黄海小型水母的分布特征*

孙　松　张　芳　李超伦　杨　波　吉　鹏

(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)

提要　　根据“973”项目 2000 年 10 月—2007 年 8 月浮游生物大网样品，对黄海小型水母类的种类组成及其丰度的时空变化进行了研究，讨论了各优势水母种类在黄海的分布格局。结果表明，黄海测区内小型水母整体丰度较低，且主要分布在 50m 等深线以浅海域，各小型水母类群如水螅水母类，管水母类和栉水母类以及 10 种优势种类的季节更替非常明显。与其它海域相比，黄海小型水母丰度水平最低，平均为 0.8ind/m^3，占整个浮游动物丰度的比例小于 0.5 %，因此从丰度上看，小型水母在黄海浮游动物功能群中并不占优势。

关键词　　水螅水母，管水母，栉水母，五角水母，半球美螅水母

中图分类号　　Q178.1; Q958.885.3

目前，由于过度捕捞、全球变化、富营养化、生物入侵等因素的可能影响，在全球许多海湾和海区出现胶质浮游动物水母数量增加甚至暴发的现象(Purcell *et al*, 2007)。这种现象不仅在海洋中容易看得见的大型水母中发生，而且在不容易看得见的小型水母种类中也出现了。比如近年来美国罗得岛纳拉甘塞特海湾的小型水母瓣水母(*Mnemiopsis leidy*)丰度的明显增加(Sullivan *et al*, 2001); 1989 年北海的德国湾五角水母(*Muggiaea atlantica*)种群数量的增加(Greve, 1994)。在我国海域也不例外，如胶州湾小型水母的总丰度 2001—2009 年比 1991—2000 年增加了 5 倍(Sun *et al*, 2012)。由于水母并非属于鱼类的主要饵料，因此我国学者对它的研究不够重视，迄今为止，我国在有关水母方面的研究基础相对较薄弱。比如：对小型水母的研究主要集中在分类、形态描述、生物区系、生物学特征以及较少的水平分布等生态学方面。在黄海，对小型水母生态学的研究只有零星报道，很少有基于现场调查的各小型水母类群如水螅水母，管水母和栉水母的丰度时空分布格局等的系统研究，因此更无法获得黄海小型水母近年来的数量变化情况。本文围绕目前承担的 973 项目“中国近海水母暴发的关键过程、机理及生态环境效应”的总体研究目标，基于课题组以往承担的 973 项目“东、黄海生态系统动力学和生物资源可持续利用”以及“我国近海生态系统食物产出的关键过程及其可持续机理”的调查资料，对黄海小型水母的时空分布特征进行总结和分析，以期为水母 973 项目的顺利实施，我国的胶质浮游动物生态学研究以及黄海生态环境的长期变化提供基础。

1　材料与方法

1.1　调查海区和站位数

本文利用了共 8 个航次浮游生物样品的调查资料，包括“973”项目“东、黄海生态系统动力学和生物资源可持续利用”支持下的 2000 年 10 月的 1 次大面调查结果；“973”项目“我国近海生态系统食物产出的关键过程及其可持续机理”支持下的 2006 年 4 月及 2007 年 6 月在黄海进行的 2 次大面调查结果, 2006 年 9 月—2007 年 8 月期间在黄海进行的 5 次断面调查样品。各航次具体调查范围和站位数见表 1。

1.2　样品采集和数据处理

本文所分析的水母样品均为标准浮游生物大网(网口直径为 80cm，网长 270cm，孔径为 505μm)由底到表垂直拖网采集所得，采集到的样品用 5%的福

* 国家重点基础研究发展计划(973)项目，2011CB403601 号；国家自然科学基金项目，40830854 号；海洋公益性行业科研专项经费项目, 201005018 号；中国科学院对外合作重点项目, GJHZ200808 号。孙　松，博士，研究员, E-mail: sunsong@qdio.ac.cn

收稿日期: 2011-12-31，收修改稿日期: 2012-02-28

表 1 调查范围、站位数及时间

Tab.1 Date, area and station numbers of surveys

调查类型	调查时间(年-月-日)	调查站位数	调查范围
大面调查	2000-10-17—11-04	35	32.0—36.0°N, 120.0—126.0°E
	2006-04-10—29	39	31.9—36.5°N, 121.0—125.0°E
	2007-06-15—29	72	32.0—39.0°N, 120.5—124.5°E
断面调查	2006-09-18—27	22	32.0—36.5°N, 120.5—124.5°E
	2006-12-25—2007-01-02	19	32.0—36.5°N, 120.5—124.5°E
	2007-03-14—23	19	32.0—36.5°N, 120.5—124.5°E
	2007-05-16—29	19	32.0—36.5°N, 120.5—124.5°E
	2007-08-03—09	15	33.5—36.5°N, 120.5—124.5°E

