

文章编号: 1004 - 7271(2007)02 - 0174 - 06

利用形态学方法分析印度洋西北部 海域鳶乌贼种群结构

陈新军, 刘金立

(上海水产大学海洋学院, 上海 200090)

摘要:根据2003-2005年我国对印度洋西北部公海鳶乌贼资源调查资料,依据胴长组成及触腕长等8个形态学参数,利用正态分布、星座聚类等方法对其种群结构进行分析。结果表明,鳶乌贼胴长组成为10.6~61.2 cm,优势胴长组为28~36 cm。胴长组成随纬度变化明显。初步可分优势胴长为46~52 cm、30~36 cm和20~24 cm的大型、中型和小型三个种群。18°N以北海域以大型种群为主,12°N~18°N海域以中型种群为主,12°N以南海域以小型种群为主,但大型、中型和小型种群重叠分布。三个种群间的主要形态特征值(AL_1/ML 、 AL_2/ML 、 AL_3/ML 和 AL_4/ML)也存在较为显著的差异。初步推断,鳶乌贼可能是全年性产卵,并存在多个产卵群体。

关键词:鳶乌贼; 种群结构; 形态学; 印度洋西北部海域

中图分类号: S 931.5 文献标识码: A

Morphological analysis on population structure of *Sthenoteuthis oualaniensis* in the northwestern Indian Ocean

CHEN Xin-jun, LIU Jin-li

(College of Marine science and Technology, Shanghai Fisheries University, Shanghai, 20090 China)

Abstract: Based on the investigations made by Chinese squid jigging vessels in the northwestern Indian Ocean from 2003 to 2005, the morphological characteristics of *Sthenoteuthis oualaniensis* including mantle length (ML), tentacle length etc. were measured. This paper assessed the population structure of *S. oualaniensis* using the morphological analysis methods such as the linear transformations of normal distribution and gray clustering analysis. The results showed that the ML of the catch ranged from 10.6 to 61.2 cm, and the dominant group located at 28-36 cm ML. There may be three populations with different physical forms in the northwestern Indian Ocean: the large-sized population distributed in the north of 18°N with dominant ML between 46cm and 52 cm; the medium-sized population distributed in 12°N-18°N with dominant ML from 30cm to 36 cm; the small-sized population distributed in the south of 12°N with dominant ML between 20 cm and 24 cm. These distinguished populations partly overlapped in the most areas of northwestern Indian Ocean. There are obvious differences for main morphological characteristics indicators among three populations. The paper also deduced that *S. oualaniensis* may be spawning all year around and be divided into several spawning

收稿日期: 2006-06-20

基金项目: 上海市教委曙光计划项目“印度洋西北公海鳶乌贼生物学研究”(05-11); 上海市重点学科项目(T1101)。

作者简介: 陈新军(1967-), 男, 浙江义乌人, 教授, 博士生导师, 主要从事渔业资源与渔场学、远洋鱿钓渔业等方向的研究。

E-mail: xjchen@shfu.edu.cn

groups.

Key words: *Sthenoteuthis oualaniensis*; population structure; morphological analysis; northwestern Indian Ocean

鳶乌贼(*Sthenoteuthis oualaniensis*)属柔鱼科,鳶乌贼属,广泛分布在印度洋、太平洋的赤道和亚热带等海域,以印度洋西北部海域的数量为最大,其资源量在 200×10^4 t 以上^[1]。根据日本和前苏联等调查认为,印度洋西北部海域的鳶乌贼具有一定的开发潜力,可作为商业性捕捞的对象^[2-4]。2003~2005 年我国对印度洋西北部公海海域的鳶乌贼资源进行探捕调查,并获得了较好的产量^[5-6]。种群是资源开发利用和管理的具体对象,只有在了解鳶乌贼种群结构的基础上,才能确保资源的合理利用和持续开发。据 1995 和 1996 年秋季(9~10 月)日本鱿钓船的调查资料,初步认为阿拉伯海公海海域有 3 个鳶乌贼种群^[3]。Nesis 将分布在太平洋和印度洋海域的鳶乌贼分为三个主要种群和两个次要种群^[7]。根据也门沿岸拖网兼捕的鳶乌贼个体,按产卵时间初步将其分为春生群、夏生群和秋生群^[8]。上述种群划分的推断,采用了胴长组成和产卵时间等资料。而本文将根据我国鱿钓船于 2003 年 9-11 月、2004 年 9 月-2005 年 4 月调查期间所获得调查资料,根据胴长组成空间分布及腕长、鳍长及鳍宽等 8 个形态学参数,利用正态分布法等对鳶乌贼种群结构作进一步的探讨和分析。

