

doi: 10.11823/j.issn.1674-5795.2016.04.14

EJ II -1 型静重式力标准机一种 常见故障的分析与改进

冯维华, 曹仕国

(中航动力股份有限公司计量中心, 陕西 西安 710021)

摘要: EJ II -1 型静重式力标准机作为一种测力标准设备, 因具有诸多优点而在国家力值量值传递中起到重要作用, 但其长期使用后会出现重复性降低的问题。本文通过对 EJ II -1 型静重式力标准机设计思路的研究, 分析了重复性降低问题产生的原因, 并提出了一种改进方案, 以恢复设备的计量性能。

关键词: 静重式力标准机; 重复性; 故障分析; 改进

中图分类号: TB93

文献标识码: A

文章编号: 1674-5795(2016)04-0051-04

An Analysis and Improvement of a Kind of Common Faults about EJ II -1 Deadweight Force Standard Machine

FENG Weihua, CAO Shiguo

(Measurement Center of Aviation Engine Corporation PLC., Xi'an 710021, China)

Abstract: As a kind of load standard equipment, EJ II -1 deadweight force standard machine has many advantages, and plays an important role in the metrological system about mechanics in our country. But after many years of use; there will be a fault of reduced repeatability. In this paper, through the study of the equipment design, we analyze the cause of this common fault, and put forward an improved scheme to eliminate the fault and recover the performance for this equipment.

Key words: deadweight force standard machine; repeatability; analysis of fault; improvement

0 引言

EJ II -1 型静重式力标准机是我国 60 年代生产的一种力标准机, 主要用于产生 0.1~10 kN 的标准力值(本文对该设备以下简称为 10 kN 力标准机), 是国家力值量传过程中广泛应用的一种设备, 该设备结构紧凑、使用方便。但由于该设备设计的结构特点, 在长期使用后容易出现加力重复性变差, 设备的量值复现性无法保证, 影响到设备的正常使用, 因此有必要查找故障产生的原因, 并对其采取相应的处理或改进措施, 保证其复现量值的准确性。

1 10 kN 力标准机的加力机构介绍

该设备产生力值的功能是由 18 块定值砝码和吊挂的组合实现的, 其中 9 块 0.1 kN 的砝码和一套 0.1 kN 的吊挂小砝码组, 另有 9 块 1 kN 的大砝码组, 由它们

组合产生 0.1~10 kN 的力值。为了降低设备的高度, 便于操作者使用, 设备的设计者巧妙的将大小砝码做成同心圆结构, 将小砝码组装在圆心部分掏空的环状大砝码组内部(俯视如图 1 所示)。每块大砝码均分别采用 3 根拉杆相互联接, 小砝码则由中间的一根吊挂串接起来, 它们均通过控制砝码之下托盘的升降, 由位置开关确定托盘升降位置, 从而确定了将所需的砝码加载到被测件上, 产生对应的力值。

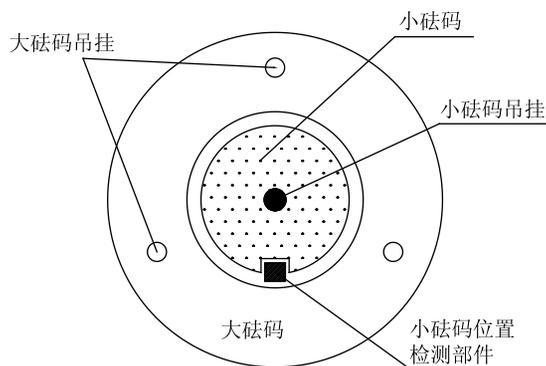


图 1 大小砝码同心圆结构及小砝码检测设置

收稿日期: 2015-09-09

作者简介: 冯维华(1972-), 男, 陕西安康人, 高级工程师, 主要从事力学计量。

2 加载中的故障

10 kN 力标准机的设计结构有效降低了设备的高度,装卸被检件非常方便,设计可谓完美,但是在该设备经多年使用后,经常会出现测得部分力值不够准确,力值复现的重复性变差等现象。在故障初期,认为是砝码停位不准确造成的,在调整原有滑板开关无法解决的情况下,将原来的停位开关先后更换为接近式开关、光电开关等,仍未能解决问题。

