

国家计量技术法规统一宣贯教材

机械天平

国家质量监督检验检疫总局计量司 审定

李占宏 柳建明 主编

JJG98-2006

JJG98-2006

JJG98-2006



中国计量出版社
CHINA METROLOGY PUBLISHING HOUSE



国家计量技术法规统一宣贯教材

机械天平

国家质量监督检验检疫总局计量司 审定

李占宏 柳建明 主编

中国计量出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

机械天平/李占宏, 柳建明主编. —北京: 中国计量出版社, 2008. 5

国家计量技术法规统一宣贯教材

ISBN 978-7-5026-2842-0

I. 机… II. 李… III. 机械式天平—教材 IV. TH715.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 062374 号

内 容 提 要

本书是 JJG 98—2006《机械天平》检定规程的宣贯教材, 该规程适用于机械杠杆式天平的首次检定、后续检定和使用中检验。本书对规程中的条款进行了详细的解释并给出了实际操作实例。

本教材可供各级有关计量管理部门和型式评价、计量检定、校准、检验的机构, 以及机械天平的科研、生产、使用、维修等单位的科技人员和管理人员使用。

中国计量出版社出版
北京和平里西街甲 2 号
邮政编码 100013
电话 (010) 64275360
<http://www.zgjl.com.cn>
北京市媛明印刷厂印刷
新华书店北京发行所发行
版权所有 不得翻印

*

787mm×1092mm 16 开本 印张 4.25 字数 70 千字

2008 年 6 月第 1 版 2008 年 6 月第 1 次印刷

印数 1—2 000 定价: 18.00 元

编 委 会

主编：李占宏 柳建明

编委：陈 利 马 强 丁军平 董 莉 梁 辉

高长律 许倩钰 陶学军 戴 芳 许银圳

何开宇 张泽光 葛 瑞 肖云祥 黄爱军

杨琪琪 田 清

前 言

《机械天平》检定规程修订工作依据的基础是 JJG 98—1990《非自动天平》检定规程。原《非自动天平》检定规程包含机械天平和电子天平的型式评价、新生产、修理后和使用中检定的全部内容。由于两类不同称量原理、结构及其检定方法和技术指标的天平合起来内容比较多，在过去十几年的使用过程中，广大检定人员反映使用起来很不方便。因此，国家质检总局于 2002 年决定将《非自动天平》检定规程和《非自动秤》检定规程合并为《非自动衡器》检定规程，等效采用国际建议 R76，重点解决非自动衡器的型式评价问题。在《非自动衡器》检定规程下，针对各种衡器分开来编写具体的子规程。在这个前提下，我们质量专业目前有相应的三个子规程要完成，即：《机械天平》检定规程、《电子天平》检定规程和《质量比较仪》校准规范。

按程序首先应该完成《非自动衡器》检定规程的编写任务，有了一个总体框架，才能编写相关的其他衡器的检定规程。由于种种客观原因，《非自动衡器》检定规程的编写任务至今未能完成，而这些子规程涉及面较广，不能长期等待，所以只能先完成子规程，然后再依据《非自动衡器》检定规程来修订相关的子规程。

《机械天平》检定规程是一个使用量大、面广的规程，已于 2006 年 9 月 6 日颁布，于 2007 年 3 月 6 日正式实施。按国家质检总局的工作计划，其宣贯时间应与《电子天平》检定规程同步进行，因《电子天平》检定规程至今未颁布，因此推迟了《机械天平》检定规程的宣贯时间。本书是为配合 JJG 98—2006《机械天平》规程而写的宣贯教材，其主要编写工作由李占宏和柳建明完成。

编者

2008 年 5 月

目 录

一、概述	(1)
二、天平的准确等级	(3)
三、天平的计量性能	(5)
四、天平外观检查及技术要求	(9)
五、天平检定应具备的条件	(11)
六、天平的检定项目及方法	(14)
七、检定结果的处理	(34)
八、检定周期	(35)
九、机械天平在砝码量传中不确定度分量的评定	(36)
附录 A 实例	(38)
附录 B 质量测量审核	(52)

