



中华人民共和国国家标准

GB/T 4167—2024

代替 GB/T 4167—2011

砵 码

Weights

2024-11-28 发布

2025-06-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言	V
引言	VI
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 计量性能要求	4
4.1 最大允许误差	4
4.2 扩展不确定度	4
4.3 约定质量	5
4.4 计量单位	6
5 技术要求	6
5.1 形状	6
5.2 结构	7
5.3 材料	8
5.4 磁性	9
5.5 密度	10
5.6 表面状况	11
5.7 表面粗糙度	12
5.8 调整	12
5.9 标记	13
5.10 稳定性	14
6 试验方法	14
6.1 试验条件	14
6.2 试验用标准器	15
6.3 测试方法	16
7 检验规则	17
8 标志、包装、运输及贮存	18
8.1 标志	18
8.2 包装	18
8.3 运输	18
8.4 贮存	19
附录 A (资料性) 不同形状和尺寸砝码的图例	20
A.1 圆柱体砝码	20
A.2 1 型平行六面体砝码	21
A.3 2 型平行六面体砝码	22

附录 B (规范性) 磁性测量方法	23
B.1 磁化强度和磁化率——磁化率计法	23
B.2 极化强度的测量——磁强计法	25
附录 C (规范性) 密度(体积)测量方法	27
C.1 通用要求	27
C.2 注意事项	27
C.3 测量方法一(体积比较法——两个不同砝码在空气中称量)	28
C.4 测量方法二(标准砝码在空气中和在液体中称量)	30
C.5 测量方法三(直接衡量法)	31
C.6 测量方法四(声学体积计法)	32
C.7 测量方法五(合金成分法)	33
C.8 测量方法六(几何测量)	34
附录 D (规范性) 约定质量测量方法	36
D.1 通则	36
D.2 测量循环	36
D.3 比较测量的循环方法	36
D.4 测量模式	38
参考文献	40
图 A.1 圆柱体砝码的图例	20
图 A.2 1 型平行六面体砝码的图例	21
图 A.3 2 型平行六面体砝码的图例	22
图 B.1 磁性测量示意图	23
图 C.1 密度(体积)测量方法示意图——体积比较法	29
图 C.2 密度(体积)测量方法示意图——直接衡量法	31
图 C.3 密度(体积)测量方法示意图——声学体积计法	32
图 C.4 圆柱体砝码外形图	35
表 1 砝码的最大允许误差的绝对值(MPE)	4
表 2 不大于 1 g 砝码的形状	7
表 3 极化强度 $\mu_0 M$ 的限值	9
表 4 磁化率 x 的限值	10
表 5 密度的极限值(ρ_{\min}, ρ_{\max})	10
表 6 表面粗糙度限值	12
表 7 标记的最多数目	14
表 8 测试各准确度等级砝码时的环境要求	15
表 9 实验室内配备气象参数测量设备的技术要求	15
表 10 清洗后的稳定时间	16

表 11	温度稳定时间	16
表 12	出厂检验的测试项目	18
表 A.1	圆柱体砝码尺寸	20
表 A.2	1 型平行六面体砝码尺寸	22
表 A.3	2 型平行六面体砝码尺寸	22
表 C.1	不同温度条件下的水密度	27
表 C.2	砝码最通常使用的合金表	33
表 D.1	最少测量循环次数	37
表 D.2	5,2,2·,1 典型的测量模式	38
表 D.3	5,3,2,1 典型的测量模式	39
表 D.4	5,2,2·,1 倍量砝码典型测量模式	39

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件代替 GB/T 4167—2011《砝码》，与 GB/T 4167—2011 相比较，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- a) 范围中增加了适用于某些测试仪器的专用砝码(见第 1 章)；
- b) 将术语“折算质量”更改为“约定质量”(见 3.5, 2011 年版的 3.1.3)；
- c) 增加了砝码组的定义(见 3.4)；
- d) 更改了砝码形状方面的要求,以适用于专用砝码(见 5.1.1.4、5.1.5, 2011 年版的 5.1.1)；
- e) 更改了砝码的结构,大于 50 kg 的 F2 等级砝码可包含由几个部分拼成的箱体组成(见 5.2.2.2, 2011 年版的 5.2.2.2)；
- f) 增加了平行六面体砝码调整腔的要求(见 5.2.3.3)；
- g) 增加了砝码可有一个或多个调整腔的要求(见 5.2.3.6)；
- h) 增加了出厂标记的要求(见 5.9.3)；
- i) 增加了磁强计法测量砝码的极化强度的方法(见 B.2)；
- j) 密度(体积)测量法中,将液体静力比较法更改为体积比较法(见附录 C 的 C.3, 2011 年版的 C.3)；
- k) 密度(体积)测量法中,增加了标准砝码在空气中和在液体中称量法、直接衡量法、声学体积计法和几何测量法等四种方法(见 C.4、C.5、C.6 及 C.8)；

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国轻工业联合会提出。

本文件由全国衡器标准化技术委员会(SAC/TC 97)归口。

本文件起草单位：蓬莱市水玲砝码厂、中国测试技术研究院、常州市富月砝码有限公司、中国计量科学研究院、常熟市金羊砝码仪器有限公司、浙江省计量科学研究院。

本文件主要起草人：于水玲、王婧璇、党正强、贺志敏、吴頔、徐虹、葛锐。

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为：

——1984 年首次发布为 GB/T 4167—1984, 2011 年第一次修订；

——本次为第二次修订。

引 言

质量检测技术在经济发展中担负着越来越重要的作用,而砝码是质量检测中被广泛使用的计量器具。砝码通常是作为计量检定、校准衡器的标准器来使用的。目前,国内外砝码生产厂家众多,技术水平高低不一,各省市计量技术机构、大型厂矿企业、大专院校以及科研院所等,对各个等级砝码的使用需求呈现逐年增长趋势。同时,随着国内各类衡器产品的快速发展,检定机构、第三方校准实验室和衡器用户对砝码的使用需求庞大。

2019年5月21日,质量单位开始采用国际计量委员会给予千克的新定义:采用普朗克常数的固定值作为质量单位。各国正在展开质量量值复现装置小型化、溯源方法扁平化的研究,以实现各个质量量级可直接溯源至物理常量。砝码作为质量量值复现的重要载体,需要结合质量单位重新定义后的新形势来制定国家标准,以满足长远的市场需求。

砵 码

1 范围

本文件规定了砵码产品的分类、计量要求、技术要求、检验规则和标志、包装、运输、贮存,描述了相应的试验方法。

本文件适用于质量标称值为 1 mg~5 000 kg 的 E_1 、 E_2 、 F_1 、 F_2 、 M_1 、 M_{1-2} 、 M_2 、 M_{2-3} 、 M_3 等级的砵码。与测量仪器一起使用的专用砵码(单个或砵码组)也适用于本文件。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

- GB/T 2040 铜及铜合金板材
- GB/T 4423 铜及铜合金拉制棒
- GB/T 8163 输送流体用无缝钢管
- GB/T 9439 灰铸铁件
- GB/T 13384 机电产品包装通用技术条件
- GB/T 14250 衡器术语
- GB/T 20878 不锈钢 牌号及化学成分
- JJF 1229 质量密度计量名词术语及定义

3 术语和定义

GB/T 14250、JJF 1229 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

砵码 weights

一种规定了有关的物理和计量特性:形状、尺寸、材料、表面状况、密度、磁性、质量标称值和最大允许误差的(测量)质量(的物体)实物量具。

[来源:GB/T 14250—2008,4.3.4]

3.2

准确度等级 accuracy classes

满足规定的计量要求、将重量值保持在规定误差极限内的砵码或砵码组的等级名称。

3.2.1

E_1 等级砵码 class E_1

溯源于国家基准、副基准,用于量传 E_2 等级砵码和相应准确度等级的衡器(天平),以及与相应的衡器(天平)配套使用的砵码。

3.2.2

E₂ 等级砝码 class E₂

用于量传 F₁ 等级及其以下的砝码和相应准确度等级的衡器(天平)以及与相应的衡器(天平)配套使用的砝码。

3.2.3

F₁ 等级砝码 class F₁

用于量传 F₂ 等级及其以下的砝码和相应准确度等级的衡器(天平)以及与相应的衡器(天平)配套使用的砝码。

3.2.4

F₂ 等级砝码 class F₂

用于量传 M₁ 等级、M₁₋₂ 等级及其以下的砝码和相应准确度等级的衡器以及与相应的衡器配套使用的砝码。

3.2.5

M₁ 等级砝码 class M₁

用于量传 M₂ 等级、M₂₋₃ 等级及其以下的砝码和相应准确度等级的衡器以及与相应的衡器配套使用的砝码。

3.2.6

M₂ 等级砝码 class M₂

用于量传 M₃ 等级砝码和相应准确度等级的衡器以及与相应的衡器配套使用的砝码。

3.2.7

M₃ 等级砝码 class M₃

用于量传相应准确度等级的衡器和与相应的衡器配套使用的砝码。

3.2.8

M₁₋₂ 等级砝码 class M₁₋₂

用于量传不小于 50 kg 秤量相应准确度等级的衡器和满足 M₁₋₂ 使用要求的衡器配套使用的砝码。

3.2.9

M₂₋₃ 等级砝码 class M₂₋₃

用于量传不小于 50 kg 秤量相应准确度等级的衡器和满足 M₂₋₃ 使用要求的衡器配套使用的砝码。

3.3

专用砝码 specific weights

与专用仪器设备配套使用的、其结构和形状由设计确定的砝码。

注：亦指由质量单位导出的其他量值单位的砝码。砝码的计量技术要求等由企业标准或其他技术文件另行规定。

3.4

砝码组 weight group

系列或成组砝码，能复现最小标称值的砝码质量和此系列(组)的所有砝码质量总和之间的所有质量。

注：其中最小标称值的砝码质量构成最小的测试值，这些砝码有类似的计量特性以及相同或不同的标称值，它们按照本文件的规定，属于相同的准确度等级。

3.5

约定质量(值) conventional mass m_c

物体在约定温度(t_{ref} 为 20 °C)和约定的空气密度(1.2 kg/m³)条件下,与约定密度(ρ_{ref} 为 8 000 kg/m³)的标准器达到平衡时的质量。

注:约定质量值 m_c 与真空中质量值 m 的关系式见式(1)和式(2):

$$m_c = m + (V_c - V)\rho_0 = \frac{1 - \frac{\rho_0}{\rho}}{0.999\ 85} m \quad \dots\dots\dots (1)$$

或

$$m = m_c + (V - V_c)\rho_0 = \frac{0.999\ 85}{1 - \frac{\rho_0}{\rho}} m_c \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中:

m_c ——砝码约定质量值;

m ——砝码真空中约定值;

V_c ——砝码的约定体积;

V ——砝码真空中体积;

ρ_0 ——空气密度;

ρ ——砝码密度。

[来源:JJF 1229—2009,3.3,有修改]

3.6

砝码的密度 density of a weights ρ

表示砝码的单位体积 V 中所含物质的质量 m 。即: $\rho = \frac{m}{V}$ 。

[来源:JJF 1229—2009,3.1,有修改]

3.7

磁性 magnetism

一种产生吸引或排斥力的效应。

3.7.1

磁导率 magnetic permeability μ

一种介质改变磁场的的能力。

3.7.2

磁常数 magnetic constant μ_0

真空的磁导率(3.7.1)。

注:取值为: $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ N/A²。

3.7.3

(体积)磁化率 (volume)magnetic susceptibility χ

一种介质改变磁场的的能力,与体积有关。

注:磁化率与磁导率(3.7.1)的关系为: $\mu/\mu_0 = 1 + \chi$ 。 μ/μ_0 值有时也称为相对磁导率(μ_r)。

3.7.4

(永久)磁化强度 (permanent)magnetization

M

表述材料物体在没有外界磁场中磁性状态的参数。

注：通常磁化强度是个矢量，它的梯度和方向在材料的内部不一定恒定。物体的磁化强度会在其周围的空间产生不均匀的磁场，因此对周围其他的物体会产生磁力。

3.8

表面粗糙度 roughness parameter

加工表面具有的较小间距和微小峰谷的不平度。

注：字母 *R* 表示在粗糙度轮廓上计算所得的参数。样块的表面有不同的类型：粗糙度表面 *R* 参数，在原始轮廓上计算所得为 *P* 参数，在波纹度轮廓上计算所得为 *W* 参数。

3.9

灵敏度 sensitivity

引起衡量仪器发生单位示值变化的质量值。

注：测试方法是将灵敏度砝码(质量为 m_s)与放在衡量仪器上所获得的相应的指示差 ΔI_s 的比率，即 $m_s/\Delta I_s$ 。

3.10

灵敏度砝码 sensitivity weight

用于确定衡量仪器灵敏度的砝码。

4 计量性能要求

4.1 最大允许误差

4.1.1 砝码的最大允许误差应符合表 1 的要求。

4.1.2 对于专用砝码，若质量标称值在表 1 中没有，可用表 1 中已有的质量标称值累计得到；质量最大允许误差的绝对值亦为对应的最大允许误差绝对值之和。

4.2 扩展不确定度

在规定的准确度等级内，任何一个质量标称值为 m_0 的单个砝码，约定质量的扩展不确定度 $U(k=2)$ ，不应大于表 1 中相应准确度等级的最大允许误差绝对值的 1/3。即： $U(k=2) \leq 1/3 |MPE|$

表 1 砝码的最大允许误差的绝对值(|MPE|)

单位为毫克

标称值	E_1	E_2	F_1	F_2	M_1	M_{1-2}	M_2	M_{2-3}	M_3
5 000 kg			25 000	80 000	250 000	500 000	800 000	1 600 000	2 500 000
2 000 kg			10 000	30 000	100 000	200 000	300 000	600 000	1 000 000
1 000 kg		1 600	5 000	16 000	50 000	100 000	160 000	300 000	500 000
500 kg		800	2 500	8 000	25 000	50 000	80 000	160 000	250 000
200 kg		300	1 000	3 000	10 000	20 000	30 000	60 000	100 000
100 kg		160	500	1 600	5 000	10 000	16 000	30 000	50 000
50 kg	25	80	250	800	2 500	5 000	8 000	16 000	25 000
20 kg	10	30	100	300	1 000		3 000		10 000

