

DOI: 10.3724/SP.J.1035.2010.00533

厚蟹属种群形态量度分析

徐敬明¹ 杨帆¹ 孙世春²

(1. 重庆文理学院生命科学与技术学院, 重庆 402168; 2. 中国海洋大学海水养殖教育部重点实验室, 青岛 266003)

摘要: 对天津厚蟹6个种群和侧足厚蟹4个种群的33项形态比例参数进行了多元分析和差异系数(CD)计算。聚类分析没有把天津厚蟹和侧足厚蟹作为2个种分开, 而是除侧足厚蟹泉州种群外的9个种群聚类到一起, 10个种群之间的欧氏遗传距离也表明它们之间有着较近的亲缘关系。判别分析结果显示, 除侧足厚蟹泉州种群(88.9%)和天津厚蟹塘沽种群(75.0%)的判别准确率较高外, 其余8个种群的判别准确率均较低, 且综合判别准确率仅为63.4%, 说明各种群之间的形态差异较小。主成分分析的结果表明, 天津厚蟹和侧足厚蟹的10个种群基本重叠在一起, 也说明它们之间的形态差异较小。差异系数值均小于亚种分类的阈值1.28。在宁波分布的天津厚蟹和侧足厚蟹种群中出现下眼缘隆脊(突起)介于二者之间的中间过渡类型, 提示天津厚蟹和侧足厚蟹可能交配并产生后代。天津厚蟹和侧足厚蟹可能为同一个物种, 建议将其作为亚种处理。

关键词: 厚蟹属; 天津厚蟹; 侧足厚蟹; 种群; 可量性状; 多元分析

中图分类号: Q959.223 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3207(2010)03-0533-08

厚蟹(*Helice*)为广泛分布于我国沿海, 数量较大, 具有一定经济价值的蟹类; 隶属于甲壳纲(Crustacea)、十足目(Decapoda)、方蟹科(Grapsidae)^[1]。Parsis报道了产于中国的厚蟹属的1新亚种(三齿厚蟹侧足亚种 *Helice tridens latimera*)^[2]。Rathbun又报道了分布于中国的三齿厚蟹的4个新亚种(三齿厚蟹天津亚种 *H. t. tientsinensis*、三齿厚蟹台湾亚种 *H. t. formosensis*、三齿厚蟹秉氏亚种 *H. t. pingi*、三齿厚蟹伍氏亚种 *H. t. wuana*)和其指名亚种(三齿厚蟹指名亚种 *H. t. tridens* De Haan, 1835)^[3]。Sakai, et al.对Parsis报道的三齿厚蟹侧足亚种和Rathbun报道的4个新亚种进行了比较研究, 认为三齿厚蟹秉氏亚种与三齿厚蟹侧足亚种为同物异名。并通过对上述各亚种雄性第1腹肢等特征的研究, 发现三齿厚蟹伍氏亚种与其他4个亚种明显不同, 同时发现了1新种日本厚蟹 *H. japonica*, 建立1新亚属即仿厚蟹亚属(*Helicana*), 把上述亚种提升为种并归属于厚蟹亚属(*Helice*)和仿厚蟹亚属2个亚属。前者包含三齿厚蟹 *H. (H.) tridens*、天津厚蟹 *H. (H.) tientsinensis*、台湾厚蟹 *H. (H.) formosensis* 和侧足厚蟹

H. (H.) latimera, 后者包括伍氏厚蟹 *H. (H.) wuana* 和日本厚蟹 *H. (H.) japonica*^[4]。近来, Sakai, et al.又将厚蟹亚属和仿厚蟹亚属分别提升为属, 其中仿厚蟹属在包含上述种类基础上添加了德氏仿厚蟹 *Helicana doerjesi* Sakai, Turkay & Yang, 2006^[5]。

厚蟹下眼缘所具有的1列颗粒状隆脊(突起)的形态差异是其种级分类的主要依据。根据这一特征可以将天津厚蟹和侧足厚蟹大多数雄性个体区分开来。但由于二者外形非常相似, 且雌性天津厚蟹和侧足厚蟹下眼缘隆脊形状相同均为分开的圆形突起, 且数目范围重叠(前者34—39个, 后者36—41个)^[1,4], 所以从外形上无法将雌性的天津厚蟹和侧足厚蟹分开。因此, 对天津厚蟹和侧足厚蟹的种群形态学进行研究就显得很有意义和必要。

近些年来, 多元分析中的聚类分析、判别分析和主成分分析在许多动物如鱼类^[6]及蟹类的形态差异研究中取得了较好的效果。Guo, et al.对中华绒螯蟹 *Eriocheir sinensis*、日本绒螯蟹 *E. japonica* 及合

收稿日期: 2009-02-06; 修订日期: 2009-12-10

基金项目: 国家908专项(908-01-ST12); 重庆文理学院引进人才专项资助

作者简介: 徐敬明(1963—), 男, 山东省日照市人; 教授, 博士; 主要从事动物形态、分子与生理生态研究; E-mail: xjingming@163.com

通讯作者: 孙世春, E-mail: sunsc@ouc.edu.cn

浦绒螯蟹 *E. hepuensis* 进行了主成分分析等统计分析, 认为绒螯蟹属只包括上述 3 种, 合浦绒螯蟹是该属的有效种^[7]。Stewart 对南非的 *Gecarcinautes brincki* 的 8 个种群的 7 个形态特征进行了判别分析, 结果显示该蟹的 6 个种群被清晰地分为 2 个组群, 有可能已经分化为 2 个亚种或 2 个种^[8]。Brian, *et al.* 对英国沿岸 8 个种群的 *Carcinus maenas* 的 10 个形态特征进行了判别分析, 发现种群间存在着形态差异, 但遗传学数据显示种群间仅有非常小的遗传差异, 分析认为种内不同种群间的形态变异主要是由于各种群栖息环境条件的不同引起的^[9]。

