

# 中国近海沙蠋科研究——黄海和渤海的 柄袋沙蠋的研究\*

吴宝铃 孙瑞平

(中国科学院海洋研究所)

多毛类沙蠋科 Arenicolidae 内的动物统称为沙蠋或沙虫,又叫海蚯蚓。一般体大而肥是优良的鱼饵,具有一定的经济意义。沙蠋是有代表性的底内动物,为沙滩和泥沙滩的优势种类,因此在研究潮间带生态学时是一个较重要的对象。沙蠋保持着有体节动物的典型特征,同时体大,又容易采到,所以也是实验生态、生理和生化研究的一个很好的试验材料。目前沙蠋科在世界各海大约有 2 属 24 种。

我们在进行中国动物志环节动物门多毛纲编写工作中,整理了过去在我国各海区采集的沙蠋科标本,1974—1977 年又到山东、河北、辽宁、广东沿岸和西沙群岛进行了补充调查采集。本文第一作者于 1975 年 3 月 25 日在伦敦不列颠自然博物馆 British Museum (Natural History) 查看对比了沙蠋科标本。

二十年前,沙蠋科的分类工作几乎完全依据博物馆保存标本的外部形态鉴定,那时全世界只有十种沙蠋。目前沙蠋的研究工作已发展到潮间带生态调查和实验室成虫和幼虫培养,以及内部解剖相结合的分类工作。对于中国近海的沙蠋科,我们经过十几年的调查研究,仅在黄海和渤海发现一种,即柄袋沙蠋 *Arenicola brasiliensis* Nonato.

## 一、材料和方法

### 1. 成虫采集地点

渤海 辽宁兴城,北戴河和山东蓬莱。

黄海 海洋岛,大连,烟台,乳山,青岛。

### 2. 成虫分布密度和生物量的计算

成虫分布密度和生物量的计算是以个/米<sup>2</sup>和克/米<sup>2</sup>为单位,取样面积用 1 平方米,先计算穴孔外粪条或卵袋(排卵后)的数目,然后逐一挖出虫体,计算数目后放入 75% 酒精中固定保存。标本称重时,置吸水纸上吸去表面水分,在感量为 0.01 克的扭力天平上称重。

### 3. 成虫的切片

置沙蠋于淡水中麻醉后,放入 Bouin 氏液中固定,然后放入 75% 酒精中保存。切片

\* 中国科学院海洋研究所调查研究报告第 491 号;海洋所所长曾呈奎教授及山东海洋学院生物系李磊泳教授详细修改初稿,提出许多宝贵意见;杨德渐同志制片,提供生态资料;本所范振刚同志协助进行沙蠋生态调查;孟昭斌同志绘图,李笑红同志描图;照片是宋华中同志摄照,特此一并致谢。

本刊编辑部收到稿件日期: 1978 年 5 月 25 日。

时取胸区、腹区和尾部三段,用 75% 酒精冲洗除砂,石腊包埋;切片厚 6 微米,苏木精依红染色。

#### 4. 卵袋和幼虫的培养

**培养用具** 用两种圆玻璃缸:(1) 直径 300 毫米,高 180 毫米,培养性成熟成虫时,取原栖处砂铺缸底,高为 100 毫米;培养底内穴居的幼虫(具 17 个刚毛节以后)时,铺砂厚度为 60 毫米。加入海水均至 140 毫米高度。(2) 直径 200 毫米,高 150 毫米,培养卵袋及具 17 个刚毛节以前的幼虫。

**换水** 培养成虫及卵袋时隔日换过滤新鲜海水,幼虫具 17 个刚毛节后,每周换水 3—4 次,换水量均为缸内水体的 50%。

**饵料** 幼虫具 3 个刚毛节时,喂扁藻 *Platymonos* sp.; 具 6 个刚毛节后,并加少许菱形藻 *Nitzschia* sp.。

**水温** 卵袋出现至 17 刚毛节幼虫期,水温波动在 20—27℃ 之间。

**亲体及卵袋** 1962 年 9 月 15 日在青岛第一海水浴场采获平均体长 100 毫米的亲体,十天后出现卵袋,立即取出,放另一较小玻缸内培养至 17 刚毛节幼虫期,再放回大玻缸培养。

## 二、一般生物学描述

### 1. 成虫形态

我们采到的最大标本,生活时体伸展,长为 180 毫米,宽(体最宽处)13 毫米。头部很小(图 1),为三叶(瓣)状,缩至半月形的颈沟内。头部不具触手和触角等附肢。眼很小,固定后的标本不容易看到。体具 17 个刚毛节,节间有环轮,位于体最前方的 6 个节为胸区,节上没有鳃;腹区 11 节,从第 VII—XVII 节具 11 对鳃,鳃主枝 11—16 支。

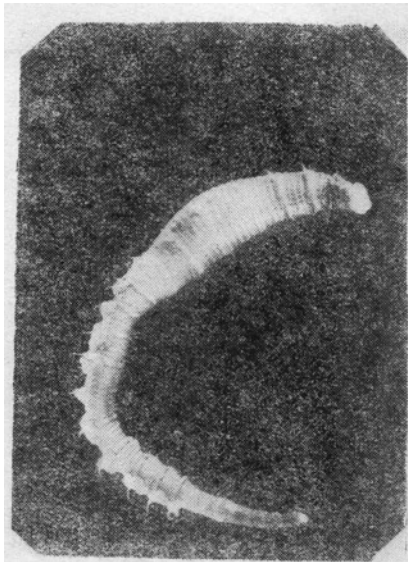


图 1 柄袋沙蠋,采自青岛汇泉第一海水浴场,体长 80 毫米(1962.7.16)

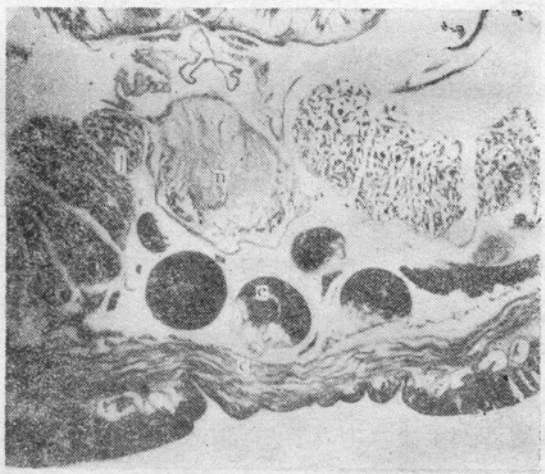


图 2 柄袋沙蠋横切面,示神经索在纵肌之间,标本采自青岛汇泉第一海水浴场  
n——神经索; l——纵肌; c——环肌; e——卵子。

疣足为双叶型,背叶为圆锥形突起,上具一束羽毛状细刚毛;腹叶为横长的突起,此突起向腹面延伸几达腹中线上,腹叶的突起上面具有一行带弯钩的刚毛。

肾管 6 对,开口在第 V—X 刚毛节。背隔膜血管的内端在第 XI 刚毛节由肠下血管通向背血管。隔膜囊大。食道腺较短。平衡囊封闭式,每个囊内具一块大的平衡石。神经索位于纵肌层之间,将纵肌层隔断,即在神经索和环肌之间没有纵肌层(图 2),这是柄袋沙蠋的主要特征,性成熟的标本,切片时在神经索和环肌之间常有散在体腔内的卵。

柄袋沙蠋生活时体色艳丽,为褐或绿褐色,上具闪烁的珠光,鳃为鲜红色,刚毛为金黄色。酒精标本本体为褐或浅褐色,鳃为浅褐或淡黄色。

## 2. 栖居习性和穴洞形态

柄袋沙蠋是底内动物,靠体液肌肉系统(fluid-muscle system)活动造穴,因此同样需要具有一定性质的底质。柄袋沙蠋喜栖于细砂底质,烟台烟台山下东侧细沙滩和青岛汇泉第一海水浴场的细沙滩上分布数量最多,但烟台崆峒岛和青岛薛家岛北安子的泥沙滩上分布量就少得多。