表 1 砝码的最大允许误差的绝对值(|MPE|) (续)

单位为毫克

标称值	E ₁	E ₂	F ₁	F ₂	M ₁	M ₁₋₂	M ₂	M ₂₋₃	M ₃
10 kg	5.0	16	50	160	500		1 600		5 000
5 kg	2.5	8.0	25	80	250		800		2 500
2 kg	1.0	3.0	10	30	100		300		1 000
1 kg	0.5	1.6	5.0	16	50		160		500
500 g	0.25	0.8	2.5	8.0	25		80		250
200 g	0.10	0.3	1.0	3.0	10		30		100
100 g	0.05	0.16	0.5	1.6	5.0		16		50
50 g	0.03	0.10	0.3	1.0	3.0		10		30
20 g	0.025	0.08	0.25	0.8	2.5		8.0		25
10 g	0.020	0.06	0.20	0.6	2.0		6.0		20
5 g	0.016	0.05	0.16	0.5	1.6		5.0		16
2 g	0.012	0.04	0.12	0.4	1.2		4.0		12
1 g	0.010	0.03	0.10	0.3	1.0		3.0		10
500 mg	0.008	0.025	0.08	0.25	0.8		2.5		
200 mg	0.006	0.020	0.06	0.20	0.6		2.0		
100 mg	0.005	0.016	0.05	0.16	0.5		1.6		
50 mg	0.004	0.012	0.04	0.12	0.4				
20 mg	0.003	0.010	0.03	0.10	0.3				
10 mg	0.003	0.008	0.025	0.08	0.25				
5 mg	0.003	0.006	0.020	0.06	0.20				
2 mg	0.003	0.006	0.020	0.06	0.20				
1 mg	0.003	0.006	0.020	0.06	0.20				

4.3 约定质量

4.3.1 在规定的准确度等级(E₁ 等级砝码除外)内,任何一个质量标称值为 m_0 的单个砝码,进行试验时,约定质量 m_c 应符合式(3)的要求:

$$m_0 - \frac{1}{3} |MPE| \leq m_c \leq m_0 + \frac{2}{3} |MPE| \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中:

m_0 —— 试验中使用的砝码质量标称值;

m_c —— 砝码约定质量。

4.3.2 对于标准增砣,除符合式(3)的关系外,约定质量还应符合式(4)的要求:

$$m_c - m_0 \geq 0 \quad \dots\dots\dots (4)$$

4.3.3 对于 E₁ 等级砝码,约定质量值与标称值的差的绝对值 $|m_c - m_0|$,不应超过最大允许误差值的绝对值 $|MPE|$ 。

4.4 计量单位

4.4.1 使用的单位

质量: 微克(μg)、毫克(mg)、克(g)、千克(kg)和吨(t)。

密度: 千克每立方米(kg/m^3)、克每立方厘米(g/cm^3)、毫克每立方厘米(mg/cm^3)。

体积: 立方米(m^3)、立方厘米(cm^3)。

4.4.2 质量标称值

砝码或砝码组的质量标称值应为 $1 \times 10^n \text{ kg}$, 或 $2 \times 10^n \text{ kg}$, 或 $5 \times 10^n \text{ kg}$, 其中“ n ”表示一个正的或负的整数或零。

4.4.3 砝码组序列

砝码组的序列应由下列之一构成(n 为正整数、负整数或 0):

- a) $(1, 1, 2, 5) \times 10^n \text{ kg}$;
- b) $(1, 1, 1, 2, 5) \times 10^n \text{ kg}$;
- c) $(1, 2, 2, 5) \times 10^n \text{ kg}$ (优先使用);
- d) $(1, 2, 3, 5) \times 10^n \text{ kg}$ (仅适用于使用中的砝码);
- e) $(1, 1, 2, 2, 5) \times 10^n \text{ kg}$ 。

一组砝码可包括多个标称值相同的砝码。

5 技术要求

5.1 形状

5.1.1 通用要求

5.1.1.1 为了方便生产与识别, 砝码应具有简单的几何形状。砝码的边和角应为圆角, 表面不应有锐边、锐角和明显的砂眼, 以防止磨损和积灰。

5.1.1.2 砝码组中的砝码, 除了不大于 1 g 的砝码, 应具有相同的形状。

5.1.1.3 在砝码磁性、质量量值已证实稳定的前提下, 可具有区别于本文件所规定的其他形状。

5.1.1.4 与测量仪器配套使用的专用砝码, 或为专门用途而特殊设计的砝码, 可具有区别于本文件所规定的其他形状。

5.1.2 不大于 1 g 的砝码

5.1.2.1 不大于 1 g 的砝码应为有适当形状的多边形片状或丝状砝码, 易于夹取。在表 2 规定的标称值的一个序列中, 不应插入与本序列形状不同的其他形状的砝码。

5.1.2.2 表 2 规定了标称值不大于 1 g 砝码所对应的形状。

表 2 不大于 1 g 砝码的形状

标称值 mg	多边形片状	丝状(折弯)
5,50,500	五边形	五边形 } 正方形、长方形 } 或 { 三角形 }
2,20,200	正方形、长方形	
1,10,100,1 000	三角形	

5.1.3 1 g ~ 50 kg 的砝码

5.1.3.1 1 g 砝码当与其倍量砝码放置或单独放置,可采用 1 g 砝码倍量的形状;当与分量砝码放置时,可采用 1 g 砝码分量的形状。

5.1.3.2 1 g ~ 50 kg 标称值的砝码形状和外形尺寸见附录 A 的图 A.1、表 A.1,图 A.2、表 A.2,图 A.3、表 A.3。具体要求如下:

- a) 砝码可采用直圆柱体或圆锥台体,见图 A.1,砝码体(不含提钮)的高度约等于直径的平均值,也可采用平均直径的 3/4 和 5/4 之间的一个值;
- b) 砝码如带有提钮,其高度在砝码的平均直径和半径之间。

5.1.3.3 5 kg~50 kg 砝码可采用适于抓取的不同形状,如:轴、钩、环或其他形状。

5.1.3.4 5 kg~50 kg 的 M_1 等级、 M_2 等级、 M_3 等级砝码可采用有圆形边角和坚固提钮的倒置正六棱台或平行六面体结构。 M_1 等级、 M_2 等级、 M_3 等级砝码的形状和外形尺寸见附录 A 的图 A.2、表 A.2,图 A.3,表 A.3。

5.1.3.5 砝码形状可视需要为扁圆柱体(如增砣砝码)、圆盘,可沿圆心或半径开上下贯通的孔或槽,以便取放。

5.1.4 大于 50 kg 的砝码

5.1.4.1 大于 50 kg 的砝码可采用圆柱形、矩形或其他合适的形状。

5.1.4.2 大于 50 kg 的砝码可采用适于抓取的不同形状,如:轴、钩、环或其他形状。

5.1.4.3 如果 M_1 等级、 M_2 等级、 M_3 等级或 M_{1-2} 等级、 M_{2-3} 等级砝码在平坦的地面(或轨道)使用,可配备限制范围的滑轨或沟槽使用。

5.1.5 其他砝码

装在仪器内,且作为仪器中配套使用的砝码,或根据其他特定的仪器结构、使用要求配备的砝码,为确保砝码的测量目的和测量准确度,砝码可作成与仪器结构或使用条件相适应的其他相应的形状。

5.2 结构

5.2.1 E_1 等级、 E_2 等级、 F_1 等级砝码

5.2.1.1 1 mg~50 kg 的 E_1 等级、 E_2 等级、 F_1 等级砝码

1 mg~50 kg 的 E_1 等级、 E_2 等级、 F_1 等级砝码应为实心整体结构,由整块材料构成,不带调整腔。

5.2.1.2 大于 50 kg 的砝码

5.2.1.2.1 大于 50 kg 的 E_2 等级、 F_1 等级砝码可有一个调整腔。 E_2 等级砝码调整腔的体积不应超过

砝码总体积的 1/1 000, F₁ 等级砝码调整腔的体积不应超过砝码总体积的 1/20。调整腔应密封, 防水、防气。螺栓、带有螺纹的提钮或类似的部件可封闭调整腔, 材料应与砝码材料相同, 表面状况应符合 5.6 对 E₂ 等级、F₁ 等级砝码的要求。

5.2.1.2.2 首次调整后, 调整腔总体积至少 1/2 应为空的。

5.2.2 F₂ 等级砝码

5.2.2.1 1 g~50 kg 的 F₂ 等级砝码

5.2.2.1.1 1 g~50 kg 的 F₂ 等级砝码可有调整腔, 体积不应超过砝码总体积的 1/4。调整腔应采用提钮或其他的方式密封。

5.2.2.1.2 首次调整后, 调整腔总体积至少 1/2 应为空的。

5.2.2.2 大于 50 kg 的 F₂ 等级砝码

5.2.2.2.1 大于 50 kg 的 F₂ 等级砝码可设计为多件组成的一个箱体, 焊接气密且防水。此箱体内的材料可采用不同于箱体材料的材料, 并且应满足 F₂ 等级砝码的磁性要求。箱壁应足够坚固, 不应发生因环境气压变化、操作、振动等引起的变形。质量与体积的比率应符合表 5 的密度要求。

5.2.2.2.2 大于 50 kg 的 F₂ 等级砝码可有一个调整腔, 调整腔的体积不应超过总体积的 1/20。调整腔应密封, 防水、防气。可采用螺栓、带有螺纹的提钮或类似的部件封闭调整腔。

5.2.2.2.3 首次调整后, 调整腔总体积至少 1/2 应为空的。

5.2.3 M₁ 等级、M₁₋₂ 等级、M₂ 等级、M₂₋₃ 等级、M₃ 等级砝码

5.2.3.1 1 g~50 g 的 M₁ 等级、M₂ 等级、M₃ 等级砝码可设置调整腔, 100 g~50 kg 的 M₁ 等级、M₂ 等级、M₃ 等级砝码应有调整腔。调整腔应有可靠的腔盖, 避免外界物质进入。可将调整腔打开加入调整物。调整腔的体积不应大于砝码总体积的 1/4。首次调整后, 调整腔总体积至少 1/3 应为空的。

5.2.3.2 1 g~50 kg 的 M₁ 等级、M₂ 等级、M₃ 等级圆柱形砝码, 调整腔与砝码的垂直轴线同轴, 开口在砝码提钮上方, 并加宽入口直径。调整腔的设计应密封和易于进行开启调整。

5.2.3.3 5 kg~50 kg 的 M₁ 等级、M₂ 等级、M₃ 等级平行六面体砝码, 调整腔可在管形提钮内, 如果提钮是实心的, 调整腔应设置在砝码正上方, 开口在砝码侧面或上表面均可(见图 A.2 或图 A.3)

5.2.3.4 如果砝码调整腔在管状提钮内(见图 A.2、图 A.3), 调整腔可用螺纹塞子或带有中央提钮的盘盖封闭。塞子或盘盖可由铜合金或其他适当的金属材料制成, 由铅塞(或其他材料)塞入内部的螺孔或条形管中封闭。

5.2.3.5 如果砝码调整腔是在上方浇铸的, 开口在砝码的侧面或上表面(见图 A.2、图 A.3), 调整腔应由软钢或其他适当材料制成的盘关闭, 由铅塞或适当的材料导入锥形孔中密封。

5.2.3.6 大于 50 kg 的 M₁ 等级、M₁₋₂ 等级、M₂ 等级、M₂₋₃ 等级、M₃ 等级砝码, 符合下述要求。

- a) 砝码不应有任何导致积灰的腔体。
- b) 砝码可有一个或多个调整腔, 所有调整腔的总体积不应超过砝码总体积的 1/10。腔体应密封, 防水、防尘。调整腔可用带螺纹的塞子或提钮密封。
- c) 首次调整后, 调整腔内至少 1/3 的体积应是空的。

5.3 材料

5.3.1 通用要求

砝码应采用耐腐蚀的金属或合金制造。在通常条件下或为了某种目的使用砝码时, 砝码质量值的改变与该准确度等级的最大允许误差(见表 1)比较可忽略不计。

5.3.2 E₁ 等级、E₂ 等级砝码

不小于 1 g 的砝码,材料硬度和表面的抗腐蚀性指标不应低于 GB/T 20878 规定的奥氏体不锈钢的要求。

5.3.3 F₁ 等级、F₂ 等级砝码

5.3.3.1 为了提高砝码的抗腐蚀性和硬度,对于不小于 1 g 的砝码,硬度和韧性指标不应低于 GB/T 4423 规定的拉制黄铜的要求。

5.3.3.2 对于 1 g~50 kg 的砝码,材料的硬度和脆度指标不应低于 GB/T 2040 规定的铜合金的要求。

5.3.3.3 对于大于 50 kg 的砝码,砝码体或外表面的材料的硬度和脆度指标不应低于 GB/T 20878 规定的不锈钢的要求。

5.3.4 不大于 50 kg 的 M₁ 等级、M₂ 等级、M₃ 等级砝码

5.3.4.1 用于生产小于 1 g 砝码的材料应采用抗腐蚀和抗氧化的金属材料制造。

5.3.4.2 1 g~50 kg 的圆柱体砝码宜采用铜合金或硬度和抗腐蚀性 with 铜合金相类似的金属材料制造。若采用灰铸铁材料制造砝码时,其量程不应小于 100 g。

5.3.4.3 5 kg~50 kg 的矩形六面体砝码(不含提钮)材料的抗腐蚀性指标不应低于 GB/T 9439 规定的灰铸铁的要求,脆度不应超过灰铸铁脆度指标。

5.3.4.4 矩形砝码提钮材料的机械性能不应低于 GB/T 8163 规定的无缝钢管的要求,抗腐蚀性指标不应低于 GB/T 9439 规定的灰铸铁的要求。矩形砝码提钮应与砝码体整体铸造。

