



中华人民共和国国家计量检定规程

JJG 734—2001

力 标 准 机

Force Standard Machines

2001—06—05 发布

2001—10—01 实施

国家质量监督检验检疫总局 发布

力标准机检定规程

Verification Regulation of

Force Standard Machines

JJG 734—2001

代替 JJG 734—1991

JJG 296—1987

JJG 295—1989

JJG 753—1991

本规程经国家质量监督检验检疫总局 2001 年 06 月 05 日批准，并自 2001 年 10 月 01 日起施行。

归口单位：全国力值硬度计量技术委员会

主要起草单位：中国计量科学研究院

航天总公司 102 所

航空总公司 304 所

航天总公司 101 所

山东省计量研究所

吉林省计量研究所

本规程委托全国力值硬度计量技术委员会负责解释

本规程主要起草人：

李庆忠 (中国计量科学研究院)

李廷元 (航天总公司 102 所)

吴德礼 (山东省计量研究所)

焦献瑞 (航空总公司 304 所)

刘惠民 (航天总公司 101 所)

范永轩 (吉林省计量研究所)

主要起草人：

孙永吉 (航天总公司 101 所)

林 海 (中国计量科学研究院)

胡 刚 (中国计量科学研究院)

目 录

1 范围	(1)
2 术语	(1)
3 计量性能要求	(1)
4 通用技术要求	(4)
5 计量器具控制	(4)
5.1 检定条件	(4)
5.2 检定项目与检定方法	(5)
5.3 检定结果的处理	(8)
5.4 检定周期	(8)
附录 A 同轴度检验棒推荐技术要求	(9)
附录 B 静重式、杠杆式、液压式力标准机检定证书格式 (背面)	(10)
附录 C 叠加式力标准机检定证书格式 (背面)	(11)
附录 D 力值检定记录格式	(12)
附录 E 其他检定项目记录格式	(13)

力标准机检定规程

1 范围

本规程适用于静重式、杠杆式、液压式和叠加式力标准机的首次检定、后续检定和使用中检验。

2 术语

静重式力标准机 (DWM: deadweight force standard machine) 是以砝码的重力作为标准负荷, 通过适当的机构按预定顺序自动平稳地把负荷直接地施加到被检测力仪上的力标准机。

杠杆式力标准机 (LM: lever-amplification force standard machine) 是以砝码的重力作为标准负荷, 经过一定的杠杆机构放大后按预定顺序自动平稳地把负荷施加到被检测力仪上的力标准机。

液压式力标准机 (HM: hydraulic-amplification force standard machine) 是以砝码的重力作为标准负荷, 经过一定的两组油缸活塞组合的液压系统放大后, 按预定顺序自动平稳地把负荷施加到被检测力仪上的力标准机。

叠加式力标准机 (BM: build-up force standard machine) 是用一个 (或组) 比被检定的测力仪准确度高的标准测力仪作为标准, 与被检测力仪串联, 以液压或机械方式施加负荷的力标准机。

3 计量性能要求

3.1 静重式力标准机的各级砝码质量按 (1) 式计算。杠杆式力标准机和液压式力标准机的各级砝码质量按 (2) 式计算。DWM 的砝码质量的相对扩展不确定度 (包含因子 $k=3$) 应不大于其标称值的 0.003%; LM 和 HM 的不应大于其标称值的 0.005%。

$$m = \frac{f}{g(1 - \rho_a/\rho_w)} \quad (1)$$

$$m = \frac{f}{g(1 - \rho_a/\rho_w)k} \quad (2)$$

式中: m ——砝码质量, kg;

f ——需产生的力值, N;

g ——力标准机安装地点的重力加速度, m/s^2 ;

ρ_a ——空气密度, kg/m^3 ;

ρ_w ——砝码材料密度, kg/m^3 ;

k ——放大比。

3.2 4种力标准机的机座水平度，压向工作台水平度与上下拉头同轴度的要求见表1。

表1 力标准机的机座水平度，工作台水平度和上下拉头同轴度

力标准机类别	项 目		
	机座水平度	压向工作台水平度	上下拉头同轴度
DWM	0.3/1000	0.3/1000	……
LM	0.3/1000*	0.5/1000	$\Phi 1.0$ mm
HM	0.1/1000**	0.3/1000	$\Phi 0.5$ mm
BM	0.3/1000	0.3/1000	$\Phi 0.5$ mm
注： * 或主体立柱铅垂度；** 包括主体部分机座与测力部分机座。			

