

胶州湾桡足类的生物学研究

II. 小拟哲水蚤的个体重量测定及体长——体重关系*

林雅蓉 王 荣 高尚武

(中国科学院海洋研究所)

提要 本文提出一种适用于桡足类的体积测算法——绘图求积法。用中华哲水蚤 (*Calanus sinicus*) 测试的结果表明, 该法与直接称重的结果相差不到1%, 这说明这是比较理想的取代直接称重的方法。此法对于不便于直接称重的小型桡足类尤为适用。我们用这一方法测定了小拟哲水蚤 (*Paracalanus parvus*) 桡足幼体 I 期至成体的重量, 并用回归法建立了体长与体重的关系。文中还提出了另一种测算体积的方法——切片求积法。

小拟哲水蚤 *Paracalanus parvus* (Claus) 是胶州湾的优势种之一^[1]。为研究它的数量变动生长和产量, 一个非常重要的参数是从幼体到成体各发育期的个体重量。由于各发育期的体长可能因时因地而异, 因此最好能建立体长与体重的关系, 以便根据体长随时换算体重^[4, 5]。

关于小拟哲水蚤的个体重量过去只有成体的数据^[2], 桡足幼体各期则未见资料。小拟哲水蚤的桡足幼体很小 (0.32—0.98mm), 直接称重很困难, 且误差大。对于这类小型浮游动物一般采用间接方法测算个体重量, 即用与动物相近的几何形体代替实际形体先测算动物体积, 再乘以比重换算成体重^[2]。但动物形体复杂, 远不象规则几何形体那样简单, 测算结果亦难免有较大误差。本文提出一种适用于桡足类的体积测算法, 用大型桡足类测试的结果表明, 它与直接称重的结果相差不到1%。我们用这一方法测定了小型拟哲水蚤桡足幼体 I—V 期和成体的体重, 并用回归法建立了体长与体重的关系。

一、材料与方法

所用小拟哲水蚤标本是胶州湾冬季的样

品。样品用5%福尔马林固定。我们提出的测算体积方法可以称之为绘图求积法。操作时, 先将所测标本置于显微镜下用显微绘图仪绘出1张整体的正背面图和1张正侧面图 (只需描绘外形轮廓无需绘出详细构造, 见图1)。

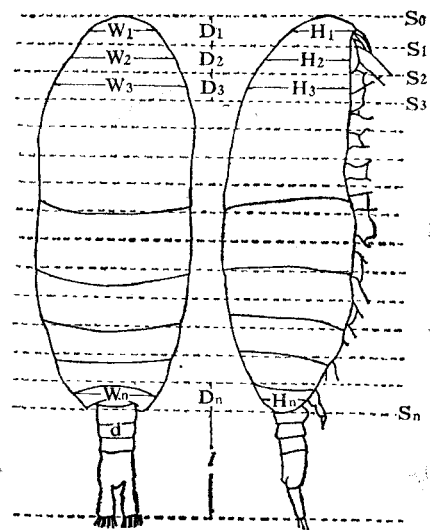


图1 绘图求积法示意

Fig. 1. Diagram of the volume integrating method

*许梅青同志代为切片; 夏娃同志协助测量标本和计算, 特此致谢。

两图的放大倍数相同。用台微尺将每张图的绝对尺度准确标记下来,然后在图上将前体部由头部前缘至最末胸节后缘等距离地或不等距地绘出许多断面 $S_0, S_1, S_2, S_3, \dots, S_n$ 。断面数以15—20为宜,太少影响测算精度,太多则工作量过大。这些断面将前体部划分成 N 段,每段的体积近似地用圆柱体代替。取各段中点的宽度 $W_1, W_2, W_3, \dots, W_n$;高度 $H_1, H_2, H_3, \dots, H_n$ 和厚度 $D_1, D_2, D_3, \dots, D_n$ 。前体部的体积近似地等于所有圆柱体之和。后体部用圆柱体体积计算。这样,桡足类的总体积(V)可近似地用(1)式表示。

