

文章编号: 1674-5566(2025)05-1017-12

DOI: 10.12024/jsou.20241204739

## 中国外来龟鳖目物种分析

陈宁宁<sup>1</sup>, 姚建良<sup>2</sup>, 袁林<sup>1</sup>, 吴惠仙<sup>1</sup>, 薛俊增<sup>1</sup>

(1. 上海海洋大学 海洋科学与生态环境学院, 上海 201306; 2. 杭州市桐庐生态环境监测站, 浙江 杭州 311599)

**摘要:** 为了评估中国龟鳖市场中外来种的现状及其生态风险, 并提出科学防控策略。通过文献调研和数据分析, 系统梳理中国龟鳖目外来种的引入历史、种类组成、区域分布特征及市场贸易数据, 结合生态风险评估, 分析其对本土物种和生态系统的潜在影响。结果显示, 中国现有龟鳖目动物6科22属40种, 但市场中外来种占比高达75%(土著种的3倍), 主要集中于华南、华东地区; 外来种入侵导致本土物种生存空间压缩、养殖模式集约化, 并显著增加生物入侵和疫病传播风险。研究表明, 中国龟鳖外来种市场规模大、生态风险突出, 需建立差异化管控体系。本研究可为制定龟鳖引种规范、优化入侵物种防控策略及促进龟鳖产业的健康发展提供参考。

**关键词:** 中国; 龟鳖; 外来种; 生态风险; 防控

中图分类号: Q14 文献标志码: A

龟鳖目(*Testudinata*)动物约起源于2亿年前, 基于形态、领肌、头骨、颅后骨骼、染色体、DNA等性状<sup>[1-2]</sup>, 分为侧颈龟亚目(*Pleurodira*)和曲颈龟亚目(*Cryptodira*), 从20世纪末的12科86属250余种<sup>[1,3-4]</sup>, 演变为如今的14科92属361种<sup>[2,5-6]</sup>。

自1987年我国广东和福建两省引进巴西彩龟(*Trachemys scripta*)进行养殖起<sup>[4]</sup>, 我国开始逐步从国外引进龟鳖外来种, 因其具有观赏、食用、药用、科研、文化等价值, 得到广泛发展和应用<sup>[4,7-8]</sup>。21世纪初, 中国大量从境外进口水栖和半水栖龟鳖类物种<sup>[9-13]</sup>。2007年, 周婷等<sup>[14-15]</sup>通过对国内养殖场的普查和重点调查发现, 当时引入龟鳖外来种是土著种的近2倍。据2011年调查研究, 在我国龟鳖市场贸易中, 约有75%的龟鳖物种属于外来种<sup>[4,16]</sup>。随着龟鳖宠物市场的不断扩大和养殖技术的更新<sup>[17-19]</sup>, 经过多年养殖发展, 某些龟鳖外来种已形成产业, 成为国内龟鳖养殖的主要种类之一, 逐步向市场供给<sup>[8]</sup>。根据对2010—2019年广州龟鳖贸易状况的调查, 龟鳖外来种占据龟鳖市场比例已高达79.71%, 其中约64.81%为养殖龟鳖<sup>[20]</sup>。随着龟鳖外来种养殖

种类、数量的增加, 一些种类因逃逸、放生、弃养、运输和贸易等多种途径进入野外环境<sup>[21-24]</sup>, 龟鳖外来物种入侵问题也逐渐备受关注, 目前, 红耳彩龟(*Trachemys scripta elegans*)已被列入中国外来入侵物种名单。

### 1 中国龟鳖外来种的名录

侧颈龟亚目, 均为水栖龟, 主要分布于南美洲、南非、澳洲等一些国家; 曲颈龟亚目, 包括水栖龟、半水栖龟和陆栖龟, 广泛分布于除南极之外的世界各个地方<sup>[15]</sup>。其中我国现存龟鳖土著种类有6科22属40种<sup>[5]</sup>, 均属于曲颈龟亚目。

1999—2010年周婷等<sup>[14]</sup>和窦寅等<sup>[25]</sup>对国内龟鳖外来种调查发现31种外来龟鳖, 主要来自北美洲, 其中以红耳彩龟最为常见, 其次为拟鳄龟(*Chelvdra serpentina*); 2001年, 吴咏蓓等<sup>[26]</sup>在上海地区发现主要来自美国、越南、马来西亚和苏门答腊等地的红耳彩龟、拟鳄龟、安南龟(*Annamemys annamensis*)、马来巨龟(*Orlitia borneensis*)等4种外来龟; 2002年, 冯照军等<sup>[27]</sup>在徐州市也发现了红耳彩龟、拟鳄龟、马来巨龟等3

收稿日期: 2024-12-23 修回日期: 2025-06-02

基金项目: 中国水产流通与加工协会龟鳖行业分会首席专家项目(G2022-02)

作者简介: 陈宁宁(1998—), 女, 硕士研究生, 研究方向为水生生物学。E-mail: chenfrieden@163.com

通信作者: 薛俊增, E-mail: jzxue@shou.edu.cn

版权所有 ©《上海海洋大学学报》编辑部(CC BY-NC-ND 4.0)

Copyright © Editorial Office of Journal of Shanghai Ocean University (CC BY-NC-ND 4.0)

<http://www.shhydxxb.com>

种外来龟;2002—2004年,王志伟等<sup>[28]</sup>在海南省海口市贸易市场调查发现,外来龟鳖种类和数量占绝对优势,共有12种1580余只,占龟鳖个体总数量的61%;2005年4—10月,邓军等<sup>[29]</sup>在武汉水产批发市场等地发现8种龟鳖外来种,占调查龟鳖总种类的38.10%;2010年,凌晨<sup>[30]</sup>在昆明宠物市场发现11种龟鳖外来种,占龟鳖宠物市场总种类的73.3%,同年,胡诗佳等<sup>[31]</sup>在中国两栖爬行动物贸易情况初步调查中发现8种龟鳖外来种,包括亚洲巨龟(*Heosemys grandis*)、豹纹陆龟(*Stigmochelys pardalis*)、马来闭壳龟(*Cuora amboinensis*)、亚洲鳖(*Amyda cartilaginea*)、拟鳄龟、日本拟水龟(*Mauremys japonica*)、红耳彩龟等;2011年,史海涛<sup>[16]</sup>对国内贸易龟鳖种类调查显示,我国龟鳖市场涉及126种龟鳖,其中95种为外来种,占龟鳖贸易总数的75%。2014年,刘

辉<sup>[32]</sup>对国内各地龟鳖养殖调查显示,龟鳖养殖种类共49种,其中31种为外来种。2017年,王建等<sup>[33]</sup>对广州市花鸟市场的连续3年调查中,共记录龟鳖外来种28种,销售来源主要为人工养殖和野外捕捉。2018年5月—2022年1月陕西省龟鳖类非法贸易调查中,发现在涉案龟鳖总种类中约76.47%为外来种,且呈上升趋势<sup>[34-35]</sup>。2023年,胡诗佳等<sup>[20]</sup>对广州近10年的龟鳖市场调查结果显示,广州市场出售的活体龟鳖共74种,其中外来种占调查龟鳖总种类的79.71%,主要来源于海南、广东、广西、江苏、江西等各地龟鳖养殖场。随着龟鳖外来种的养殖规模扩大、养殖技术更新、部分国外引入或走私贸易<sup>[36]</sup>,其种类和数量已经逐渐辐射至中国的各个区域<sup>[20,34]</sup>。据报道<sup>[14,16,20-21,25,27,29,33,35,37-62]</sup>,国内贸易龟鳖种类中较活跃的外来种约有114种(表1)。

