

激振器力系数测定

商 景 明

摘 要 本文概述了对一种激振器的静态力常数和动态力系数的测试, 讨论了力系数和重量、频率等电流的关系。

一、引 言

激振器的力系数一般作为激振器的重要技术指标给出。这个指标, 在振动的激振试验中如何理解、怎样使用它, 在实际工作中普遍存在一些模糊认识。为弄清问题, 我们以永磁式 JZQ-7 型激振器为对象测试了它的静态力常数和动态力系数。在实测数据的基础上, 讨论了它们之间的区别和联系。动态力系数随试件相对于激振点的有效质量和频率的不同而变化; 在频率一定的情况下动态力系数随通入电流的增加而降低。

根据电磁场理论, 当磁场中的线圈通以电流后, 线圈上所受到的电磁感应力为:

$$F = 0.102 B \times L \times I \times 10^{-4} \text{ (kgf)} \quad (1)$$

式中: B —— 电磁感应强度 (G_s);

L —— 动圈导线的有效长度 (m);

I —— 通入动圈导线中电流强度的有效值 (A)。

所谓激振器的力系数就是单位电流提供给激振器活动部件的电磁力值。即力系数

$$\alpha = \frac{F}{I} = 0.102 \times B \times L \times 10^{-4} \text{ (kgf/A)} \quad (2)$$

二、激振器力系数测试

激振器的力系数是个总称, 我们把在静态状况下测得的力系数称为静态力常数, 把在动态状况下测得的力系数称为动态力系数。下面分别给予测试。

1. 静态力常数测试

在激振器的线圈中通以直流电流, 动圈在磁场 B 的作用下将产生电磁感应力。测量该力 $F_{s,i}$ 及相应的电流值 $I_{s,i}$, 它们的比值即为静态力常数 $\alpha_{s,i}$ 。线圈通以直流电流, 激振器的活动部件 (动圈系统) 将偏离原来的平衡位置。在一定电流情况下, 活动部件将有一新的平衡位置, 此时电磁感应力等于弹簧的弹性力。如果加法码将活动部件压回到原来的平衡位置, 则法码的重量就等于电磁感应力 $F_{s,i}$; 同时读出电流值 $I_{s,i}$, 就测得

了静态力常数 α_{st} 。显然, α_{st} 与激振器活动部件的惯性力及阻尼力无关。

根据以上基本原理, 静态力常数 α_{st} 的测试设备框图如图 1 所示。测试结果列于表 1。测得的数据和 JZQ-7 型激振器生产厂家给出的数据完全相同^[1]。

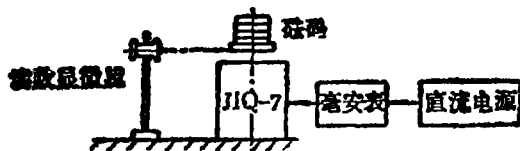


图 1 静态力常数测试框图

表 1 静态力常数测试数据表

F_{st} (kgf)	1	2	8	4	5	6
I_d (A)	0.09	0.18	0.27	0.36	0.45	0.54
α_{st} (kgf/A)	11.1	11.1	11.1	11.1	11.1	11.1

