

钟金昌 王彩凤 编



# 分析天平

## 问与答

水利电力出版社

0 652.2
9.8

科技新书目: 192-113

ISBN 7-120-00620-7

---

0.8 定价: 1.75元

# 分析天平 问与答

钟金昌 王彩凤 编

水利电力出版社

## 内 容 提 要

分析天平是分析工作中最常用最主要的精密仪器之一。每个分析工作者都必须掌握分析天平的结构、原理、安装、调整、维修、准确称量和砝码校准等有关知识。本书采用通俗易懂的问答方式，深入浅出地介绍以上有关内容。全书分8个部分，共收集了78个问题，读者既可以利用此书进行系统学习，也可以结合实际工作选读所需内容。

本书可供分析工作者以及从事化验工作和管理维修的人员学习或参考。

## 分 析 天 平 问 与 答

钟金昌 王彩凤 编

\*

水利电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号)

各地新华书店经售

水利电力出版社印刷厂印刷

\*

787×1092毫米 32开本 2.5印张 51千字

1989年7月第一版 1989年7月北京第一次印刷

印数0001—4290册 定价1.75元

ISBN 7-120-00620-7/O·8

AAH51/18 07

## 前 言

分析天平是分析实验室不可缺少的精密仪器。分析结果的准确与否直接受称量结果的影响，所以能否正确地使用、维修、调整天平，对分析工作者来说是十分重要的。在有关分析化学的书籍中，虽然都论及分析天平的基本知识，但一般介绍得比较简略。对天平使用中出现的问題或故障如何解决，往往没有叙述。许多分析工作者迫切需要了解天平维修、调整的有关知识，为此我们特编写这本小册子以飨读者。

为便于广大分析工作者学习，本书以问答的形式介绍分析天平方面的知识，有关原理的介绍，力求深入浅出且有系统。全书共分8个部分。第1部分介绍国产分析天平的型号、规格、级别和有关设计原理；第2部分介绍分析天平的结构、附件和各部件的作用；第3部分介绍天平的平衡点、灵敏度、分度值和影响灵敏度的有关因素；第4部分介绍天平的质量检验；第5部分介绍天平的安装、调试与常见故障的排除；第6部分介绍各种称量方法；第7部分介绍几种类型分析天平所附砝码的校准方法；第8部分介绍天平使用注意事项。读者借助此书既可结合实际选择性地阅读，也可系统地进行全面学习。这里要说明的是，因电子天平价格比较昂贵目前还不普及，同时由于编者掌握资料有限，其问題尚未列入，希读者见谅。此外，本书介绍的砝码校准方法，是国内外常用的相对校准法，它不需要较高级的标准砝码，最后是通过 $10^{\circ}\text{g}$ （注： $e$ 表示外来意思）的比例值作标准进行比较的。通常 $10\text{g}$ 的四等砝码的质量允差为 $1\text{mg}$ ，故 $10^{\circ}$ 砝码的

相对误差不会大于0.01%，这在分析工作中对准确度的影响是完全可以忽略的。若有可能，将 $10^6$ 砝码作绝对校准后使用，准确度将更为可靠。读者若有标准砝码，可参照中华人民共和国计量器具检定规程《砝码》(JJG99-81)作绝对校准，本书不再赘述。本书承北京化工学院周心如同志和北京师范大学时彦同志审阅，提出许多宝贵意见，深表谢意。

由于编者水平所限，误漏欠妥之处在所难免，衷心希望读者批评指正。

编 者

一九八八年六月

# 目 录

## 前言

§ 1 分析天平的型号、规格、级别和设计原理 .....	1
1. 什么叫分析天平? 目前国产分析天平主要有哪些型号、规格? .....	1
2. 天平的级别如何划分? .....	1
3. 等臂天平设计的依据是什么? 其基本原理如何? .....	3
4. 天平的两臂是否要绝对等长? 两臂长度比率有什么要求? 为什么? .....	4
5. 什么叫单盘天平? 其称量原理如何? 有何优点? .....	5
6. 为什么天平梁上的三个玛瑙刀的刀刃要求在同一平面上, 且彼此平行、与梁垂直? .....	5
§ 2 分析天平的结构和附件 .....	6
7. 分析天平由哪些主要部件组成? 各包括哪些附件? 各附件起何作用? .....	6
8. 天平梁为什么要用质轻而坚硬的合金材料制成, 甚至还要镂空? .....	10
9. 为什么天平梁上的三个刀及其刀垫要用玛瑙材料制成并要求刀垫光洁平滑? .....	11
10. 阻尼天平游码标尺上的10、0、10上端为什么一定要与三刀刃刃相对应而且须在同一平面上? .....	11
11. 阻尼天平的读数标牌和电光天平的微分标牌, 其作用有何不同? .....	12
12. 阻尼器由哪些构件组成? 阻尼器为什么能使天平迅速静止? .....	12
13. 为什么天平立柱要固定在大理石(或玻璃)底板上? .....	13
14. 天平罩为什么要用玻璃制成? 前门和侧门各起何作	