5.3.4.5 戥秤秤砣材料的机械性能和抗腐蚀性指标不应低于 GB/T 4423 规定的黄铜的要求。

5.3.5 大于 50 kg 的 M₁ 等级、M₁₋₂ 等级、M₂ 等级、M₂₋₃ 等级、M₃ 等级砝码

5.3.5.1 砝码宜由一块材料制造,材料的抗腐蚀性指标不应低于 GB/T 9439 规定的灰铸铁的要求。

5.3.5.2 在正常使用的条件下,材料的硬度和强度应能承受砝码使用过程中产生的加载和冲击。

5.4 磁性

5.4.1 极化强度的限值

砝码的磁化强度 M 通过极化强度 $\mu_0 M$ 表示,极化强度 $\mu_0 M$ 限值应符合表 3 要求。

表 3 极化强度 $\mu_0 M$ 的限值

砝码等级		E ₁	E ₂	F ₁	F ₂	M ₁	M ₁₋₂	M ₂	M ₂₋₃	M ₃
极化强度 $\mu_0 M$	μT	2.5	8	25	80	250	500	800	1 600	2 500
	A/m	2	6.4	20	64	200	400	640	1 280	2 000
注 1: 如果测量砝码极化强度的所有数值小于相应准确度等级的极限值,则判定由于该砝码磁性所引起的不确定度分量可忽略不计。 注 2: 给出极化强度的限值的条件是:衡量仪器称量盘处所存在的磁场和磁场梯度所引起的被测砝码约定质量值的改变不超过最大允许误差的 1/10。										

5.4.2 磁化率的限值

砝码的磁化率 χ 限值应符合表 4 的要求。

表4 磁化率 χ 的限值

标称值	E ₁ 、E ₂ 、F ₁ 、F ₂ 等级砝码的磁化率 χ			
	E ₁	E ₂	F ₁	F ₂
$m \leq 1 \text{ g}$	0.25	0.9	10	—
$2 \text{ g} \leq m \leq 10 \text{ g}$	0.06	0.18	0.7	4
$m \geq 20 \text{ g}$	0.02	0.07	0.2	0.8

注1：如果测量砝码磁化率的所有数值小于相应准确度等级的极限值，则判定由于该砝码磁性所引起的不确定度分量可忽略不计。

注2：给出磁化率的限值的条件：衡量仪器称量盘处所存在的磁场和磁场梯度所引起的被测砝码约定质量值的改变不超过最大允许误差的1/10。

5.5 密度

5.5.1 通用要求

砝码的材料密度应符合表5的规定，并应满足约定空气密度（1.2 kg/m³）的变化量在10%的情况下所引起的误差不应超过表1规定的最大允许误差的1/4。

表5 密度的极限值（ ρ_{\min} ， ρ_{\max} ）

标称值	砝码材料密度的最小、最大值 10 ³ kg/m ³							
	E ₁	E ₂	F ₁	F ₂	M ₁	M ₁₋₂	M ₂	M ₂₋₃
$\geq 100 \text{ g}$	7.934, 8.067	7.81, 8.21	7.39, 8.73	6.4, 10.7	≥ 4.4	> 3.0	≥ 2.3	≥ 1.5
50 g	7.92, 8.08	7.74, 8.28	7.27, 8.89	6.0, 12.0	≥ 4.0			
20 g	7.84, 8.17	7.50, 8.57	6.6, 10.1	4.8, 24.0	≥ 2.6			
10 g	7.74, 8.28	7.27, 8.89	6.0, 12.0	≥ 4.0	≥ 2.0			
5 g	7.62, 8.42	6.9, 9.6	5.3, 16.0	≥ 3.0				
2 g	7.27, 8.89	6.0, 12.0	≥ 4.0	≥ 2.0				
1 g	6.9, 9.6	5.3, 16.0	≥ 3.0					
500 mg	6.3, 10.9	≥ 4.4	≥ 2.2					
200 mg	5.3, 16.0	≥ 3.0						
100 mg	≥ 4.4							
50 mg	≥ 3.4							
20 mg	≥ 2.3							

注：M₃ 等级砝码的密度没有指标要求。

5.5.2 砝码密度的规则

5.5.2.1 令 $|MPE/m_0|$ 为砝码最大允许相对误差值。砝码密度 ρ 应满足下述条件。

a) 如果 $|MPE/m_0| < 6 \times 10^{-5}$, 则满足式(5)的条件:

$$8\,000 \times \frac{1}{1 + 10^5 \left(\frac{|MPE/m_0|}{6} \right)} \leq \rho \leq 8\,000 \times \frac{1}{1 - 10^5 \left(\frac{|MPE/m_0|}{6} \right)} \dots\dots\dots (5)$$

式中:

8 000——约定密度,单位为千克每立方米(kg/m³);

m_0 ——砝码的标称值。

b) 如果 $|MPE/m_0| \geq 6 \times 10^{-5}$, 则满足式(6)的条件:

$$8\,000 \times \frac{1}{1 + 10^5 \left(\frac{|MPE/m_0|}{6} \right)} \leq \rho \dots\dots\dots (6)$$

5.5.2.2 除表 5 的要求外,对于标准砝码或不小于 50 kg 标称值的砝码,理想的密度值宜为 8 000 kg/m³。

5.5.3 空气密度偏移量的修正

如果空气密度相对于 $\rho_0 = 1.2 \text{ kg/m}^3$ 的偏移量超过 10%, 并且被测砝码密度 ρ_t 偏离约定值 8 000 kg/m³, 约定质量可按式(7)进行修正:

$$m_{ct} = m_{cr} + m_{cr} C \pm \Delta I \times \frac{m_{cs}}{\Delta I_s} \pm m_{cw} = m_{cr} + (V_t - V_r) \times (\rho_a - \rho_0) \pm \Delta I \times \frac{m_{cs}}{\Delta I_s} \pm m_{cw} \dots\dots (7)$$

其中:

$$C = (\rho_a - \rho_0) \left(\frac{1}{\rho_t} - \frac{1}{\rho_r} \right) \dots\dots\dots (8)$$

式中:

m_{ct} ——被测砝码约定质量;

m_{cr} ——标准砝码约定质量;

ΔI ——天平的指示差;

m_{cs} ——灵敏度砝码约定质量;

ΔI_s ——由于灵敏度砝码引起的天平示值的改变;

m_{cw} ——为取得天平平衡位置所添加小砝码的约定质量;

V_t ——被测砝码的体积;

V_r ——标准砝码的体积;

ρ_0 ——约定空气密度;

ρ_t ——被测砝码密度;

ρ_a ——实际空气密度;

ρ_r ——标准砝码密度。

如果 $m_0 |C|$ 小于该砝码最大允许误差的 1/9, 可不进行空气浮力修正, 而将此部分误差放入空气浮力不确定度进行计算(见 JJG 99—2022 中附录 C 的 C.3.1)。

5.6 表面状况

5.6.1 砝码的表面状况应使得在正常使用条件下,砝码质量的变化相对于最大允许误差而言是可忽略不计的。

5.6.2 E₁ 等级、E₂ 等级、F₁ 等级和 F₂ 等级砝码的表面不应有砂眼;用目测检查时,表面应有光泽。

5.6.3 M₁ 等级、M₁₋₂ 等级、M₂ 等级、M₂₋₃ 等级、M₃ 等级的毫克组砝码不应有镀层或涂层。不小于 1 g 的砝码的表面,应有金属镀层或涂层。药戥秤的秤砣采用黄铜材料时不应有镀层。

5.6.4 有镀层或涂层的砝码,镀层或涂层应能起到提高砝码表面品质的作用,表面镀层或涂层应平滑,目测检查时不应有砂眼;通常情况下,在承受正常的冲击、磨损、污染、腐蚀和大气环境等影响下不应出现裂纹、开裂等缺陷。

5.7 表面粗糙度

不大于 50 kg 砝码的表面粗糙度限值应符合表 6 的要求。大于 50 kg 的所有等级砝码表面粗糙度最大值宜采用表 6 中规定数值的两倍。

表 6 表面粗糙度限值

单位为微米

表面粗糙度参数	砝码等级			
	E ₁	E ₂	F ₁	F ₂
R _z	0.5	1	2	5
R _a	0.1	0.2	0.4	1

5.8 调整

5.8.1 通用要求

对给定标称值的砝码进行调整的条件是:在空气中测量结果的约定质量值满足 4.3 的要求,不确定度满足 4.2 的要求。

5.8.2 E₁ 等级、E₂ 等级砝码

砝码宜采用打磨、研磨或其他适当的方法调整。调整后的表面状况应满足 5.6 的要求。

5.8.3 F₁ 等级、F₂ 等级砝码

砝码应采用打磨、研磨或其他适当的方法调整,不应改变表面状况。带有调整腔的砝码应采用生产砝码的同种材料或锡、钼、钨调整。

5.8.4 不小于 1 g 的 M₁ 等级、M₁₋₂ 等级、M₂ 等级、M₂₋₃ 等级、M₃ 等级砝码

5.8.4.1 不小于 100 g 的砝码应采用铅片等金属材料调整。

5.8.4.2 1 g~50 g 的没有调整腔的圆柱体砝码应采用打磨、研磨、切削等方法进行调整。如果这些砝码有调整腔,砝码应采用金属材料如铅片等调整。

5.8.4.3 1 mg~1 000 mg 的薄片和丝状砝码应采用剪切、打磨或研磨来调整。

5.8.4.4 用于调整的材料应为能保持质量和结构的任何固体材料。调整材料在砝码体内质量和形状不应有任何改变。

5.8.5 参考条件

适用于砝码调整的参考条件如下:

- 标准参考密度:8 000 kg/m³;
- 空气密度:1.2 kg/m³;
- 在 20 °C 的空气中平衡,无需进行空气浮力修正。

5.9 标记

5.9.1 通用要求

5.9.1.1 如果砝码的表面状况和稳定性不受标记和标记过程的影响,在可能造成砝码混用或砝码作为贸易结算的计量器具而使用时,砝码体上应清晰地标记砝码质量标称值。标记过程符合下述要求。

- a) 标记和标记过程中,在砝码的表面状况和稳定性不受影响的条件下,对于准确度等级在 F_2 等级以上的砝码,如在使用中有可能导致错误使用砝码时,不小于 100 mg 的砝码可采用研磨或雕刻的方式,清晰地标记砝码器号和该砝码的准确度等级。对于 M_1 等级、 M_{1-2} 等级、 M_2 等级、 M_{2-3} 等级、 M_3 等级砝码可选择适当的标记方法。
- b) 各准确度等级线状毫克组砝码、50 mg 及以下的各准确度等级片状砝码、链码以及仪器中作为零部件配套使用的砝码不必标记质量标称值、砝码器号及准确度等级。
- c) 使用中的砝码,砝码体上的标记应清晰,不应涂抹、修改。

5.9.1.2 砝码质量标称值的数字标记应符合下列要求。

- a) 1 kg~1 000 kg (不含 1 000 kg) 的砝码:标称值以千克(kg)为单位。
- b) 1 000 kg 及以上的砝码:标称值以吨(t)或千克(kg)为单位。
- c) 克组砝码:标称值以克(g)为单位。
- d) 毫克组砝码:标称值以毫克(mg)为单位。

5.9.1.3 砝码体的上表面应用“ E_1 ”“ E_2 ”“ F_1 ”“ F_2 ”“ M_1 ”“ M_{1-2} ”“ M_2 ”“ M_{2-3} ”“ M_3 ”标记准确度等级。

5.9.1.4 砝码的器号应用阿拉伯数字和/或英文大写字母表示,并且相同准确度等级内的砝码器号为唯一器号:

- a) E_1 等级砝码的器号为三位阿拉伯数字或英文大写字母;
- b) E_2 等级砝码的器号为四位阿拉伯数字或英文大写字母;
- c) F 等级砝码器号不做限制,但需标记砝码的标称值。

5.9.1.5 一组砝码中如果有两个或三个同一标称值的砝码,宜用一个或两个星形或点或数字区分;如果是线状砝码,应采用一个或两个“√”给予区分。

5.9.2 M_1 等级、 M_{1-2} 等级、 M_2 等级、 M_{2-3} 等级、 M_3 等级砝码

5.9.2.1 50 kg~5 000 kg 的矩形砝码应在砝码体上用凸或凹的字体标记标称值和“kg”或“t”(见图 A.2 和图 A.3)。其中, M_{1-2} 等级、 M_{2-3} 等级砝码还可标记相应的准确度等级(M_{1-2} 或 M_{2-3})。

5.9.2.2 1 g~5 000 kg 的圆柱体砝码应在提钮上用凸或凹的字体标记标称值和“g”或“kg”或“t”(见图 A.1)。500 g~5 000 kg 的圆柱体砝码可在砝码体的侧表面上标记。

5.9.2.3 M_1 等级砝码可用凸或凹的字体标记 M_1 或 M 及标称值(见图 A.2 和图 A.3)。矩形的 M_1 等级砝码可标记生产厂的商标。在这种情况下,生产厂商标应采用凸或凹的字体标记在矩形砝码的中间部分(见图 A.2 和图 A.3)。

5.9.2.4 M_2 等级砝码可用凸或凹的字体标记标称值和 M_2 , 或不做等级标记(见图 A.2 和图 A.3)。

5.9.2.5 M_3 等级砝码可用凸或凹的字体标记标称值和 M_3 (见图 A.2 和图 A.3)。

5.9.2.6 M_2 等级和 M_3 等级(线状砝码除外)可标记生产厂的商标。在这种情况下,生产厂商标应采用凸或凹的字体显示在矩形砝码的中间部分、矩形砝码提钮的上表面或侧表面、有固定提钮的 M_3 等级圆柱体砝码的上表面或侧表面(见图 A.2 和图 A.3)。

5.9.3 出厂标记

出厂标记应由符号、数字或字母组成,任何标称值或等级的标记不应产生混淆。对于新生产的砝

码,标记应清晰,以便将砝码与溯源文件相结合。表7中规定了新生产砝码体上可接受的最多标记数目。

表7 标记的最多数目

砝码等级	标称值	字体高度 mm	符号、数字或字母的最多数目
E ₁	≥1 g	2~5	6
E ₂	≥1 g	2~5	7
F ₁ 到 M ₂	1 g~100 g	3	8
F ₁ 到 M ₂	200 g~10 kg	5	8
F ₁ 到 M ₂	≥20 kg	7	8

5.10 稳定性

5.10.1 材料的稳定性

为了保证材料的稳定性,应对砝码体材料做如下处理:

- F₁ 等级及 E₂ 等级砝码的材料在购置后应自然时效放置 6 个月再投入生产;
- E₁ 等级砝码的材料在购置后应自然时效放置 1 年再投入生产。

5.10.2 成品的稳定性

5.10.2.1 E₁ 等级及 E₂ 等级砝码在出厂检验前应进行自然时效或人工时效处理。

a) E₁ 等级砝码自然时效处理:

- 1) 千克组砝码存放期不少于 1 年;
- 2) 克组砝码存放期不少于 6 个月;
- 3) 毫克组砝码存放期不少于 4 个月。

b) E₁ 等级砝码人工时效处理:砝码分别在温度为 50 °C ± 5 °C 和 -50 °C ± 5 °C 的条件下各放 12 h,然后在常温下放置 48 h。

c) E₂ 等级砝码自然时效处理:

- 1) 千克组砝码存放期不少于 6 个月;
- 2) 克组砝码存放期不少于 3 个月;
- 3) 毫克组砝码存放期不少于 2 个月。

d) E₂ 等级砝码人工时效处理:砝码分别在温度为 50 °C ± 5 °C 和 -50 °C ± 5 °C 的条件下各放置 6 h,然后在常温下放置 48 h。

5.10.2.2 经时效处理后的砝码,质量变化不应大于该砝码的质量允差的 1/3。

6 试验方法

6.1 试验条件

6.1.1 砝码的出厂检验应在稳定的环境状况下,砝码的温度接近室温。表8规定了测试各准确度等级砝码时的环境状况。

表 8 测试各准确度等级砝码时的环境要求

砝码等级	允许温度变化	空气的相对湿度允许变化
E ₁	每 4 h 最大变化 < 0.5 °C	40%~60%，每 4 h 最大变化 < 5%
E ₂	每 4 h 最大变化 < 1 °C	30%~70%，每 4 h 最大变化 < 10%
F ₁	每 4 h 最大变化 < 2 °C	30%~70%，每 4 h 最大变化 < 15%
F ₂	每 4 h 最大变化 < 3.5 °C	
M ₁	每 4 h 最大变化 < 5 °C	—

6.1.2 对于 E₁ 等级、E₂ 等级砝码，实验室温度应处于 18 °C~23 °C。环境条件应满足衡量仪器的要求。

6.1.3 测试实验室不应有容易察觉的振动和气流，应远离振源、磁源和电离辐射的影响。实验室内的天平和砝码不应受阳光直接照射。

6.1.4 当空气密度相对于 1.2 kg/m³ 变化超过 10% 时，被检砝码应采用真空质量值计算，约定质量值由真空质量值计算而来。

6.1.5 实验室内配备的相应准确度等级的温度计、湿度计和气压计应符合表 9 的要求，以测量实验室内空气密度。

表 9 实验室内配备气象参数测量设备的技术要求

被测砝码等级	温度计准确度 °C	湿度计相对湿度准确度 %	气压计准确度 hPa
E	≤0.1	≤5	≤0.6
F	≤0.1	≤6	≤2
M	稍低于 F 等级砝码测量要求的温度计、湿度计		
注：1 hPa=0.1 kPa。			

6.1.6 查验砝码材料的质保书，落实试验砝码的化学成分。

6.2 试验用标准器

6.2.1 通用要求

如果被测砝码进行空气浮力修正，则衡量仪器的合成标准不确定度（即重复性、灵敏度、分辨力、偏载等的合成）不应大于被测砝码质量最大允许误差绝对值的 1/6；如果被测砝码不进行空气浮力修正，则合成标准不确定度不应大于被测砝码质量最大允许误差绝对值的 1/9。

6.2.2 标准砝码

标准砝码至少应比被测砝码高一准确度等级，质量扩展不确定度 ($k=2$) 不应大于被测砝码质量最大允许误差的 1/9。

6.3 测试方法

6.3.1 准备工作

6.3.1.1 砝码清洁

任何测试之前,砝码应清洁。清洁过程中不应拆卸、去除任何一块砝码材料。砝码在抓取和储存时应保持清洁。清洁时应保护砝码的表面特性,不应划伤砝码表面。

如果砝码上有灰尘,可用干净的无水乙醇清洁砝码。带有调整腔的砝码不应将砝码调整腔部位浸入溶液中,以免液体浸入腔体。

表 10 规定了砝码用溶液清洗之后的稳定时间。

表 10 清洗后的稳定时间

单位为小时

砝码等级	用无水乙醇清洗后	用蒸馏水清洗后
E ₁	48~72	24~48
E ₂	24~48	12~24
F ₁	12~24	>12
F ₂ 到 M ₃	>1	>1

6.3.1.2 温度稳定

在进行任何测试之前,砝码都应恒温以达到实验室的大气状况。特别对于 E₁ 等级、E₂ 等级、F₁ 等级砝码,温度应与测量室内的温度接近。

表 11 规定了温度恒定的最短时间。一般情况,稳定时间宜为 24 h。

表 11 温度稳定时间

单位为小时

ΔT	标称值	E ₁ 等级	E ₂ 等级	F ₁ 等级	F ₂ 等级
±20 °C	1 000 kg, 2 000 kg, 5 000 kg	—	—	79	5
	100 kg, 200 kg, 500 kg	—	70	33	4
	10 kg, 20 kg, 50 kg	45	27	12	3
	1 kg, 2 kg, 5 kg	18	12	6	2
	100 g, 200 g, 500 g	8	5	3	1
	10 g, 20 g, 50 g	2	2	1	1
	<10 g	1			0.5
±5 °C	1 000 kg, 2 000 kg, 5 000 kg	—	—	1	1
	100 kg, 200 kg, 500 kg	—	40	2	1
	10 kg, 20 kg, 50 kg	36	18	4	1
	1 kg, 2 kg, 5 kg	15	8	3	1
	100 g, 200 g, 500 g	6	4	2	0.5

表 11 温度稳定时间 (续)

单位为小时

ΔT	标称值	E ₁ 等级	E ₂ 等级	F ₁ 等级	F ₂ 等级
$\pm 5^\circ\text{C}$	10 g, 20 g, 50 g	2	1	1	0.5
	<10 g	0.5			
$\pm 2^\circ\text{C}$	1 000 kg, 2 000 kg, 5 000 kg	—	—	1	0.5
	100 kg, 200 kg, 500 kg	—	16	1	0.5
	10 kg, 20 kg, 50 kg	27	10	1	0.5
	1 kg, 2 kg, 5 kg	12	5	1	0.5
	100 g, 200 g, 500 g	5	3	1	0.5
	<100 g	1			
$\pm 0.5^\circ\text{C}$	1 000 kg, 2 000 kg, 5 000 kg	—	—	—	—
	100 kg, 200 kg, 500 kg	—	1	0.5	0.5
	10 kg, 20 kg, 50 kg	11	1	0.5	0.5
	1 kg, 2 kg, 5 kg	7	1	0.5	0.5
	100 g, 200 g, 500 g	3	1	0.5	0.5
	<100 g	2	0.5		

注： ΔT 为砝码温度与实验室温度的差。

6.3.2 表面状况

砝码的表面状况除表面粗糙度外,一般用目测检查。检查时,砝码表面需保持清洁。

砝码的表面粗糙度,用表面粗糙比较样块测试。表面的斑痕,如划痕,不应作为表面粗糙度测量结果。如有怀疑和争议,则使用粗糙度仪进行测试。表面粗糙度的评估仅适用于不小于 1 g 的 E₁ 等级、E₂ 等级、F₁ 等级和 F₂ 等级砝码。

6.3.3 磁性

使用磁化率计测试砝码的磁化率及极化强度,也可使用磁强计测试砝码的极化强度。测试方法按附录 B 的规定执行。

6.3.4 密度(体积)

密度测试方法按附录 C 的规定执行。

6.3.5 约定质量

砝码质量值的测试方法按附录 D 的规定执行。

7 检验规则

7.1 砝码在出厂前应作出厂检验,检验合格后出具产品合格证方能入库和出厂,出厂检验应逐个进行。

7.2 出厂检验的测试项目应符合表 12 的规定。所有测试项目合格后方能出具产品合格证书。

表 12 出厂检验的测试项目

序号	项目	计量要求、技术要求 章条号	试验方法 章条号
1	最大允许误差	4.1	6.1,6.2,6.3.1,6.3.2
2	磁性	5.4	6.3.3
3	密度	5.5	6.3.4
4	表面状况	5.6	6.3.2

8 标志、包装、运输及贮存

8.1 标志

8.1.1 除了 M_2 等级、 M_3 等级砝码外,属于同组的砝码应有相同的准确度等级标志。

8.1.2 砝码盒的上表面应有永久性标记铭牌,标记铭牌应记录以下主要内容:

- a) 名称;
- b) 准确度等级;
- c) 生产厂;
- d) 砝码器号(无器号时,不设此标记);
- e) 质量范围(对套装砝码,质量值从大至小标注);
- f) 砝码个数;
- g) 砝码材料;
- h) 砝码材料密度范围;
- i) 出厂日期;
- j) 磁性参数。

8.2 包装

8.2.1 砝码的包装应符合 GB/T 13384 的要求。包装箱中应有可靠的防尘、防震措施,以保证产品在运输过程中不发生由于冲击和振动引起的磨损和损坏。

8.2.2 E_1 等级、 E_2 等级、 F_1 等级、 F_2 等级的单个砝码和砝码组的包装,应采用木材、塑料,或其他适宜的材料制成的有单独空穴的盒子包装。砝码盒应坚固,不易变形。

8.2.3 M_1 等级、 M_{1-2} 等级、 M_2 等级、 M_{2-3} 等级、 M_3 等级砝码可不配备砝码盒。

8.2.4 随同产品应提供的技术资料包括:

- a) 使用说明书;
- b) 产品出厂合格证;
- c) 装箱单。

8.3 运输

8.3.1 E_1 等级、 E_2 等级、 F_1 等级、 F_2 等级砝码搬运时,应对运输工具的表面进行防护处理,以避免对砝码表面造成划伤或损坏。

8.3.2 装卸砝码时应小心轻放,不应抛、扔。运输中不应受到碰撞、雨淋。

8.4 贮存

8.4.1 产品应贮存在通风良好、干燥的室内,环境温度范围为 $-10\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 55\text{ }^{\circ}\text{C}$,相对湿度不大于85%。周围空气中应无腐蚀性气体。

8.4.2 不低于E₂等级的砝码应放置在温度为 $20\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$,相对湿度为50%~70%的环境中。

附录 A

(资料性)

不同形状和尺寸砝码的图例

A.1 圆柱体砝码

圆柱体砝码的图例见图 A.1。圆柱体砝码的尺寸见表 A.1。

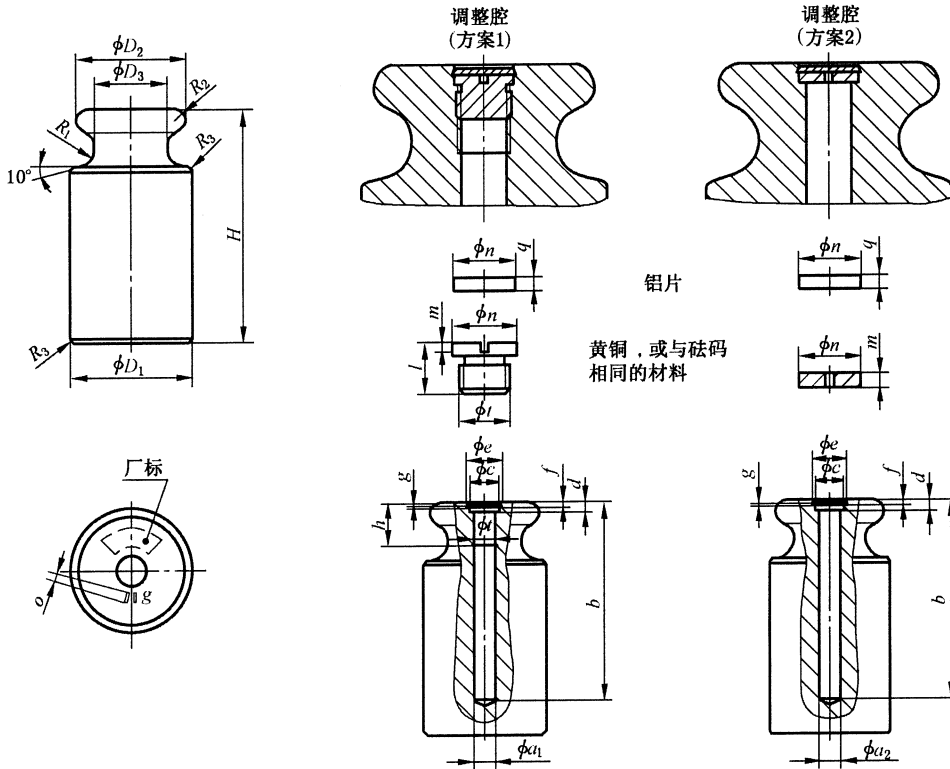


图 A.1 圆柱体砝码的图例

表 A.1 圆柱体砝码尺寸

单位为毫米

标称值	D_1	D_2	D_3	H	R_1	R_2	R_3	o	a_1	a_2	b	c	d	e	f	g	h	l	m	n	q	t
1 g	6	5.5	3	取决于材料	0.9	0.5	0.5	1	} 没有调整腔													
2 g	6	5.5	3		0.9	0.5	0.5	1														
5 g	8	7	4.5		1.25	0.7	0.5	1														
10 g	10	9	6		1.5	0.8	0.5	1														
20 g	13	11.5	7.5		1.8	1	0.5	1.5														
50 g	18	16	10		2.5	1.5	1	2														
20 g	13	11.5	7.5	1.8	1	0.5	1.5	3.5	3	18	5.5	2.5	6.5	1.5	1	9	5	1	5	1	M4x0.5	
50 g	18	16	10	2.5	1.5	1	2	5.5	4.5	25	7.5	3.5	9	2	1	10	5	1.5	7	1.5	M6x0.5	

表 A.1 圆柱体砝码尺寸 (续)

