

四川 大学

博 士 学 位 论 文

题 目 绿海龟 (*Chelonia mydas*) 卵孵化因子、稚龟性别
及 T3、T4 与幼龟生长发育关系等方面的研究

作 者 夏中荣 完成日期 2008 年 4 月 10 日

培 养 单 位 生命科学学院

指 导 教 师 赵尔宓 教授 李丕鹏 教授

专 业 动物学

研 究 方 向 濒危动物保育

授 予 学 位 日 期 年 月 日

绿海龟卵孵化因子、稚龟性别及 T3、T4 与幼龟生长发育关系等方面的研究

夏中荣

博士学位论文

四川大学

2008.4

**Studies on Hatching Factors, Hatchling
Sex, and the Relationship between T3, T4
and Growth of Juvenile Green Turtle
(*Chelonia mydas*)**

**BY
XIA Zhongrong**

A DISSERTATION

Submitted to

Sichuan University

In Partial Fulfillment of the Requirements

For the Degree of Philosophy Doctor

Chengdu, China

2008.4

目 录

| | |
|--------------------------------------|----|
| 缩略词表..... | 1 |
| 中文摘要..... | 3 |
| 英文摘要..... | 6 |
| 第一章 文献综述..... | 9 |
| 1 海龟生物学知识..... | 9 |
| 2 全球海龟资源和保护概况..... | 16 |
| 3 中国海龟资源调查、保护及研究情况..... | 23 |
| 4 两爬动物的甲状腺研究现状..... | 43 |
| 5 海龟孵化和性别研究进展..... | 48 |
| 第二章 影响海龟卵孵化的生态因子探索..... | 53 |
| 1 引言..... | 53 |
| 2 材料和方法..... | 54 |
| 3 结果..... | 55 |
| 3.1 表面粘有卵内容物对海龟卵孵化率的影响..... | 55 |
| 3.2 新生卵表面粘液与海龟卵孵化率高低的的关系..... | 56 |
| 3.3 不同沙子深度对海龟卵孵化率的影响..... | 57 |
| 3.4 卵窝上方植被的有无对海龟卵孵化率的影响..... | 59 |
| 3.5 窝卵多少与孵化率关系..... | 59 |
| 4 讨论及结论..... | 61 |
| 4.1 卵表面粘有卵内容物（卵黄和卵白）大大降低海龟卵的孵化率..... | 61 |
| 4.2 新生卵表面粘液可能对海龟卵的孵化有不利的影响..... | 61 |
| 4.3 移植时应选择适当的深度..... | 62 |
| 4.4 植物带可能并非移植的适宜地点..... | 63 |
| 4.5 窝卵多少与孵化率关系..... | 63 |
| 4.6 小结..... | 64 |
| 第三章 绿海龟稚龟性别鉴定技术及关键温度研究..... | 65 |
| 1 引言..... | 65 |
| 2 时间、地点、材料和方法..... | 67 |

| | |
|-------------------------------------|----|
| 3 结果与分析..... | 69 |
| 3.1 稚绿海龟性别形态学鉴定结果..... | 69 |
| 3.2 羊水和血清中 E2、T 含量及其比值结果..... | 71 |
| 3.3 不同孵化温度对海龟性别的影响..... | 74 |
| 4 讨论..... | 75 |
| 4.1 关于幼绿海龟性别形态学鉴定方法..... | 75 |
| 4.2 关于性激素鉴定方法..... | 76 |
| 4.3 关于海龟性别决定的关键温度 (PT) | 77 |
| 4.4 性别鉴定方法的选择..... | 77 |
| 第四章 绿海龟甲状腺结构及 T3、T4 与幼龟生长发育的关系..... | 79 |
| 1 引言..... | 79 |
| 2 材料和方法..... | 80 |
| 2.1 人工暂养殖情况..... | 80 |
| 2.2 形态测量..... | 80 |
| 2.3 甲状腺显微结构观察..... | 80 |
| 2.4 甲状腺超微结构观察..... | 81 |
| 2.5 甲状腺激素测定试验..... | 81 |
| 3 结果..... | 81 |
| 3.1 绿海龟生长情况..... | 81 |
| 3.2 海龟甲状腺的一般结构..... | 83 |
| 3.3 绿海龟甲状腺的结构变化..... | 83 |
| 3.4 甲状腺激素水平的年周变化..... | 85 |
| 4 讨论及结论..... | 86 |
| 4.1 绿海龟生长速度与环境温度的关系..... | 86 |
| 4.2 生长速度与血清 T3、T4 浓度的关系..... | 86 |
| 4.3 环境温度与绿海龟血清中甲状腺激素浓度的关系..... | 86 |
| 4.4 绿海龟血清中 T3、T4 浓度的关系..... | 87 |
| 4.5 海龟甲状腺结构及其变化规律..... | 88 |
| 第五章 海龟的解剖和标志方法研究..... | 89 |
| 1 海龟的解剖..... | 89 |
| 1.1 材料和方法..... | 89 |

| | |
|---|-----|
| 1.2 绿海龟 <i>Chelonia mydas</i> 部分系统解剖..... | 90 |
| 1.3 棱皮龟 <i>Dermochelys coriacea</i> 大体解剖..... | 97 |
| 2 中国海龟标志工具和方法..... | 102 |
| 总结..... | 108 |
| 参考文献..... | 110 |
| 在读期间个人科研情况..... | 123 |
| 惠东港口海龟国家级自然保护区简介..... | 126 |
| 附图表页..... | 132 |
| 致谢..... | 137 |
| 声明 | |

文中专用术语缩略词解释表

| 缩 写 | 英文全称 | 中文全称 |
|----------------|--|----------------|
| CE | Critically Endangered | 极危 |
| CIS | Chemiluminescent Immunoassay System | 化学发光免疫系统 |
| CITES | Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora | 国际濒危动植物种贸易保护公约 |
| CSTB | China Sea Turtle Bay | 中国海龟湾 |
| E | Endangered | 濒危 |
| E ₂ | Estradiol-17 β | 雌二醇, 强力求偶素 |
| GH | Growth hormone | 生长激素 |
| IT | Inconel alloy tags | 铬镍铁合金牌 |
| IUCN | The International Union for the Conservation of Nature and Natural Resources | 世界自然和自然资源保护联盟 |
| MTSG | Marine Turtle Specialist Group | 海龟专家小组 |
| MT | Monel tags | 蒙乃尔铜-镍合金牌 |
| NGSTR | The National Gangkou Sea Turtle Reserve | 惠东港口海龟国家级自然保护区 |
| PITs | Passive integrated transponders | 无源集成转发器 |
| PT | Pivotal Temperatures | 关键温度 |
| RDB | China Red Data Book of Endangered Animals | 中国濒危动物红皮书 |
| TEDs | Turtle Escape Devices | 海龟逃生装置 |
| TSD | Temperature-dependent sex determination | 温度依赖型性别决定 |
| TSP | Thermosensitive period | 温度敏感期或热敏期 |
| TT | Titanium tags | 钛合金标志牌 |
| T | Testosterone | 睾(甾)酮, 睾丸素 |
| T3 | Triiodothyronine | 三碘甲腺原氨酸 |
| T4 | Tetraiodothyronine | 四碘甲腺原氨酸 |
| TSH | Thyroid-stimulating hormone | 促甲状腺激素 |
| TRH | Thyrotropin-releasing hormone | 促甲状腺激素释放激素 |
| TRT | The transitional range of temperatures | 温度过渡区间 |

绿海龟 *Chelonia mydas* 外部形态常用量度

头颈长 (length of head and neck = LHN): 头颈自然伸直时、从背甲颈盾前缘中央至吻端的长度。

头部长 (head length = HL): 从枕骨后缘至吻端的长度。

头部宽 (head width = HW): 颞部最宽处。

背甲直线长 (straight carapace length = SCL): 颈盾凹陷中点至臀盾后缘顶点之间的直线长度。

背甲直线宽 (straight carapace width = SCW): 两侧缘盾间的最大直线宽度 (通常在第六对缘盾外侧)。

背甲曲线长 (curved carapace length = CCL): 颈盾凹陷中点至臀盾后缘顶点之间的曲线长度。

背甲曲线宽 (curved carapace width = CCW): 两侧缘盾间的最大曲线宽度 (通常在第六对缘盾外侧)。

腹甲长 (plastron length = PL): 沿腹甲中线前后两点之间的长度。

腹甲宽 (plastron width = PW): 腹甲下缘盾外侧之间最宽处。

体高 (body height = BH): 第一椎盾顶点至腹甲的垂直高度。

肘关节-指端 (elbow joint-finger end = EF): 肘部关节至前肢末端。

膝关节-趾端 (knee joint-toe end = KT): 膝关节 (大鳞) 至后肢末端。

尾长 (tail length = TL): 泄殖孔中心位置至尾尖末端的长度。

泄殖孔至腹甲末端长 (anal-plastron end = AP): 泄殖孔中心位置至腹甲末端 (肛盾) 中点的长度。

绿海龟 (*Chelonia mydas*) 卵孵化因子、稚龟性别及 T3、T4 与幼龟生长发育关系等方面的研究

动物学专业

博士研究生：夏中荣

指导老师：赵尔宓 教授 李丕鹏 教授

摘 要

我国曾经拥有丰富的海龟资源，由于种种原因，特别是人为的捕杀，海龟资源遭受严重破坏，数量急剧下降。二十世纪八十年代末，我国将所有 5 种海龟列为国家二级重点保护动物加以保护。现除台湾的澎湖和兰屿以及南海的东沙、西沙、南沙等一些无人居住的岛屿尚有一些海龟产卵繁殖，大陆南部沿海个别荒芜的沙滩偶有海龟上岸外，目前已知仅有广东省惠东县港口的海龟湾尚有成批海龟上岸产卵。从 1985 年开始，我国逐渐重视并加强对海龟的保护和研究工作，在海龟湾建立了中国至今唯一的海龟国家级自然保护区。

生物界很难找到像海龟这样价值如此之大、受关注度如此之高的动物了。本论文第一章综述了我国和世界各地海龟资源现状、致危因素、保护措施、孵化生态、性别决定模式及两栖爬行动物甲状腺研究进展等，还简要介绍了海龟重要的经济、科研、观赏、文化和生态价值。

中国海产龟 2 科 5 属 5 种，以南海的绿海龟 (*Chelonia mydas*) 数量为最多。关于海龟研究，以往中国的学者偏重于海龟资源调查方面，有关海龟的生理生态研究、增殖养殖、病害防治以及如何种群复壮的基础上开展资源综合利用等方面工作都还没有深入开展，有的方面甚至还无人涉足。在整个中国境内，研究海龟的专业人员相当匮乏。程一骏 (1997) 认为我国的 5 种海龟种群量已达濒临绝种的程度，但相关的知识了解极少，报道与研究亦十分有限，因此，我国的海龟资源保护和研究工作仍然面临着严峻的形势。

本论文的大部分实验主要是在中国惠东港口海龟国家级自然保护区

(<http://www.seaturtle.cn/>)完成的。

其中第二章研究了绿海龟卵的移植孵化时最佳生态因子的选择, 孵化率可达 85% 以上。2006~2007 的两年间, 采用人工移植法进行五组绿海龟 (*Chelonia mydas*) 卵孵化试验。结果表明: 进行移植时, 卵窝的深度应在 70 cm 左右; 并且, 海龟湾沙滩植物生长区不是移植的适宜地点; 经过用 1% 碘酒消毒处理, 清除卵表面的粘液或污染物 (破卵流出的卵黄和卵白等) 后, 海龟卵受霉菌感染、被地下蠕虫侵害的概率大大下降, 孵化率明显升高; 我们还发现当每个卵窝大于 50 枚卵时出现明显的数量效应, 这时窝卵数越多, 孵化率越低。我们的结果不仅仅适用于惠东海龟湾一个地点, 对世界上其它海龟产卵地, 特别是需要人工移植的地方, 也可能有广泛的适用性, 这对于濒危物种的保育将起到积极作用。

本论文第三章对绿海龟 (*Chelonia mydas*) 稚龟的性别鉴定技术和关键温度进行了研究, 提出了方便经济、实用可靠的无损伤鉴定稚龟性别的方法; 利用人工恒温孵化的技术, 可以做到人为控制稚龟的性别比例, 有利于濒危物种种群的扩大和保护工作。我们通过形态学鉴定、测定羊水和血液中性激素等多种手段, 确立了鉴定惠东港口绿海龟稚龟性别的一般方法标准。海龟性腺切片分皮层和髓质两部分: 卵巢中皮层较厚、基质中有大小不一的未成熟卵细胞及髓质中空腔较少; 睾丸的皮层较薄、髓质中空腔较多、呈现出显著的被基质包围的髓质索。当 $E_2:T < 1.5$ 时, 孵出的稚龟为雄性 (σ); 当 $E_2:T > 1.5$ 时, 稚龟为雌性 (ρ), 并确定绿海龟性别决定的临界温度在 29.4°C — 29.5°C 之间, 此时产生约 1:1 的性比。最后还讨论了各种鉴定性别的方法, 认为化验羊水和血清中性激素、测定性别热敏期 (TSP) 温度、或通过孵化期的长短来估算雌雄的比例以及长期电子身份证标志等技术, 都属无损伤鉴定海龟性别的方法。

本论文第四章探讨了绿海龟幼龟甲状腺激素 (T3、T4) 与生长发育的关系, 发现了甲状腺激素与幼龟生长之间的年周变化规律, 为建立有效的人工饲养标准和加速幼龟的生长发育提供了基础资料。我们观察了海龟甲状腺显微和超微结构特点, 不仅说明绿海龟甲状腺具有和其他爬行动物相似的组织结构, 而且绿海龟幼体甲状腺的组织结构和细胞超微形态特点也表现出明显的年周变化特点。通过化学发光法测定了人工养殖的 8~20 月龄绿海龟血清甲状腺激素的含量, 结果表明: 绿海龟血清 T3 浓度最高峰出现在 7 月份, 而生长速度最快的月份却是 9 月份, 滞后 2 个月; 血清 T4 最高值出现在 10 月份; 全年环境温度

(气温、水温)与绿海龟血清中 T3、T4 浓度变化皆成近似平行的单峰曲线。
结论：绿海龟全年生长速度、甲状腺细胞形态结构和甲状腺激素分泌水平皆具有一定的季节节律性。

本论文第五章对海龟的形态结构进行了观察和解剖。海龟解剖是进一步研究其生理、病理知识的前提和基础，可为疾病诊断及治疗提供直接证据和指明方向，有利于促进濒危物种的繁育和生态保护，因此，我们必须重视并积极开展海龟解剖的研究工作。

我们对 190 只死亡绿海龟进行常规解剖，观察了外形和部分系统内部结构，其独特之处是：在背甲和体腔膜之间分布有许多灰绿色的脂肪；还解剖 1 只棱皮龟：食管内壁有许多锥状突起，可能起过滤、辅助杀死猎物的作用；卵巢形似鸡冠花花序，大约有 4~6 万个未成熟卵细胞，推测为一少年龟。

最后，针对中国海龟标志的方法学问题，我们研究和比较了每种标志材料的特性和使用方法，并分析了各自的优、缺点。稚龟可用喷漆短期标志，利用卫星追踪仪器可在中、短期内获得较多的关于成年雌龟的信息，铬镍铁合金牌 (Inconel alloy tags) 与 PIT 芯片标志相结合的方法可取长补短，经济实用，也是一种行之有效的标志方法。

关键词：海龟；资源保护；移植；孵化率；关键温度；性别决定；性激素；甲状腺激素；年周变化；解剖；PIT芯片；卫星追踪

Studies on Hatching Factors, Hatchling Sex, and the Relationship between T3, T4 and Growth of Juvenile Green Turtle (*Chelonia mydas*)

Major: Zoology

Ph.D. Candidate: **XIA Zhong-rong** Supervisors: **ZHAO Er-mi and LI Pi-peng**

Abstract: Only 7 species of sea turtles exist in the world, which belong to two families and six genera, and all of them have being considered as international endangered species. The international communities and governments have attached great importance to sea turtle's protection and research work, by setting up special natural reversers and the Marine Turtle Specialist Group (MTSG), developing a number of international conventions, regularly publishing "Marine Turtle Newsletter" (MTN), establishing some international organizations with widely influence, and holding some international conferences about sea turtles protection, which set off a rush to rescue sea turtles sweeping over the globe.

In the first part of this thesis summarized the resources of sea turtles, hazards to marine turtles, and protection measures and research achievements on sea turtles. In recent years, total resources of marine turtles in China and in the world showed a downward trend. The main threats against sea turtles are as follows: fisheries impacts, direct take, coastal economic development, environmental pollution and marine turtle diseases, even global warming, etc.

The most of experiments were finished in the National Gangkou Sea Turtle Reserve (NGSTR, N 22 °33 ', E 114 °54 ', <http://www.seaturtle.cn/>).

In 2006 and 2007, we conducted five experiments about the effects of various factors on hatch rate of green turtle (*Chelonia mydas*) eggs. Results of these

experiments indicated that removing contaminants on the egg surface including mucus, yolk and albumen from broken eggs, by gently washing in 1 ‰ iodine solution, greatly reduced the rates of fungal infections and damage by worms in sands, and significantly improved hatch rate. Generally, depth of replanted nests should be about 70 cm beneath the beach surface; however, the site of vegetation zone in National Gangkou Sea Turtle Reserve (NGSTR) of China is not appropriate for transplanting sea turtle eggs, and clutch size which above 50 eggs had significant effect of quantities reducing hatch rate. At last, some other methods to improve hatch rate were also discussed. Our findings can be used as references for other turtle-related conservation who engages in the same work.

Chapter three is about several sex identification methods and pivotal temperature (PT) of green turtles. Total 161 hatchlings from 200 sea turtle eggs were obtained under different incubation temperature. The sex of hatchlings was determined by standard histological technique. The testis shows a thin cortex and conspicuous medullary cords surrounded by stromal tissue, while the ovary shows a thick cortex and remnants of medullary cords.

Blood Samples were extracted to detect the sex of immature turtles by plasma steroid hormone assay. When $E_2: T < 1.5$, the hatchling was male (♂), whereas $E_2: T > 1.5$, the female juvenile turtles (♀). Pivotal temperature of green sea turtle was between 29.4°C and 29.5°C in China Sea Turtle Bay (CSTB), where the sex ratio was about 1:1.

This study utilized Chemiluminescent Immunoassay System (CIS) to determine the sex hormone profiles (estrogen and testosterone) in the allantoic fluid and plasma of green sea turtle hatchlings. By determining the estrogen profiles of hatchlings, the method of blood sample may provide an accurate technique, and the ways of measuring thermosensitive period (TSP) or through incubation period to estimate the proportion of male and female are also non-invasive techniques to detect hatchling sex, which can be performed relatively easily and inexpensively.

Thyroid structure and thyroxine levels appear cyclical changes through a year in many vertebrate animals. In chapter four, we had observed the sea turtles thyroid microstructure and ultrastructure. The results showed that not only green turtles'

thyroid has the similar structure as other reptiles, but the features of thyroid cell microstructure or ultrastructure also show significant annual change in juvenile green turtles. With the chemiluminescence method for determining serum T3, T4 levels of 8 to 20-month-old artificial breeding green turtle, the results showed that serum T3 concentration peak of green turtle appeared in July, and sea turtles' fastest growth period was September, which lagged two months later than T3 concentration peak. Serum T4 highest level appeared in October; Both ambient temperature (air and water temperature) and the annual change of T3, T4 concentration in green turtles serum are curves with a single peak, moreover they are approximately parallel. Our conclusion is: the monthly growth rate of green turtles, cellular morphology of thyroid, and the concentration level of thyroid hormone show a certain annual change.

Chapter five is about sea turtles anatomy and tagged methods.

We had anatomized 190 dead green turtles (*Chelonia mydas*) and a juvenile Leatherback Turtle (*Dermochelys coriacea*), and observed their morphologic characteristic and several internal systems structure. The latter's heart is located within chest just on midline; the inner surface of esophagus is lined with sharp and keratinized papillae that assist in swallowing food; the cockscomb-liked ovary hold 40~60 thousand immaturity egg cells. Our purpose is to accumulate basic knowledge of sea turtles and further study their physiological and pathological aspects.

We studied the methods of tagging sea turtles, described each kind of tag material characteristic and usage, and analyzed each method's merits or shortcomings. The way of spray-paint signing hatchling is a short-term tagging method, but the method of satellite telemetry can obtain more information of adult female sea turtles within six months or a year, and Inconel tags and PIT on one sea turtle at the same time are also effective tagging methods.

Key words: Sea turtle; Resources protection; Hatch rate; PT; Sex determination; E₂; T; T₃; T₄; Annual change; Anatomy; PIT; Satellite telemetry

第一章 文献综述

摘要: 世界上现存海龟计有 2 科 6 属 7 种, 都属于国际濒危物种。中国海产龟 2 科 5 属 5 种, 全部为国家二级重点保护动物。本章分为五个部分, 第一部分概述了海龟起源、分类、生活史、洄游、繁殖和性别决定等生物学知识; 第二部分介绍全球海龟资源现状、致危因素、国际上海龟保护的重视程度、保护措施及成果, 最后还简要介绍了海龟重要的经济、科研、观赏、文化和生态价值, 并呼吁全人类共同保护海龟; 第三部分从九个方面综述了我国海龟资源调查、保护及研究情况, 中国四大海域大多有 5 种海龟的活动记录, 以南海的绿海龟 (*Chelonia mydas*) 资源最为丰富, 但由于过去对海龟资源的疯狂掠夺和破坏, 在中国水域产卵的海龟群体可能不是很大, 然而有关海龟的资源调查、科学研究、增殖养殖、病害防治以及如何种群复壮的基础上开展资源综合利用等方面的工作都还没有深入开展, 因此, 我国的海龟资源保护和研究工作仍然面临着严峻的挑战; 第四部分主要综述了两爬动物的甲状腺及其分泌的激素的研究现状; 第五部分简要介绍影响海龟孵化的生态因子、关键温度和性别鉴定方法的国内外研究进展及趋势。

关键词: 海龟; 濒危; 海洋渔业; 资源保护; 甲状腺; T3; T4 ; 孵化率; PT; 性别决定

1 海龟生物学知识

1.1 起源

龟类是一支古老、特化的爬行动物, 被誉为“活化石”。二十世纪八十年代初, 在泰国北部发现了一种龟类的化石, 据考证是距今约 2 亿多年前中生代晚三叠纪的原颚龟 (*Progaochelys quenstedti*) (叶祥奎, 1997)。原颚龟是现生龟鳖类的共同祖先, 它除了头部尚不能缩回壳中等原始特征外, 与现代的龟类没有太大的区别, 它的牙齿已经消失, 两颚也形成角质喙, 躯体有了由背、腹甲组

成的龟壳保护。原颚龟后来又分化出了侧颈龟亚目和曲颈龟亚目(Cryptodira)(周婷和赵尔宓, 2004), 完全适于水生的海龟类出现于白垩纪, 一些最知名的古海龟类体长可达 4 m, 所有海龟都属于曲颈龟亚目(张孟闻等, 1998)。

1.2 分类地位

海龟是所有海产龟类的总称。在动物界中, 海龟隶属于脊索动物门(Chordata)、脊椎动物亚门(Vertebrata)、爬行纲(Reptilia)、龟鳖目(Testudinata), 下面以绿海龟(*Chelonia mydas* (Linnaeus, 1758))为例, 介绍其在动物分类系统中的地位。

| | |
|----|-------------------------------|
| 界 | 动物界(Animal) |
| 门 | 脊索动物门 (Chordata) |
| 亚门 | 脊椎动物亚门 (Vertebrata) |
| 纲 | 爬行纲 (Reptilia) |
| 亚纲 | 龟鳖亚纲 (Chelonia) |
| 目 | 龟鳖目 (Testudinata) |
| 亚目 | 曲颈龟亚目 (Cryptodira) |
| 科 | 海龟科 (Cheloniidae) |
| 属 | 海龟属 (<i>Chelonia</i>) |
| 种 | 绿海龟 (<i>Chelonia mydas</i>) |

1.3 海龟种类

海龟是整个龟鳖动物的一个重要组成部分, 全世界现存仅有2科6属7种。

一、海龟科 Cheloniidae Opper, 1811. 本科 5 属 6 种

I. 海龟属 *Chelonia* Brongniart, 1800. 本属 1 种

1. *Chelonia mydas* (Linnaeus, 1758); Green Turtle 绿海龟

II. 蠍龟属 *Caretta* Rafinesque, 1814. 本属 1 种

2. *Caretta caretta* (Linnaeus, 1758); Loggerhead Turtle 蠍龟

III. 丽龟属 *Lepidochelys* Fitzinger, 1843. 本属 2 种

3. *Lepidochelys olivacea* (Eschscholtz, 1829); Olive Ridley Turtle 太平洋丽龟

4. *Lepidochelys kempii* (Garman, 1880); Kemp's ridley turtle 肯普氏丽龟, 或大西洋丽龟

- IV. 玳瑁属 *Eretmochelys* Fitzinger, 1843. 本属 1 种 2 个亚种
5. *Eretmochelys imbricata imbricata* (Linnaeus, 1766); Hawksbill Turtle 大西洋玳瑁
- 5'. *Eretmochelys imbricata bissa* (Rüppell, 1835); Pacific Hawksbill Sea Turtle 太平洋玳瑁
- V. 平背海龟属 *Natator* 本属 1 种
6. *Natator depressus* (Garman, 1880); Flatback turtle 平背海龟
- 二、棱皮龟科 Dermochelyidae Fitzinger, 1843. 本科仅 1 属
- VI. 棱皮龟属 *Dermochelys* Blainville, 1816. 本属仅 1 种
7. *Dermochelys coriacea* (Vandelli, 1761); Leatherback Turtle 棱皮龟

另外，有的学者认为存在第8种海龟，即太平洋绿海龟（*Chelonia mydas agassizii*; Pacific green turtle）（黄祝坚和毛延年，1984）或称东大西洋的黑海龟（*Chelonia agassizii*; Black turtle）（黄祝坚，1987；翟红和黄祝坚，1995）。目前黑海龟是否算一个有效种，尚存争论。

1.4 生物学形态特征

绿海龟 *Chelonia mydas*

绿海龟 *Chelonia mydas*，俗名石龟、菜龟，体型较大，体重可达 200kg 以上。身体背面多呈橄榄绿或棕色，腹面白色或淡黄色。因为在背甲和体腔膜之间分布有许多灰绿色的脂肪，故名绿海龟。

头部背面前额鳞 1 对，眶后鳞 3-4 对，口腔内无牙齿。躯干表面由背、腹甲构成，背、腹甲皆由表面的角质盾片和深处的骨质板组成；背甲盾片分颈盾、椎盾、肋盾、缘盾和臀盾。腹甲盾片分为间喉盾、喉盾、肱盾、胸盾、腹盾、股盾、肛盾等。

绿海龟是全球数量最多、最常见的一种海龟，主要分布在南纬 30°至北纬 40°之间的热带和亚热带海域内，中国沿海都有分布。2004 年，全球海龟专家组对绿海龟的分布曾经作了评估，32 个主要分布点见附图 1，每一个点的具体中英文名称见附表 1。

成龟主食为大型海草、海藻及水母，一个产卵季产卵可达 500 枚。野外稚龟要生长 20~50 年才会性成熟。

蠍龟 *Caretta caretta*

俗名红海龟、灵龟、赤蠍龟，体形为长椭圆形，成体重达 100 公斤以上，背甲长 74-102 厘米、棕色，有深绛色斑点条纹。头部具有对称的大鳞片，上、下颌呈钩状，颌缘无锯齿。颈盾与第一枚肋盾相连，四肢呈浆状，具有大小不一的鳞片，指趾各具 2 爪。在我国分布于南海、东海及黄海海域，主要分布于热带及亚热带海域，偶见于东部及中部太平洋，除产卵繁殖外，很少上岸活动。稚龟要生长 12-30 年方能性成熟。

玳瑁 *Eretmochelys imbricate*

玳瑁成体长 75-85cm，体重可达 50kg。上颌钩曲呈鹰嘴状，头顶前额鳞 2 对。背甲棕色或棕黑色，盾片 13 块，呈覆瓦状排列，因此别名“十三鳞”、“文甲”，颈盾与第一枚肋盾不相连，缘盾呈锯齿状。栖息于暖性海洋的珊瑚区，在我国南海、东海起，北至山东沿海均有分布；国外分布于太平洋、印度洋、大西洋等热带海域。以肉食性为主。稚龟至少要 20 至 30 年才会性成熟。

太平洋丽龟 *Lepidochelys olivacea*

又名丽龟、榄蠍龟，是体型最小的海龟，成龟体长 62-72cm，体重 50kg 左右，背甲橄榄色，椎盾 6-8 块，肋盾 5-9 对，第一肋盾与颈盾相连。头顶部有对称的大鳞片，前额鳞 2 对。4 枚下缘盾上有小孔。丽龟栖息于热带海洋，我国主要分布在黄海南部到南海海域，国外见于太平洋、印度洋、西非及南美之间的大西洋。杂食，喜食鱼、水母等软体动物及甲壳类。白天可见雌龟成群上岸产卵，每次产卵 30-168 枚。稚龟要生长 12~30 年方能性成熟。

棱皮龟 *Dermochelys coriacea*

别名革龟、燕子龟、舢板龟，分布于中国四大海域。国外分布于太平洋、大西洋和印度洋的热带到温带海域。它是海龟中最大的种类，长可达 2 米、宽 1 米，重 1 吨。头、四肢及身体均覆以革质皮肤，背暗棕色或黑色，有 7 行纵棱，间以黄色或白色斑点。腹部灰白色。生活在深海，产卵期随纬度不同而变化，每次产卵 90-150 枚。主要以水母为食。小龟要到 30 岁才能性成熟。

肯普氏丽龟 *Lepidochelys kempii*

又名大西洋丽龟。上颌平出，下颌略向上钩曲，颚缘有锯齿状缺刻。前额鳞 1 对。背甲呈心形。盾片镶嵌排列。椎盾 5 片；肋盾每侧 4 片；缘盾每侧 11 片。四肢桨状。前肢长于后肢，内侧各具 1 爪。雄性尾长，达体长的二分之一。前肢的爪大而弯曲呈钩状。背甲橄榄色或棕褐色，杂以浅色斑纹；腹甲黄色。生活于近海上层。以鱼类、头足纲动物、甲壳动物以及海藻等为食。广泛分布于大西洋的两侧，主要在墨西哥产卵，每年产卵多次，每产 91~157 枚，卵白色圆形，直径 41~43 毫米，壳革质、柔软，孵化期 50~70d。稚龟需经历 11-35 年的成长期达到性成熟。

平背海龟 *Natator depressus*

背甲扁平呈圆形，颜色为灰橄榄色，边缘呈棕黄色，缘盾具有一层薄薄的蜡质。盾片和甲桥乳白色、无斑点。

分布和栖息于澳大利亚和新几内亚（New Guinea）沿海。繁殖地位于澳大利亚的北面和东面沿海沙滩。白天产卵，每窝平均 50 卵，卵较大。大约 6 周孵出，稚龟晚上出壳。平背龟偏肉食性，主要以软珊瑚、海笔、水母等软体动物为食。成年平背海龟背甲可长到 100 cm，重达 80 kg。

平背龟被认为是澳大利亚特有的海龟。其幼龟不会游到大洋中去，而是留在沿海水域中。这就是为什么只有澳大利亚附近才有这种海龟的原因。已被 CITES 列为附录 I（Ferri, 2002）。

1.5 海龟生活史

我们以绿海龟为例来说明海龟漫长的生活史（图 1-1）。

雌龟在沙滩产卵，卵经过大约 50、60 d 后孵出。稚龟（hatchling）出壳后通常要呆在卵窝中 1~2 d，等待时机，集体行动，这要视当时的气温、湿度、光线等是否合适，或者周围是否存在危险的天敌而定。大批的稚龟一般在夜晚或凌晨奋力爬出卵窝，然后不顾一切地快速向大海方向爬去，稚龟很可能是通过大海与背景陆地光线反射的不同来定向的。

奔入大海的稚龟会逆着海浪的方向一刻不停地划动四肢，因为它明白海浪来自大洋中心，只有那里才比较安全，而沿岸海域危机四伏、天敌众多。远离海岸的稚龟会顺着洋流漂荡，在漂浮的海藻或海草床下自由生活（程一骏，

2006)。

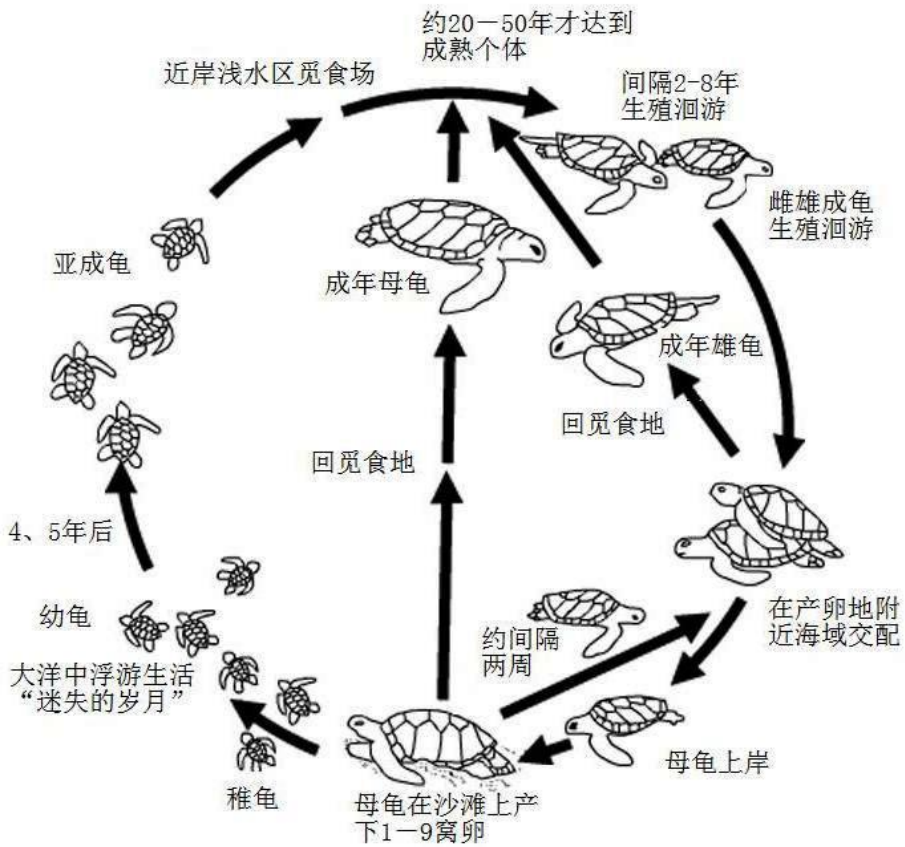


图 1-1 海龟生活史图解[部分参照程一骏 (2006)]

通常将不满 1 年的小龟称为稚龟 (hatchling), 1 年后的幼龟(juvenile)还要在大洋中过 4、5 年的鲜为人知的漂浮生活, 幼龟这段时期就是海龟专家所说的“迷失的岁月”(程一骏, 2008)。

幼龟一直过着随波逐流的生活, 以浮游生物为食, 随着岁月流逝, 身体增大, 并逐渐向近岸浅水区迁徙, 寻找食物丰富的取食场, 在那里继续发育, 20 多岁以后成为亚成体 (subadult), 之后生长减缓, 两性的尾逐渐分化, 性器官开始趋向成熟 (Chaloupka and Limpus, 2005)。通常要到 30 多岁以上 (IUCN, 2004), 生殖器官才能完全成熟, 能够交配、繁殖子代, 这时就叫成年(adult) 海龟了。

1.6 洄游习性

海龟是从中生代生存到现在的爬行类动物，曾经历了从海上登陆，又从陆地返回海洋的演变历程（张孟闻等，1998；PE, 2004），并且具有洄游习性，即在食物丰富的海域觅食生长，成年后返回僻静的沙滩（出生地）产卵繁殖。海龟的肺、甲壳及鳍状的四肢，都适应作远距离的洄游。海龟的洄游主要分为觅食洄游和生殖洄游（图 1-1），但不同种类的海龟及同一种类中不同群体的洄游习性也有差别。科学家们发现，海龟对出生地高度忠诚，每到繁殖季节，海龟会从栖息地千里迢迢地洄游到出生地产卵繁殖（程一骏，1995b）。但雄性海龟一经下海，便终生生活在海洋里，不再上岸。

1.7 繁殖习性

随着纬度、水温等因素的不同，世界各地海龟的繁殖时间亦不尽相同。到了繁殖季节，在白天风平浪静的时候，上午 8~11 时左右，海龟浮出海面，成对做交配追逐游戏。交配时雄龟紧紧趴在雌龟的背甲上，两只前爪抱住雌龟颈部，前肢钩住雌龟背甲前方，尾巴向下弯曲，将交接器插入雌龟生殖孔，此时雄龟对外界的干扰反应非常迟钝（PE, 2004）。

科学家发现，海龟的产卵场相对固定，每年到产卵季节，海龟就会漂洋过海回到它们出生时的故土，到沙滩上产卵。海龟对产卵的沙滩环境具有选择性，产卵场要求沙质粗细适中（沙粒直径为 0.05 mm~0.2 mm）、含水量 3%~6% 之间，高潮时潮水淹没不了的沙滩。沙滩宽阔、坡度平缓，前面没有礁岩等大的障碍物，以面南的沙滩最好；海龟产卵前，对周围的灯光、噪音特别敏感，那怕是丝毫的干扰都会致使其放弃产卵。但当海龟开始产卵后，却变得异常的专注，对外界刺激无动于衷。产卵约需 20 min，然后便吃力地用四肢拨起沙、往卵窝上盖，直到深夜才返回大海，栖息在附近海域。海龟产卵间隔期为 2~8 年，但上岸雌龟一个产卵季可产 1~9 窝卵，每次间隔 10~15 d，每窝卵 70~170 枚。第一批和最后一批产卵少，中期产卵多。龟卵在温暖、潮湿的沙滩里孵化，一般经过 49~60 d 小海龟便会出壳（程一骏，1997a；PE, 2004；Chan et al, 2007）。

1.8 性别决定

目前没有发现海龟存在性染色体，其雌雄比例与孵化温度密切相关，因此

属于温度依赖型性别决定 (TSD: temperature-dependent sex determination)。海龟的胚胎发育分为三个阶段: 未确定期、温度敏感期和性别已定期, 墨西哥太平洋丽龟的热敏感期在胚胎发育的20—27 d之间 (Horacio et al, 1997)。太平洋丽龟卵在32℃以上孵化出来的全部是♀; 27℃以下全是♂; 在间于二者之间的关键温度 (Pivotal Temperatures, PT) 时得到1:1的性比 (Gabriel et al, 1999)。绿海龟、蠓龟和棱皮龟的关键温度 (PT) 在29℃ 附近 (Horacio, 1997), 超过临界温度孵出的雌性较多, 反之则雄性较多。