柄袋沙蠋无穴管,采取 U 形穴道生活方式(图 3),U 形穴道便于水流通过,以解决虫体营养和呼吸的问题。柄袋沙蠋吞食泥砂中的有机物质为营养,因之其穴道头段开孔上面造成漏斗状滩面下陷,由于底质不同,漏斗状下陷有的种显明,在柄袋沙蠋常不太显明。穴道后段的穴孔外侧有粪条堆,不同种沙蠋的粪便排出物,不仅在外形上各有区别,其堆积的方式也有所不同,以上说明不同种沙蠋的生理活动与穴道的形态有着密切关系。柄

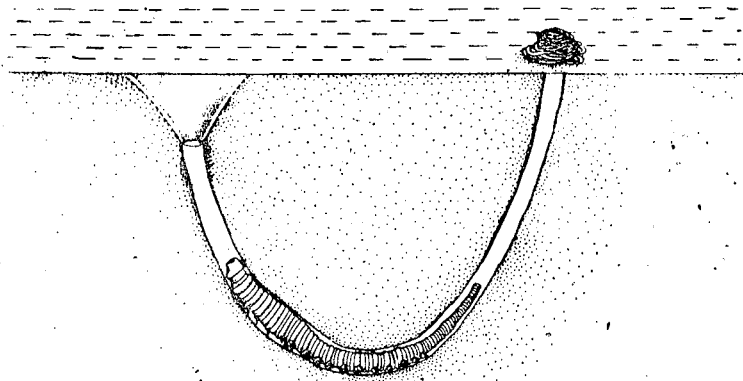


图 3 柄袋沙蠋穴道

袋沙蠋的穴道自头段开孔向下,然后转向水平方向称横道,横道再向上即后段。柄袋沙蠋头段与后段两开孔之间的距离一般为 200—300 毫米,头段漏斗下陷口缘直径为 70—100 毫米,后段开孔直径为 1 毫米,由滩涂表面至横道的距离约为 200 毫米。柄袋沙蠋的粪条堆积在滩面上,高达 40 毫米,直径 80—120 毫米,退潮时排出的粪条长度比肠管长 2—3 倍,这是柄袋沙蠋的排粪生理活动对潮汐节奏的反映,在退潮时生理活动旺盛。

柄袋沙蠋的生殖迁移习性表现得特别明显,根据我们的观察,在烟台和青岛,每逢生殖季节,大约从 6 月底(表层水温 20℃)开始由潮下带迁至潮间带,这时在沙滩上可以看见穴道后段开孔外面的粪条,截至目前我们在东海和南海沿岸还没有采到过任何一种沙蠋,也可能是由于采集的时间不对。在黄海和渤海 8、9 月份是柄袋沙蠋生理活动最旺盛

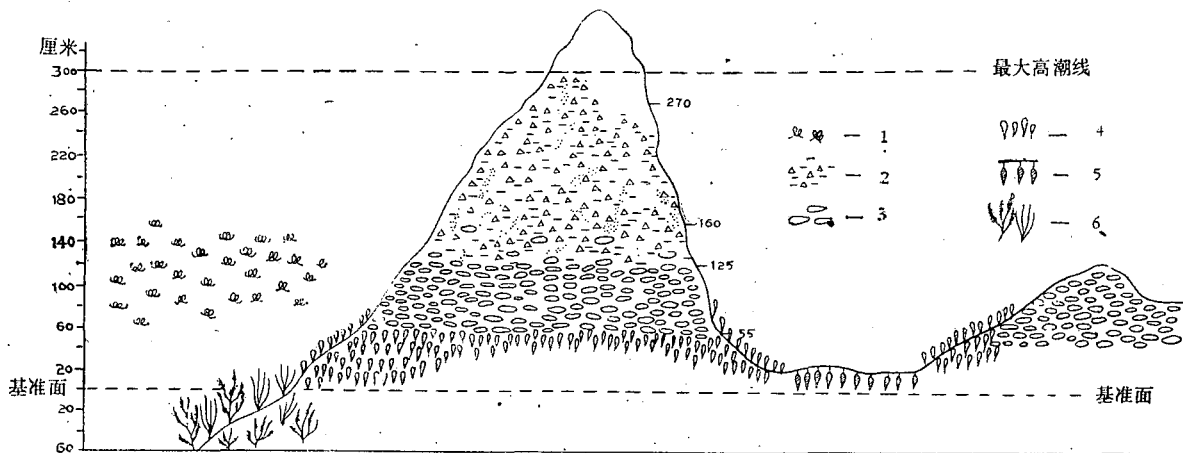


图4 烟台烟台山柄袋沙蚕群落及其附近动植物区系分布图

左方为细沙滩,右方为岩礁。1.柄袋沙蚕群落; 2.戴氏小藤壶 *Chthamalus* + 黑色偏顶蛤 *Volsella*; 3.牡蛎 *Ostrea* + 绿巧言虫 *Eulalia viridis*; 4.小型海藻丛(石莼 *Ulva* 等); 5.凿穴蛤 *Barnea* 群落; 6.马尾藻 *Sargassum* 和海韭菜丛 *Phyllospadix*。

的季节,退潮后,在沙滩中区和下区上部粪条和具柄的卵袋(俗称海里光荡)俯拾皆是。

### 3. 群落、个体分布密度和生物量

烟台烟台山下沙滩柄袋沙蚕群落(图4)的主要种有:冠毛须鳃虫 *Cirriformia comosa* (Marenzeller), 躁索沙蚕 *Lumbrineris impatiens* (Claparède) 以及数量较少的旗须沙蚕 *Nereis verilliosa* Grube 和多鳃齿吻沙蚕 *Nephtys polybranchia* Southern 等。沙滩附近为岩礁,其景观见图4。

每至生殖季节,柄袋沙蚕在黄海和渤海很容易采到。1957年7月初,烟台烟台山下细沙滩中区和下区上部,柄袋沙蚕分布密度的平均值1平方米75—100个,生物量平均值1平方米为50—80克。1963年8月初,青岛汇泉第一海水浴场细沙滩柄袋沙蚕分布密度平均值为1平方米45个。

## 三、生殖和发育

### 1. 生殖习性

柄袋沙蚕的生殖季节在青岛是从7月底(表层水温23—24℃)至9月底(表层水温在21—23℃),1962年7月底在薛家岛山里沙滩上开始发现卵袋,卵袋圆形或椭圆形,一般包括柄部在内长达95毫米,长径为45毫米。1962年8月31日在青岛汇泉第一海水浴场计算卵袋的最大密度,每平方米有25个(水温为23℃,盐度28.66‰)。进入十月份卵袋渐渐减少(十月中旬后表层水温降至20℃以下),到冬初在卵子已发育为具3个体节的幼虫孵化时,卵袋才溃散消失。

### 2. 受精、卵裂至囊胚期

1962年9月15日我们采到6个性成熟的柄袋沙蚕(体长一般为100毫米),放在大圆玻缸内培养。柄袋沙蚕在体外受精,雄虫自肾管孔放出精子(图5),精子在雌虫穴内与排出的卵受精(图6),卵子受精后在穴道头段漏斗附近形成一个有柄的卵袋。9月25