一、概 述

《机械天平》检定规程修订工作主要是从 JJG 98—1990《非自动天平》检定规程中将有关机械天平的内容分离出来，针对技术上和文字上存在的问题来进行修改。主要变化有以下 11 点：

(1) 将旧规程中“新生产(包括进口的)检定、修理后检定和使用中检定”的概念依据 JJF 1002—1998《国家计量检定规程编写规则》更改为“首次检定、后续检定和使用中检验”，其概念有所不同。

(2) 对旧规程表 4 备注 1 进行了删改：去掉原文中“当单向微分标尺和数字标尺的分度数大于 100 分度时，则应测定均匀分布在该标尺上的 5 个点，其误差，空秤时为 ± 1 分度；全秤量时，在标尺 $1/2$ 及其以内的各测点为 ± 1 分度，大于标尺 $1/2$ 时为 $+2/-1$ 分度。”其目的是为了确保标尺分度间距几何尺寸的一致、准确，随着电子科学技术的发展，这已经不存在技术问题，没有必要再保留这样的规定。去掉原文中“对于双盘标准天平，微分标尺和数字标尺应为双向。但使用中的双盘标准天平，微分标尺允许用单向。”由于新规程取消了标准天平和工作天平的划分，对使用者和检定者没有实际意义。

(3) 针对新规程表 3 备注 4 的规定，将旧规程中式： $d < e \leq 10d$ 更改为 $d \leq e \leq 10d$ 。因为当安设微读机构天平的重复性不大于微读机构的 1 个分度、其余各项指标也符合相应要求时，该天平的准确度级别这时可按微读机构的分度值确定。在上述条件下，该天平的 d 已经转化为 e ，所以，新规程中改为 $d \leq e \leq 10d$ 。

(4) 对旧规程中挂砝码组合的修正值计算公式进行了重新定义。删除旧规程中综合误差的修正值的概念，更改为机械加码组合修正值和机械减码组合修正值，保留原计算公式。

(5) 对计量技术指标的概念重新作了确认。如旧规程中的“示值变动性”更改为“示值重复性”；具有阻尼器的微分标尺或数字标尺的天平检定标尺分度值误差中“空秤与全秤量之差”更改为“空秤误差与全秤量误差”，这项变动既解决了旧规程相关计算公式前后不对应的问题，又解决了旧规程中存在的基本概念错误的问题。“链条标尺称量误差”更改为“链码标尺称量误差”；“挂砝码组合误差”更改为“挂砝码组合允差”等。

(6) 在挂砝码的简化检定中，对于具有机械加码装置的天平，增加了简化计算的内容。即：

当 $m_{Aj} \leq \frac{1}{5} m_P$ 时, Y 忽略不计; 当 $m_{Aj} > \frac{1}{5} m_P$ 时, 应相应考虑其影响。

这是旧规程中没有的内容, 由于横梁不等臂性误差的存在, 此项误差是不可忽略的。如果完全按规程中第 25* 公式进行计算, 是相当麻烦的。25* 公式理论上是严谨的, 但实用性较差。新规程中增加了上述内容后, 既可简化检定步骤又能保证此项性能指标对使用要求不会受到影响。

(7) 由于机械天平分为具有阻尼器的微分标尺或数字标尺天平和普通标尺天平, 所以计量性能技术指标有一定的差异。对于检定证书的内页格式, 旧规程证书内页只采用了一种格式, 使用起来不是很方便。新规程中将这两种天平证书的内页采用了不同的格式, 不仅使用起来很方便, 而且和最大允许误差表相对应。同时规定“对于不同类型的天平, 证书内页格式参照附录 D 或附录 E 允许做出相应调整。”(例如单盘天平) 这样使得新规程更加完善。