$$V = \frac{\pi}{4} \left(\sum_{i=1}^n W_i H_i D_i + d^2 l \right) \quad (1)$$

d 为后体部宽度, l 为后体部长度。总体积再乘以动物比重(本文采用1.04)就是体重。

用椭圆面积代替桡足类的横截面有一定误差,尽管这一误差很小。我们最初设计的方法是从头到尾对桡足类进行连续切片,每个切片都用显微绘图仪描绘出轮廓(图2)。

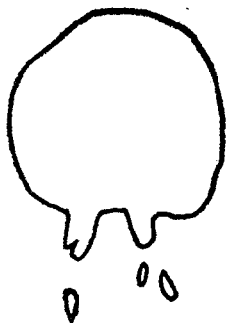


图2 小拟哲水蚤胸部切片轮廓
Fig. 2 A thorax section of *Paracalanus parvus*

轮廓图描出后,再用求积仪测出图上的封闭面积(也可将图描绘在方格纸上用数格数的办法测算面积),如此得出各切片面积 $S_1, S_2, S_3, \dots, S_n$ 。设切片厚度为 D ,则总体积(V)将如(2)式所示。

$$V = \sum_{i=1}^n S_i D \quad (2)$$

这一方法我们称之为切片求积法。虽然切片求积法可以相当精确地测算任何不规则形体的浮游动物体积,但操作繁琐、工作量大,不适用于大量标本的测定。因此我们又设计了上述的绘图求积法。

为了验证绘图求积法的准确性,我们选用中华哲水蚤(*Calanus sinicus*)同时用直接称重法与绘图求积法做了对比。之所以用中华哲水蚤是因为这种桡足类个体大(成体2.6—3.5 mm),可以较准确地称重。用42个标本的对比结果仅差0.54%。这说明绘图求积法是比较理想的取代直接称重的方法。

二、结 果

从冬季胶州湾浮游动物样品中随机地取小拟哲水蚤各发育期标本,每期20—40个(桡足幼体I—III期因其外部形态尚分不出性别,所以未分雌、雄测定,IV期以后至成体按雌、雄分别测定),共测定标本202个。每个标本绘图两张,共绘图404张。每张图取数据约25个,共获数据10⁴个以上。在此基础上计算各期的平均体长和平均体重及离差,结果如小拟哲水蚤各发育期的个体重量表所示。

将202对体长与体重数据标在双对数坐标纸上,分布如图3所示。

体长与体重变化在桡足幼体V期和成体的雌、雄性间显示出差异,故回归方程需分别计算。

雌性: $\log_{10} W = 3.1911 \log_{10} L - 1.4073$

雄性: $\log_{10} W = 3.0655 \log_{10} L - 1.4482$

从两个回归方程的斜率可以看出,雌性较雄性随体长的增重较快,也可以说在相同体长的情况下雌性个体的体重>雄性。从表中可以看出,桡足幼体I—III期每蜕皮1次体重增加1倍以上。桡足幼体IV期可以从外部性征分辨出雌雄^[1]。雄性自IV—V期增重102.4%,V期到成体则仅增重1.8%,这一现象将在讨论中述及。从III—IV和IV—V期雄性增重远较雌

小拟哲水蚤各发育期的个体重量表
 Tab. Standard body weight of *Paracalanus Parrus* in
 different developmental stages

发 育 期	测定标本数 (个)	平均体长 (标准差), 毫米	平均体重 (标准差), 毫克
桡足幼体 I	20	0.3408 (0.0156)	0.001387 (0.000167)
桡足幼体 II	20	0.4704 (0.0169)	0.003296 (0.000378)
桡足幼体 III	20	0.5981 (0.0190)	0.006879 (0.000722)
桡足幼体 IV ♀	20	0.6894 (0.0213)	0.01223 (0.00138)
♂	20	0.7426 (0.0190)	0.01497 (0.00164)
桡足幼体 V ♀	20	0.8186 (0.0280)	0.02031 (0.00280)
♂	40	0.9147 (0.0302)	0.03026 (0.00305)
成 体 ♀	21	0.9938 (0.0580)	0.04229 (0.00770)
♂	21	0.9976 (0.0672)	0.03080 (0.00594)

性明显, 增长率分别为117.6%和102.1%; 而雌性为77.8%和65.2%, 这似乎显示雄性发育较雌性为快。然而, 进入成体后雄性几乎停止增重而雌性却增重 108.2%。这些都是与小拟哲水蚤的生殖生理密切相关的。