2 全球海龟资源和保护概况

海龟是一类神奇的大型海洋爬行动物, 它至少在一亿年前就出现在地球上, 一直到十八、十九世纪, 海龟的数量仍然很大, 有的种群甚至超过百万只以上。然而, 近百年来, 由于人类有意或意外的捕获, 摧毁其觅食、产卵及栖息地, 再加上近年来海洋严重污染的影响, 海龟的生存已大受威胁。今天, 除了极少数地区没有受到影响外, 大部分地区的海龟数量都在减少之中, 一些地区的种群甚至已经灭绝了 (IUCN/SSC Marine Turtle Specialist Group, 1995)。

2.1 资源分布现状

全球现存的7种海龟主要分布于太平洋, 大西洋和印度洋的海域。

拉丁美洲和加勒比海地区拥有6种海龟, 唯一没有的是平背海龟。墨西哥是大西洋丽龟唯一重要的繁殖区; 绿海龟的繁殖区分布在沿太平洋海岸线从墨西哥至厄瓜多尔的Galapagos群岛一带, 其中一些较大的繁殖区分布在加勒比海岛国; 世界最大的棱皮龟繁殖区之一, 分布在苏里南和法属圭亚那; 世界最大的玳瑁繁殖区之一, 分布在墨西哥尤卡坦半岛沿岸; 约一半的太平洋丽龟繁殖区, 分布在沿太平洋海岸线从墨西哥至哥斯达黎加一带; 许多蠓龟则往来于美国东南部和日本的主要繁殖地之间。在某些特定繁殖区, 海龟资源保护计划已经实施了二、三十年, 都明显出现了资源恢复的迹象。比较好的情况包括: 尤卡坦半岛的玳瑁资源; 墨西哥Escobilla的丽龟资源; 巴西的丽龟资源; 美属维尔京群岛St. Croix、哥斯达黎加一些加勒比海沙滩(例如Playa Negra和Playa Gandoca)的棱皮龟资源; 哥斯达黎加Tortuguero、尤卡坦半岛的绿海龟资源。但是从总体上来看, 海龟种群资源恢复的只是一些个案, 相对于大部分种群资源被破坏的情况而言, 是微不足道的 (Marcovaldi et al, 2003)。

在非洲大西洋沿海亦生活有上述6种海龟。已经确认的重要海龟栖息地包括：毛里塔尼亚Bancd' Arguin、赤道几内亚 / 加蓬Corisco湾、以及安哥拉Mussulo湾的绿海龟索饵场；几内亚比绍Bijagos Archipelago、圣多美和普林西比、和赤道几内亚比奥科岛的绿海龟繁殖沙滩；遍布整个几内亚湾的丽龟索饵场和繁殖沙滩；加蓬南部的棱皮龟繁殖沙滩；佛得角、圣多美、赤道几内亚和喀麦隆的玳瑁栖息地 (Formia et al, 2003)。

在赤道几内亚比奥科岛产卵的海龟有4种，但每年产卵期4种海龟的巢穴数量有很大差别，其中绿海龟的巢穴平均为1240个，棱皮龟的巢穴最高达6000个，丽龟的巢穴平均为68个，而玳瑁的巢穴最少，平均只有8个 (Rader et al, 2006)。

印度洋—东南亚沿海生活着除大西洋丽龟之外的6种海龟。绿海龟的产卵地广泛，主要有澳大利亚的南、北大堡礁，马来西亚的沙巴龟岛、沙捞越和丁加奴，印度尼西亚的东爪哇省国家公园、西爪哇群岛和Berau Islands，菲律宾的海龟岛，阿曼，沙特，也门，缅甸，泰国和中国等。棱皮龟主要在印度尼西亚的鸟头半岛和印度的大尼科巴岛产卵，前者年产约5000窝，后者为2000窝左右 (Shanker and Pilcher, 2003)。印度奥里萨 (Orissa) 是世界最大的丽龟产卵地，每年大约有30万只太平洋丽龟上岸产卵 (Mohanty, 2007)。日本南部是在南太平洋唯一的红海龟繁殖场所 (Sea Turtle Association of Japan, 2008)。

澳大利亚、哥斯达黎加、墨西哥和美国等是少数保护海龟较好的国家 (Hays, 2004)。全球七种海龟中，在澳大利亚大堡礁区域就有六种，平背海龟只出现于澳洲海域。生活在澳大利亚海域的绿海龟种群数量大约为63 000只 (Env. Aust, 1998)。哥斯达黎加的托尔图格罗 (Tortuguero, Costa Rica) 年产10万窝卵，每年上岸产卵雌龟1.7万-3.7万只 (Troeng and Rankin, 2005)。

然而，从上世纪50年代到现在，每年大约有30多万只成年海龟葬送在人类手中。印度尼西亚的海滩曾经是海龟的天堂，由于过度捕杀，如今巴厘岛上已难觅海龟踪影。我国的情况也不容乐观，整个南海的成年绿海龟只剩下不到两千只，广东惠州的海龟湾成为我国大陆目前仅存的绿海龟重要产卵地，此外，在海南岛、西沙群岛也有个别产卵地，但上岸产卵的海龟和产卵巢穴很少。

2.2 致危因素

目前,全球的海龟资源总量呈直线下降趋势,在现存的7种海龟中,有6种濒临灭绝,占到了海龟种数的86%,而且有进一步减少的趋势。威胁海龟生存

的主要五种因素是：渔业副获、直接捕食、沿海经济发展失控、环境污染与疾病、全球暖化等 (IUCN/SSC, 2008)。

海龟副渔获造成公众担忧对全球虾渔业和贸易产生了广泛的政治和经济影响。刺网纠缠海龟已引起人们的关注，延绳钓钩兼捕海龟也是一个问题 (杨吝, 2005)。在澳大利亚昆士兰，仅单拖渔船每年副渔获的海龟数量就达到 5295 ± 1231 只 (Robins, 1995)。

墨西哥加利福尼亚半岛的太平洋沿岸，返回主要产卵地的绿海龟1990年为1280只，而2000年只有145只。每年盗猎者捕杀绿海龟多达3万只！暗示保护好龟卵和幼龟并不是保护海龟生存的最佳途径，成年龟更迫切需要合理的保护 (Niiler, 2001)。

人类对海龟的过度捕捞，天敌对海龟卵的大量破坏，近海旅游业带来的光污染对雌海龟上岸筑巢产卵和稚龟返回大海本能的干扰，海龟生存环境的重大改变，珊瑚礁、海草床、红树林和海龟产卵海滩的污染和不当开发，导致产卵地、栖息地的破坏，是导致海龟资源濒临灭绝的重要因素。

海洋污染物，其中包括塑料，废弃渔具，石油副产物，生活垃圾和其他碎片，通过摄食及纠缠直接影响到海龟。化学污染物，可削弱海龟的免疫系统，使他们容易受到病原体的侵袭。在美洲，纤维乳头瘤 (Fibropapilloma) 是严重威胁海龟生命的一大杀手 (IUCN/SSC, 2008)。

英国的一项研究表明：如果全球变暖、温度上升 1°C ，将使得一些海滩的雄性海龟无法出生，现在数量已经占优势地位的雌性海龟将成为海龟家族中的全部，这已经是佛罗里达海龟物种面临的主要问题，目前那里的雄性海龟已经处于短缺状态；温度上升 3°C 将导致稚海龟死亡率的大幅度上升以及可筑巢海滩数量的下降 (教育部科技发展中心, 2007)。

此外，海龟寿命长、性成熟慢的生理学特征也是很重要的一个因素，比如，绿海龟需要20~50年，玳瑁需要30年，赤蠵龟需要12~30年才能达到性成熟，如此长的性成熟期导致海龟数量极易受各种因素的影响，使得海龟种群骤减后的恢复过程也变得格外漫长。

2.3 国际保护措施

国际上非常重视对海龟资源的保护工作，不仅成立了海龟专家小组 (MTSG, Marine Turtle Specialist Group)，制定了许多国际公约，设立了众多海龟网站，

定期出版《海龟通讯》(MTN)等期刊,还成立了一些具有广泛影响力的国际组织,并经常召开一些与海龟保护有关的国际会议。可以这样说,全球五大洲,无论是富国还是穷国,从政府到民间,海龟的知名度绝不亚于我们的国宝大熊猫。

世界自然保护联盟(IUCN)于1966年成立了海龟专家小组(MTSG),刚开始小组成员只有15-30人;1990年小组成员超过了150人;1995年达到200人,分别来自全球47个国家。2006年人数发展到来自80多个国家中的300多位世界海龟专家。

《国际濒危动植物种贸易保护公约(CITES)》、《世界自然保护联盟(IUCN)》等国际公约均将海龟列入濒危名录(附录1)进行保护。《生物多样性公约》、《保护迁徙性野生动物物种公约》(CMS)和《国际重要湿地公约》等国际公约都包含有海龟保护的相关条款。

在IUCN红色物种名单中,玳瑁和棱皮龟被列为极危(CE, Critically Endangered),平背龟数据缺乏(DD, Data Deficient),其它四种海龟属濒危(E, Endangered)。

1995年,IUCN物种生存委员会专门制定了一个纲领性文件——《海龟保护全球战略》。文中提出了今后保育工作的方案:①研究及调查;②建立整体管理计划以确保海龟种群的永续利用;③建立及增进保育、研究及经营管理的能力;④全民保育意识的觉醒、保育资讯以及教育的普及化;⑤社区参与保育计划;⑥地区及国际性的合作;⑦海龟种群现状的评估;⑧海龟保育经费的筹措;⑨海龟专家小组的运作共9个策略(IUCN/SSC, 1995)。

关于致力于解决海龟管理和保护问题的一些重要的区域性会议,例如地中海、泛加勒比海、印度洋和东南亚、西太平洋、拉丁美洲、加利福尼亚等地区的,都有代表性地确认了需要研究的内容(Frazer, 2003)。

哥斯达黎加的海龟资源保护活动,早在1955年已经出现,墨西哥在近30年前、苏里南在35年前,也已经开始实施国家海龟资源保护计划,而且墨西哥的是拉丁美洲历时最长的例子之一。巴西和法属圭亚那的国家海龟资源保护计划,也有几十年的历史。在最近十年里,拉丁美洲几乎每一个国家都制订实施了海龟资源保护计划。中国政府也十分重视海龟资源的保护,广东惠东港口海龟湾早在1985年就成立了海龟保护区(梁玉麟, 1990; PE; 2004)。

除了国家级海龟资源保护活动之外,还有区域性网络组织所开展的活动。

泛加勒比海海龟保护网络组织(WIDECAST)已经有26年的历史。1996年,4个国家的政府组织、以及27个国家的民间团体、保护组织、和学校及研究机构的专家共同签署了具有国际典范的《美洲国家保护海龟资源公约》(IAC)(Marcovaldi et al, 2003)。

1999年5月,为了保护非洲大西洋沿海海龟资源,在法国政府、IUCN—法国和WWF—西非的支持下,在科特迪瓦阿比让,迁徙野生动物保护公约(CMS)组织召开了一次国际会议,会后形成了区域性合作谅解备忘录。至今为止,一共有19个国家签署了《阿比让合作谅解备忘录》(即《非洲大西洋沿岸海龟保护措施的谅解备忘录》)。2002年5月,《阿比让合作谅解备忘录》签约国第一次会议在肯尼亚首都内罗毕召开。通过这次会议,这个区域性海龟资源保护计划被进一步扩大,它将适用于从直布罗陀海峡至好望角沿岸的所有国家,包括Macaronesia群岛、圣赫勒拿岛(英)、阿森松岛(英)和Ceuta(西班牙)(Formia et al, 2003)。

非洲的海龟资源保护工作起步较晚,尽管仍然面临着许多挑战。如极端贫困、政局动荡和环保观念淡薄是保护非洲沿岸海龟的三大障碍。但是目前已经取得了很大进步,很多国家的工作成效是鼓舞人心的。

为达成养护与管理印度洋及东南亚水域海龟及其栖息地的目的,印度洋暨东南亚(简称IOSEA)养护与管理海龟备忘录缔约国(简称IOTC)于2005年3月在曼谷举行会议,呼吁IOTC及其24个会员国处理IOSEA区域内海龟混获的问题。为表示对IOSEA地区海龟养护的严重关切,加上联合国粮农组织(FAO)在2005年3月于罗马通过减少捕捞活动造成海龟死亡的技术准则,要求FAO会员国每两年定期回报执行该准则的进展,据此该备忘录缔约国呼吁IOTC要求其会员国搜集和回报海龟混获资料,同时也要求IOTC及IOSEA水域周边国家通过改变与调整渔具及渔法等方式将海龟因混获与意外捕获所造成的死亡率降至最低(李振龙, 2005)。

为了挽救海龟,2006年3月初联合国环境规划署与印度洋及东南亚地区23个国家在泰国联合发起一场保护海龟的活动,并将2006年定为“国际海龟年”。中国政府在广东惠东港口海龟国家级保护区(<http://www.seaturtle.cn/>)举办了隆重的宣传和海龟放流活动(中广网, 2006-12-25)。

生态教育要从娃娃抓起,广东惠东港口海龟国家级保护区每年组织大批中小小学生参加海龟放流活动,让孩子们加入保护海龟的行列中来。泰国政府鉴于

海龟资源现状，从小学生到成人实施海龟保护教育计划，以提高公众对海龟保护的意识（朱龙，2003）。

2.4 保护性研究成果

海龟是海洋生态系统的旗舰物种，为了保护濒危灭绝的海龟资源，国际社会开展了多年系统的研究工作。海龟的研究领域主要有生态学（包括洄游路线、地理分布、繁殖行为）、生理学、遗传学和保护生物学等；主要研究方法有人工移植（陈华灵等，2007）、分子生物学手段、生理解剖（古河祥等，2007a）、标志放流、卫星追踪、微芯片技术等（古河祥等，2007b）。

科学家们对威胁海龟生存的因素进行了深入地研究：如海洋渔业对海龟生存的影响（Robins, 1995）；海龟产卵的历史趋势、季节性及空间同步性（Chaloupka, 2001）；沙滩植被与光源对稚龟向海能力的影响（Tuxbury and Salmon, 2005）。

澳大利亚、哥斯达黎加等国（Env. Aust, 1998; Hays, 2004; Trofeng and Rankin, 2005）长期的保护努力表明可以扭转海龟筑巢数量下降的趋势，加大科研投入资金和科学的管理力度有望恢复濒危的海龟种群。例如，从1966年起，哥斯达黎加政府即明令禁止捕猎海龟及捡拾海龟卵，经过20年，Osonal村已成为海龟的自然保育场，2002年10月的4天时间里海龟产下35万枚卵（王文婷, 2004）。

在美国夏威夷岛，1970年产卵雌龟仅几十只，从1978年开始，严禁捕杀绿海龟。2000年以后产卵雌龟增加到400多只。Balazs等人在夏威夷岛30年的海龟保护工作表明：即使很小的海龟种群也能在短期内快速恢复，暗示阿利效应不会妨碍全球海龟保护的 effort（Hays, 2004）。

2.5 海龟与国际关系

早在1979年华盛顿特区召开的世界海龟保护大会上，已经鉴定全世界许多国家在捕虾拖网内溺死海龟是海龟死亡的主要原因，全世界每年大约十五万只海龟死于虾拖网。为了保护海龟，美国研制了“海龟逃生装置”（TEDs），并通过《濒危物种法案》修正案，要求使用TEDs以使海龟从捕虾拖网中逃生，并增加609条款要求其他国家采用TED技术。而印度、马来西亚、巴基斯坦、泰国等国在拖网捕虾作业中因附带捕捞误杀了大量的海龟。美国根据609条款，禁止从上述四国进口虾及虾制品。磋商无效后，WTO争端解决局成立专家组合并审理此

案,认为美国609条款违背了世界自由贸易规则并且不属于GATT第20条例外之规定,裁定美国败诉。美国提出上诉,上诉机构于1998年10月,做出了裁决报告,裁定美国做法是合理的,肯定美国国会为了环保而通过的立法的正当性(李兴华,2003),这就是WTO最有名的经典案例“海龟/海虾案”。这说明国际社会认为环境保护重要性要高于自由贸易,海龟甚至会影响国与国之间的经济贸易关系。

1996年,美国商务部提出,因中国的海捕虾作业方式对海龟造成伤害,一度终止了中国海捕虾对美出口,给我国带来巨大的经济损失。农业部为此专门邀请美国海洋渔业局专家团考察了惠东港口海龟国家级自然保护区。专家们充分肯定了我国在海龟保护方面所作的努力,美国因此恢复了我国的对虾出口贸易。时至今日,仅广东省一年出口的对虾贸易额就达5亿美金(中广网,2006-12-25)。

2005年,13个国家已经采取措施(TEDs)来减少捕虾过程中误捕海龟,其他24个国家和中国香港特别行政区的捕鱼环境都没有对误捕海龟造成威胁,因此依照第609条款,其它国家没有相关证明的进口虾从2005年5月1日起被禁止进口美国(周玉兆,2005)。

2.6 海龟的价值

海龟是恐龙时代的遗留下来的“活化石”,具有很大的经济、科研、观赏、文化和生态价值。

自古以来,全球各地的沿海居民就把海龟作为食用和药用的重要资源。它的肉和卵可食,脂肪可炼油,龟板炼胶是高级补品,龟掌、龟油、龟血、龟肝、龟胃、龟胆、龟卵都可入药(唐锡阳,1985)。现代研究表明海龟还具有抗癌作用。蠪龟胆汁对肉瘤180抑制率为30~50%,对艾氏癌实体型瘤抑制率为20~30%,泪腺有较强的酶活力,心脏、肾均含有多种酶类。随着海洋药物的深入研究,各国对海龟的药用价值相当关注,因此必须对其有限的资源加以保护(朱龙,2003)。海龟生长迅速,一般成体重达几百公斤,是一种优良的水产养殖品种。马来西亚、留尼汪、开曼群岛等国家和地区建立了养殖场,开展海龟的人工增殖、养殖事业(梁玉麟等,1990;汪小炎,2000),许多国家制定长远的海龟种群恢复计划,实施人工增殖项目,扩大海龟的资源数量,以达到永续利用之目的。

海龟的寿命很长，有的可达百岁以上，在中国是长寿和吉祥的象征，可作为动物模型来研究长寿的机制；其体型基本保持2亿多年前的原始体型，由背、腹甲组成，因此具有研究全球演变和生物进化的重要学术价值。

而且也是一种很好的工艺原料，可做各种装饰品。玳瑁的背甲板在我国、日本、意大利和法国等国家作为珍贵的工艺品原料有悠久的历史，如制作珠宝、镜框、梳子、发卡、手镯等。在东南亚沿海地区，海龟被尊为神灵，供奉在庙宇里，受到广大渔民的崇拜。不少寺庙中会供养海龟，留待行善之人放生，祈求平安、健康和长寿。因此，海龟还具有丰富的民俗文化价值，已成为一种具有象征意义的动物了。

海龟对人类及生物界都有着重要的意义，它不仅是保持海洋生态平衡的重要物种，还有利于我们对生态环境的变化进行监测。植食性的绿海龟生活的海域，海草生长得特别茂盛，这样的环境有利于其它海洋生物的生存，因而生物多样性较高。

2.7 小结

全球海龟资源涸竭，迫切需要保护和恢复；海龟价值甚大，保护资源的目的是为人类永续利用，但利用不能单纯理解为食用或药用，而是保证能够永恒发掘其多方面的价值。

3 中国海龟资源调查、保护和研究情况

1985年农业部渔政局组织开展了“南海海龟资源的调查与增殖保护的研究”项目，对我国南海区域的海龟资源、海龟生物学、生态学、孵化与养殖技术、标志放流进行了第一次专门的调查和实验研究 (PE, 2004)。同年9月在广东惠东县召开了我国首届海龟保护会议，标志我国对海龟资源的考察与保护工作已经展开 (朱龙, 2003)。

我国曾经拥有丰富的海龟资源，由于种种原因，特别是人为的捕杀，海龟资源遭受严重破坏，数量急剧下降。二十世纪八十年代末，我国将所有海龟列为国家二级重点保护动物给予保护。现除澎湖、兰屿以及东沙、西沙、南沙、等一些无人居住的岛屿尚有海龟的产卵繁殖、大陆沿海荒芜的沙滩偶有海龟上岸外，目前已知仅有广东省惠东海龟湾尚有成批海龟上岸产卵。我国为了加强

对海龟的保护和研究,在海龟湾建立了中国唯一的海龟国家级自然保护区 (PE, 2004)。

关于海龟研究,以往中国的学者主要偏重于海龟资源调查方面,而在其它方面的研究则很少,在某些方面尚处于空白。在整个中国境内,研究海龟的专业人员相当匮乏。但值得一提的是台湾海洋大学的程一骏教授,他在海龟的生殖生态、产卵行为、卵的孵化和卫星追踪等方面已开展了多年研究工作。1997年,他著文对我国海龟研究做了全面的回顾和综述。内容涉及中文名的确定,海产龟的生活史、形态特征及分布范围,产卵行为及生态习性,产卵环境,洄游及种群,海产龟的利用及意外捕获,养殖及人工放流,海产龟的保育与宣导等,认为我国的5种海龟种群量已达濒临绝种的程度,但相关的知识了解极少,报道与研究亦十分有限。

按照《中国物种红色名录》(2004)的等级和标准,绿海龟 *Chelonia mydas*, 中国种群占全球种群的比例为5%,推断种群的成熟个体数少于50。我国所有5种海龟均属极度濒危种(CE),估计全部海龟种群的成熟个体数不到250只 (Anon, 2004)。

全球的海龟数量在过去的20年中已经减少了90% (惠良, 2004)。因此,海龟保护面临的问题显然非常严重,如果不采取切实有效的保护措施,这些珍贵海洋动物的绝种就不是将来而是眼前的事情了。

3.1 资源调查及分布

我国学者很早就开展了海龟资源的调查,中国四大海域、从南到北都有海龟的分布。5种海龟在中国沿海省市海域的活动分布情况见表1-1。

李仲辉(1955)报道在广东汕尾附近平海和东京湾(现称北部湾)每年的繁殖季节常有大群海龟出没,在华南沿海各地很容易采到。李仲辉(1955)和黄祝坚(1979)报道我国沿海所见到的海龟有二科四属四种:绿海龟、玳瑁、蠍龟和棱皮龟,每年5~8月份北方诸海也均有捕获(赵尔宓和黄康彩, 1982)。棱皮龟北限止辽宁沿海,蠍龟北限止营口(营口市位于渤海辽东湾东北岸)附近海域,绿海龟和玳瑁的北限在青岛近海(王者茂, 1980; 季达明, 1987)。

1975年,中国科学院南海海洋研究所初步调查了西沙群岛的海龟资源:每年4月份开始,海龟就随着西南暖流来到西沙群岛进行繁殖。过去西沙群岛是海龟的家园,在附近海域活动的海龟有4种:绿海龟、玳瑁、蠍龟和棱皮龟,均为

国家二级保护动物。但只有绿海龟和蠓龟在岛上产卵（梁玉麟等，1990；程一骏，2002；Chan et al, 2007）。每当海龟产卵旺季，捕捉海龟的船只多达数十条，一条船一年捕捉海龟100只以上，挖去的海龟卵多达1000只以上。过去海南岛也曾有过较多海龟上岸产卵，正是由于人们捕龟挖卵，导致海南岛早在20年前就看不到海龟踪影了（欧阳统等，1992）。

1984年，温业棠报道广西5种海龟皆有，除棱皮龟外，其它4种海生龟类为广西新记录，分布于广西北海涠洲岛等海域。

香港附近海域共有5种海龟出没，但只有绿海龟在本港产卵，且产卵雌龟数量不多（王敏干，1999；陈坚峰，2002；Chan et al, 2007；香港渔农自然护理署，2008）。

表 1-1 中国 5 种海龟在沿海省市海域的活动分布情况

| 省市 \ 种名 | 广 西 | 海 南 | 香 港 | 广 东 | 台 湾 | 福 建 | 浙 江 | 上 海 | 江 苏 | 山 东 | 河 北 | 辽 宁 |
|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 绿海龟 | ★ | ★ | ★ | ★ | ★ | ★ | ★ | ★ | ★ | ★ | | |
| 蠓龟 | ★ | ★ | ★ | ★ | ★ | ★ | ★ | ★ | ★ | ★ | ★ | ★ |
| 太平洋丽龟 | ★ | ★ | ★ | ★ | ★ | ★ | ★ | ★ | ★ | | | |
| 玳瑁 | ★ | ★ | ★ | ★ | ★ | ★ | ★ | ★ | ★ | ★ | | |
| 棱皮龟 | ★ | ★ | ★ | ★ | ★ | ★ | ★ | ★ | ★ | ★ | ★ | ★ |
| 合计（种） | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 | 2 | 2 |

注：本表主要参照《中国龟鳖研究》（赵尔宓，1997）、《中国动物志 爬行纲 第一卷 总论 龟鳖目 鳄形目》（张孟闻等，1998）和《龟鳖分类图鉴》（周婷和赵尔宓，2004）。

台湾海域也有5种海龟分布（程一骏，1997a；2002），台湾本岛东部沿海曾有绿海龟上岸产卵，现在只有澎湖和兰屿两处产卵地了。

在我国沿海，虽然从南海至黄海南部均有丽龟的分布，但数量不多，亦未发现丽龟的繁殖地（宗愉，1998）。山东有4种海龟，至今没有发现丽龟（王者茂，1966a；陆宇燕等，1999）。

1985年在江苏发现两只绿海龟亚成体，为省新纪录，至此中国5种海产龟在江苏沿海均有发现（周开亚，1983；宗愉，1986）。

1940年以前，广东、海南和北部湾都有产卵沙滩（梁玉麟等，1990）。1985

年调查中国大陆海龟产卵沙滩有 14 处：福建 7 个，广东 1 个，海南 6 个。除了广东惠东外，其它地点已看不到海龟产卵的活动 (Frazier et al, 1988)。现在只剩下惠东海龟湾和香港南丫岛 2 个产卵地 (梁玉麟等, 1990; Chan et al, 2007)。

梁玉麟等(1990)估计南海海龟数量在 16800~46300 只，以绿海龟为主，约占 87%，玳瑁占 10%，棱皮龟、蠓龟和丽龟共占 3%。南海海龟资源以西沙和南沙群岛最为丰富，每年洄游到西沙和南沙群岛海域的海龟多达 14000~40000 只，洄游到南海北部（包括广东省、海南省和东沙群岛）沿海的有 2300~5500 只，到北部湾的约 500~800 只。

1959~1988 年的 30 年间南海约有 31841 只海龟被捕杀，平均每年杀害海龟 1000 只。由于过度捕捞，渔获量呈指数下降。

程一骏于 1994 年 7 月调查了东沙群岛，每年上岸产卵的玳瑁不到 10 只 (Cheng, 1995); 2003 年只有 4 只; 2004 年夏天的 10 d 野外考察没有发现 1 只; 又于 1996、2000、2001、2003 年四次不连续调查南沙太平岛 (Cheng, 1996; 2000; 2003) 的海龟资源量，每季产卵雌龟数量在 30 只以上。因此，南中国海的海龟产卵地有东沙、西沙、南沙太平岛，产卵海龟有 3 种，分别是绿海龟、玳瑁和蠓龟 (Chan et al, 2007)。

西沙群岛是中国海龟的主要产卵地 (黄祝坚, 1986; 梁玉麟等, 1990; 王亚民, 1993; 翟红和黄祝坚, 1995)，估计每季上岸产卵雌龟 (绿海龟) 数量 29~53 只。据黄祝坚 (1979) 报告：从 1959 到 1970 年间，在西沙群岛水域捕获 1,100,000 kg 折合大约 1,100 只海龟 (绝大多数是绿海龟、少数是蠓龟)，说明以前那儿有一个大的产卵种群。1987~1989 年在西沙七连屿的调查记录了有 92 头次上岸产卵 (梁玉麟等, 1990)。

由此可见，我国的 5 种海龟中，最多最常见的是绿海龟，常见的还有玳瑁，其它 3 种都少见 (Chan et al, 2007)。表 1-2 是目前中国已知的海龟产卵地分布情况。

到目前为止，我国还没有开展过全国性大规模的海龟资源调查活动，农业部于 1985 年组织的“南海海龟资源调查”项目也过去二十多年了，我国海龟的数量是增多还是减少了？目前我国海龟主要分布区在何处？新的产卵地有哪些？海龟面临的主要威胁有哪些？如何有效地保护好海龟并使种群得以恢复？怎样识别我国的海龟与其它国家的海龟？所有这些问题都要求我们开展全面的海龟

资源普查，摸清本底，建立我国的海龟信息化管理系统。

海龟调查的方法有：①快速的航空观测；②多样的航海考察，配备昂贵的专业考察船，或利用商业渔船、机遇船和拖网配合考察；③沙滩考察：夜晚巡视海滩记录海龟产卵情况，白天记录海龟搁浅种类、数目；④市场调访非法买卖海龟及其制品的情形（黄祝坚, 1987）。我们必须采用恰当的方法、因地制宜地考察海龟资源。

表 1-2. 中国海龟产卵地分布情况(参照 Chan et al, 2007)

| 产卵地 | 种名 | 每季雌龟数量 | 平均窝卵多少 | 每龟平均 卵窝数目 | 孵化率 (%) |
|-------|-----|--------|---------|--------------|---------|
| 惠东海龟湾 | 绿海龟 | 1~20 | 113 | 5 | 34-96 |
| 香港南丫岛 | 绿海龟 | 0~5 | 103-152 | 1-8 | 40-90 |
| 澎湖望安岛 | 绿海龟 | 2~19 | 70-154 | 1-9 | 50-87 |
| 兰屿岛 | 绿海龟 | 5~13 | 86-152 | 1-4 | 52-86 |
| 东沙群岛 | 绿海龟 | 4~10 | 无数据 | 无数据 | 无数据 |
| | 玳瑁 | | | | |
| 南沙太平岛 | 绿海龟 | 30~64 | 无数据 | 无数据 | 无数据 |
| | 玳瑁 | | | | |
| 西沙群岛 | 绿海龟 | 29~53 | 26-148 | 无数据 | 无数据 |
| | 蠓龟 | 无数据 | 无数据 | | |
| 已知合计 | 3种 | 71~184 | 26-154 | 1-9 | 34-96 |

3.2 形态解剖及鉴定

我们研究野生海龟时常常会遇到这些标本：残缺不全的标本；不同年龄的标本；形态奇特的标本，它们有可能被误定为其它物种。每个物种都有重要的个体发育上的变异（周婷和张飞燕，2004；古河祥和周婷，2005），全球海龟专家组成员、美国动物学者约翰·弗雷德博士曾两次到我国沿海及西沙群岛工作（Frazier et al, 1988；梁玉麟等，1990），他根据自己长期从事野外工作的丰富经验，编写成适用于中国5种海龟的实用检索表（Frazier, 1989），现结合惠东海龟国家级自然保护区的实际工作经验总结，整理如下。

1 A

龟甲、头部、四肢和尾部通常无角质化鳞或盾；倘若有盾(仅见于数月龄以下或较年轻个体)，则盾片数目多(背甲上有数百片)，且每片均较眼睛为小。

甲：背甲具明显纵棱5条(另有侧棱左右各一)；甲背黑色，具白色斑点。

头：喙薄而尖；下喙具深凹和瓣尖；色黑，头背常呈颜色分明的粉红色。

四肢：无爪(仔龟或稚龟除外)；仔龟前肢与背甲等长。

骨骼：数月后长出骨质胸板；由数百片相互连结的多孔小骨板组成，每片小骨板大小如眼；骨内充满油质。

----- Dermochelyidae 棱皮龟科 —— *Dermochelys coriacea* 棱皮龟

1 B

龟甲、头部、四肢和尾部具角质化的鳞或盾——孵出后各年龄均有。

龟甲：具鳞与盾，数目少有超过50片者，多数盾片均大于眼；背甲上最多有三条(局部的)嵴棱；背甲绿色、褐色或灰色，但绝不呈黑色而具白点。

头部：具突出而坚硬的喙；下喙无深凹；亦无瓣尖；颜色同背甲，但头背无粉红色。

四肢：每肢至少具一爪；前肢绝不与背甲等长。

骨骼：孵出后即具骨质肋板(虽然此时尚发育不全)；龟甲由100片以下近于实心的骨板组成，最小的骨板也比眼睛大得多；大多数个体的骨板含少量油。

----- Cheloniidae 海龟科 —— 2

2 A

龟甲：背甲盾片表面粗糙，呈程度不同的剥落状；厚度很少超过1 mm；无显著斑纹；肋盾多于4对；

颈盾与左右第一肋盾相接；最后椎盾处有一臀盾球突或隆起；缘盾11对或12对(尾上盾不计)；喉间盾可缺失。

头部：前额鳞4枚或更多；每侧各有一枚较长或2至3枚几等长的颌下鳞。

----- Carettinae 蠍龟亚科 —— 3

2 B

龟甲：背甲光滑；有时厚达数厘米；常有引人注目的斑纹；肋盾4对；颈盾与第

1肋盾为每侧的第1和第2缘盾所隔；无臀盾隆起或球突；缘盾通常11对(尾上盾不计)；喉间盾恒存。

头部：前额鳞2枚或更多；每侧各有一枚较长的颌下鳞。

----- *Cheloniinae* 海龟亚科 ——4

3 A

龟甲：长远大于宽；色红褐；背甲粗糙，呈大面积剥落；稚龟与成体的椎盾均为六角形；肋盾5对；尾上盾间的缺刻常呈“V”形；臀盾球突常很明显；下缘盾3对，均无孔；喉间盾缺失或小于喉盾的1 / 4。

头部：色红褐；前额鳞常多于4枚；眼后鳞通常3对；每侧各有2至3枚圆形颌下鳞。

----- *Caretta caretta* 蠓龟

3 B

龟甲：宽常大于长；色橄榄灰绿(湿润时)；盾薄如纸，外表面具薄片，每片长数厘米(干燥时明显)；亚成体与成体椎盾纵长；肋盾通常多于5对；尾上盾间的缺刻常呈“C”形；臀盾隆起，但无球突；背甲前部高高隆起；下缘盾4对，每片具一孔；喉间盾大于喉盾的1 / 4。

头部：色橄榄灰绿；前额鳞很少多于4枚；眼后鳞通常4对，每侧各有1枚较长的颌下鳞。

----- *Lepidochelys olivacea* 太平洋丽龟

4 A

龟甲：背甲与腹甲均无棱(仔龟除外)；各盾不呈覆瓦状；椎盾具凹缘，且长大于宽(年轻个体除外)；缘盾光滑，或最多呈雉堞状，但不呈锯齿状；尾上盾间一般无缺刻，或偶有圆形浅缺，有深“V”形缺刻者极罕见；性未成熟个体与多数成体具明显红褐色放射状斑；下缘盾4对；腹甲纯黄色、奶油色或灰色，绝不具深色斑点；盾厚小于2 mm。

头部：前部圆钝；鳞以褐色、绿色或深灰为主；前额鳞2枚，较长；喙缘锯齿状(很小的幼体除外)；眼后鳞通常4对。

----- *Chelonia mydas* 绿海龟

4 B

龟甲：背常具3棱，腹具2棱；盾片覆瓦状排列(年龄极小和极大者除外)；椎盾通常边缘直，且宽大于长；缘盾明显呈锯齿状，后部缘盾尤甚；尾上盾间具深“V”形缺刻；盾片具黑色与褐色点斑，但不呈放射状；下缘盾3对；有些腹甲盾片中央有一黑斑，通常见于喉间盾、肛后盾和腋盾；盾厚常超过2 mm。

头部：具突出的鹰嘴状喙；鳞色黑，具浅色缘；前额鳞4枚；啮缘光滑；眼后鳞每侧通常3枚，中间一枚为其它二枚的两倍大。

-----*Eretmochelys imbricate bissa* 玳瑁

此后又出了几部关于龟鳖类系统分类和鉴定方面的书籍（黄美华，1990；赵尔宓，1997；张孟闻等，1998；周婷和赵尔宓，2004），其中都含有海龟分类和鉴别的知识。

由于国内专门研究海龟的学者寥寥无几，真正意义上的海龟解剖方面的中文文章几乎没有一篇！

古河祥等（2007b）对一例渔民误捕死亡的棱皮龟亚成体的循环系统、消化系统、呼吸系统和泌尿生殖系统进行了解剖观察。主要特点有：心脏位于胸部正中位置；食管内壁有许多锥状突起，可能起磨碎食物的作用；卵巢内大约有4~6万个未成熟卵细胞。

海龟上下颌无齿，嗅觉不十分发达，泄殖孔圆形。在泄殖孔两侧有一对发达的肛门囊，其上布满微血管，有辅助呼吸之用（李仲辉，1955；张万佛，1994）。

海龟的寿命很长，生活史复杂，稚海龟大约要30年左右才性成熟，野生龟的年龄一般可通过尾椎骨磨片的年轮数目来鉴定，龟尾部的脊骨经盐酸处理后，可以隐约看出生长年轮（许高宜，1986；肖亚梅和周工健，1998；青岛海底世界，2006）。

成年海龟雄性尾较长，相当于其背甲长的二分之一，雌性尾较短，泄殖孔不超出臀盾外缘，雌雄易于区分；而幼年海龟仅从外表很难区分其雌雄。目前很有必要找到一种简单有效的辨别雌雄的方法。

3.3 人工养殖和疾病防治

海龟是大型的海洋爬行动物，生长迅速，成体重达几百公斤，是一种优良

的水产养殖品种。海龟具有粗生易养、生长迅速和饲养成本低廉的养殖优势(翟红和黄祝坚, 1995)。

开展海龟的生长规律研究, 了解其生态习性, 提高人工养殖的技术水平, 为合理利用海龟资源提供知识储备。进行海龟人工饲养, 一是有利于维持海龟的种群数量, 减少人类或天敌的危害; 二是可以解决药用原料和科研所需的原材料; 三是为将来开发利用海龟、在人工饲养条件下加速生长来为人类提供肉食。目前, 法国留尼汪、开曼群岛、日本、马来西亚等地通过人工养殖海龟获得了经济效益, 一只 25 g 重的小海龟经饲养 1.5 年, 体重可达 30~50 kg (谭燕翔和黄祝坚, 1989; 梁玉麟等, 1990; 朱龙, 2004)。

国内有许多省市的动物园、海洋馆或水族馆养殖少量的海龟, 供游人观赏。青岛水族馆早在 1953 年就开始长年饲养海龟, 在海龟食性、习性和疾病防治方面积累了一定的知识(王者茂, 1965; 1966 b; 1975; 1980)。

