

从四个旋翼的升力测试结果可以看出，四个旋翼之间的特性差异比较大，总体来说前后电机所产生的升力较大，左右电机产生的升力较小，后电机效率最高，右电机效率最低。同样在 5.0V 的情况下，前电机产生 157.4 克的升力，后电机产生 155.5 克的升力，左电机产生 141.5 克的升力，右电机产生 137.0 克的升力。

特性的差异，不仅需要通过软件对其进行初始补偿，而且也需要通过安装角度传感器和角速率陀螺对其进行自动修正，才能提高飞行器的飞行稳定性。

2.7 PWM 频率与旋翼所产生的升力和效率之间的关系

由于旋翼通过 PWM 控制，因此必须考虑到 PWM 频率的选择。频率越高，电机转速越平稳，越有利于飞行器的飞行稳定性，但同时开关元件的开关频率也高，能量消耗大，效率低，因此需要选择一个合适的频率。

为了测得旋翼的最优工作频率，设计了一个遥控可变频率程序。程序循环输出 8 种不同频率的脉冲，每种输出一分钟之后自动转换为输出另一频率的脉冲，在这一分钟内，可以通过遥控器调节脉冲的占空比，以满足需要。

本实验的内容和思想是：

- ① 为具可比性，因此测试时通过调节输出占空比，保证在各种不同频率下旋翼所产生的升力大体一致；
- ② 旋翼所加电压为 7.5V；
- ③ 记录不同频率下的升力振动幅度、升力大小、电流大小、及占空比。

下表为所测量得到的数据：

频率 Hz	升力测量值 (g)						电流 A	占空比
	第一次	第二次	第三次	第四次	平均值	振幅		
91.58	113.0	108.0	104.5	117.0	110.6	-6.1~6.4	2.8	54%
183.2	112.0	109.0	114.5	103.0	109.6	-6.6~4.9	2.6	59%
366.3	106.0	105.0	102.5	110.0	105.9	-3.4~4.1	2.5	64%
732.6	107.0	111.0	104.0	109.0	107.8	-3.8~3.2	2.4	70%
1.466k	107.5	103.5	105.5	110.5	106.8	-3.3~3.7	2.2	75%
2.933k	113.0	107.0	109.0	111.0	110.0	-3.0~3.0	2.1	81%
5.868k	115.5	117.5	111.0	118.5	115.6	-4.6~2.9	2.3	86%
11.74k	112.0	114.5	111.0	117.0	113.6	-2.6~3.4	2.6	90%

由测得的数据可以计算得出不同频率下频率与功率消耗之间的关系。

频率 Hz	91.58	183.2	366.3	732.6	1.466k	2.933k	5.868k	11.74k
升力 g	110.6	109.6	105.9	107.8	106.8	110.0	115.6	113.6
功率 W	10.50	10.73	11.63	12.60	12.40	12.76	14.84	17.55

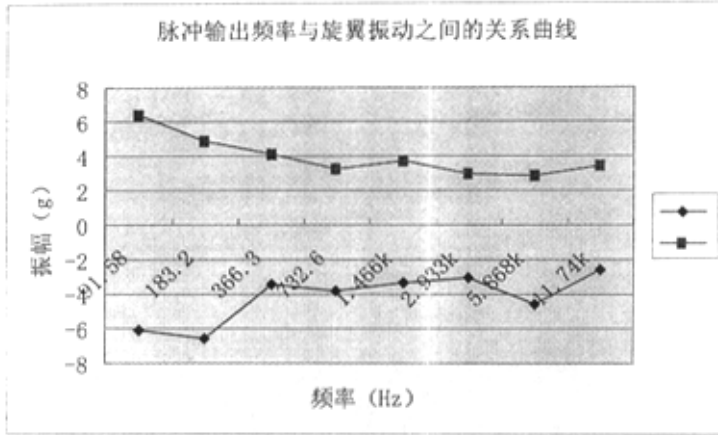


图 2-19 脉冲输出频率与旋翼振动之间的关系曲线

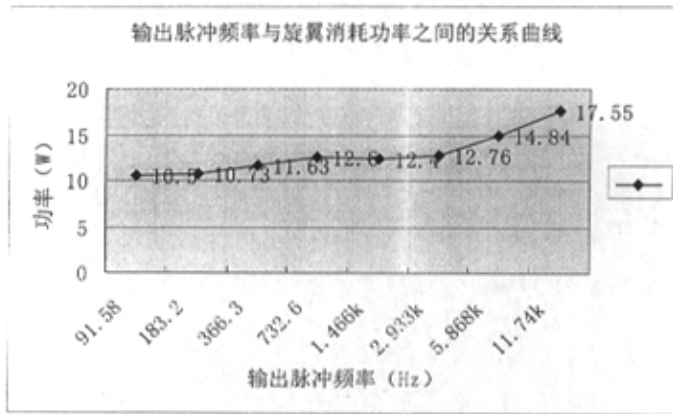


图 2-20 输出脉冲频率与旋翼消耗功率之间的关系曲线

从图 2-19 可以看出，当频率高于 732.6Hz 以后，旋翼升力振幅随着频率的变化仅有少量的变化；从图 2-20 可以看出，在频率低于 2.933kHz 时，虽然功率消耗随着频率升高逐渐增加，但幅度较小，只有在 5.868k 开始功率存在骤然增加的趋势。

从多方面考虑，最终决定采用 2.933kHz 作为电机工作频率。

2.8 设计载重的确定

从对四个旋翼的升力测试结果可以得出，在 5.0V 电压条件下，四个旋翼所产生的升力分别为：157.4g、155.5g、141.5g、137.0g。

四桨碟形飞行器旋翼电机的设计平均电压为 5.0V，暂不考虑地面状况对旋翼升力的影响，因此飞行器的最大产生升力约为 $137.0 \times 4 = 548g$ 。