

# 2011 年春季黄、东海墨绿多管水母 (*Aequorea coerulescens*) 分布特征\*

王彦涛<sup>1,2</sup> 孙松<sup>1,3</sup> 王世伟<sup>3</sup> 王敏晓<sup>1</sup> 张光涛<sup>3</sup>

(1. 中国科学院海洋研究所海洋生态与环境科学重点实验室 青岛 266071; 2. 中国科学院研究生院 北京 100049;  
3. 中国科学院海洋研究所山东胶州湾海洋生态系统国家野外科学观测研究站 青岛 266071)

**提要** 2011 年 4 月在黄、东海的大面调查中观测到一种多管水母大量发生, 在现场通过表层目测计数了其分布特征, 采集现场样品测量了伞径、湿重和干重, 并结合水文数据分析了其分布与水团的关系。经鉴定, 该种为水螅水母纲、软水母亚纲、锥螅水母目、多管水母科、多管水母属、墨绿多管水母(*Aequorea coerulescens*)。在 69 个站位中, 有 11 个站位出现, 出现率 16%, 主要在东海南部近岸海域。个体伞径在 17.40—142.00mm 之间, 湿、干重分别在 3.07—75.47g 和 0.12—3.06g 之间, 湿、干重与伞径呈现显著的指数关系。碳含量占干重的  $3.15\% \pm 0.56\%$ , 氮含量占干重的  $14.44\% \pm 2.65\%$ , 碳氮比为  $4.58 \pm 0.30$ 。伞径和温度、盐度显著相关。作者认为, 墨绿多管水母来源于舟山群岛附近海域, 受海流的作用, 输送到观测海域; 离源地越远的站位, 由于生长时间长, 水母伞径增大。

**关键词** 黄、东海, 墨绿多管水母, 地理分布, 伞径, 干重, 碳氮比

**中图分类号** Q178.1; Q958.885.3

近年来, 水母类在很多海域大量出现, 受到全球学者的广泛关注(Uye, 2008; Purcell *et al*, 2010)。研究表明, 水母大量出现对经济、社会和生态环境造成严重影响: 与鱼类存在竞争, 危及渔业资源(Purcell *et al*, 2001); 堵塞沿岸工业循环水系统和渔网, 干扰正常生产(Uye *et al*, 2004; Purcell *et al*, 2007); 另外, 水母暴发也影响了海水浴场的正常运行。自 20 世纪 90 年代起, 东北北部及黄海海域发生大型水母连年暴发的现象, 其中以 2003 年最为严重(丁峰元等, 2007)。我国针对大型水母生态学问题的研究较少(张芳, 2008)<sup>1)</sup>, 深入了解大型水母在自然海域的生活史过程、不同种的分布特征, 对研究其生态影响、预测暴发过程至关重要(Sun *et al*, 2011)。

全球大量发生的水母种类包括沙海蜇(*Nemopilema nomurai*)、海月水母(*Aurelia aurita*)、霞水母

(*Cyanea* sp.)、多管水母(*Aequorea* sp.)等, 它们暴发的区域各不相同。几个典型的海区水母暴发的情况分别是: 日本海大量发生沙海蜇、海月水母、咖啡金黄水母(*Chrysaora melanoter*)和银币水母(*Porpita* sp.) (Uye *et al*, 2004); 纳米比亚北部的本格拉海流区域发生罗盘金水母(*Compass hysoscella*)和多管水母(Lynam *et al*, 2006); 北美发生珍珠水母(*Phyllorhiza* sp.)和入侵种——原产于中东黑海的帽铃水母(Graham *et al*, 2003; Purcell *et al*, 1999); 黄、东海及长江口发生沙海蜇、霞水母、海月水母和多管水母(程家骅等, 2005)。我国近海危害较大的种类主要是沙海蜇、海月水母和霞水母, 多管水母暴发的频率和程度都比较低, 当前的研究也比较少。

多管水母最初因为能够提取绿色荧光蛋白(Green Fluorescent Protein)而受到关注(Prendergast *et al*,

\* 国家重点基础研究发展计划(973)项目, 2011CB403601 号; 中国科学院知识创新工程重要方向项目群, KZCX2-YW-Q07-05 号; 国家海洋公益性行业科研专项经费项目, 201005018 号。王彦涛, 博士研究生, E-mail: wangyt2006@gmail.com