本文运用多元分析法对厚蟹属种间和种内种群间的 33 个形态特征进行了比较, 据此探讨其种群之间的关系, 旨在为厚蟹属进一步的系统学研究和进化生物地理学研究提供资料。

1 材料与方法

1.1 材料

实验所用标本为天津厚蟹 6 个种群, 侧足厚蟹 4 个种群, 共计 421 只, 均为雄性; 随机采样, 所有标本均为野生成蟹。各种群的采集地点、数量及时间等信息(表 1、图 1)。

表 1 天津厚蟹和侧足厚蟹取样信息
Tab. 1 Sampling data of *Helice tientsinensis* and *H. latimera*

种群代码 Abbreviated code of population	种类 Species	采集地点 Locality	样本量(只) Sample size (ind.)	采样时间 Date of collection	头胸甲长 Carapace length Range (Mean±S.D., mm)
HKL	侧足厚蟹 <i>Helice latimera</i>	海口 Haikou	60	2006-03	19.0—29.5(25.6±2.4)
BHL		北海 Beihai	53	2006-02	19.1—31.6 (24.6±2.1)
QZL		泉州 Quanzhou	36	2005-11	16.9—23.2 (20.2±1.9)
NBL		宁波 Ningbo	32	2005-11	20.7—29.3 (25.2±2.4)
NBT	天津厚蟹 <i>H. tientsinensis</i>	宁波 Ningbo	46	2005-11	18.7—30.8 (22.6±2.6)
RZT		日照 Rizhao	39	2004-05	19.5—25.2 (21.7±1.9)
WHT		威海 Weihai	40	2006-05	18.6—27.2 (22.4±1.9)
TGT		塘沽 Tanggu	32	2006-05	15.9—23.9 (20.1±1.8)
PJT		盘锦 Panjin	33	2006-07	20.5—27.4 (24.4±1.8)
DDT		丹东 Dandong	50	2006-07	16.7—24.7 (21.2±1.8)

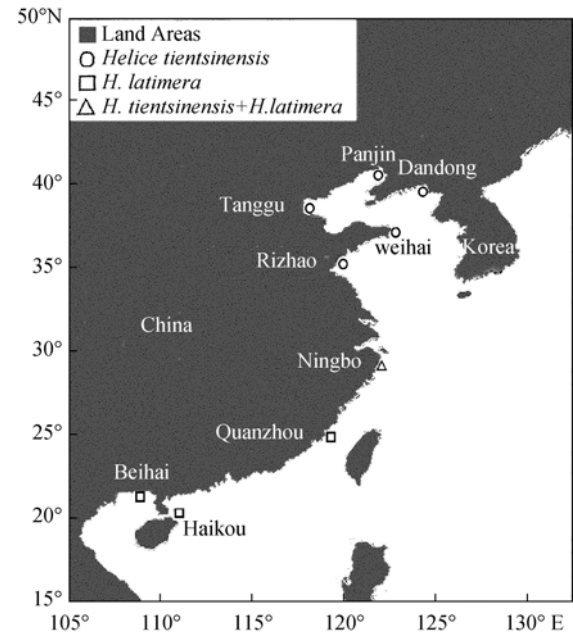


图 1 天津厚蟹和侧足厚蟹的采样地点

Fig. 1 Map showing sample locations of *Helice tientsinensis* and *H. latimera*

1.2 数据测量与处理

用游标卡尺测量, 精确度为 0.1 mm。为全面反映厚蟹的外部形态, 在头胸甲、步足等部位测量了 34 个形态指标(图 2), 共得数据 14 314 个。为消除个体大小对形态参数值的影响, 将每只蟹的所有参数值分别除以其甲壳长(A_1)加以校正, 得到 33 项形态比例参数, 作为标准化数据进行分析。

1.3 统计分析

用 SPSS12.0 软件进行聚类分析、判别分析和主成分分析, 并对种群间的特征进行单因子方差分析^[10]。

聚类分析 分别求出各种群 33 项形态比例参数的平均值, 再用这些平均值作聚类分析。采用的聚类分析方法为系统聚类法中的欧氏最短距离法^[11]。

判别分析 对每个样本 33 项校正参数进行逐步判别分析, 选择对判别贡献大的参数来建立各

种群的形态判别函数。判别准确率 $P_1 = \text{某厚蟹种群判别正确的个体数} / \text{该种群实际个体数}$, 判别准确率 $P_2 = \text{某厚蟹种群判别正确的个体数} / \text{判入该种群个体数}$ 。

$$\text{综合判别率} = \sum_{i=1}^k A_i / \sum_{i=1}^k B_i \quad \text{式中: } A_i \text{ 为第 } i \text{ 个种群中判别正确的个体数, } B_i \text{ 为第 } i \text{ 个种群中的实际个}$$