尔马林海水溶液固定，随后在实验室内进行镜检计数。鉴于水母数量相对其它浮游动物较少，大部分样品在解剖镜下全样品进行鉴定并计数，样品采用个体计数法，换算为单位水体的水母个数，即：丰度($\times10^{-2}$ ind/m^3)。数据用 Surfer 8.0 和 ArcGIS 9.0 软件处理后做图。根据已有的调查航次，把 2006 年 4 月的大面调查作为分析黄海小型水母春季主要的代表航次，2007 年 3 月、5 月断面调查作为黄海春季调查的补充航次; 2007 年 6 月的大面调查作为夏季的主要代表航次, 2007 年 8 月的断面航次作为夏季的补充航次; 2000 年 10 月的大面调查作为秋季的代表航次, 2006 年 9 月的断面调查作为秋季的补充航次; 2006 年 12 月的断面调查作为冬季的代表航次，分别分析黄海小型水母功能群的季节变化。本文根据其优势度来确定不同月份的优势种类。优势度(Y)用以下公式计算(孙濡泳, 1992; 杨关铭等, 1999):

$$Y = N_i f_i / N$$

式中, N_i 为第 i 种的个体数, N 为样品中各个种类的总个体数, f_i 为第 i 种在各站位中出现的频率。取 $Y\geq0.02$ 时的种类为优势种。

2 结果

2.1 小型水母的群落结构和种类组成

8 个调查航次出现的水母种类信息，如表 2 所示。水母种类的名称与刘瑞玉(2008)主编的《中国海洋生物名录》中所列水母名称相一致。8 个航次共鉴定出 34 种水母，包括 26 种水螅水母、6 种管水母、2 种栉水母。在小型水母的种类组成上，水螅水母占了 76%。各航次水母种类呈现明显的季节更替。

2.2 小型水母的组成特征、丰度分布格局及其季节变化

春季(图 1)，就 2006 年 4 月的航次调查结果来看，除了 32°N 断面黄、东海交界处以及山东的石岛外海个别站位小型水母总丰度较高外，整个南黄海的水母丰度水平均很低，约 50%的站位水母丰度为零。基于不同水母类群的生活史不同，本文将小型水母以水螅水母、管水母和栉水母分开来分析。本航次水螅水母的丰度占总丰度的 35%，管水母占总丰度的 65%。在分布格局上南黄海南面以管水母为主，北部以水螅水母为主。具体来看，在石岛外站位的丰度高值为水螅水母八斑芮氏水母 *Rathkea octopunctata* 所贡献，与此同时管水母如五角水母占据了 32°N 断面各站小型水母总丰度的绝对优势地位，另外半球美螅水母 *Clytia hemisphaerica* 和嵊山秀式水母 *Sugiura chengshanense* 在此也有不少分布。就 2007 年 3 月和 5 月断面航次的调查结果来看，在山东半岛南岸第一断面(斜跨冷水团断面，以下同)和第三断面(35°N, 以下同)的浅水站位主要分布着水螅水母，这些水螅水母包括半球美螅水母、八斑芮氏水母、真囊水母 *Euphysora bigelowi*、四枝管水母 *Proboscidactyla flavicirrata*。而南黄海南面长江口北部的第二断面主要分布着管水母, 3 月份主要为五角水母, 5 月份则主要为双生水母 *Diphyes chamissonis*。总之，南黄海春季小型水母整体丰度较低, 2007 年 3 月和 5 月总丰度分别为 134.7×10^{-2} ind/m^3、119.7×10^{-2} ind/m^3, 2006 年 4 月丰度为 113.4×10^{-2} ind/m^3)。小型水母主要分布在 50m 等深线以浅站位。在黄海中部 50m 等深线以深海域小型水母几乎为零。

夏季航次的调查结果可看出(图 1): 2007 年 6 月，与上述春季的分布情况相似，小型水母主要分布在黄海近岸 50m 等深线以内的水域。总的来说，水螅水母在本航次丰度占总丰度的 68%，管水母占 31%。另外山东半岛以南和苏北浅滩的浅水水域主要由水螅水母占据，主要包括半球美螅水母、四枝管水母、耳状囊水母 *Euphysa aurata*、真囊水母、带玛拉水母