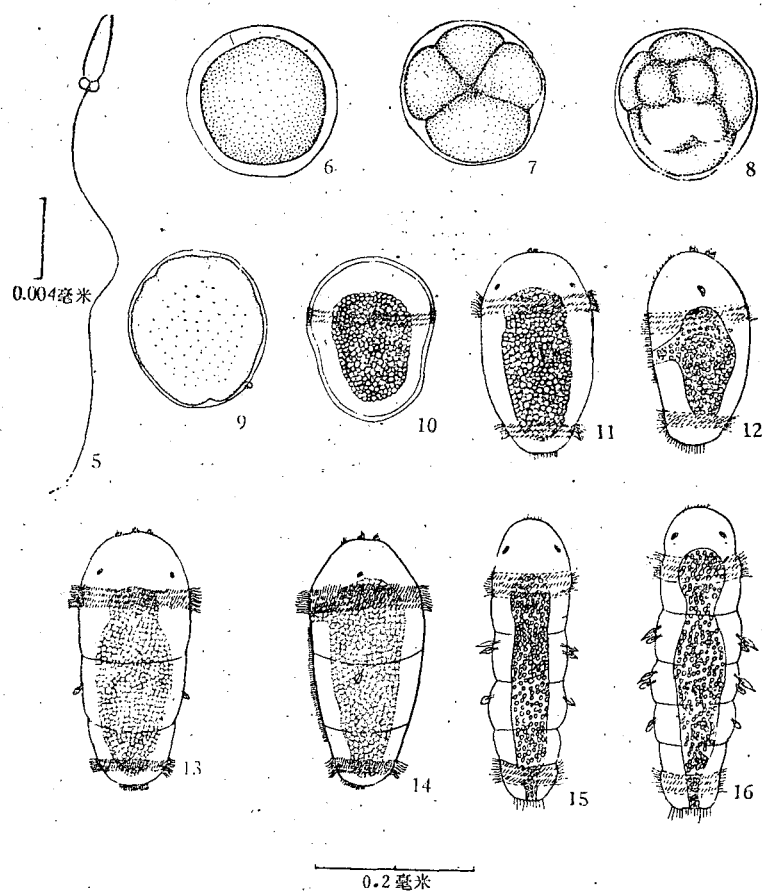


图5 精子 图6 受精卵 图7 4细胞时期 图8 8细胞时期 图9 囊胚期 图10 原肠期 图11 端毛轮幼虫 图12 同上,侧面观 图13 1个刚毛节幼虫 图14 同上,侧面观 图15 2个刚毛节幼虫 图16 3个刚毛节幼虫

日晨7时(培养缸水温 20℃)我们发现缸内已出现有两个卵袋,检查卵袋中的卵子已大部分分裂至4细胞时期(图7),4个分裂球中,1个较大。同一卵袋内的卵子分裂发育程度也不完全一致。此时将卵袋取出分别放在另外两个小型圆玻缸里培养。一小时后行第三次分裂(图8),6小时后开始进入囊胚期(图9)。根据以上分裂速度,可以估计卵子开始分裂的时间约在早晨5时左右,卵子的产出和受精当在此时之前,卵裂情形的不一致,说明卵子的产出和受精有先后之分。

### 3. 原肠胚(担轮幼虫期)和后原肠胚(后担轮幼虫期)

4细胞期后28小时进入原肠期,此时口前纤毛轮已出现,整个胚体由圆形改为梨形,径长约为0.2毫米(图10),其圆钝的一端为纤毛轮前区,较锐细的一端为纤毛轮后区,原肠位于后区的内部。从形态上来看这一胚胎时期相当于某些环节动物所具有的典型担轮幼虫期,这也就是说在柄袋沙蠋发育中,和其他已研究过的一些种沙蠋一样,没有明显的担轮幼虫期。经过上述胚胎期以后,大致在卵子产出后的第三天即成为后原肠胚,也可称为后担轮幼虫期。在此发育期间,除口前纤毛轮明显外,纤毛轮后区加长,进入此期内部

的内胚层裂球 (endomeres) 含有许多卵黄粒, 因而使此区呈不透明状态。

#### 4. 从卵膜内孵出——端毛轮幼虫

卵子产出后约经 3 日之久, 由后担轮幼虫时期发育成端毛轮幼虫 (图 11, 12), 体长 0.26 毫米, 宽 0.14 毫米, 出现一对红色眼点。由于端纤毛轮的生出, 此时虫体可分为三区: (1) 头区——从顶板 (apical plate) 到口前纤毛轮。(2) 后区——端纤毛轮以后的部分。(3) 中区或躯干区——介于前后两纤毛轮之间。除口前纤毛轮和端纤毛轮外, 在体腹面中线处, 由口后缘到中区一半的地方还出现由微细纤毛所成的纵纤毛带。大部分幼虫在这一形态发育期从卵膜内孵出, 但这时把卵子包围在一起的由胶状物所构成的卵袋还没有溃败。

#### 5. 1 个刚毛节幼虫和 2 个刚毛节幼虫

大约从产卵后第 4 天, 在幼虫体中区出现体节, 随后开始出现刚毛。具 1 个刚毛节的幼虫 (图 13, 14), 体长 0.31 毫米, 体宽 0.13 毫米, 具 1 对短铲形刚毛。发育较快的是有两个刚毛节的幼虫 (图 15), 体长 0.35 毫米, 宽 0.09 毫米。其第 I 刚毛节相当于第 II 体节, 具两对刚毛, 一长一短, 均为铲形; 第 II 刚毛节由第 III 体节形成, 具一对短铲形刚毛。

#### 6. 3 个刚毛节幼虫

在产卵后第 5 天, 幼虫体长 0.38 毫米, 宽 0.1 毫米, 这时其第 III 刚毛节出现 (图 16), 在这一刚毛节上仅生有一对短铲形刚毛。另在第 II 刚毛节增加一对短小的背刚毛。第 I 和第 II 两刚毛节都增生短小的钩状腹刚毛, 但尚未伸出体外。眼点也在这时期增至两对, 新生的一对小眼点是在原来的眼点下方。此时幼虫体上的纤毛非常发达, 借助于纤毛的活动, 幼虫在缸中游动, 趋光性很强, 缸面照度一般在 100 米烛以下。

#### 7. 5 个刚毛节幼虫

产卵后约一星期, 幼虫具 5 对刚毛 (图 17, 18), 前 4 个刚毛节各具两根背刚毛和一根腹刚毛。前者一长一短均为铲形 (图 19 a, c), 后者钩状 (图 19 b)。第 V 刚毛节只具一根短铲形背刚毛。此时幼虫体长达 0.44 毫米, 宽 0.1 毫米, 体腹面的纤毛纵带很发达, 胃肠中有少许绿色扁藻。

#### 8. 8 个刚毛节幼虫——沉落至底栖生活

产卵后约两星期的幼虫已具 7 或 8 对刚毛, 但从 6 对刚毛时期开始, 幼虫的口前纤毛轮、纵纤毛带以及端纤毛轮等全部消失。与此同时, 幼虫亦从浮游生活向底栖爬行生活过渡, 据我们经验, 在培养下, 此时期幼虫有大量死亡, 仅余少数个体经沉落过程后存活下来, 在培养缸的底面上爬行 (在自然界幼虫在潮下带选择一定性质的底质沉落至底栖生活), 利用吻部的外翻吞食水底面上的碎屑。具 8 个刚毛节的幼虫体长 0.87 毫米, 宽 0.13 毫米 (图 20), 其头部具很多色斑。幼虫的第 I—VII 刚毛节各具两根背刚毛, 在前 4 节一长一短, 均为短铲形; 第 V—VII 刚毛节一为铲形, 一为钩状; 第 VIII 刚毛节只具一根钩状背刚毛。我们曾看到一个具 8 个刚毛节的幼虫, 在培养缸内分泌粘液粘附缸底部的碎屑做一栖管, 虫体隐于管内, 惟头部不时伸出管外觅食 (图 21)。