绿海龟和蠓龟最易养殖, 而大西洋丽龟和棱皮龟则较难养殖(谭燕翔和黄祝坚, 1989; 古河祥等, 2007b)。

袁澹(1992)认为初生龟仔腹中卵黄颇重, 一旦下海则浮游不起来了, 久沉水底, 势必淹死, 野生小海龟存活率只有 0.5%, 而人工养殖成活率可高达 80%, 饲养 7~8 个月后的体型相当于 4 岁野生的海龟那么大, 放生后不易被食肉动物捕食, 所以要先养大后再放生, 才合生态保育的目的。1985 年, 惠东港口海龟自然保护区开展了绿海龟养殖技术试验, 获得了一定的经验和成绩: 稚龟食量大, 生长速度快, 生长最适水温为 22℃至 30℃, 19℃以下摄食量减少, 15℃以下基本不摄食; 一龄龟养殖成活率为 44.09%, 平均重量为 1342 g; 二龄龟平均重量为 3783 g, 最重为 5000 g; 三龄龟均重为 5649 g(梁玉麟等, 1990)。保护区至今暂养殖过 5 种海龟, 绿海龟数量最多, 主要是在海龟湾产卵沙滩孵出的稚龟, 其余 4 种海龟是渔民误捕送来救治的: 太平洋丽龟(3♀成体), 玳瑁(1♀成体, 6 亚成体), 救护好后留供科研和公共教育用; 蠓龟(2♀), 棱皮龟(2♀)因伤势严重或不适应人工环境而死(古河祥等, 2007b)。

在 2002—2003 年间, 海龟保护区利用有益微生物(EM)培育海龟, 令稚龟培育成活率由 40%提高到 80%以上, 对海龟资源的增殖、保护与利用起积极作用(叶明彬等, 2004)。

海龟生活史复杂。绿海龟为杂食性, 幼龟在大洋中以浮游性动物为主食, 成龟以海草及大型藻类为食(程一骏, 1995b; 2006); 人工食物有蔬菜、绿藻、

褐藻、红藻的根和叶，还有鱼类、水母、螃蟹、海绵和软体动物，但幼龟吃肉类多于成龟（谭燕翔和黄祝坚，1988；1989；黄文山，2000；张飞燕和古河祥，2005；陈华灵等，2006）。另外4种海龟属肉食性（王者茂，1975；赵尔宓和黄康彩，1982；谭燕翔和黄祝坚，1988），以其它海洋动物（鱼类、甲壳类、软体动物等）为主食，特别喜食头足类（短蛸、长腕蛸、无针乌贼等），对鱼类食物的选择不大。海龟生长速度较快，原20 kg的海龟，一年长7 kg，甲长增2 cm（王者茂，1966 b）。人工饲养条件下，玳瑁也会吃海藻（王者茂，1966 b；1980）、海带、紫菜和大白菜等（闫茂华和郑霞，2000）植物性食物。

目前国内关于海龟病害研究仅见一般性文章中偶尔提及，未见详细的研究报道，研究基础非常薄弱。

水族馆、动物园人工饲养海龟时，由于环境条件、饲养密度、饲料质量等原因，往往与自然环境中有较大的差别，很难满足其需要，因而降低了海龟抵抗疾病的能力，这些对海龟不利的条件对某些病原的增殖和传播却很有利，再加上捕捞、运输和养殖过程中的人工操作，常使其受伤，病菌乘机侵入肌体，当龟自身免疫系统难以抵制病原体侵袭的条件下，病灶就会显现出来，所以龟在养殖条件下较天然条件下易生病（朱龙，2004），海龟保护区应当充分利用海龟馆内养殖条件进行疾病防治工作的研究。

简纪常（1998）认为无论是创伤或病原微生物引起的伤害，都能在损伤的局部表现为炎症反应，这属于非特异性防病机制。如互咬、腹甲与粗糙地面之间的擦伤、人工意外损伤等，这些损伤部位在病原微生物的侵袭下往往发生炎症。白细胞释放一些趋化因子，把各种类型的吞噬细胞和淋巴细胞引到炎症部位，而炎症又为这些吞噬细胞提供良好的活动条件，并积聚大量的体液防御因素。吞噬细胞吞噬病原体，并在体液防御因素的参与下，共同杀死病原微生物，阻止病原微生物经组织间隙向机体的其它部位扩散，达到保护机体之目的。此外，海龟也具有免疫器官、免疫细胞和抗体参与的特异性免疫应答机制。

朱龙（2004）研究了蠓龟在人工养殖条件的一些常见病，如营养缺乏症、细菌性皮肤溃疡病、寄生虫病和低温引起的疾病以及病因、症状和治疗方法。

王俊和邵庆均（2005）综述了海龟的主要疾病及防治措施，认为海龟对温度变化的适应能力较弱，多种原因可诱发其生病；绿海龟的疾病有27种，常见的有眼病，营养障碍，咬伤及外伤，感染症，感冒，消化不良及肠炎，纤维状多发性乳头瘤病，口腔、食道、胃部疾病，肿脖子症，水霉病共10种；如果长

期只投喂高蛋白的动物性饵料或营养价值低的植物性饵料，将导致维生素A缺乏及其它营养障碍。缺乏维生素A的海龟会引起眼病：眼睑肿胀，重者失明，直至食欲不振而死；若长期投喂易引起脂肪变性的饵料，如鲭(*Scomber scombrus*)、沙丁鱼(*Sardina pilchardus*)会引起各脏器官机能低下、维生素E缺乏及血栓病，缺乏维生素E或肠梗塞的海龟会表现相同的症状：不正常的浮起、潜水困难(照屋秀司, 1995)。

开展海龟生长调控系统与疾病防治的研究，弄清此类动物生长过程中物质和能量利用的规律，正确有效地应对海龟大规模疾病事件发生后的诊治工作，既能丰富海龟保护生物学理论，了解海龟生长发育的基本原理和模式，也能进一步促进自然种群动态平衡和增长，有利于海龟的科学养殖、增殖和种质资源保存工作，因而具有重要的理论和实践意义。

对于海龟疾病的治疗，首先要确定病因、病原，并根据药物实验确定治疗药物，但治疗时间的长短有时因无法确定病原而不能确定(王俊和邵庆均, 2005)。以往遇到海龟大面积疾病暴发时，海龟保护区科研人员试图进行病原菌分离、鉴定，找到“罪魁祸首”，再有针对性地治疗。但引起海龟发病的因素很少是单因子的，也就是说环境不利因素是综合性地作用于有机体，进而引起病症。例如从皮肤病或外伤继发感染的病灶及血液可以检测出多种细菌，有气单胞菌属(*Aeromonas*)、弧菌属(*Vibrio*)、柠檬杆菌属(*Citrobacter*)，假单胞菌属(*Pseudomonas*)及黄杆菌属(*Flavobacterium*)的细菌，同样的细菌在口腔炎中也有发现(王俊和邵庆均, 2005)。血液流经全身各组织和器官，许多疾病会导致血细胞数量和血液中各种生化值的改变，反过来亦可以由某项异常值来推断病因，进而对症下药。关于海龟的研究在国内尚处于起步阶段，海龟的血液指数，对疾病的防治有指导意义，有待于进一步的检测、归纳、总结(王炜和李绍君, 1999)。因此，海龟科研人员正在运用血液病理学这一新方法来进行诊断和治疗海龟疾病。

一般情况下，海龟的感染性皮肤病极少由单菌引起，所以不容易治疗。为了选择切实有效的药剂，进行药物实验是非常必要的(王俊和邵庆均, 2005)，稚龟的免疫成熟期需要3~4个月。Ambrosius和Lehman用热失活的正常猪血清(NPS)免疫海龟，产生滴度为1:16的凝集素，2次免疫反应更快，产生更高滴度的抗体(简纪常, 1998)。海龟保护区在科研条件成熟时可用病龟的减毒血清或内脏制备成疫苗，对龟体进行预防注射，产生抗体，增强免疫力。

3.4 资源利用方面

海龟是珍贵的海洋爬行动物，具有重要的经济、科研、观赏和文化价值。虽然其价值是多方面的，但在我国，海龟资源利用主要表现在食用、药用和制作工艺等方面。

解放前，渔民不敢捕捉海龟，把海龟当作海神来崇拜。直到解放后，不再迷信的人们才开始捕捉海龟。自 1959 年至 1988 年间估计中国海域至少有 27000 只绿海龟和 3000 只玳瑁被捕杀，用作食物、中药材、宗教祭品和放生、装饰品等（程一骏，1997a）。

二十世纪八十年代以前，海龟一直是沿海居民重要的肉食来源，棱皮龟、蠓龟、绿海龟的肉均可食用（李仲辉，1955；黄祝坚，1979；施惠群等，1980；王者茂，1985；谭燕翔和黄祝坚，1989），特别是海龟和蠓龟肉味鲜美似牛肉，可制成龟肉罐头，同时它们又是远洋航行的“活罐头”（王建军，1988）。

据《本草纲目》记载：蠓龟肉去风热，利肠胃，蠓龟血可治刀箭毒等症；玳瑁肉虽不可食，其背甲色泽、花纹美观，可制纽扣、眼镜架、肥皂盒、手镯、梳子等工艺品；亦是贵重的中药材，早在宋代《开宝本草》中已有记载：它具有清热解毒、镇惊熄风、镇心平肝、滋阴潜阳等功效；海龟的脂肪是制肥皂和化妆用品的上等原料（王者茂，1985；谭燕翔和黄祝坚，1989）；

在上个世纪中期，每年上海大概有 600 多只海龟作为鱼粉轻易地浪费掉了。为了更好地合理利用，1974 年以来上海众多单位，共同协作、进行了海龟板的药用研究。通过化学分析、毒性试验、临床使用，一致认为海龟板具有药用价值，并召开了“海龟原生药”鉴定会。海龟板的化学分析表明其主要成分为胶原蛋白，含量超过 87%（淡水龟板仅 65%），蛋白质由 15 种氨基酸组成，比淡水龟板多了一种脯氨酸，其他组成与淡水龟板基本一致，有害金属元素比淡水龟板要低。临床证实，具有滋阴补肾，增强体质，对肿瘤病人有延长生存期的作用，对阴虚症状的改善尤为明显（之久，1980）。龟板加水熬成胶质，加入适量红糖服用，可治初期肝硬化。龟板与杜仲一起浸酒饮用，可治风湿性关节痛（王者茂，1985；黄美华，1990）。

随着龟板药用价值的发现，许多人开始研究龟板的加工方法（覃建耀，2002；牟水元，2003；张邦安，2005）、龟胶或海龟甲提取液治病的疗效等（沈金荣等，1980；邹胜祥，1989；杨晓峰等，2000；钱国英等，2000；王云祥，2001）。

海龟除有极高的经济价值外，还可供观赏，它们是国内、外水族馆必不可少的展出种类（王者茂，1985）。海龟卵不仅可食用，还是胚胎学上研究的好材料（李仲辉，1955；黄祝坚，1979）。

3.5 海龟繁殖行为及人工孵化

一般稚海龟要经20~50年方能成熟（程一骏，1997a；李明华，2003），成熟后雌雄海龟会不远千里洄游到出生地繁殖后代。产卵前，雌龟和雄龟会在产卵地附近的海域交配，一只雌龟可和多只雄龟交配，交配后将精子储存起来，卵子是分批成熟的等一批卵子成熟之后再分别受精，因此雌龟在一个产卵季会多次上岸产卵，每只雌龟平均产下6窝卵，每窝约110个卵，窝深平均70 cm，孵化期约50 d（程一骏，1995b）。

雌龟整个产卵过程可分为：上岸、选择产卵地点、挖体洞、挖卵坑、产卵、覆沙和下海七个步骤。

夜晚雌龟爬到海滩植物的边缘，先用前肢扬起一阵阵沙雨，挖好一个容身的大坑（体坑）；喘息片刻，接着用后脚挖小洞（卵坑）：左后肢先将左侧坑沿的沙子向外一拨，然后左后肢插入小洞中，用内掌掬一捧沙石，轻轻放在坑沿上；接着右后肢将右侧坑沿的沙子向外一拨，然后右后肢插入洞中，用内掌掬一捧沙子，亦轻轻放在坑沿上；就这样两后鳍状肢交替使用，身体也会左右扭动，直到挖出一个满意的小洞后，海龟才会生蛋。挖洞需要化1—2个多小时，而产卵只需十几分钟。海龟卵白色圆形，跟乒乓球差不多大小，重约40 g，起初海龟卵一个接一个从泄殖腔产出，后来两、三个一起跌落到离地面70 cm深的卵坑里，由于有柔软的革质卵壳和大量粘液的保护，因此不易破损。雌龟产完卵之后，挥动前后肢用沙子将卵盖好，然后返回大海。

望安的绿海龟有个奇特的习性：通常是在夜晚海水高潮时上岸产卵，此时上岸爬行的距离较短，容易达到高潮线上方的目的地。兰屿的海龟产卵习性与望安的不同，并不是趁着夜晚海水高潮期产卵，整个晚上都会上岸，这可能与不同的产卵地环境有关。望安产卵地附近的海域较浅，多为礁岩海底，海水退潮时礁岩裸露，海龟不易越过礁岩区域；兰屿岛也多是礁岩海底，但附近的海域较深，海龟随时都能爬上岸来；在中国大陆的惠东海龟湾，周围海域虽较浅，但海底为沙质，海龟上岸产卵也没有固定的时间。文后附表2~附表8是2007年作者实地考察我国海龟部分产卵地环境因素的研究结果。

我国学者对海龟的产卵地选择(陈添喜, 1993; 杨同正, 1996; 王惠珍, 1997; 郭慧莲, 1999)、外界干扰(黄振庭, 2001; 谢义霆, 2004)和种群大小(林志昌, 1999)等繁殖行为研究较多, 国外有报道怀孕的雌海龟能够强忍着鲨鱼的猛烈侵袭带来的剧烈痛苦, 一些海龟表现出超乎正常的胁迫反应, 尽管带着严重的伤痛, 它仍能尽力到达岸边成功地筑巢产卵(汤家礼, 1999)。

王者茂(1980)报道我国沿海以蠓龟和绿海龟的数量为多, 每年4—5月份在南海诸岛周围海域有大批蠓龟陆续上岸。选择产卵场所, 都选择在坡度倾斜缓慢、幅员广阔的沙滩, 沙滩上的砂粒的大小通常在0.2—0.05 mm左右。产卵场地选在高潮线以上, 海水不能达到的地方, 产卵的龟群大小不等, 由十几只乃至上百只, 最多可达400只的大群。

程一骏(2002)用全球卫星定位仪(GPS)研究显示: 望安的雌龟喜好在沙草交界区产卵。这代表产卵沙滩需保持其原始的风貌, 应禁止除去产卵沙滩上的植物。

雌龟产卵前, 那怕是一丝灯光或噪音, 都会对海龟产卵造成影响。产卵一经开始, 用照相闪光灯照射, 测量体长或在甲板上钻孔装无线电发报器均不会中止产卵。产卵后的雌龟和出壳稚龟具有正趋光性, 夜间开阔的海面是其光源, 因此它们能发现海的方向、爬向大海(黄祝坚和毛延年, 1984)。

由于全球气温的上升, 海龟的筑巢日期正逐渐提前。引发了一系列问题: 提前产卵是否会降低海龟的孵化率? 食物是否充足? 由于海龟孵化的性别取决于沙子的温度(陈久林, 1998), 所以海龟的出生率和性别比例也可能会受到提前筑巢的影响(许谷渊, 2004)。

目前国内只有惠东港口海龟国家级保护区和台湾程一骏领导的海龟保育团队开展了海龟卵的人工移植和孵化研究工作, 主要集中在移植方法、卵窝内的温度、湿度、氧分压与卵孵化率的关系上。

人工移植和集中孵化可以避免外界不利因素对卵及稚龟的伤害。1986年以来, 港口海龟保护区进行了一系列人工孵化试验。梁玉麟等(1990)利用简易孵化箱, 在自然室温下孵化24枚卵, 孵化期最高温度31.5℃, 最低24℃, 平均28.7℃, 57 d 孵出稚龟7只, 均为雌性; 22年来移植孵化率逐年提高, 由51.7%提高到82.1%, 实验证明人工与自然相结合的孵化方式可以有效提高海龟卵的孵化率(陈华灵等, 2007)。

3.6 标志放流及洄游

惠东港口海龟保护区从 1987 年开始对海龟标志放流,至今已有一百多只上岸产卵雌龟被用金属牌标志,内部数据显示雌龟 2—6 年后可再次回来产卵。

1990 年,海龟保护区承担农牧渔业部“南海海龟资源调查”(梁玉麟等,1990),对西沙群岛七连屿和惠东港口海龟湾进行了调查,共对 341 头上岸海龟进行了种类鉴别和生物学测定,对 182 窝海龟做了产卵数目和孵化率统计,并搜集了各调查点的气象、水文资料。

随着全球科技的发展和我国综合国力的提高,自 2001 年起,保护区联合华南濒危动物研究所等科研单位和大专院校,开展海龟卫星追踪工作(王文质等,2002;王华接等,2002)。对海龟的洄游路线、生活规律等进行了系统研究,该项目引起了国际社会的广泛关注,提升了我国渔业主管部门在国际自然环境保护中的地位。

目前保护区已在 9 只绿海龟身上安装了卫星发报器(表 1-3),通过卫星传输数据确定其位置、深度、洄游速度等信息。研究结果显示港口绿海龟没有固定的洄游线路;可下潜 0~300 m,约 45%的频次停留在 0~5 m 的水层(王华接等,2002)。

据卫星追踪结果来看,港口海龟产卵后具有不同的迁徙洄游路线:港口 1 号至 9 号中,有 5 只南下,洄游到雷州半岛或海南岛附近海域;有 1 只北上,抵达日本冲绳岛海域,被日本渔民捕获;另有 2 只在大亚湾和红海间海域来回穿梭。追踪试验综合研究结果表明,海龟能感知地磁场的磁偏角和磁场强度的变化,迁徙中的海龟可能运用这两个地磁参数构成的双坐标来确定自己的位置,从而安全地在觅食地和产卵场之间做长距离洄游(王华接等,2002)。

台湾海洋大学从 1994 年至 2003 年共进行 25 次卫星追踪试验:望安 16 次,兰屿 3 次(1997、1998、2004 的三只母龟被越南渔民捕杀),南沙太平岛 6 次(2000-2003),2005 年“望安十三号”一个月后被捕杀。结果显示在望安产卵的绿海龟属于东南亚地区性分布的种群;在太平岛产卵的海龟其觅食地包括菲律宾的巴拉望岛、吕宋岛、东马来西亚婆罗乃洲及苏禄海等地,这些海域很可能是东南亚海龟的重要栖地。因此需要多国共同参与,才能做到有效地保护海龟(程一骏,2003;2006)。

稚龟入海后会不停地游 24 h 直到大洋中央,靠浮游生物为生;在漂流藻下生活 4、5 年后,背甲曲线 CCL 长到 20~60 cm 后,便会洄游到近海食物丰富的

觅食区去生活，以海草床为主要的成长栖息地；经过 20~50 年待性成熟后，会返回出生地交配、产卵（程一骏，2006）。

表 1-3 惠东港口 1—9 号海龟卫星追踪洄游路线结果

| 编号 | ID 码 | 型号 | 放流日期 | 路径特征 |
|--------|------------|---------------|------------|-------------------------|
| 港口 1 号 | 10673 | ST-6 A1600 | 2001.8.17. | 绕过东沙岛向西至雷州半岛东侧 |
| 港口 2 号 | 10676 | ST-6 A1600 | 2001.8.24 | 穿过台湾海峡至日本冲绳岛东侧，后被捕获 |
| 港口 3 号 | 10674 | ST-6 A1600 | 2001.8.28 | 沿广东近岸向西至雷州半岛东侧 |
| 港口 4 号 | 7779 | ST-14 A800 | 2003.7.5 | 往返于大亚湾大鹏东侧和红海湾遮浪西侧之间的海域 |
| 港口 5 号 | 7967 | ST-18 A800 | 2003.7.5 | 沿广东近岸向西至海南岛东中部近海 |
| 港口 6 号 | 7968 | ST-18 A800 | 2003.7.5 | 沿广东近岸向西至海南岛东中部近海 |
| 港口 7 号 | 7966 | ST-18 A800 | 2004.6.23 | 穿梭于香港至碣石的海域，三次返回保护区产卵 |
| 港口 8 号 | 474C31285F | | 2006.10.23 | 汕尾→大亚湾马鞭洲辣甲岛→西沙群岛→菲律宾 |
| 港口 9 号 | 47033E4B06 | 534226 | 2007.5.25 | 万山群岛附近消失 |

注：港口 8、9 号海龟的 ID 码为 PIT 号码，其它为卫星追踪器的 ID 码。

迄今为止，人们还不明白它们长途旅行靠什么指引？有人认为，它们的定向远游可能与嗅觉有关，用鼻子接触水底、海滩和沙丘，进行测试摸索，从而掌握水情的变化和沙滩的温度；还有人认为，海龟利用浪涛的回声定位，用科学的术语说，它们可能有一个“声纳系统”；甚至有人认为它们在海里仰望天际，视角很大，可能凭太阳和星辰的方位前进（程一骏，2005）。

对于海龟的洄游行为，程一骏（1997b）介绍了三种不同的假说，它们是：群体学习假说（social facilitation）、第一次经验假说（first experience）、以及返回出生地假说(natal homing)。群体学习假说认为海龟和猿猴一样，有社会群聚

与学习的本能。因此,当稚龟长大后,它会跟随有经验的雌龟到产卵地去产卵。第一次经验假说认为,雌龟长大后,会因喜欢沙滩上的某些物理及化学因子而选择该地为其第一次产卵的沙滩,若是能产卵成功的话,就会每次都回到这里来产卵。而返回出生地的假说认为稚龟和鲑鱼一样,在出生后,会在记忆中留下其出生地特有的“记号”:出生地的气味或水流中的物理、化学等待性,因此当其长大成熟后,成龟会“开启”这道记忆之门,再依循这些信息洄游到其出生地去产卵。前两种假说,看似十分吸引人,但却缺乏适当的证据,它们尤其无法解释为何大西洋丽龟广布于大西洋的两侧,却仅回到墨西哥的 Rancho Nuevo 去产卵?为何广布在巴西海岸的绿海龟会洄游 1400 英里的距离,到大西洋中央的孤岛亚森欣岛去产卵?而第三种假说,即“海龟之父”卡尔博士在 1980 年提出“海龟成熟后回到出生地去产卵”的假说,则较能解释这些现象,也较能为世人接受。

程一骏(1995b)认为:通过漫长的生物历史演化留下的海龟基因,使它认为其出生地是最安全的地方,所以,小海龟下海之前,会记住故乡的一些特性,如地磁强度及倾角,或是物理及化学特性,当它成熟发情时,这些记忆之门便会开启,帮助它返回其出生地去交配产卵。海龟生活史复杂,其幼年期、亚成期和成熟期的觅食场不尽相同,对觅食场的忠诚度也很高,成年后可能有一种固定的产卵地—觅食地双向洄游机制(PE, 2004)。

3.7 生态保护、法律法规和宣传教育

没有什么动物群比海龟更有价值、更有意义而同时又被滥用的了(黄祝坚和孙家骏, 1982)。

从 1959 年到 1989 年的 30 年间,中国海南岛及西沙群岛的渔民捕杀海龟相当严重(黄祝坚和毛延年, 1984),在南中国海至少有 3 万只海龟被人为捕杀(张晓荣和梁玉麟, 1993; 程一骏, 1998)。程一骏(1998)认为,我国的海龟保护主要存在两个问题:一是国人保育观念不强;二是对海龟的了解太少。并提出加强生态研究和保育宣传为拯救海龟灭绝的重要方法。

海龟的性成熟年龄在 20~30 年,属 K 选择类型动物,其资源一旦破坏就很难恢复,至 2001 年整个南海估计只剩下 4000 只海龟(朱龙, 2004)。

海洋中的海龟总量在过去的 20 年中已减少了 90%,问题已经非常严重,如果我们不及时采取措施,这些珍贵的海洋动物将从我们眼前消失(惠良, 2004)。

1979年,国务院颁布《水产资源繁殖保护条例》,水生野生动植物保护工作开始有法可依;1986至1988年,《渔业法》、《渔业法实施细则》和《野生动物保护法》相继颁布实施;1988年国务院颁布的《重点保护野生动物名录》中,将海龟列为国家二级重点保护动物,实施重点保护。1994年,国务院批准颁布《自然保护区条例》,农业部于1997年颁布了《水生动植物自然保护区管理办法》;2006年初,国务院颁布了《中国水生生物资源养护行动纲要》。这些法规、文件的颁布为海龟保护提供了重要的法律依据。为减少捕杀,农业部还组织制定了《中国海龟保护行动计划》,统一协调我国海龟资源管理和开发利用,多次组织实施海龟保护执法行动,打击违法利用,采取资源保护与人工繁殖相结合的措施,利用现代生物科学技术开展海龟的驯养和繁殖工作,并设立南海海龟资源调查项目,开展相关科研工作(PE, 2004)。

惠东港口海龟国家级自然保护区是我国大陆18000公里海岸线上的海龟最后一张重要的产床,自古以来一直是海龟上岸产卵繁殖的天然场所,当地人称之为“海龟湾”(张晓荣,1992;张金泉,1996;陈培栋,2005)。多年来,保护区工作人员对周边群众和游客开展形式多样的环保教育活动;宣传爱护野生动物,共保护海龟安全上岸产卵近1000头次、产卵60000多枚;开展海龟的拯救工作,接收渔民误捕、或在海上发现的病龟,及时地进行救护和治疗,待其康复后再放流大海(PE, 2004)。

2006年10月,中国政府与广东省政府在惠东港口海龟国家级自然保护区内共同主办了“2006南海海龟放流活动暨国际海龟年宣传月启动仪式”,并邀请有关专家召开海龟保护研讨会,共同商讨海龟保护相关问题。宣传月期间,北京市农业局、上海市农委、广东省海洋与渔业局也在北京、上海、广州等城市海洋馆或水族馆开展海龟科普活动启动仪式,通过图片展示、知识竞赛、发放宣传资料等形式,向大众宣传水生生物资源养护的重要意义,普及海龟知识;南海区渔政渔港监督管理局还海南组织开展海龟保护专项执法行动启动仪式,清查非法捕捉海龟的行为(中广网,2006)。

现在公然捕捉海龟的行为基本绝迹了,但是渔民误捕海龟的现象还时有发生。

由于海龟属于大型海洋爬行动物,与人一样都是用肺呼吸的,海龟若被丢弃的鱼网或鱼线长时间缠住,血液不畅会引起肢体组织坏死;如果海龟误入拖网、刺网等渔具,一小时内不能浮出水面呼吸,就可能窒息而死。这说明海龟

保护与当地居民特别是渔民的生活方式息息相关，仅仅从事科研工作远远不够的，我们还必须大力宣传生态保育观念和海洋生物知识。

目前我国只有一个海龟国家级保护区和一个省级保护区，即位于广东的惠东港口海龟国家级保护区和澎湖县望安岛绿蠵龟产卵栖地保护区，且二者的面积都非常的小，总和不到 20 km²。这对于保护活动范围大、洄游距离长的海龟来说是远远不够的。

1987 年 3 月在海南省海口市召开了中国第 2 次海龟保护会议，准备在海南陵水、三亚和西沙群岛相继筹建海龟繁殖保护基地（朱龙，2003）。但 20 多年过去了，至今也没有兑现。欧阳统等（1992；1995）经实地调查，强烈建议在西沙群岛建立 4 个海龟保护区，并建议加强宣传教育、加强西沙群岛资源管理和渔政管理（赵尔宓，1998）。

3.8 其它方面的研究

在动物行为方面除了对海龟卫星追踪研究之外，朱龙（2004）对蠵龟的摄食、领域、防御、呼吸和拟态等行为作了研究。肉食性的蠵龟一般独栖，在正常情况下，呼吸频率为 11~27 次/h，平均呼吸频率为 18.0 次/h，即平均呼吸间隔为 133-327 s 之间，呼吸的动作是以吞食空气的方式进行，肛囊辅助呼吸，稚龟遇到危险时会拟态成漂浮水面的木片。

现在，惠东港口海龟保护区正在开展一系列科学实验：利用微卫星 DNA 序列分析法研究南海海龟的种群遗传结构；利用羊水或血清中激素来鉴定稚龟的性别；监测海龟产卵场及其附近海域环境；建立龟鳖种质资源库等。

最近台湾的海龟研究课题除了卵窝内的温度、水势、氧分压与孵化率的关系；还有海龟寄生虫病、血液生理指标、海龟潜水行为、台湾小头蛇（*Oligodon formosanus*）吃海龟卵行为、旅游与生态保护和产卵地环境（附表 2-8）研究等等。

威胁海龟卵的生物因素很多：台湾小头蛇（黄文山，2000）、狗、螃蟹、老鼠和沙滩蠕虫（夏与程个人通信，2007）等等。黄文山（2000）认为保护海龟卵免受台湾小头蛇侵害的做法（围网或移位等）不符合生态学和保育学，其后果是破坏整个食物链。这应属于道家的“无为”的观点，对此我们不敢苟同。

3.9 展望

总体来说,由于我国对海龟的科学研究才刚刚起步,许多方面还不够了解,研究还不够深入。因此海龟的保护技术、尤其仪器设备、监测手段等还很落后,基础研究还很薄弱。今后应加强以下几方面的研究工作:

3.9.1 加强种群评估和监测工作

必须继续研究海龟及其生境、人类活动对其个体和群体健康的影响。评估与监测的内容应当包括:疾病、污染物、人类活动对海龟生存、生育力、成熟年龄、寿命等关键统计指标的影响。应该扩大对海龟习性和生理学的评估。必须评估保护活动,并监测人类和海龟种群的相关情况(李明华,2003)。

必须开发更好的技术,例如标签和信号发射器等,监测海龟的行踪。应该利用新的海龟逃生装置和延绳钓等技术,减少人类活动对海龟的影响(李明华,2003)。

3.9.2.加强疾病防治研究工作

我们研究海龟的生物多样性保护问题,是为了保护这一濒危物种,除人为猎捕、网具误捕、栖息地破坏、环境污染、原油泄漏等原因导致其资源量减少外,再就是疾病对它的影响。水族馆、动物园肩负着展示、保存、繁育动物个体的使命,这些机构既是物种迁地保护的场所,又是进行生物多样性和自然保护教育的基地(朱龙,2004),海龟科研机构和保护区应当建设海龟疾病治疗中心,建立龟鳖种质资源库(周婷和李丕鹏,2007)。

不明病原体导致加勒比海和太平洋中的大量海龟患上了乳头瘤疾病,目前,这种肿瘤病的发病原因以及在世界范围内迅速蔓延的原因是学者和环保人士最关心的严重问题。

提高评估海龟健康的水平,必须改进流行病学和毒物学研究的方法;提高诊断和确认疾病的水平,应该特别关注来自其它领域的可以改用的技术,例如医疗领域的腹腔镜检查技术(李明华,2003)。

3.9.3 以生态旅游促进资源保护

动物保护和旅游开发似乎从来就是一对水火不容的矛盾,但在澳大利亚 MonRepos 的繁殖沙滩观看海龟的游客对当地经济的贡献每年大约是45万美元。在观光时,那些看到海龟筑巢或者孵化的游客更愿意花钱保护海龟(李明华,

2003)。该国科学家还研究维持一个可行的海龟生态旅游项目所需繁殖海龟的数量或者密度。在我国可以发展生态旅游的沙滩，我们应该进行类似的研究。

台湾的生态观光产业发展很快，不仅社区参与海龟保育及经营管理的规划，海龟保育人员也参与商业化合作，成立海龟保育协会，培训生态导游讲师，定期举办海龟保育研习营活动。夜晚组织游客观赏海龟产卵，行前规定：请勿带相机、手电上沙滩；请勿大声喧哗或自由走动；请勿饮食或乱丢垃圾（程一骏，2000）。

海龟资源量的减少归根结底是人为因素造成的，主要原因是过去灭绝式的狂捕滥捞、误捕致死和挖光海龟卵等行为。在开发生态旅游时，可以有组织地对游客进行动物保育思想教育，提高公民的生态保护意识，培养可持续发展的观念；同时，旅游可增加保护区的经济收入，促进保护区的生存、发展和壮大，将有更多的资金用于科研和保护方面。因此，我们应该转变以前只重保护的单一的、陈旧的思维模式，达到资源保护和生态旅共赢的目的。

3.9.4.加强国际交流与合作

对海龟的研究不要仅限于基础理论，更需重视和生产实际相结合。我国海龟研究的基础还很薄弱，虽然港口保护区作了一些初步科研工作，但还远远不能适应我国第一个海龟自然保护区开展工作的需要，这有待于进一步努力，加强科学管理，把保护区变成研究海龟的基地，同时要争取国际上的技术合作与资金支持，吸引国际上的专家来从事海龟的保护和研究工作（王亚民，1993；翟红和黄祝坚，1995）。

因此，加强科学研究、加强海龟保护宣传是拯救海龟物种的重要途径，在开辟海龟保护区域和实施海龟种群保护的同时，其他海洋生物资源和环境也可获得一定的养护，为沿海经济的可持续发展铺平道路。今后，海龟人工孵化、生长发育生物学、遗传多样性、龟病及拖网渔船海龟逃生装置(TEDs, Turtle Escape Devices)等方面的研究将进一步深入，随着人类对海龟这一古老类群探索的不断深入，更多的谜团会被解开，人们在发展经济的同时也逐渐重视海龟保护工作了。

4 两爬动物的甲状腺研究现状

甲状腺（Thyroid Gland）是高等动物所特有的一个重要的内分泌器官，其

分泌的激素与动物的新陈代谢等有着密切的关系。

一些海洋动物，如海龟能进行长途洄游。在洄游过程中，海龟不吃食物或只吃很少的食物，为迁移旅行的消耗，营养物预先在体内积累贮存，甲状腺激素无疑在营养物贮存和利用中起着重要的作用。

目前，甲状腺及其分泌的甲状腺激素仍是生理学家和医学家们研究的热门话题，还有许多疑问有待解答。如甲状腺激素与衰老的关系、海龟的长寿机制等；海龟是目前最大的爬行动物，具有多种重要的价值，如何调控甲状腺激素来加速幼龟的生长，也是一个很有吸引力的研究方向。

4.1 甲状腺

甲状腺的基本单位是滤泡，由上皮细胞围绕，中央有一滤泡腔，充满胶体样的甲状腺球蛋白。

4.1.1 细胞形态学方面

不同种类动物甲状腺的形状、数量及着生位置都有所不同（杨安峰和程红，1999）。

两栖类具有一对甲状腺，位于咽腹壁。蛙的甲状腺为一对椭圆形小腺体，位于舌骨后角和舌骨后侧突之间。大鲵和山溪鲵都有一对甲状腺，腺体结构相似而分布位置不同。大鲵的甲状腺位于颏舌骨肌的前端背面、山溪鲵的甲状腺位于颏舌骨肌的后部外侧（李丕鹏，1990）。

羊膜类的甲状腺逐渐向气管和颈总动脉靠近，以得到更多的血液供应。

爬行类的龟类具单个甲状腺，位于心脏前方，例如绿海龟的甲状腺位于右体动脉弓分叉上方、与右颈动脉的交接处。眼镜蛇甲状腺为单个，位于气管末端，左右支气管分叉处的腹面，近圆形（吴瑞敏等，1995）。蜥蜴和鳄的甲状腺为一对，在气管两侧。

此外，不同功能时期的甲状腺滤泡细胞形状不同。甲状腺滤泡上皮细胞在静止时，细胞为扁平形；分泌活跃时，为立方形或柱形（翁幼竹等，2003）。

4.1.2 甲状腺疾病方面

在内分泌疾病方面，龟类患甲状腺机能低下或甲状腺肥大的情况，主要是发生在加拉帕戈斯群岛的龟。据推测天然饲料中含碘量高，是该病的发生的重

要诱因，该病的主要表现是皮下水肿。也有报道海龟可患糖尿病，并可能出现多食、尿糖，主要的临床病理学表现为尿糖和高血糖，但病因还不清楚（元宝，2006）。

4.2 甲状腺激素

甲状腺激素属胺类激素，是唯一在结构中含有卤代碘的激素，主要有甲状腺素（四碘甲腺原氨酸或 T₄，分子量为 776.9 Da）和三碘甲腺原氨酸（T₃，分子量为 651.0 Da）。甲状腺还含有一碘和二碘酪氨酸，是作为代谢中间产物，参与 T₃、T₄ 的转变和合成。甲状腺激素对生长发育至关重要，细胞体积的增大和数量的增加必须有适量的甲状腺激素参与；甲状腺激素不仅影响细胞的生长与繁殖，同时与生长激素有协同作用，促进蛋白合成，加速体内新陈代谢（王中丽等，2003）。

4.2.1 T₃、T₄ 合成部位及过程

甲状腺滤泡腔内的胶体，是一种碘化的糖蛋白（甲状腺球蛋白）。

滤泡上皮细胞有合成、储存和分泌甲状腺素的功能。其过程是：在粗面内质网内先合成甲状腺球蛋白的肽链，继而输送到高尔基复合体，在此和糖偶联，再由小泡运送到细胞顶部，并和顶部胞膜融合而排出。细胞内合成的过氧化物酶可将来自血液的碘化物活化，碘化过程发生在滤泡上皮细胞与腔界面约 1 μ m 的区域内，即微绒毛与滤泡腔交界处。当小泡的内容物排到滤泡腔时，甲状腺球蛋白的酪氨酰基与碘结合成碘化的甲状腺球蛋白而储存于腔内。在甲状腺受到脑垂体促甲状腺素（TSH）的作用下，滤泡上皮细胞首先从周缘开始以吞噬的方式将胶体吞入，形成胶体泡，然后胶体泡与溶酶体融合，后者含有组织蛋白酶，甲状腺球蛋白水解成甲状腺素——T₄ 和 T₃，再从细胞底部分泌而进入毛细血管或毛细淋巴管内（张家庆和龚念慈，1987；张连琴等，2000；王中丽等，2003）。

4.2.2 T₃、T₄ 在血液中的含量及转变

T₃、T₄ 的效应在数量、时间上不同：T₄ 开始时的作用十分缓慢，但持续时间比 T₃ 更长；由于甲状腺球蛋白（TG）分子上结合的 T₄ 数量远远超过 T₃，因此甲状腺分泌进入血液的激素主要是 T₄，约占总量的 90% 以上；在肝脏和肾

脏中, 少部分 T4 脱去一个 I 转变为 T3, 因此血液中只有很少量的 T3, 但 T3 的生物活性比 T4 约大 5 倍 (本特利, 1984)。

4.2.3 甲状腺激素与生长发育的关系

甲状腺激素的作用范围极为广泛, 几乎对全身都有影响。其主要作用是促进物质与能量代谢、促进组织分化、生长与发育成熟。例如, 切除甲状腺的蝌蚪, 生长与发育停滞, 不能变态成蛙, 若及时给予甲状腺激素, 又可恢复生长, 发育成蛙 (谈华和丁月娟, 2005)。

