



厦门大学南强丛书

XIAMENDAXUE NANQIANG CONGSHU

【第五辑】

中国鲎生物学研究

BIOLOGY OF HORSESHOE CRABS,
TACHYPLEUS TRIDENTATUS

洪水根 / 著



厦门大学出版社 国家一级出版社
XIAMEN UNIVERSITY PRESS 全国百佳图书出版单位

厦门大学南强丛书

XIAMENDAXUE NANQIANG CONGSHU

【第五辑】

中国鲎生物学研究

BIOLOGY OF HORSESHOE CRABS,
TACHYPLEUS TRIDENTATUS

洪水根 / 著



厦门大学出版社
XIAMEN UNIVERSITY PRESS

国家一级出版社
全国百佳图书出版单位

图书在版编目(CIP)数据

中国鲨生物学研究/洪水根著. —厦门:厦门大学出版社, 2011. 3

(南强丛书. 第5辑)

ISBN 978-7-5615-3836-4

I. ①中… II. ①洪… III. ①鲨-生物学-研究-中国 IV. ①Q959.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 035745 号

厦门大学出版社出版发行

(地址:厦门市软件园二期望海路 39 号 邮编:361008)

<http://www.xmupress.com>

xmup@public.xm.fj.cn

厦门市金凯龙印刷有限公司印刷

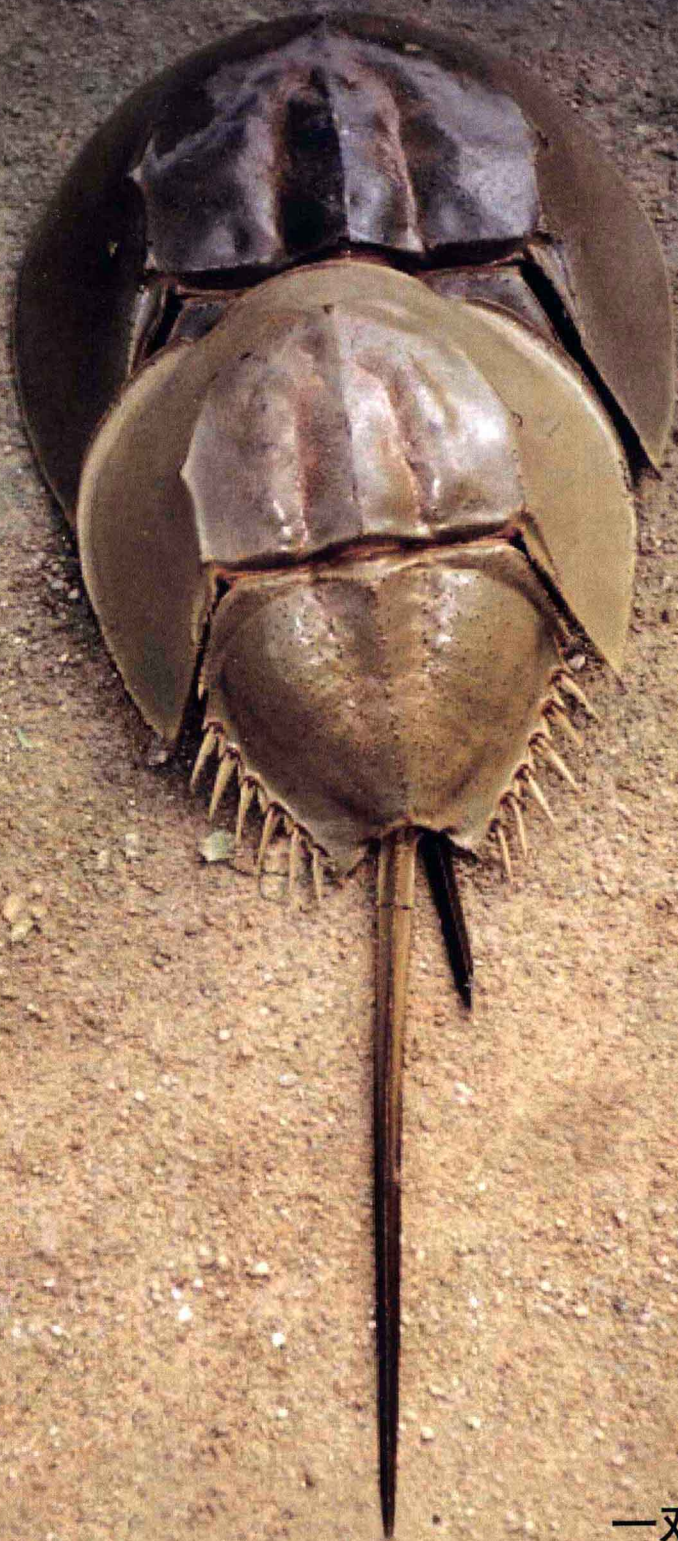
2011 年 3 月第 1 版 2011 年 3 月第 1 次印刷

开本:787×1092 1/16 印张:23 插页:3

字数:429 千字 印数:1~2000 册

定价:100.00 元

本书如有印装质量问题请直接寄承印厂调换



一对中国鲎
(上一雄，下一雌)