1) 张芳, 2008. 黄东海胶质浮游动物水母类研究. 青岛: 中国科学院海洋研究所博士学位论文, 1—73

通讯作者: 孙松, E-mail: sunsong@qdio.ac.cn

收稿日期: 2011-12-31, 收修改稿日期: 2012-02-28

1978)。但是它的大量发生,也能给生态系统造成较大的影响。在东北太平洋沿岸进行的研究中证实维多利亚多管水母(*Aequorea victoria*)能够捕食幼鱼、浮游动物和其它胶质生物(Costello *et al*, 2002)。在我国海洋调查中,虽然多管水母也有少量记录,但是仅有数量方面的报道,并没有鉴定到种(周永东等, 2004; 程家骅等, 2005; 张芳等, 2009)。

在“973”计划项目的春季航次中,作者在东海观测到大量的多管水母。在现场通过目测计数了其丰度及地理分布,并通过现场取样研究了其体型的地理变化。本文基于野外观测结果,描述了 2011 年 4 月黄、东海大型水母分布特征,研究了其伞径和干、湿重的量化关系,测定了碳、氮元素含量,并结合水文观测数据讨论了分布特征与温、盐及海流的关系,为深入研究水母来源、分布及数量变化与暴发机制提供基础资料。

### 1 材料与方法

本次调查搭载“科学三号”海洋调查船,于 2011 年 4 月 6—25 日在黄、东海海域的 69 个站位进行了大面调查观测(图 1),停船作业时站于后甲板目测视野范围内的表层多管水母数量,眼睛离海面约为 4m,观测最远距离约为 10m,观察计数时间为 30min,用手抄网捞取水母样品。由于 24h 连续作业,存在白天和黑夜条件对目测的影响,数据处理时忽略该影响。对水母样品在船载实验室现场鉴定种类,测定伞径(mm),称湿重(g)。用于测定干重的样品,经过滤海水冲洗,再用 3% 甲酸铵溶液清洗数秒去除表面盐分,放于培养皿内,在烘箱内于 60℃ 下烘干,时间为一周。烘干后的样品立即放于干燥器中密封存放,回到岸上后,用感量 0.1mg 天平称重;之后保留部分烘干水母作为测定碳、氮含量的样品,将培养皿清洗后,于 60℃ 烘干一周后称重,两个重量数据相减即为样品干重。用 P-E240 元素分析仪测定水母碳、氮含量。每站用 seabird-911plusCTD 同步进行温、盐的测定。

### 2 结果

#### 2.1 温盐特征

对各站位实测表、底层温度作等

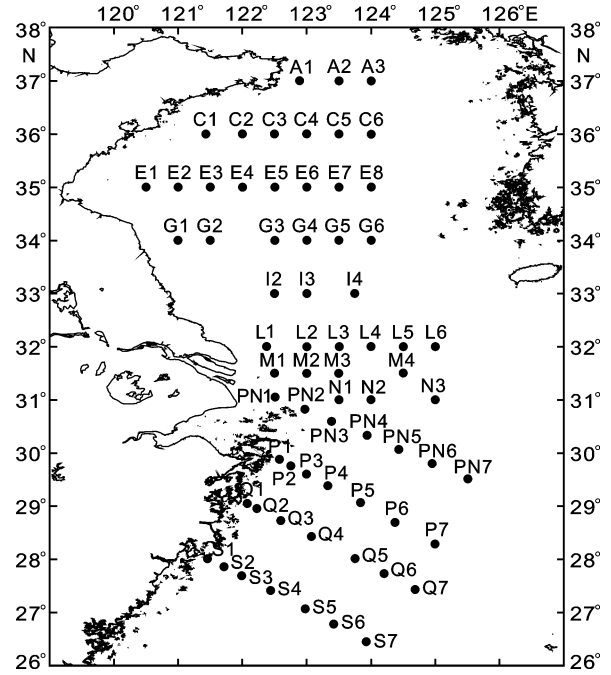


图 1 调查站位图

Fig.1 A map of the study area and sampling stations

值线图,分布特征如图 2 所示。海水温度由北向南升高,近岸温度低于外海。在东海北部有显著的暖水舌北上。墨绿多管水母出现站位的温度范围为 11.9—14.5℃,伞径较大站位的温度范围为 13—14.5℃。