4.2.4 甲状腺激素与衰老的关系

甲状腺素具有调节新陈代谢速度的功能, 因而甲状腺激素与动物的寿命长短有着密切的关系: 某种动物的新陈代谢越快, 则其生命越短, 反之亦然。甲状腺激素的水平明显降低, 其寿命则延长。研究人员比较了四种不同寿命的啮齿类动物的甲状腺激素水平, 寿命最短的动物 T4 水平比其他三种动物水平都要高, 但 T3 水平差别不大 (教育部科技发展中心, 2006)。

海龟是公认的长寿动物, 可达百岁以上, 是否海龟的甲状腺激素水平比其它动物为低? 将来完全有可能以海龟作为动物模型来研究长寿的机制。

4.2.5 甲状腺激素对海龟生长激素 (GH) 分泌活动的影响

在两栖爬行类, GH 的分泌除受脑控制外, 甲状腺激素(T3 和 T4)也在垂体水平参与了 GH 分泌的调节(Harvey, 1993; Denver, 1997)。Robert and Paul (1988)发现红耳龟稚龟的甲状腺素在垂体水平上可调节促甲状腺释放激素和生长素的分泌; 在海龟, 高剂量的甲状腺激素对离体垂体 GH 的分泌具有直接抑制作用(Denver, 1988b)。但在体条件下, 甲状腺激素对垂体 GH 分泌作用的影响是非常复杂的, 它与甲状腺所处的状态有关 (Denver, 1997)。注射 T4 (每只海龟 0.5 g) 诱导的甲状腺机能亢进能促进离体垂体基础 GH 水平的升高(Denver et al, 1989b)。T4 也能以一种非常复杂的方式影响 TRH 诱导的 GH 释放, T4 处理 1 周能增强垂体 GH 细胞对 TRH 的反应性, 但 T4 处理 2 周时, 却降低了垂体 GH 细胞对 TRH 的反应性。致甲状腺肿药物—他甲唑诱导的甲状腺机能减退能降低离体垂体基础 GH 水平, 但不影响垂体 GH 细胞对 TRH 的反应性。非常奇怪的是, 甲状腺机能亢进时, 垂体基础 GH 水平会升高, 而甲状腺机能减退时,

垂体基础 GH 水平却会降低, 这种情形正好与哺乳类相反, 而与鸟类相似 (Denver et al, 1991b, Harvey, 1989)。甲状腺激素是海龟生长所必需的, 在激素与 GH-IGF 轴的相互作用方面与鸟类十分类似, 比如 T3 刺激海龟生长除直接作用在 GH 细胞上外, 也可在 IGF-1 合成或作用的水平上 (Denver et al, 1991 c)。

4.3 甲状腺功能的调节

纬度、温度、光照、营养和生殖活动都是季节性甲状腺功能变化的主要外界调节因素。大多数生活在温带和寒带的动物, 为了适应季节性的环境变化, 最大限度地提高物种的生存能力, 都表现出一年一度的季节性生理活动。甲状腺功能的冬季降低, 被认为是对冬季食物来源不足的适应。为了渡过寒冬, 动物减少或节省采食, 同时相应调整甲状腺功能, 使新陈代谢降低以适应营养和能量摄入的减少, 延缓身体能量储存 (主要是脂肪) 的消耗 (车茜, 2008)。

Kathryn et al (2001) 测定不同季节的沙漠龟 (*Gopherus agassizii*) 甲状腺激素变化, T3 没有检测出, T4 在雌雄两性中都表现出明显的周期变化。冬眠期最低, 出蛰时升高。雌性 T4 水平只在早春时出现一个峰, 雄性在早春和盛夏共出现两个高峰。

激素周期性和阶段性的释放常常是受脑的控制。对这些变化来说, 光线提供的暗示是特别明显的。外界的温度也参与控制生殖以及其他的周期, 尤其在变温动物 (Licht, 1972; 方永强, 1984), 甲状腺的分泌活动呈明显的周期性变化。经历季节性洄游的鱼类, 甲状腺活动加强 (Leloup and Fontaine, 1960)。吴瑞敏等 (1990a; 1990b; 1994; 1995) 的研究结果表明: 眼镜蛇甲状腺的滤泡、滤泡柱状上皮和吞饮泡的总数均值皆近似单峰曲线的年周期变化, 血浆 T3、T4 和 TSH 的浓度亦均呈单峰曲线的年周期变化, 都与眼镜蛇的活动级别存在非常显著的相关关系。

体内器官和激素之间是互相联系的, 甲状腺功能活动调节的内在机制在于下丘脑、垂体和甲状腺三个水平组成的下丘脑-垂体-甲状腺轴。

爬行类中锦龟 (*Chrysemys dorsalis*) 等冷血动物的垂体-甲状腺轴缺乏对 TRH 的反应, Sawin (1981) 推测可能在进化到温血动物后 TRH 对甲状腺的刺激在生理上才有联系。

Vera Lucia et al (1991) 报道在锦龟甲状腺里存在胰岛素结合位点。当与甲状腺一起孵育时, 胰岛素吸收脱氧-G 增加, 结果强烈支持假说: 胰岛素对甲状

腺功能发挥直接作用。红耳龟的甲状腺激素 5'单碘酶 (MDH) 活性在龟肾脏中的活力是肝脏中的 100 倍, 暗示肾脏可能在甲状腺激素代谢中起关键作用 (Jennifer et al, 1999)。

此外, 甲状腺还可进行一定程度的自身调节。低浓度甲状腺素或温度下降时会刺激腺垂体释放促甲状腺素 (TSH), TSH 又进一步促进甲状腺素 (TH) 分泌 (方永强, 1984)。但关于甲状腺激素对下丘脑是否有反馈调节作用, 实验结果很不一致, 尚难有定论。

4.4 小结与展望

本文综述了部分两爬动物甲状腺及其分泌的激素的研究现状, 但在海龟甲状腺方面还没有系统的报道。因此, 我们认为应加强海龟甲状腺方面的研究工作。

甲状腺激素的调节机制比较复杂, 还有一些新的领域有待开拓, 许多疑问有待解答。例如: 海龟的长寿机制是否与甲状腺激素水平有关? 如何利用甲状腺激素来加速幼龟的生长发育进程? 所有这些有趣的问题都值得我们继续深入研究下去。

5 海龟孵化和性别研究进展

5.1 影响海龟孵化率的因子研究

外界因素诸如: 卵窝深度、温度、氧气、湿度、沙粒大小、植物的有无、卵表面物质 (粘液或卵流出物)、生物敌害等均会影响海龟卵的孵化 (程一骏, 1996; Phillott et al 2001; Booth et al, 2004; Karavas et al, 2005; 陈华灵等, 2007)。

关于卵窝深度, Diong et al (1999) 认为窝深 50 cm、60 cm 对于孵化率、孵化期没有影响。在海龟湾产卵场的雌龟筑巢深度为 65~80cm (Zhang, 1992; Cheng, 1997), 1985—1989 年的自然孵化率在 84%—94%之间 (梁玉麟等, 1990)。

卵窝温度是影响孵化率高低和稚龟性别最直接的因素 (陈久林, 1998; Diong et al, 1999)。David et al (2004) 实验证实孵化温度会影响海龟性别、稚龟大小、卵黄中物质转化量, 还通过稚龟死亡率影响稚海龟的适合度。Kaska et al (2006) 认为与卵窝温度相关的因素有纬度、季节、植被覆盖、沙子颜色、偶然事件 (如降雨、卵的深度) 和胚胎代谢热等, 此外还有温室效应为主要特征

的全球气候变化因素（人民网，2007-12-14）。

卵窝缺氧、氧不足不影响卵孵化时间。但孵出的幼龟具有较低的体重（Johnston et al, 2001）。

关于卵窝湿度的研究较少，Karavas et al (2005) 发现沙滩植物生长区表层到沙深 30 cm 处缺少足够的湿沙，而这正是海龟挖掘卵窝的最浅深度。沙子太干，窝巢很容易塌陷，海龟不能成功构筑卵窝；窝中沙粒太粗，孵化率则低。

在自然情况下，大多数雌龟不喜爱在沙滩植物带产卵，如希腊的 *Sekania* 沙滩（Karavas et al, 2005）、澎湖的望安岛（陈久林，1998），植物根系有可能导致稚龟畸形（Chen et al, 2007）。植物带与海龟筑巢产卵及孵化率之间可能有一些间接关系。

关于生物因子对孵化率的影响，有一些研究。Peters et al (1994) 认为胚胎死亡后的微生物入侵导致海龟卵腐烂，Phillott et al (2001) 也认为真菌出现在海龟卵表面会阻碍胚胎气体交换。在土耳其的 Dalaman 沙滩，Katlms et al (2006) 发现植物下的昆虫 *Pimelia sp.* (Tenebrionidae, Coleoptera) 严重破坏蠓龟的巢，而在离植物越远的沙滩上昆虫越少。Miller (1996) 认为海龟卵破裂后的腐败变质，污染沙滩，不利于孵化和维持海龟种群平衡。

卵窝越大，胚胎释放的代谢热 (Metabolic heating) 越多 (Chen, 1998; Zbinden et al, 2006)，胚胎发育越快，孵化率反而降低。

在惠东港口海龟保护区，梁玉麟等（1990）和陈华灵等（2007）研究结果表明人工移植卵的孵化率接近或高于自然孵化率，并证明人工移植的可行性。

5.2 海龟性别研究进展

5.2.1 海龟性别决定模式

海龟属于温度依赖型性别决定 (TSD)。图 1-2 是海龟的温度型性别决定模式图，横坐标代表孵化温度 (°C)，纵坐标代表雄性稚龟的百分比 (♂%)。图中曲线代表雄性比例随温度升高的变化趋势，阴影部分 TRT (The transitional range of temperatures) 表示从 100%♂ 过渡到 100%♀ 的温度区间范围，当孵化温度高于 E 点时，产生 100% 雌性；温度低于 D 点时，产生 100% 的雄性。曲线上 A 点表示温度为 D 点时雄性的比例接近 100%；C 点表示温度为 E 点时，产生的雄性比例接近 0，雌性接近 100%；B 点代表孵化温度为 F 点时，产生雌雄各半，因此 B 点即为曲线上的关键温度点，F 点就是产生 1♀:1♂ 的关键温度 (PT)，

Pivotal Temperatures)。

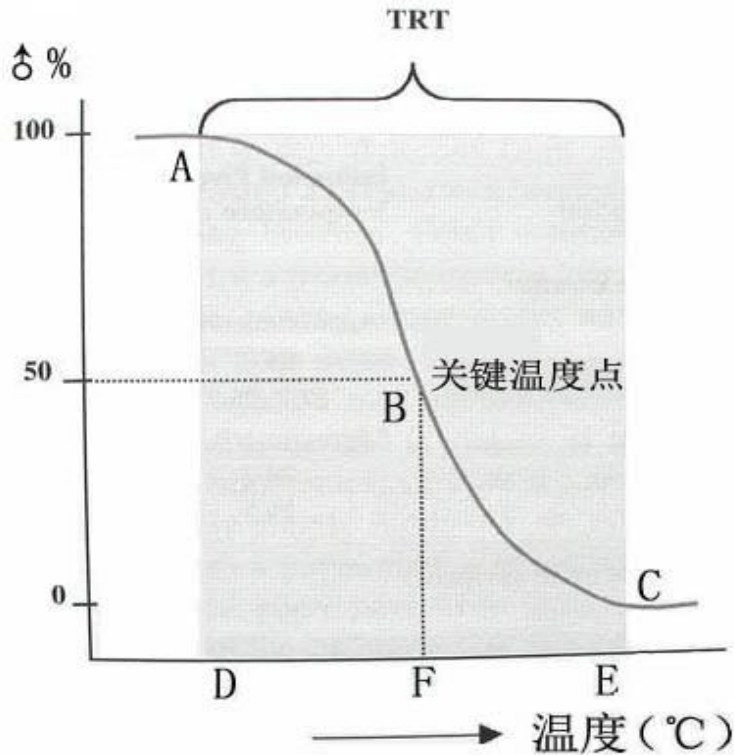


图 1-2 海龟的温度依赖型性别决定模式图（参照 Lutz and Musick, 2003）

温度决定性别的爬行类有一个温度敏感期或热敏期（TSP, Thermosensitive period），其胚胎发育分为三个阶段：未确定期（UP）、温度敏感期（TSP）和性别已定期（SDP）。如墨西哥的太平洋丽龟的热敏期在孵化期的第20-27 d之间，在热敏期内，卵置于32℃以上的孵化温度时，产生的稚龟全为雌性；27℃以下时全是雄性（Gabriel et al,1999）。

PT 在种间甚至种内都有变化，TRT 亦是如此（Lutz and Musick, 2003）。对于蠘龟，当孵化温度<27℃，产生 100%雄性稚龟；温度>31℃时，为 100%雌性稚龟；关键温度大约在 29℃附近，产生 1:1 的性比（Mrosovsky, 1988）。Horacio et al (1997)也在文中提到决定绿海龟、蠘龟和棱皮龟性别的关键温度在 29℃ 附近。关于苏里南（Suriname）绿海龟关键温度的研究，同一个地理种群、不同人的实验结果也有出入，Mrosovsky et al (1984)的 PT 实验结果是 28.8 ℃，Godfrey (1997) 的结果是 29.4 ℃，Godfrey and Mrosovsky (2006) 认为苏里兰

绿海龟关键温度在 29.4~29.5℃ 之间。Broderick et al (2000)对东地中海的绿海龟连续进行 6 年的研究, 确定关键温度点在 29.2℃ 以下, Kaska et al (2006) 测得地中海的蠍龟 90% 偏雌性, 关键温度在 29.0℃~29.3℃ 之间。

在中国, 陈久林 (1998) 曾研究了台湾澎湖县望安岛绿海龟卵窝温度变化对稚龟性别比的影响, 此外, 尚无人涉足此领域。

5.2.2 成熟前的海龟雌雄识别技术

海龟寿命很长, 一般要 30 年以上方能成熟 (程一骏, 1997a; IUCN, 2004; Chaloupka et al, 2005), 成年后海龟雌雄可以很容易地通过尾的长短来识别。然而在成熟之前, 从外形上却很难看出海龟的性别; 传统上, 幼龟的性别是通过性腺的组织学切片来鉴定的 (The American Society of Ichthyologists and Herpetologists, 1990; Gross et al, 1995; Horacio et al, 1997; Godfrey, 1997), 这通常要杀死海龟, 这给濒危物种保护研究和管理工作带来诸多不利。因此迫切需要找到一些无损伤鉴定海龟稚龟及亚成体性别的实用技术。

组织学切片检查性腺是目前最准确的方法。其鉴定标准是: 雌性卵巢有发育良好的皮层 (较厚的皮质层) 和贫瘠的髓质层, 皮层分化出柱状上皮细胞, 有些性原细胞 (germinal cell) 分布于皮层的基膜下; 雄性睾丸没有或有很少的皮层和有组织的髓质层, 睾丸的皮层分化趋于扁平, 鳞状上皮细胞接近白膜。髓质里充满输精管, 性原细胞位于其膜内层, 可见管内腔 (Lutz and Musick, 2003)。

通常认为卵巢的分化要早于睾丸, 32℃ 以上孵出的是♀, 雌性卵巢有一个厚的皮层和残余的髓质; 27℃ 以下孵出的是♂, 雄性睾丸呈现出薄的皮层和显著的被基质包围的髓质索 (Horacio et al, 1997)。

Gross et al (1995) 测定蠍龟羊水和血浆中的睾酮 (T) 和雌二醇 (E₂) 含量, 经性腺切片的组织学印证, 确定稚蠍龟的性别, 其正确率为 96%。

Blair (2005) 通过内窥镜 (探头 D=2.7 mm) 检查 Florida 蠍龟性腺和附肾管, 同时取大约不到 10% 的性腺活组织 (1~2 mm) 做切片检查, 来确定稚龟的性别。此法的好处在于不用杀死海龟, 伤口用可吸收的缝合线和兽用胶粘剂处理, 有利于濒危物种的保护。

对于海龟性别鉴定的技术, 国外在蠍龟 (Gross et al, 1995)、丽龟 (Horacio, 1997) 和绿海龟 (Chaloupka et al, 2005) 已有研究, 但在我国尚处于起步阶段。

张晓荣等（1995）从体型、前肢和尾部来区分稚海龟的雌雄，认为雄性个体较小、前肢较长、尾巴长且尖、尾尖略呈钩状，下水后背甲趋向椭圆形；雌性较大较重、前肢较短、尾巴短且钝，下水后背甲趋向圆形。

用孵化期长短来估算稚海龟性比（陈久林，1998；Mrosovsky et al, 1999），是一种简单、经济的好方法，但首先要建立准确的本地海龟孵化温度模型。

第二章 影响绿海龟卵孵化的生态因子探索

摘要: 2006、2007 年的 6 月至 10 月间, 采用人工移植法进行五组绿海龟卵孵化试验。结果表明: 经过用 1‰碘酒消毒处理, 清除卵表面的粘液或污染物(破卵流出的卵黄和卵白等)后, 海龟卵受霉菌感染、被地下蠕虫侵害的概率大大下降, 孵化率明显升高; 进行移植时, 卵窝的深度应在 70 cm 左右; 并且, 海龟湾沙滩植物生长区不是移植的适宜地点, 我们还发现当每个卵窝大于 50 枚卵时出现明显的数量效应。最后探讨了提高移植卵孵化率的一些其它方法。我们的结果不仅仅适用于惠东海龟湾一个地点, 对世界上其它海龟产卵地, 特别是需要人工移植的地方, 也可能有广泛的适用性, 这对于濒危物种的保护将起到积极作用。

关键词: 绿海龟; 卵; 移植; 孵化率; 粘液; 污染物

1 引言

海龟类是大型的爬行动物, 属于国际 I 类濒危保护物种。国内外关于绿海龟 (*Chelonia mydas*) 卵孵化研究有一些报导, 但多集中在卵孵化率与卵窝深度(陈添喜, 1993; Diong et al, 1999; Karavas et al, 2005)、温度(陈久林, 1998; David et al, 2004)等因子的关系研究上; Peters et al (1994)认为胚胎死亡后的微生物入侵导致海龟卵腐烂, Phillott et al (2001)也认为真菌出现在海龟卵表面会阻碍胚胎气体交换。中国大陆仅有惠东港口海龟国家级保护区(NGSTR: National Gangkou Sea Turtle Reserve, <http://www.seaturtle.cn/>)开展过一些相关研究(吕继生和张晓荣, 1988; 梁玉麟等, 1990; 张晓荣, 1992; 陈华灵等, 2007)。本文通过移植孵化的方法, 探讨了与海龟卵孵化率有关的因素: 卵窝深度、卵窝上方植被的有无、卵表面物质(粘液或流出卵内容物)、生物敌害等。特别是海龟卵表面的粘液或污染物(破卵流出的卵黄和卵白等)是否影响卵的孵化率问题, 国内外尚无此方面的报道。

产卵雌龟的泄殖腔分泌大块的粘液伴随着龟卵落入卵坑。通常认为卵表面的粘液对卵的发育有保护、保水作用; 一些雌龟后肢残缺, 在产卵后埋沙时无意中会破坏部分卵, 致污其余好卵表面。经过观察比较, 当我们用 1‰碘酒将

卵表面的粘液和污染物洗去后孵化率反而明显增高了,因此,我们提出了“海龟卵表面的粘液对卵的孵化可能没有促进作用,仅是有利于卵的顺利产出;卵表面的污染物会极大地降低孵化率”的假说,并对之进行了验证。

中国海龟湾(CSTB: China Sea Turtle Bay, <http://www.seaturtle.cn/>)的沙滩植被主要有厚藤(*Ipomoea pes-caprae*)、单叶蔓荆(*Vitex trifolia var. simplicifolia*)等,沙滩植被带宽幅在30~70 m之间。观察发现,人工移植于植物覆盖处的卵孵化率较低。在自然情况下,许多沙滩,如希腊的Sekania沙滩(Karavas et al, 2005)、澎湖的望安岛(陈久林, 1998),沙滩植物生长区缺少卵窝并非因此处海龟筑巢成功率下降,而是大多数海龟根本就不在那儿产卵。大多数不成功的筑巢尝试就开始于植物线前面(Sutherland, 1996)。植物带与筑巢产卵成功率低(Karavas et al, 2005)及孵化率低之间一定有一些间接关系。

海龟属于温度依赖型性别决定(TSD)(Horacio et al, 1997; GABRIEL et al, 1999)。对于海龟卵孵化出雄性海龟还是雌性海龟,孵化温度起着关键作用,孵化温度越高,破壳的雌海龟越多。全球变暖已经影响到海龟的栖息地,并对海龟的性别比例造成了严重影响(人民网, 2007-12-14)。气候变化会引起海龟种群数量和结构的变化,因为正在孵化的小海龟的性别取决于孵卵温度,而全球平均温度升高,两极冰川融化,导致海平面升高,使得世界许多重要的产卵地有丧失的危险。因此很有必要研究生态因子如温、湿度对海龟卵孵化的影响,特别是在人工移植海龟卵到更安全的地方的时候(Kaska et al, 2006)。

研究影响海龟卵孵化的生态因子具有非常重要的实践意义:①通过人为干预,减少有害因子(生物或非生物因子)的影响,加快海龟资源回升之步伐;②可为今后开发利用海龟资源时提供理论依据;③可评估自然孵化下某个海龟群体的性比,预测未来种群趋势;④可人工设定孵化温度、控制稚龟的性别,防止温室效应致使海龟性比失衡。

本实验目的在于寻找人工移植时的最佳生态因子,如何有效地提高海龟卵的孵化率,为国际I类濒危物种绿海龟的保护、增殖提供实践指导。

2 材料、方法

2.1 材料

试验地点位于惠东港口海龟国家级保护区内(N22°33', E114°54'), 2006年所有用于试验的324卵皆为一只“三足龟”(PIT: 4625523668, Inconel tag:

A-0109) 所产。此“三足龟”重约 150 kg, 背甲曲线长 (curved carapace length = CCL) 104 cm, 背甲曲线宽 (Curved carapace width = CCW) 93 cm。“三足龟”因缺少左后肢、身体平衡能力欠佳, 在产完卵埋沙时常会碰破部分卵, 致使其余卵表面沾有卵内容物 (卵黄和卵白)。2007 年试验用的 480 枚海龟卵为两只正常绿海龟所产, 产卵后及时移植。

2.2 方法

实验一: 2006 年处理组随机选取 21 枚新生卵 (7 枚/窝), 用毛笔沾 1%碘酒洗去卵壳外粘有的卵黄和卵白等污染物, 对照组 (37 枚卵) 没有去除卵壳外卵内容物; 2007 年处理组 60 枚正常卵用 1%碘酒稍微清洗, 对照组 60 枚正常海龟卵用卵内容物涂抹 (20 枚/窝)。卵窝深度都为 60 cm。探讨新生卵表面污染物与海龟卵孵化率的关系。

实验二: 在 A-0109 产完卵埋沙之前, 将其迅速抬走, 以防其压坏卵。处理组用 1%碘酒浸洗约 90 s, 用纸巾抹去新产卵表面的粘液, 对照组不作任何处理。2007 年用正常绿海龟所产 120 枚卵重复此实验三次。卵窝深度皆为 70 cm。探讨新生卵表面粘液与孵化率的关系。

实验三: 设计 40、50、60、70 cm 四种沙窝深度, 从同一窝共取 127 枚卵, 相邻两小窝之间距离 30 cm, 研究不同沙子深度对海龟卵孵化率的影响。

沙窝温度的测定方法: 在水平距离卵窝 20-30 cm 远处先用一细竹竿插一小洞, 然后用温度计 (精度为 0.1 °C) 插入其中, 约每隔 5 d (一个测定点) 定时测量 0~70 cm 产卵场不同深度的沙温。

实验四: 试验分二组 (30 枚/组), 处理 I 组卵埋在裸露沙地上; 处理 II 组埋在沙滩植物覆盖处。卵窝与卵窝间隔 30 cm, 卵窝深均为 50 cm。

实验五: 随机取两窝正常卵, 将每窝卵分为 20、40 和剩余卵共 6 小窝, 卵窝深度皆为 70 cm。探索窝卵数多少 (Clutch Size) 与孵化率关系。

统计分析: 应用 SPSS 11.0 对原始数据进行 F-检验、多重比较、学生 t-检验等, 显著性差异的确定为 P 值小于 0.05。

3 结果

3.1 表面粘有卵内容物对海龟卵孵化率的影响

结果见表 2-1, 去除卵壳外污染物 (卵黄和卵白) 的卵孵化率平均为 85.7%;

而表面粘有卵内容物的卵孵化率平均仅为 14.2%。用 1‰碘酒稍微清洗或用卵内容物涂抹的正常卵孵化率分别为 88.3%和 16.7%。经 t-检验，处理组和对照组之间差异极其显著 ($P < 0.01$)，但处理组和对照组内部方差齐性 ($P > 0.05$)，说明“三足龟”和正常龟所产的卵本质并无差异。

表 2-1 卵表面有无污染物与海龟卵孵化率关系
Table 2-1 Contamination on egg surface - hatch rate relationship

| | 处理方法 | 卵窝号 | 1 | 2 | 3 | 合计/平均 |
|--------------------------|---|-------------------------|-------|-------|-------|----------------|
| | Treat Method | No. nest | | | | Total/ average |
| 处理组 Treat group | 1‰碘酒去除卵壳外 污染物 Cleaning away contamination on egg surface with 1 ‰ Iodine liquor | 卵数(枚) Number of eggs | 7 | 7 | 7 | 21 |
| | | 孵化率 Hatch rate | 85.7% | 71.4% | 100% | 85.7% |
| | 正常卵用 1‰碘酒稍 微清洗 Clearing the normal eggs with 1 ‰ iodine solution | 卵数(枚) Number of eggs | 20 | 20 | 20 | 60 |
| | | 孵化率 Hatch rate | 95.0% | 90.0% | 80.0% | 88.3% |
| 对照组 Contrast group | 对照方法 | 卵窝号 | 1 | 2 | 3 | 合计/平均 |
| | Contrast Method | No. nest | | | | Total/ average |
| | 未去除卵壳外污染物 No treatment to uncleaned eggs | 卵数(枚) Number of eggs | 13 | 13 | 11 | 37 |
| | | 孵化率 Hatch rate | 15.4% | 0 | 27.3% | 14.2% |
| | 正常卵用卵内容物涂 抹 Staining some normal eggs' shells with yolk and albumen | 卵数(枚) Number of eggs | 20 | 20 | 20 | 60 |
| | | 孵化率 Hatch rate | 20.0% | 25.0% | 5.0% | 16.7% |

3.2 新生卵表面粘液与海龟卵孵化率高低的的关系

2006、2007 两年的试验结果见表 2-2。先进行 Levene 方差齐性检验： $F_{2006c} = 0.389$ ， $P_{2006c} = 0.566 (> 0.05)$ ， $F_{2006T} = 0.235$ ， $P_{2006T} = 0.653 (> 0.05)$ ，两样本方差都齐性。

因为“三足龟”和正常龟所产的卵本质并无差异，所以将 2006、2007 两年的

数据合并处理。新生卵表面不做任何处理的对照组孵化率平均为 75.2%，经过 1%碘酒浸洗后的处理组平均孵化率高达 92.5%（表 2-2）。t-检验的结果如下： $t = 8.034$, $P = 0.000 (<0.01)$ ，对照组与处理组孵化率差异极显著，说明 1%碘酒浸洗卵的方法能明显提高海龟卵的孵化率。

表 2-2 卵表面粘液与海龟卵孵化率高低的关系
Table 2-2 The relationship of eggs mucus and hatch rate

| 组别 Group | 年份 Year | 2006 | | | | | | 2007 | | | | | |
|--------------------------|----------------------------|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|------------------------|------------------------|--|--|--|--|
| | | 卵窝号 No. nest | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 合计/平均 Total/Average | | | | |
| 对照组 Contrast group | 卵数(枚) Number of eggs | 17 | 13 | 19 | 20 | 20 | 20 | 109 | | | | | |
| | 孵化率 Hatch rate | 88.2% | 69.2% | 73.7% | 80.0% | 75.0% | 65.0% | 75.2% | | | | | |
| | 卵窝号 No. nest | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 合计/平均 Total/Average | | | | | |
| 处理组 Treat group | 卵数(枚) Number of eggs | 10 | 10 | 10 | 20 | 20 | 20 | 90 | | | | | |
| | 孵化率 Hatch rate | 100% | 90% | 100% | 95.0% | 90.0% | 80.0% | 92.5% | | | | | |
| | 卵窝号 No. nest | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 合计/平均 Total/Average | | | | | |

3.3 不同沙子深度对海龟卵孵化率的影响

结果如表 2-3，卵窝深 70 cm 的平均孵化率最高（93.5%），40 cm 的平均孵化率最低（20.0%）。

经方差分析， $F = 21.319$, $P = 0.001$ ，组间差异极显著。不同深度的孵化率多重比较（LSD 法）结果如下：40cm 与其它三组间的差异极显著（表 2-4）。

2006 年 7 月—2006 年 9 月在海龟卵的孵化期内，约每隔 5 d（选一个测量点）定位测量产卵场不同深度的沙温变化情况（图 2-1），结果发现沙滩表面温度变化幅度最大，最高值与最低值相差 14.7℃；40 cm 深处的最高沙温接近 34℃，高低差值约 6.3℃；而 50~70 cm 的沙温高低差值约为 5.1℃，较小、变化较平缓。

表 2-3 卵窝深度与卵孵化率关系

Table 2-3 The relationship of the nest depth and hatch rate, incubation period

| 深度 (cm) | 卵数 (枚) | 孵化率 (%) | |
|------------|----------------|----------------|-----------------------|
| Nest depth | Number of eggs | Hatch rate (%) | |
| 70 | 14 | 85.7 | 平均 Average 93.5 |
| 70 | 17 | 88.2 | |
| 70 | 10 | 100.0 | |
| 70 | 10 | 100.0 | |
| 60 | 14 | 71.4 | 70.3 |
| 60 | 13 | 69.2 | |
| 50 | 10 | 100.0 | 86.9 |
| 50 | 19 | 73.7 | |
| 40 | 10 | 10.0 | 20.0 |
| 40 | 10 | 30.0 | |

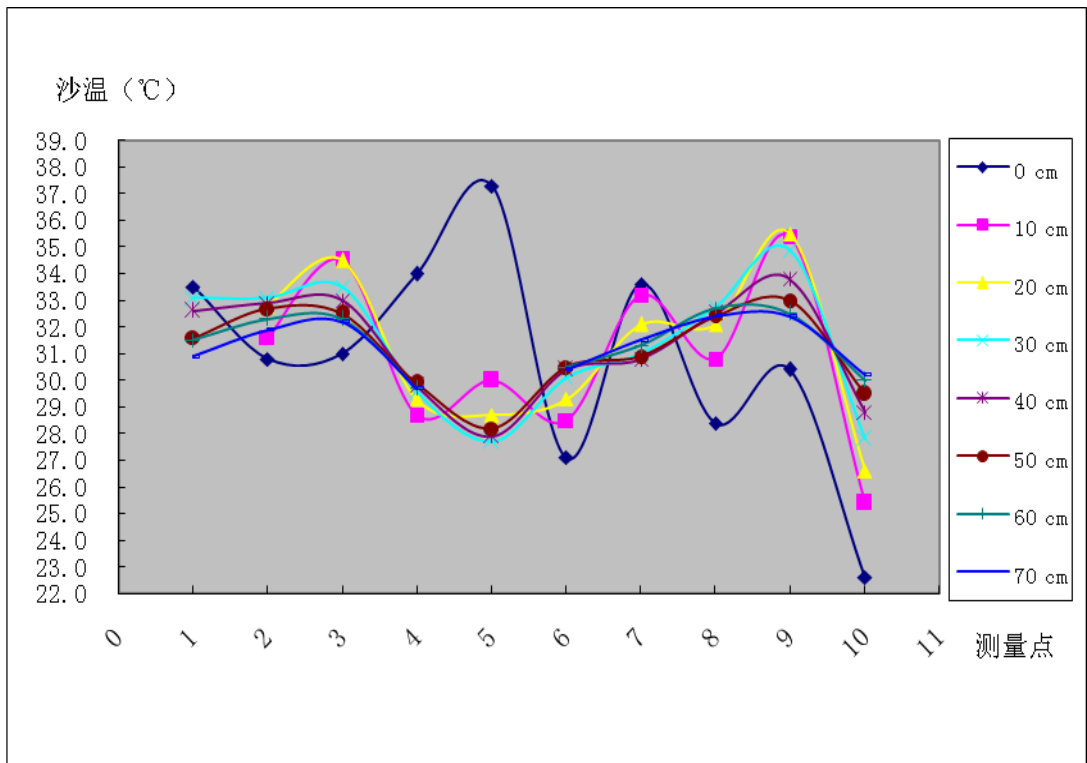


图 2-1 2006.7.20—2006.9.11 不同深度的沙温随时间变化曲线

Chart 2-1 Temperature of different nest depths change with date in 2006.7.20—2006.9.11

表 2-4 卵窝深度与卵孵化率关系的组均数多重比较

Table2- 4 The Post Hoc Tests Multiple Comparisons of the nest depth and hatch rate, incubation period

| 因变量 Dependent Variable | (I)深 (J)深度 度(cm) (cm) | | 组间均数差值 Mean Difference (I-J) | 标准误 Std. Error | P值 Sig. | 95%的置信区间 | |
|------------------------------|------------------------------------|------------------|------------------------------------|-------------------|------------|----------------------|----------------------|
| | (I)Nest depth | (J)Nest depth | | | | 下限 Lower Bound | 上限 Upper Bound |
| | 孵化率 (%) LSD Hatch rate | | | | | 50 | -66.850 |
| 40 | | 60 | -50.300 | 10.9673* | .004 | -77.136 | -23.464 |
| | | 70 | -73.475 | 9.4980* | .000 | -96.716 | -50.234 |
| | | 40 | 66.850 | 10.9673* | .001 | 40.014 | 93.686 |
| 50 | | 60 | 16.550 | 10.9673 | .182 | -10.286 | 43.386 |
| | | 70 | -6.625 | 9.4980 | .512 | -29.866 | 16.616 |
| | | 40 | 50.300 | 10.9673* | .004 | 23.464 | 77.136 |
| 60 | | 50 | -16.550 | 10.9673 | .182 | -43.386 | 10.286 |
| | | 70 | -23.175 | 9.4980 | .050 | -46.416 | .066 |
| | | 40 | 73.475 | 9.4980* | .000 | 50.234 | 96.716 |
| | 70 | 50 | 6.625 | 9.4980 | .512 | -16.616 | 29.866 |
| | 60 | 23.175 | 9.4980 | .050 | -.066 | 46.416 | |

*均数差值的显著性水平为0.05。*The mean difference is significant at the .05 level.

3.4 卵窝上方植被的有无对海龟卵孵化率的影响

卵窝上方植被的有无对海龟卵孵化率的影响结果见表 2-5, 植物覆盖处平均孵化率为 16.7%, 裸露沙地的平均孵化率为 73.3%。

Levene's 检验: $F=2.571$, $P=0.184 (>0.05)$, 两样本方差齐性。经 t-检验, $t=3.001$, $P=0.040(<0.05)$, 暗示卵窝上方有植被覆盖对孵化率有显著影响。

3.5 窝卵多少与孵化率关系

6 小窝卵的孵化率见表 2-6。结果如下: 每窝 20、40 或更多枚卵的平均孵化率分别为 82.5%、70.0%和 49.2%。结果暗示卵窝越小, 孵化率越高。

表 2-5 卵窝上方植被的有无对孵化率的影响

Table 2-5 Influence of vegetable above nests to hatch rate

| 处理 I 组 Treatment I group | 卵窝号 No. nest | 1 | 2 | 3 | 平均 Average |
|-------------------------------|----------------------|------|------|-------|------------|
| 植物带上方裸露沙地上 exposed sand | 孵化率(%) Hatch rate | 40.0 | 80.0 | 100.0 | 73.3 |
| 处理 II 组 Treatment II group | 卵窝号 No. nest | 1 | 2 | 3 | 平均 Average |
| 植物覆盖处 plants covered place | 孵化率(%) Hatch rate | 10.0 | 30.0 | 10.0 | 16.7 |

表 2-6 窝卵数多少与孵化率关系

Table 2-6 The relationship of clutch size and hatch rate

| 小窝编号 No. Nest | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 卵数 (枚) Number of eggs | 69 | 40 | 20 | 51 | 40 | 20 |
| 出龟 (只) Hatchling | 34 | 26 | 17 | 25 | 30 | 16 |
| 孵化率 Hatch rate | 49.3% | 65.0% | 85.0% | 49.0% | 75.0% | 80.0% |

表 2-7 不同卵数的孵化率多重比较

Table 2-7 The hatch rate of different clutch size's multiple comparisons

| (I) 卵数 (I)Clutch Size | (J)卵数 (J)Clutch Size | 组间均数差值 Mean Difference (I-J) | 标准误 Std. Error | P值 Sig. | 95%的置信区间 95% Confidence Interval | |
|-----------------------------|----------------------------|---------------------------------|-------------------|------------|-------------------------------------|-------------------|
| | | | | | 下限 Lower Bound | 上限 Upper Bound |
| 20 | 40 | 12.500 | 4.5660 | .071 | -2.031 | 27.031 |
| | 50以上 | 33.350* | 4.5660 | .005 | 18.819 | 47.881 |
| 40 | 20 | -12.500 | 4.5660 | .071 | -27.031 | 2.031 |
| | 50以上 | 20.850* | 4.5660 | .020 | 6.319 | 35.381 |
| 50以上 | 20 | -33.350* | 4.5660 | .005 | -47.881 | -18.819 |
| | 40 | -20.850* | 4.5660 | .020 | -35.381 | -6.319 |

*.The mean difference is significant at the .05 level.