(8) 由于对于机械杠杆式天平的划分只有前二级, 保留后二个级别没有实际意义, 所以新规程中天平的准确度级别由原来的四个等变成二个等。

(9) 公式 12* 的定义由原规程的“空秤左右盘分度值误差”重新定义为“空秤时分别在左右盘上测得分度值误差之差”; 公式 13* 的定义由原规程的“全秤量左右盘分度值误差”重新定义为“全秤量时分别在左右盘上测得分度值误差之差”。由于旧规程中相应公式采用的是绝对值, 用“误差”来定义显然是不正确的。

(10) 旧规程将天平分为标准天平和工作天平, 其计量控制有所不同。新规程取消了这种划分, 计量控制没有区别。

(11) 文字上进行了多处、多方面的修改, 使其符合现行检定规程编写规范的要求和相应国际建议、国标的要求。

总之, JJG 98—2006《机械天平》检定规程使用起来比较方便, 可操作性大大提高。这一点会在实践中得到验证。

* JJG 98—2006 规程中公式号, 下同。

二、天平的准确度级别

1. 机械天平的准确度级别划分

表 1 天平的准确度级别

准确度级别符号	检定标尺分度数 n (最大称量与检定标尺分度值 e_n 之比)
Ⅰ ₁	$1 \times 10^7 \leq n$
Ⅰ ₂	$5 \times 10^6 \leq n < 1 \times 10^7$
Ⅰ ₃	$2 \times 10^6 \leq n < 5 \times 10^6$
Ⅰ ₄	$1 \times 10^6 \leq n < 2 \times 10^6$
Ⅰ ₅	$5 \times 10^5 \leq n < 1 \times 10^6$
Ⅰ ₆	$2 \times 10^5 \leq n < 5 \times 10^5$
Ⅰ ₇	$1 \times 10^5 \leq n < 2 \times 10^5$
Ⅱ ₈	$5 \times 10^4 \leq n < 1 \times 10^5$
Ⅱ ₉	$2 \times 10^4 \leq n < 5 \times 10^4$
Ⅱ ₁₀	$1 \times 10^4 \leq n < 2 \times 10^4$

如表 1 所示：共分为 10 小级，Ⅰ₁ ~ Ⅰ₇ 和 Ⅱ₈ ~ Ⅱ₁₀，即Ⅰ级 7 个；Ⅱ级 3 个。

例 1：最大称量为 200g，分度值为 0.1mg， $200\text{g}/0.1\text{mg}$ 在 $2 \times 10^6 \leq n < 5 \times 10^6$ 范围内。因此，该天平定为Ⅰ₃ 级。

例 2：最大称量为 20kg，分度值为 20mg， $20\text{kg}/20\text{mg}$ 在 $1 \times 10^6 \leq n < 2 \times 10^6$ 范围内。因此，该天平定为Ⅰ₄ 级。

2. 天平的分类

机械杠杆式天平按结构可分为双盘天平和单盘天平。

按标尺分类还可分为微分标尺、数字标尺天平和普通标尺天平。

这里取消了标准天平和工作天平之分。在实际工作中存在标准天平和工作天平之分，但检定方法没有必要进行区分，完全可以采用相同的检定方法。所以在

机械天平

本规程中不强调这一点。

3. 检定标尺分度值 e

(1) 天平的检定标尺分度值 e 用质量单位表示, 它应当取下列形式:

1×10^k 或 2×10^k 或 5×10^k kg

其中: k 为正整数、负整数或零。对使用中的天平允许存在其他形式。

(2) 有刻度, 无微读机构的天平, 检定标尺分度值 e 等于实际标尺分度值 d 。普通标尺天平和某些电光天平属于有刻度, 无微读机构的天平。

(3) 有刻度, 有微读机构的天平, 检定标尺分度值 e 由生产厂根据规程表 1 和下述规则选定:

$$d \leq e \leq 10d$$

电光单盘天平属于有刻度, 有微读机构的天平。

三、天平的计量性能

1. 天平计量性能最大允许误差

天平的示值重复性、检定标尺分度值误差、横梁不等臂性误差、游码标尺和链码标尺称量误差应符合表 2 的规定。

表 2 天平的计量性能最大允许误差

准确度级别	示值重复性 (分度)	检定标尺分度值误差				横梁不等臂性误差 (分度)				游码 标尺、 链码标 尺称量 误差 (分度)	
		具有阻尼器的微分标尺 或数字标尺天平 (分度)		普通标 尺天平 /(mg)		具有阻尼器的 微分标尺或数 字标尺天平		普通标尺天平			
		空秤误差与 全秤量误差		左盘与 右盘之 差	空秤与 全秤量之 差	左盘与 右盘之 差	首次 检定	后续检 定和使 用中检 验	首次 检定		后续检 定和使 用中检 验
		首次 检定	后续检 定和使 用中检 验								
① ₁ ~① ₃	1	空秤 ±1	空秤 +1/-2	2	$\frac{1}{8}$	±3	±9	±3	±6	1	
① ₄ ~① ₇					$\frac{1}{5}$						
① ₈ ~① ₁₀		全秤量 +2/-1	全秤量 ±2		$\frac{1}{3}$						

注:

(1) 具有阻尼器的微分标尺或数字标尺天平的分度值误差, 以微分标尺或数字标尺的零位至正式分度末位时的摆幅计。

强调分度值误差是指在秤盘上加放测分度值小砝码 r 后, 天平指针从零位摆至正式分度末位时的分度值误差。同时也规定了如何选择测分度值的小砝码, 其量值应能使天平指针从零点摆动到正式分度末位。

(2) 普通标尺天平分度值误差的允差, 以最大实际分度值计。最大实际分度值不得大于其标称标尺分度值。

例: 一台最大秤量为 20kg, 标称分度值为 10mg 的天平, 实测分度值最大值是 9.0mg,

机械天平

其分度值误差的允差为 $9.0\text{mg} \times \frac{1}{8} = 1.1\text{mg}$ 。即同一侧(左盘或右盘)的空秤与全量分度值之差和同载荷(空秤或全量)的左盘与右盘分度值之差均应小于 1.1mg 。最大实际分度值不得大于其标称标尺分度值 10mg 。

(3) 分度值不大于 0.001mg 的天平, 其游码标尺称量误差不大于 2 分度。

即: 对分度值 $\leq 0.001\text{mg}$ 的天平, 其游码标尺称量误差 ≤ 2 分度。

(4) 设置微读机构的天平, 若示值重复性不大于该机构的 1 分度, 并且其余计量性能也符合与此机构分度值的相应比例关系时, 天平的准确度级别可按微读机构的分度值确定。

例: 一台天平主标尺是 $e=1\text{mg}$, 微读机构是 $d=0.1\text{mg}$, 如果示值重复性在微读机构 1 分度内, 其余计量性能(分度值误差及挂砝码组合误差)也符合与此微读机构分度值的相应比例关系时, 此时可按 $e=d=0.1\text{mg}$ 定级。

一在天平的计量性能最大允许误差表中: 普通标尺天平与微分标尺天平(具有阻尼器的微分标尺天平或数字标尺天平简称微分标尺天平)示值重复性误差和横梁不等臂性误差来说区别不大。而对于检定标尺分度值误差区别较大, 其概括起来有以下 4 点:

