

# 动物热值的测定方法\*

梁杰荣

金菊香

(广东省昆虫研究所)

(中国科学院西北高原生物研究所)

通过对动物摄食的食物和排出粪和尿的热值测定,同时,在不同时期调查其单位面积数量,就可以进一步研究生态系统中动物的种群能流。热量计不仅应用在科学研究方面,而且广泛应用在冶炼、石油、食品、卫生、农业和畜牧业等生产部门。

1976—1984年间,我们对海北高寒草甸地区部分动、植物的热值进行了测定。现将动物热值测定方法总结如下。

## 一、热量计的介绍

目前,国内外常见的热量计有三种:氧弹式、绝热式和数字热量计。

**(一) 氧弹式热量计** 这种属于变温热量计的一种。实验过程中环境(指量热体系以外的部分)温度保持不变,量热体系温度发生变化。测定物质在热量计内燃烧时,量热体系温

度的升高情况。根据所测温度升高及水当量,即可求出所测物质的燃烧值。实验数据处理,需热交换校正。GR 3500型氧弹式热量计(长沙仪器厂生产)由外壳、量热容器、搅拌马达、绝热支柱、氧弹、贝克曼温度计、标准温度计、点火导线、放大镜和电振动装置(图1)组成。

**(二) 绝热式热量计** 这种仪器适合在恒温室内使用。它与氧弹式热量计比较,其优点是简化了实验过程,实验数据处理无需用热交换校正。本仪器要求室温变化不超过 $3^{\circ}\text{C}$ 或者每次实验内筒水温与室温相同或低 $1^{\circ}\text{C}$ 左右。这种仪器是借助于内外筒各有一个铂电阻感温元件以及可控硅等电子元件的控制,在实验过程中外筒温度自动跟踪内筒温度,即内、外筒温

---

\* 中国科学院西北高原生物所王祖望副教授和天津师范大学生物系曾缙祥副教授给予指导,孙振荣同志协助拍照片,特此致谢。

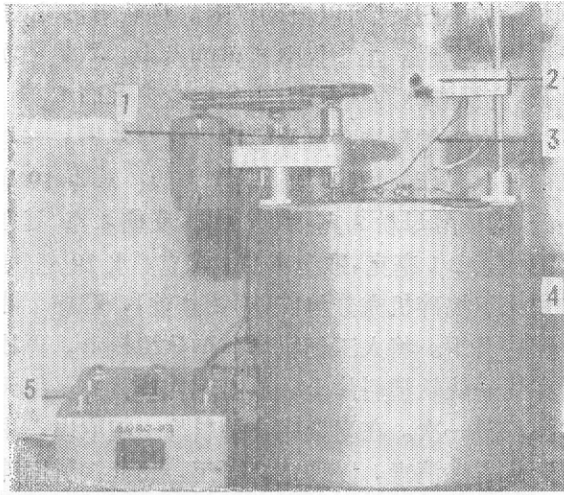


图1 GR 3500 型氧弹式热量计

1. 搅拌器 2. 放大镜 3. 温度计 4. 外壳,  
5. 电振动装置

度相等。JR 2800 型绝热式热量计(长沙仪器厂生产)由外壳、内筒、内筒搅拌器、贝克曼温度计、外筒、外筒搅拌器、外筒加热极板、氧弹、控制箱和振动器组成(图 2)。

