第7卷 第3期
1981年11月

水生生物学集刊
ACTA HYDROBIOLOGICA SINICA

Vol. 7, No. 3
Nov., 1981

简易测重法在武汉东湖轮虫常见种中的应用*

黄祥飞
（中国科学院水生生物研究所）

提　　要

参考国外有关报道，通过对东湖常见轮虫的活体观察，确定其近似几何图形，测量并找出长、宽、厚之间的比例关系，制定了以体长为依据的测算体重的简化公式。作者认为该简化公式是测算轮虫生物量的一个简单而有效的方法。

轮虫在内陆水体中，分布极广，数量很多，是鲢鳙鱼苗阶段的适口食料，因而其生物量的多少决定着鱼苗生长快慢和成活率的高低[4,6]。武汉东湖轮虫的生物量占浮游动物总生物量的20—30%[5]。由于轮虫生命周期短，故其生产量在浮游动物中占更大的比例。据Hillbricht-Ilkowska 等（1973）[9] 在波兰 Warniak 湖对浮游动物数量、生物量和生产量测定结果表明：该湖轮虫的生物量占浮游动物总生物量的32.5—43.2%；而生产量占48.2—75.5%。

有关轮虫生物量测定方法的研究不多，就目前所知：Sebestyen（1958）[13] 报道了匈牙利博罗敦湖敞水区轮虫的生物量[13]；Hall 等（1970）[8] 列表记载了鱼池39种轮虫的干重[8]。Ruttner Kolisko（1976）[12]在奥地利隆茨举行的第一次国际轮虫讨论会上，评述了测定轮虫生物量的二种主要方法——模型法和体积法，并认为用体积法测定生物量是一容易被接受的方法[12]。至于国内，关于轮虫生物量测算方法的研究，尚未见诸于报道。

武汉东湖是一个中型浅水湖泊，具有我国长江流域大多数湖泊的共同特点。东湖轮虫种类和数量都十分丰富[2]，在同类湖泊中也具有代表性。通过东湖常见轮虫的体重测算从而测定其生物量以至生产量，进一步阐明轮虫在东湖生态系统的能量流中所起的作用，不论在理论上或实践上均有一定的意义。

一、工 作 方 法

1. 取样和测量

1978年5月—1979年6月不定期在东湖湖湾区和敞水区，用25号浮游生物网捞取

1980年3月29日收到。
* 本文承蒙蒋燮治教授审阅全文，并提出许多宝贵意见，谨此致谢。

样品。如果水样中藻类数量太多，就先把样品放在灯光或阳光下，待藻类上升到表面后，用吸管把藻类吸弃。然后在解剖镜下，将所需要的轮虫种类用毛细管吸出，放在载玻片上，加入麻醉剂(如苏打水)，使其呈麻醉状态；或则将玻片上的水徐徐吸去，吸到轮虫仅能作微小范围运动为止，然后把载玻片放在显微镜下(不加盖玻片)，用目测微尺测量其长和宽；轮虫的厚度可以通过显微镜微调节器进行近似测量。

2. 求积公式和计算

根据 Ruttner-Kolisko 的资料和活体观察[1,12]，轮虫常见的近似几何图形大致有椭圆形、锥形、柱形、平行六面体、球形和截锥形 6 种，它们的体积公式分别为：

椭圆形 $V = \frac{4\pi \cdot r_1 \cdot r_2 \cdot r_3}{3}$

式中 V 为体积，r_1 为体长的 1/2，r_2 为体宽的 1/2，r_3 为体厚的 1/2。

设长为 $a = 2r_1$，宽为 $b = 2r_2$，厚为 $c = 2r_3$

则 $V = 0.52 \times abc$

锥形 $V = \frac{\pi r^2 h}{3}$

式中 h 为锥形的高度

$V = 0.26 \times ab^2$ $(b = 2r\ a = h)$

柱形 $V = \pi r^2 h$

$V = 0.4 \times abc$ $\left(r^2 = \frac{a}{2} \cdot \frac{b}{2} = \frac{ab}{4};\ h = \frac{c}{2}\right)$