1 材料和方法

1.1 材料来源

调查时间为 2003 年 9 月-11 月和 2004 年 9 月-2005 年 4 月。调查海域分别为 $2^{\circ}\text{N} \sim 18^{\circ}\text{N}, 58^{\circ}\text{E} \sim 65^{\circ}\text{E}$ (经纬度 $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ 为一站点,共 96 个站点),和 $12^{\circ}\text{N} \sim 21^{\circ}\text{N}, 58^{\circ}\text{E} \sim 69^{\circ}\text{E}$ (经纬度 $0.5^{\circ} \times 0.5^{\circ}$ 为一站点,共计 156 个站点)。调查船为“岱远渔 807”(总吨位 432 t,主机功率 441 Kw)和“新世纪 18 号”(总吨位 976 t,主机功率 1176 Kw)。

调查期间,随机取样进行测定,包括胴长(Mantle Length, ML)、体重、性别、性腺成熟度、胃饱满度等生物学数据,样本 2992 尾。还测定了其中 397 尾鳶乌贼的胴长、右第一腕长(AL_1)、右第二腕长(AL_2)、右第三腕长(AL_3)、右第四腕长(AL_4)、右触腕长(TL)、鳍长(FL)和鳍宽(FW)等 8 个形态学指标。

1.2 分析方法

按 2 个纬度分月进行胴长组成分析,并以组间距 2 cm 绘制胴长频度分布图。参照 Bhattacharya^[9]利用正态分布的线性转化方法,从胴长频度分布图中分离出几个相互重叠的正态分布,而每一个不同的正态分布表示一个不同的种群。并计算出平均值和方差。

利用主成分分析法^[10],分析 AL_1/ML 、 AL_2/ML 、 AL_3/ML 、 AL_4/ML 、 TL/ML 、 FL/ML 、 FW/ML 7 个形态学指标的主成分,然后利用灰色星座聚类法^[11]进行种群划分。

对所确定的种群进行差异系数(C. D)检验^[12]:参照识别与划分亚种的 75% 规则,差异系数可用下式求得。当 C. D 计算值大于 1.28,其差异达到亚种水平,C. D 小于 1.28 则属于种群间的差异。差异系数(C. D)计算公式为:

$$C. D = \frac{M_1 - M_2}{S_1 + S_2}$$

式中: M_1 和 M_2 分别为两个种群某项形态特征指标的平均值; S_1 和 S_2 分别为其标准差

2 结果

2.1 胴长和体重组成为与纬度、经度之间的关系

样本统计显示,随着纬度的增大,鳶乌贼个体有逐渐增加的趋势(图 1)。在 12°N 以南海域,鳶乌贼

个体明显较小,胴长范围为 10.6~32.0 cm(图 1a),体重范围为 32~1560 g;在 12°N 以北海域,鸢乌贼个体较大,其范围为 13.5~61.2 cm(图 1a),体重范围为 66~8300 g。但是,在同一纬度上,鸢乌贼个体随经度的变化不明显(图 1b)。