#### 9. 10 个刚毛节和 13 个刚毛节幼虫

经培养满一个月后, 幼虫具 10 个刚毛节, 体长超过 1 毫米。此后仍饲以扁藻, 其生长变慢, 再经半月之久, 刚毛增至 13 对, 体长达 1.35 毫米, 宽 0.11 毫米。每个刚毛节一般具

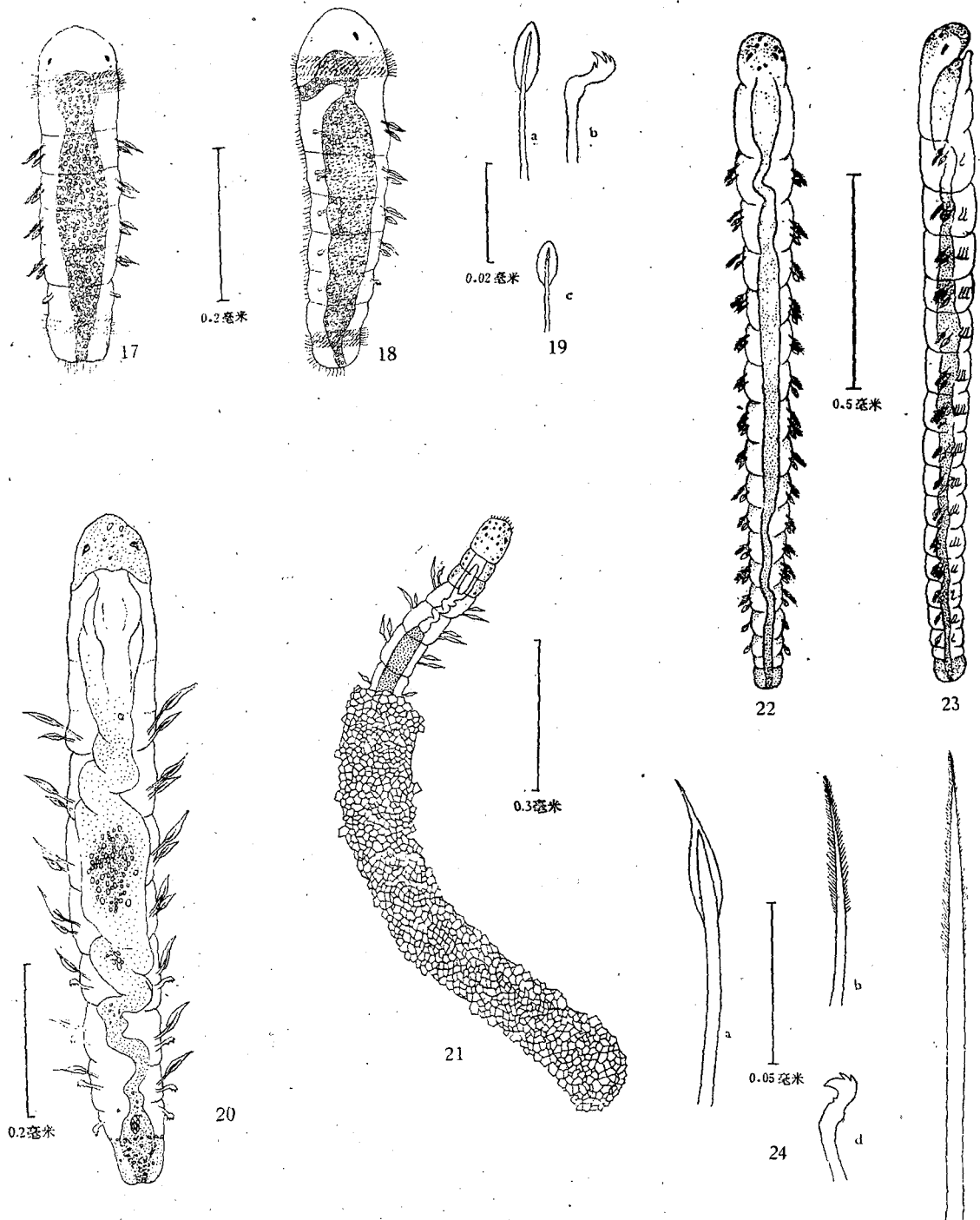


图 17 5 个刚毛节幼虫 图 18 同上, 侧面观 图 19 同上的刚毛,  
a. 长的铲形刚毛, b. 钩状刚毛, c. 短的铲形刚毛。

图 20 8 个刚毛节幼虫 图 21 做栖管的 8 个刚毛节幼虫 图 22 15  
个刚毛节幼虫 图 23 同上, 侧面观 图 24 同上的刚毛,

a. 铲形刚毛, b. 短的羽毛状刚毛, c. 长的羽毛状刚毛, d. 钩状刚毛。

两根背刚毛,少数具有三根;第 III—VIII 刚毛节具两根腹刚毛,其余只各具一根。

#### 10. 15 个刚毛节幼虫

培养两个半月之后,幼虫具 15 对刚毛(图 22, 23),体长达 1.52 毫米,宽 0.14 毫米。第 I、III、V—VI、VIII—XI 和第 XIII 刚毛节有两根背刚毛,一为细长羽毛状,一为短铲形。第 II 刚毛节有 3 根背刚毛,一为细长羽毛状,2 为短铲形。第 IV 刚毛节的背刚毛 4 根,2 为细长羽毛状,1 为短羽毛状,另 1 为铲形。第 VII 和第 XII 刚毛节的背刚毛两根,1 为短铲形,两个为细长羽毛状。腹刚毛均为钩状,第 II、XII—XIV 刚毛节各具两根,第 III—VI、IX—XI 刚毛节均有 3 根,第 VII—VIII 刚毛节有 4 根,其余各节只具一根腹刚毛(图 24, a—d)。

#### 11. 17 个刚毛节幼虫

培养三个半月后,幼虫具 17 对刚毛(图 25),体长达 2.7 毫米,宽 0.21 毫米。观察数个虫体后,发现不仅不同个体同一刚毛节具有的背、腹刚毛数目不完全相同,即同一个体不同刚毛节上的刚毛数目也不完全相同,大致情形如下。(1) 背刚毛:第 II、X、XI、XIII—XVI 刚毛节有的具两根,一为长羽毛状,另一为短铲形;有的具 3 根,为两长一短(长为羽毛状,短为铲形),或一长两短(长为羽毛状;短的一为羽毛状,另一为铲形);有的具 4 根,为三长一短(长的为羽毛状;短的铲形)或两长两短(长为羽毛状;短的一为羽毛状,一为铲形)。(2) 腹刚毛均为钩状:第 I 和 II 刚毛节具两根,第 IV、VI、XIII、XVI 和 XVII 刚毛节具 2 或 3 根,第 III、V、VII—XII、XIV—XV 刚毛节各具 3、4 或 5 根。

#### 12. 向幼体过渡——体后端加长

培养延至 4 个月后,主要由于体后端(不具刚毛节)的相对加长,整个幼虫长度达 6.1 毫米,宽 0.32 毫米(图 26),此时幼体头部表面仍具很多色斑,其各部消化器官已可区分出来:咽部位于第 I 体节,食道在第 I—III 刚毛节,胃大约位于第 IV—IX 刚毛节,第 IX 区刚毛节以后为肠。

