

程世国
封朝璧
陈义风
编著

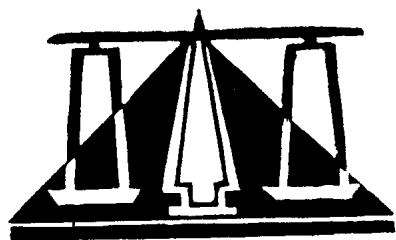


饲养分析

四川民族出版社

饲养分析

程世国 封朝璧 陈义风 编著



四川民族出版社

一九八五·成都

责任编辑：简堂俊

封面设计：周继雄

饲养分析

四川民族出版社出版 (成都盐道街三号)
四川省新华书店发行 成都印刷一厂印刷

开本850×1168毫米 1/32 印张6.5 插页2 字数149千
1984年7月第一版 1985年3月第二次印刷
印数：1—3,400册

书号：16140·12 定价：1.30 元

前 言

随着我国畜牧业现代化的发展、畜禽饲养标准的制定和完善，以及配合饲料工业的逐渐兴起，广大基层畜牧科技人员，迫切需要较为系统的、畜牧饲养分析方法的知识。根据我国实际情况，结合当前基层实验室的条件，我们编著了《饲养分析》一书。

全书包括：常用精密仪器的使用；试剂及溶液的配制与标定；饲料分析；血、尿和粪成分分析；畜产品主要成分分析和分析结果的处理等。书中使用的资料来源于两个方面，一是我们多年来的实践经验；一是引用了国内外比较可靠的有关分析方法的资料。

本书可供大专院校畜牧专业的师生、畜牧科研单位及基层畜牧科技人员参考。

本书承四川农学院院长杨凤教授的热情支持和审阅，并为本书写了序言，特此致谢。

编著者 1983年2月

序

国外近30年来畜禽饲养生产实践取得的成就，充分证明：根据饲养标准推广配合饲料是现代化养畜的一个必不可少的组成部分，是行之有效的提高家畜生产水平，节约饲料和降低生产成本的重要技术措施。

自1978年全国科学大会以来，我国各地制订饲养标准、兴建饲料工厂和推广配合饲料的工作，发展很快。与此同时，广泛进行饲养试验和饲养分析，包括饲料分析、消化试验、代谢试验，以及系统评定各地常用饲料营养价值的工作，也发展很快。很多地方基层的饲养分析室也陆续建立起来。对这些新近从事饲养分析的工作者来说，如何掌握有关的分析方法，已成当务之急。为此，本书的三位编著者协同努力，作了大量艰苦的工作，及时编写了此书。

根据当前我国各地基层的饲养技术水平和设备条件，本书所选编的内容较全面系统而实用。一部分资料是编著者多年实践经验的结晶，一部分引自国内外较为常用、可靠的分析方法。其中对大部分营养成分的测定，介绍了多种分析方法，可按实验室的具体条件选择应用。

本书对广大畜牧科技人员，特别是对基层实验室的分析人员来说，是一本较为难得的颇有实用价值的参考资料。

杨 凤 1983年2月

目 录

一、常用精密仪器.....	(1)
(一) 分析天平.....	(1)
(二) 酸度计.....	(12)
(三) 光电比色计与分光光度计.....	(17)
(四) 热量计.....	(29)
二、试剂与溶液.....	(39)
(一) 酸碱指示剂.....	(41)
(二) 溶液.....	(45)
三、饲料营养成分的分析方法与总热量的测定.....	(67)
(一) 饲料营养成分的分析方法.....	(67)
(二) 饲料总热量的测定.....	(114)
四、血、尿和粪成分分析.....	(131)
(一) 血液主要成分分析.....	(131)
(二) 尿液主要成分分析.....	(152)
(三) 粪便主要成分分析.....	(155)
五、畜产品主要成分分析.....	(157)
(一) 乳品分析.....	(157)
(二) 蛋的主要成分分析.....	(168)
(三) 肉脂主要成分分析.....	(170)

六、分析结果的处理.....	(178)
(一) 分析结果的误差.....	(179)
(二) 有效数字及其保留规则.....	(186)
有效数字.....	(186)
有效数字的保留规则.....	(186)
(三) 分析结果的处理.....	(187)
附录:	
一、水的重量与体积和温度的关系.....	(193)
二、盐酸溶液的比重 (15°/ 4 ℃)	(194)
三、硝酸溶液的比重 (15°/ 4 ℃)	(195)
四、硫酸溶液的比重 (15°/ 4 ℃)	(197)
五、盐基溶液的比重 (15℃)	(199)
主要参考文献.....	(201)