平行六面体 $V = abc$

球形 $V = \frac{4\pi r^3}{3}$

$V = 4 \cdot 2a^3$ $(r^3 = a)$

截锥形 $V = \frac{2G \cdot h}{3}$

式中 G 为(宽度×厚度)之半，即 $G = \frac{bc}{2}$。

$V = 0.33 \times abc$ $(a = h)$

确定轮虫近似几何图形后，在活体情况下，测定常见种类每种 50 个个体的长、宽、厚，各取其平均值，然后求其长、阔、厚的比例，获得简化公式。如萼花臂尾轮虫 (*Brachionus calyciflorus*)，根据 50 个个体测定，平均体长 a 为 233.19 微米，体宽 b 为 151.52 微米，体厚 c 为 86.8 微米。由此，则可获得：$b = 0.65a$，$c = 0.37a$ 代入椭圆形求积公式：

$V = 0.52 \times abc$

则得到以体长 a 为单位的简化公式

$V = 0.125a^3 \approx 0.13a^3$

因此，在实际工作中，只要测量体长就可直接计算出轮虫的近似体积，并假定比重为

1，求得轮虫的体重。

二、结果和讨论

1. 东湖常见轮虫的体重

东湖轮虫种类相当丰富，本文所介绍的仅仅是常见的浮游种类，但它们不论在数量上或重量上均占绝对优势。个体最小的为裂痕龟纹轮虫，仅有 0.013 微克；个体最大的为卜氏晶囊轮虫，重量达 52.43 微克，大多数轮虫个体重在 0.1—2.5 微克之间，平均重为 2.7 微克(表 1)。

表 1　武汉东湖常见浮游轮虫的体重(体重单位：微克，比重=1，1 微克=10^6 微米^3)

种　　类	几何图形及计算公式	简化公式		附属物占体重的%	个体重(微克)
		当	则		
裂痕龟纹轮虫 *Anuraeopsis fissa*	截锥形 $V=0.33abc$	$b=0.5a$ $c=0.2a$	$V=0.03a^3$		0.013
卜氏晶囊轮虫 *Asplanchna brightwelli*	变形椭圆形 $V=0.52ab^2$	$b=0.62a$	$V=0.2a^3$		52.43
前节晶囊轮虫 *A. priodonata*	变形椭圆形 $V=0.52ab^2$	$b=0.63a$	$V=0.21a^3$		16.74
角突臂尾轮虫 *Brachionus angularis*	一般椭圆形 $V=0.52abc$	$b=0.76a$ $c=0.39a$	$V=0.15a^3$	10	0.408
萼花臂尾轮虫 *B. calyciflorus*	一般椭圆形 $V=0.52abc$	$b=0.65a$ $c=0.37a$	$V=0.13a^3$	10	2.50
剪形臂尾轮虫 *B. forficula*	一般椭圆形 $V=0.52abc$	$b=0.6a$ $c=0.4a$	$V=0.12a^3$	20	0.13
壶状臂尾轮虫 *B. urceus*	一般椭圆形 $V=0.52abc$	$b=0.82a$ $c=0.33a$	$V=0.14a^3$	10	1.02
敞水胶鞘轮虫 *Collotheca pelagioa*	锥　形 $V=0.26ab^2$	$a=6.5b$	$V=1.7b^3$	200	0.261
独角聚花轮虫(个体) *Conochilus unicornis*	锥　形 $V=0.26ab^2$	a、b 必须逐个个体测量			0.174
独角聚花轮虫(群体) *C. unicornis*	球　形 $V=4.2a^3$				81.32
田奈同尾轮虫 *Diurella dixon-nuttalli*	圆柱形＋锥形 $V=0.52ab$	a、b 必须逐个个体测量			0.177
对棘同尾轮虫 *D. stylata*	圆柱形＋锥形 $V=0.52ab$	a、b 必须逐个个体测量			0.103
大肚须足轮虫 *Euchlanis dilatata*	½一般椭圆形 $V=0.52abc$	$b=0.59a$ $c=0.31a$	$V=0.1a^3$		2.84