体数, k 为种群数^[12]。

主成分分析 对 33 项校正参数进行主成分分析, 获得多个形态指标的综合指标, 绘出 10 个种群所有样本的主成分散布图。

差异系数的计算 差异系数(CD)按 Mayr, *et al.*的方法计算^[14], 如差异系数大于 1.28, 可视为亚种以上的水平。

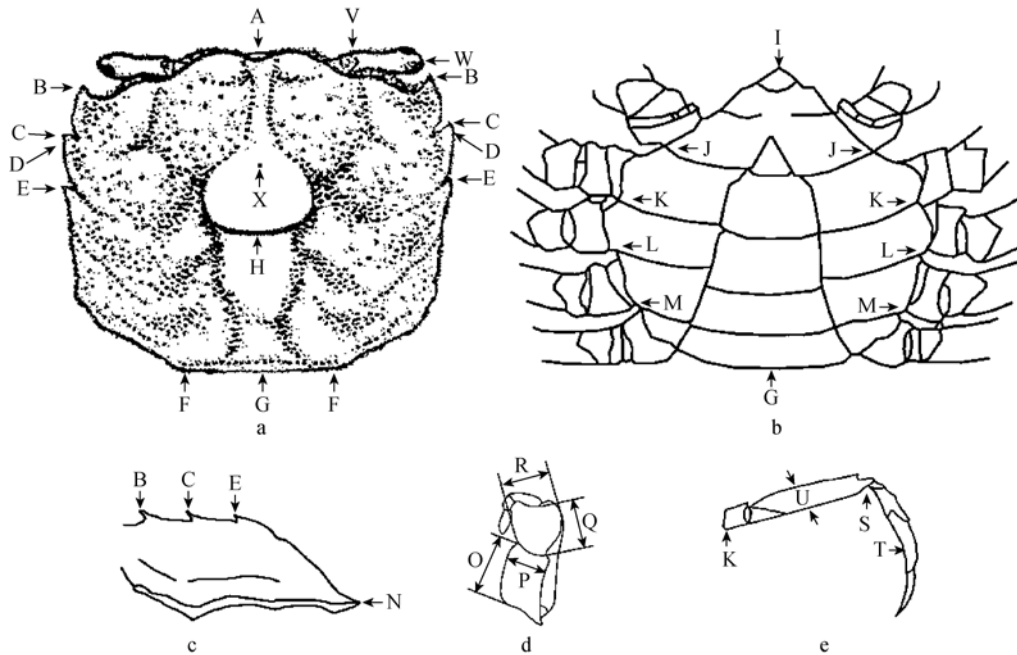


图 2 厚蟹形态特征测量部位示意图

Fig. 2 Sketch diagram of measuring points of *Helice*

a. 头胸甲背面测量部位示意图; b. 腹甲测量部位示意图; c. 头胸甲左侧面测量部位示意图; d. 第 3 颚足测量部位示意图; e. 第 1-4 步足测量部位示意图; b 和 c 图仿李勇等^[12]; d 和 e 图仿高天翔等^[13]

a. Sketch diagram of measuring points on back of carapace; b. Sketch diagram of measuring points on sternum; c. Sketch diagram of measuring points on left lateral of carapace; d. Sketch diagram of measuring points on third maxilliped; e. Sketch diagram of measuring points on 1-4th pereopods; b and c modified from Li *et al.*^[12]; d and e modified from Gao, *et al.*^[13]

测量点: A. 前缘中点; B. 第 1 前侧齿; C. 第 2 前侧齿; D. 体宽角; E. 第 3 前侧齿; F. 侧后缘界角; G. 后缘中点; H. 中胃区与心区间沟的中心点; I. 腹甲顶角; J. 颚足后角; K. 第 1 步足后角; L. 第 2 步足后角; M. 第 3 步足后角; N. 头胸甲左侧面后缘结点; S. 关节点; T. 掌节端点; V. 眼柄起点; W. 眼柄末端; X. 背壳最凸点

Measuring points: A. Midpoint of anterior margin; B. First anterior lateral tooth; C. Second anterior lateral tooth; D. Corner of carapace width; E. Third anterior lateral tooth; F. Corner between posterior margin and posterolateral margin; G. Midpoint of posterior margin; H. Midpoint of sulcus between mesogastric region and cardiac region; I. Apical angle on sternum; J. Posterior angle of cheliped; K. Posterior angle of first ambulatory leg; L. Posterior angle of second ambulatory leg; M. Posterior angle of third ambulatory leg; N. Junction of left lateral on carapace; S. Joint point; T. Terminus of propodus; V. Origin of eyestalk; W. Terminus of eyestalk; X. Maximal salient point on back of carapace

测量参数代号及定义: A_1 -AG. 从 A 点到 G 点的距离,下同; A_2 -AH; A_3 -HG; B_1 -DD; B_2 -BB; B_3 -CC; B_4 -EE; B_5 -FF; C_1 -JJ; C_2 -KK; C_3 -LL; C_4 -MM; D -IG; E_1 -NB; E_2 -NC; E_3 -NE; F -VW; H. 背壳最凸点至腹甲的距离; O. 第 3 颚足座节长度; P. 第 3 颚足座节宽度; Q. 第 3 颚足长节长度; R. 第 3 颚足长节宽度; K_{11} -KS. 第 1 步足从 K 点到 S 点距离,下同; K_{12} -ST. 第 1 步足从 S 点到 T 点距离,下同; U_1 . 第 1 步足长节宽度,下同; K_{21} -KS; K_{22} -ST; U_2 ; K_{31} -KS; K_{32} -ST; U_3 ; K_{41} -KS; K_{42} -ST; U_4

Symbol of parameter measurements and definition: A_1 -AG. Distance between measuring A and G, similarly hereinafter; A_2 -AH; A_3 -HG; B_1 -DD; B_2 -BB; B_3 -CC; B_4 -EE; B_5 -FF; C_1 -JJ; C_2 -KK; C_3 -LL; C_4 -MM; D -IG; E_1 -NB; E_2 -NC; E_3 -NE; F -VW; H. Distance from measuring X to sternum; O. Ischium length of third maxilliped; P. Ischium width of third maxilliped; Q. Merus length of third maxilliped; R. Merus width of third maxilliped; K_{11} -KS. Distance between measuring K and S on first ambulatory leg, similarly hereinafter; K_{12} -ST. Distance between measuring S and T on first ambulatory leg, similarly hereinafter; U_1 . Merus width of first ambulatory leg, similarly hereinafter; K_{21} -KS; K_{22} -ST; U_2 ; K_{31} -KS; K_{32} -ST; U_3 ; K_{41} -KS; K_{42} -ST; U_4