不同窝卵多少的孵化率多重比较 (LSD 法) 如表 2-7: 窝卵数为 20 枚和 50 枚以上的两组孵化率差异极显著 ($P=0.005<0.01$), 40 枚和 50 枚以上的两组孵化率差异显著 ($P=0.02<0.05$), 20 枚和 40 枚的两组差异不显著 ($P=0.071>0.05$)。

4 讨论及结论

本研究结果进一步表明外界因素诸如: 卵窝深度、温度、湿度、植物的有无、卵表面物质 (粘液或卵流出物)、生物敌害等均会影响海龟卵的孵化率 (程一骏, 1996; Phillott et al 2001; Booth et al, 2004; Karavas et al, 2005; 陈华灵等, 2007)。

4.1 卵表面粘有卵内容物 (卵黄和卵白) 大大降低海龟卵的孵化率

由于产卵雌龟情况特殊, 是一只“三足龟”, 产的部分卵被其压破, 致使其余卵壳外粘有污染物。类似这样的卵一方面易长霉变质, 另一方面易诱引其它生物如: 蛇、野狗、螃蟹、老鼠甚至蠕虫 (Katlms et al, 2006) 前来侵害, 因此孵化率很低。

经过抹洗、清除卵表面的卵黄和卵白后, 海龟卵感染霉菌、被其它生物破坏的概率大大下降, 孵化率明显升高。

据调查, 在保护区成立之前, 每到海龟产卵季节, 当地村民蜂拥而至, 每人手里拿着一根细竹竿, 在沙滩上到处乱戳, 通过卵壳破裂发出的声响和竹尖上粘有的粘液来确定卵窝的位置。甚至在保护区成立以后, 尚有部分管理人员依然采用村民寻找海龟卵的方法, 致使许多龟卵表面粘有破卵流出物; 另外, 海龟湾历史上曾有二十几头次“三足龟”上岸产卵, 估计这些卵的孵化率不会很高。2007 年在台湾望安岛也有一只“三足龟”上岸产卵, 因覆沙时部分卵被碰破, 导致孵化率极低。Miller (1996) 认为一些产卵地由于雌龟密度太高, 产卵者前赴后继, 大量的卵被踩踏破坏、随后腐败变质, 污染沙滩, 这对于必须具有一定数量的稚龟来维持种群平衡构成了很大的威胁。

因此我们的方法很可能适用于世界上其它一些需要移植海龟卵的地区。

4.2 新生卵表面粘液对海龟卵的孵化有不利的影响

随着海洋污染程度的加剧,每当台风过后,沙滩上会留下大量的生活垃圾,导致菌类等腐生生物过度繁殖,污染了海龟产卵场。海龟卵感染真菌后,菌丝会阻碍胚胎的呼吸作用,导致胚胎死亡、腐败(Phillott and Parmenter, 2001; Johnston, 2001)。

海龟产卵时其生殖道会分泌大量的粘液,伴随龟卵落入卵坑。Lomholt (1976)亦认为卵壳上的粘液必须去除,以免堵塞气孔、阻碍胚胎呼吸。本实验二结果用 1% 碘酒洗去卵表粘液能明显提高海龟卵的孵化率,我们认为这不仅与卵的呼吸通道有关,而且粘液也与导致的病原微生物感染或招致生物天敌有关。因为粘液的存在为病原微生物如霉菌感染提供了温床,感染霉菌后可以导致卵壳结构的破坏。

这说明粘液的存在对于卵的孵化率没有促进作用。粘液的作用可能仅仅是有助于卵顺利通过产道而产生。粘液多,易感染真菌;气味强,会招引其它生物前来破坏。在大陆和台湾的几个产卵地,笔者都曾在一些新生卵窝内见过小头蛇 *Oligodon formosanus*。程一骏(2007)通过“Y”型塑胶通道试验,发现海龟产卵时分泌的粘液能引诱小头蛇爬过来,用尖尖的牙齿划破卵,然后吸食卵内容物,证明小头蛇对粘液具有趋向行为。

通过本实验的研究,我们认为海龟卵表面的粘液对卵的孵化可能没有促进作用,仅是有利于卵的顺利产出;卵表面的粘液会显著地降低孵化率。

4.3 移植时应选择适当的深度

Diong et al (1999) 认为窝深 50 cm、60 cm 对于孵化率、孵化期没有影响,我们的结果进一步证明了这一结论的正确性,因为我们的结果显示:窝深 50、60、70 cm 的孵化率没有很大差异,而窝深 40 cm 的孵化率显著降低。这说明窝深直接影响着孵化率,而与孵化介质和不同地域等关系无显著性差异。这是因为卵窝温度高低和大幅度变化会影响孵化率和孵化期(陈久林, 1998; Diong et al, 1999),窝深小于 40 cm 的沙温变幅大(图 2-1),易导致胚胎死亡,而 50~70 cm 范围内的沙温趋向一致、比较稳定。

在海龟湾自然产卵的卵窝深度为 65~80 cm (Zhang, 1992; Cheng, 1997)。实验结果显示窝深 70 cm 处平均卵化率最高(93.5%)。因此人工移植时卵窝深度应在 70 cm 附近,不宜少于 40 cm。

4.4 沙滩植物生长区并非移植的适宜地点

沙滩植物生长区表层到沙深30 cm处缺少足够的湿沙、甚至窝深50 cm处也没有足够的水分 (Karavas et al, 2005), 而这正是海龟挖掘卵窝的最浅深度。沙子太干, 窝巢很容易塌陷, 海龟不能成功构筑卵窝 (Karavas et al, 2005)。另外, 我们发现有许多卵 (约70%) 在孵化过程中被沙滩里的甲虫 (eg. Yellow mealworm, *Tenebrio molitor*) 破坏。在土耳其的Dalaman沙滩, Katlms et al (2006) 也发现植物下的昆虫 *Pimelia sp.* (Tenebrionidae, Coleoptera) 严重破坏蠓龟的巢, 而在离植物越远的沙滩上昆虫越少。

海龟湾沙滩上主要植物有台湾乳豆 *Galactia fimosana*、厚藤 *Ipomoea pes-caprae*、单叶蔓荆 *Vitex trifoliavar. simplicifolia* 和铺地黍 *Panicum repens* Linn 等。产卵期沙滩植被带最宽处约 70 m, 植被带下方即为风暴线 (Storm line)。目前, 还没发现大多数绿海龟、蠓龟 (Karavas et al, 2005) 拒绝在沙滩植物生长区筑巢产卵的适应机制。可能原因是①植物生活过程中消耗大量的水分, 导致植物带上层严重缺水。而胚胎发育过程中需要从外界获取水分, 处于较潮湿的卵窝, 胚胎的代谢速率较快, 孵出的稚龟也较大 (Chen, 1993), 较大的稚龟具有更大的适合度 (Sutherland, 1996)。②沙滩植物生长区与裸露沙地相比, 50cm 处沙温要低 0.7 °C 左右 (个人观测数据)。温度低, 孵化期长, 龟卵遭受有害生态因子攻击的危险系数增大, 生殖投入成本增加。③海龟湾的大多数沙滩植物的根茎较粗而韧, 不易被折断, 海龟筑巢时受阻, 很难成功构建卵窝。④根腐虫生, 虫伤龟卵 (Katlms et al, 2006), 并且植物根系有可能导致稚龟畸形 (Chen et al, 2007)。

4.5 窝卵数多少与孵化率关系

通过比较历年来的资料表明: 在海龟保护区刚成立的几年时间里, 海龟卵孵化率很高, 随后有逐年下降的趋势。近年来海龟卵孵化率较低 (Chen et al, 2007), 我们仍不清楚确切的原因, 但我们会采取某些措施来提高孵化率。

卵窝越大, 胚胎释放的代谢热 (Metabolic heating) 越多 (Chen, 1998; Zbinden et al, 2006)。卵窝中代谢热积累可能导致孵化温度过高, 胚胎发育过快, 孵化率反而降低。卵窝小, 产生的代谢热就少, 易于散失。

坏卵会影响周围的好卵。卵窝越大, 每窝中出现坏卵的机率越高, 腐败的卵或胚胎引起菌类繁殖, 向四周扩散, 造成连锁反应 (Miller, 1996), 甚至会影

响发育中的胚胎。我们的实验结果可能暗示当每窝卵大于 50 枚时会出现数量效应，显著降低孵化率，而窝卵为 20 和 40 的两组之间孵化率没有明显不同。

根据表 7 的结果显示：超过 50 枚/窝，才显示出明显的数量效应。所以虽然在实验中我们每窝取样比较少，一般不超过 40 枚/窝，这样恰好窝间的数量效应不显著，窝卵数不同造成的影响可以忽略。

4.6 小结

- A. 海龟卵人工移植时，应先清除卵表面的粘液和其它污染物。通过实验，验证了我们提出了“海龟卵表面的粘液对卵的孵化可能没有促进作用，仅是有利于卵的顺利产出；卵表面的污染物会极大地降低孵化率”的假说是成立的。
- B. 最佳移植地点应选择在高潮线以上的裸露沙滩地带，周围清洁卫生、没有腐木枯叶等垃圾，卵窝位于植被带边缘而不是沙滩植物生长区。
- C. 卵窝深度应在 70 cm 左右，可以考虑将一大窝卵分成数小窝孵化，以减少坏卵对其他正常卵的孵化影响。
- D. 本实验的结果可适用于其它国家的产卵地，对其他地区开展海龟卵人工移植孵化有指导意义。

第三章 绿海龟稚龟性别鉴定技术及关键温度研究

摘要: 我们采用人工恒温孵化海龟卵的技术, 通过形态学鉴定、测定羊水和血液中性激素等多种手段, 获得鉴定惠东港口绿海龟 *Chelonia mydas* 稚龟性别的多种方法标准。海龟性腺切片分皮层和髓质两部分: 卵巢中皮层较厚、基质中有大小不一的未成熟卵细胞及髓质中空腔较少; 睾丸的皮层较薄、髓质中空腔较多、呈现出显著的被基质包围的髓质索。当 $E_2:T < 1.5$ 时, 孵出的稚龟为雄性 (σ); 当 $E_2:T > 1.5$ 时, 稚龟为雌性 (ρ), 并确定绿海龟性别决定的临界温度在 29.4°C — 29.5°C 之间, 此时产生约 1:1 的性比。最后还讨论了各种不同鉴定性别方法的优劣, 认为抽取羊水化验、测定性别热敏期 (TSP) 温度、或通过孵化期的长短来估算雌雄的比例以及长期电子身份证标志等技术, 都属无损伤鉴定海龟性别的简易方法。

关键词: 性别鉴定; 绿海龟; 关键温度; TSD; E_2 ; T

1 引言

一般稚绿海龟 (Green Sea Turtles, *Chelonia mydas*) 要经 20~50 年方能成熟(程一骏, 1997a), 成年后海龟雌雄可以很容易地通过尾的长短来识别。然而在成熟之前, 从外形上却很难看出海龟的性别, 由于雄性幼龟阴茎尚未发育完好, 不易发现, 这给性别鉴定工作带来很大难度。因此应提高确定海龟性别的水平(李明华, 2003), 找出一些无损伤鉴定海龟稚龟及亚成体性别的实用技术。

对于海龟性别鉴定的技术, 国外在蠓龟 (Gross et al, 1995)、丽龟 (Horacio, 1997) 和绿海龟 (Chaloupka et al, 2005) 已有研究, 但在我国尚处于起步阶段。

幼海龟的性别鉴定技术有性腺切片的组织学检查(The American Society of Ichthyologists and Herpetologists, 1990;)、测定血液或羊水中雌雄激素比值(Gross et al, 1995)和腹腔镜 (Chaloupka et al, 2005; Blair, 2005) 等几种方法。Gross et al (1995) 测定羊水中 (取自卵壳) 的睾酮 (T) 和雌二醇 (E_2), 与性腺切片的组织学检查和血浆中 (心脏血) T 和 E_2 比值三方面相互印证, 确定稚蠓龟的性别; 性腺组织学切片 H-E 染色是常用的鉴定稚海龟性别技术, 其判定的标准

是看皮质的发展程度以及髓质中是否存在输精管；用孵化期长短来估算稚海龟性比（陈久林，1998；Mrosovsky et al, 1999），是一种环保、简单、廉价、可重复的好方法，但首先要建立准确的本地海龟孵化模型。

张晓荣等（1995）从体型、前肢和尾部来区分稚海龟的雌雄，认为雄性个体较小、前肢较长、尾巴长且尖、尾尖略呈钩状，下水后背甲趋向椭圆形；雌性较大较重、前肢较短、尾巴短且钝，下水后背甲趋向圆形。

鉴定稚海龟雌雄具有非常重要的实践意义：①通过雌雄辨别，从而有意识地按雌雄比7:3的数字模式进行放流，以免盲目性放流引起自然性比失调；②可利用性激素或性信号来刺激以致促成其单性提早成熟，加快海龟资源回升之步伐；③可为今后开发利用海龟资源时提供养殖亲本配比的依据（张晓荣等，1995）；④可用于评估自然孵化下某个海龟群体的性比，预测未来种群趋势；⑤可人工设定孵化温度、控制稚龟的性别，防止温室效应致使海龟性比失衡。

海龟属于温度依赖型性别决定（TSD），胚胎发育分为未定期、温度敏感期和性别已定期三个阶段，在热敏期内，卵置于32℃以上的孵化温度时，产生的稚龟全为♀；27℃以下时全是♂（Gabriel et al, 1999）。当孵化温度在某一点时，产生1:1的雌雄比值，这一点就是关键温度（PT, Pivotal Temperatures）。

绿海龟、蠓龟和棱皮龟决定性别的关键温度（PT）在29℃附近，通常认为卵巢的分化要早于睾丸，32℃以上孵出的是♀，雌性卵巢有一个厚的皮层和残余的髓质；27℃以下孵出的是♂，雄性睾丸呈现出薄的皮层和显著的被基质包围的髓质索（Horacio et al, 1997）。

对于关键温度的确定，不同国家或地区的研究者结果不尽相同，甚至有较大的出入。袁澣（1992）报道绿海龟卵孵化温度在28.5℃下，全雄♂，28.5℃以上乃有雌龟孵出，30.5℃以上全是雌龟。梁玉麟等（1990）以自然室温不加控制，孵化期最高温度31.5℃，最低24℃，平均28.7℃，得幼龟7只，均为雌性。我们认为这是由于胚胎的温度敏感期处于6月夏至高温期之故。陈久林（1998）曾研究了台湾澎湖县望安岛绿海龟卵窝温度变化对稚龟性别比与孵化状况的影响。

温度依赖型性别决定的细胞机制至今尚无定论，Gabriel et al (1999) 提出一个比较合理的解释：偏雌的孵化温度增加性腺中P450芳香异构酶活性、导致睾丸激素转变成雌二醇。雌二醇对于发育中的胚胎具有雌性化作用；相反，偏雄的孵化温度抑制性腺中P450芳香异构酶活性的表达，使性腺中雌二醇浓度下

降，胚胎则发育为雄性。

对于海龟卵孵化出雄性海龟还是雌性海龟，孵化温度起着关键作用。全球变暖使得海龟卵的孵化温度升高，若温度上升 1°C ，将使得一些海滩的雄性海龟无法出生，导致稚龟中雌性的比例大大增加（人民网，2007-12-14）。而海平面上升又将会降低海龟进行孵化的海滩温度。因此，监控稚龟性比很重要（Kaska et al, 2006）。

海龟数量的正常和稳定是保护海龟的基础。怎样的雌雄海龟比例才可以维持正常的海龟数量呢？我们仍然不知道怎样建立正常的海龟性比。理解雌雄海龟的比例对于保持海龟数量的稳定增长的重要性，对于指导海龟保护措施是非常有帮助的。

因此，开展绿海龟性别鉴定技术研究，既能了解海龟种群性比组成，也能进一步促进自然种群动态平衡和增长，有利于海龟的科学养殖、增殖和种质资源保存工作，因而具有重要的理论和实践意义。

2 时间、地点、材料和方法

2.1 研究时间和地点

于2006年6月—2008年1月间，在广东惠东港口海龟国家级保护区管理局（N22°33'，E114°54'）进行了本次试验。

2.2 材料

收集自两个不同沙滩的绿海龟雌龟产的卵，取其中200枚正常卵用于人工恒温孵化试验。

2.3 方法

我们在雌龟产卵后立即收集100枚卵，运回实验室，测量、标记和称重。100枚卵分5组，分别放在 28.0 、 28.5 、 29.0 、 29.5 、 30.0°C LHS-150SC 恒温恒湿箱（分辨率 0.1°C ）内孵化。每个温度下放20枚卵。保持基质湿度恒定。

卵埋在孵化基质海沙中，胚胎位置向上，上面覆盖海绵，湿度保持在85%—90%。每天检查孵化箱工作情况，直至幼体孵出（此实验重复一次）。

稚龟从卵壳孵出时，每个温度下任选6只（共30只），用移液器从卵壳取剩余羊水， -40°C 冰冻保存，以备雌雄性激素分析。

上述孵出的 30 只稚龟、用巴比妥钠麻醉，用 1 ml 的针管从心脏取血、制备血清，-40℃冰冻保存，以备收集齐后♀、♂激素分析；解剖取下带有性腺的肾脏、用 Bouin's 液固定，性腺放 4℃冰箱保存，集齐后统一用酒精冲洗，石蜡包埋，连续切片，切片厚 7μm，H-E 染色，常规病理方法制片（杜卓民，1998），光学显微镜下确定性别（The American Society of Ichthyologists and Herpetologists, 1990; Gross et al, 1995; Horacio et al, 1997; Godfrey, 1997）。

其余的出壳稚龟用白漆标志背甲，测量体重、体长等数据，稚龟 2d 之后下水入池分养。待稚龟生长到 100 g 以上时，从颈窦抽取静脉血、离心制备血清，用冰壶运送惠州市医院（三甲医院，美国 Beckman coulter ACCESS2 全自动微粒子化学发光免疫分析系统）化验雌雄激素。

部分幼龟用电子身份证（PIT Tags）标志，观察其生长率、适合度差异。并可结合标记放流、洄游重捕实验，将来验证性别鉴定技术和估计我国绿海龟种群的规模大小。

海龟性别鉴定技术流程如图 3-1

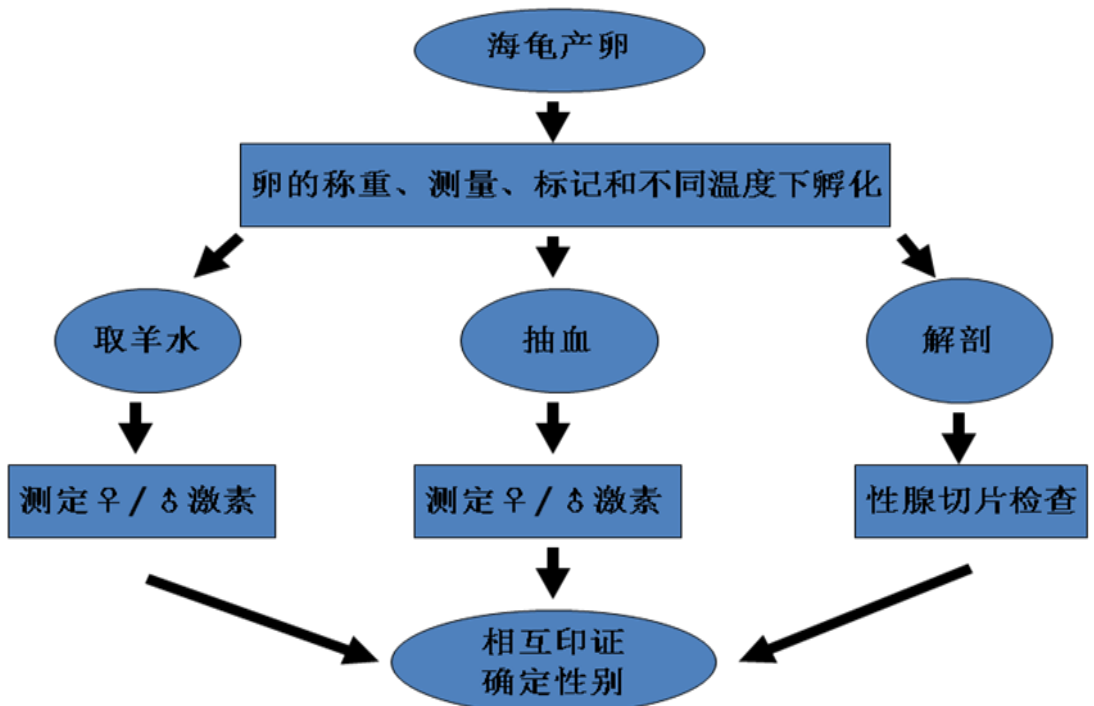


图 3-1 海龟性别鉴定技术流程图

2.4 统计分析

应用 EXCEL2007 和 SPSS 11.0 Production Facility 对原始数据进行 F-检验和学生 t-检验，确定显著性差异的 P 值小于 0.05。

3 结果与分析

3.1 稚绿海龟性别形态学鉴定结果

200 枚海龟卵共孵出 161 只稚龟（从出生后到 1 年之内称为稚龟），孵化率为 80.5%。其中部分稚龟用于形态学水平的性别鉴定，分个体水平、器官水平、解剖镜和光学显微镜共四个层面。

个体水平 (图 3-2)

从外部形态观察：一般雌龟背甲卵形或近似圆形，背甲末端钝圆，个体较大较重；雄性背甲桃核形或心形，臀盾末端尖，前肢的爪较长，体型瘦长，体重较轻。



图 3-2 2 月龄绿海龟♀(左)、♂(右) 稚龟

器官水平 (图 3-3)

肉眼观察：绿海龟的性腺白色条状，位于肾脏腹表面、前端，向外斜行。雄性生殖系统由睾丸、副睾、输精管和阴茎组成；雌性生殖系统由卵巢、卵巢系膜、输卵管及阴蒂等组成，卵巢粗细不匀，弯曲呈蚓状或两端弯曲，边缘成波浪状。

解剖镜水平

解剖镜下，卵巢白色，新月牙形或基部弯曲，中部宽扁，粗细不匀，隐约

可见卵巢系膜，其外缘有白色细长的输卵管，输卵管通向背甲和肺脏之间；精巢长条形乳白色，放大后可见白色弯曲短棒状的曲细精管。附睾淡黄色柳叶形，位于精巢外侧（图 3-4）。

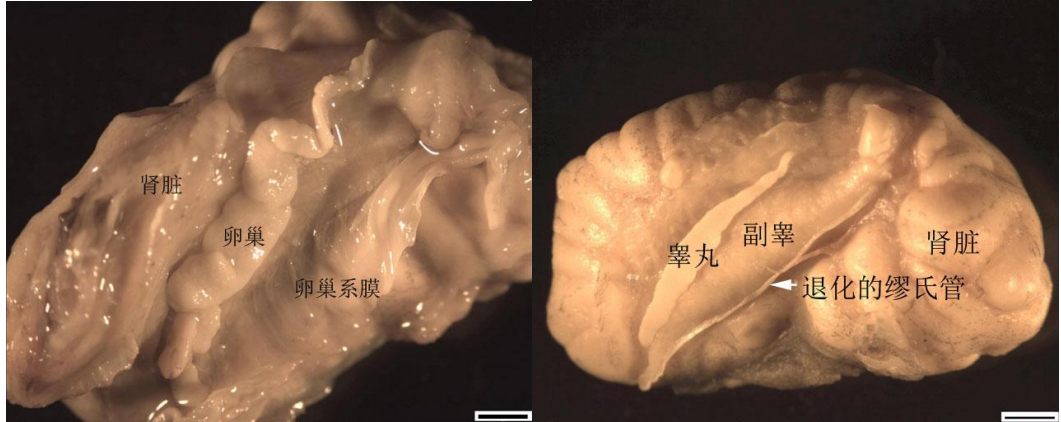


图 3-3 ♀(左)、♂(右) 约 6 月龄性腺的位置及形态腹面观 (标尺 0.5 cm)

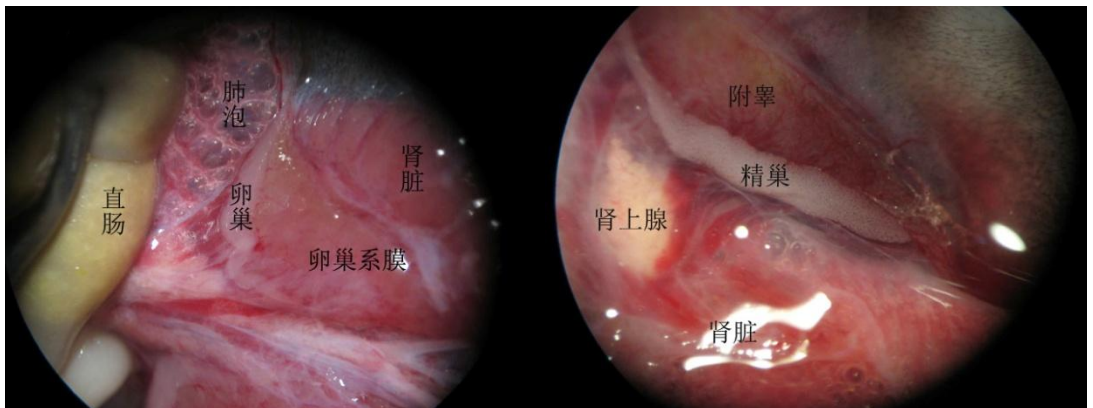


图 3-4 解剖镜下♀(左)、♂(右) 性腺的位置及形态

(注：左侧为 2 月龄长蚓状卵巢，粗细不均，边缘不平，小滤泡颗粒状，卵巢系膜初现；右侧为 1 月龄长条形睾丸，放大 (40×) 后可见细而短的弯曲小管：曲细精管。)

光学显微镜水平

光学显微镜下的性腺切片，性腺分皮质和髓质两部分。若看到的性腺中皮质较厚、皮质基质中有大小不一的未成熟卵细胞及髓质中空腔较少的是卵巢；若皮质较薄、髓质中空腔较多、呈现出显著的被基质包围的髓质索的是睾丸(图 3-5)。

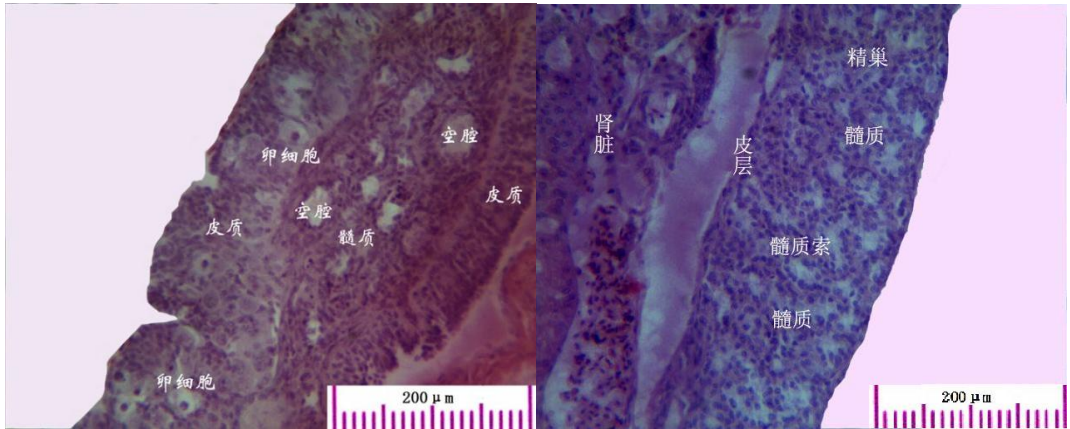


图 3-5 稚龟 2 月龄性腺横切 (10×10, 左为卵巢; 右为睾丸)

3.2 羊水和血清中 E₂、T 含量及其比值结果

取羊水的 30 枚卵孵出的 30 只稚龟, 取其性腺做切片、确定性别, 结果为: 16♂, 14♀; 羊水和血清中 E₂、T 含量及其比值结果见表 3-1、图 3-6 和图 3-7。

表 3-1 羊水和血清中 E₂、T 含量及其比值

| 性别 | n | 取样 | E ₂ (ng/ml) | T (ng/ml) | E ₂ :T |
|----|----|----|------------------------|-------------|-------------------|
| ♂ | 16 | 血清 | 0.132±0.037 | 0.186±0.058 | 0.788±0.338 |
| ♀ | 14 | | 0.205±0.050 | 0.105±0.030 | 2.000±0.438 |
| ♂ | 16 | 羊水 | 0.120±0.035 | 0.194±0.071 | 0.735±0.425 |
| ♀ | 14 | | 0.207±0.019 | 0.106±0.020 | 2.005±0.316 |

从表 3-1 可看出, 无论是血清还是羊水中, 雌二醇 (E₂) 值在雌性显著大于雄性 (P < 0.05); 睾酮 (T) 值在雄性显著大于雌性 (P < 0.05); E₂:T 的比值在雌性显著大于雄性 (P < 0.05)。同性的三个生化值在羊水和血清之间差别不大 (P > 0.05)。

从羊水中 E₂、T 含量及其比值散点图 (图 3-6) 得知: 若通过 E₂、T 含量来区分雌雄时, 有一条浓度大致为 0.15 ng/ml 的分界线; 若由 E₂:T 的比值高低来区别雌雄, 分界线在 1.5 值附近。在图 3-6- I、II、III 中, 判定雌雄的正确率分别为 86.67%、83.33% 和 96.67%。

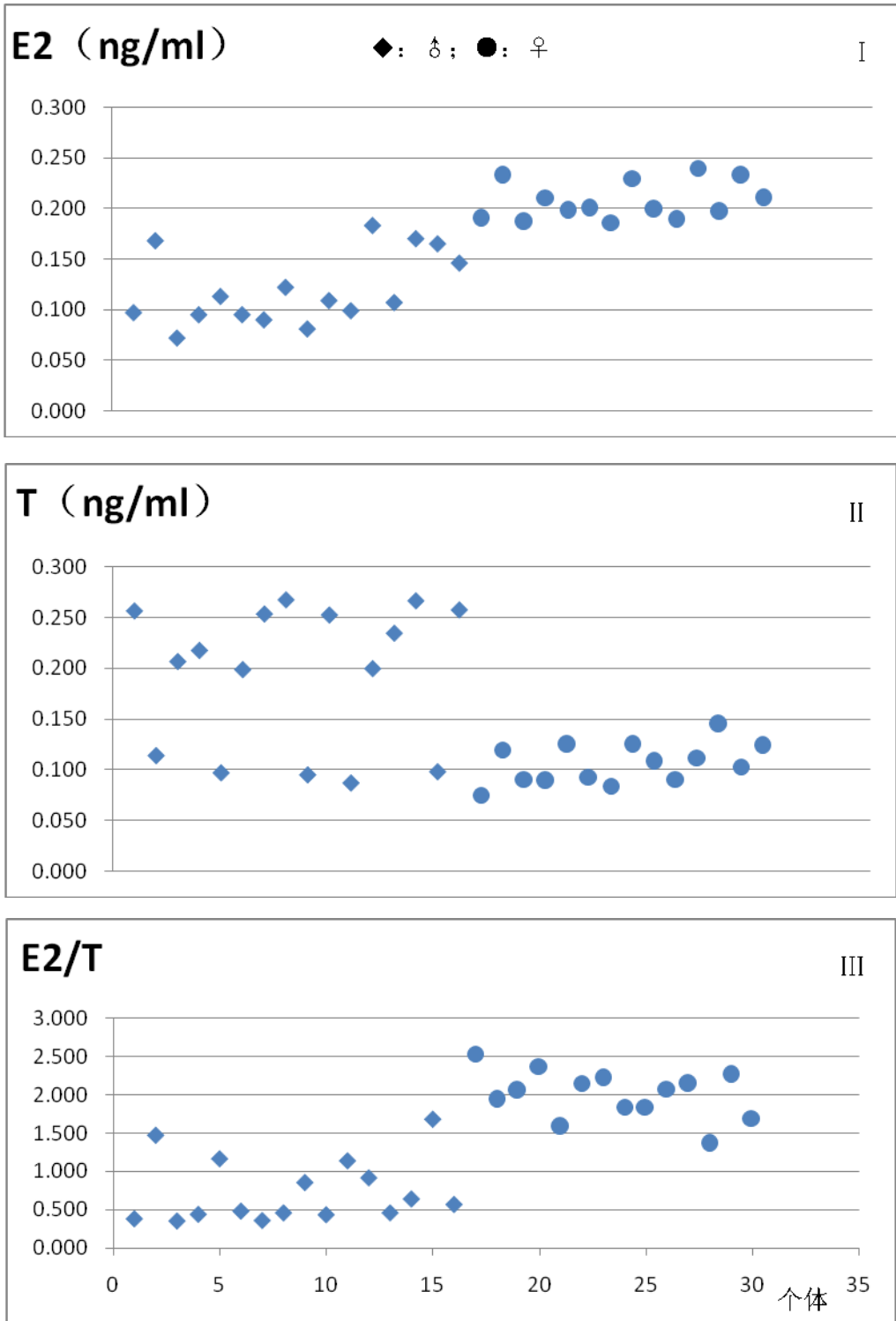


图 3-6 30 只稚龟羊水中 E₂、T 含量及其比值散点图

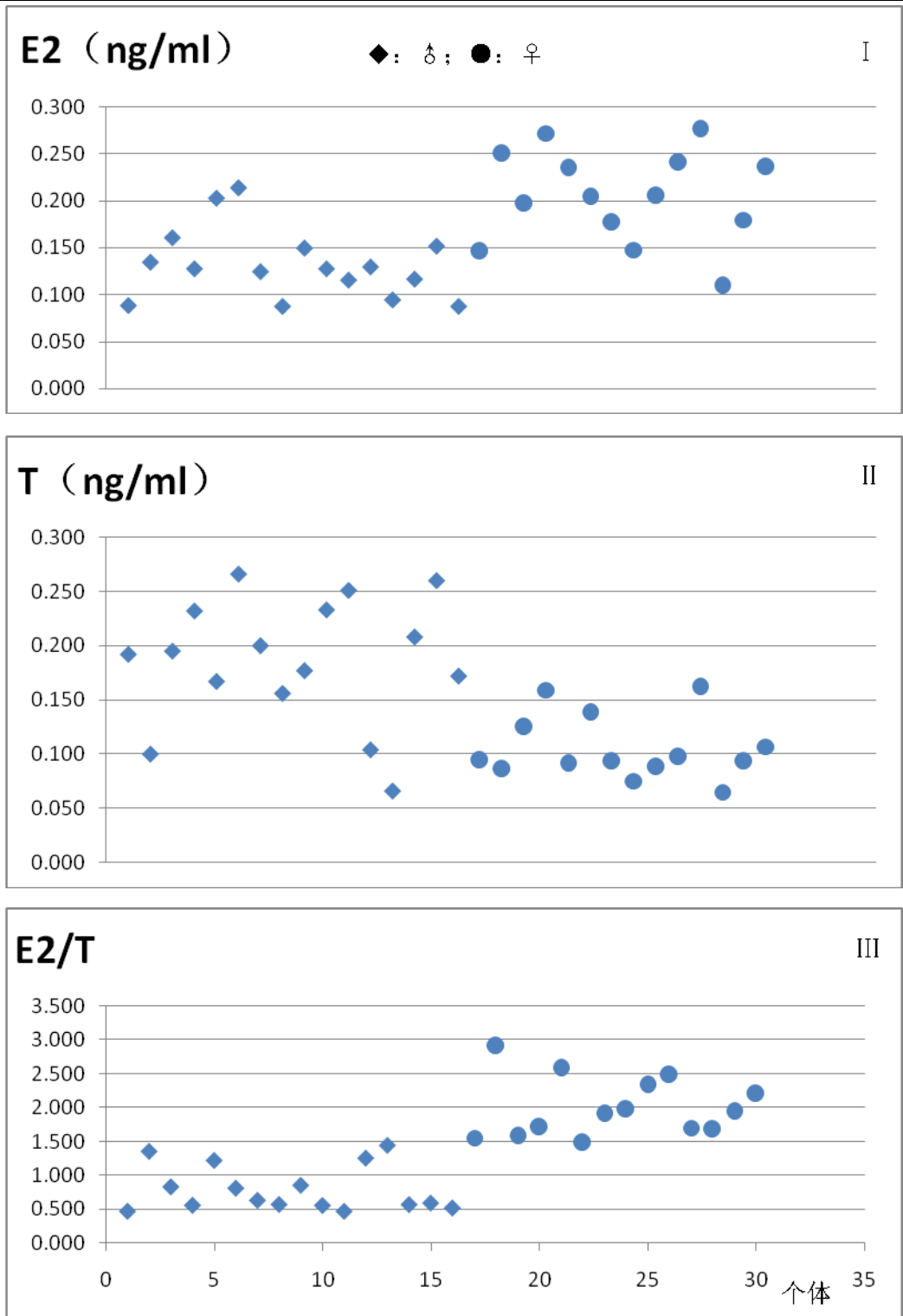


图 3-7 30 只稚龟血清中 E₂、T 含量及其比值结果

血清中 E₂、T 含量及其比值亦有相似的结果 (图 3-7)。图 3-7- I、II 中, 也有一条浓度大致为 0.15 ng/ml 的分界线; 如果根据 E₂:T 的比值高低来区别雌雄, 1.5 的数值是二者的分界线 (图 3-7-III)。三种方法的准确度分别是 76.67%、83.33% 和 96.67%。

由上可知, 根据 E₂:T 的比值高低来区别绿海龟稚龟雌雄的方法, 其正确率最高 (96.67%)。当 E₂:T 的比值大于 1.5 时, 稚龟为雌性; 比值小于 1.5 时, 稚龟为雄性。

3.3 不同孵化温度对海龟性别的影响

根据性腺解剖、羊水和血清中雌雄激素的比值确定了 30 只稚龟的性别: 16♂、14♀; 在不同温度下人工孵化的出壳稚龟入池分养, 待稚龟生长到三个月后, 从颈窦抽血、离心制备血清, 通过雌雄激素比值来确定性别; 在人工养殖过程中, 意外死亡或病死的稚龟用于形态解剖, 观察生殖系统, 性腺切片等鉴定性别。这三方面汇总得到不同温度下孵化的稚龟及雌雄数目 (表 3-2)。

表 3-2 不同温度下孵化的稚龟及雌雄数目

| 温度 (°C) | 稚龟 (只) | ♀ | ♂ | ♀/♂ | ♀/总 | ♂/总 |
|---------|--------|----|-----|-----|--------|--------|
| 28.0 | 30 | 4 | 26 | 1/6 | 13.33% | 86.67% |
| 28.5 | 34 | 7 | 27 | 1/4 | 20.59% | 79.41% |
| 29.0 | 39 | 15 | 24 | 5/8 | 38.46% | 61.54% |
| 29.5 | 27 | 14 | 13 | 1/1 | 51.85% | 48.15% |
| 30.0 | 31 | 20 | 11 | 2/1 | 64.52% | 35.48% |
| 合计 | 161 | 60 | 103 | 3/5 | 37.27% | 62.73% |

本次试验共孵出 161 只稚龟, 孵化率为 80.5%; 其中♀占 37.27%, ♂占 62.73%; 在 29.5°C 附近, ♀/♂ 约为 1:1; 低于此温度点时, ♂比例升高; 高于此温度点时, ♀比例升高。

根据表 3-2 中数据作出绿海龟孵化关键温度图解 (图 3-8): 稚绿海龟性比为 1:1 的关键温度在 29.4°C—29.5°C 之间。在一定范围内, 随着温度升高, 雌性比例增大; 随着温度下降, 雄性比例提高。