通过对出现故障时所测量的数据进行分析,发现故障总出现在小砝码的后 3~4 块砝码介入时,出现故障的规律如表 1 所示。表 1 中第一列的力值全由小砝码复现;右侧一组力值 ≤ 1.0 kN 的部分由小砝码提供,并且小砝码始终参与产生相应力值。

表 1 砝码加载故障规律举例

加载力值/kN	正常/异常	加载力值/kN	正常/异常
0.2	+	1.5	+
0.4	+	2.0	-
0.6	+	2.5	+
0.8	-	3.0	-
1.0	-	3.5	+

注：“+”表示设备正常，“-”出现故障

由于直加荷力标准机的特点,产生力值基本取决于砝码,而砝码加工好之后自身质量的变化也是非常小的,所以产生这类故障的原因可以肯定是砝码受到其它外力的作用而改变其复现的力值。

3 故障产生的原因分析

10 kN 力标准机的大小砝码套装,相当于一个圆环盘内套了一个同心圆盘,在小砝码的加卸过程中,很难直接看到小砝码的位置和状态,通过对发生的故障进行分析,首先想到的就是会不会是由于砝码加载时摆动造成大、小两级砝码间的刚蹭。在出现故障时,仔细观察小砝码的状态,有几次也确实发现大、小两级砝码有接触,但正常情况下两级砝码均为自由状态,砝码摆动后为什么没有恢复到自由状态?如果不是加载时的摆动,又是什么原因造成它们接触的?

为了查找故障原因,单独使用小砝码加载,在出现故障时,用手轻轻晃动吊挂,故障基本都能改善,因此可以初步判定故障是由小砝码刚蹭引起的。仔细观察终于发现是小砝码蹭到小砝码位置检测部件的边

缘。从图 1 中可以看出,为了实现小砝码的位置检测,设计时在小砝码上开出一个缺口来安装位置检测部件,而砝码与位置检测部件间的空隙是有限的,在设备经过多年的使用和维修,或于搬迁过程中,造成联接各砝码间的吊挂与砝码配合部位磨损、吊挂自身的变形、吊杆锁紧螺母的松动、设备水平的偏差等多种问题,这些问题的叠加就会造成小砝码在水平方向上的转动和倾斜,从而发生小砝码与位置检测部件之间相碰的现象,如图 2。

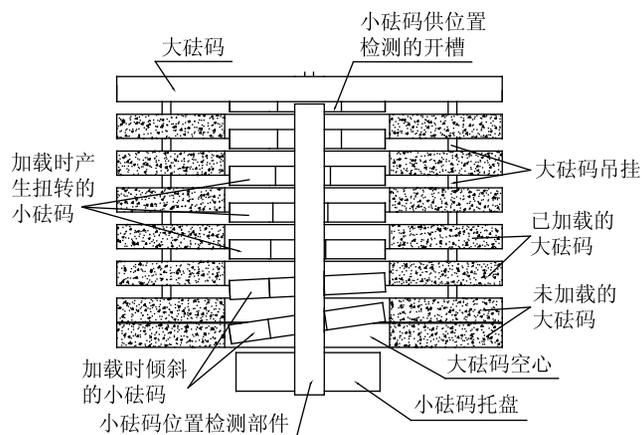


图 2 小砝码加载时出现故障示意图

由于小砝码本身质量较小,该刚蹭产生的附加力对其影响则不容忽视;并且砝码的加载过程是平稳缓慢的,它也不会产生一个碰撞力使砝码自动弹开;另外由于小砝码处于大砝码内部,出现该刚蹭时也不容易被发现。由于小砝码与位置检测部件的刚蹭,直接造成小砝码发生倾斜,因大小砝码间空隙较小,致使它们与外圈的大砝码接触,所以常常伴随着大小砝码间相互影响的现象,加重了故障程度。另外,由于砝码的扭转一旦发生,在没有外力使其反转的情况下,即使多次的加卸荷操作,也不能消除故障源,导致故障反复发生。