3.3 对杠杆式力标准机，锁紧杠杆时的杠杆水平度：垂直于杠杆轴线方向的应不大于0.3/1000，平行于杠杆轴线方向的应不大于0.5/1000。

3.4 杠杆式和液压式力标准机的放大比要求见表2。

表2 杠杆式和液压式力标准机的放大比

力标准机类别	放大比扩展不确定度（包含因子 $k=2$ ）
LM	0.01 %
HM	0.03 %

3.5 杠杆式和液压式力标准机的灵敏限要求见表3。

3.6 静重式、杠杆式和液压式力标准机力值重复性和力值误差的要求见表4。

3.7 叠加式力标准机的各级力值灵敏限，力值重复性和力值误差及30 s内负荷波动性等要求列在表5中。

表 3 杠杆式和液压式力标准机的灵敏限

力标准机类别		无负荷	初负荷	最大负荷
LM	最大负荷≤100 kN	0.2 N	…	≤0.003 %
	最大负荷>100 kN	0.3 N		
HM		…	≤0.02 %	

表 4 静重式、杠杆式和液压式力标准机的力值误差和力值重复性

力标准机类别	准确度等级	力值误差 $\delta/\%$	力值重复性 $R/\%$
DWM	0.01	± 0.01	0.005
	0.03	± 0.03	0.015
LM	0.03	± 0.03	0.015
	0.05	± 0.05	0.025
HM	0.05	± 0.05	0.05
	0.1	± 0.1	0.1

表 5 叠加式力标准机的灵敏限、力值重复性、力值误差和负荷波动性

准确度等级	灵敏限 $r/\%$	力值重复性 $R/\%$	力值误差 $\delta/\%$	30 s 负荷波动性 $f_1/\%$
0.03	0.01	0.03	± 0.03	0.01
0.05	0.02	0.05	± 0.05	0.02
0.1	0.03	0.1	± 0.1	0.03

注：对于技术指标优于 0.03 级的 BM，根据用户要求可以给出实际的技术指标与相应等级。

4 通用技术要求

4.1 力标准机应按照使用说明书的要求,安装在稳固的基础上。周围环境应清洁、无振动、无腐蚀性气体。

4.2 力标准机上应有铭牌,清楚地标明名称、型号、规格、编号、**MC**标志、出厂日期和制造厂。在BM的标准测力仪和指示仪表的铭牌上也应有相应的信息。

4.3 力标准机电气控制应安全、可靠、灵活。数据测量、传输、计算、显示与打印系统应准确无误。

4.4 对于静重式、杠杆式和液压式力标准机,砝码不得有砂眼、锈蚀、油污等影响质量准确度的疵病。砝码加卸应平稳,不得有冲击和振动。加荷后已加砝码与未加砝码(或机架)之间不得有接触。

4.5 对于杠杆式力标准机,杠杆平衡指示应灵活、可靠。杠杆锁紧时,平衡指示应为零。

4.6 对于液压式力标准机,工作缸塞系统、测力缸塞系统及其传动机构应运转灵活,升降平稳。油泵及传动系统应工作正常。

高压油泵和液压系统应能排气。显示力值(或与力值成比例)的参考压力表的指示应可靠。

4.7 对于叠加式力标准机,当以液压方式施加负荷时,其液压系统应能排气,性能正常,反应灵敏。

BM上应有定位装置和(或)标记,以固定各种部件之间的位置。

BM上应有极限负荷限载或报警装置。在负荷超过各量程最大负荷的2%~5%时,限载或报警装置应起作用。

BM的参考标准和指示仪表不得随意更换。BM应带有参考标准的首次检定证书或校准证书。

以应变式标准测力仪为参考标准的BM,其力值指示装置使用时与检定时供桥电压应一致,应注意其使用时与检定时温度偏差对BM的力值准确度影响。

5 计量器具控制

计量器具控制包括:首次检定、后续检定和使用中检验,具体要求见5.2.10条规定。

5.1 检定条件

5.1.1 力标准机应在室温为 $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$,相对湿度不大于80%的条件下检定。在检定过程中,室温波动不大于 $\pm 1^\circ\text{C}$ 。