2 结果

2.1 聚类分析

表 2 和图 3 为天津厚蟹和侧足厚蟹 10 种群聚类分析结果。10 个种群分为 2 组: 一组为泉州种群(QZL); 另一组为其他 9 个种群, 其中海口种群(HKL)和北海种群(BHL)的形态最为相似, 欧氏遗传距离最短, 二者最先聚类在一起, 然后再与其他 7 个种群聚类在一起。

2.2 判别分析

对 33 项校正的形态参数进行逐步判别分析, 其中对判别贡献较大的参数有 12 个(B_3 、 B_5 、 H 、 C_3 、 D 、 E_1 、 O 、 Q 、 R 、 K_{12} 、 U_2 、 F), 据此建立了 10 种群的判别函数(如侧足厚蟹海口种群(HKL): $Y=-8267.402+1860.561B_3-497.374B_5+1860.561H+1484.941C_3+8194.236D+4028.945E_1+4455.023O+3207.791Q+8142.919R+732.643K_{12}-2042.121U_2+2836.370F$)。

表 2 天津厚蟹和侧足厚蟹 10 种群形态差异的欧氏距离
Tab. 2 Normalized Euclidean distances of morphology of ten populations of *Helice tientsinensis* and *H. latimera*

	HKL	BHL	QZL	NBL	NBT	RZT	WHT	TGT	PJT	DDT
HKL	0.000									
BHL	0.026	0.000								
QZL	0.089	0.088	0.000							
NBL	0.048	0.046	0.114	0.000						
NBT	0.044	0.040	0.090	0.072	0.000					
RZT	0.063	0.064	0.066	0.093	0.057	0.000				
WHT	0.052	0.047	0.088	0.079	0.038	0.046	0.000			
TGT	0.099	0.094	0.078	0.128	0.081	0.067	0.078	0.000		
PJT	0.075	0.068	0.100	0.105	0.056	0.061	0.046	0.066	0.000	
DDT	0.101	0.093	0.074	0.131	0.080	0.067	0.072	0.040	0.060	0.000

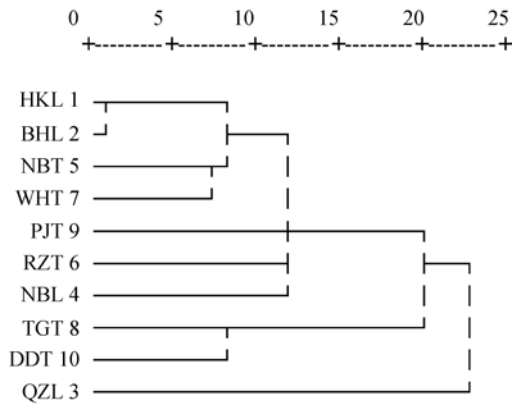


图 3 天津厚蟹和侧足厚蟹不同种群聚类图
Fig. 3 Cluster dendrogram of ten populations of *Helice tientsinensis* and *H. latimera*

根据判别公式, 对厚蟹的种群归属进行判别: 即将实测的形态数据, 除以其甲壳长值加以校正后, 变为校正的比例性状参数, 代入得出的 10 个函数式, 计算式中的 Y 值, Y 值最大的即为该厚蟹所属种群。

利用上述 12 个参数对厚蟹进行逐步判别分析,

综合判别准确率为 63.4%, 其中除侧足厚蟹泉州种群(88.9%)和天津厚蟹塘沽种群(75.0%)的判别准确率较高外, 其余 8 个种群的判别准确率均较低(表 3)。

2.3 主成分分析

选用方差贡献率较大的 8 个主成分进行主成分分析[主成分(1)18.7%、主成分(2)7.5%、主成分(3)7.0%、主成分(4)6.4%、主成分(5)5.8%、主成分(6)5.4%、主成分(7)5.3%、主成分(8)3.7%, 它们的累积贡献率为 59.8%]; 并用主成分(1)对主成分(2)作图, 天津厚蟹和侧足厚蟹的 10 个种群基本重叠在一起, 难以将其完全分开, 说明它们之间的形态差异较小(图 4)。

2.4 差异系数(CD)检验

对 10 种群 33 个形态比例参数进行单因子方差检验, 它们之间共有 29 个形态比例参数差异显著($P<0.05$)(表 4), 但它们的差异系数值(CD)均小于亚种分类的阈值 1.28。

表 3 十种群天津厚蟹和侧足厚蟹的逐步判别结果
Tab. 3 Results of discriminant analysis of ten populations of *Helice tientsinensis* and *H. latimera*

种群 Population	HKL	BHL	QZL	NBL	NBT	RZT	WHT	TGT	PJT	DDT	判别准确率 Accuracy of discrimination		综合判别率 Accuracy of synthetic discrimination (%)
											P_1 (%)	P_2 (%)	
HKL	40	7	2	4	0	5	0	2	0	0	66.7	76.9	63.4
BHL	3	31	2	9	3	2	0	3	0	0	58.5	58.5	
QZL	0	0	32	1	1	2	0	0	0	0	88.9	86.5	
NBL	5	5	1	19	1	0	0	1	0	0	59.4	55.9	
NBT	0	3	0	1	26	1	6	1	2	6	56.5	56.5	
RZT	3	1	0	0	1	27	2	2	0	3	69.2	65.9	
WHT	0	2	0	0	7	1	21	1	5	3	52.5	53.8	
TGT	0	2	0	0	1	2	2	24	1	0	75.0	58.5	
PJT	0	1	0	0	0	0	6	4	19	5	57.6	57.6	
DDT	1	1	0	0	6	1	2	5	6	28	56.0	62.2	