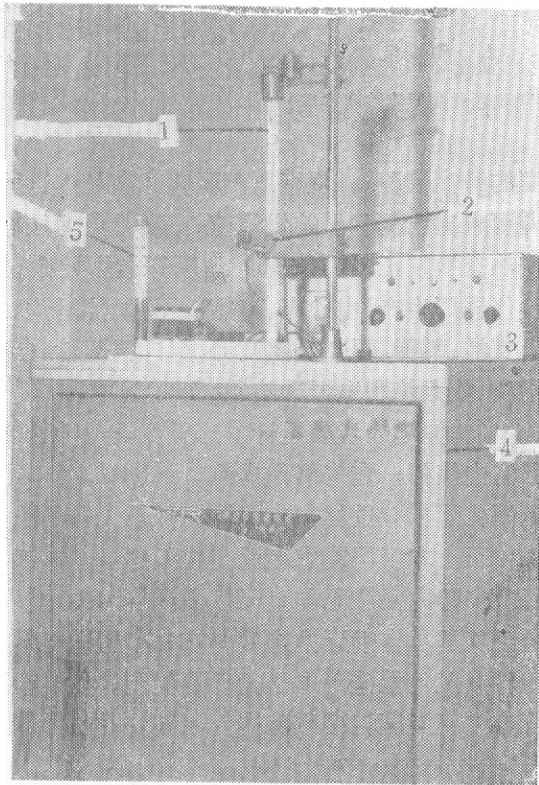


图2 JR 2800 绝热式热量计

1、5. 温度计 2. 放大镜 3. 振动器 4. 外壳

(三) 数字热量计 这种热量计的原理基本上与上述的两种仪器相同,其优点是操作自动化,并将测定热量值用卡路里(卡)表示出来,不需要热交换校正和数据处理,准确性高,使用简便。这种仪器适用在恒温室内进行实验。

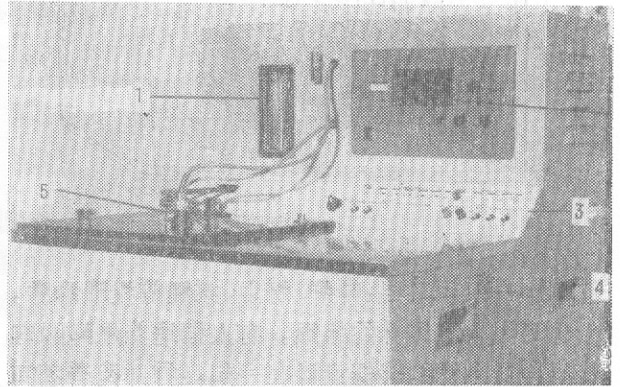


图3 MY 型数字热量计

1. 温度计 2. 计算器 3. 操作仪表 4. 外壳  
5. 搅拌器

MY 型数字热量计(日本株式会社,吉田制作所生产),由外壳、内筒、中间筒、搅拌器、氧弹、自动温度调节器、排水泵、排水罐、定时计、指示灯和操作仪表板等部分组成(图 3)。

综上所述,氧弹热量计需要热交换校正和数据处理,比较费时,而绝热式热量不需热交换校正,数字热量计,操作自动化,不需要热交换校正和数据处理,热量值能显示出来,比较省时、准确。

## 二、取样和样品处理

在热值测定过程中,首先是取样和样品处理,其方法是:

(一) 动物取样 小哺乳动物(如鼠类、鸟类、两栖、爬行类等)用多个体取样法,将若干个体(分雌、雄)切碎、拌混,取 50 克左右晒干(也适用于昆虫取样)。大型动物(如羊、牛等)采用个体取样法,将动物的各器官(包括毛、肉、骨、皮、内脏等)分别取样 5—10 克,然后切碎、拌混,再取 50 克左右,编号,记录。

(二) 粪、尿取样 动物粪、尿取样比较方便,但是必须把粪、尿分开(如,鸟类不能分开,

可以取粪、尿混合样品)。取样时,也要将雌、雄分开,分别取样。取粪 100 克,尿 50 毫升左右,要收集纯净的尿样品。取样后,加入几滴 1% 硫酸溶液,摇匀,然后放入冰箱内保存。

上述各种样品,必须及时处理。样品晒干后,分别在粉碎机中粉碎,并在玛瑙钵内研细,再置 100℃ 烘箱至恒重。最后,按编号放入干燥器,待压片用。

**(三) 制片** 用普通天平称 1.0—1.2 克研成粉末样品,用压片机(图 4)压成小圆片,分别按编号放入培养皿,置干燥,待测定用。

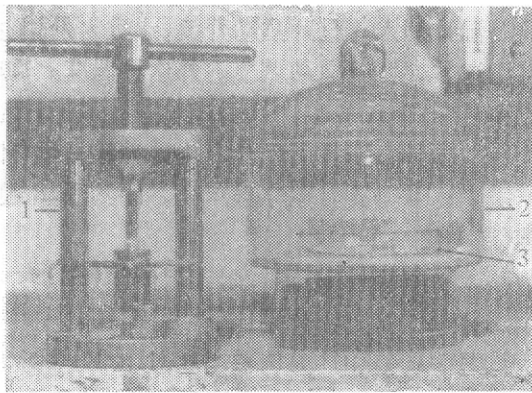


图 4. 压片机和干燥器内样品  
1. 压片机 2. 干燥器 3. 样品

尿液的处理是,先将纤维素(已知热值)烘干恒重,然后用压片机压成小圆片。实验前,将 1 毫升尿液滴入片内,然后放入烘箱烘 4 小时,最后放入干燥器内,待测定。

### 三、样品热值测定

**(一) 水当量测定** 样品热值测定之前,先进行水当量测定。热量计的水当量用已知热值的苯甲酸,在氧弹内燃烧进行测定。

具体步骤如下:

1. 用玛瑙研钵将苯甲酸研细,在 100℃ 烘箱烘干,冷却至室温后,放入培养皿,在干燥器中干燥,直到每克苯甲酸的重量变化不大于 0.0005 克为止。然后用普通天平称苯甲酸 1.0—1.2 克,用压片机压成片,放入干燥器内。实验前,用万分之一分析天平称坩锅重。再将样品

(圆片)放入坩锅中,称坩锅和样品重。然后,将盛着样品的坩锅放入干燥器内,待测定用。

2. 向氧弹加入 10 毫升蒸馏水,把盛有苯甲酸的坩锅放在固定坩锅的弹头座架上,将一根燃烧丝的两端固定在两个电极上,中段放在苯甲酸片上(切勿将燃烧丝与坩锅接触),拧紧氧弹(图 5)盖以后,通过进气管给氧弹缓缓送氧,直到氧弹内压力为 25—30 个大气压时,将气门拧下,取下氧弹保护挡环,逆止阀被气门顶下去,放掉余氧。

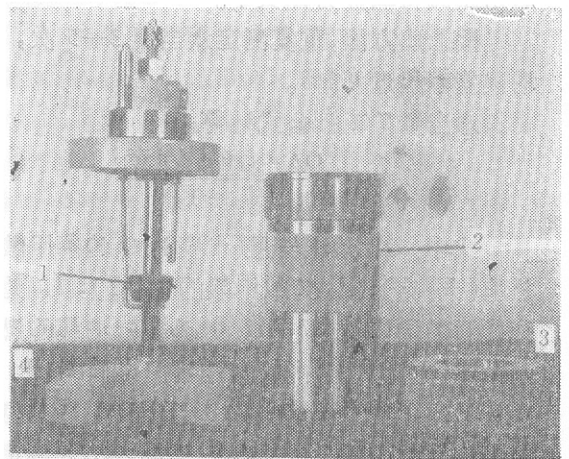


图 5 氧弹和座架  
1. 坩锅 2. 氧弹 3. 氧弹盖 4. 座架

3. 向内筒加蒸馏水或自来水 2400 克(精确到 0.5 克),放入热容器中,再将充好氧的氧弹放入内筒中。

4. 将贝克曼温度计分别插入内、外筒,开动搅拌机,打开冷却水,水的流量控制在 400—600 毫升/分,再打开加热开关,10 分钟后用放大镜开始读内筒温度,隔 5 分钟再读一次,如内筒水温在 5 分钟内变化不超过千分之一度时,记下此时温度,即为内筒起始平衡点的温度 ( $T_1$ )。

5. 打开点火开关,点燃样品,并开始记时间。10 分钟观察内筒温度,隔 5 分钟再读一次,若内筒温度不超过千分之一,则记下此温度,即为内筒最终平衡点温度 ( $T_2$ )。

停止观察,关上电源开关。从内筒中取出氧弹,取下保护挡环,将气门拧下,把氧弹中的余气放尽,取下氧弹盖。若发现弹内有黑烟或

未烧尽的细微粒,则此样品作废。若无上述情况,用150毫升蒸馏水,洗涤氧弹,将全部洗液收集在三角瓶中;量出未燃烧的燃烧丝长度,算出实际消耗重量。

7. 先将盛洗氧弹液的三角瓶放在电炉上,加热至沸,冷却至室温时,加入二滴酚酞液,再用1/10氢氧化钠溶液滴定至呈粉红色。在15分钟保持不变时,记录用去的氢氧化钠溶液的毫升数。