(1) 微分标尺天平分度值误差对于首次检定、后续检定和使用中检验的指标有明确区别, 而普通标尺天平分度值误差的指标没有区别。

(2) 单位不同。微分标尺天平以分度为单位, 而普通标尺天平以 mg (毫克) 为单位。

(3) 分度值误差的计算方法与判定程序不同。

(4) 微分标尺天平的实际分度值可略大于其标称分度值, 而普通标尺天平的实际分度值不得大于其标称分度值。

在天平的计量性能最大允许误差表中: 为什么普通标尺天平有“空秤与全秤量之差”而微分标尺天平不作出这样的规定? 从机械杠杆式天平的经典理论推导出结论, 空全载之差控制的是刀子的吃离线。由于规程表 3 已经对微分标尺天平规定了分度值误差上下限的控制区间: 首检时空秤 $-1 \sim +1$ 分度, 全秤量 $-1 \sim +2$ 分度; 后续检定和使用中检验时空秤 $-2 \sim +1$ 分度, 全秤量 $-2 \sim +2$ 分度; 这些指标实际上已经对吃离线的“透光值”实施了有效的控制。普通标尺天平则不一样, 规程表 3 注 2 中只规定了检定所得最大实际分度值不得大于其标称分度值, 这里只是对实际分度值的上限进行了限制, 对实际分度值的下限并没有明确限制, 而是用规程表 3 中普通标尺天平栏下 $1/8$ 、 $1/5$ 和 $1/3$ 对空秤与全秤量之差来加以控制, 从而满足使用要求。

“左盘与右盘之差”则不一样, 其控制的是天平“偏感”。从理论上讲天平“偏感”主要取决中刀在中刀承上两侧的夹角是否相同、两边刀的刀刃锋利程度是否一致等因素, 该指标主要是在制造或大修(换刀)时要达到要求, 一旦进入后

续检定再调修是非常困难的，故“左盘与右盘之差”的指标首次检定的控制十分重要。

在用户实际使用中，经检定合格的天平，除了做量值传递的计量部门会用到微分标尺或普通标尺天平的实际分度值外，绝大多数使用者对于微分标尺天平采用直接衡量时的微差法(即用 $e_{\text{标}}$ 替代 $e_{\text{实}}$ 乘以相差的分度数再加上挂砝码的值)；而对普通标尺天平则采用的是直接衡量时的零点法(即称量样品时的平衡位置 $I_{\text{样}}$ 与称样前的空秤平衡位置 I_0 之差为零 $I_{\text{样}} - I_0 = 0$)。使用普通标尺天平，具体称量时并不像计量部门那样仔细读数并记录，而是目测观察天平指针尖端距离普通标尺中心线两边的摆幅大致相同即可。空秤对零和紧接着的称量样品两个步骤都是如此“读数”，也就是说使用者这样操作即认为这两次称量的平衡位置之差为零，(一个)秤盘中砝码质量值之和就是(另一个秤盘中)样品的称量结果。用户之所以敢用这样的操作方法来确定称量结果，主要就是由于天平的灵敏度有保证。如何保证呢？首先该天平的最大实际分度值不得大于其标称标尺分度值(只要不大于，再小都符合要求，这点正是规程中对普通标尺天平与微分标尺天平分度值误差的规定有所不同的本质所在)；再者四个分度值之间的相互关系须符合规程要求。这样的称(测)量结果，用其他灵敏度等于或高于(分度值等于或小于)的天平来称量，在相同的数量级上比较其结果肯定是吻合的。所以，新规程对于检定标尺分度值误差的要求就是基于各层面实际使用情况，制定相应的、不尽相同的规定、指标和处理方法，从而有效地满足了使用要求。

2. 挂码组合误差

具有机械加码、减码装置的天平，其挂砝码组合误差应符合表 3 的规定。

表 3 挂砝码组合最大允许误差

检定标尺分度值/mg	挂砝码组合最大允许误差(分度)		
	毫克组	克组	全量
$1 \leq e$	±1	±1	±1
$0.2 \leq e < 1$	±1	±2	±2
$0.05 \leq e < 0.2$	±2	±5	±5
$0.01 \leq e < 0.05$	±3	±5	±5
$e < 0.01$	±5	±8	±8