表1 我国已记录的龟鳖外来种  
Tab. 1 Exotic chelonian species recorded in China

序号 No.	种类 Species	生境 Habitat	引入时间 Introduction time	原产地 Native range	是否在CITES附录 CITES Appendix I / II / III
龟科 Emydidae					
1	太平洋水龟 <i>Actinemys marmorata</i>	水栖	-	美国	-
2	锦龟 <i>Chrysemys picta</i> *	水栖	2000	加拿大、美国、墨西哥	-
3	星点水龟 <i>Clemmys guttata</i>	半水栖	-	北美洲	-
4	鸡龟 <i>Deirochelys reticularia</i>	水栖	-	美国	-
5	欧洲龟 <i>Emys orbicularis</i>	半水栖	-	欧洲、北非和中东	-
6	布氏拟龟 <i>Emydidea blandingii</i>	水龟	-	美国	-
7	黑池龟 <i>Geoclemys hamiltonii</i>	水栖	-	巴基斯坦、孟加拉国、尼泊尔和印度等	-
8	木雕水龟 <i>Glyptemys insculpta</i>	水龟	-	美国	附录I、附录II和附录III
9	伪图龟 <i>Graptemys pseudogeographica</i> *	水栖	-	美国	-
10	密西西比地图龟 <i>G. kohnii</i>	水栖	1999	美国	-
11	黑瘤图龟 <i>G. nigrinoda</i>	半水栖	1990	北美洲	-
12	沃希托图龟 <i>G. ouachitensis</i>	水栖	-	美国	-
13	拟图龟 <i>G. pseudogeographica</i>	水栖	-	美国	-
14	黑图龟 <i>G. nigrinoda</i>	水栖	1990	美国	-
15	地理图龟 <i>G. geographica</i>	半水栖	1990	美国	-
16	德克萨斯图龟 <i>G. versa</i>	水龟	-	美国	-
17	恒河花冠龟 <i>Hardella thurjii</i>	水栖	-	印度、孟加拉国、巴基斯坦	-
18	三纹棱背龟 <i>Kachuga trivittata</i>	水栖	-	缅甸	-
19	菱斑龟 <i>Malaclemys terrapin</i>	水栖	2005	美国	-
20	印度沼龟 <i>Morenia petersi</i>	水栖	-	印度、孟加拉国	-
21	眼斑沼龟 <i>M. ocellata</i>	水栖	-	缅甸、马来半岛	-
22	粗颈黑龟 <i>Siebenrockiella crassicollis</i>	水栖	-	越南、柬埔寨、泰国、缅甸、马来西亚、印度尼西亚、新加坡	-
23	丽箱龟 <i>Terrapene ornata</i>	半水栖	-	美国,墨西哥	-

·续表1·

序号 No.	种类 Species	生境 Habitat	引入时间 Introduct- ion time	原产地 Native range	是否在CITES附录 CITES Appendix I / II / III
24	卡罗来纳箱龟 <i>T. carolina</i>	半水栖	-	美国,墨西哥	-
25	三爪箱龟 <i>T. carolinatriunguis</i>	半水栖	-	墨西哥	-
26	饰纹箱龟 <i>T. ornata</i>	半水栖		美国	-
27	红耳彩龟 <i>Trachemys scripta elegans</i> *	半水栖	1980	美国、墨西哥、巴西等	-
28	黄耳彩龟 <i>T. scripta scripta</i> *	水栖	1990	美国	-
29	史氏棱背龟 <i>Pangshura smithii</i>	水栖	-	巴基斯坦、印度、孟加拉国、尼泊尔	-
30	印度棱背龟 <i>P. tecta</i>	水栖	-	巴基斯坦、印度、孟加拉国、尼泊尔	-
31	河伪龟 <i>Pseudemys concinna</i>	水栖	1990	美国、墨西哥	-
32	黄腹伪龟 <i>P. floridana</i>	水栖	-	美国	-
33	纳氏伪龟 <i>P. nelsoni</i>	水栖	1990	美国	-
34	阿拉巴马伪龟 <i>P. alabamensis</i>	水栖	1990	美国	-
35	佛罗里达伪龟 <i>P. florida</i>	水栖	1990	美国	-
鳄龟科 Chelydridae					
36	拟鳄龟 <i>Chelydra serpentina</i> *	水栖	1997	北美洲和中美洲	附录 II 、附录 III
37	大鳄龟 <i>Macrochelys temminckii</i> *	水栖	1998	美国	附录 II
地龟科 Geoemydidae					
38	潮龟 <i>Batagur baska</i>	水栖	-	越南、泰国、马来西亚、印度尼西亚、缅甸、印度、孟加拉国	附录 I
39	咸水龟 <i>Callagur borneoensis</i>	水栖	-	泰国、马来西亚、印度尼西亚	-
40	白腹摄龟 <i>Cyclemys atripons</i>	水栖	-	泰国、柬埔寨、越南	-
41	棕黑摄龟 <i>C. oldhami</i>	水栖	-	印度、尼泊尔、缅甸、泰国、马来西亚、印度尼西亚	-
42	亚洲叶龟 <i>C. dentata</i>	半水栖	-	孟加拉国、文莱、柬埔寨、印度、印度尼西亚等	-
43	条颈摄龟 <i>C. tcheponensis</i>	半水栖	-	泰国、越南、老挝	-
44	安布闭壳龟 <i>Cuora amboinensis</i> *	半水栖	1980	东南亚热带地区	-
45	布氏闭壳龟 <i>C.bourreti</i>	半水栖	-	老挝,越南	-
46	图纹闭壳龟 <i>C. picturata</i>	半水栖	-	越南、柬埔寨	-
47	日本地龟 <i>Geoemyda japonica</i>	半水栖	-	日本	-
48	大东方龟 <i>Heosemys grandis</i>	半水栖	1980	柬埔寨、老挝、马来西亚、缅甸、泰国、越南	-
49	据缘东方龟 <i>H. spinosa</i>	半水栖	-	缅甸、菲律宾、泰国南部、马来西亚、印度尼西亚	-
50	扁东方龟 <i>H. depressa</i>	半水栖	-	缅甸	-
51	庙龟 <i>Hieremys annandalii</i>	半水栖	-	泰国、柬埔寨、马来西亚、老挝、越南、缅甸	-
52	马来大头龟 <i>Malayemys subtrijuga</i>	半水栖	-	柬埔寨、印度尼西亚、老挝、马来西亚、泰国和越南	-
53	安南龟 <i>Mauremys annamensis</i>	水栖	1990	越南	附录 I
54	日本拟水龟 <i>M. japonica</i>	水栖	-	日本	-
55	里海拟水龟 <i>M. caspica</i>	水栖	-	里海、黑海、地中海、红海和波斯湾之间及其附近的地区	-
56	三棱黑龟 <i>Melanochelys tricarinata</i>	水栖	-	印度、孟加拉国、尼泊尔	-
57	印度黑龟 <i>M. trijuga</i>	水栖	-	印度、孟加拉国、缅甸、斯里兰卡、马尔代夫、尼泊尔及查戈斯群岛	-
58	马来果龟 <i>Notochelys platynota</i> *	半水栖	-	越南、马来西亚、新加坡、苏门答腊岛、爪哇、婆罗洲等	-