4 改进措施

为了从根本上解决小砝码加载时出现的问题,就必须保证小砝码和位置检测部件不会发生刚蹭现象。通过两种途径可以实现这一目标:①采取措施保证小砝码加、卸载时不会自主转动;②使小砝码即使转动也不会碰到其它物体。由于小砝码机械组成的限制,途径 1 难度相对比较大,因此主要从途径 2 的角度寻求措施。

从前面的分析过程可以看到,由于安装和机械磨

损的影响,要保证小砝码水平位置准确不发生偏移的难度比较大,前面提到的小砝码发生水平扭转的问题也同样发生在大砝码上,但却没有对大砝码的工作产生影响,其原因就是大砝码是一个圆环,水平方向的旋转不会改变其工作状态,因此可以借鉴大砝码的设计,决定将原有位置检测部件拆除,然后通过其它途径实现砝码位置的控制。

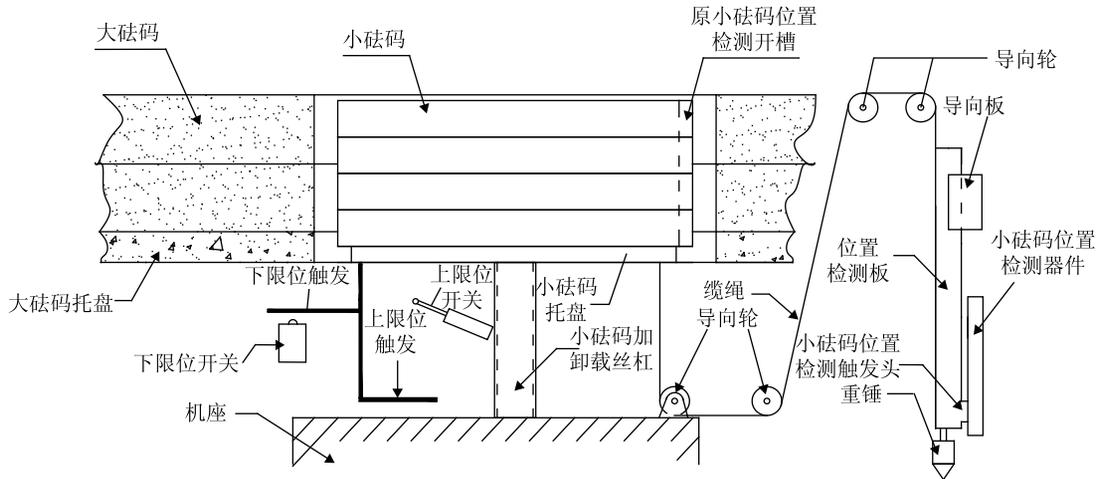


图3 改进后的结构图

该方案是基于最小程度改变原有电气控制系统的理念,尽量减少重新布线或修改控制方式,将小砝码的位置检测部件移到砝码外相对宽阔的区域安装,通过缆绳将小砝码的托盘和小砝码位置检测部件联系起来,托盘的移动带动检测板的移动,从而通过位置检测部件的输出信号判断出砝码的具体位置。