#### 13. 栖于砂质直管内的幼体

经培养 5 个月后的幼体长 8 毫米,宽 0.8 毫米。由 17 个刚毛节形成的体前部变粗,体后端分节不显明。在体部增长变粗的同时,头部相对变小,吻端变尖。在吻翻出时可见其内表面上所生出的突起已很接近成虫吻上的乳突(图 27)。在两眼下方各有一个感觉器官形成。在虫体第 VII 刚毛节处开始出现简单的指状鳃。此时各部消化器官的位置有所变更:咽部位于第 I—II 刚毛节,食道在第 III—V 刚毛节,胃位于第 IV—XI 刚毛节,肠的前段在第 XII—XVII 刚毛节,其后段行经整个分节不明显的体后端。在此时期可见到的生态现象是:虫体已具迅速钻入砂粒中的能力,利用体表所分泌的粘液,幼体可以粘住细砂做成临时栖管,此时如仔细观察,在砂面上可见虫体排出的细条砂粒粪便。

#### 14. 无论在形态上或生态上都已与成虫相似

在培养 6 个月后,有一最大个体长达 13 毫米,宽 1.2 毫米。此时虫体已变为不大透明,呈鲜红色,爬行迅速,消化道内充满了食物和砂粒,并加多了鳃的分枝(图 28)。总之,发育到此为止,无论在形态上或生态上都已与成虫相似。

培养近 7 个月时,可以清楚看见鳃上的血管,鳃为粉红色,分枝较前增多(图 29),体长 17 毫米,宽 1.5 毫米。培养 7 个半月后,体长 25 毫米,宽 2.5 毫米。

经培养 8 个月后,体长达 30 毫米,宽 5 毫米,鳃有 11 个主枝(图 30)。培养 8 个半月



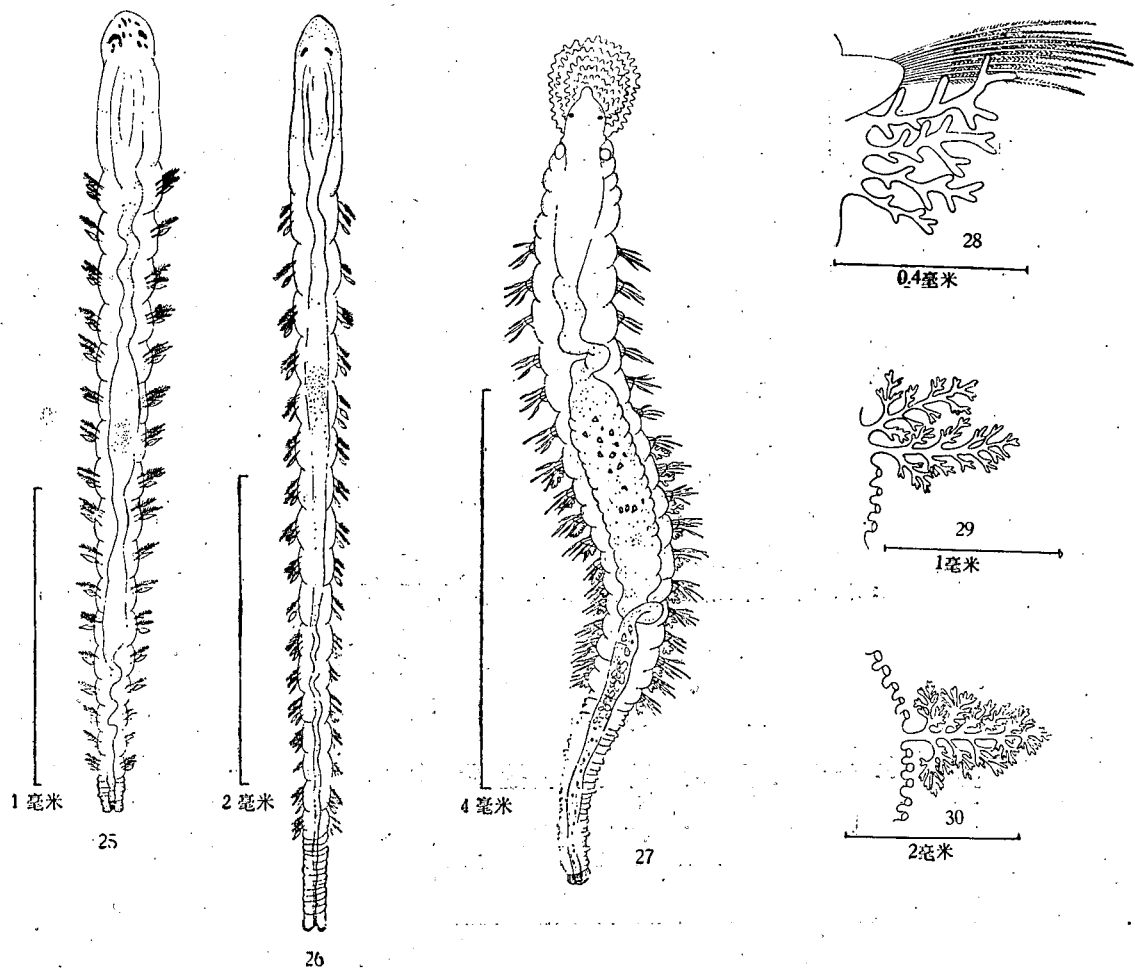


图 25 17 刚毛节幼虫 图 26 17 个刚毛节幼虫的体后端增长量 图 27 形态上与成虫相似的幼体  
图 28 培养 6 个月的幼体的鳃 图 29 培养 7 个月的幼体的鳃 图 30 培养 8 个月的幼体的鳃

后,体长达 45 毫米,宽 7 毫米。

#### 15. 性成熟排出卵袋

到 1963 年 7 月,在实验室内整培养了近 9 个多月,虫体长达 60 毫米(图 31,柄袋沙蠋的生长),包括刚毛和鳃宽 7 毫米。7 月 9 日,天阴有雾,室内培养缸水温达 30.5℃(上午 10 时 35 分),新鲜海水温度为 22.6℃。一个虫体在培养缸内排出卵袋,卵袋直径 12 毫米,袋的柄长 11 毫米,卵袋内充满圆球状卵子,检查袋内的卵子均未分裂。7 月中旬(室内培养缸水温 29—30℃),在培养缸内陆续又出现数个卵袋,大小与前相同,但有的卵袋内卵子很少。排卵后的虫体在 2—3 天后萎缩死去,这与青岛栈桥附近每年 2—3 月间排卵后立即死去的日本沙蚕 *Neanthes japonica* (Izuka) 一样。在自然界柄袋沙蠋的 8 个刚毛节幼虫沉落在潮下带,次年夏季表层水温升至 20℃ 以上时性成熟,由潮下带迁至潮间带(图 32,柄袋沙蠋生活史示意图)。与此同时,我们曾于 1963 年 6 月 21 日从青岛汇泉第一海水浴场采获柄袋沙蠋养在大玻缸中,但在 7 月中旬没有出现卵袋,一直在室内培养的