用? .....	13
15. 镶嵌玛瑙刀的端刀盒上安装的几个螺丝, 各起何作用? .....	14
16. 电光天平所附变压器起什么作用? 变压器的主要构造及原理如何? .....	15
<b>§ 3 天平的平衡点、灵敏度、分度值和影响因素 .....</b>	<b>16</b>
17. 什么叫天平的平衡点和零点? 如何准确调整零点? .....	16
18. 什么叫天平的灵敏度? 如何测定灵敏度? .....	17
19. 什么叫天平的分度值? .....	17
20. 理想天平的灵敏度和结构有何关系? 实际天平又如何? .....	18
21. 为什么玛瑙刀的刀刃要保持锋利? .....	20
22. 如何检验天平的三刀刃是否在同一平面上和两臂是否相等? .....	20
23. 若电光天平的三刀刃不在同一平面上对称量有何影响? 如何克服? .....	21
<b>§ 4 天平的质量检验 .....</b>	<b>22</b>
24. 分析天平的计量性能检验有哪些项目和控制指标? .....	22
25. 若天平的灵敏度不符合要求应如何调节? .....	23
26. 如何用精确称重法检验天平两臂是否等长? 若不符合要求如何调整? .....	24
27. 什么叫天平的变动性? 引起变动性的原因有哪些? .....	26
<b>§ 5 分析天平的安装、调试与常见故障的排除 .....</b>	<b>27</b>
28. 天平室应具备什么基本条件和要求? .....	27
29. 如何安装阻尼分析天平(以TG528B为例)? .....	27
30. 如何安装半机械加码(半自动)分析天平(以TG328B为例)? .....	29
31. 如何安装全机械加码(全自动)分析天平(以TG328A为例)? .....	31
32. 天平安装好后应做哪些调整? .....	31
33. 电光天平开启后若投影屏显像模糊, 应如何调节? .....	32



34.电光天平开启后若电珠不亮, 如何检查原因? .....	33
35.天平开启后若指针不动, 如何检查原因? .....	33
36.天平开启后若梁向任一边倾斜不返回正常位置, 这是什 么原因造成的? 如何调整? .....	34
37.在投影屏上若显示的刻度线过高或过低如何调节? .....	34
38.天平开启后可在任意位置停止是什么原因造成的? 如何 调节? .....	34
39.天平关闭后称盘仍在摇动或被盘托鼓起, 应如何调整? ...	34
40.天平关闭后, 天平梁“自落”或不能回到正常位置, 是什 么原因造成的? 如何调整? .....	35
41.为什么天平的对称部件, 如吊耳、内阻尼筒、称盘等都 注有“1”、“2”或“.”、“:”等标记? 能否对调? ...	36
42.什么叫跳针? 它是什么原因造成的? 如何消除? .....	37
43.什么叫带针? 它是什么原因造成的? 如何消除? .....	37
44.什么叫点头? 它是什么原因造成的? 如何消除? .....	37
45.天平开启时发生吊耳倾斜或脱落, 是什么原因造成的? 如何消除? .....	38
<b>§ 6 称量方法 .....</b>	<b>38</b>
46.称量方法有哪几种? .....	38
47.什么叫差减称量法? 什么性质的物质适于用这种方法称 量? .....	38
48.什么叫固定量称量法? 什么性质的物质可以采用这种方 法称量? .....	39
49.什么叫置换称量法? 什么情况下需要采用这种称量方 法? .....	40
50.什么叫称量误差? 它由哪些因素引起? .....	40
51.对液体试剂应采用什么方法称量? .....	41
52.对腐蚀性固体物质应采用什么方法称量? .....	42
53.用阻尼天平称量, 怎样才能快速? .....	42