一、常用精密仪器

(一) 分析天平

分析天平是饲养分析室最常用的精密仪器之一，在实际工作中，无论采取何种分析方法，几乎都离不开分析天平。

分析天平是一种极为灵敏的仪器，其精确性和使用时间的长短，取决于精心的操作。根据我国研制和生产的分析天平称量的灵敏度及准确度，可分成不同的等级和型号（参看表1）。

天平的称量原理：等臂天平是根据第一杠杆原理（即支点在力点之间）设计而成的。

表 1 国产分析天平的型号与规格

名 称	型 号	最大称量	感量或分度值
阻 尼 天 平	TG528B	200克	0.4 毫克
阻 尼 天 平	TG829B	100克	0.4 毫克
半自动电光天平	TG328B	200克	0.1 毫克
半自动电光天平	GT2A	200克	0.1 毫克
全自动电光天平	TG328A	200克	0.1 毫克
单盘减码式全自动电光天平	TG729B	200克	0.1 毫克
单盘精密天平	DT-100	100克	0.1 毫克
微量天平	TG332A	20克	0.01毫克
微量天平	WT2A	20克	0.01毫克

设有一杠杆APB（如图1所示），P为支点，A为重点，B为力点。

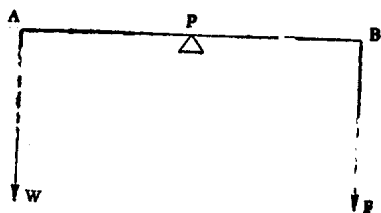


图1 杠杆作用原理

在A及B上分别载重W及F，W为被称物品的重量，F为各种砝码的总重量。当达到平衡时，即APB杠杆呈水平状态。根据杠杆原理，支点两边的力矩相等，即 $W \cdot AP = F \cdot BP$ 。若P点正好是APB的中点，则 $AP = BP$ 故 $W = F$ 。

由上式可知，当力臂相等杠杆处于平衡状态时，则重点和力点上的重量相等。这时，砝码的总重量等于被称物重量。

下面介绍两种常用分析天平（阻尼和电光天平）的构造。

1. 阻尼天平的构造 从正面观察阻尼天平的构造（见图2）。现将其主要构造简单介绍于后：

（1）横梁 阻尼天平的横梁一般均用铝合金制成。梁上有三把玛瑙制成的棱形刀口，一把向下，使用时支搁在中央刀承上。两把向上，装在横梁两端，承接天平盘悬钩。横梁下有指针及调节重心的螺丝，横梁两端有调节零点用的螺丝。

（2）称盘 金属制成的圆盘，以金属环挂在吊钩上。

（3）水平器 为调节天平水平的指示器。

（4）支柱 固定在大理石底板上，底板后下方有一个固定脚，前下方有两个供调节水平用的调整脚。支柱有机件和手柄相

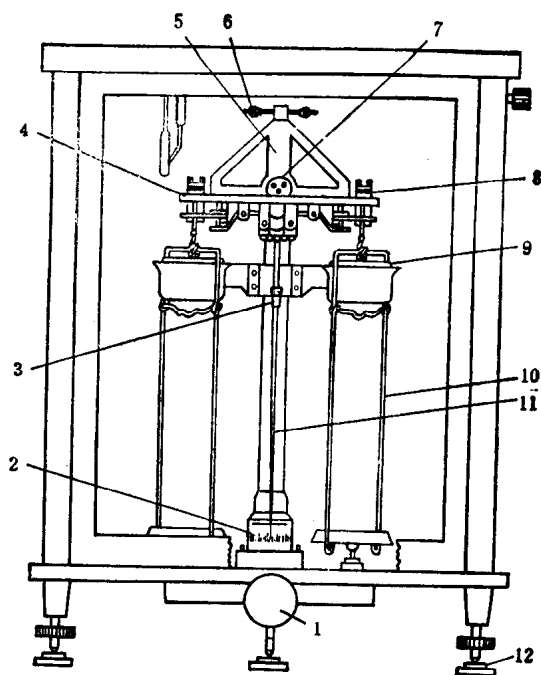


图 2 阻尼天平

- 1—旋钮；2—标牌；3—感量调节螺丝；
4—游码标尺；5—横梁；6—平衡调节螺丝；
7—支点刀；8—吊耳；9—阻尼器；
10—称盘；11—指针；12—脚垫。

连，可使天平上升或下降。

(5) 游码和砝码 系由铂丝或铝丝及合金制成，放在专门的木匣内。

游码标尺中间刻度为零，正好处于天平的支点位置上。游码的重量为10毫克，游码标尺左右两端刻度各为10，每一大格相当于1毫克。每一大格间又等分为10小格，每一小格相当于0.1毫