·续表1·

序号 No.	种类 Species	生境 Habitat	引入时间 Introduction time	原产地 Native range	是否在CITES附录 CITES Appendix I / II / III
59	马来巨龟 <i>Orlitia borneensis</i>	水栖	1990	马来西亚、苏门答腊、婆罗洲	-
60	木纹鼻龟 <i>Rhinoclemmys pulcherrima</i>	半水栖	-	墨西哥	-
61	美鼻龟 <i>R. pulcherrima manni</i>	水栖	-	墨西哥	-
陆龟科 Testudinidae					
62	放射陆龟 <i>Astrochelys radiata</i>	陆栖	1990	马达加斯加	附录II
63	喉盾龟 <i>A. yniphora</i>	陆栖	-	马达加斯加	附录II
64	苏卡达陆龟 <i>Cenchelone sulcata</i>	陆栖	-	塞内加尔、尼日尔、乍得、苏丹、埃塞俄比亚	附录II
65	挺胸陆龟 <i>Chersina angulata</i>	陆栖	-	南非和纳米比亚	附录II
66	塞舍尔巨陆龟 <i>Dipsoschelys dussumieri</i>	陆栖	-	塞舌尔群岛	附录II
67	印度星龟 <i>Geochelone elegans</i>	陆栖	1990	印度尼西亚、苏拉威西、哈马赫拉	附录II
68	缅甸星龟 <i>G. platynota</i>	陆栖	-	缅甸	附录II
69	红腿陆龟 <i>Ghelonoidis carbonaria</i>	陆栖	-	南美洲和加勒比海岛屿	附录II
70	黄眼陆龟 <i>G. denticulata</i>	陆栖	-	加勒比海东南部至玻利维亚东北部之间的南美洲地区	附录II
71	贝氏铰陆龟 <i>Kinixys belliana</i>	陆栖	-	除非洲北部外的其他非洲国家	附录II
72	纳塔尔较龟 <i>K. natalensis</i>	陆栖	-	莫桑比克、斯威士兰、民主刚果(扎)、南非	附录II
73	锯缘较陆龟 <i>K. homeana</i>	陆栖	-	自利比里亚至民主刚果(扎)的非洲大西洋沿岸地区	附录II
74	黑凹甲陆龟 <i>Manouria emys</i>	陆栖	-	印度、孟加拉国、缅甸、泰国、马来西亚、印度尼西亚	附录II
75	扁平陆龟 <i>Malacochersus tornieri</i>	陆栖	-	肯尼亚、坦桑尼亚	附录II
76	蛛纹陆龟 <i>Pyxis arachnoides</i>	陆栖	-	马达加斯加	附录II
77	扁尾陆龟 <i>P. planicauda</i>	陆栖	-	马达加斯加	附录II
78	豹纹陆龟 <i>Stigmochelys pardalis</i>	陆栖	-	苏丹、埃塞俄比亚、南非等地	附录II
79	赫尔曼陆龟 <i>Testudo hermanni</i>	陆栖	-	法国向东至土耳其的地中海北岸国家	附录II
80	希腊陆龟 <i>T. graeca</i>	陆栖	-	环地中海和黑海的西班牙、埃及、伊朗及乌克兰等欧、亚、非国家	附录II
蛇颈龟科 Chelidae					
81	西氏长颈龟 <i>Chelodina siebenrocki</i>	水栖	-	澳大利亚、印度尼西亚、巴布亚新几内亚、托雷斯	-
82	玛塔蛇颈龟 <i>Chelus fimbriata</i>	水栖	-	委内瑞拉、秘鲁、玻利维亚、哥伦比亚、厄瓜多尔、南美洲	附录II
83	圆澳龟 <i>Emydura subglobosa</i>	水栖	-	美国	-
84	红头扁龟 <i>Platemys platycephala</i>	水栖	-	秘鲁、厄瓜多尔、南美洲	-
85	蟾龟 <i>Phrynos hilarii</i>	水栖	-	南美洲	-
86	花面侧颈龟 <i>P. geoffroanus</i>	水栖	-	巴西、阿根廷、乌拉圭	-
侧颈龟科 Pelomedusidae & Podocnemididae					
87	棱角侧颈龟 <i>Hydromedusa tectifera</i>	水栖	-	巴西、巴拉圭、阿根廷、乌拉圭	-
88	黑泥侧颈箱龟 <i>Pelusios subniger</i>	水栖	-	西非	附录II
89	钢盔侧颈龟 <i>Pelomedusa subrufa</i>	半水栖	-	巴西、委内瑞拉、哥伦比亚	-
90	红头侧颈龟 <i>Podocnemis erythrocephala</i>	水栖	-	巴西、澳大利亚	附录II
91	黄头侧颈龟 <i>P. unifilis</i>	水栖	-	南美洲	附录II
动胸龟科 Kinosternidae					
92	麝香动胸龟 <i>Kinosternon odoratum</i>	-	1990	美国、加拿大	-

·续表1·

序号 No.	种类 Species	生境 Habitat	引入时间 Introduction time	原产地 Native range	是否在CITES附录 CITES Appendix I / II / III
93	淡黄动胸龟 <i>K. flacescens</i>	-	-	美国	-
94	红面泥龟 <i>K. scorpioides</i>	-	-	美国、巴西	-
95	屋顶麝香龟 <i>K. carinatum</i>	-	-	美国	-
96	东方动胸龟 <i>K. subrubrum</i>	水栖	-	美国	附录II
97	佛罗里达泥龟 <i>K. subrubrumsteindachneri</i>	水栖		美国、墨西哥	-
98	白吻动胸龟 <i>K. leucostomum</i>	水栖	-	墨西哥	附录II
99	剃刀动胸龟 <i>Sternotherus carinatus</i>	水栖	-	美国	-
100	平背麝香龟 <i>S. depressus</i>	水栖	-	美国	-
101	巨型麝香龟 <i>Staurotypus salvini</i>	水栖	-	美国	-
102	大麝香龟 <i>S. triporcatus</i>	水栖	-	美国	-
两爪鳖科 Carettochelyidae					
103	两爪鳖 <i>Carettochelys insculpta</i>	底栖	2000	印度尼西亚、澳大利亚、新几内亚岛	附录II
鳖科 Trionychidae					
104	亚洲鳖 <i>Amyda cartilaginea</i> *	底栖	2000	越南、老挝、泰国、缅甸、马来西亚、印尼	-
105	佛罗里达鳖 <i>Apalone ferox</i> *	底栖	1993	美国	附录III
106	刺鳖 <i>A. spinifera</i>	底栖	2000	美国	附录II、附录III
107	恒河古鳖 <i>Aspideretes gangeticus</i>	水栖	-	印度、巴基斯坦、孟加拉国、尼泊尔	附录I
108	孔雀古鳖 <i>Aspideretes hurum</i>	水栖		尼泊尔、印度、孟加拉国	-
109	马来小头鳖 <i>Chitra chitra</i>	水栖	-	泰国、马来半岛	-
110	印度小头鳖 <i>C. indica</i>	水栖	-	巴基斯坦、印度、孟加拉国	附录II
111	缅甸小头鳖 <i>C. vandijkii</i>	水栖	-	缅甸	附录I
112	南亚缘板鳖 <i>Lissemys punctata</i>	底栖	-	巴基斯坦、印度、尼泊尔、缅甸、孟加拉国	-
113	缅甸缘板鳖 <i>L. scutata</i>	水栖	-	缅甸	-
114	缅甸丽鳖 <i>Nilssonia formosa</i>	水栖	-	缅甸	-

注:\*具有易繁殖、生长快和适应能力较强等特点,为入侵风险较大的物种。

Notes: \* the species characterized by high reproductive capacity, rapid growth rate, and strong adaptability are considered to pose a significant invasion risk.