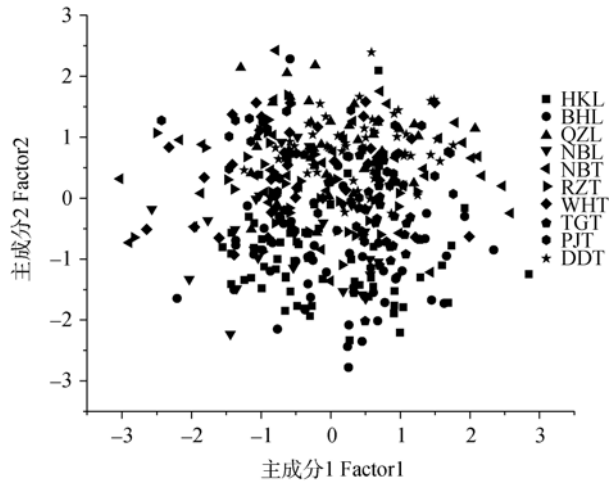


图 4 十种群天津厚蟹和侧足厚蟹第 1、2 主成分散布图
Fig. 4 Scatter diagram for the first and second principal components of ten populations of *Helice tientsinensis* and *H. latimera*

3 讨 论

3.1 天津厚蟹和侧足厚蟹的形态差异

同物种的形态特征比例非常相近,而同属不同物种的形态特征比例不同: Keenan, *et al.*使用 7 个形态特征比例将青蟹属(*Scylla*)的 4 个种区分开^[15]; 李晨虹等根据 6 水系绒螯蟹种群 32 个外部特征进行聚类分析和判别分析,认为北方蟹与南方蟹之间的形态差异是亚种以上水平的差异,而北方蟹内部与南方蟹内部水系之间差异则属不同地理种群间的差异^[16]; 黎中宝等的研究表明 6 个样地的锯缘青蟹(*Scylla serrata*)种群的形态特征比率非常相似^[17]。本研究的计算结果也表明,10 种群天津厚蟹和侧足厚

蟹的形态特征比例也非常相似(表 4)。

对 33 项形态比例参数的 3 种多元分析结果均表明,10 种群天津厚蟹和侧足厚蟹在形态上有一定程度上的差异,主要表现在头胸甲宽、腹甲宽及步足长节宽度等性状上;但差异程度属于不同地理种群间的差异。首先,聚类分析并没有把天津厚蟹 6 个种群和侧足厚蟹 4 个种群各自归类在一起而将其分开,而是除侧足厚蟹泉州种群外的 9 个种群聚类到一起,各种群之间的欧氏遗传距离也表明它们之间有着较近的亲缘关系。其次,判别分析结果显示,除侧足厚蟹泉州种群(88.9%)和天津厚蟹塘沽种群(75.0%)的判别准确率较高外,其余 8 个种群的判别准确率均较低,且综合判别准确率仅为较低的 63.4%,说明各种群之间的形态差异较小,从形态上难以将它们区分开。再次,主成分分析显示天津厚蟹和侧足厚蟹的 10 个种群基本重叠在一起,也表明它们之间的形态差异较小。再从判定种群分化程度的差异系数大小来看,它们的 *CD* 值均小于亚种分类的阈值 1.28^[14],说明它们之间的形态差异甚至还没有达到亚种水平。

3.2 天津厚蟹和侧足厚蟹的关系

天津厚蟹和侧足厚蟹的外形非常相似。雄性个体主要根据下眼缘隆脊(突起)形状的不同来区分:天津厚蟹的下眼缘隆脊中部由 5–6 个膨大的纵行光滑突起组成,内侧部为几乎愈合在一起的 10 余个不显著的颗粒,外侧部具 13–29 个近圆形的突起,越靠近外侧的越小(图 5a);侧足厚蟹的下眼缘隆脊

表 4 天津厚蟹与侧足厚蟹 10 种群之间差异较大的特征(平均值±标准差)
Tab. 4 Characters of high variance among ten populations of *Helice tientsinensis* and *H. latimera* (Mean±S.D.)