对各站位实测表、底层盐度作等值线图,分布特征如图 3 所示。海水盐度近岸低于外海,黄海中部有一个高盐区域,在东海北部有高盐水舌北上。墨绿多管水母出现的站位盐度范围 26—33,适盐范围较广。

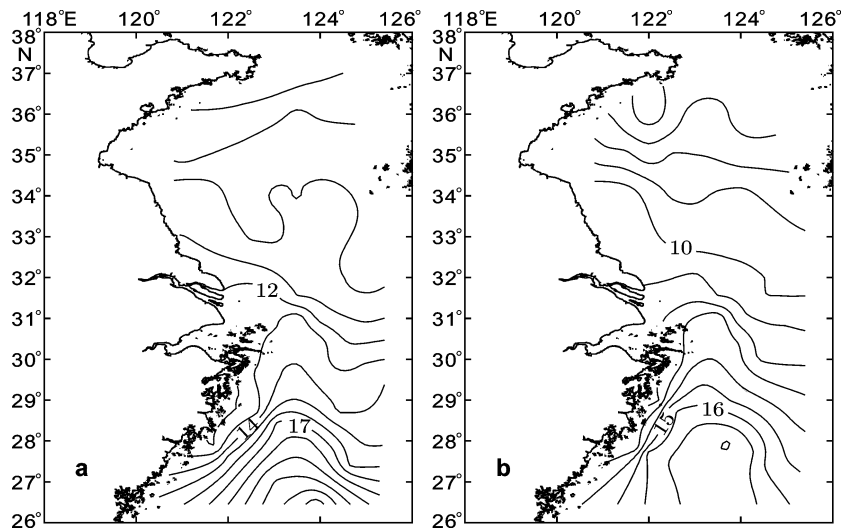


图 2 调查海域表、底层温度(℃)平面变化特征(a. 表温 SST; b. 底温 SBT)

Fig.2 Distributions of SST (Sea Surface Temperature) and SBT (Sea Bottom Temperature) (°C)

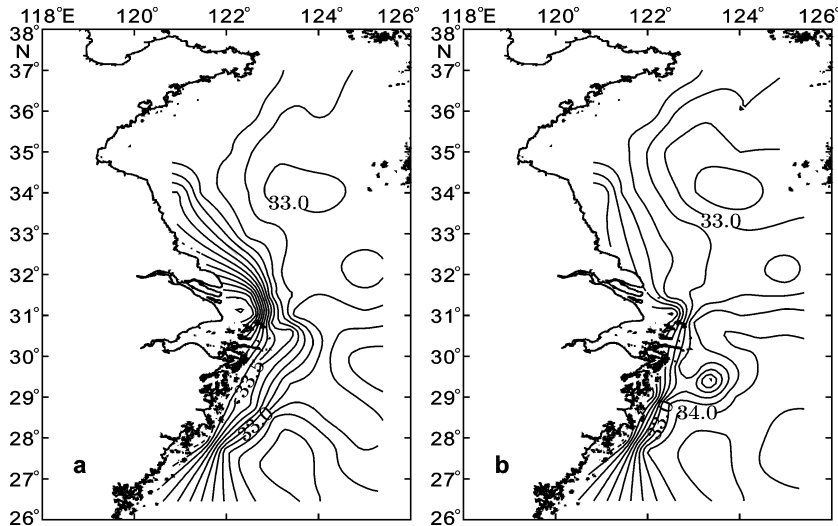


图3 调查海域盐度特征

Fig.3 Salinity distribution in the study area  
a. 表层盐度; b. 底层盐度

## 2.2 丰度特征

该航次中仅观测到一种大型水母。样品经鉴定为水螅水母纲、软水母亚纲、锥螅水母目、多管水母科、多管水母属、墨绿多管水母 [*Aequorea oerulescens* (Brandt, 1838)]。该种主要区别于我国其它常见多管水母的特征有辐管数量为70—100条, 缘触手数量多于200条。

本次调查中多管水母的分布特征如图4所示。在所调查的69个站位中, 有11个站位观察到墨绿多管水母的出现, 出现率为16%。墨绿多管水母出现在32°N—28°N的近岸海域, 沿岸站位丰度最小, 最大丰度出现在P5。大型浮游生物垂直网作业中, 在P5站采集到的墨绿多管水母丰度为4 ind/m<sup>2</sup>。

