

综 述

# 水生龟鳖类能量生态学研究进展

## ECOLOGICAL ENERGETICS IN AQUATIC CHELONIAN REPTILES

谭洪新 施正峰 朱学宝

TAN Hong-Xin, SHI Zheng-Feng, ZHU Xue-Bao

(上海水产大学水族馆科学研究所, 200090)

(*Research Institute of Aquarium Sciences, SFU 200090*)

关键词 龟鳖类, 能量生态学

KEYWORDS chelonian, ecological energetics

中图分类号 S931.1

能量生态学(ecological energetics)是以研究能量物质在生物体内的转化和分配及其与环境因子之间的关系为起点,最终阐明生态系统中不同营养级之间的能量流动的科学。开展能量生态学研究,阐明水生龟鳖类的能量需求、能量收支各组分的定量关系、主要生态因子对各组分分配的影响、调节能量分配的生理生态学机制、能量的摄取、吸收、转换及利用效率,不仅有助于提高养殖科学理论水平,指导养殖业的发展及科学管理,而且对龟鳖类的资源管理、评估龟鳖类在生态系统中的作用也具有重要意义。恒温动物的能量生态学研究较早,许多学者建立了鸟类和哺乳类的能量模式,随着生态系统研究的不断深入,爬行动物在生态系统中的作用越来越引起学者的重视,其中关于水生龟鳖类能量生态学方面的研究却较少,开展对水生龟鳖类能量生态学的研究,对提高龟鳖类的人工养殖、集约化养殖工艺和技术的改革、天然资源合理开发与管理有极大的指导作用。本文拟对水生龟鳖类能量生态学的研究现状和主要成果进行综述,以便今后加快水生龟鳖类能量生态学的研究,促进理论研究成果向实际应用的转化。

### 1 水生龟鳖类胚胎发育的能量生态学

研究水生龟鳖类在孵化过程中的气体代谢、孵化过程中含能物质的利用和转化、环境因子对孵化期的能量的吸收利用和转化过程的影响有重要生理生态意义,也是水生龟鳖类人工繁殖、稚鳖养殖的关键技术。

卵生爬行动物卵的能量一部分用于胚胎发育与生长,另一部分作为剩余卵黄(posthatching yolk)供幼仔的活动和生长所需[Congdon 和 Gibbons 1990]。水生龟鳖类的卵黄不仅为其胚胎发育与生长提供能量和营养物质,而且仍有一部分未被利用剩余卵黄为其早期的生长发育提供能量和营养物质[Troyer 1983],如龟(*Caretta caretta*)在开始摄食之前均由剩余卵黄提供能量[Kraemer 和 Bonnett 1981],某些淡水龟幼仔须依赖剩余卵黄提供越冬能源[Bellairs 等 1955],剩余卵黄重量和卵黄斑大小与禁食时间呈显著直线负相关,在龟鳖类幼体的养育中可通过观察卵黄斑大小的变化,推断剩余卵黄的利用情况,从而确定投饵日期和投饵量[由文辉和王培潮 1994a]。

水生龟鳖卵黄中所含脂肪主要有三个分配途径:一部分转入幼仔体内,构成幼仔的身体组织;另一部分保留在剩余卵黄内,等幼仔出壳后利用;第三部分为胚胎发育提供代谢能。龟鳖类卵内脂肪约有50%进入剩余卵黄和幼仔体内[Congdon 和 Tinkle 1982],淡水龟鳖类卵黄内脂肪含量为23.5%~33.8%[Congdon 和 Gibbons 1990]。卵内脂肪主要成分是三酰甘油酯(70%~87%)[Ballinger 等 1992],而卵磷脂仅占较少部分,如蛇鳄龟(*Chelydra serpentina*)为7.2%[Rowe 等 1995]。由于种类的差别、孵化环境(如水份和温度)的变化,卵黄中脂肪的代谢率有差异,相应的胚胎发育期卵黄脂肪的利用率也有差异[Janzen 1990]。龟鳖类卵黄中脂肪酸的数量和组成的变化,与日粮和体内脂肪积累有关,如,锦龟(*Chrysemys picta*)很可能直接从无脊椎动物、脊椎动物和植物等食物中获取脂肪酸[Crawford 1994]。