续 表

种 类	几何图形及计算公式	简化公式		附属物占体重的%	个体重(微克)
		当	则		
长三肢轮虫 *Filinial longiseta*	变形椭圆形 $V=0.52ab^2$	$b=0.5a$	$V=0.13a^3$	4	0.284
较大三肢轮虫 *F. maior*	变形椭圆形 $V=0.52ab^2$	$b=0.47a$	$V=0.12a^3$	3	0.166
螺形龟甲轮虫(有棘) *Keratella cochlearis*	½锥形 $V=0.13ab^2$	$b=0.41a$	$V=0.02a^3$		0.027
螺形龟甲轮虫(无棘) *K. cochlearis*	½椭圆形 $V=0.52abc$	$b=0.56a$ $c=0.45a$	$V=0.13a^3$		0.0344
矩形龟甲轮虫 *K. quadrata*	平行六面体 $V=abc$	$b=0.7a$ $c=0.33a$	$V=0.23a^3$	5	0.431
曲腿龟甲轮虫 *K. valga*	平行六面体 $V=abc$	$b=0.64a$ $c=0.37a$	$V=0.24a^3$	3	0.258
蹄形腔轮虫 *Lecane ungulata*	一般椭圆形 $V=0.52abc$	$b=0.8a$ $c=0.4a$	$V=0.17a^3$		1.717
尖趾单趾轮虫 *Monostyla closterocerca*	一般椭圆形 $V=0.52abc$	$b=0.8a$ $c=0.4a$	$V=0.17a^3$		0.049
梨形单趾轮虫 *M. priformis*	一般椭圆形 $V=0.52abc$	$b=0.8a$ $c=0.4a$	$V=0.17a^3$		0.091
奇异巨腕轮虫 *Pedalia mira*	锥 形 $V=0.26ab^2$	$b=0.75a$	$V=0.13a^3$	33	0.205
玫瑰旋轮虫 *Philodina roseola*	锥 形 $V=0.26ab^2$	a、b 必须逐个个体测量			0.236
针簇多肢轮虫 *Polyarthra trigla*	平行六面体 $V=abc$	$b=0.68a$ $c=0.39a$	$V=0.27a^3$	10	0.331
沟痕泡轮虫 *Pompholyx sulcata*	圆柱形 $V=0.4abc$	$b=0.7a$ $c=0.5a$	$V=0.15a^3$		0.127
前额犀轮虫 *Rhinoglena frontalis*	锥 形 $V=0.26ab^2$	a、b 必须逐个测量			0.353
裂足轮虫 *Schizocerca diversicornis*	一般椭圆形 $V=0.52abc$	$b=0.62a$ $c=0.19a$	$V=0.06a^3$	10	0.524
梳状疣毛轮虫 *Synchaeta pectinata*	圆柱形+锥形 $V=0.52ab^2$	a、b 必须逐个测量		2	4.19
尖尾疣毛轮虫 *S. tremula*	锥 形 $V=0.26ab^2$	a、b 必须逐个测量			0.76
长圆疣毛轮虫 *S. oblonga*	圆柱形+锥形 $V=0.52ab^2$	a、b 必须逐个测量			1.158

续　表

种　　类	几何图形及计算公式	简化公式		附属物占体重的%	个体重(微克)
		当	则		
脾状四肢轮虫 *Tetramastix opoliensis*	圆柱形＋锥形 $V = 0.52ab^2$	a、b 必须逐个测量			0.461
刺盖异尾轮虫 *Trichocerca capucina*	圆柱形＋锥形 $V = 0.52ab^2$	a、b 必须逐个测量			0.374
暗小异尾轮虫 *T. pusilla*	圆柱形＋锥形 $V = 0.52ab^2$	a、b 必须逐个测量			0.045