## 2.3 水母伞径及伞径分布

对捞取的78个水母样品测定了伞径, 如图5所示, 伞径范围为17.40—142.00mm, 平均伞径为(86.05±24.84)mm, 伞径分布符合正态分布, 显示为单峰分布。

本次调查中墨绿多管水母伞径分布特征如图6所示。平均伞径最小站位的伞径为(25.75±10.39)mm, 伞径范围17.4—32.1mm; 平均伞径最大站位的伞径为(98.36±13.85)mm, 伞径范围79.8—130.4mm。不同站位水母伞径范围有重叠。沿岸站位水母伞径最小, 124°E以西海域自沿岸向外海, 水母伞径增大。

## 2.4 湿重、干重及碳、氮含量

如图7所示, 墨绿多管水母湿重在3.07—75.47g

之间, 平均湿重为(24.81±18.42)g, 湿重和伞径显著相关( $P < 0.01$ ), 湿重随伞径增加呈幂指数增长, 拟合公式为  $y = 0.021940x^{3.039012}$ ,  $R^2 = 0.81$ 。

如图8所示, 墨绿多管水母干重在0.12—3.06g之间, 平均干重为(1.03±0.73)g, 干重和伞径显著相关( $P < 0.01$ ), 干重随伞径增加呈幂指数增长, 拟合公式为  $y = 0.000745x^{3.126428}$ ,  $R^2 = 0.83$ 。干重占湿重比例为  $4.17\% \pm 0.63\%$ 。

如表1所示, 墨绿多管水母碳含量占干重的  $3.15\% \pm 0.56\%$ , 氮含量占干重的  $14.44\% \pm 2.65\%$ , 碳氮比为  $4.58 \pm 0.30$ 。相关分析表明碳氮含量和伞径无显著相关。

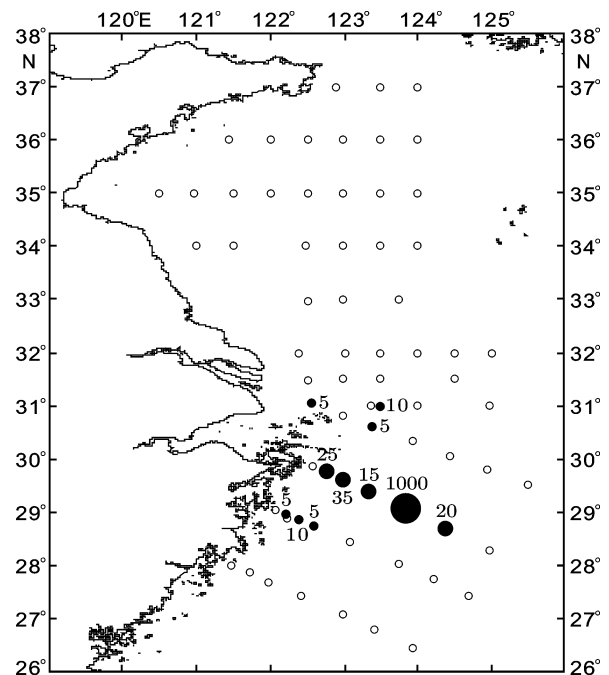


图4 2011年4月黄、东海墨绿多管水母丰度(ind)分布特征

Fig.4 Geographical variation of the abundance (ind) of *A. coerulea* in April 2011

## 3 讨论

### 3.1 我国近海的多管水母

据记载, 墨绿多管水母分布于北太平洋, 在我国分布于黄海, 在青岛、烟台可采集到(杨德渐等, 1996)。我国学者对于多管水母的研究除了新种的报道外(林茂等, 2009; 杜飞雁等, 2009), 海洋调查中对