我国龟鳖外来种是土著种的近3倍<sup>[4,14,20-22,25-31,33,34,37,39-41,63-69]</sup>,其中华东地区和华南地区龟鳖外来种居多,主要来自美国、加拿大、墨西哥、澳大利亚等地区;在养殖规模上,以民间散养和规模养殖为主,具有一定的分散性。目前,野外常见、人工养殖规模较大的物种主要为红耳彩龟、大鳄龟、拟鳄龟和佛罗里达鳖。华南和华东地区地理位置优越,水资源丰富,气候条件和栖息环境与外来龟鳖物种的原生境具有较高的相似性,因而成为外来龟鳖引入和适生的主要区域<sup>[70-71]</sup>,更适合部分龟鳖外来种的繁殖和栖息,更有利其形成种群发展<sup>[37,63-65,69]</sup>。

## 2 龟鳖外来种的生态影响

根据《国际濒危野生动植物种贸易公约

(CITES)》(2021年)和《世界自然保护联盟濒危物种红色名录》,多数龟鳖属于近危、易危、濒危甚至极危,处于人工繁育状态,野外数量较少。但国内龟鳖外来种养殖种类、数量和养殖频次越来越高,除部分稀有龟鳖种类由国外引入外,其他种类以国内养殖繁育为主<sup>[8]</sup>,存在因养殖逃逸、宗教放生、宠物弃养、运输和贸易等多途径进入野外环境<sup>[22,72]</sup>。实际上,早已经有龟鳖因运输等途径无意识地逃逸至野外环境的先例<sup>[73]</sup>,而且国内每年用于放生的红耳彩龟已经超过500万只<sup>[21]</sup>。淡水龟鳖是交易量最大的爬行动物之一<sup>[74]</sup>,寿命长,经常被大量释放,因此即使在人类捕捉的情况下,其密度也可能较高<sup>[75-76]</sup>。随着国内龟鳖贸易量的增加<sup>[77]</sup>,若进入气候适宜的地区,则部分龟鳖外来种可能会成为入侵种<sup>[41]</sup>。龟

类入侵存在对本土原生龟及同生态位物种的危害,影响经济,甚至可能对人类健康构成威胁等<sup>[39,78]</sup>。且部分龟鳖外来种为杂食性,能杂交,因此生命力较强,即使在环境恶劣的条件下也能适应生存,通过竞争食物、空间等对本土环境的水生群落产生负面影响,并破坏本土龟鳖的生殖,严重威胁着其他物种的生存和发展,甚至破坏生态系统,引发生态危害<sup>[22,40,64,79]</sup>。入侵物种也可通过改变栖息地和资源结构来显著影响本地生物<sup>[80]</sup>,对自然生态系统的渗透会直接或间接地损害当地的动植物,且直接危害与其杂食能力有关<sup>[81]</sup>。外来物种被认为是全球生物多样性的主要威胁之一,其负面的生态和经济影响已被广泛记录<sup>[23,82]</sup>,在全国许多省区生态系统已经遭到不同程度的危害<sup>[22,83]</sup>。据国外报道,佛罗里达鳖在西班牙地区有过入侵史,为西班牙的生态头号公害,并在国内早已有野外活体报道<sup>[41]</sup>,具有入侵风险。目前,红耳彩龟已被确定为我国湿地生态系统的主要入侵种<sup>[21]</sup>,在我国南方诸多河流中,昔日中华草龟的踪迹已被红耳彩龟逐步取代,成为了鲜明的生态警示。拟鳄龟攻击性强,可捕食体型较大的猎物,打破原有生态平衡,导致局部水域生物多样性下降,欧洲也早已将拟鳄龟确定为高度入侵风险物种<sup>[74]</sup>,对公共安全和生境生物多样性构成潜在威胁<sup>[84]</sup>。随着近几年在中国野外环境中多处发现红耳彩龟和拟鳄龟个体<sup>[21,22,34,40]</sup>,进一步证明红耳彩龟入侵的事实,同时表明拟鳄龟可能已经在中国境内扩散,存在入侵的风险,对生态环境具有很大威胁。

除此之外,龟鳖外来种在引入、养殖和自由放养过程中传播疱疹病毒、核内球虫病、龟蛙病毒、龟鳖类隐孢子虫以及沙门氏菌等一系列病原体,可引发人畜共患病<sup>[85-87]</sup>,这些病毒生命力顽强,在环境中具有较高的持久性,不易彻底消除,可构成重大的人畜共患病风险,严重的情况下会导致死亡<sup>[88-89]</sup>。近年来,在一些淡水龟类中,特别是在城市环境中,有越来越多的人畜共患细菌被报道<sup>[90-91]</sup>,其中关注较多的龟鳖病菌为沙门氏菌。据美国和欧洲研究<sup>[88-89]</sup>表明,红耳彩龟是沙门氏菌的主要宿主之一,人类接触后可引发腹泻、发热甚至败血症。据美国调查研究<sup>[92]</sup>表明,宠物龟的沙门氏菌感染率为85%,约14%的非伤寒沙门氏菌病由宠物龟引起。根据研究分析,国内龟鳖

外来种病菌携带率可高达54%<sup>[21]</sup>。目前,尚未有针对该龟鳖类病害的有效治疗方法。

### 3 龟鳖外来种的防控管理

根据2021年4月15日实施的《生物安全法》,对于外来种应采取严格的风险防控措施,对具有入侵风险的外来种应加强对它的防范和应对,并制定外来入侵物种名录和管理办法。2022年12月10日,农业农村部等六部委发布第567号公告,已将大鳄龟(*Macroclemys temminckii*)和红耳彩龟纳入了《重点管理外来入侵物种名录》。虽然未有迹象表明其他龟鳖外来种在目前条件下有机会入侵我国的生态系统,但预计未来气候变化将在大幅度上改善其生存条件,可能导致进一步扩散,形成入侵趋势<sup>[93]</sup>。由于龟鳖贸易行业的经济收入可观,完全禁止龟鳖外来种的贸易并非实际可行的选择。为了有效地分析龟鳖外来种入侵风险的问题,需要了解其生活习性、生态特征、对新环境的适应能力以及可能引发的病害影响等<sup>[87]</sup>,同时分析各种因素,如入侵历史、气候变化、来源、栖息地状况以及入侵物种在新殖民环境中的建立和扩散等因素<sup>[84,94]</sup>,其中评估它们进入新环境的风险十分关键。由于地理距离短、频繁的交互作用,可能特别容易受到生物入侵的影响<sup>[95]</sup>,需要从双边贸易量、交通网络、河流分布、栖息地扰动和现有入侵物种的存在来量化风险<sup>[96]</sup>。对于外来种,应做到优先预测分析、定时监测、早期根除和长期控制来解决生物多样性的损失,以及对人类健康的危害等问题<sup>[84]</sup>。在具体防控措施方面,可通过栖息地改造和物理阻隔等手段降低其生存和扩散的可能性。此外,还应重点强化公众教育、普及相关法律法规,并建立健全应急处置机制<sup>[97]</sup>。同时,多部门协作和公众参与是关键,通过建立信息共享平台和举报机制<sup>[98]</sup>,形成政府与公众共同防控的良好局面。应定期更新风险评估报告,动态调整管理策略,并在潜在入侵区域提前部署防控措施。这些差异化管理策略既能有效减少外来种的入侵风险,又能在生态保护与经济成本之间实现平衡,为制定科学有效的人侵防控政策提供实践指导。