8. 先用自来水,再用蒸馏水将氧弹冲洗,然后用热风将氧弹另件吹干。

按上述方法,重复测定水当量3—5次,平均误差不超过0.2%。

水当量按下列公式计算:

$$K = \frac{QA + GB + 1.43C}{(T_2 - T_1)}$$

式中: K 为水当量(卡度); Q 为苯甲酸的热值(卡/克); A 为苯甲酸的重(克); G 为燃烧丝的燃烧值(卡/克); B 为实际消耗的燃烧丝重量(克);  $T_1$  为内筒初始平衡点温度;  $T_2$  为内筒最终平衡点温度; 1.43 为中和1毫升氢氧化钠溶液的硝酸生成热和溶解热; C 为滴定洗氧弹液消耗的1/10N 氢氧化钠溶液的容积(毫升)。

例如,室温为20℃,内筒水温19℃,苯甲酸样品重为1.03629克,中和硝酸用去1/10N 氢氧化钠溶液0.6毫升,消耗燃烧丝产生的热量为6.3卡,内筒起始温度( $T_1$ )为1.353℃,内筒最终点温度( $T_2$ )为3.6665℃,苯甲酸的热值为6330卡/克。

由上述公式计算结果:

$$K = \frac{6330 \times 1.03629 + 6.3 + 1.43 \times 0.6}{(3.6665 - 1.3530)}$$

$$\approx 2838.5017 \text{ (卡/克)}$$

当操作条件变化时,如更换或修理热量计另件,更换温度计,若室温与上次测定水当量时的室温相差超过5℃,以及热量计移至别处时,水当量应重新测定。

以上为氧弹式和绝热式热量计的水当量测定过程。

数字热量计水当量测定方法与上述基本相同,但也有不同之处。全部测定过程是:实验前要记录室温,将供水管接上自来水,打开电源开关,使加热器加热至热水槽水温上升至95℃。苯甲酸样品加工处理与上述相同。内筒加入自来水2400毫升,水温比室温要低1.0—1.5℃。提起中间筒,向左旋10度,固定之。将内筒正确放置在塑料导板上,接着将盛有样品和充好氧的氧弹放入内筒水中。从中间筒盖里引出导线插入氧弹的电板,将外槽两个半圆形盖盖上,固定好。然后,将内筒搅拌器的搅拌棒插入,固定螺丝,随后将传送带挂在外槽搅拌轮上,接着将测温计插入。打开启动开关,水进入外槽,搅拌机运转,开始自动调节内外水槽温度。旋转零调节钮,使仪表板计算器显示零。最后,按点火钮数秒钟,氧弹内样品点火,计算器进行工作。8—10分钟,数字稳定后,即为样品测定值(卡)。

$$\begin{aligned} & \text{苯甲酸热量(卡/克)} \times \text{苯甲酸重(克)} \\ & = \text{计算值(卡)} \end{aligned}$$

若测定值和计算值偏离超过±20卡时,则要重新调整。点火后10分钟,测定值稳定时,可调节计算值。当测定值比计算值少时,将FuII ADJ 旋钮用螺丝刀向右旋转,使测定值调到计算值的相同数值;当测定值大于计算值时,用螺丝刀向左旋转,使其数值相同。

实验完后,将外槽二个半圆形盖拿开,取出氧弹,与上述水当量测定相同。

(二) 样品热值测定和计算 样品热值测定与上述水当量的测定方法相同。

氧弹式和绝热式热量计的热值计算公式如下:

$$Q = \frac{K \times (T_2 - T_1) - GB - 1.43C}{M}$$

公式中 Q 为样品热值(卡/克); M 为样品重量(克);其余符号与上述公式相同。

数字热量计在计数器显示的热量值,即为测定值(卡)。若样品为1克时,测定值即为样品热值(卡/克);若样品小于或大于1克时,则

(下转第29页)

(上接第 36 页)

热值(卡/克) = 测定值(卡)/样品重(克)。 样品去灰分热值(卡/克) = 测定值(卡)/灰分样品重(克)。

#### 四、热量计使用注意事项

(一) 氧弹中燃烧产生的压力可达 140 大气压。每年要定期进行一次  $300\text{kg}/\text{cm}^3$  水压检查。

(二) 仪器应安装在不受阳光直射的单间实验室里。

(三) 氧弹或氧气通过的各部分,不允许有油污,更不允许使用润滑油。

(四) 经常注意氧弹是否有漏气现象。若有漏气,不能使用,必须更换或及时修理。

(五) 仪器停止使用时,必须关闭自来水龙头,和电源开关。