克。当游码放在5上时，则相当于加上一个5毫克的砝码。

阻尼天平一般能准确称量至0.1~0.2毫克，最大称量为100克或200克。每台阻尼天平都有一盒砝码与天平配套使用。

2. 电光天平的构造 其中包括半自动、全自动和不等臂电光天平。半自动电光天平的正面构造（见图3）。全自动电光天平的正面构造（见图4）。

全自动和半自动电光天平的构造基本相似。现仅就全自动与

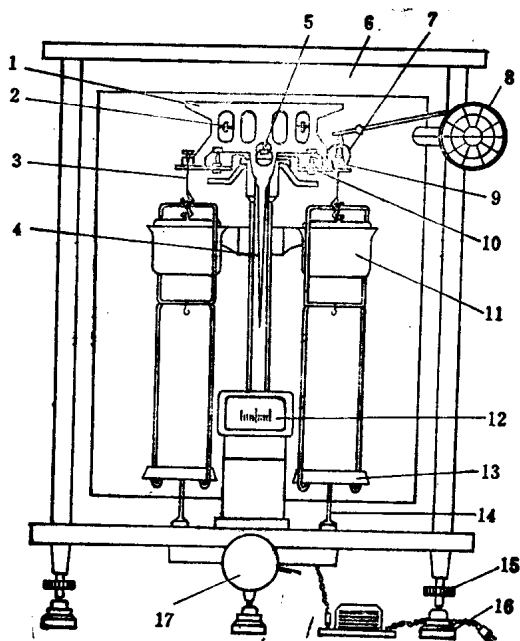


图3 半自动电光天平

- 1—横梁；2—平衡螺丝；3—吊耳；4—指针；
5—支点刀；6—框罩；7—圈码；
8—指数盘；9—支柱；10—托叶；11—阻尼器；
12—投影屏；13—称盘；14—盘托；
15—螺旋脚；16—脚垫；17—旋钮。

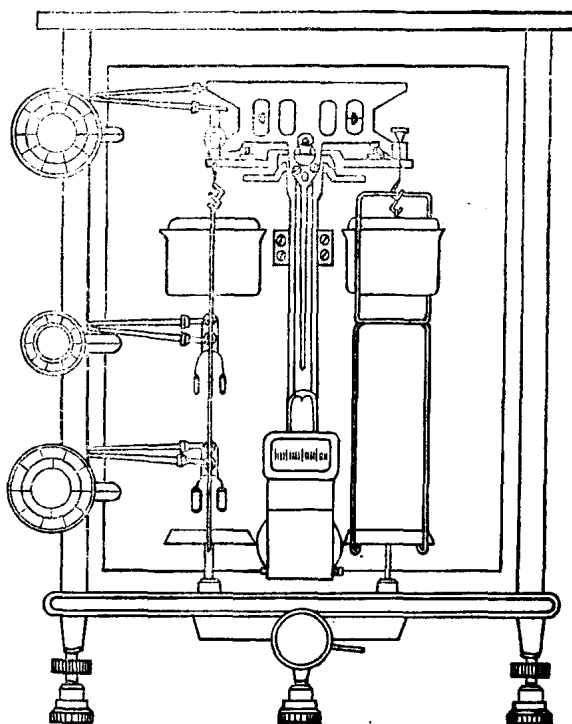


图 4 全自动电光天平

不等臂电光天平的主要构造，分别介绍如下。

(1) 全自动电光天平

①天平的横梁、称盘和支柱等均与阻尼天平相似。

②空气阻尼器，可以减少横梁的摆动时间，提高工作效率和改善工作条件。装置时应注意内筒完全悬空于外筒中，切勿使内、外筒接触或碰撞。

③光学读数投影屏，固定于底板前方。通过调节，微标尺的投影读数清晰明亮，可读出0.1毫克的称量值。

④机械加码装置，通过大小两个指数盘，可变换环形砝码的称量范围。大指数盘变换100~900毫克；小指数盘可变换10~90毫克。二者组合，可变换10~990毫克的称量范围。