祝賀洪永根教授中國醫藥研究二書出版

鑒而不舍
殫出恆

張承錦敬題



作者简介

洪水根，男，汉族，福建厦门市人，教授。1967年厦门大学生物学系五年制本科毕业，1978年师从原厦门大学校长汪德耀教授，攻读细胞生物学研究生学位，1981年毕业，获理科硕士学位。1992—1993年以高级



作者在实验室工作

访问学者身份赴美国Utica College of Syracuse University从事教学与科学研究。历任厦门大学生物学系副主任、厦门大学细胞生物学研究室主任、中国细胞生物学学会常务理事、中国动物学会理事、福建省动物学会常务理事等职。

洪水根教授长期从事细胞生物学、海洋动物发育生物学及海洋天然活性物质的开发研究，尤其开展鲎 (horseshoe crab) 生物学研究愈30年。先后主持国家自然科学基金及省部级科学基金12项，发表论文50余篇，1998年荣获教育部科技进步奖三等奖(第一获奖者)。主编及参与编写教材、著作《膜分子生物学》、《普通细胞生物学》、《细胞生物学超微结构图谱》、《动物显微技术学》、《简明中国水产养殖百科全书》、《细胞生物学名词》等6部。其中《膜分子生物学》一书1996年荣获第十届中国图书奖，1998年获福建省科技进步奖三等奖(均为第一获奖者)，另外《普通细胞生物学》荣获1992年全国第二届普通高等学校优秀教材一等奖、福建教学成果奖二等奖。2000年获国务院政府特殊津贴。

《南强丛书》（第五辑）编委会

主任委员：朱崇实

副主任委员：孙世刚 李建发 张 颖

委员：(以姓氏笔画为序)

万惠霖	庄宗明	朱崇实	朱福惠	孙世刚
李建发	李清彪	张 颖	陈支平	陈振明
陈辉煌	陈福郎	洪华生	胡培兆	翁君奕
韩家淮	蒋东明			

总序

厦门大学由著名华侨领袖陈嘉庚先生于1921年创办，有着厚重的文化底蕴和光荣的传统，是中国近代教育史上第一所由华侨出资创办的高等学府。陈嘉庚先生所处的年代，是中国社会最贫穷、最落后、饱受外侮和欺凌的年代。陈嘉庚先生非常想改变这种状况，他明确提出：中国要变化，关键要提高国人素质。要提高国人素质，关键是要办好教育。基于教育救国的理念，陈嘉庚先生毅然个人倾资创办厦门大学，并明确提出要把厦大建成“南方之强”。陈嘉庚先生以此作为厦大的奋斗目标，蕴涵着他对厦门大学的殷切期望，代表着厦门大学师生的志向。

在厦门大学建校70周年之际，厦门大学出版社出版了首辑《南强丛书》，共15部学术专著，影响极佳，广受赞誉，为校庆70周年献上了一份厚礼。此后，逢五逢十校庆，《南强丛书》又相继出版数辑，使得《南强丛书》成为厦大的一个学术品牌。值此建校90周年之际，再遴选一批优秀之作出版，是全校师生员工的一个愿望。入选这批厦门大学《南强丛书》的著作多为本校优势学科、特色学科的前沿研究成果。作者中有资深教授，有全国重点学科的学术带头人，有新近在学界崭露头角的新秀，他们都在各自的学术领域中受到瞩目。这批学术著作的出版，为厦门大学90周年校庆增添了喜悦和光彩。

至此，本《丛书》已出版了五辑。可以说，每一辑都从一个侧面反映了厦大奋斗的足迹和努力的成果，丛书的每一部著作都是厦大发展与进步的一个见证，都是厦大人探索未知、追求真理、为民谋利、为国争光精神的一种体现。我想这样的一种精神一定会一辑又一辑地往下传。