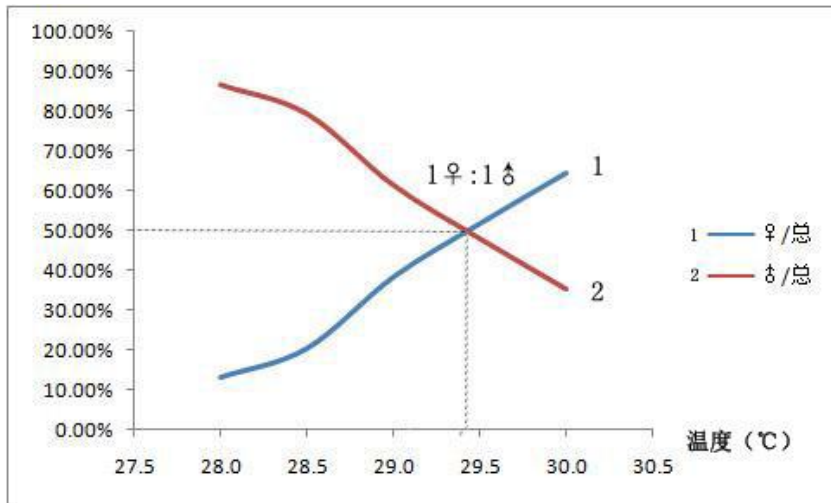


图 3-8 惠东港口绿海龟孵化关键温度图解

4 讨论

4.1 关于幼绿海龟性别形态学鉴定方法

研究海龟首先要解决的是确定年龄和性别问题。海龟的寿命很长，生活史复杂，稚海龟大约要 30 年左右才性成熟。成年海龟雄性尾较长，相当于其背甲直线长 (SCL) 的 50%，雌性尾较短，约为 SCL 的 6% (未发表数据)，雌雄易于区分；尾部不仅可区分成龟雌雄，还可用于确定年龄，野生龟的年龄一般可通过尾椎骨磨片的年轮数目来鉴定，尾椎骨经盐酸处理后，可以隐约看出生长年轮(许高宜，1986；肖亚梅和周工健，1998；青岛海底世界，2006)。

但是，幼年海龟仅从外表很难区分其雌雄。尽管张晓荣等 (1995) 曾报导从个体的外部形态来区分稚海龟的雌雄，认为雄性个体较小、前肢较长、尾巴长且尖、尾尖略呈钩状，下水后背甲趋向椭圆形；雌性较大较重、前肢较短、尾巴短且钝，下水后背甲趋向圆形。但稚龟的体型还与营养条件有很大的关系，在生长发育中个体差异较大。此法属于经验性判断，缺乏量化标准和精确性，误判率较高。根据海龟湾保护区的工作人员的实践，此方法在鉴别稚海龟和幼年海龟性别上实用价值有限。

稚海龟的雌雄辨别很有实践意义，不仅可有意识地按一定的性比人工放流 (张晓荣等，1995)，有利于改善种群的性别结构、维持种群数量稳定，而且可以达到监测和评估人工孵化海龟对性别控制的效果。因此，建立一种简单有效的辨别雌雄的方法是目前海龟保护中的一个重要课题。

根据我们的实践,解剖和组织切片是鉴定稚龟性别正确率较高的传统方法,容易区分睾丸和卵巢。

在观察幼稚海龟性腺位置时,可首先识别肾脏:肾脏呈蚕豆形,肉红色,表面有一些沟回;然后在肾脏腹面找出白色的性腺,性腺位于肾脏前方约 1/2 处,斜行,贴近肾上腺(黄白色),睾丸呈白色长条形,边缘较平齐;卵巢粗细不匀,弯曲呈蚓状或两端弯曲呈“S”形。

对稚龟来说,卵巢和精巢较难区分。如果无法做组织学切片,可通过下列特征来进行判断:当性腺边缘附有系膜而且缺少盘曲的输精管时,暗示性腺是一个卵巢,就可以判断为雌性海龟。对于稍大的海龟,当小滤泡更加明显时,卵巢将变成粉红色、颗粒状的组织(Wyneken, 2001)。

Blair (2005) 通过内窥镜(探头 $D=2.7\text{ mm}$) 检查性腺和附肾管,同时取大约不到 10% 的性腺活组织(1~2 mm) 做切片检查,来确定 Florida 蠪龟稚龟的性别。此法的好处在于不用杀死海龟,有利于濒危物种的保护。

4.2 关于性激素鉴定方法

从我们的实验结果可知:就羊水来说,通过 E_2 、T 含量或两者比值来判定雌雄时,其正确率分别为 86.67%、83.33% 和 96.67%;若是血清中,三种方法的准确度分别是 76.67%、83.33% 和 96.67%。所以我们认为无论是羊水还是血清,鉴定方法没有明显的优劣之分。

Gross et al (1995) 根据 $E_2:T$ 的比值高低来区别蠪龟稚龟的雌雄,其正确率为 96%,与我们的结果相近;当 $E_2:T$ 的比值 ≥ 1.25 时,蠪龟稚龟为雌性;比值 < 1.25 时,蠪龟稚龟为雄性,也就是说,区分蠪龟雌雄的分界点是 1.25,而在本次实验中,区分绿海龟稚龟雌雄的临界值为 1.5,这很可能是种间差别的原因。

抽取卵壳羊水是一种对稚海龟身体没有丝毫伤害的方法。在人工孵化的稚龟即将出壳之时,研究人员守护在孵化器旁边,只要稚龟一出壳,就可收集卵壳内的羊水,所以此法简单易行。

测定血清中 ♀ 、 ♂ 激素的方法在国外比较流行实用,我们通过艰苦的摸索,找准了海龟颈窦的位置(见第五章 1.2.4),目前已掌握抽取海龟血液的方法和抽取的血量(1~3 ml)。

因此,通过测定羊水或血液中性激素比值来鉴定稚龟个体性别是我们的首选方法。

4.3 关于海龟性别决定的关键温度 (PT)

国外有许多学者一直热衷于海龟卵孵化关键温度 (pivotal temperature) 的研究, 不同种类的海龟、同种海龟的不同地理居群, 其关键温度亦有所差别。

墨西哥的太平洋丽龟卵 32°C 以上产生的稚龟全雌; 27°C 以下全雄 (Horacio et al, 1997; GABRIEL et al, 1999)。对于蠓龟, 当孵化温度 < 27°C, 产生 100% 雄性稚龟; 温度 > 31°C 时, 稚龟为 100% 雌性; 关键温度大约在 29°C 附近, 可产生 1:1 的性比 (Mrosovsky, 1988)。Horacio (1997) 也认为绿海龟、蠓龟和棱皮龟决定性别的关键温度在 29°C 附近。苏里兰绿海龟 (Godfrey and Mrosovsky, 2006) 关键温度的最佳估计值是 29.4~29.5°C, 当与前人在此地研究的数据合并后的关键温度为 29.2~29.3°C; Godfrey (1997) 的实验结果是苏里南绿海龟关键温度是 29.4 °C, 并发现一些稚绿海龟的生殖腺兼具雌雄两性的特征, 视为间性。Broderick et al (2000) 对东地中海的绿海龟连续进行 6 年的研究, 确定关键温度在 29.2 °C 以下, 6 年中雌性比例高达 86%~96%, 并得出惊人的结论: 东地中海的绿海龟性比强烈偏雌。

本次试验中, 在 29.5°C 下, 孵出 14♀:13♂, 我们的结果是惠东港口绿海龟孵化关键温度在 29.4°C—29.5°C 之间, 根据图 3-8, 该关键温度稍微高于 29.4°C 一些, 产生 1♀:1♂ 的性比。

4.4 性别鉴定方法的选择

根据我们的工作经验, 鉴定海龟个体的性别, 应根据海龟所处的不同发育时期和状况, 运用相应的方法和技术。例如: 对于刚刚孵化的稚龟, 可设法收集羊水并测定其中雌雄激素的比值; 若是 100 g 以上的稚龟至 2 年的幼龟, 可通过测定血液中性激素比值来鉴定雌雄; 如是 3 年幼龟到性成熟前, 可测定血液中♀、♂激素比值或利用内窥镜检查性腺确定性别 (Chaloupka and Limpus, 2005); 成龟可直接通过尾部长短确认雌雄。对于死亡个体, 可直接解剖、观察性腺或做切片; 通过内窥镜观察海龟性腺是最直接的性别鉴定方法, 但这种方法适用于较大的幼龟和成龟; 活体一般不提倡运用解剖辨认性腺的方法, 因为这不利于濒危物种的保护工作。

目前惠东港口海龟国家级保护区已投入大量科研经费, 购买了内窥镜、温度自动记录仪和 PIT 芯片等必要设备, 将用于评估我国南海海龟群体的性别组

成。我们可采用测定孵化期温度的方法，利用在卵窝中埋设温度长期自动记录仪，测定胚胎发育中性别热敏期（TSP）的平均温度值(GABRIEL et al,1999)，或通过孵化期的长短来估算雌雄的比例（陈久林，1998；Mrosovsky et al, 1999）；或者在放生海龟时用电子身份证（PIT Tags）标志（古河祥等，2007b），将标记放流和洄游重捕试验（包括渔民误捕报告）结合起来，待将来海龟性征分化后，我们可以验证性别鉴定技术的准确度和估计我国绿海龟种群的规模大小。上述三种方法都属无损伤鉴定海龟性别的方法。

第四章 绿海龟甲状腺结构及 T₃、T₄ 与幼龟生长发育的关系

摘要: 许多动物甲状腺结构及其激素的分泌水平皆呈周期性变化。我们观察了海龟甲状腺显微和超微结构特点, 不仅说明绿海龟具有和其他爬行动物相似的组织结构, 而且绿海龟幼体甲状腺的组织结构和细胞超微形态特点也表现出明显的年周变化特点。通过化学发光法测定了人工养殖的 8~20 月龄绿海龟血清甲状腺激素的含量, 结果表明: 绿海龟血清 T₃ 浓度最高峰出现在 7 月份, 而生长速度最快的月份却是 9 月份, 滞后 2 个月; 血清 T₄ 最高值出现在 10 月份; 全年环境温度(气温、水温)与绿海龟血清中 T₃、T₄ 浓度变化皆成近似平行的单峰曲线。结论: 绿海龟全年生长速度、甲状腺细胞形态结构和甲状腺激素分泌水平具有一定的节律性。

关键词: 甲状腺; T₃; T₄; 绿海龟; 生长

1 引言

甲状腺激素对生长发育至关重要, 细胞体积的增大和数量的增加必须有适量的甲状腺激素参与, 甲状腺激素不仅影响细胞的生长与繁殖, 同时与生长激素有协同作用, 促进蛋白合成, 加速体内新陈代谢(王中丽等, 2003; Soukhova et al, 2004)。

环境温度、光照和营养都是季节性甲状腺功能变化的主要外界调节因素。大多数生活在温带和寒带的动物, 为了适应季节性的环境变化, 最大限度地提高物种的生存能力, 都表现出一年一度的季节性生理活动(车茜, 2008)。例如, 眼镜蛇(*Naja naja Atra*)血浆 T₃、T₄ 的浓度均呈单峰曲线的年周期变化。血浆 T₃、T₄ 浓度的高峰时间分别是 7 月 2 日和 7 月 8 日。暗示眼镜蛇 T₃、T₄ 分泌增多的内因是蛇自身节律性的调节(吴瑞敏等, 1995)。派驻阿拉斯加州的美国步兵, 总的和游离的 T₄、T₃ 水平都有显著的季节性变化。总的 T₄、T₃ 水平在冬天最高, 游离的 T₄、T₃ 水平在早春最高, 本土的和外来者之间 T₄、T₃ 的不同可能不仅是对寒冷气候、而且也是对光线的适应(Levine et al, 1995)。

甲状腺激素是促进机体生长、发育和成熟的一个重要因素, 其作用十分广

泛,几乎遍及全身组织,主要是调节机体的物质代谢和能量代谢、生长发育(郭青枝等,2000),促进生长发育的作用是通过组织的发育、分化起促进作用而实现的。若食物中钙、磷的失调,低钙高磷的食物可以刺激甲状腺分泌失调。导致骨质疏松(朱龙,2005)。目前国内外尚未见到关于绿海龟甲状腺与生长发育关系的研究资料。

因此,开展绿海龟甲状腺与生长发育的关系研究,弄清该种动物物质和能量利用的规律,既能了解人工养殖的绿海龟的生长模式,也能进一步促进自然种群的动态平衡和增长,有利于海龟的科学养殖、增殖和种质资源保存工作,因而具有重要的理论和实践意义。

在刚出生阶段,自然界中的稚海龟非常容易遭到天敌的攻击,其成活率不到1%。因此,惠东港口海龟保护区每年会暂养一批稚龟,经过人工饲养一两年后再放生大海,正是提高海龟存活率的关键措施之一,这也为科学研究海龟的生理生态提供了可能。

2 材料和方法

2.1 人工暂养殖情况

在惠东港口海龟国家级保护区内(N22°33', E114°54'),利用海龟馆现有的水泥池(10 m²/池)饲养2005年8月份出生的正常绿海龟共100只以及一些成年海龟,饲养用水是直接从大海抽提、经沙滤、沉淀和预贮后的海水(张飞燕,2005;陈华灵,2006),海龟的饲料有鱼虾类、复合饲料、蔬菜和海藻等,每日投饵量约为海龟体重的5%,投喂时间在早上10:00~11:00之间,观察海龟排便情况和水清洁度。每日换水时间为13:30~15:00。记录每天气温、水温,投喂的饲料种类、进食情况,活动情况等。

2.2 形态测量

测量工具有电子秤(精度为0.1 g)、数显电子卡尺(桂制03000002号,精度0.02 mm)、游标卡尺(精度0.01 mm)和卷尺(精度0.1 mm)。在2006年4月至2007年5月间,每月20日随机抽样测量10只2005年生绿海龟的体重、背甲曲线长(CCL)形态学指标(具体测量参数指标解释见缩略词表)。

2.3 甲状腺显微结构观察

常规石蜡包埋(杜卓民, 1998), 切片厚 7 μm , H-E 染色。OLYMPUS BH-2 显微镜观察并照相, LEICA DFC 280 显微成像系统, 拍照软件: LEICA IM50 Version 1.20 Release 15。

光镜下观察甲状腺滤泡形状, 甲状腺滤泡上皮细胞大小、形状和高度以及分泌颗粒等。

2.4 甲状腺超微结构观察

迅速活体取得海龟甲状腺, 切成 1 mm^3 的小组织块, 4 $^{\circ}\text{C}$ 下 4%戊二醛固定, 1% 锇酸后固定, Epon812 包埋, 电镜切片厚 80 nm, 柠檬酸铅-醋酸铀双染色。在荷兰飞利浦公司透射电镜 (PHILIPS TECNAI-10TEM) 下观察甲状腺分泌颗粒、线粒体、粗面内质网等超微结构变化情况, 用 Morada Soft Imaging System 拍照。

2.5 甲状腺激素测定试验

2005 年出生的正常绿海龟 60 只。在 2007 年中, 每月 20 日上午 9:00 喂食前不重复取样 5 只, 用真空负压管 (红色帽) 和皮头针抽取颈窦血液 1~2 ml, 3500 g 离心 5 min, 所得血清试样置于 -40 $^{\circ}\text{C}$ 下贮存以备收集齐后分析。甲状腺激素测定采用美国贝克曼公司 ACCESS 微粒子化学发光分析仪。测量同一年龄级别的海龟在一年的不同月份体内激素的含量, 探索激素的年周变化, 并与形态学指标相印证。

所得数据经统计学软件 EXCEL2007 和 SPSS11.5 计算平均值、处理作图, 获得不同月份的生长曲线和甲状腺激素含量波动曲线。

3 结果

3.1 绿海龟生长情况

2005 年生绿海龟的体重、背甲曲线长 (CCL) 形态指标 (结果见表 4-1), 体重由 8 月龄时 286.7 g 增长到 20 月龄时的 1203.5 g, 背甲曲线由 125.2 mm 增加到 215.6 mm。在不同的月份生长速度不同, 9 月份达到最大值: 月增重为 256.7 g, CCL 月增长为 25.2 mm; 在 1~4 月份体重不但没有增加, 反而下降, CCL 也略有减少。

图 4-1 是根据表 4-1 数据所作, 可见体重月增重和 CCL 月增长皆成单峰曲

线，在9月份达到最高峰，生长速度最快；1~4月间降至最低，出现负增长。

表 4-1 2005 年生绿海龟 8~20 月龄的体重、背甲曲线增长情况

| 月龄 | 测量月份 | 体重(g) | 月增重(g) | CCL (mm) | CCL 月增长 (mm) |
|----|------|--------|--------|----------|--------------|
| 8 | 4 | 286.7 | | 125.2 | |
| 9 | 5 | 349.2 | 62.5 | 133.3 | 8.1 |
| 10 | 6 | 370.7 | 21.5 | 138.8 | 5.5 |
| 11 | 7 | 401.1 | 30.4 | 146.9 | 8.1 |
| 12 | 8 | 530.6 | 129.5 | 161.1 | 14.2 |
| 13 | 9 | 787.3 | 256.7 | 186.3 | 25.2 |
| 14 | 10 | 927.2 | 139.9 | 201.5 | 15.2 |
| 15 | 11 | 1030.1 | 102.9 | 207.5 | 6 |
| 16 | 12 | 1175.0 | 144.9 | 213.0 | 5.5 |
| 17 | 1 | 1164.7 | -10.3 | 213.3 | 0.3 |
| 18 | 2 | 1143.3 | -21.4 | 211.5 | -1.8 |
| 19 | 4 | 1114.7 | -28.6 | 210.0 | -1.5 |
| 20 | 5 | 1203.5 | 88.8 | 215.6 | 5.6 |

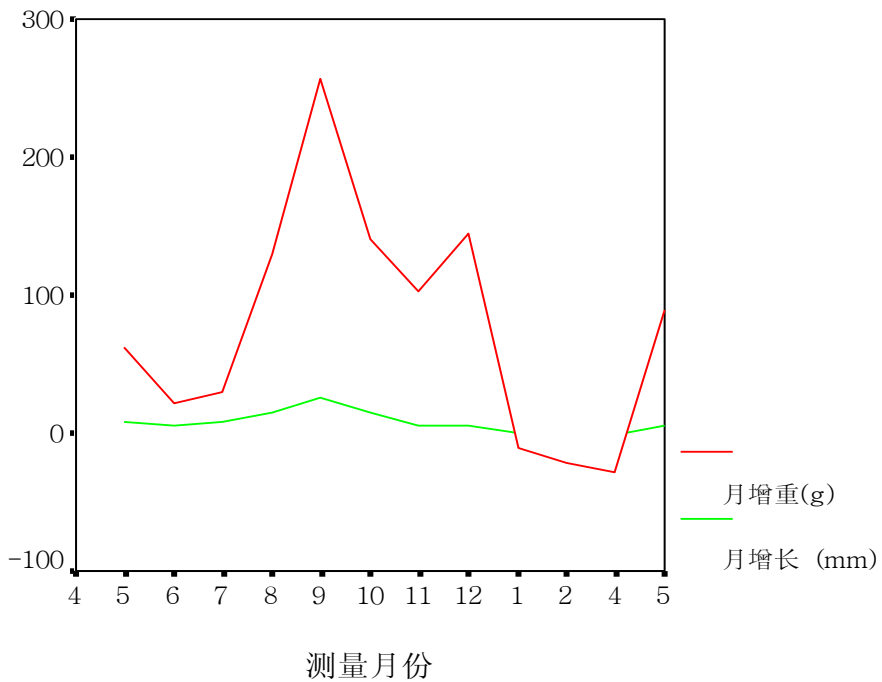


图4-1 2005年生绿海龟不同月份的体重月增重和CCL月增长曲线图

3.2 海龟甲状腺的一般结构

绿海龟甲状腺为单个，位于右体动脉弓分叉上方、与右颈动脉的交接处。腺体表面被薄层结缔组织被膜，其中分布有小血管和丰富的毛细血管。腺体实质组织由甲状腺滤泡组成，滤泡之间有稀疏的结缔组织和毛细血管。滤泡多呈圆形或椭圆形，滤泡上皮细胞-即甲状腺细胞多为单层，细胞形态因功能时期不同而呈立方形至高柱状（图 4-2）。滤泡中充满嗜酸性的胶质，在功能活跃状态，胶质与甲状腺细胞之间存在吞饮泡。

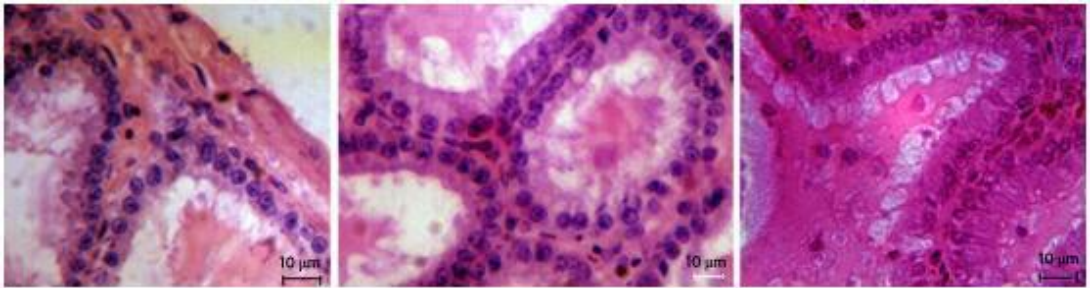


图 4-2 成年龟甲状腺的组织结构特点 (40x)

3.3 绿海龟甲状腺的结构变化

通过对 12 月份，3 月份和 7 月份的小海龟甲状腺的显微结构观察，可以看出，在 12 月份的甲状腺细胞最低矮，细胞几乎呈立方状，细胞核质比小，高宽比约为 1:1；滤泡内的胶质比较稀薄，染色较浅，无吞饮泡。3 月份的甲状腺细胞较高，细胞呈低柱状，核质比较大，高宽比约为 2:1；滤泡内的胶质比较稀薄，染色也稍浅，吞饮泡不明显。到了 7 月份，甲状腺细胞显著增高，核质比增大，高宽比达到 3:1 甚至更高；滤泡内的胶质丰富，染色深，上皮细胞和胶质之间出现大小不等的众多吞饮泡（图 4-3）。

电子显微镜观察进一步显示，处于不同高度的甲状腺细胞具有明显的差别。与显微结构相对应的低矮细胞的胞质中不仅参与合成分泌的细胞器少或不发达，如线粒体少和高尔基体不明显；而且分泌颗粒集中于细胞游离端（图 4-4）。高柱状甲状腺细胞的胞质中则含有丰富的线粒体和发达的高尔基体，大小不等的分泌颗粒散布于胞质中（图 4-5），显示细胞处于活跃的合成分泌状态。

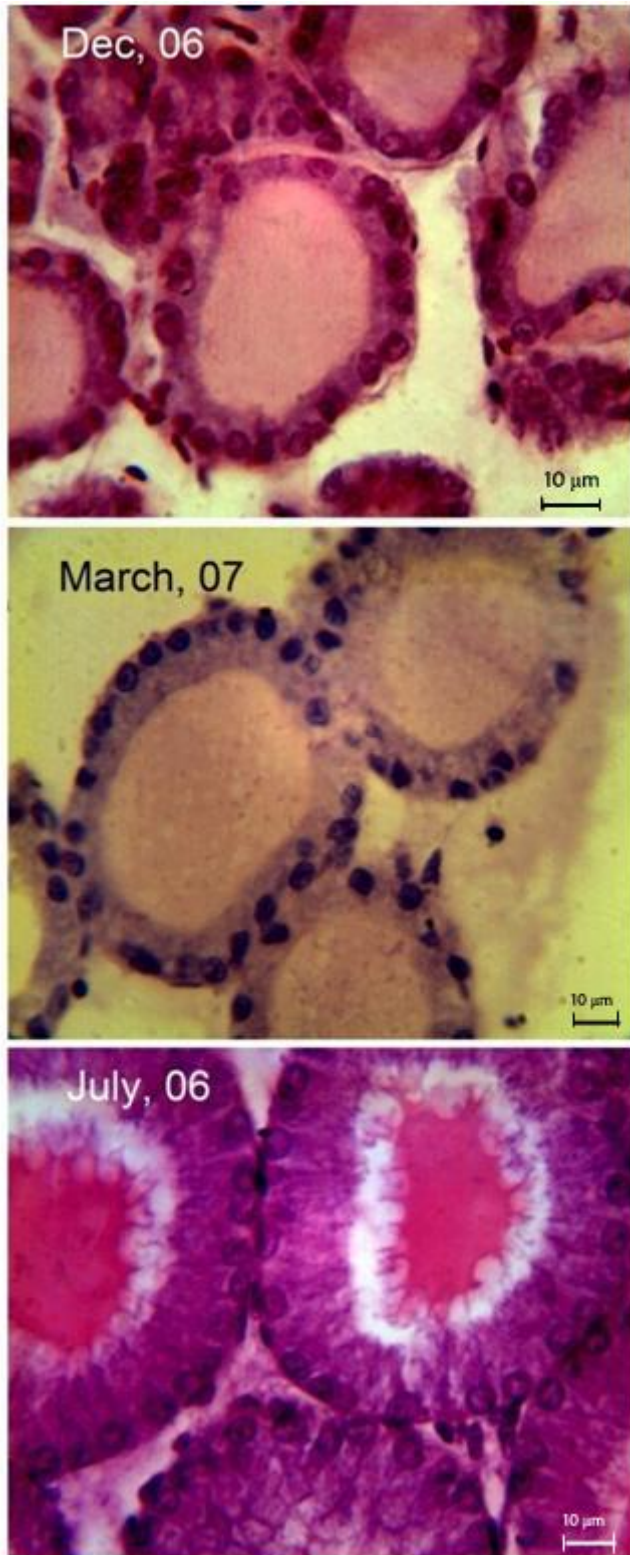


图 4-3 3, 7 和 12 月份幼龟甲状腺滤泡及其细胞的显微结构特点 (40x)

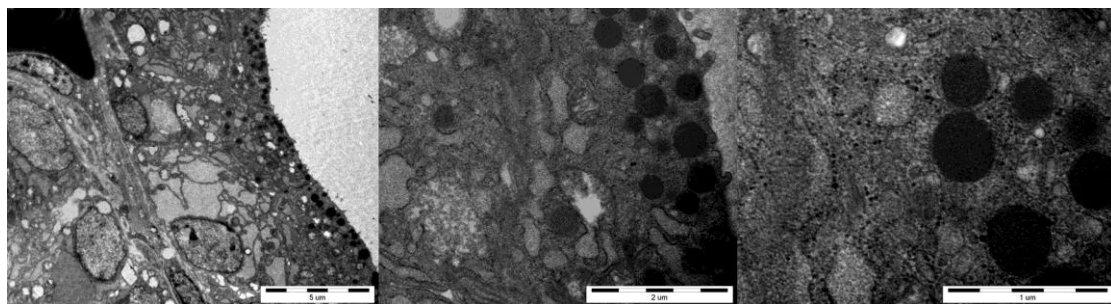


图 4-4 低矮甲状腺细胞的超微结构

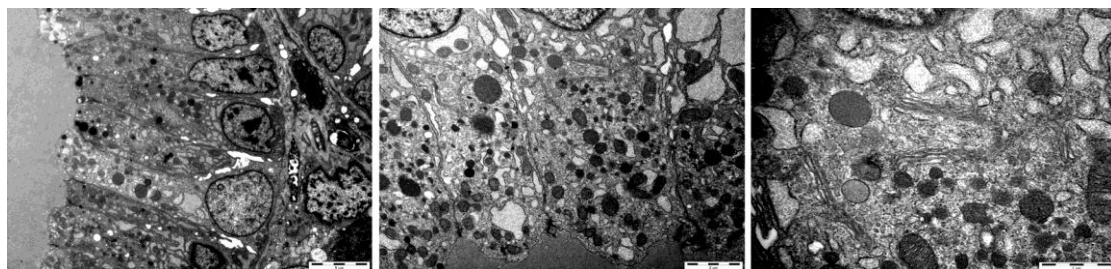


图 4-5 高柱状甲状腺细胞的超微结构

3.4 甲状腺激素水平的年周变化

表 4-2 是绿海龟全年各月份所处的环境平均气温、水温，血清 T₃、T₄ 的平均浓度值的一览表。全年最低气温、水温都出现在 1 月份，最高气温、水温都在 7 月份，一年之中绿海龟的血清 T₃ 最高值也恰巧出现在 7 月份，而血清 T₄ 最高值是在 10 月份。

表 4-2 各月份的平均环境气温、水温和绿海龟血清 T₃、T₄ 的平均浓度值

| 月份 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|-------------------------|------|------|------|------|------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|------|
| 气温 (°C) | 16.5 | 17.3 | 21.4 | 23.2 | 25.7 | 28.7 | 30.6 | 29.4 | 27.2 | 26.0 | 23.4 | 18.0 |
| 水温 (°C) | 17.8 | 18.3 | 20.7 | 22.5 | 25.4 | 25.6 | 28.3 | 25.5 | 25.0 | 24.3 | 22.0 | 21.2 |
| T ₃ (nmol/L) | 0.35 | 0.33 | 0.08 | 0.10 | 0.11 | 59.42 | 169.07 | 96.67 | 54.16 | 1.58 | 1.66 | 0.67 |
| T ₄ (nmol/L) | 1.74 | 5.34 | 3.88 | 4.53 | 4.79 | 2.78 | 1.45 | 7.11 | 12.76 | 26.66 | 21.52 | 9.74 |

图 4-6 是根据上述一览表绘制的，这些资料表明，绿海龟全年血清 T₃、T₄ 的浓度及其所处的环境气温、水温均呈单峰曲线的变化。

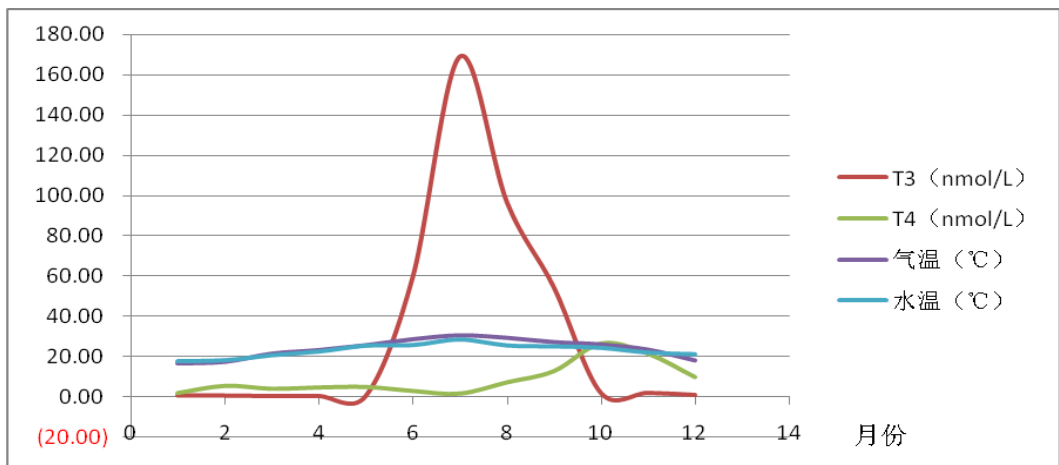


图 4-6 全年环境气温、水温和绿海龟血清 T3、T4 的浓度变化曲线

4 讨论及结论

4.1 绿海龟生长速度与环境温度的关系

观察表明，惠东港口海龟保护区内的全年平均气温约为 23.9℃，平均水温为 23.0℃，绿海龟全年绝大部分时间处于活动状态，基本不出现冬眠现象。水温降低到 15℃时，稚龟仍然进食，但食量明显减少（张飞燕，2005）。偶尔当水温骤降至 10℃时，稚龟停食，漂浮水面不动，出现短暂休眠现象。

绿海龟属于冷血爬行动物，其生长发育等生命活动受到外界温度的影响较大。一年中环境最高温度（气温和水温）出现在 7 月份，而绿海龟生长最快的月份却是 9 月份。可能原因：一是 7 月份的高温降低了体内合成酶的活性，二是高温消耗了体内过多的物质和能量，三是甲状腺激素分泌过多时，则加速蛋白质分解过程（教学基础资源库，2007）。

4.2 生长速度与血清 T3、T4 浓度的关系

绿海龟血清 T3 水平最高峰出现在 7 月份，而生长速度最快的月份却是 9 月份，滞后 2 个月。血清 T4 最高值出现在 10 月份，并且，高生长速度一直延续到 12 月份。这暗示甲状腺激素开始时的作用十分缓慢，但持续时间比较长。因为甲状腺释放的激素是慢性的、自然的，并在循环系统中持续地出现，因而作用也更持久（Bentley, 1976）。

4.3 环境温度与绿海龟血清中甲状腺激素浓度的关系

全年环境温度（气温、水温）与绿海龟血清中 T3、T4 浓度变化皆成近似平行的单峰曲线，环境温度和血清 T3 的最高峰都出现在 7 月份，这符合“冷血脊椎动物与高温接触时，使甲状腺素的分泌增加”的观点（Bentley, 1976）。

温度降低，甲状腺激素分泌水平下降。甲状腺功能的冬季降低，被认为是对冬季食物来源不足的适应。为了渡过寒冬，动物减少或节省采食，同时相应调整甲状腺功能，使新陈代谢降低以适应营养和能量摄入的减少，延缓身体所储存能量物质（主要是脂肪）的消耗（车茜, 2008）。

甲状腺激素周期性和阶段性的释放常常是受脑的控制。对这些变化来说，光线提供的暗示是特别明显的。外界的温度也参与该周期的调节，尤其在变温动物（Bentley, 1976）。秋季是绿海龟摄食旺盛的时期（陈华灵等, 2006），这可能是受到秋季温度和光照等因素的刺激，导致体内甲状腺激素分泌水平较高，绿海龟食欲和食量增加，有利于身体贮存足够多的营养物质，保证其安全越冬。

吴瑞敏等（1990a）认为眼镜蛇类蛰眠的能量物质代谢与甲状腺素（T4）、三碘甲腺原氨酸（T3）有重要关系：入蛰前低水平的血清 T3、T4 参与了代谢率下降的调节过程；蛰眠期的低温限制了血清这两种激素的活性；气温回升使已显著升高的血清激素发挥促代谢作用，使动物出蛰。因此，眼镜蛇所处环境气温高低与其 T3、T4 浓度高低呈非常显著的正相关（吴瑞敏等, 1994）。T4 在沙漠龟（*Gopherus agassizii*）中亦表现出明显的周期变化。冬眠期最低，出蛰时升高（Kohel et al, 2001）。生活于惠东港口保护区内的绿海龟虽然基本没有冬眠现象，但甲状腺激素全年变化规律与眼镜蛇等动物大致相同，可能是这三种爬行动物的内分泌系统在长期进化过程中保持了共性。

4.4 绿海龟血清中 T3、T4 浓度的关系

甲状腺分泌进入血液的激素主要是 T4，约占总量的 90% 以上，少部分 T4 脱去一个 I 转变为 T3，因此血液中只有很少量的 T3，但 T3 的效用是 T4 的 3~5 倍（Bentley, 1976）。但在我们的实验中，6~9 月间绿海龟血清 T3 的浓度大大超过了 T4，约占血清甲状腺素总浓度的 80% 以上，特别是在 7 月间，血清 T3 占总浓度的 99.2%，而在其余月份血清甲状腺激素则以 T4 为主，占总浓度的 83.1% 以上。这种现象值得进一步探讨。

总之，温度是影响绿海龟生长快慢的外因，甲状腺激素则是调节生长的内因，正是由于二者相互制约、共同作用才使得绿海龟全年生长具有一定的节律

性。

4.5 海龟甲状腺结构及其变化规律

爬行动物甲状腺组织结构的变化主要与季节温度和生殖状态有关 (Lynn, 1969)。对两种蝮蛇的研究表明: 甲状腺上皮细胞的高度在冬季最低, 冬眠后达到最高; 然后在夏季又降低, 到秋季达到第二个高峰 (Girons and Duguay, 1962)。但游蛇却不同, 其甲状腺细胞在二月份达到最高, 然后降低一直延续至次年一月份。对眼镜蛇的研究也表明, 其甲状腺柱状上皮具有近似单峰曲线的年周期变化, 高峰值在 5 月, 在其甲状腺激素的峰值之前。他们认为甲状腺细胞高度等与眼镜蛇的活动级别之间存在非常显著的相互关系 (吴瑞敏等, 1995)。但是, Chiu 等 (1969) 对眼镜蛇的研究却表明甲状腺上皮的高度在 5 月和 10 至 11 月最高, 在八月最低。他们认为甲状腺的功能状态可能与动物的活动有关, 而与环境温度的变化没有关系。

本研究通过对海龟甲状腺结构及其变化的观察, 不仅说明绿海龟具有和其它爬行动物相似的组织结构, 而且绿海龟幼体甲状腺的组织结构和细胞超微形态特点也表现出明显的年周变化特点。这种变化规律与血液中甲状腺激素浓度的年周变化规律基本一致。进一步说明, 甲状腺的功能状态和甲状腺激素在性未成熟的幼年海龟, 主要与其活动状态有关, 这点与前人对眼镜蛇的研究结论相一致。

第五章 海龟的解剖与标志方法研究

摘要: 为进一步研究海龟的生理、病理积累基础知识,我们对 190 只死亡绿海龟进行常规解剖,观察了外形和大部分系统内部结构,其独特之处是:在背甲和体腔膜之间分布有许多灰绿色的脂肪;并解剖一只棱皮龟,结果如下:心脏位于胸部正中位置;食管内壁有许多锥状突起,可能起过滤、磨碎食物的作用;卵巢形似鸡冠花序,大约有 4~6 万个未成熟卵细胞,推测为一少年龟。我们研究和比较了每种标志材料的特性和使用方法,并分析了各自的优、缺点。稚龟可用喷漆短期标志,利用卫星追踪仪器可在中、短期内获得较多的关于成年雌龟的信息,镍合金牌(Inconel tags)与 PIT 芯片标志相结合的方法可取长补短,经济实用,也是一种行之有效的标志方法。

关键词: 绿海龟; 棱皮龟; 解剖; 标志; PIT 电子芯片; 卫星追踪

1 海龟的解剖

海龟解剖是进一步研究其生理、病理知识的前提和基础,可为疾病诊断及治疗提供直接证据和指明方向,有利于促进濒危物种的生态繁育、保护事业,因此,我们必须重视并积极开展海龟解剖的研究工作。

在国内,绿海龟和棱皮龟的系统解剖方面还未见相关的文章,现简述如下。

1.1 材料和方法

惠东港口海龟国家级保护区每年会将部分刚孵化的稚绿海龟留置在龟鳖繁育救护中心内,人工暂养殖一到两年时间,再放生大海;在护理过程中,会有一些小海龟由于各种原因死亡,这些标本就是研究海龟形态、生理结构的好材料;此外,沿海各地的渔民经常会将误捕到的 5 种海龟送交海龟保护区治疗;环保人士也会从不法商贩或饭店老板手中买下海龟,这些海龟没有受到精心的专业护理,有的送来不久后就死亡了。这也为我们研究海龟提供了珍贵的标本。