表 2　各调查航次的水母种类组成

Tab.2　Species composition of small medusae during cruises surveyed

拉丁名	中文名	2006-09	2006-12	2007-03	2007-05	2007-08	2000-10	2006-04	2007-06
		断面调查					大面调查		
Hydromedusae	水螅水母								
Sugiura chengshanense	嵊山秀氏水母				+		+	+	+
Aequorea conica	锥形多管水母	+					+		
Aequorea sp.	多管水母							+	
Aglaura hemistoma	半口壮丽水母	+							
Amphinema rugosum	皱口双手水母	+							
Bougainvillia bitentaculata	双鲍螅水母	+							
Clytia hemisphaerica	半球美螅水母	+	+	+	+	+	+	+	+
Eirene ceylonensis	锡兰和平水母	+				+	+		
Euphysa aurata	耳状囊水母		+	+	+			+	+
Euphysora bigelowi	真囊水母	+		+	+	+	+		+
Eutima japonica	日本真瘤水母	+							
Liriope tetraphylla	四叶小舌水母	+				+	+		+
Lovenella assimilis	四手触丝水母		+			+			
Malagazzia taeniogonia	带玛拉水母	+			+				+
Malagazzia carolinae	卡玛拉水母								+
Obelia spp.	薮枝螅水母	+	+				+		+
Hydractinia minima	小介穗水母					+			
Proboscidactyla flavicirrata	四枝管水母	+	+	+	+		+	+	+
Proboscidactyla stellata	六枝管水母							+	+
Rathkea octopunctata	八斑芮氏水母			+				+	
Sarsia nipponica	日本长管水母	+	+		+				
Solmundella bitentaculata	两手筐水母	+	+		+		+	+	
Zanclea costata	嵴状镰螅水母				+				
Amphinema dinema	双手水母						+		
Ectopleura dumortieri	杜氏外肋水母							+	
Ectopleura minerva	双手外肋水母							+	
Siphonophores	管水母								
Diphyes chamissonis	双生水母	+	+		+	+	+	+	+
Muggiaea atlantica	五角水母	+	+	+			+	+	+
Nanomia bijuga	双小水母	+	+				+		
Sphaeronectes gracilis	球水母	+							
Eudoxoides mitra	尖角水母						+		
Lensia subtiloides	拟细浅室水母						+		
Ctenophores	栉水母								
Pleurobrachia globosa	球形侧腕水母	+	+				+	+	+
Beroe cucumis	瓜水母	+	+	+	+	+	+	+	+

注: “+”表示出现

Malagazzia taeniogonia 等。黄海南端主要分布着管水母，主要包括双生水母和五角水母，以及水螅水母中的四叶小舌水母 *Liriope tetraphylla*、薮枝螅水母 *Obelia* spp.。另外由于这次调查覆盖了北黄海，可看出此时小型水母的丰度在南黄海的分布要比北黄海高。2007 年 8 月份的断面调查可看出，半球美螅水母、锡兰和平水母 *Eirene ceylonensis*、四手触丝水母 *Lovenella assimilis*、真囊水母分布在第一、第三断面