2. 东湖与其他水体几种轮虫体重的比较

表 2 比较了东湖与其他湖泊常见轮虫的体重。从表中可以看出，同一种轮虫在不同湖泊中的体重可以相差很大。前节晶囊轮虫体重的变化尤为显著，在 Windermere 湖为 200 微克，在武汉东湖仅为 16.74 微克，相差达 13 倍之多。而长圆疣毛轮虫和针簇多肢轮虫则相差较小。同一国家的不同水体，体重相差也很显著。螺形龟甲轮虫在东湖仅为 0.027 微克，而在辽宁清河水库高达 0.3 微克，相差达 11 倍之多。长圆疣毛轮虫东湖为 1.16 微克，而在辽宁清河水库为 5 微克，相差也达 4 倍。笔者认为，同一种轮虫在不同水体中体重的差异，除了由于生活环境的不同而形成个体大小差异之外，尚存在测定方法上的原因。在此，我们姑且不论模型法和体积法所造成的差异，就是同样用体积法，由于不同的观察者对同一动物采用不同的几何图形，也会造成很大的误差。现以梳状疣毛轮虫为例，一般把它当作倒圆锥形或钟形，在活体情况下，测量体长 a 为 400 微米，体宽 b 为 200 微米。如把它当作倒圆锥形，则体积公式为：

$$V = \frac{1}{3}\pi r^2 h$$

$$b = 2r \qquad a = h$$

则

$$V = 0.26ab^2$$

把上述 a、b 代入公式，则得体积为 4.16×10^6 微米^3，也就是 4.16 微克。

如把它当作钟形，则体积公式为：

圆柱形＋圆锥形

$$V = \pi r^2 h + \frac{1}{3}\pi r^2 h$$

$$V = \frac{b}{2} \qquad h = \frac{1}{2}a$$

$$V = 0.52ab^2$$

把上述体长 a 为 400 微米，体宽 b 为 200 微米代入上述公式，则其钟形体积为 8.32×10^6 微米^3，也就是 8.32 微克。

表 2 东湖与其他水体几种轮虫体重的比较(单位：微克，比重=1 1 微克=10^6 微米^3)

报道湖泊 \ 种类	螺形龟甲轮虫	矩形龟甲轮虫	前节晶囊轮虫	长圆疣毛轮虫	针簇多肢轮虫
武汉东湖 (黄祥飞，1979)	0.027	0.431	16.74	1.16	0.349
辽宁清河水库 (旅大水专养殖系1976)	0.3	0.5		5	0.3
Lake Kinneret (Gophen, 1971)	0.015	0.035	38	0.17	0.16
Lake Windermere (Ruttner-Kolisko)	0.15	0.33	200	1.0	0.65
Lower Lunz Lake (Kubasta, 1974)	0.11		16	1.2	0.4
Lake Erken (Nauwerck, 1963)	0.05	0.10	80	1.0	0.55
Lake Balaton (Sebestyen, 1958)	0.15	0.66			0.38

计算结果表明：同一个个体由于体形观察上的不同，体重之差可达 1 倍之多。显而易见，正确确定轮虫几何图形是获得较正确的轮虫体重和生物量的先决条件。

3. 测定轮虫体重的简化方法

从东湖与其他水体常见轮虫的体重相比较，可以看出各个不同水体中轮虫体重的差异是很大的。因此，不能盲目地把某一水体中轮虫的体重当作标准加以引用。

虽然在不同水体中轮虫的个体大小变化很大，但其体形基本一致。因此，作者认为，与其制订各种轮虫体重的标准，不如通过活体观察，确定其近似的几何图形，通过测量，找出长、宽、厚三者之间的比例，求出简化公式为好。本文报道了东湖 32 种常见轮虫的接近几何图形，通过测量长、宽、厚，获得了以体长为单位的简化公式。东湖各种轮虫的简化公式与 Ruttner-Kolisko (1977) 提出的测定轮虫生物量的简化公式基本一致。表 3 列出了东湖 10 种常见轮虫的简化公式与 Ruttner-Kolisko 的简化公式的比较。