单位为毫米

标称值	D_1	D_2	D_3	H	R_1	R_2	R_3	o	a_1	a_2	b	c	d	e	f	g	h	l	m	n	q	t
100 g	22	20	13	取决于材料	3.5	2	1	2	5.5	4.5	30	7.5	3.5	9	2	1	10	5	1.5	7	1.5	M6x0.5
200 g	28	25	16		4	2.25	1.5	3.2	6.9	7	40	10.5	4.5	12	2.5	1.5	15	8	2	10	2	M8x1
500 g	38	34	22		5.5	3	1.5	3.2	6.9	7	50	10.5	4.5	12	2.5	1.5	15	8	2	10	2	M8x1
1 kg	48	43	27		7	4	2	5	12.4	12	65	18.5	7	20	4	2.5	20	13	3	18	3	M14x1.5
2 kg	60	54	36		9	5	2	5	12.4	12	80	18.5	7	20	4	2.5	20	13	3	18	3	M14x1.5
5 kg	80	72	46		12	6.5	2	10	18.4	18	120	24.5	8	26.5	4	2.5	35	18	4	24	3	M20x1.5
10 kg	100	90	58		15	8.5	3	10	18.4	18	160	24.5	8	26.5	4	2.5	35	18	4	24	3	M20x1.5
20 kg	128	112	74		18	11	3	10	18.4	18	160	24.5	8	26.5	4	2.5	35	18	4	24	3	M20x1.5

注 1: 调整腔的深度根据重量调整值改变。
注 2: 20 g 和 50 g 的砝码有两种型式: 有调整腔和不带调整腔。

A.2 1型平行六面体砝码

1型平行六面体砝码的图例见图 A.2。1型平行六面体砝码尺寸见表 A.2。

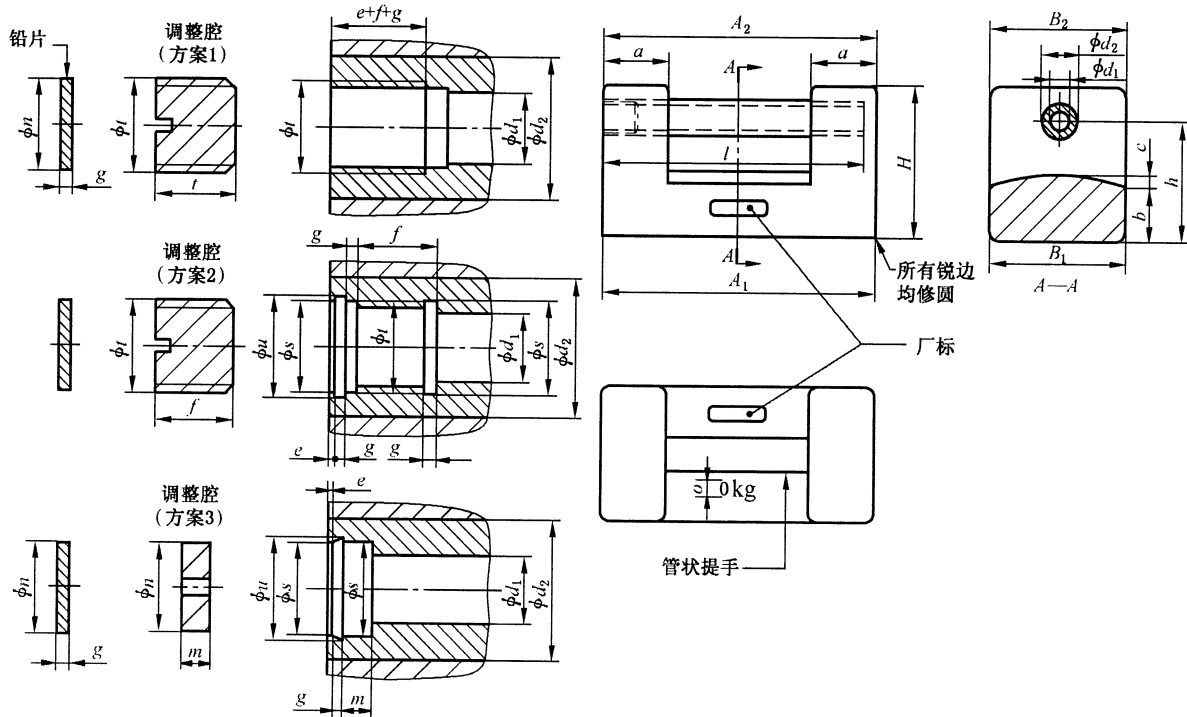


图 A.2 1型平行六面体砝码的图例

表 A.2 1 型平行六面体砝码尺寸

单位为毫米

标称值	A_1	A_2	B_1	B_2	H	a	b	c	d_1	d_2	e	f	g	h	l	m	n	o	r	s	t	u
5 kg	150	152	75	77	84	36	30	6	12	19	1	14	2	66	145	5	16	12	5	16.5	M16x1.5	18
10 kg	190	193	95	97	109	46	38	8	12	25	1	14	2	84	185	5	16	16	6	16.5	M16x1.5	18
20 kg	230	234	115	117	139	61	52	12	24	29	2	21	3	109	220	8	27	20	8	27.5	M27x1.5	30
50 kg	310	314	155	157	192	83	74	16	24	40	2	21	3	152	300	8	27	25	10	27.5	M27x1.5	30

注： A_1 和 A_2 、 B_1 和 B_2 的尺寸是可互换的。

A.3 2 型平行六面体砝码

2 型平行六面体砝码的图例见图 A.3。2 型平行六面体砝码的尺寸见表 A.3。

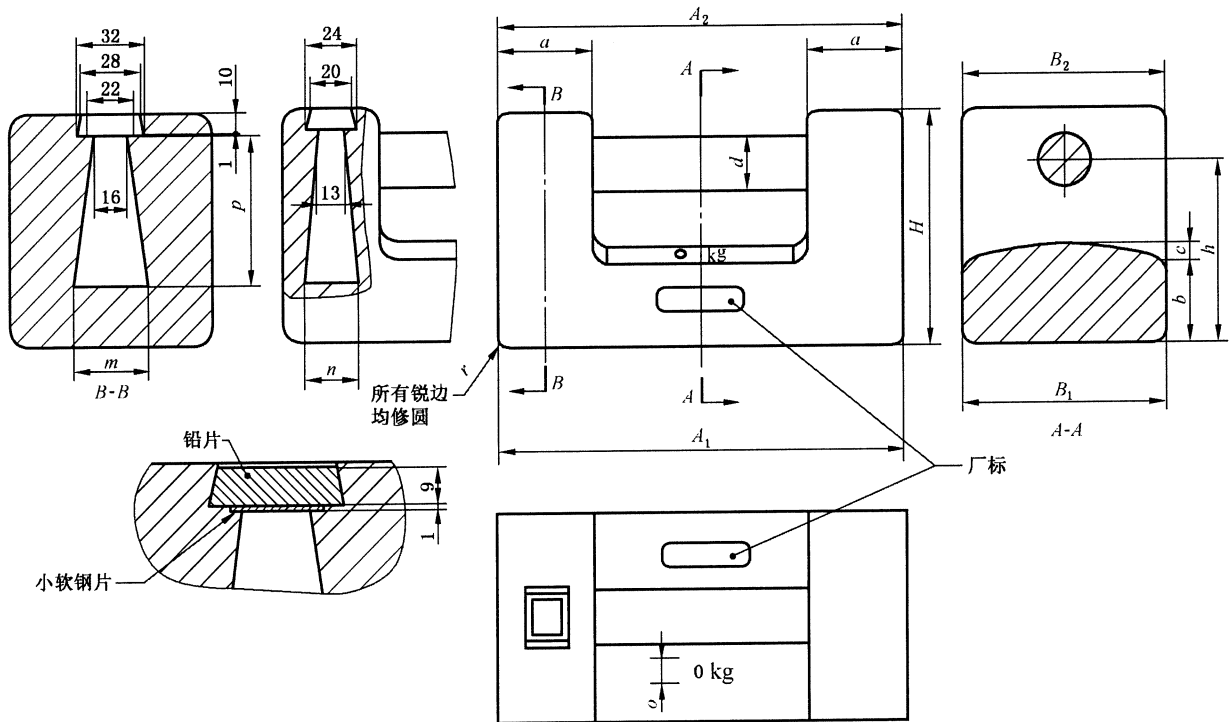


图 A.3 2 型平行六面体砝码的图例

表 A.3 2 型平行六面体砝码尺寸

单位为毫米

标称值	A_1	A_2	B_1	B_2	H	a	b	c	d	h	m	n	o	p	r
5 kg	150	152	75	77	84	36	30	6	19	66	16	13	12	55	5
10 kg	190	193	95	97	109	46	38	8	25	84	35	25	16	70	6
20 kg	230	234	115	117	139	61	52	12	29	109	50	30	20	95	8
50 kg	310	314	155	157	192	83	74	16	40	152	70	40	25	148	10

注： A_1 和 A_2 、 B_1 和 B_2 的尺寸是可互换的。表中给出调整腔的内部尺寸 m 、 n 、 p 作为参考使用。

附 录 B
(规范性)
磁性测量方法

B.1 磁化强度和磁化率——磁化率计法

B.1.1 通用要求

B.1.1.1 此方法可通过测量弱磁砝码在由永久强磁铁产生的磁场梯度中所受的力,来确定砝码的磁化率($\chi < 1$)和极化强度(见图 B.1)。采用这种方法,磁化率计的测量体积限制在磁铁附近垂直上方工作面的一定范围内,约 10 cm^3 。对于大一些的砝码($> 2 \text{ kg}$),有必要在砝码底面多个位置上测量。在测量过程中,砝码一般是直立的。

B.1.1.2 如果砝码放置于高强磁场(对于生产 E_1 等级砝码的典型合金钢,磁场强度 $> 2 \text{ kA/m}$)中,测量过程可能导致被测砝码被永久磁化。因此在测量过程中,砝码(E_1 等级)底面高度和磁铁中心高度之间的距离 Z_0 宜最初约为 20 mm 。若样品磁化率太小,对于磁化率计不能产生合理的信号,才减小 Z_0 。

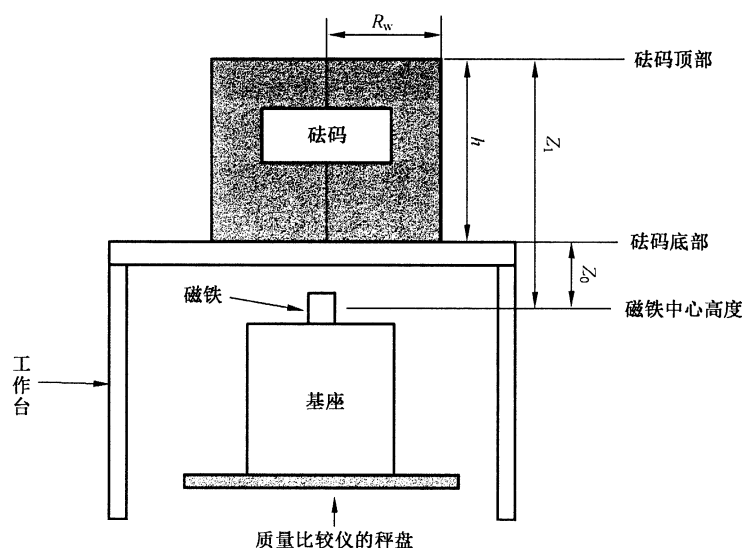
B.1.2 设备及工具

B.1.2.1 分度值不大于 $10 \mu\text{g}$ 的衡量仪器,放置砝码的无磁工作台,放置磁铁的圆柱体。

B.1.2.2 磁矩 m_d 在 0.1 Am^2 数量级的圆柱体磁铁(此磁矩为钐-钴或钕-铁-硼磁铁在体积为 100 mm^3 的典型值)。

B.1.3 设备示意图

磁铁的高度宜为直径的 0.87 倍,也可采用直径和高相等的磁铁。



标引符号说明:

h —— 砝码的高度;

Z_1 —— 砝码顶部到磁铁中心的距离;

Z_0 —— 砝码底部到磁铁中心的距离;

R_w —— 砝码的半径。

图 B.1 磁性测量示意图

B.1.4 测量步骤

B.1.4.1 测量步骤如下。

- a) 测量不同的参数(Z_0, R_w, h), 见图 B.1。
- b) 当地重力加速度 g 值准确度为 1%。
- c) 将磁铁的北极向下测量磁矩 m_d 。磁铁在工作台上表面产生的最大磁场按式(B.1)计算:

$$H = \frac{m_d}{2\pi \times Z_0^3} \dots\dots\dots (B.1)$$

式中:

- H ——最大磁场, 单位为安培每米(A/m);
- m_d ——磁矩, 单位为安培每平方米(A/m²);
- Z_0 ——磁铁中心到砝码底部的距离, 单位为米(m)。

- d) 仪器回零。
- e) 将砝码放在工作台上, 且在磁铁的正上方, 通常三次, 确保砝码放在中心处; 测试过程中, 应记录加载时间、读数时间和卸载时间; 根据重复测量的读数, 计算衡量仪器显示的质量变化的平均值 Δm_1 ; 确定力 $F_1 = -\Delta m_1 \times g$ 。
- f) 如怀疑砝码已被明显磁化, 则应翻转磁铁重复测量, 距离 Z_0 保持恒定; 再一次将砝码放置在工作台上, 且在磁铁的正上方, 通常三次, 确保砝码放在中心处; 测试过程中, 应记录加载时间、读数时间和卸载时间; 根据重复测量的读数, 计算衡量仪器显示的质量变化的平均值 Δm_2 确定力 $F_2 = -\Delta m_2 \times g$ 。
- g) 重复 d)~f)。

B.1.4.2 在测量 E₁ 等级砝码时, H 不应超过 2 000 A/m; 测量 E₂ 等级砝码时, H 不应超过 800 A/m; 测量其他等级砝码时, H 不应超过 200 A/m。如果磁化率计的信号太弱, 可减少 Z_0 的高度来增强磁场强度 H 。

B.1.5 计算

磁化率 χ 和极化强度 $\mu_0 M_z$ 的计算方法如下。

- a) 把各参数代入式(B.1)和式(B.2), 计算砝码磁化率 χ 和极化强度 $\mu_0 M_z$ (见式 B.3), 此时假设空气的磁化率可忽略不计。
- b) 当测量了力 F_1 和力 F_2 时, 则磁化率表示为:

$$\chi = \frac{F_a}{I_a \times F_{\max} - 0.4 \times F_a} \dots\dots\dots (B.2)$$