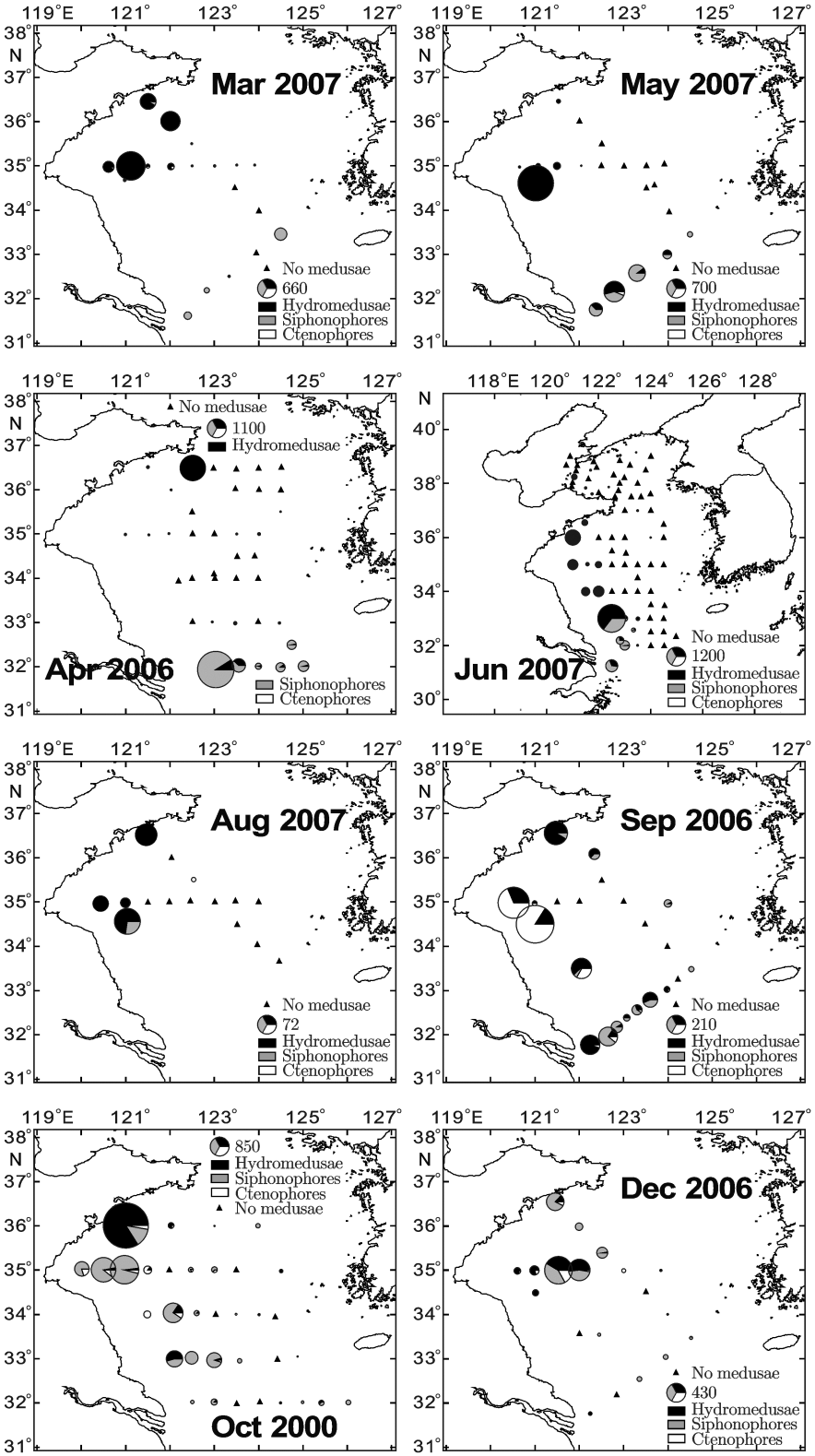

图 1 不同月份小型水母类总丰度以及其中水螅水母、管水母以及栉水母的组成比例和丰度($\times10^{-2}$ ind/m^3)分布

Fig.1 Occurrences, abundances ($\times10^{-2}$ ind/m^3), distributions, and contributions of hydromedusae, siphonophores and ctenophores in different months

的近岸。管水母双生水母在海州湾外的第三断面近岸出现，该航次第二断面没有做调查，所以无法知道这里水母分布情况，但据海州湾已出现双生水母，可推测第二断面仍然以双生水母为主。

秋季(图 1), 2006 年 9 月，小型水母主要分布在 50m 等深线以浅水域。水螅水母如半球美螅水母、锡兰和平水母、薮枝螅水母等仍然在南黄海北部占据相当地位，但小型水母的组成与春、夏季不同，栉水母如球型侧腕水母 *Pleurobrachia globosa* 在黄海的比重增加，主要分布在海州湾外以及苏北浅滩。管水母中的双生水母在南黄海北部开始出现。如果忽略年际变化，2000 年 10 月，小型水母仍然聚集在近岸海域(50m 等深线以内)，长江口外海水母丰度并非像其它季节一样为高值区。管水母的丰度在本月份占了总丰度的 53%，而水螅水母占了 40%。管水母中的五角水母成了黄海近岸绝大多数站位的优势种类。水螅水母半球美螅水母、锡兰和平水母在山东半岛南岸站位仍有很大分布。总之，秋季黄海的小型水母类以管水母中的五角水母为主，且仍然在近岸分布。

冬季(图 1)，2006 年 12 月，管水母类的五角水母为整个南黄海北部近岸占比例最大的水母种类，占水母总丰度的 49%。水螅水母中的半球美螅水母和栉水母中的瓜水母 *Beroe cucumis* 在此也占有不少比重。南黄海南部站位则以双生水母为主，但丰度较低，只占总丰度的 2.1%。南黄海近岸的小型水母绝大部分为管水母中的五角和双生水母，双生水母相对较远岸分布。水螅水母如薮枝螅水母、四枝管水母的丰度很小，只是零星出现，

总之，冬季管水母控制着整个南黄海近岸。

2.3　优势种类的季节变化

根据黄海小型水母优势种的季节变化(图 2，表 3)，除了水螅水母中的半球美螅水母基本常年在山东半岛南部占据优势地位外，南黄海北部和南部其它优势种的季节变化非常明显。春季 3、4 月份，南黄海北部山东半岛南部八斑芮氏水母占据优势，而此时黄海南部、长江口北部管水母中的五角水母占据优势。从春末 5 月份开始，优势种类发生了变化，真囊水母、两手筐水母 *Solmundella bitentaculata*、双生水母占据优势地位，其中前一种为南黄海北部的优势种，后两者南黄海南部的优势种。6 月份南黄海南部仍然以双生水母为主，北部以半球美螅水母为主。至 8 月份除仍然延续这种格局外，北部四手触丝水母也占据了优势地位。到秋初 9 月份，优势种类除了与夏季延续的双生水母(南部)和半球美螅水母(北部)之外，锡兰和平水母(南部)和栉水母中的球形侧腕水母(北部)也开始成为优势种类。从 10 月份开始一直到冬季的 1 月份五角水母在整个南黄海占据首要优势地位。另外，球形侧腕水母和瓜水母分别在 10 月份和 12 月份作为优势种出现。1 月份双生水母也成为继五角水母之外的另一种管水母的优势种。