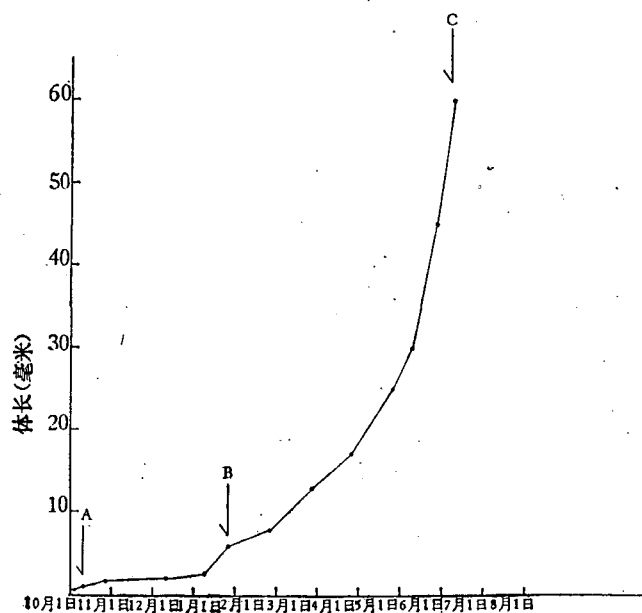


图 31 柄袋沙蠍的生长

A——浮游幼虫沉落底栖； B——幼体开始； C——性成熟排出卵袋。

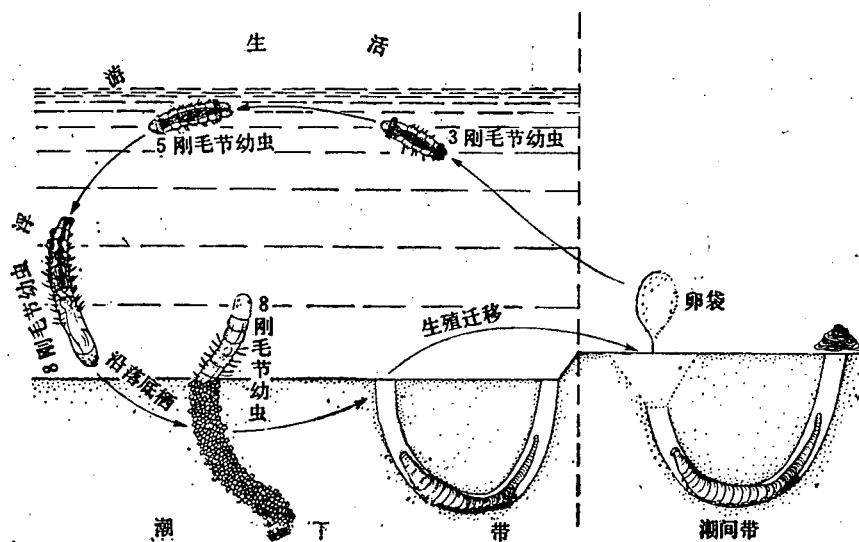


图 32 柄袋沙蠍生活史示意图

虫体提早出现卵袋,是由于室内水温高的缘故。

#### 四、地理分布

##### 1. 分布记录

南美大西洋沿岸的巴西,太平洋沿岸的秘鲁;北美大西洋沿岸的马萨诸塞,太平洋沿岸的加利福尼亚;夏威夷群岛;日本的三崎和青森,日本海的海参崴;渤海、黄海(我国近岸);印度孟买南部;苏伊士和澳大利亚西南岸都有分布(图 33)。

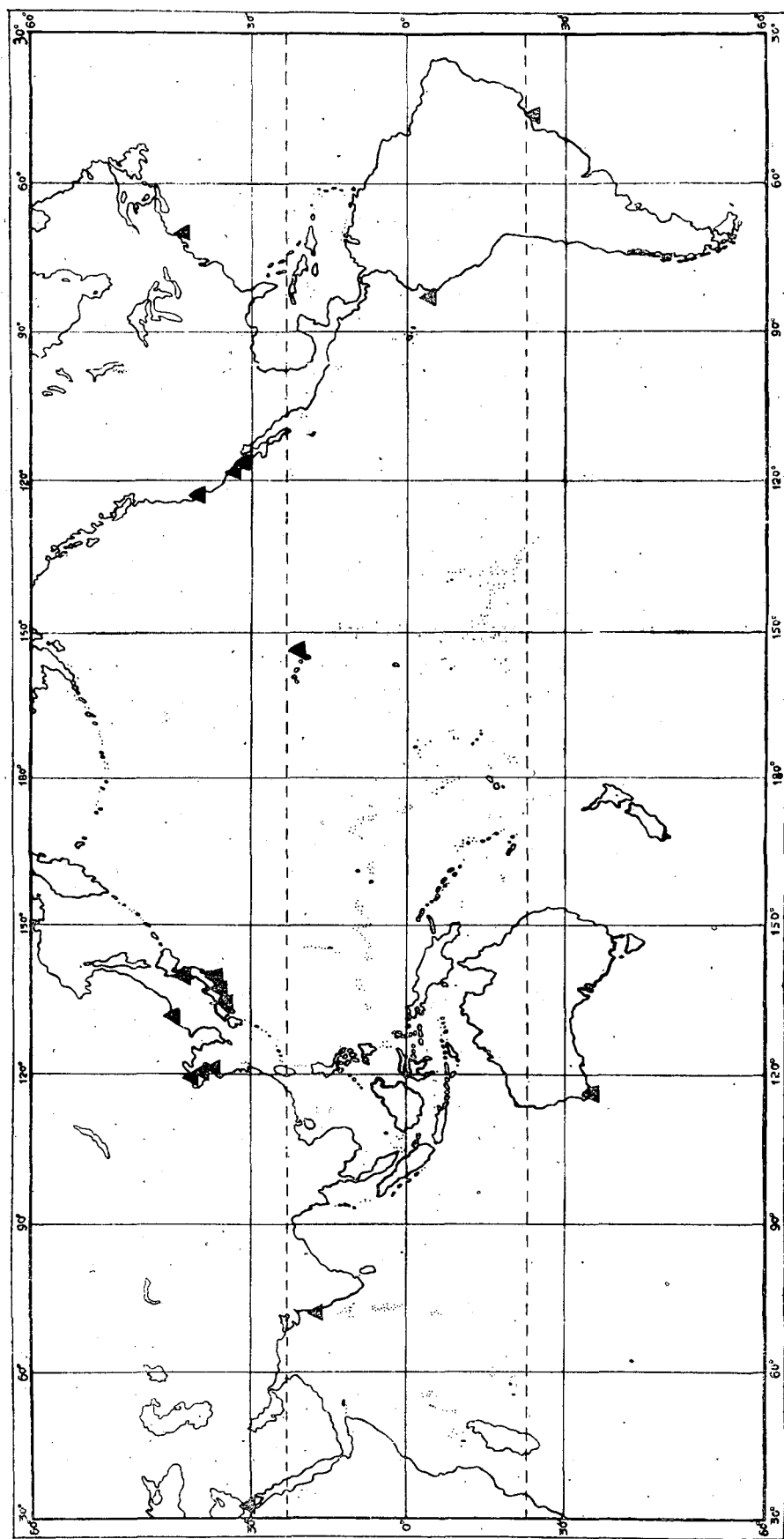


图 33 柄袋沙蠟的地理分布

## 2. 分布特点

从上述分布情况分析,可以看出柄袋沙蠋既分布于太平洋两岸 (Amphi-Pacific) 又分布于北美洲两岸 (Amphi-North American),同时也分布于南美洲两岸 (Amphi-South American),此外还分布在夏威夷和印度洋。值得提出的是柄袋沙蠋在印度-西太平洋区的夏威夷群岛为常见种,海洋动物地理学对夏威夷群岛的动物区系比较重视,因为夏威夷群岛区系同美洲西岸、黑潮流域以及印度洋都有密切的联系,甚至可上溯到老第三纪,对此 Ekman<sup>[7]</sup> 曾有所论述。Lagaaij 等<sup>[12]</sup> 在讨论一些从第三纪到现生的苔藓虫时,其所描述的分布图,与上述柄袋沙蠋的分布特点极其相似。因此,进一步观察现生沙蠋穴道的特点,如结合古生底内动物穴道遗迹开展研究,将有助于探索多毛类从第三纪到现在的来龙去脉。