大学出版社对大学的教学科研可以起到推动作用，可以促进它所在大学的整个学术水平的提升。在90年前，厦门大学就把“研究高深学术，养成专门人才，阐扬世界文化”作为自己的三大任务。厦门大学出版社作为厦门大学的有机组成部分，它的目标与大学的发展目标是相一致的。学校一直把出版社作为教学科研的一个重要的支撑条件，在努力提高它的水平和影响力的过程中，真正使出版社成为厦门大学的一个窗口。厦门大学《南强丛书》的出版汇聚了著作者及厦门大学出版社所有同仁的心血与汗水，为厦门大学的建设与发展作出了一份特有的贡献，我要借此机会表示我由衷的感谢。我期望厦门大学《南强丛书》不仅在国内学术界产生反响，更希望其影响被及海外，在世界各地都能看到它的身影。这是我，也是全校师生的共同心愿。

厦 门 大 学 校 长

《南强丛书》编委会主任

朱崇实

2011年2月26日

鲨是一种具有重要科学研究意义和经济价值的海洋动物，也是地球上动物界少数现存珍贵的“活化石”。我国是世界上少数拥有鲨资源的国家，世界上95%的中国鲨资源分布在我国，可以说，我国是中国鲨真正的故乡。我国的鲨研究一直得到国家有关部门的重视。

当今，由于经济迅速发展，海洋环境、沙滩受到污染，加上由于鲨的极大的经济价值，造成对鲨的乱捕滥杀，世界上鲨资源急剧衰竭，这已引起了世界各国政府的重视。我国鲨资源的衰竭更是触目惊心。在上世纪70—90年代，在我国广西北海海城，每年鲨的渔获量可达 $60 \times 10^4 \sim 70 \times 10^4$ 对，到近年已减少至 30×10^4 对。如果这样衰减的速度得不到遏制，再过数年，我国将成为无鲨的国家，中国鲨或许将只能是存在于教科书上的学名了。

本书作者自师从原厦门大学校长汪德耀教授从事鲨研究至今已逾30余载，深知鲨的重要性，感到有责任将多年来的研究工作总结整理成册，以为我国鲨研究人员提供一点借鉴，以便后来者进一步加深中国鲨的研究，使我国在世界鲨研究领域中占有举足轻重的一席之地。这是本书作者的初衷和愿望。

本书的内容除了作者自己实验室的科研工作外，也尽量反映我国其他从事鲨研究工作者的成果。书中未能列出文中所有引用文献的出处，有需要的读者可以从书中列出的文献中找到相关的出处。

本书从实验到成书历经30余载。经历这么长的时间，如果没有国家及许多部门、单位和个人持久、孜孜不倦的鼓励和支持，本书是难以成书的，在此向以下单位和个人致以最诚挚的谢意：

国家自然科学基金委员会

福建省自然科学基金委员会

厦门市科学技术局

厦门市海洋与渔业局

太极集团

恩师汪德耀教授

许华曦教授

张云武教授

曾定教授

刘建顺先生

廖水明先生

孙水火先生

薛文艺先生

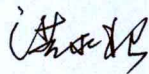
廖永岩博士

翁朝红博士

张弦博士

感谢所有为本书出版提供帮助的人，特别要感谢夫人林敏珍数十年如一日，默默奉献，支持我的教学和科研工作。

本书也是作为献给哺育我数十年的母校厦门大学九十华诞的一份薄礼。



E-mail: shghong@xmu.edu.cn

目录 CONTENTS

第一篇 鲎形态学及生态学

(MORPHOLOGY AND ECOLOGY OF HORSESHOE CRABS)

第一章 绪论 (INTRODUCTION)

/ 第一节 / 鲎的起源 (Origination of horseshoe crabs)	3
/ 第二节 / 鲎研究历史简述 (History of horseshoe crab research)	8
一、1956 年以前的研究 (Studies before 1956)	8
二、鲎试剂的研究及开发阶段 (Research and development stage of tachypleus amebocyte lysates)	9
三、鲎素发现之后 (After the discovery of tachyplesin)	9
/ 第三节 / 鲎的经济价值和科学意义 (Economic value and scientific significance of horseshoe crab research)	10
一、鲎是一种珍贵的海洋药用动物 (An valuable marine medicinal animal)	10
二、鲎是仿生学重要模型动物 (An important animal model in Bionics)	10
三、鲎是实用生态环境指标物种 (A useful indicator species of ecological environment)	11
四、鲎是重要科学研究的材料 (An important research material)	12
五、鲎全身是宝 (Valuable for whole body)	12
参考文献 (References)	14

第二章 鲎的外部形态 (EXTERNAL MORPHOLOGY)

/ 第一节 / 鲎的形态特点 (Morphological features)	16
/ 第二节 / 鲎外部形态划分 (Classification of external morphology)	17
一、头胸部 (Cephalothorax)	17