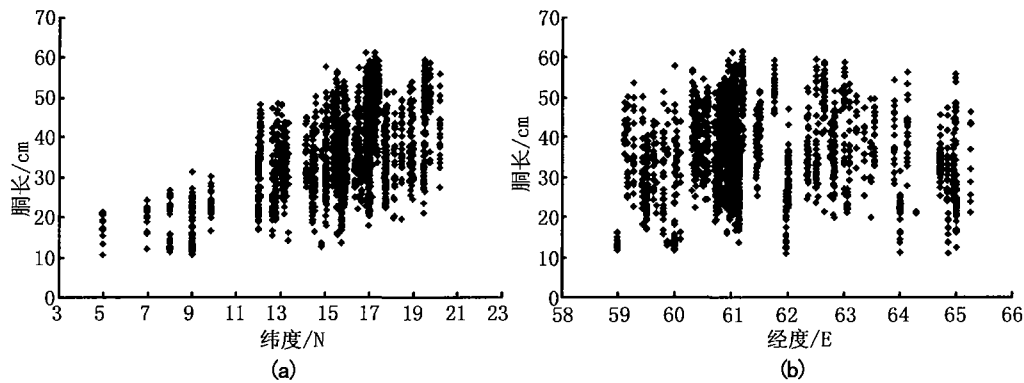


图 1 印度洋西北部海域鸢乌贼胴长与经纬度之间关系

Fig. 1 Relationship between ML of *S. oualaniensis* and latitude, and longitude in the northwest Indian Ocean

2.2 不同纬度鸢乌贼种群组成

2.2.1 12°N 以南海域

8°N 以南海域,胴长为 10.6~26.8 cm,平均胴长为 20.3 ± 3.78 cm ($n=39$);8°N~10°N 海域,胴长为 10.6~31.4 cm,平均胴长为 18.9 ± 5.26 cm ($n=133$);10°N~12°N 海域,胴长为 16.7~38.0 cm,平均胴长为 25.0 ± 5.51 cm ($n=50$)。

正态分布的线性转化法分析表明,该海域以小型个体为主,优势胴长为 20.0~26.0 cm,也有小部分胴长大于 30.0 cm 的中型群体(图 2)。此外,随纬度变化,个体有一定差异,如最大胴长由 6°N 以南海域的 21.2 cm 增加到 10°N~12°N 海域的 38.0 cm,优势胴长也由 16.0~20.0 cm 增加到 18~26 cm。

2.2.2 12°N~14°N 海域

9 月胴长为 22~48.5 cm,平均胴长为 37.5 ± 5.70 cm ($n=68$),优势胴长为 30.0~44.0 cm;10 月胴长为 15.3~47.2 cm,平均胴长为 31.2 ± 6.30 cm ($n=153$),优势胴长为 18.0~24.0 cm 和 28.0~36.0 cm;11 月胴长为 14.2~43.8 cm,平均胴长为 33.0 ± 6.30 cm ($n=72$),优势胴长为 26.0~38.0 cm。

正态分布的线性转化方法分析表明,该海域个体优势胴长为 32.0~36.0 cm,但可近似拟合为两个正态分布,其胴长平均值分别为 26.0 cm 和 36.0 cm,渔获物以优势胴长为 32~38 cm 的中型群体为主(图 2),也存在部分小型群和少量的大型个体。

2.2.3 14°N~16°N 海域

10 月胴长为 13.5~54.0 cm,优势胴长为 26.0~34.0 cm,平均胴长为 31.7 ± 5.20 cm ($n=846$);11 月胴长为 15.7~56.5 cm,平均胴长为 35.4 ± 8.07 cm ($n=362$);1~4 月胴长为 12.7~57.7 cm,平均胴长为 37.5 ± 11.01 cm ($n=40$)。

正态分布的线性转化方法分析表明,该海域个体优势胴长为 26.0~38.0 cm(图 2),初步判断可拟合为胴长平均值分别为 33.0 cm 和 46.6 cm 的两个正态分布,但以中型群体为主,且也存在少量的大型个体和小型群体。