机械天平

注：

对于具有机械加码装置的天平，挂砝码应挂在天平加码装置上进行检定。检定结果的最大允许误差应不大于相应挂砝码组合误差与相应的横梁不等臂性误差的总和。

注解的含义：前一句是检定方法，要求机械加码码必须安装在所配套的天平上用直接衡量法检定，不必采用 JJG 99—2006《砝码》规程中的方法将其逐一检定后再挂回使用，经检定后的机械挂砝码不得互换使用。第二句是表述机械加码码组合误差的计算方法，执行本规程 5.3.6.1 的规定。

四、天平外观检查及技术要求

(1) 天平铭牌上应有型号、产品名称、出厂编号、制造厂名、最大称量、最小称量、检定标尺分度值、出厂日期、准确度级别(用一个椭圆和椭圆里面的罗马数字,外加数字下脚标表示)、制造计量器具许可证标志和编号等标志。天平铭牌必须醒目、牢固,不易被破坏或拆卸。

(2) 天平的表面镀层或涂层,色泽应均匀,不得有露底、脱皮、起层、起泡、起毛、水渍、毛刺、斑痕、裂纹及显见的划痕和擦伤。

(3) 底脚螺丝的安装应保证天平放置平稳,螺丝与螺母之间的配合应松紧适度,便于调整天平。天平外罩应严密,不得有明显的缝隙,前门、边门启闭应轻便灵活。

(4) 天平的制动机构动作应平稳,不使天平任何部件产生震颤。不得出现自落、卡紧等缺陷。开关天平时,不允许有横梁扭动、摇摆、带针、跳针、耳折,以及称量盘持续晃动等现象。

(5) 具有微分标尺的光学机械天平,投影窗中的微分标尺的刻线应清晰,不得有显见的歪斜,读数视准线的宽度不大于投影窗中显见的微分标尺的刻线宽度,视准线应与该标尺的刻线相平行。

(6) 普通标尺天平,标尺刻度间距不得小于1mm,指针针尖部位的宽度不大于标尺刻线宽度,指针与标尺刻线平行,天平摆动时针尖应能覆盖标尺短分度线全长的 $1/3 \sim 3/4$ 。针尖的色泽应与标尺刻线有明显的区别。

(7) 天平的横梁和刀子不得有毛刺、裂纹和显见的砂眼。准确度为 $\text{I}_1 \sim \text{I}_7$ 级的天平所使用的刀子和刀承工作面接触后,不得有显见的透光;准确度为 $\text{II}_8 \sim \text{II}_{10}$ 级的天平,其刀子和刀承工作面接触后的透光不大于刀子全长的 $1/5$ 。

(8) 具有挂砝码装置的天平,必须能保证实际所取放的挂砝码与其挂码装置的显示值相一致,不得出现挂码不落槽、落位不正确或挂码严重摇晃等现象。挂码杆、钩排列高度及每次下落的高度均应一致。天平工作期间,挂砝码与天平的静止零部件之间,不得碰撞、摩擦,以致妨碍天平的正常摆动和读数。

(9) 可拆装的形状相同而对称放置的零件,除允许完全互换的情况外,天平的支架、托叶、称量盘、盘托、吊耳、阻尼器等形状相同,而又对称放置的零件,应分别标记左“.”或“1”及右“..”或“2”的区别标记。

(10) 具有阻尼器的天平,从摆动到静止不应大于2个周期。不具有阻尼器

机械天平

的天平(链码天平除外),空秤和全秤量时的阻尼减缩系数不应大于1.25。

(11) 机械杠杆式天平应设有灵敏度和平衡位置调整装置。

(12) 在正常使用条件下,天平测量结果的读数,必须可靠,容易读取而且清晰。读数的视差不得大于0.2个检定标尺分度值。

(13) 对于具有水准器或重锤的天平,应能保证通过天平的水平调节螺丝的调节,使气泡居中或使调整水平的重锤的上、下锤的尖端相对,且保持在1mm~3mm的范围内。此时天平应能正常工作。

