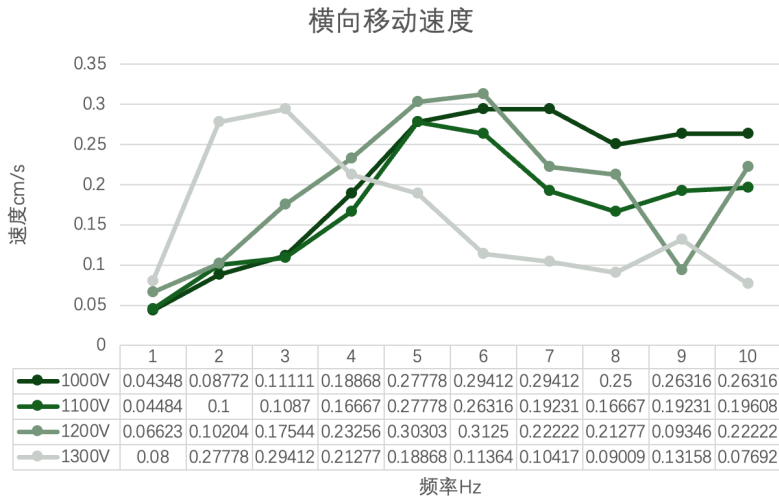
后续采用球状连接, 一定要保持连接件直径略大于管径。不同位置的脚接触地面的面积也要有区别。

3. 在探究两根组合及其运动方面, 发现其运动受工艺影响较大, 具有比较大的随机性与不确定性, 无法准确的将每一次的运动复现 (详细运动效果见视频 week4)

4. 三根组合运动

- 1) 首先尝试了三根的横向运动, 通过调整左右两根被动层朝向某个运动方向, 中间被

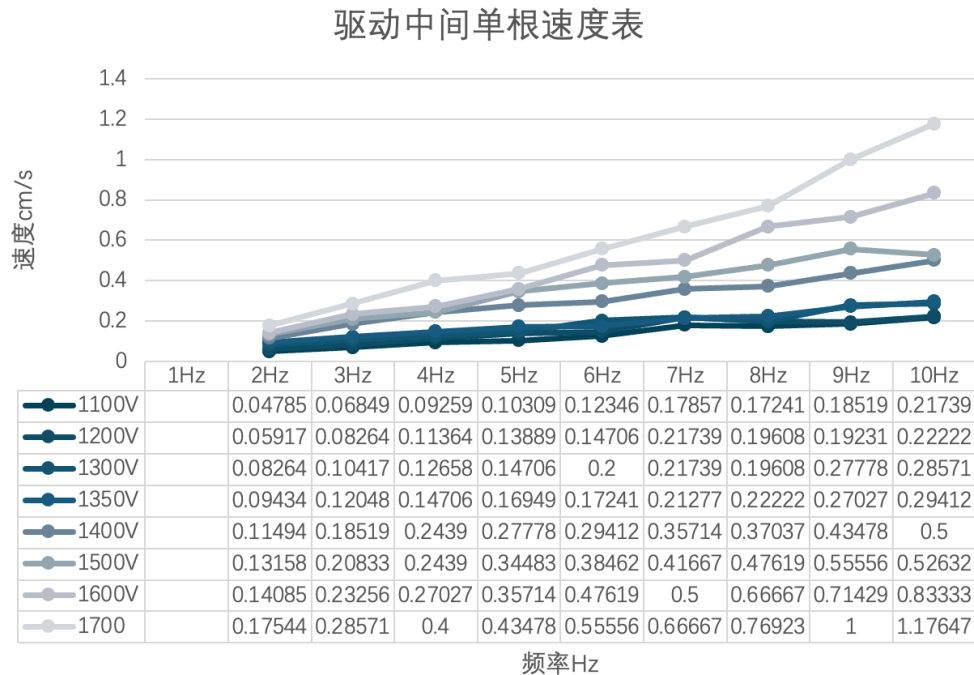
动层向上，通过调整中间的相位差（90度与180度），两侧保持不变，可以基本实



现 y 方向上的来回运动。但中间驱动部分的被动层位置仍对于整体运动有较大影响，当对某一方向运动极为有利时，在另一方向上的运动速度较为微弱，以下是某一方向上运动效果较好的数据统计