5.1.2 各种力标准机在检定前应具备的技术信息见表6。

5.1.3 检验上、下拉头同轴度的检验棒的推荐技术要求见附录A。

5.1.4 分度值不大于0.05/1000的水平仪。

5.1.5 检定力标准机所需标准测力仪的技术要求见表7。

表 6 检定前应具备的技术信息

力标准机类别	DWM		LM		HM		BM	
检定或检验类型	首次	后续或使用中	首次	后续或使用中	首次	后续或使用中	首次	后续或使用中
上次检定证书		+		+		+		+
出厂合格证书	+	+	+	+	+	+	+	+
砝码质量检定证书	+	+	+	+	+	+		
杠杆比较准数据			+	+				
工作缸塞和测力缸塞 校准数据, 液压传递 比较准数据					+	+		
机器安装地点重力加速度	+		+	+	+	+		
参考标准检定证书							+	+
备注: “+”表示需要该项信息。								

表 7 标准测力仪技术要求

力标准机准确度等级	0.01	0.03	0.05	0.1
标准测力仪重复性 $R_d/\%$	0.005	0.01	0.02	0.03
标准测力仪长期稳定度 $S_b/\%$	0.005	0.015	0.025	0.05

5.2 检定项目与检定方法

5.2.1 本规程第 4 条, 通过实际操作和观察进行检查。符合要求后, 再进行其余各条检查。

5.2.2 对所检力标准机, 确认 5.1.1 和 5.1.2 两个检定条件。

5.2.3 对第 3.2 条的检定方法:

5.2.3.1 用水平仪在相互垂直的两个方向上检查力标准机的基座水平度。

5.2.3.2 压力试台水平度检查方法: 将水平仪放置试台中央, 分别在两个相互垂直的

方向上检查。

注：对 LM，检查方向选平行和垂直于杠杆轴线两个方向。对 HM，检查时工作活塞应升到工作位置。

5.2.3.3 上下拉头同轴度检查方法：

将检验棒装入上、下拉头中，施加力标准机最大负荷的 5%~10%，拉紧检验棒，用框式水平仪在两个相互垂直的方向上检查检验棒的铅垂度。松开检验棒，将其旋转 90°，进行重复检验。

5.2.4 第 3.3 条检验方法：将杠杆锁紧，把水平仪置于杠杆的水平基准面上。沿杠杆轴线方向和其垂直方向进行检查。

5.2.5 对第 3.5 条的检定方法：

5.2.5.1 对杠杆式力标准机：

- 无负荷灵敏限。将杠杆调到平衡，在短臂端施加小砝码。当平衡指示器有明显变化时，所加砝码产生的重力即为该机无负荷灵敏限。
- 满负荷灵敏限。将标准测力仪安装在力标准机上，施加力标准机的最大负荷。当测力仪输出稳定时，在杠杆短臂端施加小砝码，直至测力仪输出产生变化为止。所加砝码产生的重力即为该机最大负荷灵敏限。

5.2.5.2 对液压式力标准机：

将标准测力仪安装在力标准机上，施加初负荷。待测力仪输出稳定后，在砝码吊挂上缓缓地施加灵敏限砝码，测力仪读数应有明显变化。测量最大负荷下灵敏限的方法与此相同。

对于有两组测力缸塞系统的力标准机，应按两台机器处理。

灵敏限砝码的力值按 (3) 式计算：

$$f_m = \frac{f_i}{5\,000\,k} \quad (3)$$

式中： f_m ——灵敏限砝码力值，N；

f_i ——力标准机的初负荷或最大负荷，N；

k ——放大比。

5.2.6 对第 3.6 条的检定方法

5.2.6.1 在检定前和检定后均应在力基准机（或满足要求的力标准机）上对标准测力仪进行校准。两次校准的变化作为测力仪的长期稳定度。

注：对于长期稳定度不超过表 7 要求的测力仪，在有效期内可不进行两次校准。

5.2.6.2 提前将测力仪放进满足检定条件的力标准机房间内，使测力仪和该房间温度一致。

5.2.6.3 力标准机的检定力级应包括最小力级和最大力级，中间力级尽量均匀选取，与砝码的个数或其倍数相一致。

5.2.6.4 将标准测力仪正确地安装在力标准机上。对其施加 3 次额定预负荷。第 3 次

预负荷应逐级施加。

在标准测力仪初始安装位置上 (0°) 重复测量 3 次。再转动测力仪, 在相对于初始位置的 90° , 180° 和 270° 的方位上进行测量。转到新方位后, 首先加预负荷 1 次, 至少测量 1 次。

