

# 淡水浮游生物的生物量

## ——改进浮游生物定量工作的当务之急

何志辉

(大连水产学院养殖系生物教研组)

浮游生物的定量工作中目前通行的个体计算法,对于研究个别种类的种群数量变动,还是精确的,但它不能反映水体中整个浮游生物群落丰度的真实情况。为了使浮游生物的定量资料正确地反映水层中天然饵料的丰度和组成,首先必须把各类浮游生物的个体数或细胞数换算为生物量,也就是说要把各个种类的数量乘其平均重量。

### 一、浮游植物的平均重量

浮游植物的个体极小,除特殊情形下无法直接称重,一般按体积来换算。球形、椭圆形、圆盘形、圆柱形、圆锥形、带形等等可按求体积公式直接计算,纤维形、月形、纺锤形、多角形及其他各种形状可分割为几个部分计算。由于浮游生物悬浮水中生活,其比重应近于1,因此体积可直接换算为重量数( $10^9$ 微米<sup>3</sup>=1毫米<sup>3</sup>=1毫克)。

例如:颗粒直链藻细胞平均高26微米、直径12微米,按圆柱体计算:

$V = \pi r^2 h = 2,938 \text{ 微米}^3 = 2,938 \times 10^{-9} \text{ 毫克} = 0.03 \times 10^{-4} \text{ 毫克}$ 。

栅藻细胞平均长10微米,宽(直径)3.2微米,按两个圆锥形计算:

$V = 2 \times \frac{1}{3} \pi r^2 h = 54 \text{ 微米}^3 = 54 \times 10^{-9} \text{ 毫克} = 0.005 \times 10^{-4} \text{ 毫克}$

对于形状不很规则的细胞,可按相近体形计算,如隐藻按圆台体计算,眼虫藻按一个圆台体加一个圆锥体计算,鱼鳞藻按椭圆柱体计算,余类推。

因为同一个种的细胞大小在不同的生活条件下可能有较大的差别,同一个属的细胞大小差别就更大,为了得到较准确的数值,必须从每次采集的样品中随机抽查每一种属10—20个细胞或个体,实测其大小和计算平均重量。但是,这样全面而细致的工作,并不是在任何情况下都能做到的,也不是都必需的。在我们为了指导渔业生产而确定和比较水体天然饵料现存量或施肥效果时,为了方便起见,也可实测出通用的各种属的平均重量(表1),供计算时直接使用。

在富营养型和中营养型水体的浮游生物群落中,优势种和次优势种常常很突出,它们的数量左右着整个群落的生物量,它们的生态特点也反映了整个群落的生态特点。因此,如能实测优势种和次优势种的平均重量,其他种类按表1计算,那么误差就较小了。为了减轻镜视和计算时的工作量,避免对个别种属鉴定时的困难,对于种数很多的极微型浮游生物(不是优势种或次优势种时)只要鉴定到门,再按大、中、小三级的平均重量计算生物量就可。在这种情形下这些种类在总生物量中所占比重有限,我们初步设想如下(单位 $10^{-4}$ 毫克)。