从表 3 可以看出：萼花臂尾轮虫、大肚须足轮虫、螺形龟甲轮虫(有刺)等 3 种轮虫，实测结果与 Ruttner-Kolisko 的简化公式完全一致；较大三肢轮虫、曲腿龟甲轮虫、针簇多肢轮虫和前节晶囊轮虫实测结果与 Ruttner-Kolisko 的简化计算结果差异在 10% 以内；壶状臂尾轮虫两者计算结果相差为 11.76%；差异最大的为角突臂尾轮虫，高达 19.85%，这可能与该种轮虫形态的季节变化有关。

由此可见，要了解某水体中某种轮虫的生物量，首先应该用网捞取定性标本，在活体情况下，鉴定种类，测量体长，求出平均值，然后代入简化公式，即可获得该种轮虫的平均体重。然后，再对定量标本进行计数，乘以体重，即可获得该种轮虫的生物量。

从表 1 和表 3 还可看到，同一属中不同种类的简化公式是很接近的。以臂尾轮虫属的 4 个种而言，角突臂尾轮虫的简化公式为 $0.15a^3$；萼花臂尾轮虫为 $0.13a^3$；剪形臂尾轮虫为 $0.12a^3$；壶状臂尾轮虫为 $0.14a^3$。晶囊轮虫属的卜氏晶囊轮虫和前节晶囊轮虫简化公

表 3　简 化 方 法 的 比 较

种类 \ 结果	东湖实测			Ruttner-Kolisko 方法		
	当	则	微克	当	则	微克
卜氏晶囊轮虫	b = c = 0.62a	$V = 0.2a^3$	52.43	b = c = 0.7a	$V = 0.23a^3$	59.71
萼花臂尾轮虫	b = 0.65a c = 0.37a	$V = 0.13a^3$	2.5	b = 0.6a c = 0.4a	$V = 0.13a^3$	2.5
较大三肢轮虫	b = 0.47a	$V = 0.12a^3$	0.15	b = 0.5a	$V = 0.13a^3$	0.16
大肚须足轮虫	b = 0.59a c = 0.31a	$V = 0.1a^3$	1.04	b = 0.6a c = 0.3a	$V = 0.1a^3$	1.04
曲腿龟甲轮虫	b = 0.64a c = 0.37a	$V = 0.24a^3$	0.25	b = 0.7a c = 0.33a	$V = 0.23a^3$	0.24
针簇多肢轮虫	b = 0.68a c = 0.39a	$V = 0.27a^3$	0.331	b = 0.7a c = 0.4a	$V = 0.28a^3$	0.349
壶状臂尾轮虫	b = 0.82a c = 0.33a	$V = 0.14a^3$	1.02	b = 0.6a c = 0.4a	$V = 0.12a^3$	0.9
螺形龟甲轮虫	b = 0.41a	$V = 0.02a^3$	0.027	b = 0.4a	$V = 0.02a^3$	0.027
角突臂尾轮虫	b = 0.76a c = 0.39a	$V = 0.15a^3$	0.408	b = 0.6a c = 0.4a	$V = 0.12a^3$	0.327
前节晶囊轮虫	b = c = 0.63a	$V = 0.21a^3$	16.74	b = c = 0.7a	$V = 0.23a^3$	17.07

式也十分相近。但龟甲轮虫属是例外，矩形龟甲轮虫 ($0.23a^3$) 和曲腿龟甲轮虫 ($0.24a^3$) 虽很接近，但与二种类型(有棘的和无棘的)的螺形龟甲轮虫相差很远。

由此可见，在通常情况下，同一属的不同种类，体型基本一样(龟甲轮虫属例外)，因此，当观察到本文所没有记录的种类时，可应用属的计算公式，如鼠异尾轮虫 (*Trichocerca rattus*)，则可根据刺盖异尾轮虫或暗小异尾轮虫的简化公式：

$V = 0.52ab^2$ 而获得其近似值。

三、小　　结

1. 本文报道了东湖常见的 32 种浮游性轮虫的体积公式与体重。其中以裂痕龟纹轮虫最小，仅 0.13 微克；卜氏晶囊轮虫最大，达 52.43 微克。大多数轮虫种类个体重在 0.1—2.5 微克之间。