5.2.6.5 标准测力仪的读数时间与回零时间应与标准测力仪在被检时的相应时间一致。读数时间一般取 1 min。回零时间一般取 2 min。

5.2.6.6 各级负荷的力值重复性 R , 力值误差 δ 分别按 (4), (5) 式计算

$$R = \frac{X_{0\max} - X_{0\min}}{X_0} \times 100\% \quad (4)$$

$$\delta = \frac{X_s - X}{X} \times 100\% \quad (5)$$

式中: $X_{0\max}$, $X_{0\min}$, X_0 ——在本机同一负荷下, 标准测力仪在 0° 方位上的输出最大、最小和平均值。

X_s ——检定前和检定后, 标准测力仪在力基准机的某个负荷下, 两次定度所得输出的平均值。

X ——在本机同一负荷下, 根据标准测力仪在 0° 方位上测出的第一次输出与 90° , 180° 和 270° 方位上得到的输出平均值。

注: 当标准测力仪检定温度与使用温度的偏差超过 3°C 时, 对于输出温度影响 (每度) 大于被检力标准机的力值误差要求 (见表 4) 五分之一的标准测力仪, 应测出其温度修正系数。在计算 δ 时, 应进行修正。

5.2.7 对第 3.7 条中 BM 灵敏限检定方法

在标准测力仪上施加初负荷 (第一级负荷), 负荷稳定后继续施加微量负荷, 使 BM 的显示产生一个数字的增量。同时读取标准测力仪的示值增量, 该增量对应的力值为 BM 的灵敏限。

5.2.8 对第 3.7 条中 BM 的力值重复性和力值误差检定方法

5.2.8.1 力值选取原则同 5.2.6.3。

5.2.8.2 将标准测力仪正确地安装在力标准机上, 施加 3 次额定预负荷。第 3 次预负荷逐级施加。

在 0° 位置上, 以标准测力仪的示值为准, 逐级施加进程负荷。在负荷到达并稳定后, 读取力标准机的力值读数。如此重复测量 3 次。

转动标准测力仪, 在 90° , 180° 和 270° 3 个方位上进行测量。转到新方位后, 首先预加负荷 1 次, 至少测量 1 次。

5.2.8.3 读数时间与回零时间要求同 5.2.6.5。

5.2.8.4 各级负荷的力值重复性 R 和力值误差 δ 分别按 (6), (7) 式计算:

$$R = \frac{X'_{0\max} - X'_{0\min}}{X'_0} \times 100\% \quad (6)$$

$$\delta = \frac{X' - X_s}{X'} \times 100\% \quad (7)$$

式中: $X'_{0\max}$, $X'_{0\min}$, X'_0 ——在本机同一负荷下, 在 0° 方位时, 力标准机参考标准的力值输出最大、最小和平均值。

X' ——在本机同一负荷下, 在 0° 方位上测出的力标准机参考标准第一次输出与 90° , 180° 和 270° 方位上得到力标准机参考标准的输出平均值。

注: 如果检定时以力标准机的力值读数为准, 读取标准测力仪的示值读数, 各级负荷的力值重复性 R 和力值误差 δ 分别按 (4) 式和 (5) 式计算。

5.2.9 对第 3.7 条中叠加式力标准机的负荷波动性检定方法

在力标准机上对标准测力仪分别施加每个量程范围的初负荷和最大负荷, 待力标准机的力值稳定后开始观测标准测力仪读数。观测时间为 30 s, 观测时允许微调。分别计算观测到的标准测力仪输出的最大值、最小值与其全部输出的平均值的相对偏差, 以绝对值较大的相对偏差作为负荷波动性。该负荷波动性应符合表 5 规定。

5.2.10 对于首次检定、后续检定的力标准机, 按 5.1~5.2.9 款的要求进行检定。对于使用中检验的力标准机, 可按 5.2.6, 5.2.8 和 5.2.9 款的要求进行检验。

5.3 检定结果的处理

5.3.1 按本规程检定合格的力标准机发给检定证书。推荐在检定证书中给出力值误差的扩展不确定度 (包含因子 $k=2$)。对检定不合格的力标准机发给检定结果通知书, 并注明不合格项目。

5.4 检定周期

对静重式、杠杆式和液压式力标准机, 检定周期一般不超过 2 年。对叠加式力标准机, 检定周期一般不超过 1 年。

附录 A

同轴度检验棒推荐技术要求

mm

力标准机	有效长度	直径	圆柱度	两端螺纹与中间圆柱同轴度	施加负荷 /% FS	备注
LM	一般为 500	30~50	0.02	$\Phi 1.0$	5	材质 45 钢； 两端螺纹按二级 精度加工
HM	一般为 500	40~100	0.02	$\Phi 1.0$	10	
BM	一般为 500	30~50	0.02	$\Phi 1.0$	10	