### 4 展望

目前,由于龟鳖外来种易于养殖、繁殖快、对

产地适应性强,且经济价值较高,利益可观,得到了各地养殖户的青睐,且随着高效绿色养殖技术的推广,种类和数量不断增加,在我国涉及的范围也越来越广。根据国内外多次报道,宠物龟携带较多病菌<sup>[21,40,99-100]</sup>,已经引起人类健康问题,故应提前做出防范措施,以免对人类健康、生态环境和社会经济产生进一步影响。目前,关于龟鳖外来种的风险评估较少,可从自然因素和人为影响等方面建立指标,逐级进行评估,以确定最有可能成为入侵的龟鳖外来种,并有助于制定法律法规、贸易清单和管理措施等。

作者声明本文无利益冲突。

## 参考文献:

- [1] 吴平,周开亚.龟鳖目系统学研究概况[J].动物学杂志,1998,33(6):38-45.  
WU P, ZHOU K Y. Current advances in phylogenetic and systematic research of testudines [J]. Chinese Journal of Zoology, 1998, 33(6): 38-45.
- [2] THOMSON R C, SPINKS P Q, SHAFFER H B. A global phylogeny of turtles reveals a burst of climate-associated diversification on continental margins [J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2021, 118(7): e2012215118.
- [3] ERNST C H, BARBOUR R W. Turtles of the world [M]. Washington, D. C.: Smithsonian Institution Press, 1989.
- [4] 谢忠明,周婷.观赏龟[M].北京:中国农业出版社,1999.  
XIE Z M, ZHOU T. Ornamental chelonians [M]. Beijing: China Agriculture Press, 1999.
- [5] 罗洪笛.4种珍稀濒危龟鳖类物种的比较线粒体基因组及进化分析[D].雅安:四川农业大学,2020.  
LUO H D. Comparative mitogenomes and evolutionary analysis of four endangered turtle species [D]. Yaan: Sichuan Agricultural University, 2020.
- [6] RHODIN A G J, IVERSON J B, BOUR R, et al. Turtles of the world: annotated checklist and atlas of taxonomy, synonymy, distribution, and conservation status [M]. 8th ed. Chelonian Research Foundation and Turtle Conservancy, 2017.
- [7] 梁蕴莉,钟小文,魏健全.中医药助力龟鳖产业发展的路径探析[J].农村经济与科技,2021,32(15):72-73.  
LIANG W L, ZHONG X W, WEI J Q. Analytical exploration of strategic pathways for traditional Chinese medicine (TCM) in promoting sustainable development of the chelonian industry [J]. Rural Economy and Science-Technology, 2021, 32(15): 72-73.
- [8] 梁锐.浅谈我国龟类产业现状及发展[J].科学养鱼,2023(10):1-2.  
LIANG R. Preliminary discussion on present status and development of China's turtle industry [J]. Scientific Fish Farming, 2023(10): 1-2.
- [9] LAU M, SHI H T. Conservation and trade of terrestrial and freshwater turtles and tortoises in the People's Republic of China [C]//Proceedings of the Workshop on Conservation and Trade of Freshwater Turtles and Tortoises in Asia. Phnom Penh: Chelonian Research Foundation, 2000.
- [10] ADES G, BANKS C B, BUHLMANN K A, et al. Turtle trade in northeast Asia: regional summary (China, Hong Kong, and Taiwan) [C]//Proceedings of a Workshop on Conservation and Trade of Freshwater Turtles and Tortoises in Asia. Phnom Penh: Chelonian Research Foundation, 2000: 52-54.
- [11] VAN DIJK P P, STUART B L, RHODIN A G J. The status of turtles in Asia [C]//Proceedings of a Workshop on Conservation and Trade of Freshwater Turtles and Tortoises in Asia. Phnom Penh: Chelonian Research Foundation, 2000.
- [12] 温文荐.我国养殖龟鳖苗种大半靠境外输入[J].渔业致富指南,2004(23):9-10.  
WEN W J. The majority of hatchlings used in China's turtle and terrapin aquaculture operations are sourced from overseas suppliers [J]. Fishery Guide to be Rich, 2004 (23): 9-10.
- [13] 赵春光.我国龟鳖苗种生产现状与对策[J].科学养鱼,2004,(9):5.  
ZHAO C G. Present status and countermeasure of seed-raising of turtle in China [J]. Scientific Fish Farming, 2004, (9): 5.
- [14] 周婷,黄成.我国养龟业现状及特点[J].经济动物报,2007,11(4):238-242,245.  
ZHOU T, HUANG C. Status and characteristics of turtles bred in China [J]. Journal of Economic Animal, 2007, 11 (4): 238-242, 245.
- [15] 周婷,李丕鹏.中国龟鳖物种多样性及濒危现状[J].四川动物,2007,26(2):463-467.  
ZHOU T, LI P P. Chelonian species diversity and current status in China [J]. Sichuan Journal of Zoology, 2007, 26 (2): 463-467.
- [16] 史海涛.中国贸易龟类检索图鉴[M].2版.北京:中国大百科全书出版社,2011.  
SHI H T. Identification manual for traded turtles in China [M]. 2nd ed. Beijing: Encyclopedia of China Publishing House, 2011.
- [17] 钟小庆.论龟鳖养殖池塘底部改良[J].渔业致富指南,2018(3):40-41.  
ZHONG X Q. Substrate improvement in turtle and