2.2.4 16°N~18°N 海域

10 月胴长为 22.5~52.5 cm,平均胴长为 35.8 ± 7.34 cm ($n=197$),优势胴长为 26.0~46.0 cm;11 月胴长为 21.1~52.9 cm,平均胴长为 39.0 ± 7.89 cm ($n=141$),优势胴长分别为 24.0~32.0 cm、36.0~50.0 cm;12 月胴长为 22.8~61.1 cm,平均胴长为 46.8 ± 9.31 cm ($n=38$),优势胴长为 50.0~56.0 cm;1 月胴长为 28.5~61.2 cm,平均胴长为 48.1 ± 6.88 cm ($n=325$),优势胴长为 46.0~56.0 cm;4 月

胴长为 17.8 ~ 59.0 cm, 平均胴长为 41.5 ± 8.62 cm ($n=261$), 优势胴长为 30.0 ~ 52.0 cm。

正态分布的线性转化方法分析表明, 该海域个体优势胴长为 32.0 ~ 58.0 cm, 初步判断由 3 个平均胴长分别为 33.2 cm、44.0 cm 和 52.0 cm 的种群组成(图 2), 且以中型个体为主。2004 年 12 月以后, 渔获物逐渐以大型个体占主导地位。

2.2.5 18°N 以北海域

10 月胴长为 19.6 ~ 54.0 cm, 平均胴长为 36.6 ± 7.51 cm ($n=151$), 优势胴长为 28.0 ~ 48.0 cm; 11 ~ 12 月胴长为 21.0 ~ 59.3 cm, 平均胴长为 47.6 ± 7.72 cm ($n=110$), 优势胴长为 44.0 ~ 56.0 cm。

正态分布的线性转化方法分析表明, 该海域个体由优势胴长 30.0 ~ 38.0 cm 和 42.0 ~ 56.0 cm 组成, 但以大型个体为主。经拟合, 可初步分为平均胴长分别为 34.0 cm 和 50.0 cm 的两个种群(图 2)。

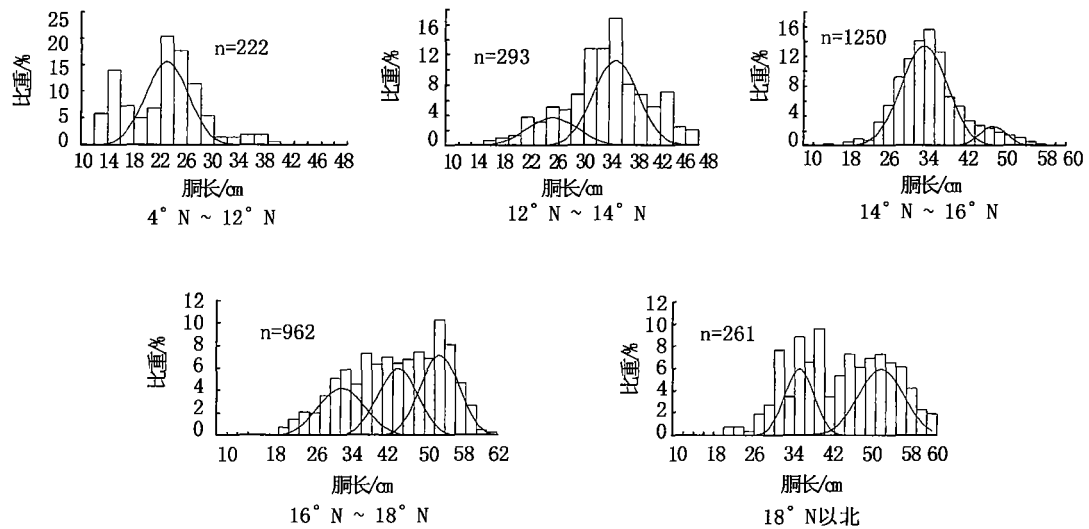


图 2 印度洋西北海域鳶乌贼按纬度的渔获胴长组成分布图

Fig. 2 ML frequency of *Sthenoteuthis oualaniensis* based on the different latitudes in northwest Indian Ocean