2. 比较了东湖与其他水体中常见轮虫体重之间的差异。不同水体中同种轮虫体重差异，除了由于不同的生态环境而形成个体大小差异之外，测定方法的不同及选择几何图形的差别也是原因之一。为此，提议用体积法，根据近似几何图形来测定轮虫的体重为宜。

3. 通过对东湖常见轮虫的活体观察，测量其长、宽、厚，找出了三者之间的比例关系，获得了以体长为依据的测算体重的简化公式。通过与 Ruttner-Kolisko 所设计的简化公式

比较，两者结果基本相同。因此，简化公式是测算轮虫体重的一个简单易行的方法，并可适用于其他水体。

参 考 文 献

〔1〕 王家楫，1961。中国淡水轮虫志。288 页，图版 27。科学出版社。

〔2〕 王家楫、伍焯田、戈敏生，1965。 武昌东湖轮虫种类与数量季节变动的初步观察。 水生生物学集刊，5(2): 183—201。

〔3〕 大连水产专科学校，1976。清河水库浮游生物和鱼产力的研究。水产科技，1976(1): 12—24。

〔4〕 黄祥飞，1965。鱼池浮游动物种类与数量变动与鱼苗生长的关系(手稿)。

〔5〕 黄祥飞、陈雪梅，1979。武汉东湖的浮游动物(手稿)。

〔6〕 顾鞅凡、倪达书、柯鸿文，1960。提高鱼苗养成夏花成活率的饲养方法。 水生生物学集刊，1960(2):105—133。

〔7〕 Gophem, M., 1971. Zooplankton distribution in lake Kinneret. -Progress Report 4, Kinneret Limnol. Lab., 1—17.

〔8〕 Hall, D. J., Cooper, W. E. & Werner, E. E., 1970. An experimental approach to the production, dynamics and structure of freshwater animal communities. *Limnol. Oceanogr.*, **15**(6): 839—928.

〔9〕 Hillbricht-Ilkowska, A. and Weglenska, T. 1973. Experimentally increased fish stock in the pond type lake warniak. VII. Numbers, bio nass and production of zooplankton. *Ekol. Pol.*, **21**: 309—321.

〔10〕 Kubasta, J., 1974 Populationdynamik der Rotatorien im Lunzer Untersee. Dissert. Univ. Wien.

〔11〕 Nauwerck, A., 1963. Die Beziehungen zwischen Zooplankton im See Erken. *Sym. Bot. Upsaliensis*, **17**(5): 1—63.

〔12〕 Ruttner-Kolisko, A., 1977. Suggestion for biomass calculation of plankton rotifers. *Arch. Hydrobiol. Beih., Ergebn. Limnol.*, 8: 71—76.

〔13〕 Sebestyen, O., 1958. Biomass calculation on open water Rotaroria. *Ann. Inst. Biol. Tihany*, **25**: 267—281.

APPLICATION OF THE SIMPLIFIED METHOD OF WEIGHT DETERMINATION TO VARIOUS SPECIES OF PLANKTONIC ROTIFERS IN LAKE DONGHU, WUHAN

Huang Xiangfei

(Institute of Hydrobiology, Academia Sinica)

Abstract

Refining the simplified method of biomass calculation proposed by Ruttner-Kolisko in 1977, the present paper gives the formulae and body weights of 32 species of planktonic rotifers in Lake Donghu, Wuhan. Among them, the weight of the smallest species, *Anuraeopsis fissa*, is only 0.013 μg, while that the largest species, *Asplanchna brightwelli*, is 52.43 μg. Marked difference in individual weight may occur within the same species in different seasons and in different water bodies. The simplified method, volumetric in nature, is based on the measurements of length, width and dorsoventral depth of the body. It facilitates the weight determination of the individual organism, and thus the work of biomass calculation. The data for different species of the same genus are found to be close enough to warrant the general application of the Ruttner-Kolisko formulae, which were originally designed for the generic level only.