54. 若天平的两臂不等, 又想称准, 有何办法? .....	43
55. 若测量和标定都使用同一台天平和同一副砝码, 天平的两臂不等长, 是否会影响分析结果? .....	44
56. 在作重量分析时, 欲快速取得恒重, 应注意些什么? .....	46
<b>§ 7 砝码及其校准</b> .....	46
57. 砝码盒内的砝码为什么要按大小顺序排列, 不能乱放, 即使是相同面值的两个砝码, 也不能相互对调? .....	46
58. 整数砝码若不准确且差值太大, 可否调整? .....	47
59. 为什么砝码使用一、二年后要进行校准? .....	47
60. 砝码校准有哪些方法, 其基本原理如何? .....	47
61. 校准电光天平砝码架(或钩)上的砝码是否一定要取下来进行? .....	49
62. 半机械加码电光天平所附砝码如何校准? .....	49
63. 全机械加码电光天平所附砝码如何校准? 以TG328A型天平为例说明。 .....	55
64. 单盘光学分析天平所附砝码如何校准? 以3DG160-1型天平为例说明。 .....	58
<b>§ 8 天平使用注意事项</b> .....	65
65. 开关天平时为什么动作要轻缓? .....	65
66. 天平称量为什么不得超过厂家规定的最大载荷量? .....	66
67. 从天平盘上取放物体或加减砝码时, 为什么必须先关闭天平? .....	66
68. 在转动电光天平读数盘加减砝码时, 为什么必须缓慢旋动? .....	66
69. 称量时被称物体或最大砝码应尽可能放在称盘中央, 为什么? .....	66
70. 称量时一般只开天平左或右侧门而不开前门, 为什么? .....	67
71. 取放物体和砝码时, 不能用手直接取, 为什么? 应该怎样取才合适? .....	67

- 72.热的或过冷的物体不能在天平内称量,为什么? .....68
- 73.为什么称量用的玻璃器皿用丝、绸、绒或尼龙等绝缘物  
擦拭后,不能立即称量? .....68
- 74.砝码加放完毕最后读数时,为什么要将全部天平门关  
紧? .....68
- 75.为什么天平和干燥器内要放干燥剂?常用的干燥剂有哪  
些? .....68
- 76.变色硅胶由蓝变紫(或红)后,干燥效率即降低,为什  
么?如何再生? .....69
- 77.安装好的天平需要搬迁至另一地点时应注意些什么? .....69
- 78.在同一分析中为什么要用同一台天平和砝码? .....70

## §1 分析天平的型号、规格、 级别和设计原理

1. 什么叫分析天平？目前国产分析天平主要有哪些型号、规格？

答：分析天平一般指能准确称至0.1mg、最大载荷为100~200g的天平。能准确称至0.01mg和0.001mg、最大载荷为20g和2g的天平，分别称为半微量天平和微量天平。目前部分国产分析天平的型号和规格见表1-1。

2. 天平的级别如何划分？

答：1972年中国计量科学研究院按精度级别将天平分为10级（见表1-2）。精度级别是根据天平的名义分度值与最大载荷之比值来确定的。现举例说明如下：

【例 1-1】某天平的名义分度值为0.01mg ( $=1 \times 10^{-5}$  g)，最大载荷为20g，问此天平为几级？

解：名义分度值与最大载荷比值为  $\frac{1 \times 10^{-5}}{20} = 5 \times 10^{-7}$ ，查表1-2，此天平属3级。

【例 1-2】某天平的名义分度值为0.1mg ( $=1 \times 10^{-4}$  g)，最大载荷为200g，问此天平为几级？

解：名义分度值与最大载荷比值为  $\frac{1 \times 10^{-4}}{200} = 5 \times 10^{-7}$ ，查表1-2，此天平亦为3级。