附录 B

静重式、杠杆式、液压式力标准机检定证书格式（背面）

检定结果

测量范围		
室 温：	湿 度：	气 压：
1. 各级负荷的力值误差 δ 不超过 $+/-$ 2. 各级负荷的力值重复性 R 不大于 3. 压向工作台水平度不大于 4. 砝码质量的相对扩展不确定度（包含因子 $k=3$） 5. 上下拉头同轴度不大于 6. 无负荷灵敏限不大于 7. 最大负荷灵敏限不大于 8. 放大比相对扩展不确定度（包含因子 $k=2$）		
注： 1. 静重式力标准机应包括 1, 2, 3, 4 的内容。 2. 杠杆式力标准机应包括 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8 的内容。 3. 液压式力标准机应包括 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 的全部内容。 4. 证书应妥善保管，不得丢失。		

附录 C

叠加式力标准机检定证书格式（背面）

检定结果

测量范围		
室 温：	湿 度：	气 压：
1. 力值误差 δ 不超过 $\pm$ — 2. 力值重复性 R 不大于 3. 压向工作台水平度不大于 4. 上下拉头同轴度不大于 5. 初负荷灵敏限不大于 6. 最大负荷灵敏限不大于 7. 30 s 负荷波动性 f_1 (%)		
注：1. 参考标准型号、编号： 2. 指示仪表型号、编号： 3. 供桥电压： 4. 证书应妥善保管，不得丢失。		

力值检定记录	第	册第	页
1	1	1	1
2	2	2	2
3	3	3	3
4	4	4	4
5	5	5	5
6	6	6	6
7	7	7	7
8	8	8	8
9	9	9	9
10	10	10	10
11	11	11	11
12	12	12	12
13	13	13	13
14	14	14	14
15	15	15	15
16	16	16	16
17	17	17	17
18	18	18	18
19	19	19	19
20	20	20	20
21	21	21	21
22	22	22	22
23	23	23	23
24	24	24	24
25	25	25	25
26	26	26	26
27	27	27	27
28	28	28	28
29	29	29	29
30	30	30	30
31	31	31	31
32	32	32	32
33	33	33	33
34	34	34	34
35	35	35	35
36	36	36	36
37	37	37	37
38	38	38	38
39	39	39	39
40	40	40	40
41	41	41	41
42	42	42	42
43	43	43	43
44	44	44	44
45	45	45	45
46	46	46	46
47	47	47	47
48	48	48	48
49	49	49	49
50	50	50	50
51	51	51	51
52	52	52	52
53	53	53	53
54	54	54	54
55	55	55	55
56	56	56	56
57	57	57	57
58	58	58	58
59	59	59	59
60	60	60	60
61	61	61	61
62	62	62	62
63	63	63	63
64	64	64	64
65	65	65	65
66	66	66	66
67	67	67	67
68	68	68	68
69	69	69	69
70	70	70	70
71	71	71	71
72	72	72	72
73	73	73	73
74	74	74	74
75	75	75	75
76	76	76	76
77	77	77	77
78	78	78	78
79	79	79	79
80	80	80	80
81	81	81	81
82	82	82	82
83	83	83	83
84	84	84	84
85	85	85	85
86	86	86	86
87	87	87	87
88	88	88	88
89	89	89	89
90	90	90	90
91	91	91	91
92	92	92	92
93	93	93	93
94	94	94	94
95	95	95	95
96	96	96	96
97	97	97	97
98	98	98	98
99	99	99	99
100	100	100	100

[illegible]

附录 E

其他检定项目记录格式

第 册 第 页

其他检定项目记录

使用单位:		力标准机型号、规格、编号:	制造单位:	检定日期:
1.DWM	1.1 机座水平度			
	1.2 压向工作台面水平度			
2.LM	2.1 机座水平度			
	2.2 压向工作台面水平度			
	2.3 左主体立柱铅垂度			
	2.4 右主体立柱铅垂度			
	2.5 杠杆水平度			
	2.6 上下拉头同轴度			
3.HM	3.1 主体机座水平度			
	3.2 测力机座水平度			
	3.3 压向工作台面水平度			
	3.4 上下拉头同轴度			
	3.5 初负荷灵敏度			
	3.6 最大负荷灵敏度			
4.BM	4.1 机座水平度			
	4.2 压向工作台面水平度			
	4.3 上下拉头同轴度			
	4.5 初负荷灵敏度			
	4.6 最大负荷灵敏度			检定员:(签字,注上日期)
	4.7 30 s 负荷波动性 f_1			核验员:(签字,注上日期)