剩余卵黄内蛋白质、矿物质含量均较高,可供新生幼仔鱼身体组织的构建[Troyer 1987],剩余卵黄中的蛋白质约有55%用于组织构建[Wilhoft 1986],蛋白质和脂肪以相近的比率被利用。

龟鳖类卵在孵化早期,卵龄增大,胚胎耗氧量增加缓慢;中期,耗氧量增加迅速;而晚期耗氧量增加缓慢且有不规则性。这是由于胚胎发育中胚胎肌肉活动的结果。由于鳖龟类之受精卵埋藏在沙中孵化,胚胎发育时获得氧气和排出二氧化碳是以沙粒上的水份为介质的,故卵的孵化中保持一定湿度,使沙粒表面经常呈现密布的水份对于孵化是十分重要的,研究胚胎发育与气体代谢的关系及环境条件对胚胎发育的影响,对提高孵化成活率,减少畸形率有重要意义。

爬行动物在胚胎发育过程中所需要的钙、镁元素由卵黄、卵清和卵壳提供。但各物质在胚胎发育中提供的钙和镁的数量存在种间差异[Packard M J 和 Packard G C 1984]。龟鳖类、鳄类同鸟类相似,其卵内含物中所含钙量不足以提供胚胎正常发育所需的量,需从卵壳中吸收一部分钙质,龟鳖类、鳄类和鸟类胚胎发育过程中所需钙有50%~80%来自卵壳,如乌龟的卵壳提供了钙总需求量的54.07%[由文辉和王培潮 1994b],可见,卵壳是重要钙源。而陆生爬行动物,如蜥蜴、蛇等有鳞类,其胚胎发育过程中所需钙全部来自卵内含物(主要来自卵黄)。卵内含物是乌龟胚胎发育的主要镁源,乌龟仔龟的镁的87.74%由卵内含物提供,卵壳仅提供12.26%[由文辉和王培潮 1994b]。关于微量元素代谢与胚胎发育中能量生态学的关系文献不多。

## 2 摄食和吸收

对大多数龟鳖类的研究[Alexander 1943, Ferguson 等 1983]表明:随年龄的变化,日粮也发生变化,幼仔以肉食性为主,当长大后,主要为杂食性或植食性,食物组成也随季节和栖息水域而变化。日粮发生变化是由于其生理需求的改变所引起的,当生长时它们需要更多更丰富的

食物供应,且用很少时间和能量即可获得,故食物的可得性也是一个影响因素。野生龟、鳖都是以摄食动物性饵料为主,在人工集约养殖情况下,除摄食动物性饵料外,还摄食植物性或动植物混合饵料。龟鳖在水中喜食软体动物的螺、蚌、节肢动物及活动不自如的病鱼和死鱼。

爬行动物的摄食活动受环境温度控制,当环境温度低于一定值时,消化道蠕动速度减慢、食欲低、消化液及胃酸分泌量减少、酶活性降低,食物消化时间延长[Avery 1984]。龟鳖类摄食的最适温度方面的研究较多,如,中华鳖的最适温度范围为25~32℃[蔡兆贵 1986年中译本],当水温高于或低于正常活动温度范围时,停止摄食。Moll 和 Legler[1971]研究了108种龟鳖的适应温度在22.5~34.4℃之间,淡水龟鳖类在水温20~32℃之间一般均摄食,且在适温范围内,摄食率随温度增加而增加。