2. 动态力系数测试

激振器是专门在动态状况下工作的设备, 因此只了解了它的静态力常数对使用者并没有多大的实际意义。动态力系数在力的分析上不同于静态力常数。在动态情况下阻尼力和弹性力相对于激振力很小, 可以忽略; 激振器活动部件的重量和弹簧的弹性力处于平衡状态。动态力系数是激振器提供给试件的激振力 F_p (部分电磁力) 与输入激振器线圈交流电流有效值之比。在动态情况下, 根据达伦贝尔原理, 运动系统 (激振器的活动部件和试件的有效质量之和) 的惯性力与电磁感应力相平衡。激振器活动部件的质量是已知的。如果在激振器传力杆的端部按装一压电晶体加速度传感器来测量激振器活动部件的加速度, 就可以算出它的惯性力, 该惯性力等于电磁感应力 F_e 。同时, 测出输入激振器的电流 I_a , 就可以算出总动态力系数 α_d , 该系数应小于或趋近于静态力常数 α_{st} 。总的电磁感应力有多少能加到试件上去, 并没有得到解决。如果在激振器的传力杆上安装一压电晶体力传感器, 在其上面再安装一质量块来代替试件, 力传感器就可测得质量块的惯性力 F_p ; 同时, 测得输入激振器线圈的电流 I_a , 求得相应于该质量块的部分动态力系数 α_p 。显然, 其数值将随质量块的质量的增加而提高。部分动态力系数的测试设备框图如图 2 所示。

定频率分别为 80Hz、160Hz 及 250Hz, 利用以上框图设备测得相应的部分动态力系数见表 2、表 3 及表 4。为便于观察比较, 将其数据标在图 3 上 (纵坐标为对数坐标)。

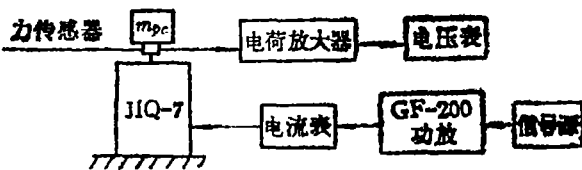


图 2 部分动态力系数测试设备框图

表 2 80Hz

F_p (kg·f)	0.51	0.94	1.39	1.93	2.24	268
I_a (A)	0.11	0.22	0.33	0.44	0.55	0.66
α_p (kg·f/A)	4.60	4.27	4.22	4.15	4.07	4.06
α_t (kg·f/A)	12.02	11.08	10.95	10.77	10.56	10.53

表 3 160Hz

F_p (kg·f)	0.53	1.00	1.50	1.96	2.40	2.65
I_a (A)	0.11	0.22	0.33	0.44	0.55	0.66
α_p (kg·f/A)	4.88	4.55	4.55	4.45	4.36	4.32
α_t (kg·f/A)	12.49	11.79	11.79	11.55	11.31	11.20

表 4 250Hz

F_p (kg·f)	0.60	1.10	1.61	2.14	2.72	
I_a (A)	0.11	0.22	0.33	0.44	0.55	0.66
α_p (kg·f/A)	5.45	5.00	4.79	4.87	4.95	
α_t (kg·f/A)	14.14	12.96	12.65	12.61	12.82	

