

关于《轴向加荷疲劳试验机检定规程》的几点说明

北京航空材料研究所 瞿林楠

原航空工业部批准颁发的JJF(航空)019-85《轴向加荷疲劳试验机检定规程》已于1986年2月1日在部系统内开始施行,这个规程的颁发表明该类试验机的计量检定在航空工业系统内已纳入了计算管理轨道。现将有关技术问题作如下说明。

1. 关于该类试验机静、动态力精度指标的确定

在起草和审定该规程时特别在确定试验机力值精度指标的问题上,曾反复研究过如何靠拢国际标准的问题。国标发(1982)096号文指出“积极采用国际标准或国外先进标准是国家当前的一项重要经济政策……在采用中应采取认真研究、积极采用、区别对待的方针。”因此我们对ISO颁发的有关标准进行了认真的研究。它们有:

(1)ISO1099 1975-11-01 金属的轴向疲劳试验

(A)

(2)ISO 1562 金属材料负荷控制轴向疲劳试验

(B)

(3)ISO4965-79(E) 轴向加荷疲劳试验机——动态力校准——应变计技术……(C)

以上标准(文献)中对试验机动态力精度指标有如下论述:

文献(A):“用适宜的动态力标定方法,确定平均负荷及负荷范围(精度)应该保证位于最大循环负荷的3%或试验机最大负荷的0.5%以内,不论哪一级较大些。”

文献(B):“平均负荷以及用合适的动态力校正方法所测定的负荷变程(的精度)应当已知是在周期中的最大力值的3%之内,或是试验机的最大力值的0.5%之内(按此两值中较大的那个)。”

文献(C):“试验机循环力中最大力值与最小力值的误差不应大于所用试验机量程的最大拉伸或压缩力的2%。”

从字面上分析文献(A)、(B)和(C)看出,在试验机同一量程内,同一力点其精度是不一样的,见表1。

表1

量程(%)	20	40	60	67	80	100
文献(A)(B)	3%	3%	3%	3%	3%	3%
文献(C)	10%	5%	3.3%	3%	2.5%	2%

对文献(C)中有关校准装置的技术要求、标定方法和试验机的校准程序等作了进一步研究以后发现,当采用ISO4965-79(E)推荐的装置和方法来校正试验机的动态力时其实际得到的动态力值精度不是像表1文献(C)行所示,当考虑装置的总不确定度以后有两种可能:一是从量程60~100%范围内不可能获得表1文献(C)所示的精度指标;二是即使得到了校准数据则试验机实际动态力精度在极端情况下会出现表2所示的情况。

表2

量程(%)	20	40	60	80	100
动态力实际精度(%)	13.4	7.0	4.9	4.0	3.4

应当指出,ISO4965-79(E)中没有要求对校正棒和记录仪表进行动态检定,考虑了校准棒和记录仪的动态误差后,表2中的实际精度的绝对值还要增大。

文献(C)中11.2条注:“该精度(指试验机动态力精度2%F.S)要求不是绝对的,因为没有考虑校准装置的误差。”根据计量学中精度传递关系的一般原则:当标准与被检的精度关系不满足1/3的要求时,标准仪器的精度不能看作为零,而需要估算到检定结果中去。我们的分析研究和表2的估算都是根据上述原则进行的(详细分析略)。

至此看出,当采用文献(C)所推荐的校准装置、校准方法和试验机动态力的精度指标时,将使该类试验机动态力实际的精度大大降低,而文献(A)、(B)的要求则要高些,先进一些。

现在的问题是往哪一个国际标准靠拢。我们认为计量检定工作来源于科研、生产实践,又服务于科研、生产,检定规程的制订应体现当代先进水平以促进科研、生产质量的提高。国内原航空工业部颁发的HB 5287-84(“金属材料轴向加荷疲劳试验方法”)以及GB6398-86(“金属材料疲劳裂纹扩展速率试验方法”)中对疲劳试验机动态力精度要求都采用了文献(A)、(B)的指标,为保持精度的一致,同时也考虑了先进性,我们认为靠拢文献(A)、(B)是比较适宜的,这也是本规程中1·8·2条规定的主要依据。但是文献(C)是ISO推

荐动态力校准方法中比较完整的一个文献，它仍然是制定本规程的主要参考文献之一。

又因为该类试验机绝大多数是静、动态力两用的，即还可以作材料的静力试验，据此它的静态力精度应满足JJG 139-83中I级精度的要求，这就是本规程中1·8·1条规定的依据。

2. 采用何种检定装置

该类试验机力值精度指标一经确定，紧接着的问题是采用何种结构型式的检定装置和方法才能满足这一精度指标，这里我们遵循以下原则：

(1)遵循力学计量标准传递中标准和被检仪器的精度关系应满足1/3的要求；

(2)遵循试验机力值精度指标采用逐点表示法（文献(A)、(B)亦是提的逐点精度要求），这样做的优点是使疲劳性能测试在量程范围内任一力值点实现等精度测试，以利试验数据的相互比较；