摄食水平可分为,维持摄食量是使龟鳖类体重既不增加也不减少的摄食水平。最佳摄食量是指当生长与摄食之比为最高时的摄食水平。最大摄食量是在食物不受限制时的摄食水平。

爬行动物的消化吸收率随食物种类不同而变化,肉食性一般为70%~98%(较高的消化率是由食肉爬行动物的消化特征决定的),食草种类为30%~50%,幼龟摄食同一类型食物(动物)的消化率相似,温度对幼龟消化率的影响也不显著[由文辉等 1993],这是因为:一定的高温虽可使动物消化液分泌量、消化酶活性、肠道蠕动幅度及节律加大,但低温却使食物在消化道中滞留时间延长,因此可相对延长食物消化时间,借以部分补偿低温给消化带来的不利。食物的消化时间受温度的影响,如幼龟的食物消化时间随环境温度升高呈线性递减趋势[由文辉等 1993],体重和食物种类对消化时间也有影响,其它因素相同时,一般二龄龟鳖的消化时间均大于一龄龟鳖。目前,研究消化率的方法主要有:喂饲法、野外调查法、染色法、X射线法和同位素法。水温、鳖体大小、摄食强度、生理状况、食物大小和种类、食物的可消化性和脂肪含量及组成都会影响消化吸收率。

排粪能的测定主要通过收集粪便量来测定,水生龟鳖类的粪便收集同于鱼类粪便收集,但也存在一些问题,主要是粪便在水中积累所出现的能量流失问题,Beamish[1972]在研究了大口黑鲈(*Micropterus salmoides*)后指出,其粪便在水中积累24h后,粪便中的蛋白氮有18%损失于水中,而Elliott[1976]研究鳟(*Salmo trutta*)的粪便在水中积累24h后,能量损失仅为1%~4%,目前关于水生龟鳖类排粪及粪便在水中的能量损失的有关研究较少,但可以肯定的是,在收集及过滤粪便之前,粪便中有一部分物质会溶于水中,在较长期的生长实验中,很难采用精确的方法测定排粪量。

### 3 排泄

蛋白质代谢的终产物以氮排泄物的形式排出体外。龟鳖类既不象大多数的陆生爬行类把氮排泄物以尿酸的形式排出,也不似真骨鱼的氮排泄物以氨为主,一般来说,龟鳖类的氮排泄与水的可利用性有密切关系,龟鳖类的氮排泄方式可分为三大类,第一类,水生和半水生种类,其氮排泄物以氨和尿素为主;第二类,生活在潮湿环境中的陆生种类以排尿素为主;第三类,生活在旱地环境的陆生种类以排尿酸为主。

生化研究表明,所有水生龟鳖类都有尿素循环也叫鸟氨酸循环,通过该循环能产生尿素,而在以排尿酸为主的旱地种类体内却缺少鸟氨酸的循环途径[Baze 和 Horne 1970]。

关于排泄率与摄食率、温度和体重的关系研究不多。本人对中华鳖幼鳖的研究表明,温度

对其排氨率、排尿素率、总排泄率有显著影响,同时对排氨率占总排泄率的比率也有影响。

在生物能量学中,龟鳖的氨、尿素等氮排泄物的能值系数,氨的能值为24.83J/mg-N;尿素的能值为23.03J/mg-N[Elliott 1976]。氨的测量方法采用次氯酸钠盐法;尿素的测量方法采用脲酶-Berthelot 比色法。

## 4 代谢

龟鳖类的代谢能可由以下几个部分组成,标准代谢(standard metabolism,  $R_s$ )是龟鳖类在禁食、安静状况下所保持的最低代谢水平;活动代谢(activity metabolism,  $R_a$ )是指龟鳖类以一定强度做位移运动时所消耗的能量;特殊动力作用(specific dynamic action, SDA)是指动物摄食后,代谢率增加,这增加的能量称为特殊动力作用。

龟鳖类的代谢耗能占同化能的很大部分,可见代谢耗能是龟鳖类很重要的一项能量支出,对龟鳖类能量代谢的研究无论从进化、生理和生态的角度都具有十分重要的意义[Bennet 1976]。体重、禁食和喂食、活动及摄食、温度和季节等对代谢有影响。代谢耗能可用耗氧量来表示,拟合陆生蜥蜴(*Uta stansburiana*)的体重和耗氧的关系式为  $Q_{O_2} = 133W^{1.03}$  ( $W$ —体重、 $Q$ —耗氧量),表明耗氧率随体重呈指数增长。在正常生活状态下,中华鳖主要依靠空气呼吸摄氧,水呼吸仅占总呼吸摄氧量的2.68%左右,呼吸摄氧率无显著昼夜变化[张延军等 1996],而在强制性潜水条件下,中华鳖幼鳖的单位体重耗氧率( $V$ )与体重( $W$ )之间为负相关,  $V = 88.125W - 0.3686$  ( $r = 0.80, n = 26, P < 0.001$ )[牛翠娟等 1994]。乌龟的耗氧量随禁食时间的增加而相应地下降,禁食第1天的耗氧量相当于饱食状态下的95.65%,到第19天,则仅相当于饱食时的27.57%[卢波和王培潮 1993]。表1列举了部分龟鳖幼仔的耗氧率。