比例参数 Proportional parameter	种群类型 Population type										差异系数 Coefficient of difference
	HKL	BHL	QZL	NBL	NBT	RZT	WHT	TGT	PJT	DDT	
A ₃ /A ₁	0.497±0.011	0.500±0.011	0.493±0.012	0.500±0.011	0.502±0.012	0.495±0.012	0.499±0.009	0.504±0.010	0.499±0.010	0.499±0.011	0.500
B ₁ /A ₁	1.198±0.026	1.197±0.024	1.226±0.023	1.180±0.023	1.193±0.079	1.216±0.027	1.206±0.032	1.228±0.023	1.225±0.031	1.233±0.024	1.130
B ₂ /A ₁	1.078±0.023	1.080±0.018	1.131±0.022	1.074±0.024	1.077±0.071	1.100±0.018	1.088±0.020	1.092±0.023	1.069±0.069	1.102±0.018	1.275
B ₃ /A ₁	1.179±0.025	1.179±0.022	1.210±0.023	1.164±0.024	1.184±0.031	1.193±0.025	1.177±0.034	1.192±0.023	1.188±0.027	1.202±0.023	0.979
B ₄ /A ₁	1.171±0.031	1.174±0.027	1.198±0.027	1.162±0.021	1.186±0.032	1.197±0.031	1.185±0.034	1.207±0.025	1.193±0.072	1.214±0.026	1.106
B ₅ /A ₁	0.473±0.026	0.472±0.047	0.463±0.021	0.455±0.019	0.486±0.032	0.490±0.019	0.488±0.026	0.500±0.023	0.499±0.026	0.496±0.019	1.079
C ₁ /A ₁	0.664±0.022	0.659±0.034	0.682±0.024	0.646±0.036	0.660±0.018	0.671±0.015	0.665±0.023	0.681±0.016	0.663±0.011	0.677±0.014	0.673
C ₂ /A ₁	0.827±0.021	0.826±0.020	0.842±0.019	0.816±0.015	0.833±0.018	0.836±0.014	0.834±0.019	0.850±0.019	0.831±0.017	0.844±0.019	1.000
C ₃ /A ₁	0.841±0.021	0.846±0.025	0.856±0.019	0.842±0.024	0.855±0.024	0.853±0.017	0.854±0.024	0.877±0.016	0.858±0.018	0.868±0.018	0.973
C ₄ /A ₁	0.748±0.025	0.752±0.026	0.761±0.022	0.747±0.023	0.759±0.026	0.758±0.036	0.763±0.022	0.787±0.025	0.773±0.040	0.778±0.016	0.833
D/A ₁	0.810±0.011	0.807±0.014	0.804±0.010	0.803±0.008	0.817±0.010	0.817±0.009	0.820±0.011	0.822±0.011	0.828±0.018	0.824±0.017	1.000
E ₁ /A ₁	0.721±0.015	0.722±0.018	0.710±0.015	0.716±0.012	0.720±0.012	0.718±0.011	0.726±0.012	0.720±0.014	0.738±0.017	0.724±0.013	0.875
E ₂ /A ₁	0.616±0.027	0.622±0.054	0.605±0.014	0.614±0.015	0.613±0.013	0.614±0.012	0.625±0.029	0.612±0.011	0.630±0.013	0.620±0.014	0.926
F/A ₁	0.232±0.008	0.223±0.008	0.233±0.009	0.221±0.009	0.220±0.006	0.231±0.006	0.220±0.006	0.228±0.006	0.220±0.008	0.223±0.006	0.867
H/A ₁	0.743±0.014	0.739±0.020	0.733±0.013	0.748±0.015	0.738±0.017	0.739±0.054	0.725±0.014	0.727±0.015	0.727±0.012	0.716±0.035	0.793
K ₁₁ /A ₁	0.89±0.034	0.90±0.038	0.89±0.029	0.90±0.026	0.89±0.035	0.87±0.039	0.89±0.042	0.87±0.037	0.88±0.045	0.88±0.046	0.476
K ₁₂ /A ₁	0.67±0.056	0.66±0.019	0.66±0.018	0.67±0.020	0.65±0.022	0.66±0.018	0.66±0.018	0.65±0.020	0.65±0.026	0.64±0.026	0.652
K ₂₁ /A ₁	1.00±0.027	1.00±0.028	1.00±0.080	1.01±0.043	0.99±0.028	0.99±0.036	0.99±0.035	1.00±0.030	0.99±0.034	1.00±0.037	0.316
K ₂₂ /A ₁	0.76±0.024	0.76±0.024	0.77±0.021	0.76±0.027	0.75±0.027	0.77±0.017	0.75±0.051	0.76±0.026	0.75±0.022	0.75±0.029	0.419
K ₃₁ /A ₁	0.94±0.022	0.94±0.025	0.95±0.027	0.94±0.044	0.94±0.025	0.93±0.024	0.94±0.025	0.95±0.028	0.94±0.021	0.96±0.028	0.481
K ₄₁ /A ₁	0.73±0.056	0.74±0.018	0.75±0.026	0.74±0.021	0.73±0.019	0.74±0.018	0.73±0.016	0.75±0.022	0.74±0.030	0.75±0.022	0.488
K ₄₂ /A ₁	0.55±0.018	0.55±0.017	0.56±0.018	0.56±0.015	0.55±0.016	0.56±0.015	0.55±0.016	0.56±0.016	0.55±0.025	0.55±0.015	0.559
O/A ₁	0.15±0.004	0.16±0.004	0.16±0.005	0.15±0.005	0.16±0.004	0.16±0.006	0.16±0.005	0.16±0.004	0.16±0.006	0.17±0.007	1.200
P/A ₁	0.13±0.004	0.13±0.004	0.14±0.003	0.13±0.005	0.14±0.004	0.14±0.003	0.14±0.004	0.14±0.003	0.14±0.003	0.14±0.004	1.000
Q/A ₁	0.18±0.004	0.18±0.006	0.18±0.006	0.18±0.006	0.19±0.005	0.18±0.005	0.19±0.007	0.18±0.004	0.19±0.010	0.19±0.007	1.111
R/A ₁	0.15±0.003	0.15±0.004	0.16±0.004	0.15±0.005	0.15±0.004	0.15±0.003	0.15±0.004	0.15±0.004	0.15±0.004	0.15±0.003	1.143
U ₁ /A ₁	0.24±0.012	0.24±0.017	0.25±0.016	0.24±0.015	0.24±0.020	0.24±0.013	0.24±0.014	0.25±0.009	0.24±0.018	0.25±0.016	0.818
U ₂ /A ₁	0.27±0.020	0.28±0.021	0.28±0.014	0.27±0.018	0.28±0.031	0.27±0.018	0.27±0.023	0.28±0.010	0.27±0.022	0.28±0.016	0.607
U ₃ /A ₁	0.27±0.038	0.27±0.020	0.27±0.014	0.26±0.019	0.27±0.027	0.26±0.017	0.26±0.021	0.27±0.014	0.26±0.022	0.27±0.015	0.548

注: 差异系数是指差别最大的两种群间的 CD 值
Note: Here coefficient of difference shows the largest CD difference among the ten populations