2.3 种群结构的时间序列分析

调查期间, 在所有样本中, 仅有 2004 年 10 月和 11 月分别采集到雄性个体 34 尾和 32 尾。根据不同性别各月份的胴长组成, 初步可以判定印度洋西北部海域鳶乌贼由 3 个种群组成, 即大型种群、中型种群和小型种群(图 3)。2003 年 9 月为中、小型种群, 且以小型种群为主; 10 月为中、小型种群, 以中型种群为主。2004 年 9 月以中型种群为主, 兼有部分小型种群; 10 月、11 月主要为中型和大型种群, 且中型种群超过 50%, 其次为大型种群。随着时间的推移, 2004 年 12 月、2005 年 1-3 月印度洋西北部海域的鳶乌贼都以大型种群为主, 其中, 2 月鳶乌贼样本仅 6 尾, 其胴长均超过 50 cm。同时根据海上调查期间对性腺成熟度的测定, 12 月至翌年 1 月其性腺成熟度均为 IV ~ V 级, 为产卵群体。2005 年 4 月, 大型、中型和小型种群存在, 且以中型种群为主(图 3)。

2.4 星座聚类分析

通过主成分分析法对 397 尾鳶乌贼的 AL_1/ML 、 AL_2/ML 、 AL_3/ML 、 AL_4/ML 、 TL/ML 、 FL/ML 、 FW/ML 七个形态指标进行分析(表 2), 得到四个具有代表性特征指标, 即 AL_1/ML 、 AL_2/ML 、 AL_3/ML 和 AL_4/ML , 其累计贡献率达到 87.33%(表 2)。对以上四个形态特征指标进行聚类分析(图 4), 初步判断鳶乌贼由小型、中型和大型三个种群组成, 其综合指标平均值分别为 102.3、84.6 和 67.5。种群间各形态特征指标的差异系数均小于 1.28(表 3), 各种群间未达到亚种水平, 而是处于种群水平。

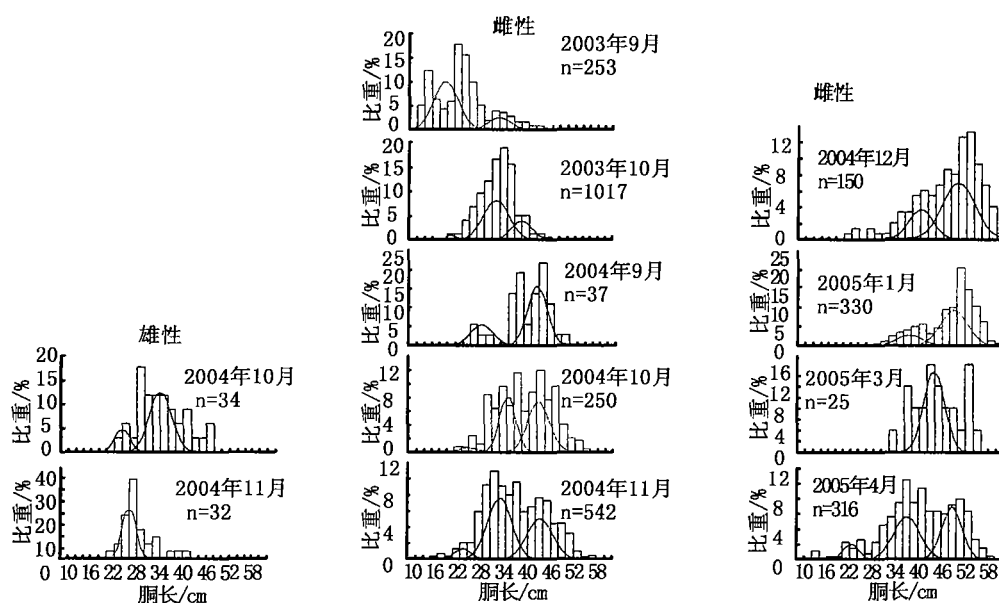


图3 印度洋西北部海域鳶乌贼胴长组成的季节变化

Fig. 3 ML frequency of *Sthenoteuthis oualaniensis* changed with seasons in the northwest Indian Ocean