根据位置检测部件与砝码托盘间的距离和位置,设置必要的几个导向轮灵活调整二者的位置并传递托盘的实际位置,同时使位置检测部件能准确检测到该位置。重锤给缆绳施加一个预拉力,保证缆绳处于紧绷状态,从而使位置检测板的运动与砝码托盘一致。由于缆绳运动过程中方向的不稳定性,可能使得位置检测板随意转动而损坏位置检测器件,因而专门设置了导向板,导向板的核心是一个槽型限位块,位置检测板被限制在其槽体中运动,缆绳带来的旋转被导向板限定,确保其旋转不会超出预期范围而损坏位置检测部件,这在目前广泛使用的非接触式检测中更重要。由于将位置检测部件外移到空间相对充裕的地方,所以可以为其设置半包的保护罩,只露出检测板的检测触头可以上下移动的空隙,一方面保持检测部件的洁净,重要的是对于采用光电对管检测的部件可以消除杂散光的影响,提高检测的准确性和可靠性。

通过控制加载电机转动的圈数或者转动的的时间都可以实现砝码位置的控制,但这两种方式都需要控制系统的支持,还需要额外增加相应的测控部件,实现起来相对麻烦,所以考虑采用将原有的位置检测部件移出砝码组到设备内其它地方安装,脱离与小砝码的直接接触,通过简单的连接实现砝码位置检测功能,多次试验后最终确定了图3所示的改进结构。

设备安全也是改进过程中考虑的主要内容之一。原有砝码位置检测部件一方面是实现控制加载的砝码,同时在其上下两端还安装有限位保护开关,以保证在位置检测失误时能及时控制加载电机在极限位置停止工作。但是原来由于空间的限制,所用限位开关为小型微动开关,这种开关检测空间比较小,可靠性比较差。改进后,由于位置检测部件的外移而不存在空间限制,可以选用更加可靠的行程开关来作为砝码加卸载的上下行程限位,保证其动作的稳定可靠。

5 改进效果和可靠性保证

将小砝码的位置检测部件移出后,使得小砝码只是一个一个的圆盘,外界对其工作状态产生影响的主要因素被排除。虽然砝码扭转的问题依旧存在,但是扭转只在加载的同时发生,容易平衡,并且轻微扭转不产生轴向力,不会引起砝码的摆动,也就不会产生附加力值,使力值复现的重复性得到保证。

砝码停位的保证。在改进前后,对位置检测部件的主体未更换,也就是不会改变砝码位置检测的准确性,只需在调试时根据第1或第10块砝码调整缆绳的长度使检测功能正常即可。

由于导向板的作用,位置检测器件不会因为缆绳的

运动而转动,保证了检测块处在正确的位置。如果缆绳发生断裂故障,则检测块在重锤的作用下直接落到最低,控制系统将会认为已将全部小砝码加载,强制小砝码卸载或停止加载,因此不会继续错误超负荷加载,从而保证被测器件上所加力值不会因为检测器件故障而超载。

6 结束语

该设备改造了小砝码的检测方式后,消除了加力过程主要影响因素,示值重复性得到保证。六七十年代生

产的小型静重式力标准机有很多都采用和 10 kN 力标准机类似的结构,因此也或多或少存在同样的问题。上述改进方法稍加修改就可以用在其它同类设备的性能改进,基本不用增加多少额外器件,改造过程简单易行。

参 考 文 献

- [1] 国防科工委科技与质量司. 力学计量[M]. 上册. 北京: 原子能出版社, 2002.
- [2] 国家质量监督与检验总局. JJG 734-2001 力标准机检定规程[S]. 北京: 中国计量出版社, 2001.

(上接第 23 页)

- 1) 随着十字耦合孔长度 l 增大, 耦合度逐渐增强, 耦合度平坦性基本保持不变; 端口隔离度变化趋势不明显, 综合所需性能, 确定 $l=0.47\text{mm}$ 。
- 2) 十字耦合孔宽度 w 对端口隔离度影响比较明显, 对耦合度影响有限, 综合所需性能, 确定 $w=0.1\text{mm}$ 。
- 3) 随着十字耦合孔偏离中心距离 x 增大, 耦合度逐渐减小, 耦合度平坦性略微恶化; 端口隔离度逐渐增大, 综合所需性能, 确定 $x=0.33\text{mm}$ 。