## 3. 分布与水温关系的分析

柄袋沙蠋在北大西洋温带区的美洲——北大西洋亚区的采集时间为 8 月,与黄海、渤海大致相同,但在北太平洋温带区的俄勒冈 (Oregon) 和北美亚区的出现时期是 9—12 月。在印度和苏伊士的采集时间都在 4—5 月。澳大利亚西南部属南温带的南澳大利亚亚区,采集时间与黄海、渤海相同也为 7 月。在夏威夷群岛柄袋沙蠋采集记录是 2 月和 8 月,出现时间较长,这与夏威夷群岛多毛类区系的热带性有关。柄袋沙蠋在我国渤海沿岸和黄海(我国近岸)以及日本太平洋沿岸的三崎和青森的出现时期完全一致,为 6 月底至 10 月初,生殖盛期在 8、9 两月,出现时期的沿岸表层水温 20—25℃,生殖适温 23—25℃。柄袋沙蠋在生殖季节从潮下带迁至潮间带,尽管在各分布点采集时间不一致,但其出现时期的水温是一致的。柄袋沙蠋是暖水种,分布在夏季表层水温 20℃ 左右等温线的南北两半球海区之间<sup>[20]</sup>。

# 五、种名的商榷

## 1. 黄海和渤海沙蠋种名鉴定的混乱情况

黄海和渤海分布的沙蠋,在种名的鉴定上一直是很混乱的。1933 年,高哲生<sup>[3]</sup> 首先报告鸡冠沙蠋 *Arenicola cristata* Stimpson 采自青岛的汇泉、沧口和女姑口;同年, Fauvel<sup>[8]</sup> 记述了渤海有鸡冠沙蠋分布。此后,在一些有关青岛胶州湾和烟台的无脊椎动物采集报告中都记载了沙蠋,但大都未鉴定至种。1959 年,高哲生等报告鸡冠沙蠋在秦皇岛、北戴河、烟台和青岛均有分布。1961 年,李嘉泳等在“胶州湾地内动物的生态观察”<sup>[11]</sup> 一文中描述的沙蠋为 *Arenicola caroledna* Wells。1963 年,吴宝铃报道了分布在烟台潮间带沙滩的柄袋沙蠋 *Arenicola brasiliensis* Nonato。

## 2. 鸡冠沙蠋和柄袋沙蠋的区别

Wells 在 1961 年<sup>[17]</sup> 和 1962 年<sup>[18]</sup> 发表了两篇沙蠋科比较全面的研究论文,特别是对鸡冠沙蠋进行了较深入的研究。他检查对比了世界各地保存的鸡冠沙蠋标本,其中包括渤海北戴河和黄海烟台、青岛的标本(存伦敦不列颠自然博物馆和美国自然博物馆,秉志、陈子英和张玺等采集的)<sup>[18]</sup>。Wells 发现了鸡冠沙蠋有两种类型:(1) 神经索位于纵肌层之间,将纵肌层隔断,与环肌相接(图 2);(2) 神经索位于纵肌层之上,不将纵肌层隔断,不与环肌相接(图 34)。此二类型在生态方面也有显著区别,前者在细沙滩分布最多,后

者喜栖泥沙滩；前者是砂质圆条粪便，后者粪便是膜质的；前者的卵子产出后形成一个有柄的卵袋，后者的卵子构成狭长的膜质带（Streamer）。Wells 认为前一类型是一个独立的种，1961 年定名 *Arenicola caroledna*，1962 年对此种又做了补充描述。1958 年，Nonato 根据从巴西采到的鸡冠沙蠋的平衡石不仅有一块，而且还有许多石灰质小颗粒的特征，发表一个新变种 *Arenicola cristata* var. *brasiliensis* Nonato。1962 年 Wells 检查了 Nonato 的标本后指出就是他发表的新种 *Arenicola caroledna*。按照第 15 届国际动物学会修订的、于 1960 年 11 月出版的动物命名法规的规定 *brasiliensis* 应是一个有效的学名，虽然他最初是以变种名发表的，因此 1962 年 Wells 在其论文<sup>[18]</sup>刊出后，又附印一个小条子，说明 *Arenicola caroledna* 应改为柄袋沙蠋 *Arenicola brasiliensis* Nonato，1958，而种名 *caroledna* 应废弃不再使用。

### 3. 黄海和渤海的沙蠋是柄袋沙蠋

从 1962 年以来，我们对中国科学院海洋研究所历年来从黄海和渤海潮间带采集的沙蠋科标本，从形态到生态进行了研究，认为完全符合 Wells 对柄袋沙蠋的描述。因此，我们将目前仅在黄海和渤海沿岸采到的一种沙蠋，定名为柄袋沙蠋 *Arenicola brasiliensis* Nonato。

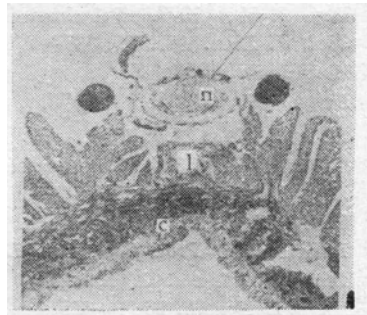


图 34 鸡冠沙蠋 *Arenicola cristata* Stimpson 横切面，示神经索在纵肌之上（Wells, 1961）

n——神经索；l——纵肌；c——环肌

## 六、结 语

1. 多毛类沙蠋科目前在我国仅发现一种，分布在黄海和渤海，通过外部形态、内部解剖、生殖发育、生态特点和地理分布的研究鉴定为柄袋沙蠋 *Arenicola brasiliensis* Nonato。

2. 柄袋沙蠋的主要特征是神经索位于纵肌之间，将纵肌层隔断，与环肌相接；栖细砂底质，穴道口漏斗状下陷不明显；粪便是砂质圆条；卵袋具柄。

3. 柄袋沙蠋具生殖迁移习性，表层水温 20℃（黄海和渤海约在 6 月底）由潮下带迁至潮间带。在烟台分布密度平均值 1 平方米为 75—100 个，生物量平均值 1 平方米为 50—80 克。

4. 在黄海和渤海柄袋沙蠋的生殖盛期在 8、9 两月，生殖适温 23—25℃。实验室培养从出现卵袋开始，观察卵裂、囊胚、原肠胚（担轮幼虫期），及从卵膜内孵出的端毛轮幼虫，营浮游生活的刚毛节幼虫，8 个刚毛节幼虫沉落至底栖生活。培养半年后的幼体无论在形态和生态上都已与成虫相似。培养近 9 个多月的沙蠋性成熟排出卵袋。

5. 柄袋沙蠋是暖水种，分布在南北两半球表层水温 20℃ 海区之间。从其分布在太平洋两岸、南北美洲两岸、夏威夷群岛和印度洋的动物地理特点，可结合古生态穴道遗迹的研究，探讨多毛类从第三纪到现生的课题。