电光天平^①是在阻尼天平基础之上改进而成的，但增加了两个装置，一是机械加码装置，二是光学读数装置。砝码由指数盘操纵，自动加取。大小砝码全部由指数盘操纵的称为全自动电光天平，1克以下的砝码由指数盘操纵的称为半自动电光天平。在投影屏上能直接读出10毫克以下的重量。电光天平一般可准确称量至0.1毫克，最大称量为100克或200克。

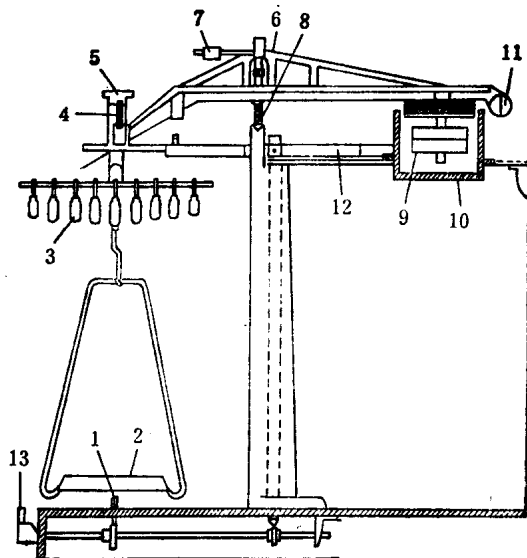


图5 单盘减码式电光天平结构图

- 1—盘托；2—称盘；3—砝码；4—承重刀；
5—吊耳；6—感量调节螺丝；7—平衡调节螺丝；
8—支点刀；9—平衡锤；10—阻尼器；
11—光学刻度标尺；12—天平梁托架；13—旋钮。

①电光天平：一般系指半自动和全自动电光天平。

(2) 不等臂单盘电光天平

此类天平构造较一般天平复杂，但使用起来较为方便。其主要构造（如图 5 所示）。此种天平一臂悬挂全部砝码和称盘，另一臂则代之以固定的重量（用以平衡该天平的最大载重的重量），即平衡锤。平衡锤一端对支点的力矩等于砝码一端对支点的力矩，因此天平梁平衡。加上被称物后，移去一定数量的砝码（与被称物同重），天平重新又平衡。移去砝码的重量即是被称物的重量，它的数值大小直接反映在天平前方的读数器上。此种天平由于被称物和砝码都在同一盘上称量，所以不受臂长不等的影响。

现将天平的灵敏度及灵敏度的测定介绍如下：

1. 灵敏度

天平的灵敏度（见图 6）是指在天平的一个称盘上增加 1 毫

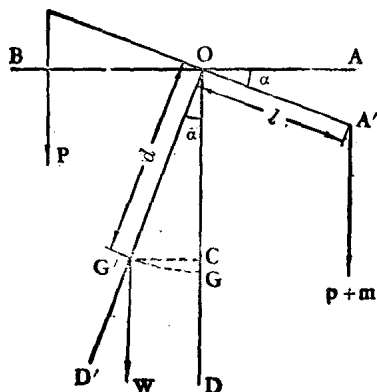


图 6 天平的灵敏度

克重量时，所引起指针偏斜的程度。指针偏斜程度愈大，则该天平的灵敏度愈高。设天平的臂长为 l （即梁长的一半）， d 为重心

G或G'与支点O之间的距离，W为梁重，m为增加的一个小重量，P为称盘重。当天平两边都是空盘时，指针位于OD处，而当右边称盘上增加重量m时，指针偏斜至OD'位置，横梁由OA偏斜至OA'，其偏斜角为 α 。

根据杠杆原理，支点右边的力矩等于支点左边的两力矩之和。

$$\text{即 } (P+m)OB = (P \cdot OB) + (W \cdot CG')$$

$$m \cdot OB = W \cdot CG'$$

$$OB = A'O \cos \alpha = l \cos \alpha$$

$$CG' = OG' \sin \alpha = d \sin \alpha$$

$$\text{因此 } m \cdot l \cos \alpha = W \cdot d \sin \alpha$$

$$\text{即 } \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \frac{m \cdot l}{W \cdot d} = \tan \alpha$$