从上两例可见，这两种天平虽属同级，但它们的最大载荷和分度值是完全不同的。所以选购天平时，除应注意精度级别外，还要注意最大载荷和分度值。在常量分析中，一般

表 1-1

部分国产天平的型号和规格

名 称	型 号	最大载 荷	分 度 值	微量分度值	光学读数范围	机械减码 <sup>①</sup>
阻尼分析天平 <sup>②</sup>	TG528B	200g	≤0.4mg			0.2~10mg <sup>③</sup>
半机械加码分析天平	TG328B	200g	0.1mg		0~10mg	10~990mg
全机械加码分析天平	TG328A	200g	0.1mg		0~10mg	0.01~199.99g
光学分析天平	TS14-2	200g	0.1mg		0~10mg	0.01~99.99g
光学分析天平	TG332A	20g	0.01mg		0.01~1mg	1~99mg
光学分析天平	TG128	200g	0.02mg		0.02~1mg	
光学分析天平	TG335	2g	0.001mg		0.001~1mg	
光学分析天平	G2T-20	20g	0.001mg			
光学分析天平	WT-2A	20g	0.01mg			
单盘光学分析天平	3DG160-1	160g		0.02mg	0~100mg	0.1~159.9g
单盘光学分析天平	DWT-1	20g	0.1mg	0.01mg	0.1~10mg	0.01~19.99g
单盘光学分析天平	DTG160	160g	1mg	0.01mg	0.1~10mg	0.1~159.9g
单盘光学分析天平	TG-18	160g	0.1mg	0~1mg <sup>④</sup>	0~100mg	0.1~159.9g
单盘光学分析天平	DT-100	100g	0.1mg			0.1~99.9g

①单盘光学天平为减码,其它天平均为加码。

②TG 528B阻尼分析天平分度值≤0.4mg,似乎不应归为分析天平,但实际上由于此天平的指针读数,至少能分辨出0.2分度值,即能读准至 $0.4 \times 0.2 = 0.08 \approx 0.1\text{mg}$ ,故TG528B阻尼分析天平,仍可作分析天平用。

③指游码标尺范围。

④指微量范围。

表 1-2

天平的级别

精 度 级 别	1	2	3	4	5
名义分度值与最大载荷比值	$1 \times 10^{-7}$	$2 \times 10^{-7}$	$5 \times 10^{-7}$	$1 \times 10^{-6}$	$2 \times 10^{-6}$
精 度 级 别	6	7	8	9	10
名义分度值与最大载荷比值	$5 \times 10^{-6}$	$1 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-5}$	$5 \times 10^{-5}$	$1 \times 10^{-4}$

使用最多的是最大载荷为100~200g、分度值为0.1mg的分析天平，相当于国家规定的三、四级天平。对于有微读分度值的天平，应以微读分度值来考虑是否可作为分析天平使用。

### 3. 等臂天平设计的依据是什么？其基本原理如何？

答：等臂天平是根据杠杆原理设计的。设计时要使天平梁的左臂与右臂等长，即中玛瑙刀的刀刃与两端玛瑙刀的刀刃之间的距离相等。如果左盘放一个质量为  $M_1$  的物体，右盘用已知质量的砝码  $M_2$  使之平衡，根据杠杆原理，左端作用的力矩和右端作用的力矩相等（见图1-1），即

$$F_1 L_1 = F_2 L_2 \quad (1-1)$$

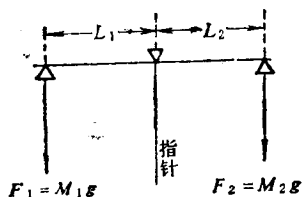


图 1-1 天平设计原理示意

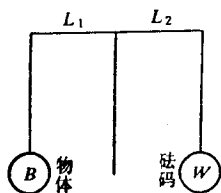


图 1-2 天平称量示意

因  $F_1 = M_1 g, F_2 = M_2 g$

式中  $F_1、F_2$ ——分别为作用力；

$L_1、L_2$ ——分别为左臂长和右臂长；

$g$ ——重力加速度。

将  $F_1、F_2$  之值代入式 (1-1)，消去  $g$ ，得

$$M_1 L_1 = M_2 L_2 \quad (1-2)$$

由于天平设计时，作成等臂，即  $L_1 = L_2$ ，故

$$M_1 = M_2 \quad (1-3)$$

即物体的质量等于砝码的质量<sup>①</sup>，这就是等臂天平设计的基本原理。

4. 天平的两臂是否要绝对等长？两臂长度比率有什么要求？为什么？

答：对于等臂天平来说，在设计、制造及安装时，一定要尽量做到左、右两臂 ( $L_1、L_2$ ) 相等，否则就会出现称量误差。但要调整到两臂之长绝对相等是很困难的，也没有