## 参 考 文 献

- [1] 李嘉泳、李福新, 1962. 胶州湾潮间带地内动物的生态观察. 山东海洋学院学报 1:136—178.
- [2] 吴宝铃, 1963. 环节动物门(多毛纲), 中国经济动物志. 科学出版社, 38—39 页.
- [3] 高哲生, 1933. 青岛沿海之多毛目环节动物. 国立山东大学科学丛刊 1(2):437—451.
- [4] 高哲生, 1959a. 环节动物, 多毛纲, 中国动物图谱. 科学出版社, 55 页.
- [5] 高哲生、邓景耀等, 1959b. 华北沿海的多毛类环节动物. 山东海洋学院学报 1:131—201.
- [6] Day, J. H., 1973. Polychaeta collected by U. D. Gaidwad at Ratnagiri, south of Bombay. Zool. J. Linn. Soc. 52: 337—361.
- [7] Ekman, S., 1953. Zoogeography of the Sea. Sidgwick and Jackson, London, pp. 1—417.
- [8] Fauvel, P., 1933. Annélides polychètes du Golfe du Pei Tchen Ly. Publ. du Musée Hoangho Païho de Tien Tsin, 15: 1—67.
- [9] Hartman, O., 1966. Polychaetous annelids of the Hawaiian Islands. Occas. Pap. B. P. Bishop Mus. Honolulu, Hawaii 23(11): 163—252.
- [10] Healy, E. A. and G. P. Wells, 1959. Three new lugworms (Arenicolidae) from the North Pacific area. Proc. Zool. Soc. London 133(2): 315—335.
- [11] Imajima, M. and O. Hartman, 1964. The Polychaetous annelids of Japan. Occas. Pap. Allan Hancock Found., 26: 1—452.
- [12] Lagaaiz, R. and P. L. Cock, 1973. Some Tertiary to recent Bryozoa. Atlas of Palaeobiogeography. Elsev. Sci. Publ. Comp. pp. 489—498.
- [13] Nonato, E., 1958. Sobre duas Arenicolas da costa Brasileira. Contrib. Aoul. Inst. Oceano., 3: 1—6.
- [14] Okada, K., 1941. The gametogenesis, the breeding habits, and the early development of *Arenicola cristata* Stimpson, a tubicolous polychaete. Sci. Rep. Tôhoku. Imp. Univ., ser. 4. 16(2): 99—146.
- [15] Southward, E. C. and A. J. Southward, 1958. The breeding of *Arenicola ecaudata* Johnston and *A. branchialis* Aud. & Edw. at Plymouth. J. Mar. biol. Ass. U. K., 37: 267—286.
- [16] Wells, G. P., 1959. The genera of Arenicolidae. Proc. Zool. Soc. London, 133(2): 310—314.
- [17] Wells, G. P., 1961. A new lugworm from Woods Hole, hitherto included in *Arenicola cristata* (Polychaeta). Proc. Zool. Soc. London, 137(1): 1—11.
- [18] Wells, G. P., 1962. The warm-water lugworms of the world (Arenicolidae). Proc. Zool. Soc. London, 138(3): 331—353.
- [19] Wells, G. P., 1963. The lugworms of the southern cold temperate zone (Arenicolidae, Polychaeta). Proc. Zool. Soc. London, 140(1): 121—159.
- [20] Wells, G. P., 1964. Temperature, Taxonomic technique and the zoogeography of lugworms (Arenicolidae, Polychaeta). Helgol. Wiss. Meeresunters., 10(1—4): 404—410.

## STUDIES OF *ARENICOLA BRASILIENSIS* NONATO IN THE BOHAI AND THE YELLOW SEA\*

Wu Baoling (B. L. Wu) and Sun Ruiping

(Institute of Oceanology, Academia Sinica)

### ABSTRACT

This paper presents the results of a study of the morphology, ecology, geographical distribution and larval development of *Arenicola brasiliensis* Nonato. A morphological and ecological comparison between this species and the closely related *Arenicola cristata* Stimpson was made. *A. brasiliensis* is confined to clean fine sand bottoms and *A. cristata* is generally found in muddy-sand bottoms.

*A. brasiliensis* Nonato is most abundantly distributed in the Bohai (Dalian, Beidaiho and Yantai) and the Yellow Sea (Qingtao). Its density in the littoral zone of Yantai was 75—100 specimens per square meter, while its biomass was 50—80 gms per square meter. It was associated with some other polychaetes such as *Cirriiformia comosa* (Marenzeller), *Lumbrineris impatiens* (Claparède), *Nereis vexillosa* Grube and *Nephtys polybranchia* Southern.

The spawning season of *Arenicola brasiliensis* Nonato in Yantai and Qingtao was found to be in August and September when the temperature of the sea water was between 23—25°C. During the spawning season, they were found in the sublittoral to the littoral zones.

Observations on the larval development of *A. brasiliensis* up to the young worm were made. The material consists of six sexually matured worms collected on 15th September, 1962. The average length of these specimens was about 100 mm. Under laboratory conditions, on the 25th September, the spawning of *A. brasiliensis* was indicated by the release of egg-masses. Upon examination, one of the egg-masses appearing on the surface of the sand bottom contained many developing zygotes at the four-cell stage of cleavage (fig. 7).

The eight-cell stage was generally completed in about one hour after the formation of the four-cell stage (fig. 8). Six hours later, cleavage entered the stage of early blastula (fig. 9). Twenty-eight hours later, the later blastula entered the process of gastrulation and grew to the gastrula. About 50 hours later, during the later stage of gastrulation, a ciliary ring appeared at the middle region of the gastrula (fig. 10). These developmental features of the early trochophore were observed about seventy hours after the discharge of the ova. In the trochophore a rudimentary tuft of telotrochal cilia began to appear near the posterior portion, and the first pair of eye-spots having reddish pigments appeared on both the latero-dorsal portions anterior to the prototroch. As a result of the formation of the prototrochal and telotrochal ciliary rings, this larval body was differentiated into the following three regions: the head

\* Contribution No. 491 from the Institute of Oceanology, Academia Sinica.

region anterior to the prototroch; the terminal region posterior to the telotroch and trunk region between the head and terminal regions. Besides these ciliary rings, a broad longitudinal band of small cilia (the neurotroch) began to appear at the ventral region, and a tuft of cilia was also found at the posterior end of the telotroch (figs. 11—12).

Subsequently this early larva became contractile and liberated from each egg capsule inside the egg-mass.

After about the fourth day of development, the trunk region of the larval body became segmented, and pairs of setae appeared in this primitive metamere. During this time the first pair of the dorsal setae was formed on the second segment, and the second pairs of notopodial setae was formed on the third segment. At this stage the larvae were about 0.35 mm long and 0.09 mm wide (fig. 15). These larvae could swim actively inside the egg-mass.

After the fifth day of development, the larva reached the hatching stage, vigorously crawling and swimming inside the egg-mass. When hatched, the larva, being provided with 3 pairs of setae, was about 0.38 mm long and 0.10 mm wide (fig. 16). Another small pair of red eye-spots became distinct and postero-lateral to the first pair of eye-spots. All larval cilia were fully developed externally. In this stage, the larva became free-swimming and showed a positive reaction to light.

Two weeks later, the larva, being provided with seven to eight pairs of setae (fig. 20), was about 0.87 mm long and 0.13 mm wide. Usually when the larva was provided with six pairs of setae, the larval cilia were entirely lost and the larva was seen crawling on the bottom. The digestive canal was marked by yellowish-green pigments. There were also many pigmented spots at the head region.

Two and a half months later, the larva reached such a stage as having fifteen pairs of setae (figs. 22—23) and was about 1.52 mm long and 0.14 mm wide. Three and a half months later, the larva had already developed seventeen setigerous segments. During this stage the larva began to show the adult pattern of behaviour. The larva is now about 2.70 mm long and 0.21 mm wide (fig. 25).

Four months later, the larva, being still provided with seventeen setigers, was slightly elongated and about 6.1 mm long and 0.32 mm wide (fig. 26), its caudal part was no setigerous.

Five months later, the larval reached the benthonic stage, about 8 mm long and 0.8 mm wide. Finger-like branchiae were found in the seventh to seventeenth setigers. The head became smaller and more pointed than before. There were two round sense organs under the eye-spots. Observations made under binocular dissecting microscope revealed that the pharynx was present on the first and second setigers; the stomach was present on the 5th-11th setigers; and the intestine on the 12th-17th setigers. After six months, the largest individual reached as long as 13 mm in length and 1.2 mm in width, with 11 pairs of gills on the 7th-17th setigers. The fecal sand of the juvenile was ejected as cylindrical castings, like those of the great majority of adult worms (lugworms).

After nine and a half months, the youngest egg-mass appearing on the surface of the sand bottom was found to contain many eggs not undergoing cleavage.

Several days later, adult worms slowly died off.