三、讨 论

1. 对于个体小、体形又不规则的浮游动物来讲, 本文提出的绘图求积法是已有方法中最精确的和比较实用的。用中华哲水蚤所做的测试表明, 与直接称重法比较, 二者的结果相差不到 1%。本文中的公式(1)仅适用于桡足类, 但这一方法提出的原则也适用于任何体形的浮游动物, 应用时只需根据动物体形将计算横截面的公式加以修改。

2. 本文还提出了切片求积法, 从理论上讲这是对不规则形体求积的最精确方法。我们所做切片的厚度为16 μ m, 1个1mm的小拟哲水蚤从头到尾可得63个切片, 每片的截面都精确地描绘下来并用求积仪测出。所以, 只要操作中不引进误差, 标本体积(包括附肢)可相当精确被测定出来。但此法操作太繁琐, 不适用于大量标本测定。当然, 在需要更精确测量和动物体形极端复杂的情况下, 这一方法还是

十分有用的。

3. 从图3可以看出, 对小拟哲水蚤建立的两个回归方程与实测点非常接近。标准差只相当于成体体重的0.66%(雄性)和0.87%(雌性)。这意味着95%的实测数据与计算值相差在1.32%(雄性)和1.74%(雌性)以内。这两个回归方程较好地反映了小拟哲水蚤的体长与体重的关系。

4. 从各发育期的体重变化看(见表), 可以发现小拟哲水蚤的某些生长规律。最突出的是: 雄性个体在成熟前一直维持较高的增长率, 进入成体后体长略有增长, 而体重几乎没有增长; 雌性则相反, 在接近成体的桡足幼体IV期和V期增长已不象早期那样快, 当进入成体时体重又成倍增长。在桡足类中进入成体后雌性存活时间长于雄性是比较普遍的, 这可以从性比例的变化和雌、雄性的相对丰度得到证实^[3, 6, 7]。雄性存活时间短是雄性成体增重不明显的原因之一, 雄性成体摄食强度远低于雌性则是原因之二^[6, 7]。在某些种类, 雄性进入成体后口器甚至有某种程度的退化^[8]。实验证明, 在呼吸率和摄食率方面, 雄性成体都明显低于雌性。雌性由于卵巢发育的需要, 摄食强度高, 所以增重也快^[6]。