- tortoise farming ponds [J]. Fishery Guide to be Rich, 2018(3): 40-41.
- [18] 赵春光. 创新稻田龟鳖养殖促进龟鳖产业发展(下) [J]. 科学养鱼, 2022(10): 11-12.
- ZHOU C G. Innovative rice field turtle farming to promote the turtle industry [J]. Scientific Fish Farming, 2022(10): 11-12.
- [19] 赵春光, 周晨, 潘宏涛. 溶菌酶在龟鳖健康养殖中的应用 [J]. 科学养鱼, 2022(11): 51-53.
- ZHOU C G, ZHOU C, PAN H T. Application of lysozyme in healthy breeding of turtles and tortoises [J]. Scientific Fish Farming, 2022(11): 51-53.
- [20] 胡诗佳, 阳建春, 史海涛. 广州市场近10年的龟鳖贸易状况调查研究 [J]. 动物学杂志, 2023, 58(1): 94-107.
- HU S J, YANG J C, SHI H T. Investigation and research on chelonians trade status of guangzhou in recent ten years [J]. Chinese Journal of Zoology, 2023, 58(1): 94-107.
- [21] 龚世平, 杨江波, 葛研, 等. 外来物种红耳龟在中国野外分布现状及扩散路径研究 [J]. 野生动物学报, 2018, 39(2): 373-378.
- GONG S P, YANG J B, GE Y, et al. Extent and mechanisms of the increasing geographic distribution of the alien red-eared slider (*Trachemys scripta elegans*) in China [J]. Chinese Journal of Wildlife, 2018, 39(2): 373-378.
- [22] 周鹏. 当前红耳龟入侵的现状、适应机制及防治策略 [J]. 江西水产科技, 2020(6): 39-40, 43.
- ZHOU P. Current status, adaptation mechanisms and control strategies of the invasive red-eared slider [J]. Jiangxi Fishery Sciences and Technology, 2020(6): 39-40, 43.
- [23] DU Y B, XI Y H, YANG Z X, et al. High risk of biological invasion from prayer animal release in China [J]. Frontiers in Ecology and the Environment, 2024, 22(2): e2647.
- YAN Z, HU S H, DU Y B, et al. Social media unveils the hidden but high magnitude of human-mediated biological invasions in China [J]. Current Biology, 2024, 34(2): R47-R49.
- [25] 窦寅, 周婷, 黄成. 我国龟科淡水栖龟类主要外来物种调查及入侵风险预测 [J]. 安徽农业科学, 2010, 38(5): 2401-2403, 2405.
- DOU Y, ZHOU T, HUANG C. Survey on main alien freshwater turtles of Emydidae in China and their invasion risk assessment [J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2010, 38(5): 2401-2403, 2405.
- [26] 吴咏蓓, 张恩迪. 上海地区龟类市场初步调查 [J]. 四川动物, 2001, 20(2): 103-104.
- WU Y B, ZHANG E D. Investigation on tortoise market in Shanghai [J]. Sichuan Journal of Zoology, 2001, 20(2): 103-104.
- [27] 冯照军, 彭红梅, 周虹, 等. 徐州市爬行动物市场贸易的初步调查 [J]. 四川动物, 2002, 21(2): 91-93.
- FENG Z J, PENG H M, ZHOU H, et al. Preliminary investigation on market trade of reptile in Xuzhou City [J]. Sichuan Journal of Zoology, 2002, 21(2): 91-93.
- [28] 王志伟, 龚世平, 史海涛, 等. 海南省海口地区龟类市场贸易调查 [J]. 四川动物, 2005, 24(3): 414-417.
- WANG Z W, GONG S P, SHI H T, et al. Survey on turtle trade in Haikou, Hainan province, China [J]. Sichuan Journal of Zoology, 2005, 24(3): 414-417.
- [29] 邓军, 田丽, 易兰, 等. 武汉市龟类市场的初步调查 [J]. 四川动物, 2006, 25(2): 411-413.
- DENG J, TIAN L, YI L, et al. Study on turtle trade in Wuhan, Hubei province, China [J]. Sichuan Journal of Zoology, 2006, 25(2): 411-413.
- [30] 凌晨. 昆明市宠物市场爬行动物贸易调查 [J]. 蛇志, 2014, 26(1): 22-24, 27.
- LING C. Investigation on reptile trade in Kunming pet market [J]. Journal of Snake (Science & Nature), 2014, 26(1): 22-24, 27.
- [31] 胡诗佳, 王聪, 彭建军. 中国两栖爬行动物贸易状况和保护建议 [J]. 林业实用技术, 2010(2): 37-40.
- HU S J, WANG C, PENG J J. Status and conservation recommendations for China's amphibian and reptile trade [J]. Practical Forestry Technology, 2010(2): 37-40.
- [32] 刘辉. 饲养条件下五种淡水幼龟器官生长发育规律的研究 [D]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2015.
- LIU H. A study on organ growth patterns of lab-reared hatchlings of five fresh water turtle species [D]. Haerbin: Northeast Forestry University, 2015.
- [33] 王健, 宋亦希, 肖嘉杰, 等. 广州市花地湾市场龟鳖类调查 [J]. 动物学杂志, 2017, 52(2): 244-252.
- WANG J, SONG Y X, XIAO J J, et al. Survey on turtle trade in huadiwan market in Guangzhou [J]. Chinese Journal of Zoology, 2017, 52(2): 244-252.
- [34] 孔飞, 赵虎, 王启军, 等. 陕西省龟鳖类资源非法利用案例分析 [J]. 野生动物学报, 2022, 43(4): 1059-1064.
- KONG F, ZHAO H, WANG Q J, et al. The analysis of illegal use cases of turtles resources in Shaanxi province [J]. Chinese Journal of Wildlife, 2022, 43(4): 1059-1064.
- [35] 费宜玲, 侯森林, 唐松泽. 近三年江苏省非法被猎两栖爬行动物分析 [J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2021, 45(2): 225-230.
- FEI Y L, HOU S L, TANG S Z. Analysis of illegal hunting cases of amphibians and reptiles in Jiangsu province over the past three years [J]. Journal of Nanjing Forestry University (Natural Sciences Edition), 2021, 45(2): 225-230.
- [36] 何勇生, 黄浩晟. 安布闭壳龟的人工养殖技术 [J]. 黑龙江

- 江水产, 2020, 39(5): 43-44, 46.
- HE Y S, HUANG H S. Artificial breeding techniques of the amboina box turtle [J]. Fisheries of Heilongjiang, 2020, 39(5): 43-44, 46.
- [37] 曾小璐. 广西龟鳖物种多样性特点及可持续发展对策 [J]. 水产科技情报, 2013, 40(1): 1-5.
- ZENG X B. Characteristics of chelonian species diversity and sustainable development strategies in Guangxi [J]. Fisheries Science & Technology Information, 2013, 40(1): 1-5.
- [38] 阮松林. 我国淡水龟类资源及其保护与养殖现状 [J]. 农业与技术, 2014, 34(1): 150-151.
- RUAN S L. Freshwater turtle resources and their conservation and farming status in China [J]. Agriculture and Technology, 2014, 34(1): 150-151.
- [39] 徐婧, 周婷, 叶存奇, 等. 龟类外来种的生物入侵隐患及其防治措施 [J]. 四川动物, 2006, 25(2): 420-422.
- XU J, ZHOU T, YE C Q, et al. Analysis on possibility of terrapin invasion and its countermeasures [J]. Sichuan Journal of Zoology, 2006, 25(2): 420-422.
- [40] 赵虎, 王启军, 邓捷, 等. 陕西渭河流域龟鳖类外来物种调查及风险分析 [J]. 野生动物学报, 2021, 42(4): 1202-1205.
- ZHAO H, WANG Q J, DENG J, et al. Survey on alien turtles and their invasion risk assessment in Wei river basin of Shaanxi province [J]. Chinese Journal of Wildlife, 2021, 42(4): 1202-1205.
- [41] 窦寅, 郭建英, 周婷, 等. 江苏龟鳖外来物种调查及入侵风险分析 [J]. 江苏农业科学, 2010(2): 370-372.
- DOU Y, GUO J Y, ZHOU T, et al. Investigation of alien chelonian species and invasion risk analysis in Jiangsu province [J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2010(2): 370-372.
- [42] 王育锋, 田功太, 郑慧丽. 两爪鳖(猪鼻鳖)生物学及养殖技术 [J]. 内陆水产, 2004, 29(10): 16.
- WANG Y F, TIAN G T, ZHENG H L. Biology and captive breeding of the pig-nosed turtle (*Carettochelys insculpta*) [J]. Inland Fisheries, 2004, 29(10): 16.
- [43] 周婷. 水中潜水艇-两爪鳖 [J]. 水族世界, 2005(4): 88-89.
- ZHOU T. The submarine of waters - pig-nosed turtle (*Carettochelys insculpta*) [J]. Aquarium, 2005(4): 88-89.
- [44] 周婷, 陈如江. 菱斑龟人工繁殖技术 [J]. 科学养鱼, 2008(1): 11.
- ZHOU T, CHEN R J. Captive reproduction techniques of the diamondback terrapin (*Malaclemys terrapin*) [J]. Scientific Fish Farming, 2008(1): 11.
- [45] 万全, 张云龙, 沈保平, 等. 安徽马来西亚巨龟首次人工繁殖出苗技术报告 [J]. 水产养殖, 2021, 42(4): 60-61.
- WAN Q, ZHANG Y L, SHEN B P, et al. First successful captive breeding of *Orlitia borneensis* in Anhui province [J]. Journal of Aquaculture, 2021, 42(4): 60-61.
- [46] CUI L, RAO D, ZHANG M. The complete mitochondrial genome of *Amyda cartilaginea* (Testudines: Trionychidae) [J]. Mitochondrial DNA Part B, 2020, 5(3): 3670-3672.
- [47] RUBIN A M, BLOB R W, MAYERL C J. Biomechanical factors influencing successful self-righting in the pleurodire turtle *Emydura subglobosa* [J]. Journal of Experimental Biology, 2018, 221(14): jeb182642.
- [48] ERNST C H. *Platemys platycephala* [J]. Catalogue of American Amphibians and Reptiles (CAAR), 1987: 4.
- [49] BAERETO L, LIMA L C, BAEBOSA S. Observations on the ecology of *Trachemys adiutrix* and *Kinosternon scorpioides* on Curupu Island, Brazil [J]. Herpetological Review, 2009, 40(3): 283-286.
- [50] ESPINOZA L L, MERTINS O, GAMA G S, et al. A new *myxidium* species (Myxozoa: Myxosporea) infecting the gallbladder of the turtle *Poecinemis unifilis* (Testudines: Podocnemididae) from Peruvian Amazon [J]. Acta Tropica, 2017, 172: 75-79.
- [51] INDEMAN P V L. *Sternotherus carinatus* (Gray 1856) - Razorback musk turtle, razor-backed musk turtle [J]. Chelonian Research Monographs, 2008(5): 012.
- [52] IVERSON J B. Nesting and parental care in the mud turtle, *Kinosternon flavescens* [J]. Canadian Journal of Zoology, 1990, 68(2): 230-233.
- [53] LUISELLI L, AKANI G C, EBERE N, et al. Food habits of a pelomedusid turtle, *Pelomedusa subrufa*, in Tropical Africa (Nigeria): the effects of sex, body size, season, and site [J]. Chelonian Conservation and Biology, 2011, 10(1): 138-144.
- [54] MITCHELL J C. Population ecology and life histories of the freshwater turtles *Chrysemys picta* and *Sternotherus odoratus* in an Urban Lake [J]. Herpetological Monographs, 1988, 2: 40-61.
- [55] PICELLI A M, CARVALHO A V, VIANA L A, et al. Parasitization by *Sauvageplasma* sp. (Apicomplexa: Haemoproteidae) in chelonian *Poecinemis expansa* (Testudines: Podocnemididae) in the Brazilian Amazon [J]. Journal of Parasitology, 2015, 102(1): 161-164.
- [56] SMITH D, KRYSKO K L, SORENSEN T A, et al. The pacific coast giant musk turtle, *Stigmochelys salvini* gray 1864 (Kinosternidae), a new non-indigenous species in Florida [J]. Ircf Reptiles & Amphibians, 2011, 18(1): 55.
- [57] FRAZER N B, GIBBONS J W, GREENE J L. Life history and demography of the common mud turtle *Kinosternon subrubrum* in South Carolina, USA [J]. Ecology, 1991, 72(6): 2218-2231.