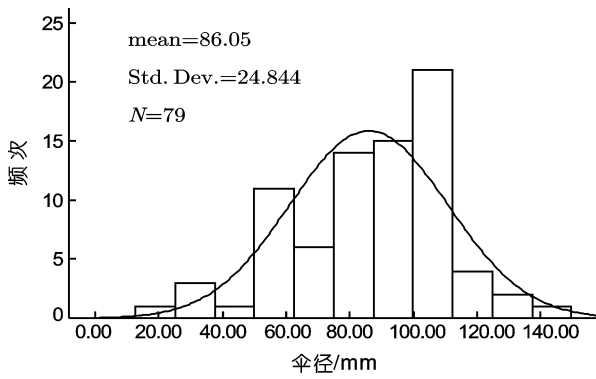


图 5 水母伞径频次分布图

Fig.5 Size frequency distribution of the jellyfish bell diameter

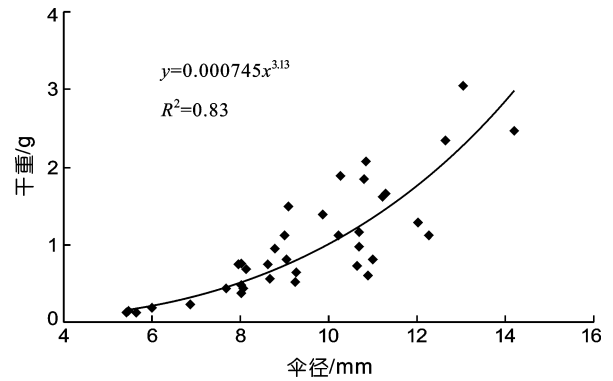


图 8 墨绿多管水母伞径和干重关系

Fig.8 The relationship between jellyfish bell diameter and dry weight

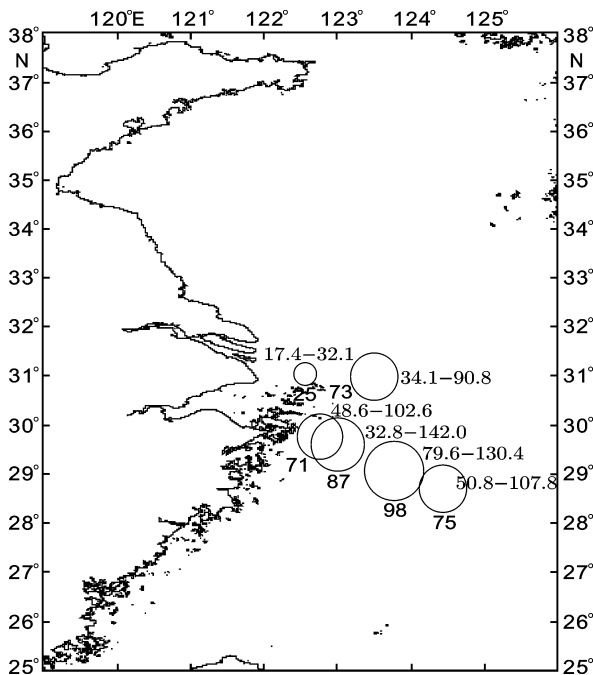


图 6 不同站位伞径大小特征

Fig.6 Geographical variation of jellyfish bell diameter

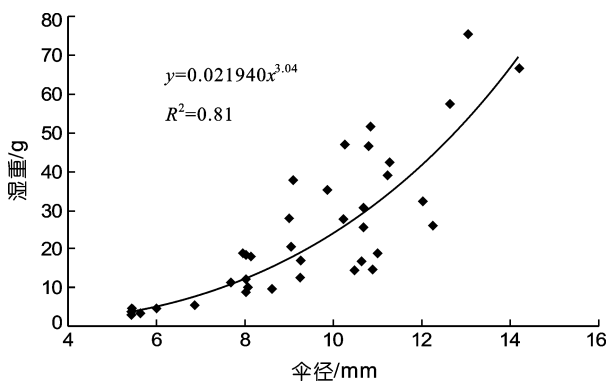


图 7 墨绿多管水母伞径和湿重关系

Fig.7 The relationship between jellyfish bell diameter and wet weight

表 1 墨绿多管水母碳、氮含量

Tab.1 C, N content and C:N ratio of *A. coerulescens*

元素	碳	氮	碳氮比
含量	3.15%±0.56%	14.44%±2.65%	4.58±0.30

多管水母的研究大多只鉴定到属, 多管水母属的分布记述如表 2 所示。

多管水母的种类鉴定一直存在争议。最近在阿拉斯加使用的三个物种名, 即 *A. aequorea var. albida*、*A. forskalea* 和 *A. victoria* 很可能是同一种(Hammer *et al*, 1986; Brodeur *et al*, 2002; Purcell *et al*, 2001)。作者根据胃宽大、无胃柄、其辐管超过 16 条、生殖腺在辐管上、没有缘须或侧须、触手数多于辐管数、有排泄乳突、缘触手 200—500 条、辐管 70—100 条等特征, 鉴定为墨绿多管水母, 它从辐管和缘触手数量方面显著不同于上述种类。