(3)为简化试验机的检定程序，其静、动态力精度检定用一套装置就能完成。因此，该检定装置必须满足以下精度指标：

静态力精度：不大于读数的 $\pm 0.3\%$ （与三等标准测力计精度相等）；

动态力综合精度：不大于读数的 $\pm 1\%$ 。

据此我们研制了目前在用的JDD动负荷计量电测法装置。该装置所采用的一次测力元件（即动负荷传感器）与文献(C)的要求基本一致。但在本规程中没有硬性规定检定装置的结构与型式，只在第2条中规定了装置的主要技术指标及结构的原则要求，这为新技术的发展与应用留有余地。

3. 装置的精度分析

装置的具体结构可以是多样的，但基本原理大体是相同的，其原理见图1。

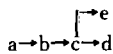


图1

- a—高精度供桥电源；
- b—一次测力元件（一般为动负荷测力传感器）；
- c—高精度交直流讯号放大器；
- d—直流特征电压显示；
- e—峰值特征电压显示。

为了使装置满足本规程2·2·2条和2·2·4条的要求，其组成装置的各单元必须具备以下的精度指标：

(1)高精度供桥电源电压（加上监视和调整机构稳定在 $\pm 0.04\%r$ 以内）……………（ δ_1 ）

(2)一次测力元件的静态精度为B 0.1S级即0.1%F.S……………（ δ_2 ）

其固有频率经测定必须是检定工作频率的20倍左右，当满足此要求时其动态误差不会大于0.25%r

……………（ δ_3 ）

(3)高精度交直流讯号放大器加上自标定机构，使放大倍数稳定性达到0.05%r……………（ δ_4 ）

(4)直流特征电压显示的精度为0.02%r（ δ_5 ）

(5)峰值特征电压显示的精度为0.3%r ± 2 个字……………（ δ_6 ）

(6)本规程2·2·3条要求对测量仪表进行幅频特性检定，亦即对c、d、e三个单元应用精度不低于0.001%的直流和0.02%的交流标准讯号源进行幅频特性的测试检定，要求其误差不大于0.5%r……………（ δ_7 ）

应用“方、和、根”法估算的综合动态误差列于表3。

表3

量程(%) 项目 误差(%)	20	40	60	80	100
δ_1	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
δ_2	0.5	0.25	0.16	0.125	0.1
δ_3	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
δ_4	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
δ_5	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
δ_6	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
δ_7	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
$\delta_{静}$	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
$\delta_{动综合}$	± 0.86	± 0.75	± 0.72	± 0.72	± 0.71

装置静态力精度的检定由本规程2·2·2条规定用二等标准测力机依JJG144-82规程按三等标准测力计的要求和方法进行。

由此看出，为达到本规程2·2·4条动态综合误差的要求，组成装置各单元的精度应满足表3各项要求，这些要求在目前的技术条件下还是比较容易达到的。

4. 关于第4条静、动态力检定和第5条检定方法

这两条与ISO4965-79(E)中10.2条相比有增有减，其中：

(1)应力比R的选择减少了，相应的动态力检定点也减少了，考虑到本规程主要针对在用的或经局部修理后的试验机验证，参照文献(C)1.3条的内容“对于后一种情况（指使用着的试验机校验）可以不必对试验机所要求校正项目全部验证”，认为本规程4·2·5条的规定是合适的。

(2)本规程4.1条明确规定在动态力检定以前必须按JJG139-83规程中有关规定对试验机静态力进行检定，合格后再进行动态力检定。



三

式中 K_1 = 测力元件刚度;

其余的符号含义同公式(A)。

JJF (航空) 019-85规程是目前国内第一个颁发的这方面内容的部门检定规程, 难免有许多不完善的地方, 希望通过实践进一步改进, 亦请大家多提宝贵意见。

中国航空学会、中国宇航学会、中国力学学会联合举办的第五届全国复合材料学术会议于1988年11月16~20日在西安西北工业大学举行。本届会议由中国航空学会负责，西北工业大学承办。本届会议论文225篇，基本上反映了我国近年来复合材料研究、发展、应用成果的学术水平。到会代表近300人（具有高级技术职称代表占45%）来自94个单位。国家教委、中国科协学会部、航空航天工业部科学技术研究院均有代表参加会议。会议要求组织工作和学术交流向国际学术会议标准靠拢，使会议水平每届都有所提高。

下届全国复合材料学术会议由中国宇航学会负责,初步定于1990年11月在南京召开,并增加墙报论文交流方式。

(杨乃宾)