表1 部分龟鳖类幼仔的耗氧率

Tab. 1 The oxygen consumption rate of some juvenile aquatic chelonian

种 类	VO <sub>2</sub> (mL/kg·h)	水温(°C)	资料来源
龟( <i>Caretta caretta</i> ) (X=21.7)	210	24	Lutcavage 和 Lutz, 1986
棱皮龟( <i>Dermohelys coriacea</i> ) (X=52.9)	286	24	Lutcavage 和 Lutz, 1986
锦龟( <i>Chrysemys picta</i> ) (X=4.25)	186	25	Lynn 和 von Brand, 1945
蛇龟( <i>Chelydra serpentina</i> ) (X=7.18)	106	25	Lynn 和 von Brand, 1945
东方动胸龟( <i>Kinosternon subrubrum</i> ) (X=3.42)	178	25	Lynn 和 von Brand, 1945
海龟( <i>Chelonia mydas</i> ) (X=30.9)	99	25	Prange 和 Ackerman, 1974
锦龟属一种( <i>Chrysemys p. marginata</i> ) (X=12.17)	211	25	Lynnette 等, 1988
乌龟( <i>Chinemys reevesii</i> ) (X=6.43)	130.2	25	卢波和王培潮, 1993

爬行动物具有随温度升高  $Q_{10}$  (水温升高10°C, 动物耗氧率的增加倍数)降低的现象。在一定温度范围内有些龟鳖类的代谢率可以不受温度的影响,即  $Q_{10} = 1$ ,甚至有些动物会随温度升高而降低代谢率,一般来说,动物在不能正常活动的低温范围内,  $Q_{10}$  会随温度升高而升高,而在能正常活动的温度范围内  $Q_{10}$  降低。红耳龟的  $Q_{10}$  在20~25°C为3.24, 25~30°C为1.92, 30~35°C为1.37。本人研究中华鳖幼鳖的  $Q_{10}$  表明,在20~25°C时为4.79, 25~31°C为2.30, 在31~35°C为1.93,表明温度升高代谢耗能率不随温度同步升高,在温度升高时,  $Q_{10}$  减少。

龟鳖类在冬眠和夏蛰时有代谢抑制现象,即在恶劣条件下为节约能量,其代谢率低于标准

代谢。随环境温度的下降其代谢率降低,当温度降到代谢率低于标准代谢时,即进入冬眠状态,从而能量支出降到最低。生活在干旱地区的龟鳖类具较长时间的夏蛰期,在高温下的代谢抑制有利于降低代谢率,减少水分损失、节约能量,如果高温伴以高代谢,易引起氮废物在体内的积累、水分易流失,不利于存活,处于夏蛰状况的龟鳖类,其代谢率仅占标准代谢的20%~30% [Withers 1993],如长颈龟属一种(*Chelodina rugosa*)夏蛰时的代谢率仅相当于标准代谢的28%,且其代谢抑制与饥饿状态无相关性[Rod Kennett 1994]。关于代谢抑制的生化机制,不同种类在出现代谢抑制时,其代谢率所占标准代谢的比例存在相似性的原因,目前研究不多 [Withers 1993],但其生态学意义是明显的,即代谢率的降低,减少了能量物质的消耗,从而提高夏蛰动物的成活率。