二、腹部 (Opisthosoma)	18
三、剑尾 (Telson)	19
/ 第三节 / 附肢 (Appendages)	20
一、头胸部的附肢——螯肢和步足 (Appendages of cephalothorax——chelicera and pereiopoda)	20
二、腹部的附肢——生殖盖板和鳃书 (Appendages of opisthosoma——operculum and gill book)	26
参考文献 (References)	27

第三章 鲎的内部构造 (INTERNAL STRUCTURE OF HORSESHOE CRABS)

/ 第一节 / 消化系统 (Digestive system)	28
一、消化道 (Digestive tract)	29
(一) 前肠 (Foregut)	29
(二) 中肠 (Midgut)	30
(三) 后肠 (Hindgut)	30
二、中肠腺 (Midgut gland)	30
(一) 中肠盲囊 (Midgut diverticulum)	31
(二) 黄色结缔组织 (Yellow connective tissue, YCT)	32
/ 第二节 / 排泄系统 (Excretory system)	39
/ 第三节 / 循环系统 (Circulatory system)	
——血淋巴系统 (Hemolymph system)	39
一、心脏 (Heart)	40
二、血管 (Vasculum)	40
三、血淋巴 (Hemolymph)	41
(一) 血浆 (Blood plasma)	41
(二) 血细胞 (Hemocyte)	41
/ 第四节 / 神经系统 (Nervous system)	42
一、中枢神经系统 (Central nervous system)	42
(一) 围食管神经节 (脑) (Circum-oesophageal ganglion or brain)	42
(二) 腹索 (Ventral cord)	44
二、交感神经系统 (Sympathetic system)	44
(一) 侧交感神经 (Lateral sympathetic nerve)	44

(二) 心交感神经 (Cardiac sympathetic nerve)	44
三、神经分泌系统 (Neurosecretory system)	44
/ 第五节 / 视觉系统 (Optical system)	45
一、单眼 (Single eye)	45
二、复眼 (Compound eye)	45
(一) 复眼的形态 (Morphology of compound eye)	45
(二) 复眼的超微结构 (Ultrastructure of compound eye)	45
/ 第六节 / 生殖系统 (Reproductive system)	52
一、雌性生殖系统 (Female reproductive system)	52
(一) 卵巢 (Ovary)	52
(二) 输卵管 (Oviduct)	53
二、雄性生殖系统 (Male reproductive system)	54
(一) 精巢 (Testis)	54
(二) 输精管 (Spermiduct)	54
参考文献 (References)	57

第四章 鲎的生态学 (ECOLOGY OF HORSESHOE CRABS)

/ 第一节 / 鲎的分类及分布 (Classification and distribution)	58
一、鲎的分类 (Classification)	58
(一) 美洲鲎 (<i>Limulus polyphemus</i>)	58
(二) 中国鲎 (<i>Tachypleus tridentatus</i>)	59
(三) 巨鲎 (<i>Tachypleus gigas</i>)	60
(四) 圆尾鲎 (<i>Carcinoscorpius rotundicauda</i>)	60
二、鲎的分布 (Distribution)	60
(一) 美洲鲎的分布 (Distribution of <i>Limulus polyphemus</i>)	60
(二) 中国鲎的分布 (Distribution of <i>Tachypleus tridentatus</i>)	60
(三) 巨鲎和圆尾鲎的分布 (Distribution of <i>Tachypleus gigas</i> and <i>Carcinoscorpius rotundicauda</i>)	63
三、关于亚洲海域鲎的种类、分布及名称的不同观点 (Different opinions on species, distributions and names of horseshoe crabs in Asian Sea areas)	64
(一) 有关对亚洲海域鲎种类和分布的报道 (Reports on species and distributions of horseshoe crabs in Asian Sea)	64

(二) 亚洲海域鲎的种类及分布 (Species and distribution of horseshoe crabs in Asian Sea)	65
/ 第二节 / 鲎的生活习性 (Living habits of horseshoe crabs)	75
一、鲎的生境及其行为 (Habitat and behavior)	75
二、鲎的繁殖习性 (Reproductive habits)	76
三、鲎的食性 (Feeding habits)	77
(一) 材料与方法 (Materials and methods)	77
(二) 结果与分析 (Results and analyses)	79
(三) 讨论 (Discussion)	81
/ 第三节 / 环境因素对鲎发育生长的影响 (Effects of environmental factors on development and growth)	82
一、盐度对中国鲎胚胎发育的影响 (Effects of salinity on embryonic development)	82
(一) 材料与方法 (Materials and methods)	82
(二) 结果与分析 (Results and analyses)	83
(三) 讨论 (Discussion)	86
二、中国鲎人工培育的幼体对不同环境适应 (Adaptation of artificial breeding larval to different environments)	87
(一) 材料与方法 (Materials and methods)	87
(二) 结果 (Results)	88
(三) 讨论 (Discussion)	91
三、季节对中国鲎的影响 (Impact of season)	91
(一) 材料来源 (Sources of materials)	92
(三) 讨论 (Discussion)	93
参考文献 (References)	94