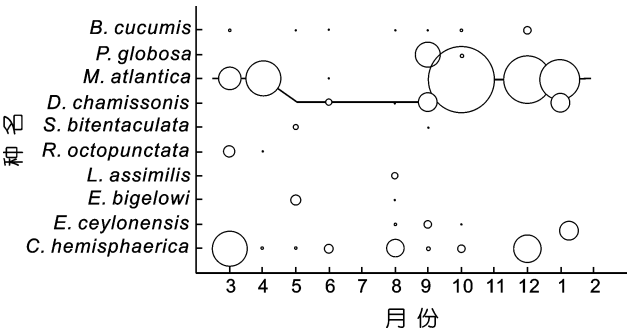

图 2　各月份优势种类的优势度(*Y*)变化

Fig.2　Dominances (*Y*) of dominant medusae species in different months in the Southern Yellow Sea

注: 圆圈大小代表优势度大小

3　讨论

历次调查结果表明，水螅水母类的种类组成和数量变化具有一定的规律，其水螅水母类优势种组成呈现明显的季节更替，笔者通过整理其它的历史数据表明，这种优势种季节更替的规律在年际间大体相同。另外，渤海小型水母的分布格局也证明了这一点(马喜平等，2000)，因此，本文为了从有限的数据中获取更多的信息，把个别在年代时间上不连续航次的调查结果和近年来调查的航次综合在一起分析水母种类的季节变化是可行的。

一般来说，管水母和栉水母由于缺乏底栖的附着阶段，为终身浮游生物，它们经历有性生殖阶段后也进行无性繁殖。大部分的栉水母为雌雄同体，直接繁殖，有很强的繁殖力，因此这两类水母的世代时间不一定为 1 年。对于水螅水母来说，它的生活模式是多样性的(Boero *et al*, 2002)，大多数水螅水母类是季节性浮游动物，生活史中要经过底栖的水螅体阶段，因此只在一年中某些时间出现在浮游动物网采样品中，这些水螅水母的水螅体通过附着于一定的基质进行无性繁殖。也有很多水螅水母是终身浮游的。所以浮游阶段的水母暴发是其内在本质决定的(Pucell *et al*, 2007)。考虑到以上三大类小型水母的生殖策略的不同，本文把小型水母分为这三类水母来分析，对于进一步了解小型水母的分布规律有很大的帮助。

表 3　各月份水母优势种的优势度值(*Y*)

Tab.3　Dominances (*Y*) of dominant medusa species in different months

拉丁名	中文名	2007-03	2006-04	2007-05	2007-06	2007-08	2006-09	2000-10	2006-12	2001-01
C. hemisphaerica	半球美螅水母	0.134	0.010	*	0.032	0.066	0.016	0.025	0.106	*
E. ceylonensis	锡兰和平水母	*	*	*	*	*	0.028	*	*	*
E. bigelowi	真囊水母	*	*	0.041	*	*	*	*	*	*
L. assimilis	四手触丝水母	*	*	*	*	0.026	*	*	*	*
R. octopunctata	八斑芮氏水母	0.042	*	*	*	*	*	*	*	*
S. bitentaculata	两手筐水母	*	*	0.021	*	*	*	*	*	*
D. chamissonis	双生水母	*	*	0.094	0.022	*	0.068	*	*	0.068
M. atlantica	五角水母	0.084	0.130	*	*	*	*	0.249	0.178	0.151
P. globosa	球形侧腕水母	*	*	*	*	*	0.094	0.010	*	*
B. cucumis	瓜水母	*	*	*	*	*	*	*	0.032	*

注: *表示 *Y* 值小于 0.02 或者对应种类不存在

3.1 黄海的小型水母种类

张金标(1979)曾经对中国海域水螅水母类的区系进行了分析，到 1979 年为止，中国海域共记录水螅水母有 138 种，黄海有 59 种(表 4)。同样，张金标等(1980)对中国管水母的地理分布做了分析，认为届时中国海域的管水母为 72 种，黄海有 4 种。到 1994 年为止，中国海域的水螅水母记录增至约 150 种，黄海的水螅水母增至 65 种，管水母 5 种(蒋双等, 1994)。至 1996 年中国海域的水螅水母增至约 170 种，黄海为 66 种(和振武等, 1996)。随着一些新种以及一些新记录的出现，到目前为止，中国海域共记录 427 种水母种类，其中水螅水母 279 种、管水母 99 种、钵水母 37 种、立方水母 3 种(刘瑞玉，2008)；加上 9 种栉水母(黄宗国, 1994)，共 427 种水母种类。据此中国海域小型水母种类约 390 种。这里未统计各个海域各多少种类。由于本文所用资料中大面航次调查较少(很多月份采用特殊断面做代表)，加上调查站位并未完全覆盖水螅水母分布较多的黄海更近岸的海域，以及北黄海海域的调查较少，本文鉴定和记录水母种类 34 种，约黄海小型水母曾报道种类数的二分之一。