龟鳖类在取食后代代谢率有所升高,这种现象被称为特殊动力作用[Lynnette 等 1988]。Jobling [1983]在综述大量鱼类以及兽类有关文献的基础上,对 SDA 的调节机制进行了理论上的探讨,他提出:SDA 现象是摄食后体内蛋白质合成周转率短期内上升所引起的,这个过程通过食物诱导体液中甲状腺激素水平的改变来实现和调节。这个假说既可解释摄食能直接诱导 SDA 产生的原因,又可解释 SDA 与生长及蛋白质的合成和分解密切相关的现象,是比较合理的。但目前对于水生龟鳖类的相关实验数据较少,因此,研究龟鳖类的 SDA、蛋白质合成率和甲状腺活动规律之间的关系,阐明相互联系的生理生化机制,具有十分重要的理论意义。

Elliott 和 Davison [1975]综述了大量资料表明,日粮中的蛋白质、脂肪和糖的比例、排泄物的组成对氧的能值转换系数有影响,其中蛋白质的影响最明显,牛翠娟等 [1994]在研究中华鳖时,氧的能值转换系数采用  $20.08\text{J}/\text{mL}\text{-O}_2$  [Crisp 1989]。一般来说,碳水化合物的氧化系数为  $3.53\text{cal}/\text{mg}\text{-O}_2$ ,脂肪的氧化系数为  $3.28\text{cal}/\text{mg}\text{-O}_2$  [Diem 和 Lentner 1970],蛋白质的氧化系数与蛋白质含量及氮排泄物的组成有关,尿素代谢和尿酸代谢动物为  $3.25\text{cal}/\text{mg}\text{-O}_2$ ,氮代谢为  $3.20\text{cal}/\text{mg}\text{-O}_2$ ,若用氮排泄物量来推测代谢率,其转换系数为:氮代谢动物  $0.62\text{cal}/\text{mg}$ ,尿酸代谢  $0.94\text{cal}/\text{mg}$ ,尿素代谢  $0.58\text{cal}/\text{mg}$ 。目前关于水生龟鳖类的能值转换系数报导较少,研究转换系数与日粮成分及氮排泄物的关系对构建能量收支式有重要的意义。

## 5 生长

爬行动物的生长模式不同于恒温动物,具有持续性和不确定性[Avery 1984]。龟鳖类的生长与其它爬行动物的生长类型相似,幼仔生长较快,达性成熟后生长减慢,常出现不确定生长。von-Bertalanffy 模型对龟鳖类生长模式有最好的适合度[Rod Kennett 1996],如 Ernst [1971]建立的锦龟(*Chrysemys picta*)的生长模式表明:生长率随体重增加而减少,当个体达性成熟时,生长率有显著下降。性别两态性在龟鳖类普遍存在,如淡水龟鳖类雌体普遍大于雄体[Gibbons 和 Lovich 1990],Webb [1962]研究发现鳖属(*Trionyx*)种类的生长率在开始性成熟时,生长率显著下降,这是因为雌鳖进入性成熟后需大量能量转化为卵母细胞卵黄的积累量。影响水生龟鳖类生长的环境因素主要有温度、光周期、食物种类等,当温度低于一定值时,生长率呈负值,当温度达到一定值时,动物所摄食的能量既能满足正常代谢消耗,又能将剩余部分转化为生长能,且在一定温度范围内,生长率随水温升高而增加,如乌龟在  $20\sim 30^\circ\text{C}$  范围内,幼龟生长率随温度升高而增加[由文辉等 1993]。养殖实验结果表明,中华鳖个体重为  $250\sim 400\text{g}$  是生长优势阶段。

## 6 生物能量学模型

生物能量学模型是根据能量收支式建立的,可以用于预测动物在不同环境下的生长率或能量收支的其它组分。爬行类的生物能量模型的建立,主要集中在陆生变温脊椎动物,而对水生龟鳖类的生物能量模型的建立方面研究报导较少。由于能量分配模型受环境因子的影响较大,还需做大量的基础工作,收集大量的基础数据,以期推算具普遍性的生物能量模型。