必要，只要做到  $\frac{|L_2 - L_1|}{L_1} < \frac{1}{50000}$  或  $2 \times 10^{-5}$  就足够了。

如图1-2所示，平衡时

$$BL_1 = WL_2 \quad (1-4)$$

$$\frac{B}{W} = \frac{L_2}{L_1} \quad (1-5)$$

故 
$$\frac{|B - W|}{W} = \frac{|L_2 - L_1|}{L_1} \quad (1-6)$$

若物体的质量为  $1g$ ，即  $W = 1g$ ，则

$$|B - W| < 2 \times 10^{-5} g \text{ 或 } 0.02 mg$$

① 实际上在空气中称量，由于浮力作用不同，得到的是质量不十分准确，除非物体和砝码的密度接近相等。

也就是说，称量时的初次、复称是两次称量取得），因臂长不等引起的最大称量误差不大于 $2 \times 0.02 = 0.04\text{mg}$ 。由此引起的误差只有 $0.04\%$ ，显然可以忽略不计。所以 $\frac{|L_2 - L_1|}{L_1} < 2 \times 10^{-5}$ 是允许的。

### 5. 什么叫单盘天平？其称量原理如何？有何优点？

**答：**单盘天平有等臂与不等臂两种形式，它与一般等臂双盘天平不同之点是只用一个称盘，平常全部砝码均置于称盘上端的砝码架上，另一端用重锤使与砝码保持平衡。这种天平称量时，不是加码而是减码，即当盘上放入的物体有多少重，就要减去同样重量的砝码（包括投影屏上的读数值在内）始能保持原来的平衡位置。因此，单盘天平也叫做恒载重天平。

单盘天平的称量原理是，设放入的物体为 $Bg$ ，臂长为 $L$ ，这时要减去砝码（包括投影屏上读数值，下同） $Wg$ ，才能达到原来的平衡点，那么可得

$$BL = WL \quad (1-7)$$

因 $L$ 是共同的臂长，故 $B = W$ ，即物体的重量等于减去砝码的重量。

单盘天平有下列优点：*a.*物体和砝码作用的力臂相同，不存在不等臂性误差。*b.*由于称量全过程中天平恒载重，所以灵敏度不会因被称物体的重量不同而发生变化。*c.*称量操作简便，速度快。*d.*维护保养较方便。

### 6. 为什么天平梁上的三个玛瑙刀的刀刃要求在同一平面上，且彼此平行、与梁垂直？



**答：**等臂天平三个玛瑙刀的刀刃若在同一平面上，且彼此平行、与梁垂直，则两个端刀刀刃上承受的力，将集中在中刀刀刃上，这样称量时载荷的变化不会影响天平的灵敏度。若两个端刀在中刀的下边（或上边），那么平衡时两个端刀刀刃上承受的力（设总重量为 $Q$ ）将集中在中刀刀刃的下边（或上边），这样，当右端增重 $1\text{ mg}$ 或 $10\text{ mg}$ 时，总载荷量 $Q$ 就产生反作用（或正作用）的力矩，从而使灵敏度随载荷量的增加而减小（或增大）。若三个刀的刀刃不彼此平行和与梁垂直，则不但称量时容易产生扭力，变动刀口在刀垫上的位置产生变动性，而且其所谓的臂长也很难确定，特别是放在盘中的物体或砝码若位置稍有不同，都将大大影响其臂长，造成称量的不准确。

## § 2 分析天平的结构和附件

**7. 分析天平由哪些主要部件组成？各包括哪些附件？各附件起何作用？**

**答：**分析天平主要由下列7个部件及有关附件组成。但由于天平的类型较多，有的天平不一定都包括下列部件。例如阻尼天平就没有加码装置，也没有光学投影设备等等。现分述如下：

（1）框罩及其附件 框罩固定在大理石（或玻璃）底板上，由不易变形的木材制成，前后左右及上部均安装透明玻璃密封，以防止称量时受气流的影响。前面一扇玻璃叫前门，它可上下移动和随意在任一位置停止（利用弹簧和滑轮操纵），称量时一般不开此门。左右两扇侧门（全加码天平没有左侧门）为可前后移动的门，或为可开关的门。准确读