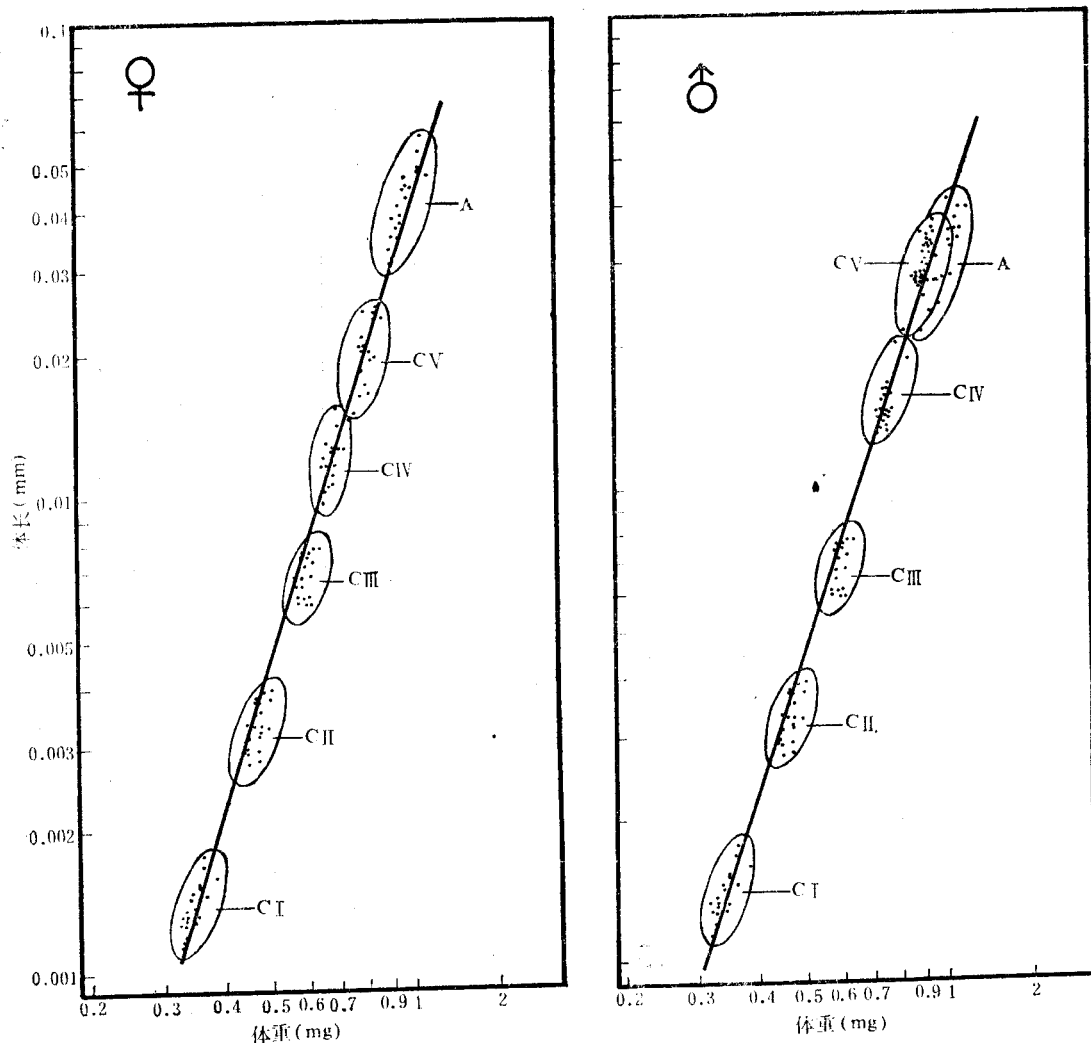


图3 小拟哲水蚤桡足幼体I期(CI)至成体(A)体长与体重关系
Fig. 3 Length-weight relation of *Paracalanus Parvus* from copepodid stage I (CI) to adult (A)

参考文献

- [1] 高尚武、林雅蓉, 1986. 胶州湾桡足类的生物学研究 I. 小拟哲水蚤桡足幼体的变态. 海洋科学 10(1): 51—59.
- [2] 白雪娥、王为祥, 1966. 渤、黄海浮游生物个体重量的测定. 水产学报 3(2): 142—149.
- [3] 陈清潮, 1964. 中华哲水蚤的繁殖、性比率和个体大小的研究. 海洋与湖沼 6(3): 272—288.
- [4] 陈雪梅, 1981. 淡水桡足类的生物量测算. 水生生物学集刊 7(3): 397—408.
- [5] 黄祥飞、胡春英, 1981. 武汉东湖透明藻和隆线藻—亚种体长体重回归方程式. 水生生物学集刊 7(3): 387—396.
- [6] Conover, R. J., 1956. Oceanography of Long Island sound, 1952—1954. VI. Biology of *Acartia clausi* and *A. tonsa*. Bull. Bingham Oceanogr. Coll. 15: 156—233.
- [7] Marshall, S. M., 1949. On the biology of small copepods of Loch Striven. J. Mar. Biol. Ass. U. K., 28: 45—122.
- [8] Sars, G. O., 1903. An account of the Crustacea of Norway. Bergen. 4: 166.

STUDIES ON THE BIOLOGY OF COPEPODS FROM JIAOZHOU BAY
II. BODY WEIGHT AND LENGTH-WEIGHT RELATIONSHIP OF
PARACALANUS PARVUS (CLAUS)

Lin Yarong, Wang Rong and Gao Shangwu
(*Institute of Oceanology, Academia Sinica*)

Abstract

The body weights of *Paracalanus parvus* (Claus) from copepodid stage I to adult were determined by volume-integrate method, which was suitable especially for small zooplankton with irregular body shape. Based on 202 pairs of data the relationship between body length(L) and body weight(W) was established. The regression equations are:

$\lg W = 3.1911 \lg L - 1.4073$ for female and

$\lg W = 3.0655 \lg L - 1.4482$ for male.