表 4 中国海域小型水母种类数记录

Tab.4 Records of small medusae in the coastal China sea

水母	渤海	黄海	东海	南海	中国海域	文献
水螅水母	13	59	95	95	138	张金标, 1979
管水母	1	4	44	67	72	张金标, 1980
管水母				93	96	张金标等, 1997
水螅水母	37	65			150	蒋双等, 1994
管水母	1	5				蒋双等, 1994
栉水母		3				蒋双等, 1994
水螅水母	30	66	114	104	170	和振武等, 1996
水螅水母					279	刘瑞玉, 2008
管水母					99	刘瑞玉, 2008
钵水母					37	刘瑞玉, 2008
立方水母					3	刘瑞玉, 2008
栉水母					9	黄宗国, 1994

3.2 黄海优势种类的季节动态变化与生态类型的划分

生活在海洋中的水母类虽然是随波逐流的，但各个种类对温度、盐度的适应能力不一样，因此不同海域水母类的数量分布或种类组成随着温、盐度的变化而有差异(高尚武, 1982)。由于受外海水的影响，沿岸又受陆地径流等长江冲淡水的影响，黄海的水母种类与其海水的温度、盐度息息相关。根据黄海出现种类的分布与水母的适温适盐情况，可大致分为 3 个生态类群：(1) 广温近岸种类；(2) 近岸冷水种类；(3) 大洋暖水种。现将其代表性种类分述如下。

3.2.1 八斑芮氏水母(水螅水母) 八斑芮氏水母广泛分布于北大西洋、北太平洋沿岸、黑海、地中海和北极海。丘书院(1954)、张金标(1977)曾报道八斑芮氏水母属冷水性种类。从本文结果可看出，山东半岛南岸 2007 年 3 月和 2006 年 4 月均有大量八斑芮氏水母，该种在胶州湾 2、3 月份成为优势种类，其丰度分别占水母总平均丰度的 99.5%、97.9%，尤其湾口和湾外为其分布的密集区，分布中心丰度高达 225、288ind/m^3 (张芳等, 2005b)。另外, 1—5 月渤海的优势种类同样是八斑芮氏水母，该水母的密度占当月水母类总密度的 99.9% (2 月份)、80.8%以上(5 月份)，均主要出现在莱州湾，丰度密集区最高可达 100ind/m^3。再者，苏翠荣等(1996)报道江苏海州湾水母类中也指出，5 月份八斑芮氏水母为该湾的优势水母，密集区丰度高达 563ind/m^3。张金标(1977)同样也报道该种出现在江苏北部沿海的寒冷季节，周太玄等(1958)也曾报道该种在烟台主要出现于 1—3 月间。因此黄海山东半岛南岸八斑芮氏水母的聚集并非偶然，根据黄、渤海环流的方向分析，推测有可能是该种在渤海的海水顺流向南涌入黄海时对该海域影响的结果。从这方面来看，这可能也是一个胶州湾的八斑芮氏水母有可能来源于渤海的佐证。换个角度来说，也侧面证明了黄海沿岸、渤海、胶州湾的海水特征相似均适合于该水母的生长。

3.2.2 五角水母(管水母) 五角水母作为春季南黄海南部秋、冬季整个南黄海的优势种，与该种的生

态适应性是分不开的。五角水母为近岸性暖温带广布类群，该种在渤海、黄海、东海和南海北部都有分布，而且在黄海、东海和台湾海峡均成为优势种，由于它属于暖温带性质，在南海中部和南部没有被发现(张金标等, 1980)。笔者认为五角水母虽然在黄海、东海均为优势种，但作为优势种出现的时间并不统一，比如，在春季五角水母为东海的第一优势种类，几乎遍布于整个调查区域，呈近海向外海海域递减的趋势(徐兆礼等, 2003, 2006)。因此，本文春季调查中的 3、4 月份，五角水母在黄海以南密集出现即为东海春季大量生长影响的结果。而在春末夏季至初秋，双生水母在黄海南部转为优势种，这与东海夏季尤其是秋季双生水母丰度剧增是一致的。到了中秋(10 月份)黄海近岸由五角水母占优势地位，此时同航次的东海调查表明秋季东海的双生水母仍然为其优势种种类，但五角水母极少分布。在渤海五角水母从 9 月开始出现，10、11 月其丰度达到高峰，与本文调查中五角水母在 9 月份测区北部站位出现，至 10 月份黄海到达高峰相一致。王真良(1996)报道的黄海水母类的生态研究也表明，五角水母在夏季(7—8 月)黄海南部的近岸水域开始出现，但是数量不多(0.47ind/m^3)，而在成山角以北的黄海没有分布。作为管水母，由于它们缺乏强有力的行动器官，终生营浮游生活，在水中只能随流漂游，加上它们个体较大，所以有些种类可以作为海流或水团的指示生物(张金标等，1980)。考虑到五角水母在渤海、黄海、东海分布时间上的差异，五角水母可作为黄海受东海水季节影响的程度或者渤海与黄海水流互相影响的指示生物，比如有可能渤海的五角水母来源于黄海近岸，而黄海近岸的五角水母来源于东海。因此五角水母的自然生活史的研究结果也有助于解释它在黄、渤海的出现规律。