从大小来看, 我国观测到的与本次调查发现的大小相近, 但由于调查时间上存在差异, 已有报道形态学描述又太少, 不能具体确定是否为同种。分布范围上变化较大, 长江口近海、济州岛附近的东海外海, 黄海均有报道。

表 2 资料表明, 在本次调查多管水母的出现区域, 3—6 月为多管水母的发生到消亡期, 本次调查时间处于多管水母种群的发展期。本文作者首次对墨绿多管水母在黄、东海的分布状况进行了较系统的描述。但由于多管水母有垂直分布特征(Sparks *et al*, 2005), 而由于条件所限本研究只是观测了表层的水母, 所以只能得到表层生物量数据。大型水母的生物量定量一直较为困难, 主要由于大型水母含水量大、体积大、重量大、以及斑块分布等特性(Omori *et al*, 1982)。针对大型水母亟需统一的生物量定量调查方法, 以

表 2 黄、东海已有多管水母的记述  
Tab.2 Previous reports on *Aequorea* spp. in the Yellow sea and East China Sea

年份	伞径(cm)	出现区域	调查方式	作者
2000	7—14	5月下旬迅速增多, 沙外、江外渔场西侧	张网、帆张网、拖网等	周永东等(2004)
2001	无数据	3月上旬 31°—33°N 沿 126°E 线附近渔场出现	张网、帆张网、拖网等	周永东等(2004)
2004	10—15	4月长江口近海	渔业拖网	程家骅等(2005)
	20—25	6月长江口南部近海及东海中北部		
2006	无数据	4月、8月黄海	渔业拖网	张芳(2008) <sup>1)</sup>
2007	无数据	3、5、8月黄海, 5、6月东海	渔业拖网	张芳(2008) <sup>1)</sup>

有利于深入系统的研究。

### 3.2 地理分布与水文条件的关系

为了讨论墨绿多管水母分布特征的影响因素, 进行了 Pearson 相关分析。结果表明, 温度、盐度对伞径大小影响显著, 高温站位水母伞径更大。对丰度影响不显著, 即温、盐特征不能很好的解释墨绿多管水母丰度特征。

表 3 墨绿多管水母伞径与温度、盐度之间的 Pearson 相关分析结果

Tab.3 The results of the Pearson correlations between bell diameter of *A. coerulea*, temperature and salinity

参数	Pearson 相关系数	P 值	样本量(个)
表温	0.0825	0.043	6
底温	0.880	0.021	6
表盐	0.0907	0.013	6
底盐	0.884	0.020	6

表 4 墨绿多管水母丰度与温度、盐度之间的 Pearson 相关分析结果

Tab.4 The results of the Pearson correlations between the abundance of *A. coerulea*, temperature and salinity

参数	Pearson 相关系数	P 值	样本量(个)
表温	0.108	0.379	68
底温	0.140	0.256	68
表盐	0.066	0.594	68
底盐	0.107	0.386	68

本次调查中, 墨绿多管水母沿岸海域丰度较小, 最高丰度出现东海北部的暖水高盐区, 即长江口冲淡水外侧东海北部区域。不同站位丰度相差较大, 呈现出斑块分布特征。近岸站位水母伞径较小, 外海站位水母伞径较大, 一种合理的解释是由生长时间长短决定的, 即近岸站位水母经历的生长时间短, 伞径

较小, 远岸站位水母经历的生长时间长, 伞径较大。

水母的游泳能力较弱, 其分布受海流运输的影响(Kristofersson *et al*, 2006)。此时的流场条件也使这样的传输成为可能。墨绿多管水母出现的调查海域, 4月份主要受长江冲淡水、闽浙沿岸流和台湾暖流的共同作用(苏纪兰, 2001; 林葵等, 2002)。本次调查中, 墨绿多管水母在闽浙沿岸流作用下, 向南输送; 在长江冲淡水的作用下, 向外海输送, 由于台湾暖流的北上, 在东海北部与冲淡水交互作用, 形成水母的大量聚集。结合分布及海流特征, 作者初步推测: 墨绿多管水母来源于舟山群岛附近海域, 受长江冲淡水、闽浙沿岸流和台湾暖流的共同作用, 输送到观测海域。