- [58] PUNZO F. Studies on the feeding behavior, diet, nesting habits and temperature relationships of *Chelydra serpentina osceola* (Chelonia: Chelydridae) [J]. *Journal of Herpetology*, 1975, 9(2): 207-210.
- [59] SITES J W JR, GREENBAUM I F, BICKHAM J W. Biochemical systematics of neotropical turtles of the genus *Rhinoclemmys* (Emydidae: Batagurinae) [J]. *Herpetologica*, 1981, 37(4): 256-264.
- [60] HOLM J A. Microhabitat properties, usage, spatial movements, and home ranges of the Ornate Box Turtle, *Terrapene ornata*, in the Monahans sandhills of west Texas [M]. San Angelo: Angelo State University, 2003.
- [61] BERRY J F, IVERSON J B. *Kinosternon leucostomum* [J]. Catalogue of American Amphibians and Reptiles (CAAR), 2001.
- [62] SUZUKI D, HIKIDA T. Mitochondrial phylogeography of the Japanese pond turtle, *Mauremys japonica* (Testudines, Geoemydidae) [J]. *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research*, 2011, 49 (2) : 141-147.
- [63] 陈世富. 广西龟鳖养殖产业现状及发展新思路[J]. 水产养殖, 2014, 35(8): 27-28.
- CHEN S F. Current status and innovative development strategies of Guangxi chelonian aquaculture industry[J]. *Journal of Aquaculture*, 2014, 35(8): 27-28.
- [64] 陈晓璠, 陆宇燕, 李丕鹏. 基于Maxent模型的小鳄龟潜在地理分布预测[J]. 野生动物学报, 2017, 38(3) : 467-472.
- CHEN X P, LU Y Y, LI P P. Prediction of potential geographic distribution for common snapping turtle (*Chelydra serpentina*) based on MaxEnt modelling [J]. *Chinese Journal of Wildlife*, 2017, 38(3): 467-472.
- [65] 程娟, 黄勇. 我国龟类产业的发展现状分析[J]. 渔业致富指南, 2019(12): 13-16.
- CHENG J, HUANG Y. Analysis of development status of china's turtle industry[J]. *Fishery Guide to be Rich*, 2019 (12): 13-16.
- [66] 何建湘. 中国龟鳖类现状分析与保护对策研究[J]. 中国水产, 2007(8): 72-74.
- HE J X. Analysis of current status and conservation strategies for chelonians in China [J]. *China Fisheries*, 2007(8): 72-74.
- [67] 胡诗佳, 彭建军, 于冬梅, 等. 华南地区兽类野生动物非法贸易状况及分析[J]. 四川动物, 2011, 30(2) : 293.
- HU S J, PENG J J, YU D M, et al. Status and analysis of illegal wildlife trade in mammals in south China [J]. *Sichuan Journal of Zoology*, 2011, 30(2): 293.
- [68] 周婷. 中国龟鳖动物的分布[J]. 四川动物, 2006, 25 (2): 272-276.
- ZHOU T. Distribution of Chinese chelonians [J]. *Sichuan Journal of Zoology*, 2006, 25(2): 272-276.
- [69] 宗渝, 马积蕃. 中国龟鳖目的种类和地理分布[J]. 考察与研究, 1986, 6: 149-151.
- ZONG Y, MA J F. Species diversity and geographic distribution of testudines in China [J]. *Research*, 1986, 6: 149-151.
- [70] EWERT M A, LANG J W, NELSON C E. Geographic variation in the pattern of temperature-dependent sex determination in the American snapping turtle (*Chelydra serpentina*)[J]. *Journal of Zoology*, 2005, 265(1): 81-95.
- [71] MILLER S, DERENNE A, ELLIS-FELEGE S, et al. Incubation temperature and satiety influence general locomotor and exploratory behaviors in the common snapping turtle (*Chelydra serpentina*)[J]. *Physiology & Behavior*, 2020, 220: 112875.
- [72] GORDON D R, TANCIG K J, ONDERDONK D A, et al. Assessing the invasive potential of biofuel species proposed for Florida and the United States using the Australian Weed Risk Assessment [J]. *Biomass and Bioenergy*, 2011, 35(1): 74-79.
- [73] KRAUS F. Alien reptiles and amphibians: a scientific compendium and analysis [M]. Dordrecht: Springer, 2009.
- [74] MASIN S, BONARDI A, PADOA-SCHIOPPA E, et al. Risk of invasion by frequently traded freshwater turtles [J]. *Biological Invasions*, 2014, 16(1): 217-231.
- [75] FICETOLA G F, RÖDDER D, PADOA-SCHIOPPA E. *Trachemys scripta* (Slider terrapin) [J]. *Handbook of Global Freshwater Invasive Species*, 2012: 335-343.
- [76] LEUNG B, ROURA-PASCUAL N, BACHER S, et al. TEASing apart alien species risk assessments: a framework for best practices[J]. *Ecology Letters*, 2012, 15(12): 1475-1493.
- [77] 钟小文, 魏健全. 产业链视域下我国龟鳖产业发展现状和优化路径[J]. 安徽农业科学, 2022, 50(15) : 216-218, 229.
- ZHONG X W, WEI J Q. Development status and optimization path of turtle industry in China from the perspective of industrial chain [J]. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2022, 50(15): 216-218, 229.
- [78] RUYKYS L, TA K A T, BUI T D, et al. Risk screening of the potential invasiveness of non-native aquatic species in Vietnam [J]. *Biological Invasions*, 2021, 23 (7) : 2047-2060.
- [79] ELSEY R M. Food habits of *Macrochelys temminckii* (alligator snapping turtle) from Arkansas and Louisiana [J]. *Southeastern Naturalist*, 2006, 5(3): 443-452.
- [80] ANGOH S Y J, FREELAND J, PATERSON J, et al. Effects of invasive wetland macrophytes on habitat selection and movement by freshwater turtles [J].