3.2.3　双生水母(管水母)　　双生水母与五角水母一样也是近岸性广布种类，但它是暖水种，在东海、台湾海峡和南海北部都是优势种，也由于它较适低盐的生态习性，在高盐区，如东海东部和南海中、南部都不成为优势种。这一类管水母分布于近岸低盐水域与外海高盐水的混合区，与近岸低盐水的分布密切相关(张金标等，1980)，这一点在 1 月份该种的分布格局中也有体现。双生水母在黄海南部自 5 月开始，6、9、12 月均在南黄海的第二断面(长江口外)的站位出现。并且 10 月份在济州岛西侧的三个站位以及东海的外海站位出现，从而验证了双生水母是比五角水母较远岸的暖水种类。

3.2.4　半球美螅水母(水螅水母)等　　半球美螅水母，为广温近岸种类。根据本文结果，该种为黄海常年出现的优势水螅水母种类，其广泛分布于山东半岛南岸及海州湾外；该种也是胶州湾除冬季之外各季节的优势种类；该种在渤海为 5 月、8 月丰度较高的种类。另外除半球美螅水母外，真囊水母、锡兰和平水母、杜氏外肋水母也都为广温近岸种，在我国海域均有分布(张金标，1979)。另外本文出现的种类还有大洋暖水种，比如，半口壮丽水母，在 9 月份的断面调查的第三断面(35° N)出现；四叶小舌水母，在 10 月份、4 月份的 32° N 断面出现(已延伸到东海北部)，以及 9、12、5 月断面调查的第三断面的东部站位(黄海最南端)出现，在此以北没有分布；尖角水母在 10 月份的黄海南部出现；另外，双生水母的分布情况也与其相似。这些均被认为是东海外海暖水影响的结果。六枝管水母为冷水性种类，在 6 月份 36° N 断面、4 月份 35° N 断面出现。热带种球水母在 9 月份的黄海南部第三断面的站位(32.8° N，123.6° E)出现。在栉水母中瓜水母和球形侧腕水母的分布在南黄海的南部和北部都有出现，具体有较宽的温盐适应范围，这与徐兆礼等(2008)的研究结果一致。

3.3　与其它海域或海湾水母丰度的比较

由表 5 可知，本文所得的黄海小型水母的总丰度

表 5　比较不同海域或海区小型水母总丰度水平和占浮游动物数量的比例

Tab.5　Comparison of the total abundance levels of small medusae and their percentages in zooplankton abundances among several sea areas

海域	调查时间	水母总丰度(ind/m^3)				占浮游动物数量的比例	文献
		范围	平均	SD	最高丰度及出现站位		
胶州湾	2003 年 5 月—2004 年 9 月	0.2—120.4	26.4	34.2	>200(湾口和湾外)	7% (4.1—9.4)%	张芳等(2005a, b)
黄海	本文所有航次	0.04—1.3	0.8	0.46	<50(胶州湾外和长江口以北)	<0.5%(0.02—0.24)%	本文
渤海	1992(2, 5, 8, 11 月)	1—2.5	约 1.1	—	(15—20)(渤海湾，莱州湾，辽东湾)	—	马喜平(2000)
渤海	1959(1—12 月)	0.4—3.3	约 1.8	—	>100(渤海湾)	—	
东海	1997—2000	1.01—5.14	2.53	—	100<(浙江温州近海)	1.2%(10 月), 7%(3 月)	徐兆礼等(2003)

的平均为 0.8 (0.04—1.3)ind/m^3，只占浮游动物的0.5%以下，最高丰度值<50ind/m^3，在胶州湾外和长江口以北海区出现。渤海的水母总丰度的季节变化为0.4—3.3ind/m^3，平均丰度< 2ind/m^3，且在人类活动影响较明显的渤海湾，辽东湾和莱州湾的丰度较高。东海水母总丰度为 2.5 (1.0—5.1)ind/m^3，占浮游动物数量的 1.2%—7%，其丰度高值区在浙江温州近海。胶州湾的水母丰度为 26.4 (0.2—120.4)ind/m^3，高值区在湾口和湾外。最高数量值达到 200ind/m^3 以上。且占浮游动物数量的 7% (4.1—9.4)%。总之，从以上几个海域小型水母的总丰度水平比较来看，胶州湾 > 东海近岸 > 渤海 > 黄海，且小型水母占浮游动物的比例(相对数量)在黄海也是最低的。因此从这两方面来说，小型水母在整个黄海并非占优势的功能群。