### 参 考 文 献

- 牛翠娟,张延军,孙儒泳. 1994. 中华鳖幼鳖的能量代谢(I)水中呼吸及其与温度、体重的关系. 北京师范大学学报, 30(4): 536~539.
- 卢波,王培潮. 1993. 喂食和禁食对仔龟代谢率影响的比较. 华东师范大学学报, 2:109~112.
- 由文辉,卢波,王培潮. 1993. 环境温度和食物种类对乌龟幼仔生长和消化的影响. 动物学研究, 14(2):136~142.
- 由文辉,王培潮. 1994a. 乌龟胚胎及仔龟的卵黄代谢. 动物学研究, 15(3):45~50.
- 由文辉,王培潮. 1994b. 乌龟胚胎发育过程中钙、镁代谢的研究. 动物学杂志, 29(4):20~22.
- 张延军,牛翠娟,孙儒泳. 1996. 中华鳖幼体呼吸代谢的初步研究. 动物学研究, 17(2):147~151.
- 蔡兆贵(译). 1986. 甲鱼——习性和新的养殖法. 长沙:湖南科技出版社. 11~14.
- Alexander M. 1943. Food habits of the snapping turtle in connecticut. J Wildl Mgmt. 7:278~282.
- Avery R A. 1984. Physiological aspects of lizard *Lacerta vivipara*. J Zool. 169: 157~167.
- Ballinger R E, Holy L, Rowe J W, et al. 1992. Seasonal changes in lipid composition during the reproductive cycle of the red-chinned lizard, *Sceloporus undulatus undulatus erythrocheilus*. Comp Biochem Physiol. 103B:57~531.
- Baze W B, Horne F R. 1970. Ureogenesis in chelonia. Comp Biochem Physiol. 34:91~100.
- Beamish F W H. 1972. Ration size and digestion in largemouth bass, *Micropterus salmoides*. Can J Zool, 50: 153~164.
- Bellairs R I. 1955. Placentation in the adder, *viper berus*. Nature, 176:657~658.
- Bennett A F. 1976. Metabolism, In: Gans C, ed. Biology of the reptilia, Vol. 5 New York: Academic press.
- Congdon J D, Tinkle D W. 1982. Reproductive energetics of the painted turtle (*Chrysemys picta*). Herpetologica. 38:228~237.
- Congdon J D, Gibbons J W. 1990. Turtle eggs: their ecology and evolution. In: Life History and Ecology of the Slider Turtle (Edited by Gibbons J W), PP. 109~123. Smithsonian Institution Press, Washington, D C.
- Crawford K M. 1994. Patterns of energy substrate utilization in overwintering painted turtle, *Chrysemys picta*. Comp Biochem Physiol. 109A, 495~502.
- Crisp D J. 1989. Energy flow measurements In: Methods for the study of marine benthos, edited by A. Eleftherioce and N A Holme. IBP handbook No. 16 pp. 284~372. Blackwell scientific publications, Oxford and Edinburgh.
- Diem K, Lentner C. 1970. Documenta Geigy. scientific tables, 7th edition. Basle: Ciba-Geigy.
- Elliott J M, Davison U. 1975. Energy equivalents of oxygen consumption in Animal Energetics. Iecologia 19: 195~201.
- Elliott J M. 1976. Energy losses in the waste products of brown trout (*Salmo trutta L.*). J Anim Ecol, 45:561~580.
- Ernst C H. 1971. Growth of the painted turtle, *Chrysemys picta* in Southeastern Rennsyl-Vania. Herpetologica, 27:135~141.
- Ferguson G W, Hughes J L, Brown K L. 1983. Food availability and territorial establishment of juvenile *Sceloporus undulatus*. In: R B Huey, E R Pianka, T W Schoener (eds.), Lizard Ecology, Studies of a model organism. pp. 134~148. Harvard Univ. Press, Cambridge, Massachusetts.
- Gibbons J W, Lovich J E. 1990. Sexual dimorphism in turtles with emphasis on the slider turtle (*Trachemys scripta*). Herpetol Monogr. 4:1~29.
- Janzen F J. 1990. Mobilization of lipid and protein by embryonic snapping turtles in wet and dry environments. J exp Zool. 255:155~162.
- Jobling M. 1983. Towards an explanation of specific dynamic action (SDA). J Fish Biol, 23:549~555.