式中: $F_{\max} = \frac{3\mu_0}{64\pi} \times \frac{m_d^2}{Z_0^4}$, $F_a = \frac{F_1 + F_2}{2}$ 。

对于极化强度:

$$\mu_0 M_z = \frac{F_b}{\frac{m_d}{Z_0} \times \frac{1}{4\pi} \times I_b} - \frac{\chi}{1 + 0.23\chi} B_{EZ} \dots\dots\dots (B.3)$$

式中: $F_b = \frac{F_1 - F_2}{2}$;

- χ ——磁化率(无量纲);
- F_1 ——质量比较仪上第一组读数的平均值, 单位为牛顿(N);
- F_2 ——质量比较仪上第二组读数的平均值, 单位为牛顿(N);
- F_a ——磁化率测试的平均力值, 单位为牛顿(N);

- F_b ——磁性测试的平均力值,单位为牛顿(N);
- F_{\max} ——磁化率测试的最大力值,单位为牛顿(N);
- $\mu_0 M_z$ ——极化强度,单位为特斯拉(T);磁通量为1韦伯每平方米(Wb/m²)产生的磁感应强度。
- I_a, I_b ——几何修正因子;
- μ_0 ——磁性常数(真空中的磁导率 $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ N} \cdot \text{A}^{-2}$),单位为牛顿每二次方安培(N/A²);
- B_{EZ} ——实验室内大气中磁场强度的垂直分量。通常, B_{EZ} 视为实验室当地的地球磁场强度的垂直分量。依据海拔的不同,范围为: $-48 \mu\text{T} \sim 60 \mu\text{T}$ 。 B_{EZ} 的梯度为地球的赤道上为零,极点处最大。我国 B_{EZ} 的符号是正号。

c) 在上面的等式中,给出的几何修正因子 I_a 和 I_b 分别按式(B.4)和式(B.5)计算:

$$I_a = 1 - \left(\frac{Z_0}{Z_1}\right)^4 - \frac{1 + \frac{(R_w/Z_0)^2}{3}}{[1 + (R_w/Z_0)^2]^3} + \left(\frac{Z_0}{Z_1}\right)^4 \times \frac{1 + \frac{(R_w/Z_1)^2}{3}}{[1 + (R_w/Z_1)^2]^3} \quad \dots\dots\dots (\text{B.4})$$

和

$$I_b = 2\pi \left\{ \frac{(R_w/Z_0)^2}{[1 + (R_w/Z_0)^2]^{3/2}} - \frac{(R_w/Z_0)^2 / (Z_1/Z_0)^3}{\left[1 + \left(\frac{R_w/Z_0}{Z_1/Z_0}\right)^2\right]^{3/2}} \right\} \quad \dots\dots\dots (\text{B.5})$$

空气磁化率对于所有的实际情况都可忽略不计。

上述的公式用于正圆柱体砝码。如果被测砝码不是理想的正圆柱体砝码,则需要做进一步的修正,否则将产生较大的不确定度。

B.1.6 不确定度

此方法测量磁化率的不确定度范围为10%~20%。但这种方法对小砝码的相对不确定度更大。

B.2 极化强度的测量——磁强计法

B.2.1 适用的砝码等级

砝码的极化强度可通过用磁强计测量附近的磁场来评估。该方法适用于本文件规定的所有准确度等级的砝码。当砝码的质量 $\geq 1 \text{ g}$ 且 $< 100 \text{ g}$ 时,应采用霍尔传感器法进行测试。当砝码的质量 $\geq 100 \text{ g}$ 时,应采用磁通量仪法进行测试。

B.2.2 测试要求

按下述要求进行测试。

- 在开始测试前,应采用磁强计检测实验室内的环境磁场方向。在进行检测的周围不应有铁磁性物质,操作者也不应携带铁磁性物质。
- 如用霍尔传感器(宜采用的仪器)或磁通量闸门仪测量砝码引起的磁场,使探针与砝码排成一行,以便使灵敏轴与砝码的表面垂直。磁通量闸门仪不应用于测量100 g以下的砝码。
- 测量应在环境感应磁场接近于零的方向进行。
- 另外,当有砝码时测量的磁场感应强度值应减去环境磁场感应强度值的大小。

B.2.3 设备、工具及工作场地

应具备下述条件:

- 磁强计,如霍尔传感器或磁通量闸门仪;
- 处理砝码的工具(如实验室手套、无棉绒的布、实验室镊子);
- 照明良好的房间。

B.2.4 测量步骤

按下述步骤进行测量。

- a) 仪器调零。
- b) 将探针置于无磁物体表面。
- c) 读取探针在某特定方向上的磁场读数,该读数为环境磁场的数据。砝码上或砝码附近的读数应减去该数据。
- d) 保持探针方向不变,把砝码放在探针的上方。砝码底部的中心应放在传感器的上方。通过移动砝码,从底部中心移至底部边缘位置,观察读数的变化,检查磁性的均匀性。如果读数没有缓慢地递减,则表示该砝码可能被不均匀地磁化了。
- e) 如果砝码被均匀地磁化,则测量时砝码底部的中心位置应靠近探针,但不接触,并应遵守磁强计的技术要求。
- f) 读取显示器读数[读数单位可能是毫特斯拉(mT),但测试报告应为微特斯拉(μT)]。
- g) 倒置砝码(仅对于平头砝码)测量顶部,重复 d)~f) 的步骤。
- h) 按照式(B.6)、式(B.7)和式(B.8)修正探针的读数和评估极化强度 $\mu_0 M$ 。

$$\mu_0 M = \frac{2B}{\frac{d+h}{\sqrt{R^2+(d+h)^2}} - \frac{d}{\sqrt{R^2+d^2}}} - f(B_E) \quad \dots\dots\dots (B.6)$$

并且,对于 M 等级砝码:

$$f(B_E) = 5.4B_E \quad \dots\dots\dots (B.7)$$

对于 E 等级和 F 等级砝码:

$$f(B_E) = \frac{\chi}{1+0.23\chi} B_E \quad \dots\dots\dots (B.8)$$

式中:

- B —— 介质中的磁感应强度,单位为特斯拉(T)。
- d —— 砝码表面到灵敏元件(嵌在探针里)中心之间的距离,单位为米(m)。
- h —— 砝码的高度,单位为米(m)。
- R —— 圆柱体砝码的半径。如果砝码是矩形的,则表示与砝码底面具有相同面积的圆的半径,单位为米(m)。
- B_E —— 没有砝码时,磁强计在周围环境磁场下的读数,单位为特斯拉(T)。在很多情况下, B 和 B_E 的符号可能不同。

- i) 检测报告中应记录在任何情况下所使用的设备和测量距离。

B.2.5 注意事项

一些探针,如磁通量闸门仪,传感器距探针末端有一定的距离。这种情况下的结果通常比将砝码尽量靠近霍尔传感器所获得的磁场强度的梯度要小。如果砝码被不均匀地磁化,则探针应沿着砝码的中心轴线,对于圆柱体砝码,距离底面至少半个直径;对于矩形砝码,在距离为半个最长边的位置进行测量。探针的读数应按照式(B.6)、式(B.7)和式(B.8)进行修正。

附 录 C
(规范性)
密度(体积)测量方法

C.1 通用要求

本附录中介绍了四类(六种)方法用于确定砝码的密度(体积):

- a) 第一类(三种)方法是将所使用的水或其他适宜的液体作为密度标准,该方法适用于准确度等级较高的砝码;
 - b) 第二类(一种)方法是通过声波的方法测量砝码的体积,该方法适用于除 E₁ 等级砝码外的各准确度等级的砝码,尤其是带有调整腔的砝码;
 - c) 第三类(一种)方法,本附录将提供常用合金列表,在列表中规定了各种材料的密度值和相应的不确定度,用户可根据需要使用;
 - d) 第四类(一种)方法是几何测量方法。
- 第三、四类方法适用于准确度等级较低的砝码。

C.2 注意事项

C.2.1 参考温度

描述密度的参考温度(t_{ref})为 20 °C。当测量温度(t_{meas})不在此温度条件(有些实验室恒温是 18 °C 或 23 °C)时,则应采用材料的体膨胀系数 γ ,并修正到 20 °C 下的体积。如果不确切知道 γ 的值,则采用砝码材料为不锈钢的 γ 值, $\gamma = 50 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$;JF1 不锈钢的砝码, $\gamma = 35 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 。计算公式见式(C.1),标准不确定度的计算见式(C.2):

$$\rho(t_{ref}) = \rho(t_{meas}) \times [1 + \gamma(t_{meas} - t_{ref})]$$

或

$$V(t_{ref}) = V(t_{meas}) \times [1 + \gamma(t_{meas} - t_{ref})] \dots\dots\dots (C.1)$$

$$u^2[\rho(t_{ref})] = u^2[\rho(t_{meas})] \left[\frac{\rho(t_{ref})}{\rho(t_{meas})} \right]^2 + u^2(\gamma)\rho^2(t_{meas})(t_{meas} - t_{ref})^2 + u^2(t_{meas})\rho^2(t_{meas})\gamma^2 \dots\dots (C.2)$$

C.2.2 小砝码的测试要求

对于小于 1 g 的砝码,在表 5 中没有限定值,可参考生产厂规定的砝码材料密度。

C.2.3 浸没砝码所用的液体

该液体应对砝码没有影响。宜选用一级水。本条的公式中假设了液体密度是常数。表 C.1 列出了水的密度值。

表 C.1 不同温度条件下的水密度

温度 t_1 °C	水密度 ρ kg/m ³	水密度单位温度的变化量 $\Delta\rho/\Delta t$ kg/(m ³ °C)
18.0	998.593	
18.5	998.499	-0.190

表 C.1 不同温度条件下的水密度 (续)

温度 t_1 °C	水密度 ρ kg/m ³	水密度单位温度的变化量 $\Delta\rho/\Delta t$ kg/(m ³ °C)
19.0	998.402	
19.5	998.303	-0.201
20.0	998.201	
20.5	998.096	-0.212
21.0	997.989	
21.5	997.879	-0.222
22.0	997.767	
22.5	997.652	-0.232
23.0	997.535	
23.5	997.415	-0.242
24.0	997.293	

C.2.4 调整腔浸水控制

具有调整腔的砝码不应浸没在水中。宜采用声学体积测量法,或合金成分计算法。

C.2.5 清除气泡

对于在水中的精密测量,砝码和砝码支架上的空气泡将造成密度测量的准确度降低,应清除。

C.2.6 砝码支架和悬挂线

在水中,将砝码放置到砝码支架上时可能造成砝码和容器(玻璃)的损坏。选用把砝码和砝码支架一起浸没在水中的方法,砝码支架能防止砝码掉落。要求吊挂线细直、清洁,而且在经过空气和水的结合面时应垂直。

C.2.7 真空质量和约定质量

在测量砝码密度(体积)时,应采用该砝码的真空质量。

C.2.8 砝码的烘干

从水中取出砝码后,应采用精细布料去除残留的水珠。为确保砝码的稳定性,砝码应放置在适当的盖子下面(如倒置的烧杯,并留有缝隙以便通风)。

C.3 测量方法一(体积比较法——两个不同砝码在空气中称量)

C.3.1 测试方法示意图

测试方法示意图见图 C.1。该方法是在空气中比较被测砝码和标准砝码,并且将液体中的被测砝码与空气中的另一个标准砝码相比较。

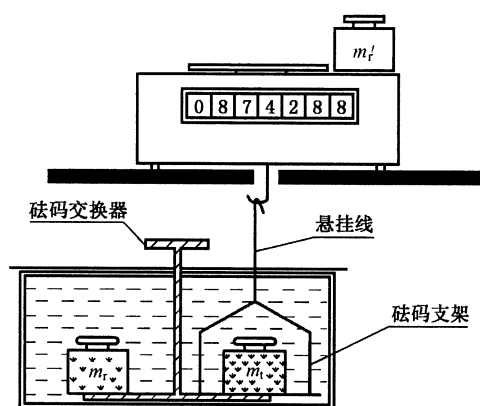


图 C.1 密度(体积)测量方法示意图——体积比较法

C.3.2 设备、工具及工作场地

C.3.2.1 已知密度的质量标准器,细纱手套,无绒棉布,实验室用镊子,照明良好的房间。

C.3.2.2 在水中砝码的机械加载和卸载机构。

C.3.2.3 适用于不同尺寸砝码的悬挂线和支架。

C.3.2.4 温度范围在 $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的水容器。

C.3.2.5 具有足够大的测量能力和高分辨力(典型的相对分辨率为 2×10^{-6}) 的实验室天平,天平应备有悬挂或承载测量载荷的装置。

C.3.3 测量步骤

C.3.3.1 确定测量时的空气密度 ρ_a 和液体密度 ρ_l 。

C.3.3.2 第一次测量(被测砝码在空气中):在空气(密度为 ρ_a) 中测量被测砝码 (m_{ta}),记录示值为 (I_{ta})。

C.3.3.3 第二次测量(标准砝码在空气中):标准砝码 (m_{ra}) 在空气(密度为 ρ_a) 中,被测砝码在液体中测量,记录示值为 (I_{ra})。

C.3.3.4 第三次测量(被测砝码在液体中):标准砝码在空气(密度为 ρ_a) 中,被测砝码 (m_{tl}) 在液体中,测量天平的显示值 (I_{tl})。

C.3.3.5 第四次测量(第二个标准砝码在空气中):在空气(密度为 ρ_{a1}) 中衡量标准砝码 (m_{r1});记录示值 (I_{r1})。

注:第二个标准砝码 (m_{r1}) 通常为—组砝码,它能使天平的示值接近于浸没砝码时的天平示值。

C.3.4 计算

符号 $\sum_i m_{rli}$ 表示组合砝码总质量, ρ_{rli} 表示有效密度。有效密度按照式(C.3)计算:

$$\rho_{r1} = \frac{\sum_i m_{rli}}{\sum_i V_{rli}} \quad \dots\dots\dots (C.3)$$

式中:

$\sum_i V_{rli}$ ——砝码的总体积。

被测砝码的 ρ_t 按照式(C.4)计算:

$$\rho_t = \frac{\rho_l (C_a m_{ra} + \Delta m_{wa}) - \rho_a (C_{a1} m_{r1} + \Delta m_{w1})}{C_a m_{ra} + \Delta m_{wa} - C_{a1} m_{r1} - \Delta m_{w1}} \quad \dots\dots\dots (C.4)$$

其中:

$$C_a = 1 - \frac{\rho_a}{\rho_{ra}}$$

$$C_{al} = 1 - \frac{\rho_{al}}{\rho_{rl}}$$

$$\Delta m_{wa} = (I_{ta} - I_{ra})C_s$$

$$\Delta m_{wl} = (I_{tl} - I_{rl})C_s$$

$$C_s = 1 - \frac{\rho_{as}}{\rho_s}$$

式中：

- ρ_t —— 被测砝码的密度,单位为千克每立方米(kg/m³)；
- ρ_l —— 液体密度,单位为千克每立方米(kg/m³)；
- ρ_a —— 空气密度,单位为千克每立方米(kg/m³)；
- ρ_{ra} —— 质量值 m_{ra} 的标准砝码的密度,单位为千克每立方米(kg/m³)；
- ρ_{al} —— 测量第二个砝码时的空气密度,单位为千克每立方米(kg/m³)；
- ρ_{rl} —— 质量值 m_{rl} 的标准砝码的密度,单位为千克每立方米(kg/m³)；
- ρ_{as} —— 天平在校准时的空气密度,单位为千克每立方米(kg/m³)；
- ρ_s —— 灵敏度砝码的密度,单位为千克每立方米(kg/m³)；
- C_a —— 在空气中衡量循环时,对空气密度的空气浮力修正因子；
- C_{al} —— 在液体中衡量循环时,对空气密度的空气浮力修正因子；
- C_s —— 对灵敏度砝码密度的空气密度的空气浮力修正因子；
- m_{ra} —— 在空气中与被测砝码比对的标准砝码质量,单位为千克(kg)；
- m_{wa} —— 空气中砝码的质量,单位为千克(kg)；
- m_{rl} —— 标准砝码在空气中,被测砝码在液体中,二者比对,标准砝码的质量之和,单位为千克(kg)；
- m_{wl} —— 液体中,砝码的质量,单位为千克(kg)；
- I_{ta} —— 空气中被测砝码的天平显示值(去皮后)；
- I_{ra} —— 空气中标准砝码的天平显示值(去皮后)；
- I_{tl} —— 液体中被测砝码的天平显示值(去皮后)；
- I_{rl} —— 空气中第二个标准砝码(m_{rl})的天平显示值(去皮后)。

C.4 测量方法二(标准砝码在空气中和在液体中称量)

C.4.1 设备、工具及工作场地

同 C.3.2。

C.4.2 测量步骤

与 C.3.2 测量步骤基本一致,仅第四次测量不同。

第四次测量(标准砝码在液体中):在液体中衡量标准砝码(m_{rl}),记录示值(I_{rl})。

标准砝码(m_{rl})可采用第二个参考砝码,也可采用在空气中所用的标准砝码(m_{ra})。

C.4.3 被测砝码的密度 ρ_t 计算

C.4.3.1 当在空气中和液体中使用同一个标准砝码时, $m_{ra} = m_{rl} = m_r$, 且 $\rho_{ra} = \rho_{rl} = \rho_r$, 则按照式(C.5)计算被测砝码的密度:

$$\rho_t = \frac{\rho_l(C_a m_r + \Delta m_{wa}) - \rho_a(C_l m_r + \Delta m_{wl})}{m_r \frac{\rho_l - \rho_a}{\rho_r} + \Delta m_{wa} - \Delta m_{wl}} \dots\dots\dots (C.5)$$

测量步骤同 C.3 中的 C.3.2,但不必进行第二次和第四次测量。

C.5.4 计算

这种情况下,相应的计算公式见式(C.7):

$$\rho_t = \frac{I_{ta} \times \rho_l - I_{tl} \times \rho_a}{I_{ta} - I_{tl}} \dots\dots\dots (C.7)$$

这种简化的首要条件是天平经过了校准。 I_{ta} 和 I_{tl} 分别是在秤盘上或浸入液体的支架上,没有砝码,天平经过去皮后,被测砝码在空气中(下标“a”)和液体中(下标“l”)的天平示值。

C.6 测量方法四(声学体积计法)

C.6.1 测试方法示意图

测试方法示意图见图 C.3。声学体积计法测量砝码体积,基于气体压缩定律,通常,此方法可用于 E_2 等级及以下 20 g~20 kg 的实心或具有调整腔砝码的体积测量。

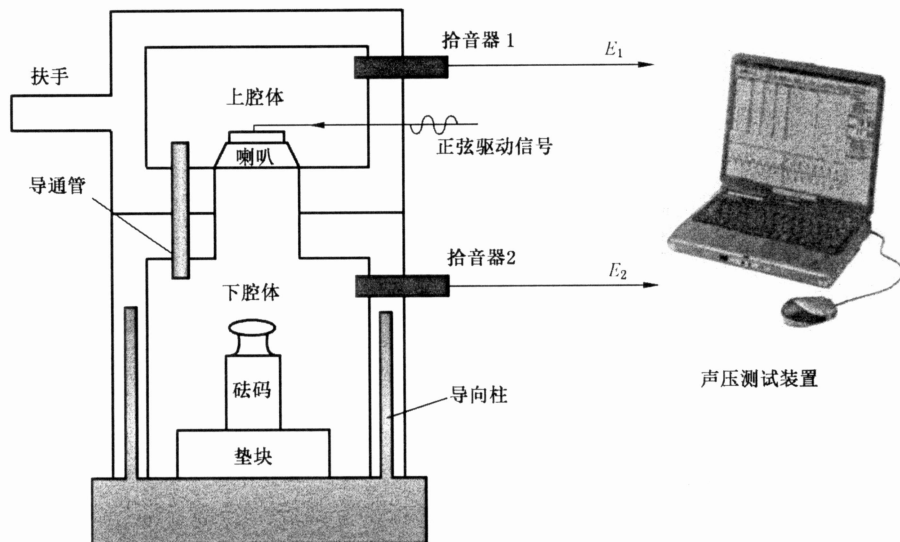


图 C.3 密度(体积)测量方法示意图——声学体积计法

C.6.2 设备、工具及工作场地

C.6.2.1 相对声压分辨率不低于 2×10^{-3} 的声压测量装置,包括拾音器、安装有音频(或声压)信号处理卡的计算机等。

C.6.2.2 测量腔体,包括上腔室和测量腔室(下腔体),喇叭等。上下腔体之间有导通管。

C.6.2.3 体积已知的参考砝码组,包括 0.95 倍和 1.05 倍标称体积的砝码。砝码垫块,材质一般为树脂或塑料等,要求刚性较好,体积在砝码的压力下变化范围在 10^{-6} cm^3 量级以下。

C.6.2.4 照明良好的房间及其他实验操作工具,如细纱手套、无棉绒的布、实验室用镊子等。

C.6.3 测量步骤(双参考比较法或单参考比较法)

C.6.3.1 实际测量中,使用稳定度更高的参考砝码的体积值来代替上腔体体积值(V_1),以消除上腔体体积不确定度对测量结果的影响。有单参考比较法和双参考比较法两种,在实际的操作过程中,选择任一种方法进行砝码体积测量即可。对于每个标称值砝码体积的测量,双标准体积砝码测量方法的不确定度均小于单标准体积砝码的测量方法。

C.6.3.2 如使用双参考比较法进行测量时,需要两组参考砝码,参考砝码一为 0.95 倍标称体积的砝

码,体积已知为 V_{r1} ;参考砝码二为 1.05 倍标称体积的砝码,体积已知为 V_{r2} 。测量步骤如下:

- a) 放置参考砝码一(V_{r1})到下腔体内砝码垫块上,测量上下腔体的声压比 R_{r1} ;
- b) 取出参考砝码一(V_{r1}),放置被测砝码到下腔体内砝码垫块上,测量上下腔体的声压比 R ;
- c) 取出被测砝码,放置参考砝码二(V_{r2}),测量上下腔体的声压比 R_{r2} 。

C.6.3.3 如使用单参考比较法进行测量时,选择参考砝码一(V_{r1})或参考砝码二(V_{r2})的任意一个即可。测量步骤如下:

- a) 当下腔体内仅有垫块时,测量上下腔体的声压比 R_0 ;
- b) 将被测砝码放入下腔体内砝码垫块上,测量上下腔体的声压比 R ;
- c) 取出被测砝码,放入参考砝码一(V_{r1})或参考砝码二(V_{r2})到下腔体砝码垫块上,测量上下腔体的声压比 R_r 。

C.6.4 计算

C.6.4.1 双参考比较法的体积计算公式见式(C.8):

$$V = (V_{r2} - V_{r1}) \frac{R_{r1} - R}{R_{r1} - R_{r2}} + V_{r1} \quad \dots\dots\dots (C.8)$$

式中:

- V —— 被测砝码的体积,单位为立方米(m^3);
- V_{r1} —— 参考砝码一的体积,单位为立方米(m^3);
- V_{r2} —— 参考砝码二的体积,单位为立方米(m^3);
- R_{r1} —— 放置参考砝码一时,上下腔体的声压比,无量纲;
- R_{r2} —— 放置参考砝码时,上下腔体的声压比,无量纲。

C.6.4.2 单参考比较法的体积计算公式见式(C.9):

$$V = V_r \frac{R_0 - R}{R_0 - R_r} \quad \dots\dots\dots (C.9)$$

C.7 测量方法五(合金成分法)

C.7.1 常用砝码材料

大多数砝码是由有限的几种合金制造的,密度的精确值依赖于合金中各成分的相对比例。表 C.2 中规定了典型的材料密度范围。

表 C.2 砝码最通常使用的合金表

单位为千克每立方米

合金/材料	标称密度	密度的不确定度($k=2$)
铂	21 400	150
镍黄铜	8 600	170
黄铜	8 400	170
不锈钢	7 950	140

表 C.2 砝码最通常使用的合金表 (续)

单位为千克每立方米

合金/材料	标称密度	密度的不确定度(k=2)
JF1 不锈钢	8 000	140
1Cr18Ni9Ti 不锈钢	7 850	140
碳钢	7 700	200
铁	7 800	200
铸铁(白)	7 700	400
铸铁(灰)	7 100	600
铝	2 700	130

C.7.2 计算

C.7.2.1 有调整腔的砝码密度计算

砝码调整腔内填充材料可能影响砝码的密度。如果合金 X (密度 ρ_x) 占百分之 x , 调整材料 Y (密度 ρ_y) 占总质量的百分之 y , 则密度 ρ_t 的计算公式见式(C.10):

$$\rho_t = \frac{100}{\frac{x}{\rho_x} + \frac{y}{\rho_y}} \dots\dots\dots(C.10)$$

式中:

- ρ_t ——有调整腔的被测砝码密度,单位为千克每立方米(kg/m³);
- ρ_x ——合金 X 的密度,单位为千克每立方米(kg/m³);
- ρ_y ——合金 Y 的密度,单位为千克每立方米(kg/m³);
- x ——合金 X 的占比;
- y ——合金 Y 的占比。

C.7.2.2 合金砝码的密度

如果砝码由两种不同成分组成,或者如果使用两个不同密度的砝码作为参考标准,可使用相同的公式来确定密度。调整砝码的最合适金属是钨(密度为 18 800 kg/m³ ± 200 kg/m³)、铅(密度为 11 300 kg/m³ ± 150 kg/m³)、钼(密度为 10 000 kg/m³ ± 150 kg/m³)和锡(密度为 7 300 kg/m³ ± 100 kg/m³)。

C.8 测量方法六(几何测量)

C.8.1 测量原理

砝码的体积根据砝码外形和相应的公式计算得到。砝码体积可分为几个含有空腔的基本部分。通常砝码的外形满足图 A.1(无调整腔时,见图 C.4)。本文件规定了把手 A、环 B 和主体 C 这三个相对简单的几何外形的体积计算公式。有时砝码底部有凹槽 D。C.8.4 给出了这部分的体积计算公式。

几何测量不必将砝码浸入液体中,该方法不用于等级 E 和等级 F 的砝码。

C.8.2 设备、工具及工作场地

C.8.2.1 游标卡尺,分辨力宜为 0.01 mm。

- C.8.2.2 千分尺(用于小砝码)。
- C.8.2.3 半径规(或使用 A.2 给出的数据)。
- C.8.2.4 抓取砝码的工具(例如实验室手套、无绒棉布、实验室镊子)。
- C.8.2.5 照明良好的房间。

C.8.3 圆柱体砝码外形图

圆柱体砝码外形图见图 C.4。

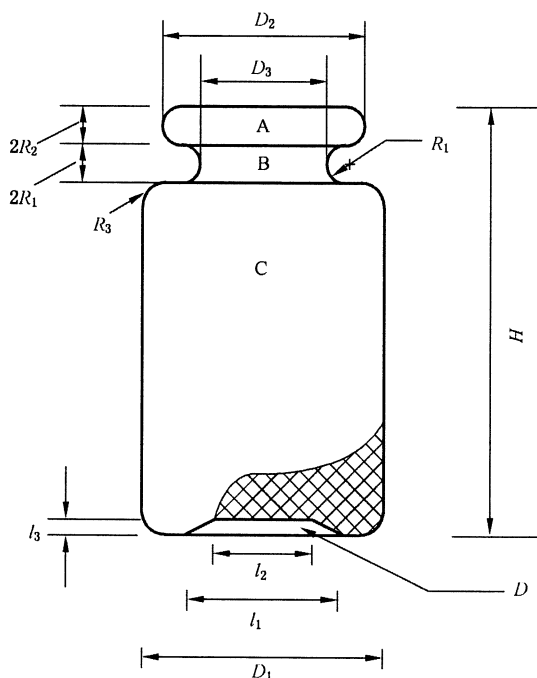


图 C.4 圆柱体砝码外形图

C.8.4 测量步骤

- C.8.4.1 根据图 C.4,测量所有高度、直径和半径。
- C.8.4.2 按式(C.11)~式(C.15)计算 A、B、C 和 D 的体积并求和。
- C.8.4.3 根据砝码的质量和体积计算密度。