表2 印度洋西北部海域鳶乌贼形态指标的主成分分析结果

Tab. 2 Results of the principal components analysis for *S. oualaniensis* in the northwest Indian Ocean

指标	特征值	百分率%	累计百分率%	指标	特征值	百分率%	累计百分率%
AL ₁ /ML	3.333	47.622	47.622	TL/ML	0.373	5.333	92.662
AL ₂ /ML	1.471	21.018	68.640	FL/ML	0.322	4.600	97.262
AL ₃ /ML	0.846	12.085	80.725	FW/ML	0.192	2.738	100
AL ₄ /ML	0.462	6.604	87.329				

表3 种群间各形态特征指标的差异系数

Tab. 3 Difference coefficient of the morphologic characteristics index of *Sthenoteuthis oualaniensis* populations

	第一主分量	第二主分量	第三主分量	第四主分量
小型群 - 中型群	0.43242	1.07785	0.17650	0.45630
小型群 - 大型群	0.83310	1.24754	0.29039	1.10271
中型群 - 大型群	0.53349	0.24247	0.50902	0.81553

3 讨论与分析

对鳶乌贼胴长和体重组成进行空间分析认为,随着纬度的增大,个体有逐渐增大的趋势,在 12°N 以南海域,个体明显较小,胴长范围为 10.6 ~ 38.0 cm,在 12°N 以北海域,个体较大,胴长范围为 13.5 ~ 61.2 cm;在同一纬度上,个体随经度的变化不明显。这一差异可能是由于不同的产卵群体和鳶乌贼的南北洄游所造成的。据本次调查发现,12° ~ 15°N 海域间鳶乌贼的性成熟度以 I 期为主,比重超过 50%;15° ~ 17°N 海域性成熟度以 I、II 期为主,比重超过 60%;17° ~ 19°N 海域性成熟度以 II 期为主,比重超过 50%;19° ~ 21°N 海域性成熟度以 IV、V 为主,达到 75%。

初步研究认为,该海域鳶乌贼可分为优势胴长分别为 46 ~ 52 cm、30 ~ 36 cm 和 20 ~ 24 cm 的大型、中型和小型三个种群。同时上述三个种群在形态特征值上 (AL₁/ML、AL₂/ML、AL₃/ML 和 AL₄/ML) 也存在一定的差异性。大型种群主要分布在 18°N 以北海域,也存在部分中型种群;中型种群主要分布在

12°N ~ 18°N 海域,同时也有部分大型种群和少量的小型种群存在;小型种群主要分布在 12°N 以南及赤道附近海域,也存在少量的中型群体。调查发现,大型、中型和小型种群重叠分布。与谷津明彦所认为种群划分结果基本一致^[3]。

通过个体组成的时间序列分析,不同月份渔获物胴长组成存在着很大的差异性。此外,调查发现,性腺成熟度各期的胴长范围分布均较广^①, I 期个体最小胴长 16.3 cm,最大胴长 43.8 cm,优势胴长为 26.0 ~ 38.0 cm; II 期个体最小胴长 22.5 cm,最大胴长 51.2 cm,优势胴长为 28 ~ 46 cm; III 期个体最小胴长 19.2 cm,最大胴长 52.9 cm,优势胴长分别为 26 ~ 30 cm, 36 ~ 38 cm 和 42 ~ 50 cm; IV 期个体最小胴长 21.5 cm,最大胴长 56.0 cm,优势胴长为

42 ~ 54 cm; V 期个体最小胴长 24.4 cm,最大胴长 51.3 cm,优势胴长为 36 ~ 50 cm。因此,我们推断鳶乌贼是全年性产卵的,可能存在多个产卵种群,这一结果初步证实了前人的研究结果^[8]。同时,终年处在暖水性海域和广泛的上升流为其繁殖、生长创造了良好的海洋环境条件,但是哪一种产卵群体是构成渔获物的主体,需要进一步讨论。