在上述13项外观检查和技术要求中:第1条是生产商应做到的“必备标志”,具有法制性要求。第2条至第11条、第13条是基本的技术要求。更为详细的技术要求由相应的制造标准加以规定。第12条是对操作者的人员要求,视差大约在1/5格。

第10条规定空秤和全秤量时的阻尼减缩系数不应大于1.25。

阻尼减缩系数D的计算公式:

$$D = \frac{i_j - I}{i_{j+2} - I}$$

式中: I ——天平的平衡位置;

i_j ——在天平一系列摆动中的一次读数;

i_{j+2} ——相隔一个周期的另一次读数。

例: 检定一台天平,其中测得 $i_1 = 14.8$ $i_2 = 5.3$ $i_3 = 14.3$ $i_4 = 5.8$

由 $I = \frac{i_1 + 2i_2 + i_3}{4}$ 得 $I = 9.9$

则 $D = \frac{i_j - I}{i_{j+2} - I} = \frac{14.8 - 9.9}{14.3 - 9.9} = 1.11 < 1.25$

或 $D = \frac{i_j - I}{i_{j+2} - I} = \frac{5.3 - 9.9}{5.8 - 9.9} = 1.12 < 1.25$

此条规定并不作为天平计量性能合格与否的条件之一。检定员了解并会计算判定即可。

五、天平检定应具备的条件

1. 检定标准

砝码

(1) 应配备一组相应等级的标准砝码，该砝码的扩展不确定度不得大于被检天平在该载荷下的最大允许误差的 $1/3$ 。

例：最大秤量为 200g ，分度值为 0.1mg ，加 10mg 小砝码测天平的分度值时，该砝码的扩展不确定度 $\leq 0.03\text{mg}$ ($k=2$) 即可。 F_1 等级 10mg 砝码扩展不确定度为 0.008mg ($k=2$)，符合要求。在选择测分度值小砝码时，根据不同的天平作具体的分析，来选择符合要求的砝码。

如果检此天平选择 200g 砝码，要求该砝码的扩展不确定度 $\leq 0.03\text{mg}$ ($k=2$)，那么只有 E_1 等级砝码才符合要求，所以选择检定 $200\text{g}/0.1\text{mg}$ 机械天平的砝码就成了难题，用 E_1 等级砝码检定 $200\text{g}/0.1\text{mg}$ 机械天平是不现实的。只能最好选择 E_2 等级砝码， E_2 等级 200g 砝码的扩展不确定度 $\leq 0.1\text{mg}$ ($k=2$)，严格按上条要求也不符合要求。而 F_1 等级 200g 砝码的扩展不确定度 $\leq 0.3\text{mg}$ ($k=2$) 是明显不符合要求的。如何解决这个问题，我们分析一下我们的检定方法，检定天平重复性时对砝码的误差值要求并不严格。双盘天平检定我们强调砝码“等量”，是为了检定不等臂性误差。而测分度值误差计算用的是一个相对量。因此我们选择 E_2 等级砝码是没有问题的。

(2) 对等臂天平的检定，还应准备相当天平最大秤量的一对等量砝码。

前提是等臂天平，对等量砝码的准确度没有提出要求。选择相当于天平最大秤量的一对等量砝码，这样的一对砝码是为了测定天平在全称量状态下的检定标尺分度值误差、重复性和不等臂性误差。至于等量，也就是要求两个砝码之间的实际质量值越接近越好，这样便于检定员直接判断被检天平的不等臂性误差是否超差。另一点就是交换砝码后避免在较轻的一盘中添加小砝码 k 造成下一步检定操作和计算上的麻烦。检定员视天平的准确度级别来选择相应的砝码。

当检定 $200\text{g}/0.1\text{mg}$ 的天平时，最好选择 E_2 等级砝码。

2. 检定环境条件

天平的检定一般应本着在使用环境条件下进行检定的原则，检定室的温度和