C.8.5 计算公式

砝码体积的计算公式见式(C.11)~式(C.15)：

$$V_A = 2\pi R_2 \left(\frac{D_2^2}{4} - R_2 D_2 + R_2^2 + \frac{\pi R_2 D_2}{4} - \frac{\pi R_2^2}{2} + \frac{2R_2^2}{3} \right) \dots\dots\dots (C.11)$$

$$V_B = \pi R_1 \left(\frac{D_3^2}{2} + R_1 D_3 - \frac{\pi R_1 D_3}{2} - \pi R_1^2 + \frac{10R_1^2}{3} \right) \dots\dots\dots (C.12)$$

$$V_C = \pi \frac{D_1^2}{4} [H - 2(R_1 + R_2)] - \pi R_3^2 \left(2D_1 - \frac{10R_3}{3} - \frac{\pi D_1}{2} + \pi R_3 \right) \dots\dots\dots (C.13)$$

$$V_D = \frac{1}{12} l_3 (l_1^2 + l_1 l_2 + l_2^2) \dots\dots\dots (C.14)$$

$$W_{\text{weight}} = V_A + V_B + V_C - V_D \dots\dots\dots (C.15)$$

公式中各符号所表示的尺寸位置见图 C.4。

附 录 D
(规范性)
约定质量测量方法

D.1 通则

D.1.1 本附录描述了测定砝码组中各砝码约定质量的方法,包括精密衡量法,如双次替代法、单次替代法、连续替代法等。

D.1.2 在确定砝码质量前,应已知被测砝码有足够准确度的密度、环境条件和确定质量所用衡量仪器的计量特性。

D.2 测量循环

D.2.1 在 D.3.1 的 a) 和 b) 以及 D.3.2 中规定了三种可用于单次比较测量的循环方法,其他的测量循环和过程也可使用。如果采用的测量循环与其他的不独立,如: $A_1 B_2 A_2, A_2 B_3 A_3, \dots$, 在评定不确定度时要考虑相关项。JJG 99—2022 中附录 C.1.2 所给出的公式要做相应的修改。

D.2.2 在测量循环中,“A”代表参考标准,“B”代表被检砝码。在测试 E 等级和 F 等级砝码时,通常采用 ABBA 和 ABA 循环。

D.2.3 在测试 E 等级和 F 等级砝码时,如果使用的是机械式衡量仪器,则需要实测该衡量仪器的分度值。

D.2.4 在测试各 M 等级砝码时,经常采用 $AB_1 \dots B_n A$ 循环,但对于 E 等级和 F 等级砝码不宜使用此方法。然而,如果使用的是带有自动交换砝码装置的衡量仪器,而且此装置安装在保护罩内进行直接比较时,则此种循环方式也适用于 E 等级和 F 等级砝码的测试。

D.2.5 在倍量、分量的组合测量中仅可采用 ABBA 和 ABA 循环。

D.3 比较测量的循环方法

D.3.1 被检砝码和一个标准砝码比对(宜用于 E 等级和 F 等级砝码),可采用多种测量循环,对于两个砝码可采用下面的循环,最常用的是 ABBA 和 ABA。这些循环可降低或消除线性漂移对测量结果的影响。

a) ABBA ($r_1 t_1 t_2 r_2$) 循环: $I_{r11}, I_{t11}, I_{t21}, I_{r21}, \dots, I_{r1n}, I_{t1n}, I_{t2n}, I_{r2n}$ 。被检砝码与标准砝码质量之差用式(D.1)计算:

$$\Delta I_i = \frac{I_{t1i} - I_{r1i} - I_{r2i} + I_{t2i}}{2} \dots\dots\dots (D.1)$$

式中, $i = 1, \dots, n$ 。

b) ABA ($r_1 t_1 r_2$) 循环: $I_{r11}, I_{t11}, I_{r21}, \dots, I_{r1n}, I_{t1n}, I_{r2n}$ 。被检砝码与标准砝码质量之差用式(D.2)计算:

$$\Delta I_i = I_{t1i} - \frac{I_{r1i} + I_{r2i}}{2} \dots\dots\dots (D.2)$$

c) 在 ABBA 和 ABA 循环中, n 是序列的数目。 i 值为放在衡量盘上的砝码顺序号。下角标 r 和 t 分别代表标准砝码和被检砝码。 ΔI_i 表示测量序列 i 的差值。

d) 测量过程中的时间间隔应保持恒定。

e) 在测量过程中如果需要确定衡量仪器的灵敏度,则序列 ABBA 可修改成为 $I_r, I_t, I_{t+m_s}, I_{r+m_s}$ 。被检砝码与标准砝码质量之差用式(D.3)计算:

$$\text{即 } \Delta I_s = \frac{|I_{t+ms} - I_t + I_{r+ms} - I_r|}{2} \dots\dots\dots (D.3)$$

序列 ABA 可修改成 $I_{r1}, I_t, I_{r2}, I_{r2+ms}$, 即: $\Delta I_s = |I_{r2+ms} - I_{r2}|$ 。

式中, 下角标 ms 表示灵敏度砝码。

D.3.2 多个同一标称值的被检砝码与一个标准砝码进行比对 ($AB_1 \dots B_n A$ 循环, 宜用于 M 等级砝码), 如果多个同一标称值的被检砝码 $t(z)$ ($z=1, \dots, Z$) 要同时进行测试, 则可将 ABA 的测量循环修改为 $AB_1 \dots B_n A$ 循环:

$AB_1 \dots B_n A$ 循环: $I_{r1}, I_{t(1)1}, I_{t(2)1}, \dots, I_{t(Z)1}, I_{r2}, I_{t(2)2}, I_{t(Z-1)2}, \dots, I_{t(1)2}, I_{r3}, \dots$
 $\{I_{r(i-1)}, I_{t(1)(i-1)}, I_{t(2)(i-1)}, \dots, I_{t(Z)(i-1)}, I_{ri}, I_{t(Z)i}, I_{t(Z-1)i}, \dots, I_{t(1)i}, I_{r(i+1)}\}$

被检砝码与标准砝码之差用式(D.4)计算:

$$\Delta I_{i(z)} = I_{t(z)i} - \frac{I_{ri} + I_{r(i+1)}}{2} \dots\dots\dots (D.4)$$

式中, $i = 1, \dots, n$ 。

通常, 砝码的个数不应超过 5 个 ($Z \leq 5$)。

D.3.3 测量循环次数应基于期望的不确定度和测量的重复性。表 D.1 中分别规定了从 E_1 等级到 M_3 等级砝码的最少测量循环次数。并且循环次数为 1 次的只需一名测试员测试, 超过 1 次的应由两名以上的测试员测试。两个测试员的测试结果之差不应超过该砝码最大允许误差的 1/4, 否则应重测。

表 D.1 最少测量循环次数

砝码等级	E_1	E_2	F_1	F_2	M_1, M_2, M_3
ABBA 最少次数	3	2	1	1	1
ABA 最少次数	5	3	2	1	1
$AB_1 \dots B_n A$ 最少次数	—	—	—	—	1

D.3.4 无论是在一对一的砝码比较、还是组合式的砝码比较中, 被检砝码与标准砝码之间的质量差值和约定质量差值的计算公式分别为式(D.5)和式(D.6):

$$\Delta m = (V_t - V_r) \times \rho_a \pm \Delta I \times \frac{m_{cs}}{\Delta I_s} \pm m_{cw} \dots\dots\dots (D.5)$$

和
$$\Delta m_c = (V_t - V_r) \times (\rho_a - \rho_0) \pm \Delta I \times \frac{m_{cs}}{\Delta I_s} \pm m_{cw} \dots\dots\dots (D.6)$$

式中:

- Δm —— 被测砝码与标准砝码之间的质量差值;
- Δm_c —— 被测砝码与标准砝码之间约定质量的差值;
- V_t —— 被检砝码的体积;
- V_r —— 标准砝码的体积;
- ρ_a —— 潮湿空气的密度;
- ρ_0 —— 空气密度的参考值, 等于 1.2 kg/m^3 ;
- ΔI —— 天平的指示差, 式中 $\Delta I = I_t - I_r$;
- m_{cs} —— 灵敏度砝码的约定质量;
- ΔI_s —— 由于灵敏度砝码引起的天平指示的改变;
- m_w —— 添加小砝码的质量;
- m_{cw} —— 添加小砝码的约定质量。

注 1: 式中平衡位置项前“±”的确定: 若在放置被检砝码的一侧天平盘上添加小砝码后, 如能使天平的平衡位置读

数相对于添加前的读数代数值增大时,则平衡位置项前取“+”,否则取“-”。

注2:标准小砝码项前“±”的确定:当标准小砝码加在被检砝码的同一天平盘里,或者为使标准砝码与配衡物相平衡,在放配衡物的天平盘里临时添加小砝码时,则标准小砝码项前取“-”;否则,当标准小砝码加在标准砝码的同一天平盘里,或者为使被检砝码与配衡物相平衡,而在放配衡物的天平盘里临时添加小砝码时,则标准小砝码项前取“+”。

D.4 测量模式

D.4.1 直接比较法

通常被检砝码与一个或多个标准砝码比较进行测试。在每次比对中,被检砝码的标称值和标准砝码的标称值应相等。

被检砝码的约定质量值为: $m_{ct} = \sum m_{cr} + \Delta m_c$

注:对于E等级毫克组砝码的测试,由于在量程范围内标准砝码的相对不确定度较大,并且衡量仪器的不稳定性和被检砝码表面积较大等因素影响了测量过程中的不确定度分量,故推荐此类砝码的测试采用分量组合比较的方法。

D.4.2 分、倍量组合比较

一整套的被检砝码与一个或多个标准砝码比较进行测试。这种方法要求对每一个被检砝码进行多次的测量。这些测量过程是在砝码的组合不同而标称值相同的情况下进行比较。这种方法主要适用于需要高准确度等级的E₁等级、E₂等级砝码的测试。采用这种方法,只需要一个标准砝码,测量次数要多于未知砝码的个数,还要选择适当的调整计算公式以避免传递误差。

下面列出了3种测量模式。

a) 表D.2和表D.3分别规定了5,2,2·,1和5,3,2,1分量砝码组合的典型测量模式。

表 D.2 5,2,2·,1 典型的测量模式

标准砝码	等于号	被检的整套砝码
[1 000] + Δm ₁	=	[500+200+200·+100]
[500] + Δm ₂	=	[200+200·+100]
[200] + Δm ₃	=	[100+50+20+20·+10]
[200·] + Δm ₄	=	[100+50+20+20·+10]
[100] + Δm ₅	=	[50+20+20·+10]
[50] + Δm ₆	=	[20+20·+10]
[20] + Δm ₇	=	[10+5+2+2·+1]
[20·] + Δm ₈	=	[10+5+2+2·+1]
[10] + Δm ₉	=	[5+2+2·+1]
[5] + Δm ₁₀	=	[2+2·+1]
[2] + Δm ₁₁	=	[1+1-]
[2·] + Δm ₁₋₂	=	[1+1-]
[1] + Δm ₁₃	=	[1-]

表 D.3 5,3,2,1 典型的测量模式

标准砝码	等于号	被检的整套砝码
$[1000] + \Delta m_1$	=	$[500 + 300 + 200]$
$[500] + \Delta m_2$	=	$[300 + 200]$
$[300] + \Delta m_3$	=	$[200 + 100]$
$[200] + \Delta m_4$	=	$[100 + 50 + 30 + 20]$
$[100] + \Delta m_5$	=	$[50 + 30 + 20]$
$[50] + \Delta m_6$	=	$[30 + 20]$
$[30] + \Delta m_7$	=	$[20 + 10]$
$[20] + \Delta m_8$	=	$[10 + 5 + 3 + 2]$
$[10] + \Delta m_9$	=	$[5 + 3 + 2]$
$[5] + \Delta m_{10}$	=	$[3 + 2]$
$[3] + \Delta m_{11}$	=	$[2 + 1]$
$[2] + \Delta m_{1-2}$	=	$[1 + 1 -]$
$[1] + \Delta m_{13}$	=	$[1 -]$

注：表中，[1000]为上级的标准砝码，[1-]为测试时借用的砝码。

修正值的计算公式见 JJG 99—2022 中附录 B。

注：在测试小于 1 g 的 E₁ 等级、E₂ 等级砝码时，会产生特殊的问题。这主要是由于在这个范围内，标准砝码的相对不确定度较大。然而，另一方面，衡量仪器的不稳定性和砝码比较大的表面积都是影响测量不确定度的因素。因而，对于这样的砝码，采用分量比对的方法。

b) 表 D.4 给出了 5,2,2·,1 倍量砝码组合的典型测量模式。

表 D.4 5,2,2·,1 倍量砝码典型测量模式

标准砝码	等于号	被检砝码
$[1\#] + \Delta m_1$	=	$[1]$
$[1\#] + [1] + \Delta m_2$	=	$[2]$
$[1\#] + [1] + \Delta m_3$	=	$[2 \cdot]$
$[1] + [2] + [2 \cdot] + \Delta m_4$	=	$[5]$
$[1] + [2] + [2 \cdot] + [5] + \Delta m_5$	=	$[10]$
$[1] + [2] + [2 \cdot] + [5] + [10] + \Delta m_6$	=	$[20]$
$[1] + [2] + [2 \cdot] + [5] + [10] + \Delta m_7$	=	$[20 \cdot]$
$[10] + [20] + [20 \cdot] + \Delta m_8$	=	$[50]$

注：[1#]为上级的标准砝码。

修正值的计算公式见 JJG 99—2022 中的附录 B，不确定度计算见 JJG 99—2022 中的附录 C。

参 考 文 献

- [1] JJG 99—2022 砝码检定规程
-

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
砒 码

GB/T 4167—2024

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址 www.spc.net.cn

总编室:(010)68533533 发行中心:(010)51780238
读者服务部:(010)68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

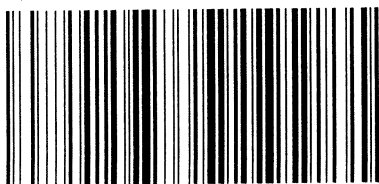
*

开本 880×1230 1/16 印张 3.25 字数 79 千字
2024年11月第一版 2024年11月第一次印刷

*

书号: 155066·1-77392 定价 81.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68510107



GB/T 4167-2024