按常规方法解剖,解剖后的组织器官等标本用 5% 的甲醛、95% 酒精或 Bouins 液固定留待进一步研究。

1.2 绿海龟 *Chelonia mydas* 的部分系统解剖

1.2.1 外部形态 (Morphology)

绿海龟 *Chelonia mydas* 从外形上分为头、颈、躯干、四肢及尾五个部分。身体背面大部分呈橄榄绿色或棕色，腹面白色或淡黄色。因为在背甲和体腔膜之间分布许多灰绿色的脂肪，故名绿海龟。

头部具眼、耳、鼻孔及角质喙，眼具上、下眼睑一对，上眼睑宽而厚、肉白色，头部背面及侧面具墨绿色鳞片，头部背面鳞片大、多成对排列。下颌部白色，有褶皱。外鼻孔近圆形，内鼻孔具梨骨软齿 4 枚。上颌具角质喙细齿，下颌角质齿明显，每侧约 10 齿。

颈部粗大，皮肤肥厚。

躯干表面由背、腹甲构成，背、腹甲皆由表面的角质盾片（由表皮发育而来）和深处的骨质板（由真皮发育而来）组成。背甲盾片如下：颈盾（cervical scute）1 枚，小而扁；椎盾（vertebral scute）5 枚；肋盾（costal scute）4 对共 8 枚；缘盾（marginal scute）12 对共 24 枚；最后 1 对缘盾亦可称为臀盾（supracaudal scute）（图 5-1）。

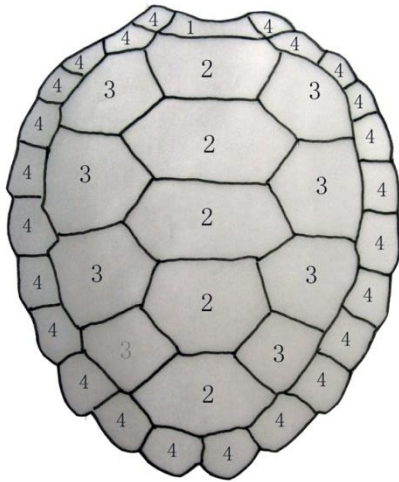


图 5-1 绿海龟背甲示意图

- 1: 颈盾; 2: 椎盾;
3: 肋盾; 4: 缘盾

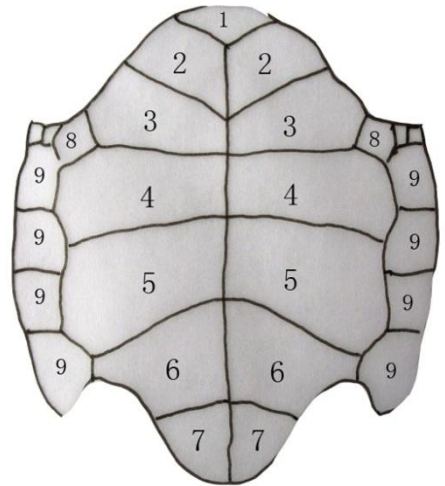


图 5-2 绿海龟背甲示意图

- 1: 间喉盾; 2: 喉盾; 3: 肱盾;
4: 胸盾; 5: 腹盾; 6: 股盾;
7: 肛盾; 8: 腋盾; 9: 下缘盾

腹甲盾片有：间喉盾（intergular scute）1 枚，位于腹甲最前缘正中央；喉

盾 (gular scute) 1 对; 肱盾 (humeral scute) 1 对 ; 胸盾 (pectoral scute) 1 对; 腹盾 (abdominal scute) 1 对; 股盾 (femoral scute) 1 对; 肛盾 (anal scute) 1 对, 在腹甲末端 (图 5-2)。前肢腋下各有一枚腋盾, 腹甲外缘还有 4 对下缘盾。

绿海龟四肢呈肉鳍状或桨状, 前肢宽长, 适于游泳, 后肢短扁, 用于改变前进的方向, 前后肢均各有一爪。稚龟静止或休息时, 前肢可叠放在背甲上, 身体停浮于水面, 后肢则自然伸直。受惊后会奋力划动前肢、急速向前方逃窜。因 1、2 年生稚龟群居时会发生噬咬争斗现象, 故其鳍状肢边缘或尾常残缺不全。

未成年绿海龟的尾较短, 从外形上不易区分雌雄; 两性成体相对而言, 雄龟的尾比雌性的明显粗长。

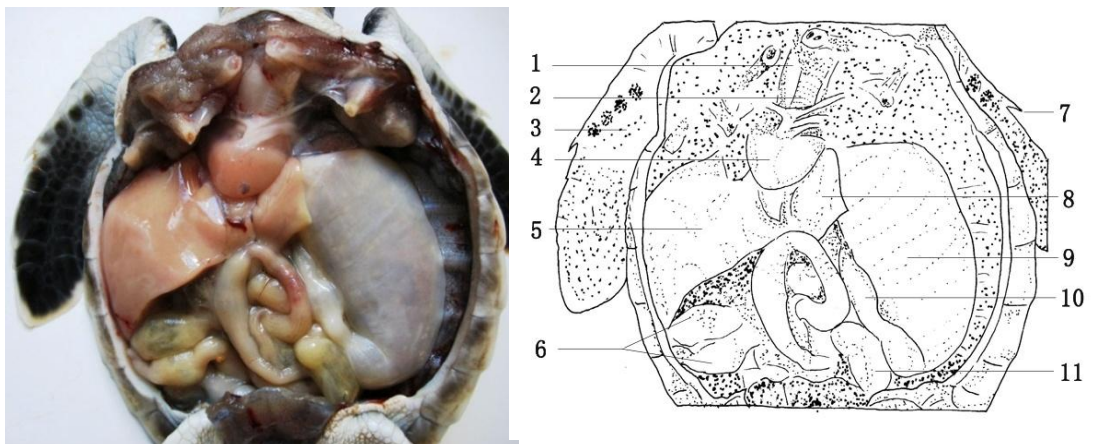


图 5-3 绿海龟内脏结构图 (2 月龄, 腹面观)

- 1 食道; 2 气管; 3 前肢; 4 心脏; 5 右肝; 6 结肠;
7 爪; 8 左肝; 9 胃; 10 十二指肠; 11 直肠

1.2.2 消化系统 (Digestive System)

消化系统由消化管和消化腺构成 (图 5-3; 图 5-4; 图 5-5)。

绿海龟的消化管由角质喙、口腔、咽、食道 (锥状突)、胃、小肠、盲肠、大肠及开口于泄殖腔内壁的肛孔组成。

海龟无牙齿, 代之以角质鞘; 但稚龟具卵齿, 生于稚龟上颌前端, 用于出壳时啄破壳, 出壳后约一个月左右脱落。

消化道前方为口, 角质喙由上、下颌组成。上颌锋利, 具角质细齿; 下颌角质齿明显, 每侧约 10 齿, 前端有一大齿; 上、下颌都有齿槽, 下颌嵌入上颌内。

口腔内有舌, 呈肉质三角形、退化, 不能自由伸缩于口腔外, 舌底紧贴在

下颌上，舌后有喉门通气管。口腔顶壁有肌肉质软腭，向前延伸形成内鼻孔中隔，向后连通咽及食道。

食道粗且长，穿过左右支气管下方（腹面观）。食道内壁有大量锥状或指状突起，末端尖细，指向食道后方，其作用不明，可能是防止食物逆行或帮助破碎食物。

胃长囊状，胃体较大，胃的上方通过贲门与食道相通，下方有幽门与十二指肠相连。

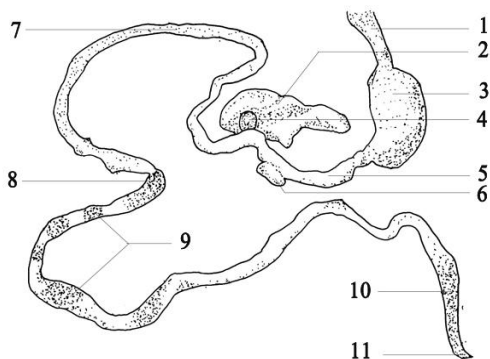


图 5-4 绿海龟消化系统模式图（2 月龄）

1 食道；2 肝；3 胃；4 胆；5 十二指肠；
6 脾；7 小肠；8 盲肠；9 结肠；10 直肠；
11 肛门

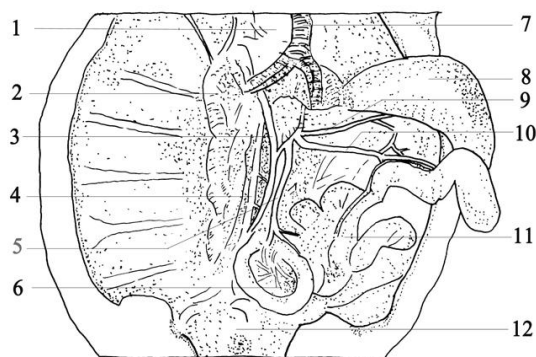


图 5-5 绿海龟去心肝模式图（24 月龄）

1 食管；2 肺；3 背大动脉；4 脊柱；
5 肠系膜动脉；6 小肠系膜；7 气管；8 胃；
9 胃动脉；10 后胃动脉；11 小肠；12 耻骨

小肠较细且长，肠壁变粗，肌肉质，小肠内壁呈网状，扩大了消化和吸收的表面积。空肠和回肠分界不明显。

大肠分盲肠、结肠和直肠。

盲肠外形不甚明显，位于小肠和大肠分界处。

结肠段有多处膨大变粗，内壁较薄，贮存粪便。

直肠是位于大肠末端的一段，肠壁明显增厚，内壁有许多肌肉质纵褶。

肛门开口于直肠末端，与泄殖腔相通。其上为膀胱。泄殖孔圆形而非纵裂。

盲肠有三种功能：吸收多余水分；盲肠内细菌可分解植物纤维具有微生物消化的作用；合成和吸收一些维生素。大肠与泄殖腔有水分重吸收机能。

海龟的消化腺有唾液腺、胃腺、肠腺、肝脏、胰腺等。肝脏位于肺和心脏

之间，暗红色或浅红色，分两叶，右叶大、左叶小。

胆囊位于右肝下，里面贮藏墨绿色的胆汁。

胰腺呈奶白色（患病时暗红色）、长条状，始于十二指肠，其间与脾脏、胆囊相连，粘连于十二指肠外壁。

脾脏一个，豆状或荷包状，附于小肠上，有血管与小肠系膜相连，属淋巴器官、兼有贮血功能。

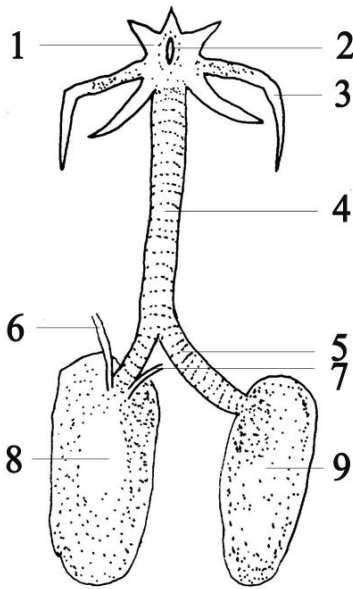


图 5-6 绿海龟呼吸系统模式简图

1 角舌骨；2 喉门；3 角鳃骨；4 气管；
5 右支气管；6 肺动脉支；7 肺静脉支；
8 左肺 9 右肺

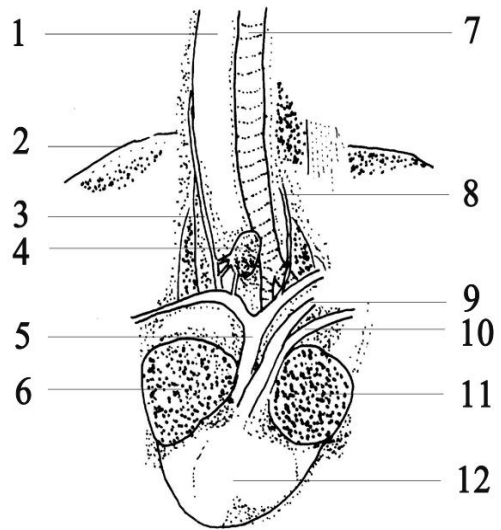


图 5-7 绿海龟循环系统模式简图

1 食道；2 肩部；3 右颈动脉；4 甲状腺；
5 右体动脉；6 右心房；7 气管；
8 左颈动脉；9 左主动脉；10 肺动脉；
11 左心房；12 心室

1.2.3 呼吸系统 (Respiratory System)

海龟的呼吸系统由呼吸道、肺（图 5-6）及肛囊（辅助呼吸）组成。

呼吸道由外鼻孔、鼻腔、内鼻孔、喉、气管及支气管组成。外鼻孔圆形，内鼻孔近似三角形，嗅觉不十分发达。

喉门为一纵长裂缝（图 5-6），位于舌后端。

生活状态时，海龟的食道在上，气管在下；解剖剪开颈下皮肤，可见环状软骨构成的气管，气管由喉部正中位置向后穿入左胸下（腹面观）。

支气管不是逐级分枝进入肺组织，左右支气管直接开口于肺的中央空腔。


肺位于心脏、肝脏及消化管等内脏器官与背甲之间，由许多肺泡组成，浅白色海绵状（标本），肺泡表面分布有丰富的毛细血管。一些标本左肺（扩张）大于右肺（收缩）（图 5-6）。

李仲辉（1955）和张万佛（1994）在绿海龟泄殖孔两侧发现有一对发达的肛门囊，认为有辅助呼吸之用。“肛囊”其实就有直肠两侧的一对薄薄的囊袋，在囊袋壁上分布着许多微血管。海龟在海底生活时，会有节奏收缩着肛门周围的肌肉，海水从肛门进出到直肠和肛囊，此时微血管内的红细胞从海水中摄取氧气，因此它可以在水底进行呼吸，不必把头伸出水面用肺呼吸。晚间，海龟躺在海面上睡觉，此时肛囊的呼吸作用暂时停止了，改用肺呼吸（李仲辉，1955；张万佛，1994）。

当海龟改变肺、咽和泄殖腔充气量以及泄殖腔内的储水量时，这些器官就具有特殊的调节浮力作用，可让海龟在一定水层中呆很长时间。

1.2.4 循环系统 (Circulatory System)

绿海龟的循环系统由心脏、血管和血液组成，为不完全的双循环方式。

心脏位于胸部正中位置，由二心房、一心室构成，呈“”形，稚海龟心脏较大，大约占整个胸腹部的 1/10—1/8，2 龄幼龟心脏宽约 1.7 cm。

从心室出来 3 条动脉：分别为右体动脉弓、左体动脉弓和肺动脉，分别发自心室右部（腹侧，静脉腔）和心室的中央、左侧（背侧部，动脉腔）。左体动脉弓出心，绕到心脏右侧，右体动脉弓绕到心左侧，两动脉弓在背面（右肝下缘位置）汇合成背大动脉，逐级分支到胃、脾及肠系膜等各个内脏器官（见图 5-5、图 5-7、图 5-8）。

右心房相连前、后腔静脉，左心房连肺静脉。

颈部背面，切开皮肤，可见颈背正中有“田”字型血管网，这就是颈窦所在处，是抽取海龟血液常选的部位，两侧的为左右颈静脉，若从侧面看，颈静脉位于颈侧上方 1/3 处；颈动脉位于颈静脉下方的颈部肌肉深处，紧贴颈椎与食管，输送动脉血入大脑。

1.2.5 排泄系统 (Urinary System)

肾脏(Kidney)一对，蚕豆状，大小左右基本对称。在脊椎动物的胚胎发育史上，海龟的肾脏属于后肾，位于脊柱后端的背甲下方，呈肉红色或暗紫色，表面有许多沟和回（图 5-8）。

两侧肾脏末端各有一条输尿管，通向直肠基部，开口于泄殖腔。

膀胱一个，位于直肠和耻骨联合之间，暂时贮存尿液之用；我们认为“肛囊”其实就是副膀胱，1对，位于泄殖腔壁上，有辅助呼吸的功能。

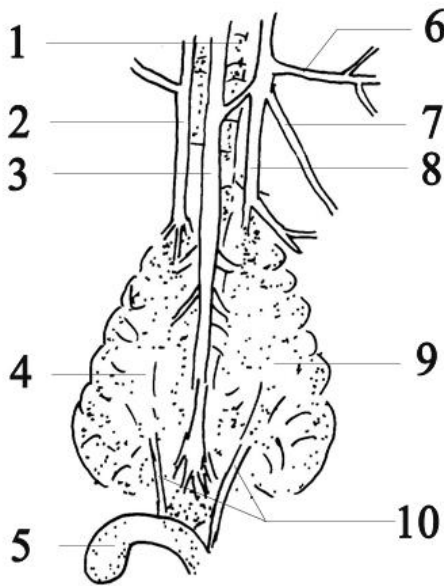


图 5-8 绿海龟排泄系统简图

1 脊柱；2 后腔静脉；3 背大动脉；
4 右肾；5 膀胱；6 胃动脉；7 后胃动脉；
8 肠系膜动脉；9 左肾；10 输尿管

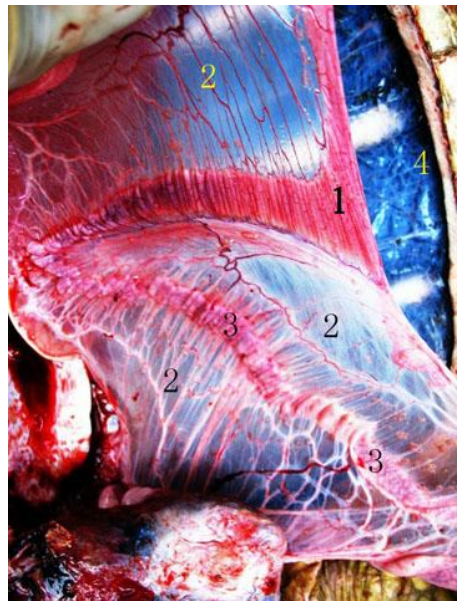


图 5-9 绿海龟输卵管及喇叭口（成龟）

1 喇叭口；2 卵巢系膜；
3 输卵管；4 背甲

1.2.6 内分泌系统 (Endocrine System)

内分泌系统仅观察甲状腺和肾上腺。

甲状腺 (Thyroid) 一个，肉红色，位于气管末端分支处附近，通过几条小血管连于右体动脉弓的分叉上方、与右颈动脉的交接处（图 5-7）。

肾上腺一对，浅黄色，位于肾脏上方，紧贴脊柱腹面。

1.2.7 生殖系统 (Reproductive System)

绿海龟的性腺白色条状，位于肾脏腹表面、前端向外斜行。雄性生殖系统由睾丸、副睾、输精管和阴茎组成；雌性生殖系统由卵巢、卵巢系膜、输卵管及阴蒂等组成，卵巢粗细不匀，边缘呈波浪状（第三章：图 3-3、图 3-4）。

雄性盘旋的输精管通泄殖腔背面；雌性长长的输卵管向前以喇叭口开口于体腔（图 5-9），输卵管有蛋白分泌部和壳腺部。两性生殖管和输尿管都汇集于尿殖乳突，尿殖乳突开口于泄殖腔。

泄殖孔圆形，水平剪开一只 2 龄幼龟（标本 2004-060718♀）泄殖腔孔，可见泄殖腔内壁有许多纵褶，其底壁正中有一个类似阴茎头的阴蒂结构，呈软骨状，表面灰白色（图 5-10）。

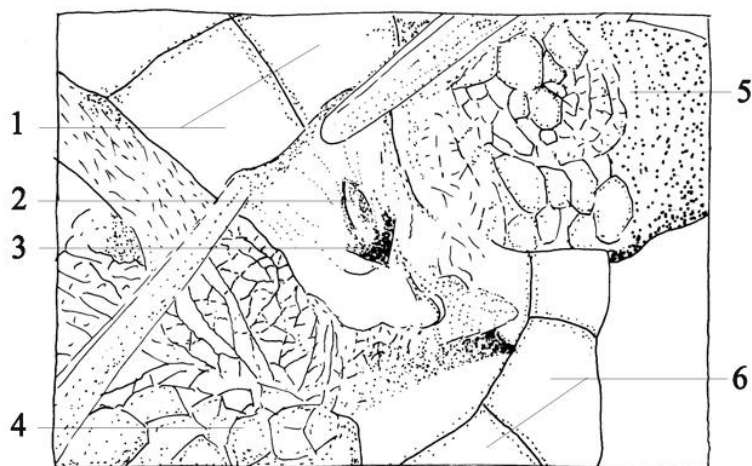


图 5-10 标本 2004-060718♀阴蒂模式图

1 肛盾；2 阴蒂；3 泄殖腔；4 右后肢；
5 左后肢；6 尾部；7 臀盾

雄性幼龟阴茎尚未发育完好，不易发现，这给性别鉴定工作带来很大难度。两性成体相对而言，雄性的尾比雌性的明显粗且长，爪大而弯曲，因此尾和爪应属第二性征。

体内受精，产羊膜卵。

李仲辉（1955）认为在雌龟泄殖孔两侧有一对发达的肛门囊，肛囊在生殖期所贮“海水”可产卵时湿土掘窝之用，我们认为“海水”可能是泄殖腔分泌的粘液。

1.3 棱皮龟 *Dermochelys coriacea* 大体解剖

1.3.1 材料来源

标本来自2006年9月渔民误捕于大亚湾三门岛的一只棱皮龟,重约100 kg,送来惠东港口龟鳖救护中心,医治无效死亡。该龟通体黑色,体表有白色雪花状花纹,背甲外被革质皮肤,无角质盾片。背面有7条纵棱,四肢桨状无爪。解剖之前首先测量其外部形态学数据(见表5-1)。

表 5-1 棱皮龟 *Dermochelys coriacea* 标本形态测量 (单位: cm/kg)

| 体重 | 头颈长 | 头部 | | 背甲(直线) | | 背甲(曲线) | | 体高 |
|------|------|------|------|--------|------|--------|-----------|------|
| | | 长 | 宽 | 长 | 宽 | 长 | 宽 | |
| 100 | 26.0 | 21.0 | 22.0 | 102.0 | 58.5 | 110.0 | 83.0 | 39.0 |
| 腹甲 | | 前肢 | | 后肢 | | 尾长 | 泄殖孔至腹甲末端长 | 性别 |
| 长 | 宽 | 长 | 宽 | 长 | 宽 | | | |
| 77.0 | 58.0 | 65.0 | 19.8 | 38.0 | 19.0 | 9.8 | 19.0 | ♀ |

1.3.2 结果

1.3.2.1 循环系统

沿腹甲边缘切开腹板,可见胸部有两块发达的胸肌,呈暗红色,附着在肩峰和鸟喙骨上。其下方(腹面观)是心脏,心脏位于胸部正中位置的心包膜内,测量数据见表5-2。

表 5-2 棱皮龟心脏量度 (单位: cm/g)

| 器官 | 前后长 | 左右宽 | 上下高 | 重 |
|--------|------|------|------|-------|
| 全心(失血) | 16.5 | 18.0 | 8.5 | 746.0 |
| 右心房 | 9.0 | 13.5 | / | / |
| 心室 | 10.0 | 11.5 | 4.25 | / |

心脏为两心房、一心室,右心房比左心房大,心室比心房色浅,从心室发出3条粗大的动脉弓:右体动脉弓、肺动脉、左体动脉弓,在右体动脉弓分支处上方有一暗红色甲状腺,长椭圆形,长径6.10 cm,短径2.35 cm,重约16.1 g。

心室壁较厚，中央的隔膜不完全，为不完全双循环方式。

1.3.2.2 消化系统

消化道

消化道从前至后依次为口、口咽腔、食管、胃、小肠、大肠、肛门（量度见表 5-3）。消化道总长为 694 cm。

口：口角长(吻端至上下颌连接处距离) 14.00 cm，口角宽(上下颌连接处左右间距离) 12.00 cm。口内没有骨质牙齿，但上颌缘有角质锯齿。

口咽腔：口咽腔很短，内有稀疏的锥状突起。舌肌肉质，着生于口腔底部，不能外伸。

表 5-3 消化、泄殖系统各器官量度（单位：cm/g）

| 器官 | 长 | 宽 | 厚 | 重 | |
|----|--------|-----------|-----------|-----------|--------|
| 口角 | 14.00 | 12.00 | / | / | |
| 舌 | 5.45 | 4.60 | 1.40 | / | |
| 食管 | 130.00 | 6.50 | 0.89 | 1954.5 | |
| 胃 | 90.00 | 7.50 | 0.5~0.94 | | |
| 小肠 | 360.00 | 4.30 | 0.76 | | |
| 大肠 | 100.00 | 3.20~5.00 | 0.50~0.93 | | |
| 肝脏 | 左 | 23.00 | 18.00 | 4.10 | 745.0 |
| | 右 | 25.50 | 25.00 | 5.70 | 3474.0 |
| 胰腺 | 10.00 | 0.90 | 3.55 | / | |
| 肾脏 | 左 | 24.00 | 8.44 | 3.50 | 836.5 |
| | 右 | 23.00 | 7.50 | 3.56 | |
| 卵巢 | 左 | 23.00 | 2.00~4.00 | 0.20~0.50 | |
| | 右 | 23.00 | 2.00~4.00 | 0.20~0.30 | |

食管：位于气管上方，紧贴颈椎向后、穿过左右支气管与胃贲门相连。食管粗而长，内壁有许多锥状突起（长 3.55~5.45 cm），末端黄白色、尖而锋利；基部圆锥状红色。食道起始段锥状突细长，中后段锥状突变得明显粗大（图 5-11），尖端指向消化管后方。



图 5-11 棱皮龟食管内锥状突起

胃：呈长囊状，分前后两节，间有弯曲，前胃长 67.00 cm，壁厚 0.50 cm；后胃长 23.00 cm，壁厚 0.94 cm。胃内壁暗红色、明显充血，成一段一段皱褶状。

小肠：起始段为十二指肠，向后内壁增厚。内表面呈细网状。小肠很长，占整个消化管长度的 51.9%。

大肠：大肠长 100.00 cm，占整个消化管长度的 14.4%。大肠起始段肠壁变薄，至直肠段肠壁增厚，直肠内有 4 道肌肉质纵皱。

肛门：肛门位于直肠末端，开口于泄殖腔内壁。从食管至直肠末端的消化道重 1954.5 g。

消化腺

主要有肝脏和胰脏。

肝脏：肝脏红褐色，分左右两叶，右肝比左肝大（量度见表 5-3），右肝下有一绿色胆囊。肝脏总重量为 4219 g，约占体重的 4.2% 左右。

胰脏：肉白色长条形腺体，紧贴十二指肠上。

脾脏：为一暗红色荷包状淋巴器官，长径 9.85 cm，短径 5.05 cm，厚约 3.55 cm，通过系膜与直肠起始段相连。

1.3.2.3 呼吸系统

由外鼻孔、鼻腔、内鼻孔、喉、气管、支气管及肺构成。

外鼻孔：圆形，直径约 0.65 cm，

内鼻孔：近似半月形，长径 2.14 cm，短径 1.23 cm。

气管：直径约 3.00 cm，由 39 个软骨环构成，每个软骨环宽约 1.20 cm。

支气管：左支气管直径约 2.30 cm，软骨环数为 33；右支气管直径约 2.50 cm，软骨环数为 32。左右支气管不是逐级分支进入肺组织，而是直接开口于肺的空腔里。

肺：位于体腔背面的一对似海绵结构的囊状物，深红色，紧贴背甲下方。内具复杂间隔形成蜂窝状肺泡，肺泡上分布有丰富的毛细血管。

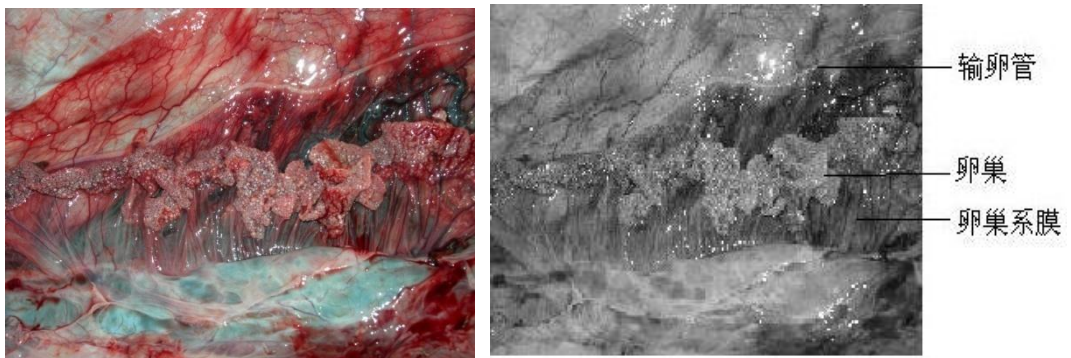


图 5-12 棱皮龟左侧卵巢及输卵管

1.3.2.4 泄殖系统

主要由肾脏、性腺、生殖管组成（量度见表 5-3）。

肾脏：一对红褐色、长卵形排泄器官，位于体腔后部，紧贴背甲下方。其前方表面近脊中线处有一对淡黄色肾上腺。

卵巢：由卵巢系膜连于肾脏表面。卵巢的形状和色彩似鸡冠花花序（图 5-12），分许多相连的卵巢小叶，上有数量众多、大小不一的黄白色卵细胞。一对卵巢大约有 4~6 万个未成熟卵细胞，大多数卵径为 0.68~1.00 mm；少数大卵卵径为 3.54 mm；最大一粒卵径 6.40 mm，卵黄直径约 4.20 mm，外被半透明卵白。

输卵管：输卵管位于卵巢外侧的体腔膜上（图 5-12），白色、细而长，直径约 0.25 cm，长 25.00 cm 左右；前方开口于体腔膜边缘，两开口间距 34.00 cm，向后开口于泄殖腔内壁。

泄殖系统主要器官重量大约为 836.5 g。

1.3.3 讨论

棱皮龟和绿海龟的食管内壁有许多锥状突起 (图 5-11), 尖端指向消化管后端。其作用可能是迅速杀死动物性食物 (如水母), 防止食物从消化道逸出, 起到辅助摄食的作用。蠪龟食道中亦生有坚硬、锐利而粗大的角质皮刺 (王者茂, 1975), 二者作用应相似。

海龟消化管 (gut) 的长度与食性有关。相对来讲, 棱皮龟和绿海龟消化道的长度比例大于其它种海龟的 (Wyneken, 2001)。棱皮龟的唯一食物是水母 (程一骏, 个人通讯), 其小肠较长 (占消化道总长度的 51.9%), 可能和水母的营养含量不高, 所以须吃多一点, 在肠道留久一点, 才能摄取足量的养分有关。

棱皮龟的左右支气管不是逐级分支进入肺组织, 而是直接开口于肺的空腔里。相比哺乳动物 (杨安峰和程红, 1999) 来说, 海龟肺的结构比较简单, 肺泡数目并不是太多, 但已经基本能够满足身体对氧气的需求。例如, 棱皮龟能下潜到 1200 m 的海洋深处, 机体所需的氧气中, 有相当的比例是来自泄殖腔上方的肛囊 (李仲辉, 1955)。

该棱皮龟一对卵巢形似鸡冠花花序, 大约有 4~6 万个未成熟卵细胞。另外, 成年雌棱皮龟背甲曲线长 (CCL) 在 155 cm 以上 (Wyneken, 2001), 因此推测该龟仍处于少年时期, 理论上其生育年龄可维持 100~150 年。

该棱皮龟在渔民误捕时已经受伤, 送来后放在救护池中, 由于头部不停地撞击池壁, 最终死亡。据统计, 目前棱皮龟还没有救治成功的先例。盖因其内部缺少完善的转向机制, 加之躯体庞大, 又属深海龟类, 在狭小的人工池中不能适应生活, 故呼吁广大渔民在误捕到棱皮龟后应立即就地放生。

棱皮龟是全球现存最大的爬行动物, 堪称“龟中之王”, 最大者体长可超过 2.5 m, 重达 900 kg。每 2~3 年有一个繁殖期, 5、6 月产卵, 产卵 6~9 次, 每次 90~150 枚, 卵径 50.0~54.0 mm (程一骏, 1997a; 周婷和赵尔宓, 2004)。棱皮龟生活于大西洋、太平洋和印度洋, 在我国海域偶有发现, 数目稀少, 濒临灭绝, 在国际上已被列入《濒危野生动植物种国际贸易公约》(CITES)附录 I 名录中, 严禁捕杀和买卖, 1988 年 12 月被我国政府列为 II 级保护动物。鉴于其目前的严重濒危状况, 迫切希望政府将棱皮龟提升为国家 I 级保护动物, 给予重点保护。

2 中国海龟标志工具和方法

广东惠东港口海龟湾是我国目前唯一的海龟国家级自然保护区，在1985—2007年的23年间，共保护绿海龟安全上岸产卵1196头次，标志放流成年雌海龟129头，近几年又开展了海龟卫星追踪试验，并获得了丰富的研究数据。

由于雄性海龟和年幼的雌龟不会上岸，以前我们很难知道生存在野外的海龟数量，海龟的数量计算一般是根据它们的孵化率。海龟个体标志为开展科学研究活动提供了极大的方便，有利于建立龟口管理档案，完善海龟标识溯源信息系统。有关海龟生理、生态学的许多问题，例如雌龟每季产卵次数、巢间期、产后洞游路线、雌龟生殖周期、每一种群产卵地和觅食地分布、生长率变化、性成熟年龄、性别鉴定、饲料或药物跟踪实验等利用标志协助都可以解决。标志的基本原则是标志材料和方法必须对海龟不造成明显伤害，不影响动物的生活行为（佚名，2005），这样才可能获得准确可靠的数据。现就各种标志工具和方法的优劣探讨如下。

2.1 第一代标志方法

2.1.1 不锈钢片（图 5-13 a）

1987年海龟保护区开始用不锈钢片给海龟上标，挂牌部位一般选前肢基部内侧或在臀盾上（梁玉麟等，1990）。不锈钢片长约8cm，宽约1cm，正面有字母的凹槽，写有“Return:20,Nancun Rd., HaiZhu, W GuangZhou, the P.R. China.”，字母为黑色印刷体，背面三角形尖头处写有标志的海龟号码，号码为三位数，如“001”是1987年6月11日中国标志的第一只海龟。

不锈钢片存在许多缺点：做工粗糙，边缘锋利，很容易对人或龟造成伤害；设计不合理：数字在尖头下方，字迹模糊，一不易发现，二也不易看清；搭扣处结合不紧，很容易从海龟身上脱落。据统计，再次返回出生地产卵的雌龟发现有标志牌的个体数占总标志数的比例不足5%，多数雌龟只剩下挂牌的痕迹。

2.1.2 放生标志

中国人有给海龟放生的传统，昔日南方沿海的许多财主老爷，常把渔民捕

到的活海龟买回来，在龟背刻上自己的名字，放回海中，希望以此“慈悲”的行动，来实现长寿和发财的美梦（方刚，1999）。也有的在金属牌(图 5-13 b)上刻了自己全家人的名字及祝福的话语，将金属牌绑在海龟身上。上述两种做法都会对海龟造成明显的伤害，甚至导致其死亡，因此这类做法不值得提倡。



图 5-13 第一代标志方法

2.2 第二代标志产品——合金片（美国标志牌，图 5-14 a）

由于第一代的标志产品存在上述缺陷，因此海龟保护区从 1994 年启用了美国生产的标志牌。这是一种铬镍铁合金牌（Inconel alloy tags），简称镍合金牌，其正面阴文写有雌龟的编号和重捕后送还的地址，雌龟的编号由大写字母“A”和四位阿拉伯数字组成，其间有一个短连字符；因为海龟是世界性洄游动物，所以用英语在标牌正面刻写重捕后送还的地址“RETURN:20 NANCUN RD, HAIZHU, GuangZhou. THE P.R.C.”。

上标的位置可选择海龟的前、后肢基部内侧，在第 2、3 或第 3、4 大鳞之间。先将海龟前、后肢保定，然后把标志牌嵌入特制的上标钳中(图 5-14 b)，对准海龟上标部位，迅速而准确地完成上标过程。

第二代标志产品设计合理，做工精细，字迹清晰，材料不易生锈，但仍有大部分标牌存在脱落现象，这种标志的主要问题（Broderick and Godley, 1999），给研究工作带来许多不便。针对此问题，部分学者和专家采用了“一龟多牌”的办法加以克服，即在一只海龟的前后肢上同时挂了几个不同号牌。



图 5-14 第二代标志工具

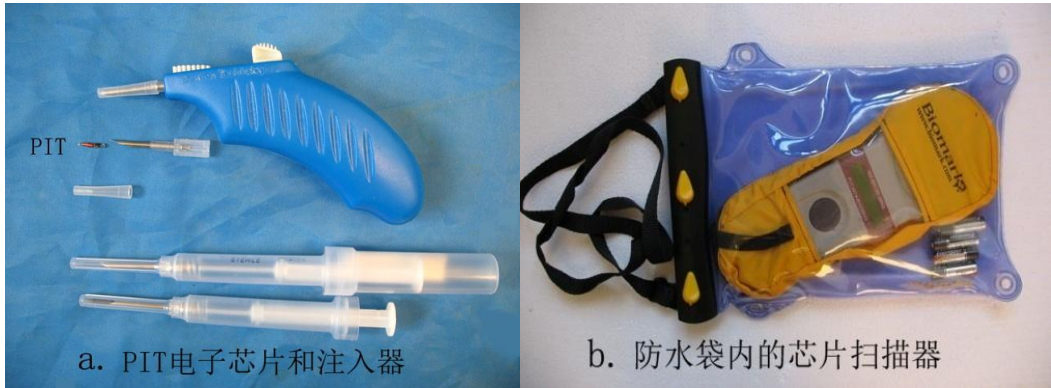


图 5-15 PIT 芯片、注入器及扫描器

2.3 第三代产品

随着科技水平的迅猛发展，动物标志技术方面不断涌现出新产品，PIT 电子芯片和卫星追踪系统诞生了。

2.3.1 PIT 电子芯片 (Passive integrated transponders, PITs)

PIT 电子芯片又名无源集成转发器，由有机玻璃内包裹微型线圈、芯片和电容组成，它只有一粒糯米大小（图 5-15 a），利用专门的注射器将芯片注入动物特定部位，然后用扫描器或阅读器（Scanner or Reader，图 5-15 b）读出 PIT 芯片号码。2004 年，国内首先在中华鲟（国家一级保护动物）身上采用 PIT 芯片身份鉴定技术。