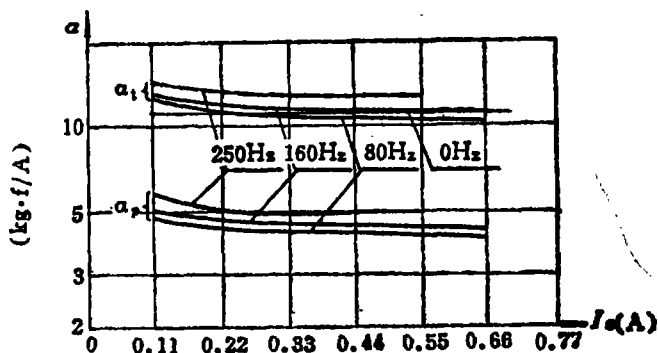


图 3 激振器力系数随频率、质量及电流的关系

三、数据分析

根据产品技术说明书和实际称重知道，激振器活动部件的重量为 350 克；EDL-1型

力传感器重量为 24 克；它们之间的连接件重量为 16 克，力传感器顶部重量约 3 克；专用质量块重量为 240 克。

用表 2、表 3 及表 4 中的部分动态力和产生相应该力的质量，可求得加速度 a ，即

$$a = \frac{F_p}{m_{p0} + m_a} \quad (3)$$

式中： m_{p0} ——质量块质量；
 m_a ——力传感器顶部质量。

假若整个运动系统的各部分质量处于相同的加速度运动。则运动系统的总动态力 F_t （总电磁感应力）为：

$$F_t = (m_t + 2m_{p0} + m_f) \times a \quad (4)$$

式中： m_t ——激振器活动部件质量加上同力传感器连接件的质量；
 m_f ——力传感器质量。

利用已测得的数值代入(3)和(4)式，求得相应的总动态力系数 α_t 。计算结果已相列如各表第 4 行，并把数据标在图 3 上。

由(3)式和(4)式可得部分动态力系数和总动态力系数之间的关系式：

$$\alpha_p = \frac{m_{p0} + m_a}{m_t + m_p + m_f} \alpha_t \quad (5)$$

四、结 论

1. 当 m_{p0} （相当于试件质量）增加时，总的电磁力加到试件上的激振力增加。部分动态力系数 α_p 随 m_{p0} 增加而提高。当 m_{p0} 比其它运动质量大的多时，总电磁力的绝大部分做为激振力提供给试件。当 m_{p0} 很小时，部分动态力系数 α_p 将下降，总电磁力的绝大部分将消耗在激振器的活动部件上。

2. 通入激振器线圈的电流的频率提高时，激振器的力系数将增加。这一试验结果说明：电磁力的大小不仅与电流有关且与电流的频率有关；由(1)式和激振器的结构可知，这是永久磁场中的线圈通入交流电后使总磁场强度随电流的频率提高而增加^[2]。由于总磁场的强度大于永久磁场使强度，致使试验结果：总动态力系数 α_t 大于静态力常数 α_p 。当频率一定时，动态力系数随电流的增加而有较大的非线性。电磁振动台也有同样的试验结果^[8]。所以动态力系数随电流频率的提高而增大具有普遍性。

3. 如果对弹性体试件做激振扫描试验，由于试件将出现不同的振型及不同的振型对同一激振点将有不同的有效质量^[4]，因而对弹性体试件做定电流激振扫描试验不是定力激振。图 4、图 5 提供对于一探空火箭的不同激振点，且以功率

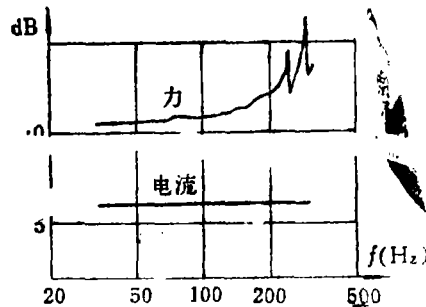


图 4 恒电流输入激振力随频率的变化曲线
(第一激振点)

放大器做定电流输出时试件的激振力随频率变化的记录曲线^[5]。由图可知：频率由20HZ扫到200HZ，图4上的力提高了3分贝；图5上的力提高了4.5分贝。

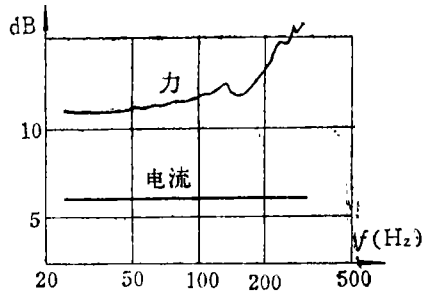


图5 恒电流输入激振力随频率的变化曲线
(第三激振点)

参 考 文 献

- [1] 江苏宝应振动仪器厂, JZQ-7 激振器使用说明书, 1980年。
- [2] 费泽寅, 改善激振器非线性的设计措施—双动圈结构与半定向技术 <振动测试> 1981年第2期。
- [3] 安国山VS-3250型振动台的基本特性及存在问题, <振动与动态测试> 第4期1982年。
- [4] 胡时岳、朱继梅编著, 机械振动与冲击测量技术, 科学出版社, 1983.12。

Measurement of Force Factor of Vibration Generator

Shan jin Ming