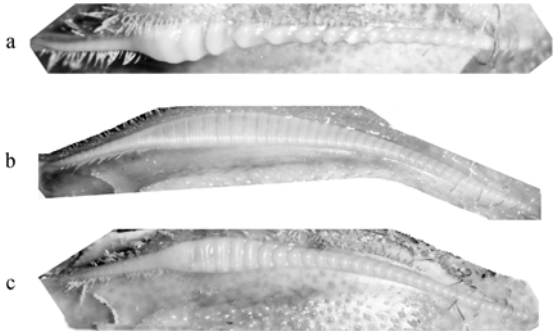


图 5 厚蟹的下眼缘隆脊

Fig. 5 Infraorbital crest of *Helice*

a. 天津厚蟹; b. 侧足厚蟹; c. 天津厚蟹与侧足厚蟹的中间类型
a. *H. tientsinensis*, b. *H. latimera*, c. An osculant infraorbital crest found in Ningbo population

为 1 连续性隆脊, 被纵沟分成 50—67 个突起, 中部纵长, 两端趋窄, 每个突起上均有纵行隆线(图 5b)。而雌性天津厚蟹和侧足厚蟹下眼缘隆脊形状相同, 均为分开的圆形突起, 且数目范围重叠, 所以, 从外形上无法将其分开。

宁波以南的 3 个种群的所有雄性个体的下眼缘隆脊(突起)都是侧足厚蟹的特征, 而宁波以北的 5 个种群的所有雄性个体均为天津厚蟹的特征。在同域(宁波)分布的天津厚蟹和侧足厚蟹种群中发现了 4 例下眼缘隆脊(突起)介于二者之间的中间类型(图 5c), 而在其他 8 个种群中均未发现此类下眼缘隆脊(突起)的中间类型。中间类型个体的出现可能是两

种类型在重叠分布区杂交的结果。这还有待于通过对其进行杂交实验来进一步验证。

Shih, *et al.*通过对天津厚蟹和侧足厚蟹 16S rRNA 与 COI 基因的分子系统学研究, 认为二者可能是同一个物种^[18]。笔者基于对二者 12S rRNA 及 16S rRNA 基因的研究也得到类似结果, 即在上述 2 个基因片段中, 天津厚蟹和侧足厚蟹均有许多个体(其中很多个体分布在不同地域)共享同一单倍型, 具有相同的序列(未发表)。

因此, 形态和分子证据均不支持将天津厚蟹和侧足厚蟹分别作为独立物种(因侧足厚蟹命名在先, 为有效种)。但是, 雄性下眼缘隆脊(突起)特征在种群间存在明显的分化, 且与地理分布一致, 即宁波以北种群均为“天津厚蟹”型(图 5a), 宁波以南种群均为“侧足厚蟹”型(图 5b), 而在宁波地区两种类型同域分布, 且有中间类型出现(图 5c)。作者认为, 暂将两种类型作为亚种(分别为侧足厚蟹指名亚种 *Helice latimera latimera* Parsis, 1918 和侧足厚蟹天津亚种 *Helice latimera tientsinensis* Rathbun, 1931)处理较为合适。

参考文献:

- [1] Dai A Y, Yang S L. Crabs of the China seas [M]. Beijing: China Ocean Press. 1991, 551—555
- [2] Parisi B. I decapodi giapponesi del Museo di Milano. VI. Catometopa e Paguridea [J]. *Atti della Società Italiana di Scienze Naturali*, 1918, **56**(314): 90—115
- [3] Rathbun M J. New and rare Chinese crabs [J]. *Lingnan Science Journal*, 1931(dated 1929), **8**: 75—125
- [4] Sakai K, Yatsuzuka K. Notes on some Japanese and Chinese *Helice* with *Helice* (*Helicana*) n. subgen., including *Helice* (*Helicana*) *japonica* n. sp. (Crustacea: Decapoda) [J]. *Senckenbergiana Biology*, 1980, **60**(5/6): 393—411
- [5] Sakai K, Türkay M, Yang S L. Revision of the *Helice/Chasmagnathus* complex (Crustacea: Decapoda: Brachyura) [J]. *Abhandlungen der Senckenbergischen Naturforschenden Gesellschaft*, 2006, **565**: 1—76
- [6] Ling Q F, Li S F, Qiao D L. Morphological variation and random amplified polymorphic DNA (RAPD) analysis of different populations of *Tinca tinca* [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2006, **30**(5): 578—586 [凌去非, 李思发, 乔德亮. 丁鲶不同群体间形态学差异与随机扩增多态DNA(RAPD)分析. 水生生物学报, 2006, **30**(5): 578—586]
- [7] Guo J Y, Ng N K, Dai A Y, *et al.* The taxonomy of three commercially important species of mitten crabs of the genus *Eriocheir* De Haan, 1835 (Crustacea: Decapoda: Brachyura: Grapsidae) [J]. *The Raffles Bulletin Zoology*, 1997, **45**(2): 445—476
- [8] Stewart B A. Morphological and genetic differentiation between populations of river crabs (Decapoda: Potamonautidae) from the Western Cape, South Africa, with a taxonomic re-examination of *Gecarcinautes brincki* [J]. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 1997, **119**: 1—21
- [9] Brian J V, Fernandes T, Ladle R J, *et al.* Patterns of morphological and genetic variability in UK populations of the shore crab, *Carcinus maenas* Linnaeus, 1758 (Crustacea: Decapoda: Brachyura) [J]. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 2006, **329**: 47—54
- [10] Li Z H, Luo P, Hong N, *et al.* A Statistical Analysis Tutorial of SPSS for Windows [M]. 2nd Edition. Beijing: Press of Electronics Industry. 2005, 335—399 [李志辉, 罗平, 洪楠, 等. SPSS for Windows 统计分析教程. 第 2 版. 北京: 电子工业出版社. 2005, 335—399]
- [11] Zhang Y T, Fang K T. An introduction to Multivariate Analysis [M]. Beijing: Science Press. 1999, 393—454 [张尧庭, 方开泰. 多元统计分析引论. 北京: 科学出版社. 1999, 393—454]
- [12] Li Y, Li S F, Wang C H, *et al.* Establishment and application of morphological discrimination model for juveniles *Eriocheir sinensis* from Liaohhe, Yangtze and Oujiang rivers [J]. *Journal of Fisheries of China*, 2001, **25**(2): 120—126 [李勇, 李思发, 王成辉, 等. 三水系中华绒螯蟹幼蟹形态判别程序的建立和使用. 水产学报, 2001, **25**(2): 120—126]
- [13] Gao T X, Zhang X M, Liu G D, *et al.* Principal component analysis on the morphology of ten *Eriocheir japonica* populations and *E. sinensis* [J]. *Journal of Dalian Fisheries University*, 2003, **18**(4): 273—277 [高天翔, 张秀梅, 柳广东, 等. 10 个日本绒螯蟹群体与中华绒螯蟹形态的主成分分析. 大连水产学院学报, 2003, **18**(4): 273—277]
- [14] Mayr E, Linsley E G, Usinger R L. Methods and Principles of Systematic Zoology [M]. New York and London McGraw Hill. 1953
- [15] Keenan C P, Davie P J F, Mann D L. A revision of the genus *Scylla* De Haan, 1833 (Crustacea: Decapoda: Brachyura: Portunidae) [J]. *The Raffles Bulletin of Zoology*, 1998, **46**(1): 217—245
- [16] Li C H, Li S F. Phylogenesis of populations of mitten crabs (*Eriocheir sinensis*, *Eriocheir japonicus*) in six river systems of mainland China: morphological discriminant analysis [J]. *Journal of Fisheries of China*, 1999, **23**(4): 337—342 [李晨虹, 李思发. 中国大陆沿海六水系绒螯蟹(中华绒螯蟹和日本绒螯蟹)群体亲缘关系: 形态判别. 水产学报, 1999, **23**(4): 337—342]
- [17] Li Z B, Li S J, Wang G Z. The morphological discriminant analysis of *Scylla serrata* populations in coast of Southeastern China [J]. *Journal of Xiamen University (Natural Science)*, 2004, **43**(1): 102—106 [黎中宝, 李少菁, 王桂忠. 中国东南沿海锯缘青蟹群体的形态判别分析. 厦门大学学报(自然科学版), 2004, **43**(1): 102—106]
- [18] Shih H T, Suzuki H. Taxonomy, phylogeny, and biogeography of the endemic mudflat crab *Helice/Chasmagnathus* complex (Crustacea: Brachyura: Varunidae) from East Asia [J]. *Zoological Studies*, 2008, **47**(1): 114—125