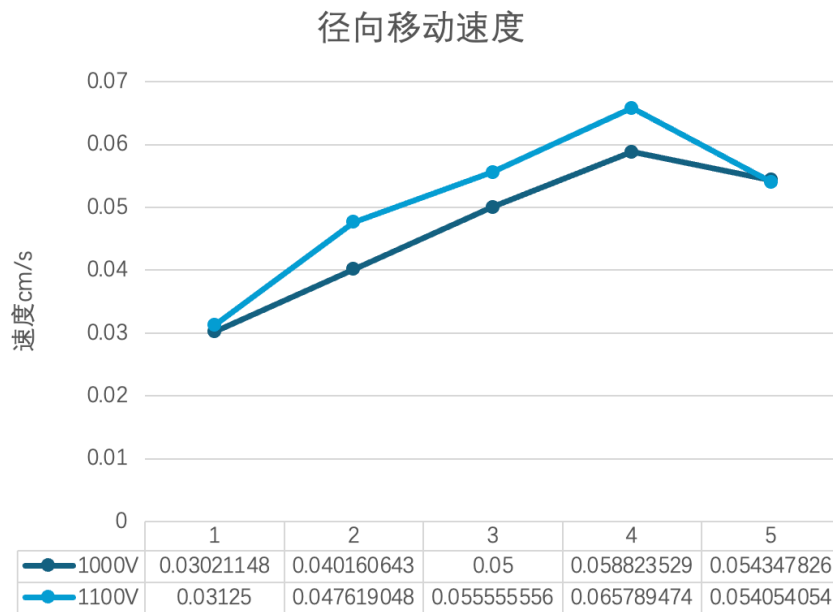
目前认为，同时驱动三个部分时，在中低频的运动表现较好，1000V-1200V 运动峰值较为接近，但是在 1300V 时运动效果最好的频率明显降低。当其在较高压高频条件下（8-10Hz），两侧的摆动从低频下的辅助运动变成了对于运动的阻碍，因此速度在频率升高的同时可能会有降低。

- 2) 三根组合的情况下，若只对中间部分驱动，仍有显著的运动效果，对于中间驱动部分的被动层位置稍朝向运动方向，保留组合单元的形式并只驱动中间部分，其运动表现与三根同时驱动存在较大差异。根据下图数据可知，这种情况下的速度呈现出在恒定电压下随频率单调递增的特点，且提升较为明显。



但是若将两侧部分拆除，单根仍无法驱动，猜测将两侧换成其余形式的足，可能会有更好效果。

- 3) 对于径向运动, 可以通过三路单独控制实现蠕动, 但是在高频下横向位移趋势明显, 高压低频下有较好的运动表现。其与同时驱动三根类似, 有一个速度最快的频率峰



值。

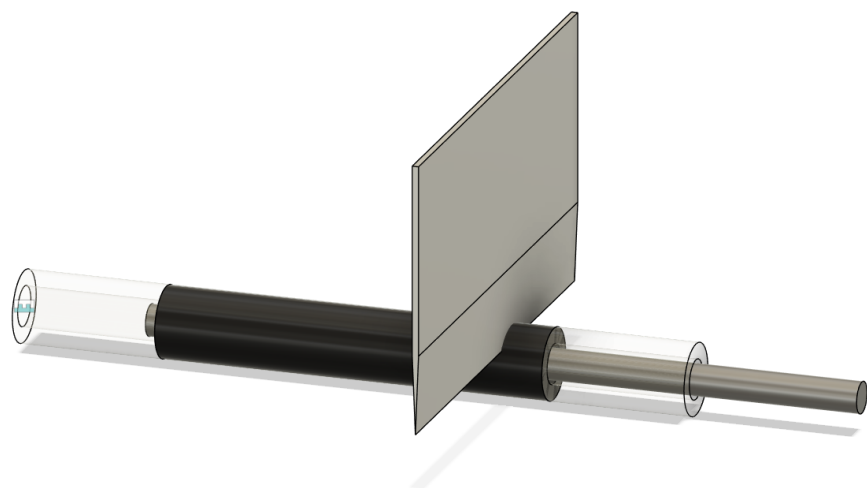
5. 期望达到的 demo 效果:

- 1) 在不调整足与被动层位置的前提下, 实现横向的来回运动
- 2) 纵向的来回运动
- 3) 尝试将以上两种运动形式结合到一起, 在不调整的前提下综合实现

二、可改进的工艺:

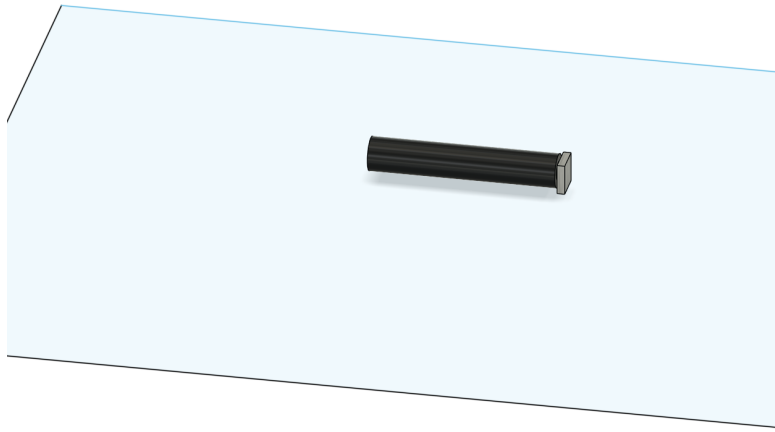
1. 环切:

把铁棒放进管中, 再用刀片切下去, 一边滚动着管子移动刀片一边切下去。



2. 贴磁铁:

把磁铁和管口贴近一些, 保持磁铁在正确位置, 加入胶水, 再用镊子推动磁铁挤压靠近。其中要垫一张油性纸在下面, 这样胶水加多了也不会粘破管壁。



三、运动机理：

1. 横向运动

电信号

a	b	c
0	0	0
0	1	0
1	1	1
1	0	1

Duty:50%

相位差：90°

反向移动调整至 270°

2. 径向运动

Duty: 33%

相位差：60°、120°依次驱动（详见 insect-2.py 代码）

3. 足的设计

在横向运动中，中间两个足要求摩擦力小于两侧（或是触地面积？）因此采用中间圆片两侧方片的设计。在径向运动中，目前认为无明确足设计的要求，可都采用一致的足，因此可沿用横向运动中足的设计达到综合运动的效果

四、特殊现象：

1. 单根管驱动时伸长方向不够线性

2. 单根管两端连接泡沫球：泡沫球过大，呈现开合运动

3. 两根，无足，50duty，无相位差：无法移动
4. 平动：会与预想中的路线相差一些角度，但有可能随着运动而改变。
5. 旋转：旋转中心的位置？高频下，平动的分量较大
6. 径向运动：继电器在高压状态下容易坏，电信号略微复杂一些就会输出杂乱，如高频或者 duty 不同。
7. 径向运动：高频状态下容易产生平动的分量
8. 平动（驱动三根）：高频状态下会更慢
9. 8, 9, 10hz 下可能会出现运动静止一小段时间后跳跃前进的现象，具有明显周期性。
10. 中间的 pet 向运动方向略微倾斜可让其运动

可能的原因：

1. 膜厚度不够均匀；卷的时候有一定拉伸
2. 见“足的设计”
3. 不论是部分还是整体都没有形成摩擦力的变化，没有向一个特定方向的合力使其移动
4. 足的高低不同；a、c 两管的运动性能不同（弯曲程度，达到峰值所需的充电时间，）；b 管的弯曲点不在中间（和现象一有关）
5. 和 4 相同
6. 电磁继电器响应有延迟
7. PET 偏移；单根形变不够线性
8. 随着频率变化，可能更接近（或者远离）固有频率？导致振幅变小
9. （不知道）

五、优化方向：

1. 采取无被动层设计，在电极中间添加不驱动部分，达到不调整被动层只调整输出电来实现改变运动方向的结果。
2. 在不改变足本身特性的前提下重新制作足，厚度、每个面的摩擦力更统一
3. 尺寸做大是否有助于减小非对称性的影响
4. 实现平动功能，可以使用只驱动中间一根的做法：
 - a) 优势：可以设计让驱动三根实现径向移动
 - b) 劣势：反向平动要求调整中间的 PET 朝向

六、其余设计方向

1. 多个三节串联拼接是否有更多值得探索的运动形式？
2. 多个三节并联拼接做运载平台
3. 另一些组合的方式：圆柱翻滚等