小的(如小球藻、小型栅藻细胞等等)…… 0.0005  
中的(如平裂藻群体、粉状微囊藻群体等)…… 0.002  
大的(如衣藻、栅藻群体等)…… 0.005

### 二、浮游动物的平均重量

浮游动物的平均重量有时可以直接称重,

表 1 主要浮游植物细胞的平均湿重

种 类	平均湿重 (10 <sup>-4</sup> 毫克)			计 算 公 式
	大	中	小	
<b>硅藻门</b>				
颗粒直链藻 <i>Metosira granulata</i>	0.06	0.03	0.007	$V = \pi r^2 h$
岛直链藻 <i>M. islandica</i>		0.003		$V = \pi r^2 h$
小环藻 <i>Cyclotella</i>	0.02	0.007	0.004	$V = \pi r^2 h$
细针杆藻 <i>Synedra acus</i>	0.01	0.005	0.002	$V = 2 \frac{a_1 + a_2}{2} hb$
睫毛针杆藻 <i>S. utna</i>	0.06	0.04	0.02	$V = 2 \frac{a_1 + a_2}{2} hb$
星杆藻 <i>Asterionella</i>		0.005		$V = 2 \frac{a_1 + a_2}{2} hb$
<b>金藻门</b>				
棕鞭藻 <i>Ochromonas</i>	0.007	0.003	0.001	$V = \frac{4}{3} \pi r^3$ 或 $\frac{4}{3} \pi r_1 r_2$
鱼鳞藻 <i>Mallomonas</i>	0.06	0.03	0.005	$V = \frac{4}{3} \pi r^3$ 或 $\frac{4}{3} \pi r_1 r_2$
<b>绿藻门</b>				
衣藻 <i>Chlamydomonas</i>	0.05	0.02	0.003	$V = \frac{4}{3} \pi r^3$ 或 $\frac{4}{3} \pi r_1 r_2$
实球藻 <i>Pandorina</i>	0.03	0.02	0.004	$V = \frac{4}{3} \pi r^3$ 或 $\frac{4}{3} \pi r_1 r_2$
球囊藻 <i>Sphaerocystis Schroederi</i>		0.003		$V = \frac{4}{3} \pi r^3$
空星藻 <i>Coelastrum</i>	0.008	0.003	0.001	$V = \frac{4}{3} \pi r^3$
柯氏藻 <i>Chodatella</i>	0.008	0.003	0.001	$V = \frac{4}{3} \pi r_1 r_2$
卵囊藻 <i>Oocystis</i>	0.015	0.005	0.002	$V = \frac{4}{3} \pi r_1 r_2$
栅藻 <i>Scenedesmus</i>	0.01	0.002	0.0005	$V = 2 \frac{1}{3} \pi r^2 h$
<b>甲藻门</b>				
隐藻 <i>Cryptomonas</i>	0.06	0.04	0.02	$V = \frac{1}{3} \pi h (r_1^2 + r_2^2 + r_1 r_2)$
蓝隐藻 <i>Chroomonas</i>	0.002	0.001	0.0005	$V = \frac{1}{3} \pi h (r_1^2 + r_2^2 + r_1 r_2)$
飞燕角藻 <i>Ceratium hirundinella</i>		0.5		自 Арештеин 和 Разумов
<b>眼虫藻门</b>				
壳虫藻 <i>Trachelomonas</i>	0.06	0.02	0.002	$V = \frac{4}{3} \pi r^3$ 或 $\frac{4}{3} \pi r_1 r_2$
眼虫藻 <i>Euglena</i>	0.6	0.1	0.04	$V = \frac{1}{3} \pi r^2 h + \frac{1}{3} \pi h (r_1^2 + r_2^2 + r_1 r_2)$
血红眼虫藻 <i>E. sanguinea</i>	1.0	0.6	0.15	$V = \frac{1}{3} \pi r^2 h + \frac{1}{3} \pi h (r_1^2 + r_2^2 + r_1 r_2)$
<b>蓝藻门</b>				
蓝球藻 <i>Chroococcus</i>	0.002	0.001	0.0004	$V = \frac{4}{3} \pi r^3$
平裂藻 <i>Merismopedia</i>	0.001	0.0005	0.00005	$V = \frac{4}{3} \pi r^3$
蓝纤维藻 <i>Dactylococcopsis</i>		0.0003		$V = 2 \frac{1}{3} \pi r^2 h$
粉状微囊藻 <i>Microcystis pulverea</i>	0.00004	0.00002	0.00001	$V = \frac{4}{3} \pi r^3$
铜锈微囊藻 <i>M. aeruginosa</i>		0.0005		$V = \frac{4}{3} \pi r^3$
颤藻 <i>Oscillatoria</i> (藻丝)	0.05	0.01	0.003	$V = \pi r^2 h$
鱼腥藻 <i>Anabaena</i> (藻丝)		0.001		$V = \pi r^2 h$