MORPHOMETRICAL STUDIES ON 10 POPULATIONS OF *HELICE TIENSINENSIS* AND *H. LATIMERA* (CRUSTACEA, DECAPODA) FROM COASTS OF CHINA

XU Jing-Ming¹, YANG-Fan¹ and SUN Shi-Chun²

(1. College of Life Science and Technology, Chongqing University of Arts and Sciences, Chongqing 402168;

2. The Key Laboratory of Mariculture, Ministry of Education, Ocean University of China, Qingdao 266003)

Abstract: *Helice tientsinensis* and *H. latimera* are among the most common crabs along the coast of China. They burrow in muddy substrates of upper littoral and supralittoral zones, especially in habitats of deduced salinity such as salt marshes and estuaries. The identification of species mostly relied on the size, shape and number of infraorbital crest. However, the key morphological differences are variable within species and greatly differ between sexes, and the females of both species could not be distinguished by the shape and number of infraorbital crest. Based on 33 proportional parameters of morphometric characters, three multivariation analysis methods were conducted to investigate the morphological variations among six populations (collected from Dandong and Panjin, Liaoning Province; Tanggu, Tianjin City; Rizhao and Weihai, Shandong Province; and Ningbo, Zhejiang Province) of *Helice tientsinensis* and four populations (collected from Ningbo, Zhejiang Province; Quanzhou, Fujian Province; Beihai, Guangxi Province and Haikou, Hainan Province) of *H. latimera*. The results of cluster analysis could not make the two species separated. While the Quanzhou population of *H. latimera* was clustered into one group, the other nine populations were clustered into another group. Normalized Euclidean Distances of morphology of the ten populations indicated close relationship each other. Discriminant analysis demonstrated that there were no significant differences (total discriminant accuracy was only 63.4%) among the ten populations. The identification accuracies of discriminant functions of Quanzhou population and Tanggu population were 88.9% and 75.0% respectively, while those of the other populations were all low. Principle component analysis revealed that ten populations were almost overlapped to each other in scatter diagram of the first and the second principal components, indicating only small morphological variations among these populations. The coefficients of difference (CD) of proportional parameters of morphometric characters among the ten populations were always lower than 1.28, a well-known critical value of subspecies. Males with osculant infraorbital crest were found in Ningbo where had a mixed population of *H. tientsinensis* and *H. latimera*, suggesting that *H. tientsinensis* and *H. latimera* might cross in their sympatric populations. The conspecific status of *H. tientsinensis* and *H. latimera* was further supported by published and our unpublished molecular analyses. However, there do exist difference in the infraorbital crest of male crabs. The infraorbital crest of populations north to Ningbo showed a pattern of *H. tientsinensis*, while those of southern populations showed a pattern of *H. latimera*. Therefore, we suggest to move both species down to subspecies level, i.e., *Helice latimera latimera* Parris, 1918 and *Helice latimera tientsinensis* Rathbun, 1931.

Key words: *Helice latimera*; *Helice tientsinensis*; Population; Morphometric character; Multivariation analysis