- Kraemer J E, Bonnett J S. 1981. Utilization of posthatching yolk in loggerhead sea turtles, *Caretta caretta*. *Copeia*, 406~411.
- Lutcavage M, Lutz P L. 1986. Metabolic rate and food energy requirements of the leatherback sea turtle, *Dermochelys coriacea*. *Copeia*, 796~798.
- Lynnette S M, Sievert G A, Cupp P V Jr. 1988. Metabolic rate of feeding and fasting Juvenile midland painted turtles, *Chrysemys picta Marginata*, *com Biochem physiol.* 90A(1):157~159.
- Lynn W G, von Brand T. 1945. Studies on the oxygen consumption and water metabolism of turtle embryos. *Biol Bull.* 88: 112~125.
- Moll E O, Legler J M. 1971. The life history of a neotropical slider turtle, *Pseudemys scripta* (Schoeff) in Panama, *Bull Los Angeles Co Mus Nat Hist (sci)* 11:1~102.
- Packard M J, Packard G C. 1984. Comparative aspects of calcium metabolism in embryonic reptiles and birds. In *Respiration and Metabolism in Embryonic Vertebrates*. R S Seymour, Dr W Junk eds. 155~179.
- Prange H D, Ackerman R A. 1974. Oxygen consumption and mechanism of gas exchange of green turtle (*Chelonia mydas*) eggs and hatchlings. *Copeia*, 1974: 758~763.
- Rod Kennett. 1994. Metabolic depression in estivating long-neck turtles (*Chelodina rugosa*). *Physiological Zoology.* 67 (5): 1087~1102.
- Rod Kennet. 1996. Growth models for two species of freshwater turtle, *Chelodina rugosa* and *Elseya dentata*, from the wet-dry tropics of northern Australia. *herpetologica*, 52(3):383~395.
- Rowe J W, Lisa Holy, Royce E. Ballinger, et al. 1995. Lipid provisioning of turtle eggs and hatchlings: total lipid, phospholipid, triacylglycerol and triacylglycerol fatty acids. *Comp Biochem Physiol.* 112B, 323~330.
- Troyer K. 1983. Postatching yolk energy in a lizard; Utilization pattern and intercluth Variation. *Oecologia*, 58: 340~344.
- Troyer K. 1987. Posthatching yolk in a lizard; Internalization and contribution to Growth, *J. Herpetol.* 21(2):102~106.
- Webb R G. 1962. North American recent soft-shelled turtles (family Trionychia). *Publ Mus Nat Hist Univ Kans.* 13:429~611.
- Wilhoft D C. 1986. Eggs and hatching components of the snapping turtle (*Chelydra serpentina*). *Comp Biochem Physiol.* 84A, 484~486.
- Withers P C. 1993. Metabolic depression during aestivation in the Australian frogs, *Neobatrachus* and *Cyclorana*. *Aust J Zool.* 41: 467~473.

## 第三届世界华人鱼虾营养学术研讨会 在上海水产大学胜利闭幕

在海内外从事鱼虾营养和饲料研究的华人学者的共同努力下,第三届世界华人鱼虾营养学术研讨会(简称“世华会”)于1998年9月16~18日在上海水产大学隆重举行。会议由上海水产大学和中国水产学会共同主办,来自美国、泰国、中国台湾省、香港特区和大陆的219位代表参加了此次研讨会。研讨会以学术交流为目的,进行了鱼虾营养需要、鱼虾营养生理、饲料研究、鱼虾饲料添加剂的开发和利用、饲料源和生物饵料培养等方面的学术讨论与交流,展示了近年来世界炎黄子孙在这一研究领域的丰硕成果。几乎所有国内外著名的华人鱼虾营养学家都参加了此次研讨会,因而本届“世华会”具有较高的学术水准。会议还选择了94篇论文结集出版了《第三届世界华人鱼虾营养研讨会论文集》。下一次“世华会”将在中国科学院水生生物研究所举行,与会代表纷纷表示:希望2001年在湖北武汉再次相聚。

《论文集》16开,426页,定价50元(邮寄加5元),尚有部分多余,需购者请联系。联系人:王道尊(上海水产大学渔业学院,200090)。

(上海水产大学 朱旺明)