表2 主要浮游动物的平均重量

种 类	平均重量(毫克)	幅 度
针簇多肢轮虫 <i>Polyarthra trigla</i>	0.0003	0.00025—0.00095
长三肢轮虫 <i>Filinia longisetae</i>	0.0003	0.0002—0.00058
螺形龟甲轮虫 <i>Keratera cochlearis</i>	0.0003	0.0002—0.00033
矩形龟甲轮虫 <i>K. quadrata</i>	0.0005	0.00034—0.00081
叶轮虫 <i>Notholca</i>	0.0003	0.0025—0.003
单趾轮虫 <i>Monostyla</i>	0.0005	
镜轮虫 <i>Testudinella</i>	0.0005	0.00025—0.0009
巨腕轮虫 <i>Pedalia mirra</i>	0.002	0.0004—0.0046
须足轮虫 <i>Euchlanis</i>	0.003	0.002—0.003
角突臂尾轮虫 <i>Brachionus angularis</i>	0.0004	0.00031—0.00044
壶状臂尾轮虫 <i>B. rubens</i>	0.002	
花篮臂尾轮虫 <i>B. capsuliflorus</i>	0.002	0.0007—0.002
萼花臂尾轮虫 <i>B. calyciflorus</i>	0.006	0.004—0.0065
梳状疣毛轮虫 <i>Synchaeta pectinata</i>	0.01	0.0053—0.013
晶囊轮虫 <i>Asplanchna</i>	0.02	0.005—0.062
剑水蚤	0.03	
镖水蚤	0.06	
无节幼体	0.004	
秀体溞 <i>Diaphanosoma</i>	0.03	
晶莹仙达溞 <i>Sida crystallina</i>	0.7	0.015—0.06
长刺溞 <i>Daphnia longispina</i>	0.05	0.5—1.71
大型溞 <i>D. magna</i> 1毫米	0.04	0.045—0.14
大型溞 1.5毫米	0.23	
大型溞 2毫米	0.6	
大型溞 2.5毫米	1.5	
大型溞 3毫米	3.0	
裸腹溞 <i>Moina</i> 0.5毫米	0.007	
裸腹溞 1毫米	0.05	
裸腹溞 1.5毫米	0.2	
象鼻溞 <i>Bosmina</i>	0.02	0.006—0.06

有时只能按体积计算。有些构造比较复杂的种类，不宜按图形计算，最好用特殊的仪器按排出的水量测定体积。我们根据国内外资料结合自己的体会。列出常见种属和各大类浮游动物的平均重量(表2、表3)。

### 三、生物量和个体数在应用上的比较

近几年我们在研究鱼池水的肥度的生物等级等问题时，深感个体数的一系列不足之处。有时花很大气力求得的浮游植物数量值，还不如看水色有效。如金州鱼种场白鲢亲鱼培育池，6月7日水色淡绿，浮游植物数量3,160万/升。13日施磷肥，14日水色转褐绿并且明显增浓，但浮游植物数量却减到2,110万/升。换算为

表3 浮游动物各大类的平均重量(毫克)

种 类	小 型	中 型	大 型	特大型
原生动物		0.00003		
轮虫类	0.0003	0.0008	0.005	0.02
枝角类	0.02	0.05	0.2	1.3
桡足类	0.01	0.03	0.09	0.2

- 注：1.枝角类和桡足类小型0.5毫米，中型1毫米，大型1.5毫米。  
 2.桡足类的无节幼体为0.004不在表内，桡足幼体按小型桡足类计算。  
 3.特大型轮虫指晶囊轮虫等，枝角类和桡足类指2毫米以上的种类。

生物量后就清楚了。原来7日的优势种为体形小的胶鞘藻(*Phorimidium*)，14日的优势种转为啮蚀隐藻(*Cryptomonas crosa*)和孟氏小环

藻 (*Cyclotella Meneghiniana*), 后两种的体积平均约为前种的 20 倍和 10 倍。实际上施肥一天后浮游植物量几乎增长一倍(表 4)。

表 4 金州鱼种场 6 号池浮游植物的数量(万/升)和生物量(毫克/升)

日期	种类	甲藻	硅藻	金藻	眼虫藻	绿藻	蓝藻	总计
6月7日	数量	500	210	80	10	210	2,150	3,160
	生物量	9.1	1.1	0.2	0.1	1.5	4.2	16.2
6月14日	数量	700	460	20	130	690	110	2,110
	生物量	16.8	615	0.1	4.1	3.0	0.2	30.7