### 3.3 潜在生态影响分析

多管水母主要摄食鱼卵、桡足类及包括其它水母在内的胶质浮游生物, 浮游生活期超过六个月(Costello *et al*, 2002; Lene *et al*, 2007)。大型浮游生物垂直网作业中, 只在表层目测丰度最高的 P5 站采集到墨绿多管水母, 丰度为 4ind/m<sup>2</sup>, 干重为 5.76g/m<sup>2</sup>, 碳含量为 0.18g/m<sup>2</sup>。表层观测到水母出现的 11 个站位, 平均垂直网采样丰度为 0.36ind/m<sup>2</sup>, 干重为 0.52g/m<sup>2</sup>, 碳含量为 0.0164g/m<sup>2</sup>。如果按照 10%同化率计算, 墨绿多管水母出现的区域, 每平方米需要提供 0.0164g 碳才能够形成观测到的水母种群。对浮游生物群落存在很大的摄食压力, 与其它渔业资源种类存在饵料的竞争。

春季是长江口海域渔业资源的重要补充期(蒋玫等, 2006), 墨绿多管水母的大量出现, 必然会对鱼卵形成摄食压力, 直接影响仔鱼的补充量, 进而影响渔业资源可捕捞量。

由于墨绿多管水母实验生态学及生活史资料匮乏, 在推测源地海域尚未采集到水螅体, 本文所做推测有待深入研究。

1) 张 芳, 2008. 黄东海胶质浮游动物水母类研究. 青岛: 中国科学院海洋研究所博士学位论文, 1—73

致谢 “科学三号”海洋调查船的全体船员, 以及吉鹏、郑珊、王延清、文斐等在采样时给予大力协助, 谨致谢忱。

### 参 考 文 献

- 丁峰元, 程家骅, 2007. 东海区沙海蜃的动态分布. 中国水产科学, 14(1): 83—89
- 苏纪兰, 2001. 中国近海的环流动力机制研究. 海洋学报, 23(4): 1—16
- 杜飞雁, 徐振祖, 黄加祺等, 2009. 南海北部近海水螭虫总纲四新种和二种新纪录研究. 动物分类学报, 34(4): 854—861
- 杨德渐, 王永良, 1996. 中国北部海洋无脊椎动物. 北京: 高等教育出版社, 40—41
- 张 芳, 孙 松, 李超伦, 2009. 海洋水母类生态学研究进展. 自然科学进展, 19(2): 121—130
- 林 茂, 徐振祖, 黄加祺等, 2009. 台湾海峡软水母亚纲二新种. 水产学报, 33(3): 452—455
- 周永东, 刘子藩, 薄智礼等, 2004. 东、黄海大型水母及其调查监测. 水产科技情报, 31(5): 224—227
- 郑 重, 李少菁, 徐振组, 1984. 海洋浮游生物学. 北京: 海洋出版社, 166—265
- 蒋 玫, 沈新强, 陈莲芳, 2006. 长江口及邻近水域春季鱼卵仔鱼分布与环境因子的关系. 海洋环境科学, 25(2): 37—44
- 程家骅, 丁峰元, 李圣法等, 2005. 东海区大型水母数量分布特征及其与温盐度的关系. 生态学报, 25(3): 440—446
- Brodeur R D, Sugisaki H, Hunt Jr G L, 2002. Increases in jellyfish biomass in the Bering Sea: implications for the ecosystem. Marine Ecology Progress Series, 233: 89—103
- Costello J H, Colin S P, 2002. Prey resource utilization by coexistent hydromedusae from Friday Harbor, Washington. Limnol Oceanogr, 47(4): 934—942
- Hamner W M, Schneider D, 1986. Regularly spaced rows of medusae in the Bering Sea: Role of Langmuir circulation. Limnol Oceanogr, 31: 171—177
- Kristofersson D, Anderson J L, 2006. Is there a relationship between fisheries and farming? Interdependence of fisheries, animal production and aquaculture. Mar Policy, 30: 721—725
- Lene Friis Møller, Hans Ulrik Riisgård, 2007. Population dynamics, growth and predation impact of the common jellyfish *Aurelia aurita* and two hydromedusae, *Sarsia tubulosa*, and *Aequorea vitrinain* Limfjorden (Denmark). Mar Ecol Prog Ser, 346: 153—165
- Lynam C P, Gibbons M J, Axelsen Be *et al*, 2006. Jellyfish overtake fish in a heavily fished ecosystem. Curr Biol, 16(13): 492—493
- Omori M, Hamner W M, 1982. Patchy distribution of zooplankton: behavior, population assessment and sampling problems. Mar Biol, 72: 193—200
- Prendergast F, Mann K, 1978. Chemical and physical properties of aequorin and the green fluorescent protein isolated from *Aequorea forskalea*. Biochemistry, 17(17): 3448—3453
- Purcell J E, Båmstedt U, Båmstedt A, 1999. Prey, feeding rates, and asexual reproduction rates of the introduced oligohaline hydrozoan *Moerisia lyonsi*. Mar Biol, 134: 317—325
- Purcell J E, Dror Angel, 2010. Preface of Jellyfish Blooms. Hydrobiologia, 645: 1—2
- Purcell J E, Shin-ichi Uye, Wen-Tseng Lo, 2007. Anthropogenic causes of jellyfish blooms and their direct consequences for humans: a review. Marine Ecology Progress Series, 350: 153—174
- Purcell, J E, Sturdevant M V, 2001. Prey selection and dietary overlap among zooplanktivorous jellyfish and juvenile fishes in Prince William Sound, Alaska. Mar Ecol Prog Ser, 210: 67—83
- Sparks C, Andrew S Brierley, Emmanuelle Buecher *et al*, 2005. Submersible observations on the daytime vertical distribution of *Aequorea forskalea* off the west coast of southern Africa. J Mar Biol Ass U K, 85: 519—522
- Sun X X, Wang S S, Sun S, 2011. Introduction to the China Jellyfish Project—The Key Processes, Mechanism and Ecological Consequences of Jellyfish Bloom in China Coastal Waters. Chinese Journal of Oceanology and Limnology, 29(2): 491—492
- Uye S, 2008. Blooms of the giant jellyfish *Nemopilema nomurai*: a threat to the fisheries sustainability of the East Asian Marginal Seas. Plankton & Benthos Research, 3: 125—131
- Uye S, Ueta Y, 2004. Recent increase of jellyfish populations and their nuisance to fisheries in the Inland Sea of Japan. Bull Jpn Soc Fish Oceanogr, 68: 9—19