本文侧重从形态学角度对鳶乌贼种群结构进行了探讨,但由于 2 次调查采用的是鱿钓生产船,因此对海洋环境调查和基础生物学的深入研究还较为欠缺。另外,由于钓具采用 1.6 × 1.6 × 1.6 mm 的大型钓钩,因此对渔获物具有一定的选择性,胴长在 15 cm 以下的个体难以钓获,在小个体较多的南部海域(12°N 以南),会影响到分析的结果。随着对鳶乌贼资源开发的不断深入,对其种群结构的研究还有待于进一步深入,特别分子生物学方法的应用。

参考文献:

- [1] 赵荣兴. 印度洋可开发的外洋性十足类[J]. 现代渔业信息, 1992, 7(8): 25 - 26.
- [2] Trotsenko B G, Pinehukov M A. Mesoscale distribution features of the purpleback squid *Sthenoteuthis oualaniensis* with reference to the structure of the upper quasi-homogeneous layer in the West India Ocean[J]. Oceanology, 1994, 34(3): 380 - 385.
- [3] 谷津明彦. インド洋におけるトビイカの生物学ならびに新資源としての可能性[R]. 远洋, 1997, 101: 6 - 9.
- [4] Zuev, G. V., Nesis, K. N., Kal'mary (Biologiya i Promysel) (squids [Biology and Fisheries])[M]. Pishcheyaya Promyshlennost, Moscow, 1971: 360.
- [5] 田思泉, 钱卫国, 陈新军. 印度洋西北部海域鳶乌贼渔获量、渔获率和脱钩率的初步研究[J], 上海水产大学学报, 2004, 13(3): 224 - 229.
- [6] 陈新军, 钱卫国. 印度洋西北部海域鳶乌贼资源密度分布的初步分析[J], 上海水产大学学报, 2004, 13(3): 218 - 223.
- [7] Nesis K N. Population structure of oceanic ocmastrephids, with particular reference to *Sthenoteuthis oualaniensis*; A review. In: Okutani T, O' Dor R K and Kubodera T (eds). Recent Advances in Fisheries Biology[M]. Tokai Univ Press, Tokyo, 1993: 375 - 383.
- [8] 杨德康. 两种鱿鱼资源和其开发利用[J]. 上海水产大学学报. 2002, 11(2): 176 - 179.
- [9] Bhattacharya C. G. A simple method of resolution of a distribution into Gaussian components[J]. Biometrics 1967, 23: 115 - 135.
- [10] 唐启义, 冯明光. 实用统计分析及其 DPS 数据处理系统[M]. 北京: 科学出版社, 2002: 367 - 373.
- [11] 陈新军, 张相国. 中国沿海省市渔业经济区域类型的初步探讨[J]. 上海水产大学学报, 2001, 10(2): 184 - 186.
- [12] 刘子藩, 熊国强. 东海带鱼种群鉴别研究[J]. 水产学报, 1997, 21(3): 282 - 287.

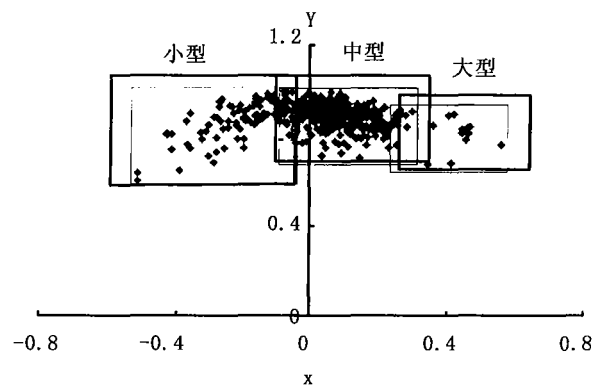


图 4 印度洋西北部海域鳶乌贼种群的星座聚类图
Fig. 4 Constellation clustering map of *Sthenoteuthis oualaniensis* in the northwest Indian Ocean

① 上海水产大学印度洋鳶乌贼课题组. 2004 年印度洋鳶乌贼生物学特性初步研究. 印度洋鳶乌贼资源探捕材料汇编(内部材料)