- Biological Invasions, 2021, 23(7): 2271-2288.
- [81] SEMENOV D V. Slider turtle, *trachemys scripta elegans*, as invasion threat (Reptilia; Testudines) [J]. Russian Journal of Biological Invasions, 2010, 1(4): 296-300.
- [82] STRAYER D L. Alien species in fresh waters: ecological effects, interactions with other stressors, and prospects for the future [J]. Freshwater Biology, 2010, 55(S1): 152-174.
- [83] 舟山晚报. 普陀山敲响生物入侵警钟[N]. 舟山晚报, 2005-07-25.  
Zhoushan Evening News. Putuo mountain rings alarm bell over biological invasion [N]. Zhoushan Evening News, 2005-07-25.
- [84] ESPOSITO G, DI TIZIO L, PREARO M, et al. Non-native turtles (Chelydridae) in freshwater ecosystems in Italy: a threat to biodiversity and human health? [J]. Animals, 2022, 12(16): 2057.
- [85] RAPHAEL B L, MACEY S, PLATT S G, et al. Health screening of burmese star tortoises (*Geochelone platynota*) prior to introduction to the wild [J]. Chelonian Conservation and Biology, 2019, 18(2): 153-162.
- [86] ZHANG L, ROHR J, CUI R N, et al. Biological invasions facilitate zoonotic disease emergences [J]. Nature Communications, 2022, 13(1): 1762.
- [87] ROY H E, TRICARICO E, HASSALL R, et al. The role of invasive alien species in the emergence and spread of zoonoses [J]. Biological Invasions, 2023, 25(4): 1249-1264.
- [88] BOSCH S, TAUXE R V, BEHRAVESH C B. Turtle-associated salmonellosis, United States, 2006 – 2014 [J]. Emerging Infectious Diseases, 2016, 22(7): 1149-1155.
- [89] ADAMOVICZ L, ALLENDER M C, GIBBONS P M. Emerging infectious diseases of chelonians: an update [J]. The Veterinary Clinics of North America. Exotic Animal Practice, 2020, 23(2): 263-283.
- [90] OLIVEIRA J P, KAWANAMI A E, SILVA A S L, et al. Detection of *leptospira* spp. in wild *Phrynos geoffroanus* (Geoffroy's side-necked turtle) in urban environment [J]. Acta Tropica, 2016, 164: 165-168.
- [91] BELLINATI L, PESARO S, MARCER F, et al. Detection of a novel chlamydia species in invasive turtles [J]. Animals, 2022, 12(6): 784.
- [92] SODAGARI H R, HABIB I, SHAHABI M P, et al. A review of the public health challenges of *salmonella* and turtles [J]. Veterinary Sciences, 2020, 7(2): 56.
- [93] MU C, S LI P P. Assessing the invasion risk of *Chelydra serpentina* in China under current and future climate change scenarios [J]. Frontiers in Ecology and Evolution, 2023, 11: 1277058.
- [94] COLANGELO P, FONTANETO D, MARCHETTO A, et al. Alien species in Italian freshwater ecosystems: a macroecological assessment of invasion drivers [J]. Aquatic Invasions, 2017, 12(3): 299-309.
- [95] SHARMA A P. Aquatic ecosystem health and management society in India [J]. Aquatic Ecosystem Health & Management, 2013, 16(2): 134-135.
- [96] ZHANG Q, WANG Y P, LIU X. Risk of introduction and establishment of alien vertebrate species in transboundary neighboring areas [J]. Nature Communications, 2024, 15(1): 870.
- [97] 庞洁, 刘洋, 陈洁. 外来入侵物种现状与防控体制建设——全球视野和中国例证 [J]. 中国农业资源与区划, 2024, 45(10): 131-140.
- PANG J, LIU Y, CHEN J. Situation and prevention and control system construction of invasive alien species: global perspective and China example [J]. Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning, 2024, 45(10): 131-140.
- [98] 李欣迪, 刘刚, 杨毅哲, 等. 外来生物入侵防控体系建设研究 [J]. 生物安全学报(中英文), 2024, 33(4): 318-326.
- LI X D, LIU G, YANG Y Z, et al. Construction of an invasive species prevention and control system [J]. Journal of Biosafety, 2024, 33(4): 318-326.
- [99] BRUCE H L, BARROW P A, RYCROFT A N. Zoonotic potential of *Salmonella enterica* carried by pet tortoises [J]. Veterinary Record, 2018, 182(5): 141.
- [100] GAMBINO-SHIRLEY K, STEVENSON L, CONCEPCIÓN-ACEVEDO J, et al. Flea market finds and global exports: four multistate outbreaks of human *Salmonella* infections linked to small turtles, United States-2015 [J]. Zoonoses and Public Health, 2018, 65(5): 568.

## Analysis of exotic species of Testudinata in China

CHEN Ningning<sup>1</sup>, YAO Jianliang<sup>2</sup>, YUAN Lin<sup>1</sup>, WU Huixian<sup>1</sup>, XUE Junzeng<sup>1</sup>

(1. College of Oceanography and Ecological Science, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 2. Tonglu Ecological Environment Monitoring Station of Hangzhou City, Hangzhou 311599, Zhejiang, China)

**Abstract:** This study evaluates the ecological risks associated with non-native Testudinata species in Chinese markets and develops science-based management strategies. Utilizing comprehensive literature review and quantitative data analysis, we investigated the historical introduction patterns, taxonomic diversity, geographical distribution, and commercial trade dynamics of non-native Testudinata species in China. Ecological risk assessment was conducted to analyze their potential impacts on native species and ecosystems. The results revealed that while China hosts 40 native Testudinata species (belonging to 6 families and 22 genera), non-native species dominate the market, accounting for 75% of traded individuals (three times the proportion of native species), with the highest concentrations in South and East China. The invasion of non-native species has led to habitat compression for native Testudinata, intensified farming practices, and increased risks of biological invasions and disease transmission. This study highlights the substantial market scale and ecological threats posed by non-native Testudinata species in China, emphasizing the need for a differentiated management framework. The findings provide critical insights for establishing regulations on Testudinata introductions, optimizing invasive species control strategies, and promoting sustainable development of the Testudinata industry.

**Key words:** China; testudinata; exotic species; ecological risk; prevention and control