## GEOGRAPHICAL VARIATIONS IN ABUNDANCE AND SIZE OF *AEQUOREA COERULESCENS* IN THE YELLOW AND EAST CHINA SEAS IN SPRING 2011

WANG Yan-Tao<sup>1,2</sup>, SUN Song<sup>1,3</sup>, WANG Shi-Wei<sup>3</sup>, WANG Min-Xiao<sup>1</sup>, ZHANG Guang-Tao<sup>3</sup>

(1. Key Laboratory of Marine Ecology and Environmental Sciences, Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao, 266071; 2. Graduate University, Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100049; 3. Jiaozhou Bay Marine Ecosystem Research Station, Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao, 266071)

**Abstract** A bloom of jellyfish (*Aequorea* spp.) was observed during a comprehensive investigation in the Yellow and East China Seas in April 2011. In order to illustrate the geographical variations in abundance, size, and biomass, visual counting by naked eyes was carried out at each station. Moreover, bell diameter, wet and dry weights, carbon and nitrogen contents were measured on randomly captured individuals. The relationship between these variations and water masses was examined using simultaneously collected hydrological data. This species was identified as *Aequorea coerulea*. It appeared at 11 of the total 69 stations and was confined to the southern part of East China Sea. Its bell diameter varied from 17.40mm to 142.00mm, increasing from neritic to open waters. Wet and dry weights were in the range of 3.07—75.47g and 0.12—3.06g, respectively. Carbon and nitrogen contents were  $3.15\% \pm 0.56\%$  and  $14.44\% \pm 2.65\%$  of the dry weight, respectively, and the average C/N ratio was  $4.58 \pm 0.30$ . The bell diameter was significantly correlated with water temperature and salinity. We conclude that *A. coerulea* originated from the Zhoushan Archipelago area, and its body size increased during the transportation process from neritic to open waters.

**Key words** Yellow & East China Sea, Large jellyfish, *Aequorea coerulea*, Distribution