当 α 很小时，可以认为：

$$\tan \alpha \approx \alpha$$

$$\text{故 } \alpha = \frac{m \cdot l}{W \cdot d} \text{ 此式系灵敏度的简易公式，其中未包括刀口质}$$

量和载重时梁的变形等因素的影响。当 $m = 1$ 毫克时，指针偏转的角度 α 称为天平的灵敏度。此时，

$$\alpha = \frac{l}{W \cdot d}, \text{ 由此式可知，天平的灵敏度与下列因素有关：}$$

①横梁的重量越大，天平的灵敏度愈低。②天平的臂越长，灵敏度越高，但天平的臂越长，横梁的重量就越大，并使载重时的变形增大，灵敏度反而降低。③支点与重心的距离越短，灵敏度愈高。

对于一台天平来说，在上述的三项中，天平的臂长和梁重都

是固定的，通常只能改变支点到重心的距离来调整天平的灵敏度。

阻尼天平，其灵敏度是指增加或减少1毫克重量时，指针在标牌上移动的格数来表示。天平的灵敏度应该适当，若灵敏度过低，增加少许重量后，指针不偏斜或偏斜很少，这就达不到准确称量至0.1~0.2毫克的目的。但是灵敏度过高，就会出现下列现象：天平达到平衡点慢，即使有阻尼设备，也不能使其很快静止下来；微小的温差、湿度和气流等影响，都能使天平的零点变动许多格，这样就不便于称量。因此，通常要求天平的灵敏度在增减1毫克重量时，指针偏斜2~3格为宜，如果灵敏度过高或过低，就要移动感量调节螺丝的位置，改变重心到支点的距离来调节天平的灵敏度。感量调节螺丝移上一点，灵敏度就提高一些，反之，移下一点，灵敏度就降低一些。

在实际应用上，常以“感量”来表示灵敏度，即：

$$\text{感量} = \frac{1}{\text{灵敏度}}$$

例如，某阻尼分析天平的灵敏度为2.5格/毫克，则其感量为：

$$\frac{1}{2.5} = 0.4 \text{ (毫克/格)}$$

一般阻尼天平的灵敏度以2.5格/毫克为标准，因此，其感量以0.4毫克/格为标准。这类天平称为“万分之四”的分析天平。

一般电光天平加砝码10毫克时，偏转的距离相当于阻尼天平上10格，即1格/毫克，灵敏度比阻尼天平低些。因此，它能很快达到平衡而静止下来，并在10毫克以内不需增减砝码，便于快速称重。由于采用了光学方法放大读数，提高了读数的精密度，

可读准至0.1毫克，这类天平称为“万分之一”的分析天平。

实际上，天平的灵敏度不能仅从灵敏度简单公式来看，它在很大程度上取决于三个玛瑙刀的接触点的质量，刀的棱边愈锋利，刀承的表面愈光洁，那末，天平在摆动时的摩擦愈小，天平的感量数值就小，灵敏度就高。如果刀口受到损伤，则不论如何移动感量调节螺丝的位置，也不能显著提高其灵敏度。因此，在使用天平时应特别注意保护刀口，勿使损伤。

2. 灵敏度的测定

(1) 零点的测定 天平在使用前，应先测定零点（或称为空盘平衡点），即天平在不载重时，自由摆动静止后，指针在标牌上所处的位置。

阻尼天平零点的测定：首先慢慢地旋动旋钮，开动天平，待天平停止摆动后，观察并记录指针在标牌上所处的格数，读至小数点后一位数。然后，缓慢地关上天平，再测定1~2次，其变动性不应过大。

为了便于称量，零点最好恰在10处，如差别太大，可以轻轻地旋动天平调节螺丝。

电光天平零点的测定：接通电源，慢慢地旋动旋钮，开动天平。在天平不载重的情况下，检查投影屏上标尺的位置，如零点与投影屏上的标线不重合，可拨动旋钮附近的扳手，拉动一下投影屏的位置使其重合，若相差很大时，则可旋动平衡螺丝，调节空盘零点的位置。

(2) 灵敏度的测定

① 阻尼天平 先将游码放在游码标尺的零线上，测定空盘零点。将游码向右或向左移动1毫克，再启动天平，记录其平衡点。若空盘的零点为11.4格，增加1毫克后，指针在标牌上的读