第二篇 鲎发育生物学 (DEVELOPMENTAL BIOLOGY)

第五章 鲎生殖细胞及发生 (GERM CELLS AND THEIR GENESIS)

/ 第一节 / 生殖细胞 (Germ cells)	97
一、卵子 (Eggs)	97

(一) 卵子的形态 (Morphology of egg)	97
(二) 卵子的化学成分 (Chemical compounds)	98
二、精子 (Spermatozoa)	98
/ 第二节 / 生殖细胞发生 (Genesis of germ cells)	98
一、卵子发生 (Oogenesis)	98
(一) 卵子发生的一般过程 (General process of oogenesis)	98
(二) 储藏物质的形成 (Formation of storage material)	105
(三) 卵膜发生 (Genesis of egg envelope)	110
二、精子发生 (Spermatogenesis)	113
(一) 精子发生的一般过程 (General process of spermatogenesis)	113
(二) 精子形成过程 (Formation of spermatozoa)	119
参考文献 (References)	123

第六章 鲎胚胎发育 (EMBRYO DEVELOPMENT)

/ 第一节 / 鲎受精作用 (Fertilization)	125
/ 第二节 / 中国鲎胚胎发育 (Embryonic development)	128
一、中国鲎早期胚胎发育形态学变化 (Morphological changes of early embryonic development)	128
(一) 卵裂期 (Stage of cleavage)	128
(二) 囊胚期 (Blastula stage)	129
(三) 原肠胚期 (Gastrula stage)	129
(四) 胚锥的形成 (Formation of blastocone)	130
(五) 胚孔的形成 (Formation of blastopore)	130
(六) 胚盘形成期 (Appearance of germ disk)	131
(七) 胚带形成 (Formation of germ band)	131
(八) 胚脊的形成 (Formation of embryonic ridge)	131
(九) 细胞组织分化和三叶虫胚体形成期 (Formation for cell and tissue differentiation and trilobite embryoid)	132
(十) 卵壳脱落期 (Stage of chorion spalling)	132
(十一) 蜕皮 (Molt)	134
(十二) 附肢、器官形成期 (Formation of appendages and organs)	136
(十三) 孵化 (Hatching)	136

二、中国鲎畸形胚胎发育 (Embryo abnormality)	136
三、鲎的孤雌生殖 (Parthenogenesis)	138
/ 第三节 / 中国鲎的胚后发育 (Post-embryonic development)	140
参考文献 (References)	150

第三篇 鲎资源保护

(CONSERVATION OF HORSESHOE CRAB RESOURCES)

第七章 中国鲎的保护 (CONSERVATION OF *TACHYPLEUS TRIDENTATUS*)

/ 第一节 / 中国海域鲎资源现状及保护策略

(Current situation of horseshoe crab resources and protection strategies)

一、中国的鲎资源现状 (Status of horseshoe crab resources in China)

(一) 中国的鲎种类资源及分布 (Species and distribution of horseshoe crabs)

(二) 中国的鲎资源及其变化 (Resources and changes)

(三) 中国的鲎资源变动原因 (Reasons of resource change)

二、鲎资源的保护策略 (Strategies for protection)

(一) 进行鲎种类和资源量调查 (Investigation of species and resources)

(二) 合理捕捞 (Reasonable catching)

(三) 建立鲎持牌捕捞和收购制度

(Establishing licensing system for fishing and acquisitions)

(四) 利用高新技术生产鲎药物 (Production of medicine using high technology)

(五) 合理的鲎医用采血 (Reasonable bleeding for medical uses)

(六) 严禁鲎资源出口 (Prohibition of resource export)

(七) 进行鲎人工育苗及人工放流增殖

(Artificial breeding and releasing juvenile horseshoe crabs back to ocean)

(八) 加强鲎保护意识的宣传教育

(Strengthening education on horseshoe crab conservation awareness)

(九) 建立鲎特别保护区, 使鲎保护与社会经济和谐发展

(Establishing special conservation areas and promoting harmonious
development of conservation and social economy)

/ 第二节 / 鲎保护在福建 (Conservation of horseshoe crabs in Fujian Province)