致谢 “北斗号”科学考察船的全体船员在采样时给予协助，高尚武老师在水母样品鉴定方面给予指导和帮助，谨致谢忱。

参 考 文 献

马喜平，高尚武，2000. 渤海水母类生态的初步研究——种类组成、数量分布与季节变化. 生态学报, 20(4): 533—540

王真良，1996. 黄海区水母类的生态研究. 黄渤海海洋，14(1): 41—50

丘书院, 1954. 论中国东南沿岸的水母类. 动物学报, 6(1): 49—57

刘瑞玉，2008. 中国海洋生物名录. 北京：海洋出版社，1—1267

孙濡泳，1992. 动物生态学原理(第二版). 北京：北京师范大学出版社, 356—357

苏翠荣，徐家铸，李忠武，1996. 江苏海州湾浮游动物的种类组成和分布. 南京师范大学学报(自然科学版), 19(1): 64—67

杨关铭，何德华，王春生等，1999. 台湾以北海域浮游桡足类生物海洋学特征的研究 II. 群落特征. 海洋学报, 21(6): 72—80

张 芳，孙 松，杨 波，2005a. 胶州湾水母类生态学研究 I. 种类组成与群落特征. 海洋与湖沼, 36(6): 507—517

张 芳，杨 波，张光涛，2005b. 胶州湾水母类生态学研究 II. 优势种丰度的时空分布. 海洋与湖沼, 36(6): 518—526

张金标，1977. 江苏、浙江沿海水螅水母类和栉水母类的调查研究. 海洋科技, 7: 95—107

张金标，1979. 中国海域水螅水母类区系的初步分析. 海洋学报, 1(1): 127—137

张金标，许振祖，1980. 中国海管水母的地理分布. 厦门大学学报(自然科学版), 19(3): 100—107

张金标，林 茂，1997. 南海管水母类的生态地理学研究. 海洋学报, 19(4): 121—131

和振武，许人和，1996. 我国海域的水螅水母及其分布. 河南师范大学学报(自然科学版), 24(4): 69—76

周太玄，黄明显，1958. 烟台水螅水母类的研究. 动物学报, 10(2): 173—191

徐兆礼，张金标，蒋 玫，2003. 东海管水母类生态研究. 水产学报, 27(增刊): 82—90

徐兆礼，林 茂，2006. 东海水母类多样性分布特征. 生物多样性, 14(6): 508—516

徐兆礼，高 倩，陈佳杰等，2008. 东海栉水母对温度和盐度生态适应的 Yield-Density 模型. 生态学杂志，27(1): 68—72

高尚武, 1982. 东海水母类的研究. 海洋科学集刊, 19: 33—42

黄宗国，1994. 中国海洋生物种类与分布. 北京：海洋出版社, 261—283

蒋 双，陈介康，1994. 黄渤海水螅水母、管水母和栉水母的地理分布. 海洋通报, 13(3): 17—23

Boero F, Bouillon J, Piraino S *et al*, 2002. Asexual Reproduction in the Hydrozoa (Cnidaria). In: Hughes R N ed. Reproductive Biology of Invertebrates XI: Progress in Asexual Reproduction. Oxford and IBH Publishing, New Delhi, 141—158

Greve W, 1994. The 1989 German Bight Invasion of *Muggiaea atlantica*. ICES J Mar Sci, 51(4): 355—358

Purcell J E, Uye S, Lo W T, 2007. Anthropogenic causes of jellyfish blooms and their direct consequences for humans: a review. Mar Ecol Prog Ser, 350: 153—174

Sullivan B K, Van Keuren D, Claucy M, 2001. Timing and size of blooms of the ctenophore *Mnemiopsis leidyi* in relation to temperature in Narragansett Bay, RI. Hydrobiologia, 451: 113—120

Sun Song, Li Yinghong, Sun Xiaoxia, 2012. Changes in the small jellyfish community in recent decades in Jiaozhou Bay, China. Chinese Journal of Oceanology and Limnology, DOI:10.1007/s00343-012-1179-7

THE DISTRIBUTION PATTERN OF SMALL MEDUSAE IN THE YELLOW SEA

SUN Song,　ZHANG Fang,　LI Chao-Lun,　YANG Bo,　JI Peng
(*Key Laboratory of Marine Ecology and Environmental Sciences, Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao*, 266071)

Abstract　Seasonal variation, species compositions and abundances of small medusae in the Yellow Sea were studied on the basis of samples collected vertically by zooplankton net from October 2000 to August 2007. The results showed that total abundances of small medusae were generally low in the Yellow Sea area, and they mainly distributed in the water shallower than 50m. Seasonal replacements of medusae classes such as hydromedusae, siphonophores and ctenophores, and ten dominant taxa were extremely apparent. Comparing abundance levels and percentages of small medusae occupied total zooplankton abundance among several sea areas, we found that the abundances [0.8 (0.04—1.3) ind/m^3] and percentages (<0.5%) of small medusae in the Yellow Sea were all lowest, which indicated that small medusae were not dominant assemblage among zooplankton functional groups. Combined the status in the Bohai Sea and the East China Sea, the distributional pattern of dominant species in the Yellow Sea were discussed.

Key words　Hydromedusae,　Siphonophores,　Ctenophores,　*Muggiaea atlantica*,　*Clytia hemisphaerica*

~~~
~~~