个体数也难指示肥水的质量(水华类型)。如金州鱼种场 3 号鱼种池 8 月 15 日水色褐绿,水面下风隅有一层由血红眼虫藻 (*Euglena Sanguinea*)形成的红膜。检查白鲢鱼种消化道也堵塞这种藻。但是按个体数却是蓝藻占绝对优势——占总数 91%。这显然与事实不符。换算为生物量后眼虫藻占 65%, 蓝藻仅占 17%。因为一个血红眼虫藻约等于五百多个小型蓝藻。

以上例子足以说明,生物量较之个体数有着难以比拟的优点。但是,生物量只能反应水体浮游生物的现存量,而真正表示水体供饵能力的应当是它的生产量——一定时间内浮游生物的增长量。现存量和生产量有密切的联系,但又不完全相同。有时由于被鱼类等强烈滤食,生产量很高而现存量并不高,有时由于未被充分利用剩余下来的构成很高的现存量而实际上生产量却很低。此外,浮游植物的细胞越小,通常光合强度越大。小型浮游动物的繁殖速度也较大型的快得多。因此,有时生物量较低的由小型种类占优势的浮游生物群落,其生产量却高于大型种类占优势的生物量较高的浮游生物群落。但多数是一致的。特别是在浮游动物方面,由于测定各类种群的生产量非常复杂,常常要利用已有的  $P$ (生产量)/ $B$ (生物量)系数按生物量来估计生产量。浮游植物的生产量虽然可以用黑白瓶法较简便地测定,但也必须配合生物量的测定才能了解种类组成和被利用程度。

#### 四、工作量问题

现在的浮游生物定量工作,再加上换算生物量,工作量就更大,但把个体数或细胞数换算为生物量并不需要花很多时间和精力,问题是镜视时要改变现行的按门类计算个数的做法。仅有各门或大类的个数和总个数的数据既无实际意义,又无法换算为生物量。但是全部按种属计数,工作量和难度过大,不易推广。在一般情形下,前述的计算优势种,次优势种和计算各门数量相结合的方法,可能是比较适用的。

其次,现行的定量方法中有些环节如果合理安排是可以减轻工作量的。如浮游植物的镜视计数过程可大为简化。计算视野法较之计算全片或一定方格或横条不但简便并且精确。每次镜检 300 个视野的指标,总的说来是偏高的。视野数可根据样品的浓度来拟定。每个视野平均不超过 1—2 个个体,需观察几百个视野,平均有 5—6 个小时,100 个视野就够了,平均有十几个小时,50 个视野就够了。总之,每片能计算 600—1,000 个体就够了。镜视计数是整个定量工作中最繁重的一环,合理掌握视野数,是提高工作效率的关键。

目前浮游植物的定量数据常常精细到百位、十位甚至个位,这种按推算得来的数字没有实际意义,且增加计数和计算生物量时的麻烦,必须改变。在一般湖泊、水库、河流的定量调查时,有效数字可以用万位,在肥水鱼池浮游植物总数达到每升几千万到几亿个以上时,用十万位、百万位、甚至千万位均可。

#### 五、精确度问题

当前浮游生物的各种定量方法(生物量、叶绿素量、含碳量等等)都存在着尚难克服的较大误差。如果注意到天然水体浮游生物量因在空间分布上的不均匀和在时间上的变化,所引起的样品和总体之间的相当大的误差,我们对于镜视计算数据就可以有一个实事求是的认识——它们实际只能是相对量或估计量。我们

(下转第 46 页)

(上接第 56 页)

提出的一些简化生物量和工作量的设想也都以此为基础。浮游生物量的估计又在一定准确度上反映了客观事实。因为淡水水体浮游生物量的幅度宽广，浮游植物量从贫营养型湖的每升不到 1 毫克到肥水池塘的每升几百毫克，差别

可达几百倍甚至几千倍。浮游动物情况也与此类似。同一水体浮游生物量的变化通常也是十分显著的。同时鱼类对饵料基础变化的反应也是以某一个幅度为基础的。前述的定量数据完全可以把这种差别和变化反映出来，是可以指导渔业生产的。