最终设计完成的矩形波导定向耦合器参数为: 波导口面尺寸 $a=1.1\text{mm}$, $b=0.55\text{mm}$, 通过阶梯过渡到中心区域处高度 $b_1=0.35\text{mm}$, 十字耦合孔长度 $l=0.47\text{mm}$, 宽度 $w=0.1\text{mm}$, 偏离中心距离 $x=0.33\text{mm}$, $y=0.33\text{mm}$, S 参数计算结果见图 5。在优化了十字耦合孔的参数后, 定向耦合器的耦合度特性更加平稳, 耦合度在 $-19.9\text{dB} \sim -22.0\text{dB}$ 之间, 最大变化量 2.1dB , 端口隔离度大于 32dB , 技术参数完全满足设计指标要求。

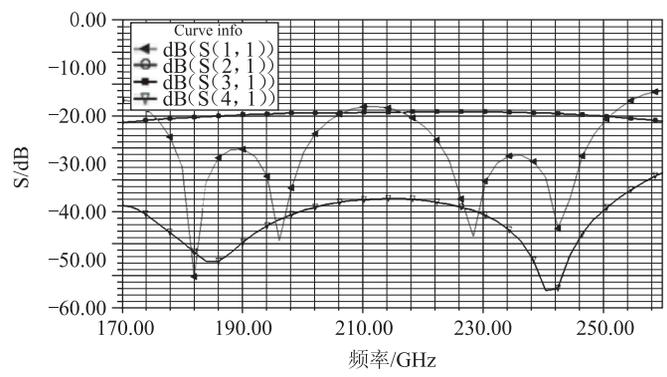


图 5 定向耦合器 S 参数计算结果

3 结论

本文设计了一个工作在 172GHz-261GHz 的矩形波

导定向耦合器, 利用电磁场仿真软件 HFSS 完成其主要性能的计算。通过矩形波导阻抗匹配设计, 使耦合器工作带宽从 27% 扩展到 40%; 通过调整十字形耦合孔参数, 进一步优化了定向耦合器性能。在定向耦合器工作频段内, 具有相当平坦的耦合度特性, 耦合度变化为 $-19.9\text{dB} \sim -22.0\text{dB}$, 非常有利于功率信号测量; 隔离度大于 32dB , 符合设计输入要求。设计完成的耦合器能够工作在整个 WR4 波导频段, 具有良好的宽带特性。该矩形波导定向耦合器结构紧凑, 性能优异, 具有较好的工程应用价值。

参 考 文 献

- [1] D. L. Woolard. E. R. Brown. M. Pepper. M. Kemp. Terahertz frequency sensing and imaging: A time of reckoning future applications [J]. Proceedings of the IEEE, 2005, 93 (10): 1722-1743.
- [2] 刘盛纲. 太赫兹科学技术的新发展[J]. 中国基础科学, 2006, 8(1): 7-12.
- [3] T. Djerafi. W. Ke. Super-compact substrate integrated waveguide cruciform directional coupler[J]. IEEE Microwave and Wireless Components Letters, 2007, 17(11): 757-759.
- [4] H. A. Bethe. Theory of diffraction by small holes[J]. Physics Review, 1944, 66(7): 164-180.
- [5] G. J. Chaturvedi. D. Guha. Analysis and design of a high directivity compact waveguide coupler using 3-hole aperture array [J]. 11th European Microwave Conference, 1981, 5: 724-725.
- [6] W. J. Getsinger. Ridge waveguide field description and application to directional couplers [J]. IRE Trans On Microwave Theory Tech, 1962, 10(1): 41 - 50.
- [7] J. A. Ball. T. M. Sulda. Small aperture crossed waveguide broad-wall directional couplers [J]. In IEEE Proc. Microwaves, Antennas and Propagation, 2000, 147(4): 249-254.