相对于传统标志方法,PIT 芯片标志丢失率大大下降(Broderick and Godley, 1999)。一旦植入动物体内,绝大多数可相伴终生,因此,PIT 电子芯片属永久标志方法,而且每一个芯片的条码是全球唯一的,故有“动物电子身份证”之美誉。

应用于海龟的 PIT 芯片购自美国 Biomark 公司,其中一种型号为 TX1400L, 12.45 mm×2.02 mm, 频率为 125 kHz, 重量仅为 0.0843 g, 对海龟的生活和行为习惯没有影响。

为了使 PIT 芯片在动物体内长期保存,不发生体内游离或丢失现象,选取注入的部位很关键。中华鲟标志部位为尾端肌肉,海龟标志部位有肩部肌肉、颈部肌肉、前后肢中部或腹甲下方 (Ali et al, 2006)。经过长期试验观察,我们认为选取海龟的前肢较好,通常是将 PIT 芯片注入左前肢正面内侧缘第 2、3 大鳞之间的肌肉里,右前肢内侧缘可用来挂镍合金牌。

2.3.2 卫星追踪系统

由美、法两国合作的全球Argos系统用于追踪地面上移动目标,整个系统由四大部分组成:人造卫星、地面接收站、卫星链接发报器和发报器附着平台。

1980年以后,现代生物遥测技术用于海龟的洄游路线追踪,除了有实时定位功能之外,还能记录海水温度、深度和海龟潜水活动的部分信息(王华接等, 2002)。

1994年,程一骏教授在澎湖望安岛进行中国首次卫星追踪海龟的试验,至2003年台湾地区共进行25次卫星追踪试验(程一骏, 2006)。

2001年的港口海龟洄游追踪试验,是我国大陆首次利用卫星追踪海龟的科学试验(王文质等, 2002)。至今海龟湾已有9只海龟安装过卫星发报器(表1-3;图5-16a)。此后,香港也开展了类似试验(Chan et al, 2007)。

卫星发报器或追踪仪(图5-16b)比手机稍大,重200~750g左右,采用环氧树脂胶固定在龟甲上,随着背甲生长和海水浸泡,日久会自动脱落,不影响海龟行动(王华接等, 2002)。当海龟露出水面呼吸时,追踪仪的盐水开关打开,发报器向卫星传递信号,科研人员通过解密信号就能获知海龟洄游路线、栖息环境等信息。

因卫星追踪仪的电池寿命一般只有半年左右,所以仍属于中、短期研究的方法。

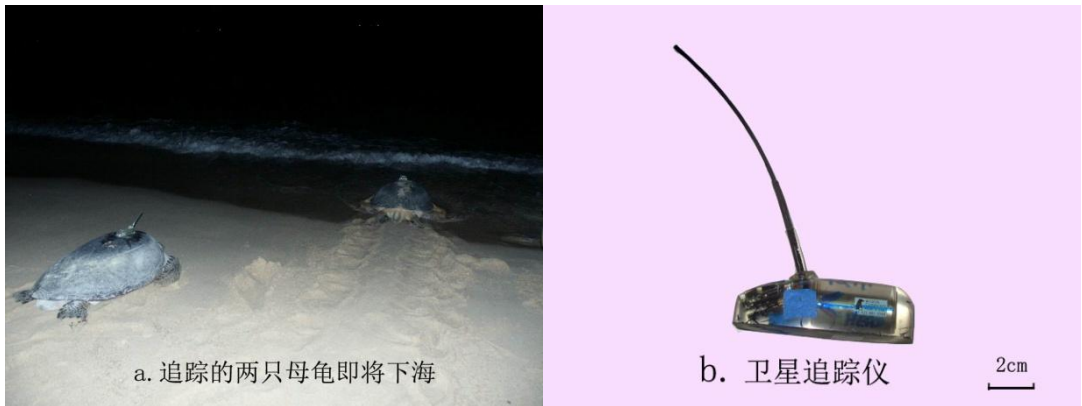


图 5-16 卫星追踪仪及产卵后即将下海的绿海龟

2.4 其它标志方法

我们还试过其它一些标志方法，例如给小海龟前肢系标签，用白色涂改液、油漆或喷漆在海龟背甲上标号，试验表明前三种方法效果不太理想。

用白色汽车喷漆短期标志的方法，所使用的喷漆属于快干热塑性丙烯酸气雾漆。该方法成本低廉、操作简便，具体步骤是：先用 75% 的酒精清洗海龟背甲上的油脂，然后将喷漆摇晃均匀喷在一塑料纸上，用牙签沾漆在背甲上标号，待 10min 后漆干了再将龟放入水中。目前该方法应用于 3 岁以下的小海龟，特别是新生稚龟（图 3-2 右），躯体娇小，不适用 PIT 电子芯片及其它方法，用白色喷漆标志，十分醒目，可维持 1~2 个月，字迹即将消失时可重新标志。

目前，国外标志海龟鳍状肢的产品还有塑料标牌（Plastic tags）、蒙乃尔铜-镍合金牌（Monel tags）、钛合金牌（Titanium tags）等（Broderick and Godley, 1999），同镍合金牌一样，都属于外部标志和非永久性标牌（<http://www.seaturtle.org/tagging/flipper.shtml>）。此外，还有声纳追踪、无线电发报器（杨同正，1996）、刺青纹身和标志圈等方法，不一一赘述。

2.5 小结

表 5-4 记录了三代标志产品的长、宽、厚、重等规格。数据显示，PIT 芯片最小、最轻，适于标记 1 龄以上的海龟；卫星跟踪器体积大，稍重，通常小于海龟体重的 1% 时，可用于追踪成年、亚成年海龟（Pelletier et al, 2003），不会影响海龟的行为和适应能力。

表 5-4 几种标志产品的规格 (mm/g)

| 标志产品 | 形状 | 长 | 宽 | 厚 | 重 | |
|-------|--------|------|---------|---------|-----------|---------|
| 第一代产品 | 不锈钢片 | 长条形 | 81.24 | 10.38 | 0.54 | 2.200 |
| | 放生钢牌 | 长方形 | 87.60 | 54.70 | 1.00 | 35.200 |
| 第二代产品 | 镍合金牌 | 长条状 | 71.14 | 8.14 | 0.84 | 3.200 |
| 第三代产品 | PIT 芯片 | 糯米粒状 | 12.45 | 直径 2.02 | 频率 125kHz | 0.0843 |
| | 卫星追踪器 | 长方体 | 100~130 | 60~90 | 50~70 | 200~750 |

从标志的部位来看,第一、二代产品及喷漆属于外部标志,第三代产品 PIT 芯片则属于体内标志,海龟卫星追踪则整合了物理学、海洋学和生物学等相关学科的知识和技术,这种现代生物遥测技术有着广阔的应用前景。

外部标志简单直观,易于发现,但容易丢失;体内标志(PIT 芯片)保持长久,但需要有专门识别仪器才能鉴定动物的身份;卫星发报器若大而重,则适于追踪成年海龟,可在中、短期内获得较多的信息。但卫星追踪器材十分昂贵,因此我们认为镍合金牌(Inconel tags)与 PIT 芯片标志相结合的方法可取长补短,经济实用,也是一种行之有效的标志方法。

当今世界科技日新月异,今后将不断涌现出新的标志产品,例如“动物黑匣子”微型数码摄像机、水下小型摄像发射器等高科技仪器。然而不论何种标志方法,首先应以不影响动物行为、不伤害动物身体为基本原则,然后考虑尽可能多地获取准确的数据,达到保护海龟的目的。

总 结

全球 7 种海龟都是 CITES 附录 I 濒危物种，我国的 5 种海龟均为国家二级重点保护动物，中国濒危动物红皮书将绿海龟列为濒危（E），其它四种为极危（CE），目前我国的海龟总体资源处于濒临灭绝的边缘，迫切需要采取科学的保护和繁育措施。

1992 年，农业部在广东省惠东港口海龟湾建立了中国唯一的海龟国家级自然保护区。在中国大陆一万八千多公里的海岸线上，目前已知仅有惠东海龟湾尚有成批海龟上岸产卵。本文研究了绿海龟卵的移植孵化时最佳生态因子的选择，极大地提高了孵化率；对绿海龟稚龟的性别鉴定技术和关键温度进行了研究，提出了方便经济、实用可靠的无损伤鉴定性别的方法；利用人工恒温孵化的技术，可以做到人为控制稚龟的性别比例，有利于濒危物种种群的扩大和保护工作；在人工养殖条件下，探讨了绿海龟幼龟甲状腺激素（T₃、T₄）与生长发育的关系，发现了幼龟甲状腺激素与生长之间的年周变化规律，对于加速幼龟生长速度的研究提供了基础资料。

本文的主要结果、结论和创新点如下：

1. 海龟卵表面的粘液或污染物（破卵流出的卵黄和卵白等）影响卵的孵化率，提出了“海龟卵表面的粘液对卵的孵化可能没有促进作用，仅是有利于卵的顺利产出；卵表面的污染物会极大地降低孵化率”的假说，并且得到实验证实。

2. 提出了如何选择移植地点和卵窝深度、怎样避免窝卵的数量效应对孵化率影响等具有推广价值的观点。进行海龟卵人工移植时，卵窝的深度应在 70 cm 左右；并且，海龟湾沙滩植被生长区不是移植的适宜地点；经过用 1% 碘酒消毒处理，清除卵表面的粘液或污染物（破卵流出的卵黄和卵白等）后，海龟卵受霉菌感染、被地下蠕虫侵害的概率大大下降，孵化率可达 85% 以上；我们还发现当每个卵窝大于 50 枚卵时出现明显的数量效应，生产中可以将一大窝卵分成几小窝孵化。

3. 发现海龟湾绿海龟的性别决定的临界温度在 29.4℃—29.5℃ 之间。建立了抽取羊水和血液化验、测定性别热敏期（TSP）温度、或孵化周期估算性别比例和性别鉴定的简易方法。海龟性腺切片分皮层和髓质两部分：卵巢中皮层

较厚、基质中有大小不一的未成熟卵细胞及髓质中空腔较少；睾丸的皮层较薄、髓质中空腔较多、呈现出显著的被基质包围的髓质索。性激素测定时，当 $E_2:T < 1.5$ 时，孵出的稚龟为雄性（♂）；当 $E_2:T > 1.5$ 时，稚龟为雌性（♀）。

4. 首次探讨了绿海龟幼龟甲状腺激素（T₃、T₄）与生长发育的关系，并发现了幼龟甲状腺激素与生长之间的年周变化规律：绿海龟血清 T₃ 浓度最高峰出现在 7 月份，而生长速度最快的月份却是 9 月份，滞后 2 个月；血清 T₄ 最高值出现在 10 月份；全年环境温度（气温、水温）与绿海龟血清中 T₃、T₄ 浓度变化皆成近似平行的单峰曲线。绿海龟幼体甲状腺的组织结构和细胞超微形态特点也表现出明显的年周变化特点，因此，绿海龟全年生长速度、甲状腺细胞形态结构和甲状腺激素分泌水平等三方面具有一定的季节节律同步性。这些成果为将来进一步研究绿海龟生长发育的模式和发展工厂化养殖提供了理论指导。

5. 对绿海龟和棱皮龟的内脏作了比较详细的系统解剖观察，为今后开展海龟保护，疾病诊断和病理检验提供了第一手资料。

6. 研究和比较了海龟标志的方法，为开展海龟的各项研究工作提供了标志方法学依据。可用喷漆短期标志稚龟，利用卫星追踪仪器可在中、短期内获得较多的关于成年龟的信息，镍合金牌（Inconel tags）与 PIT 芯片标志相结合的方法可取长补短，方便实用，是一种行之有效的标志方法。

参 考 文 献

- Ali A, Yaacob K K, Talib Z, Isa M M, Razak S A, 2006. A GUIDE FOR TAGGING OF SEA TURTLES IN THE SOUTHEAST ASIAN REGION. Marine Fishery Resources Development and Management Department Southeast Asian Fisheries Development Center, 1-62.
- Anon, 2004. China Species Information Service—China Species Red List. Wildlife Conservation Society and Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences. <http://www.chinabiodiversity.com/redlist/search/index.shtm>.
- Bentley P J, 1976. COMPARATIVE VERTEBRATE ENDOCRINOLOGY. Cambridge University Press, 1-416.
- Blair K, 2005. Determination of sex ratios and their relationship to nest temperature of loggerhead sea turtle (*Caretta caretta*) hatchlings produced along the southeastern Atlantic Coast of the United States. Florida: Florida Atlantic University Boca Raton, 1-89.
- Booth D T, Burgess E, McCaskey J, et al, 2004. The influence of incubation temperature on post-hatching fitness characteristics of turtles. International Congress Series, 1275: 226–233.
- BRODERICK A C, GODLEY B J, 1999. Effect of tagging marine turtles on nesting behaviour and reproductive success. ANIMAL BEHAVIOUR, 58, 587–591.
- Broderick A C, Godley B J, Reece S, Downie J R. 2000. Incubation periods and sex ratios of green turtles: highly female biased hatchling production in the eastern Mediterranean. MARINE ECOLOGY PROGRESS SERIES, 202: 273-281.
- Chaloupka M, 2001. Historical trends, seasonality and spatial synchrony in green sea turtle egg production. Biological Conservation, 101: 263-279.
- Chaloupka M, Limpus C, 2005. Estimates of sex- and age-class-specific survival probabilities for a southern Great Barrier Reef green sea turtle population. Marine Biology, 146: 1251-1261.
- Chan S K F, Chang I J, Zhou T, Wang H J, Gu H X, Song X J, 2007. A comprehensive overview on the population and conservation status of sea turtles in China. Chelonian Conservation

- and Biology, 6(2): 000–000.
- CHEN Jiu-lin, 1998. Nest temperature influence hatchling sex ratios of the green turtle, *Chelonia mydas* (Reptilia:Cheloniidae) on Wang-an Island, Peng-Hu Archipelago,Taiwan. Keelung: Institute of Marine Biology, National Taiwan Ocean University.
- CHEN Tian-xi, 1993. The Breeding Ecology of Green Turtle, *Chelonia mydas*, at Wan-An Island, Peng-Hu Archipelago. Keelung: Marine Biology Institute of Taiwan Ocean University.
- Cheng I-J, 1995. Sea Turtles At Dungsha Tao. South China Sea. Marine Turtle Newsletter, 70: 13-14.
- Cheng I-J, 1996. Sea turtles at Taipin Tao, South China Sea. Marine Turtle Newsletter, 75:6-8.
- Cheng I-J, 2000. Sea turtles at Dungsha Tao (Pratas Island)and Taipin Tao (Spratly Island), South China Sea. Sea Turtles of the Indo-Pacific: Research Management & Conservation. Proceedings of the Second ASEAN Symposium and Workshop on Sea Turtle Biology and Conservation. London; ASEAN ACADEMIC PRESS LTD, 59-68.
- Cheng I-jiunn, 1997. STUDIES ON CHINESE SEA TURTLES. HERPETOLOGICAL SERIES (9): CHINESE CHELONIAN RESEARCH SICHUAN JOURNAL OF ZOOLOGY, 15: 27-54.
- Cheng I-Jiunn, 2002. Sea turtle conservation in TAIWAN and the using of satellite telemetry as a tool to reach the goal of international and regional conservation cooperation. B.C.G. Testudo, 5(4):37-44.
- Cheng I-Jiunn, Chen Tien-His, 1997. The incidental capture of five species of sea turtles by coastal setnet fisheries in the eastern waters of Taiwan. Biology Conservation, 82:235-239.
- Chiu K W, Phillips J G, Maderson P F A,1969. Seasonal changes in the thyroid gland in the male cobra, *Naja naja* L. Biol. Bull., 136:347-354.
- Dencer R J, Licht P. 1988. Thyroid Hormones Act at the Level of the Pituitary to Regulate Thyrotropin and Growth Hormone Secretion in Hatchling Slider Turtles (*Pseudemys scripta elegans*). THE JOURNAL OF EXPERIMENTAL ZOOLOGY, 247:146-154.
- Denver R J, 1997. Regulation of growth hormone secretion and action in amphibiansand reptiles. Sellchiro Kawashima, Sakae Kikuyama. Advances in comparative endocrinology proceedings of XIII international congress of comparative endocrinology. Yokahama: International Congress of Comparative Endocrinology, 907-914.

- Denver R J, Harvey S, 1991b. Thyroidal inhibition of chicken pituitary growth hormone: Alterations in secretion and accumulation of newly synthesized hormone. *J Endocrinol*, 131:39-48.
- Denver R J, Licht P, 1991c. Dependence of body growth on thyroid activity in turtles. *J Exp Zool*, 258: 48-59.
- Denver R J, Licht P, 1989b. Neuropeptides influencing pituitary hormone secretion in hatching turtles. *J Exp Zool*, 251:306-315.
- Diong C H, Lim S S L, Leh C M U, 1999. Effects of replanting depth and clutch Size on hatch rate, and incubation period in the green sea turtle, *Chelonia mydas*, with a note on hatchling size parameters. *Asian Journal of Tropical Biology*, 3(2): 15-19.
- Env. Aust, 2008. Draft Recovery Plan for Marine Turtles in Australia. http://www.environment.gov.au/cgi-bin/sprat/public/publicspecies.pl?taxon_id=1765#population_and_distribution.
- Erie Niiler, 2001. 海龟的困境(魏鹏译). *科学*, (11): 68-73.
- Faber J, Siersbak-Nielsen K, 1996. Serum free 3,5,3'-triiodothyronine (T3) in non-thyroidal somatic illness, as measured by ultrafiltration and immunoextraction. *Clinica Chimica Acta*, 256:115-123.
- Formia A, Tiwari M, Fretey J, Billes A, 2003. Sea Turtle Conservation along the Atlantic Coast of Africa. *Marine Turtle Newsletter*, 100:33-37.
- Frazer N B. 2003. Concerning Those Things Which We Ought to Have Done: Reflections on the Future of Sea Turtle Research. *Marine Turtle Newsletter*, 100:5-8.
- Frazier J, 1989. 海龟的实用鉴定检索. *四川动物*, 8 (1): 32-33.
- Frazier S S, Frazier J G, Ding H B, et al, 1988. Sea turtles in Fujian and Guangdong Province. *Acta Herpetologica Sinica*, 7(1):16-46.
- GABRIEL G O, JIMENEZ-TREJO F J, FAVILA R, et al, 1999. Acetylcholinesterase-Positive Innervation Is Present at Undifferentiated Stages of the Sea Turtle *Lepidochelis olivacea* Embryo Gonads: Implications for Temperature-Dependent Sex Determination. *THE JOURNAL OF COMPARATIVE NEUROLOGY*, 410: 90-98.
- Godfrey M H, 1997. Sex ratios of sea turtle hatchlings: direct and indirect estimates. Toronto: University of Toronto, 1-181.
- Godfrey M H, Mrosovsky N, 2006. Pivotal temperature for green sea turtles, *Chelonia mydas*,

- nesting in Suriname. *The Herpetological Journal*, 16 (7):55-61.
- Gross T S, Crain D A, Bjorndal K A, et al, 1995. Identification of sex in hatchling loggerhead turtles (*Caretta caretta*) by analysis of steroid concentrations in chorioallantoic/amniotic fluid. *GENERAL AND COMPARATIVE ENDOCRINOLOGY*, 99: 204-210.
- Harvey S, 1989. Thyroidal inhibition of growth hormone secretion: negative feedback. Mikami S. *Avian endocrinology: environment and ecological perspectives*. Tokyo: Japan Sci Soc Press, 3-19.
- Harvey S, 1993. Growth hormone secretion in poikilotherms and homeotherms. Schreiber MP, Scanes CG, Pang PKT, *The Endocrinology of growth, development and metabolism in vertebrates*. New York: Academic Press, 151-182.
- Hays G C, 2004. Good news for sea turtles. *TRENDS in Ecology and Evolution*, 19 (7): 349-351.
- Horacio M L, Salvador R R, Norma M M, et al, 1997. Correlation among Thermosensitive Period, Estradiol Response, and Gonad Differentiation in the Sea Turtle *Lepidochelys olivacea*. *General and Comparative Endocrinology*, 107:373–385.
- Huang Chuchien, 1981. Distribution of Sea Turtle in China Seas. *Biology and Conservation of Sea Turtles*, 321-322.
- IUCN/SSC Marine Turtle Specialist Group. 1995. *A Global Strategy for the Conservation of Marine Turtles*. Cambridge: The IUCN Species Survival Commission, 1-30.
- Jennifer L. Hugenberger, Licht P, 1999. Characterization of Thyroid Hormone 5'-Monodeiodinase Activity in the Turtle (*Trachemys scripta*). *General and Comparative Endocrinology* 113, 343–359.
- Johnston S D, Daniels C B, Booth D T, 2001. Development of the pulmonary surfactant system in the green sea turtle, *Chelonia mydas*. *Respiration Physiology*, 126: 75-84.
- Karavas N, Georghiou K, Arianoutsou M, et al. 2005. Vegetation and sand characteristics influencing nesting activity of *Caretta caretta* on Sekania beach. *Biological Conservation*, 121: 177–188.
- Kaska Y, Ilgaz Ç, Özdemir A, et al, 2006. Sex ratio estimations of loggerhead sea turtle hatchlings. *Naturwissenschaften*, 93: 338–343.
- Katims Y, Urhan R, Kaska Y, Baskale E. 2006. Invertebrate infestation on eggs and hatchlings of the loggerhead turtle, *Caretta caretta*, in Dalaman, Turkey. *Biodiversity and*

- Conservation,15: 3721-3730.
- Kohel K A, MacKenzie D S, Rostal D C, et al, 2001. Seasonality in Plasma Thyroxine in the Desert Tortoise, *Gopherus agassizii*. *General and Comparative Endocrinology* , 121, 214–222.
- Levine M, Duffy L, Moore D C, et al, 1995. Acclimation of a non-indigenous sub-Arctic population seasonal variation in thyroid function in interior Alaska. *Comp. Biochem. Physiol*, 111A, (2): 209-214.
- Lomholt, J P, 1976. The development of the oxygen permeability of the avian egg shell and its membranes during incubation. *JOURNAL OF EXPERIMENTAL ZOOLOGY* 198:177-184.
- Lutz P L, Musick J A, Wyneken J.2003. *THE BIOLOGY OF SEA TURTLES (Volume II)*. CRC Press LLC.
- LV Ji-sheng, 1988. ZHANG Xiao-rong. Sea turtle incubation and captive breeding technology. Huidong: Bureau of Agriculture.
- Lynn, W G. 1969. The thyroid. In: A. D'A Bellair, C. Gans and E. Williams, eds., *Biology of the Reptilia*.
- Machado V L A, Wassermann G F, Marques M, 1991. In vitro effect of insulin on the uptake of glucose and α -aminoisobutyric acid in the thyroid gland of the turtle (*Chrysemys dorbigni*). *General and Comparative Endocrinology*, 82 (1): 8-13.
- Marcovaldi M Â, Thom é J, Frazier J G, 2003. Marine Turtles in Latin America and the Caribbean: A Regional Perspective of Successes, Failures and Priorities for the Future. *Marine Turtle Newsletter*, 100: 38-42.
- MARINE TURTLE SPECIALIST GROUP. 2008-3-15. Hazards to Marine Turtles. <http://www.iucn-mtsg.org/hazards>.
- Mohanty D, 2007-12-3. Sea turtles face threat from Indian ports plan. <http://news.independent.co.uk/world/asia/article3218053.ece>.
- Mrosovsky N, 1988. Pivotal temperatures for loggerhead turtles (*Caretta caretta*) from northern and southern nesting beaches. *Can. J. Zool*, 66, 661-669.
- Mrosovsky N, Baptistotte C, Godfrey M H, 1999. Validation of incubation duration as an index of the sex ratio of hatchling sea turtles. *Can. J. Zool*, 77: 831–835.

- Mrosovsky N, Dutton P H, Whitmore C P. 1984. Sex ratios of two species of sea turtles nesting in Suriname. *Can. J. Zool*, 62, 227-2239.
- PE. 2004-02-29. 中国南海海龟保护行动计划. [EB/OL]. 1-7.
<http://www.greengrants.org.cn/poster/show.php?id=91>
- Pelletier D, Roos D, Ciccione S. 2003. Oceanic survival and movements of wild and captive-reared immature green turtles (*Chelonia mydas*) in the Indian Ocean. *Aquat. Living Resour*,16:35-41.
- Peters A, Verhoeven K J F, Strijbosch H. 1994. Hatching and emergence in the Turkish Mediterranean loggerhead turtle, *Caretta caretta*: natural causes for egg and hatchling failure. *Herpetologica*. 50: 369-373.
- PHILLOTT A D, PARMENTER C J, 2001. Influence of diminished respiratory surface area on survival of sea turtle embryos. *JOURNAL OF EXPERIMENTAL ZOOLOGY*, 289, 317-321.
- Phillott A D, Parmenter C J. 2001. Influence of diminished respiratory surface area on survival of sea turtle embryos. *J EXP ZOOL*, 289: 317-321.
- Rader H, Mba M A E, Morra W, et al, 2006. Marine Turtles on the Southern Coast of Bioko Island (Gulf of Guinea, Africa), 2001-2005. *Marine Turtle Newsletter*, 111:8-10.
- Robins J B, 1995. Estimated catch and mortality of sea turtles from the east coast otter trawl fishery of Queensland, Australia. *Biological Conservation*, 74:157-167.
- Sawin C T, Bacharach P, Lance V, 1981. Thyrotropin-releasing hormone and thyrotropin in the control of thyroid function in the turtle, *Chrysemys picta*. *General and Comparative Endocrinology*, 45(1): 7-11.
- Sea Turtle Association of Japan.2008. The importance of Japan to sea turtles [EB/OL]. <http://www.umigame.org>.
- Seaturtle.org.2008. What kind of flipper tags [EB/OL]
<http://www.seaturtle.org/tagging/flipper.shtml>
- Shanker K, Pilcher N J, 2003. Marine Turtle Conservation in South and Southeast Asia: Hopeless Cause or Cause for Hope? *Marine Turtle Newsletter*, 100:43-51.
- Soukhova N, Soldin O P, Soldin S J. 2004. Isotope dilution tandem mass spectrometric method for T4/T3. *Clinica Chimica Acta*, 343:185-190.
- Sutherland W J, 1996. *Ecological Census Techniques*. Cambridge: Cambridge University Press.

- The American Society of Ichthyologists and Herpetologists, 1990. An assessment of two methods of sexing hatchling sea turtles. *Copeia*, (2):589-591.
- The IUCN Red List of Threatened Species. 2004. Green Turtle (*Chelonia mydas*). <http://www.iucnredlist.org/search/details/4615.pdf>
- Troeng S, Rankin E, 2005. Long-term conservation efforts contribute to positive green turtle *Chelonia mydas* nesting trend at Tortuguero, Costa Rica. *Biological Conservation*, 121:111-116.
- Tuxbury S M, Salmon M, 2005. Competitive interactions between artificial lighting and natural cues during seafinding by hatchling marine turtles. *Biological Conservation*, 121: 311-316.
- Vincenzo Ferri.2002. *Turtles and Tortoises*. Canada & New York: Firefly Books Ltd.
- Wyneken J, 2001. *The Anatomy of Sea Turtles*. U.S. Department of Commerce NOAA Technical Memorandum NMFS-SEFSC-470, 1-172.
- Zbinden J A, Margaritoulis D, Arlettaz R. 2006. Metabolic heating in Mediterranean loggerhead sea turtle clutches. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 334 (1): 151-157.
- ZHANG Xiao-rong, 1992. Significance of sea turtle resources and research in incubation technology. China: Report for the Gangkou Sea Turtle National Nature Reserve: 1-12.
- 本特利, 1984. 脊椎动物比较内分泌学(方永强译) 北京: 科学出版社.
- 车茜, 2008-1-18. 甲状腺功能的季节性变化及其意义. <http://jpk.sicau.edu.cn/dwslx/goodpaper/jizhuangxian.htm/>.
- 陈华灵, 林日锦, 叶明彬, 古河祥, 夏中荣, 2007. 海龟卵人工移植试验. *四川动物*, 26 (2): 456-457.
- 陈华灵, 叶明彬, 林日锦, 2006. 绿海龟稚龟高密度养殖越冬技术初报. *四川动物*, 25 (2): 395-397.
- 陈坚峰, 2002. 千里迢迢——绿海龟的故事. 香港: 天地图书有限公司, 郊野公园之友会 香港薄扶林香港大学地理胶地质学系, 1-64.
- 陈久林, 1998. 澎湖县望安岛绿蠵龟卵窝温度变化对稚龟性别比与孵化状况影响之探讨. 基隆: 台湾海洋大学.
- 陈培栋, 2005. 神秘的海龟湾. *野生动物*, 26 (1): 45.
- 陈添喜, 1993. 澎湖望安绿蠵龟(*Chelonia mydas*)之生殖生态学研究. 基隆: 台湾海洋大学.
- 程一骏, 1997b. 绿蠵龟的洄游之谜. *科学月刊*, (335). <http://www.ncor.ntu.edu.tw/ODBS/turtle/turtle.html>

- 程一骏, 2000. 守护沙滩上的稀客. 科学月刊, 31 (7) : 587-590.
- 程一骏, 2001. 南中国海东沙及太平岛之海龟的生殖生物学的研究. 国立台湾海洋大学教学与研究成果展.
- 程一骏, 2003. 太平岛的海龟探寻记. 海巡双月刊, 6: 12-19.
- 程一骏, 1995b. 漫谈绿海龟之保育. 环境教育季刊, 27: 34-39.
- 程一骏, 1997a. 中国海产龟的研究. 蛇蛙研究丛书(九): 中国龟鳖研究《四川动物》, 第15卷增刊:27-54.
- 程一骏, 1998. 中国海龟的保护问题. 四川动物, 17 (2): 74-75.
- 程一骏, 2005. 绿蠵龟的生态与保育(2). 绿蠵龟生活史, 341.
<http://blog.xuite.net/quinn/sample/3729903/track>
- 程一骏, 2006. 就像一个古老的航海家 试解海龟的回游. 新活水, 39: 40-47.
- 程一骏, 2008. 古老的“航海家”. <http://tech.sina.com.cn/d/2008-02-27/14192045760.shtml>
- 杜卓民, 1998. 实用组织学技术. 第二版, 北京: 人民卫生出版社.
- 方刚, 1999. 动物哲学——人类的魔鬼哲学. 北京: 中国华侨出版社: 1-372.
- 古河祥, 夏中荣, 陈华灵, 林日锦, 李丕鹏, 2007b. 海龟标志方法纵览. 四川动物, 26 (2): 458-460.
- 古河祥, 夏中荣, 张飞燕, 肖圣杰, 陈华灵, 林日锦, 叶明彬, 李丕鹏, 2007a. 棱皮龟的大体解剖. 四川动物, 26 (2): 390-391, 394.
- 古河祥, 叶明彬, 周婷, 2006. 丽龟的人工饲养初报. 四川动物, 25(2): 393-394.
- 古河祥, 周婷, 2005. 稚海龟白化个体及畸形卵的观察. 四川动物, 54.
- 郭慧莲, 1999. 绿蠵龟(*Chelonia mydas*)生殖生态之研究调查. 基隆: 台湾海洋大学, .
- 郭青枝, 郭春燕, 2000. 甲状腺的生理机能及主要功能障碍浅析. 忻州师范专科学校学报 (1): 47-49.
- 黄美华, 1990. 浙江动物志(下篇) 爬行动物. 浙江科学技术出版社: 120-126.
- 黄文山, 2000. 兰屿两生爬行动物多样性及食物网和保育观. 四川动物, 19(3): 116-123.
- 黄振庭, 2001. 台东县兰屿岛上绿蠵龟不同的产卵栖地间与产卵行为之比较. 基隆: 台湾海洋大学.
- 黄祝坚, 1987. 海龟的资源考察与保护. 海洋通报, 6(02):97-102.
- 黄祝坚, 1979. 海洋两栖及爬行动物. 海洋科学, 4: 32-35.
- 黄祝坚, 毛延年, 1984. 海龟的种类、习性及其资源保护. 生态学杂志, 3(06):37-40.
- 黄祝坚, 孙家骏, 1982. 海龟的保护策略. 海洋科学, (2): 71. 译自 1980年《世界海龟保

护大会文献汇编》.

- 惠良, 2004. 海洋动物追踪新技术. 世界环境, (5): 55-56.
- 季达明, 1987. 辽宁动物志 两栖类爬行类. 沈阳: 辽宁科学技术出版社, 63-66.
- 简纪常, 1998. 龟鳖的防病机制. 中国水产科学, 5(2):100-104.
- 教学基础资源库, 2007-10-17. 甲状腺. <http://bbs.ccit.edu.cn/kepu/100k/read.php?tid=15764>
- 教育部科技发展中心. 2007-2-27. 全球变暖严重威胁海龟生存. <http://www.ccchina.gov.cn/cn/NewsInfo.asp?NewsId=7164/>
- 教育部科技发展中心. 2008-1-18. 吴成君译自: bio.com. 长寿的啮齿类动物甲状腺激素水平低. <http://www.cutech.edu.cn/cms/cms/infopub/infopre.jsp/>
- 李明华, 2003. 关于海龟研究的思考. 水产科学, 40-42.
- 李丕鹏, 1990. 大鲵和山溪鲵甲状腺和肾上腺的观察. 动物学杂志, 25 (6): 34-36.
- 李兴华, 2003. 从金枪鱼案、海龟 / 海虾案到贸易与环保的法律思考. 前沿(9): 132-136.
- 李振龙, 2005. 印度洋暨东南亚水域海龟备忘录缔约国呼吁 IOTC 加强海龟养护与管理. 中国水产, (7): 25.
- 李仲辉, 1955. 华南沿海的海龟. 生物学通报, (12): 36-39.
- 梁玉麟, 张晓荣, 林日锦等, 1990. 南海海龟资源调查与孵化养殖技术研究. 农业部水产司立项(课题编号 8607-7): 1-39.
- 林志昌, 1999. 澎湖县望安岛绿蠵龟(*Chelonia mydas*)产卵保护区管理策略的探讨. 基隆: 台湾海洋大学.
- 吕继生, 张晓荣, 等. 1988. 海龟产卵孵化与人工养殖小海龟. 农业部科技进步三等奖. 1-7.
- 牟水元. 2003. 龟胶的熬制技术. 农村新技术, 10: 42.
- 欧阳统, 李清贵, 1995. 西沙群岛建立自然保护区探索. 海洋开发与管理, 12(2): 40-42, 46.
- 欧阳统, 张阁清, 陈盛, 1992. 西沙群岛生物资源面临的困扰及保护对策. 资源开发与保护, 8 (1): 57-59.
- 钱国英, 朱秋华, 钱莹莹, 2000. 海龟组织浆对鼠免疫功能影响. 海洋科学, 24 (5): 5-7.
- 青岛海底世界, 2006.12.11. 回到出生地产卵的爬行动物——绿海龟. <http://www.qdunderwaterworld.com/base/main/hpzsxiang.aspx?ArticleID=1049>
- 人民网, 2007-12-14. 联合国气候变化大会花絮: 地球小姐放生海龟. <http://env.people.com.cn/GB/6655976.html>.
- 任先秋, 1980. 西沙群岛的海龟藤壶. 海洋科学集刊, 17:187-197.

- 桑青芳, 刘小青, 2003. 绿海龟结核块的手术切除. 动物管理与兽医学, 35 (9) :26.
- 沈金荣等, 1980. 海龟膏的初步药理研究. 中成药研究: 42.
- 沈寿彭, 1977. 西沙群岛的珍贵海洋动物—海龟. 海洋战线, (04): 21-23.
- 施惠群, 朱福定, 邹胜群, 1980. 海龟的利用. 海洋渔业, (5): 8-9.
- 宋盛宪, 杨渡远, 1988. 重视我国海龟资源的繁殖保护工作. 海洋渔业, 10 (3): 132.
- 谈华, 丁月娟, 2005. 甲状腺激素对蝌蚪变态发育的影响. 生物学通报, 40 (6):57-58.
- 覃建耀. 2002. 几种龟板加工方法. 农村新技术, 9: 39.
- 谭燕翔, 黄祝坚, 1988. 海龟繁殖生物学. 海洋科学, 6: 56-58.
- 谭燕翔, 黄祝坚, 1989. 海龟的资源恢复与人工养殖. 海洋通报, 8(01):114-117.
- 汤家礼, 1999. 超乎寻常的忍耐. 海洋世界, 8-9.
- 唐锡阳, 1985, 37-40. 海龟登陆的季节——自然保护区访问之十六. <http://www.greencamp.org.cn/artical/00099.htm/>.
- 唐锡阳, 1986. 海龟登陆的季节——自然保护区访问之十六. 大自然, (1): 39-42.
- 汪小炎, 2000. 中国的海龟资源. 大自然, (4): 40-41.
- 王华接, 王东晓, 王文质, 宋晓军, 刘斌, 陈坚峰, 古河祥, 2002. 基于海龟洄游卫星追踪的生物遥测试验研究. 高技术通讯, 11: 82-86.
- 王惠珍, 1997. 澎湖县望安岛上绿蠵龟(*Chelonia mydas*) 产卵地选择之研究. 基隆: 台湾海洋大学.
- 王建军, 1988. 海龟今昔. 航海, 3: 42-43.
- 王俊, 邵庆均, 2005. 海龟的主要疾病及防治措施. 水产养殖, 26(6): 30-33.
- 王俊, 邵庆均, 2006. 海龟疾病及防治措施. 浙江农业科学, (2): 207-210.
- 王敏干, 1999. 香港海龟的现状. Taipei: International Workshop on The Migration, Foraging Habitats and Nesting Ecology of Marine Turtles in Taiwan.
- 王炜, 李绍君. 1999. 海龟饲养技术探讨. 水产科学, 18(2): 28-31.
- 王文婷, 2004. 哥斯达黎加海龟生态奇景. ECOLOGICAL ECONOMY, 71-73.
- 王文质, 王东晓, 王华接, 2002. 港口海龟洄游追踪试验. 中国科学院(院刊) (2):152-153.
- 王亚民, 1993. 我国南海海龟资源与保护研究现状与展望. 生态学杂志: 60-61.
- 王云祥, 2001. 抗癌功效海中来. 海洋世界, 42.
- 王者茂, 1980. 我国的海洋爬行动物及其利用. 海洋渔业, (5): 10-12.
- 王者茂, 1965. 海龟的饲养管理. 动物学杂志, 7 (5) : 237, 233.
- 王者茂, 1966a. 山东沿海的爬行动物. 动物学杂志, 8 (2) : 89.

- 王者茂, 1966b. 海龟的饲养初报. 动物学杂志, 8 (2) : 92-94.
- 王者茂, 1975. 山东沿海蠓龟食性的初步分析. 动物学杂志, 10 (2) : 43-44.
- 王中丽, 匿圈, 谈新提, 王敏, 程金童. 2003. 增龄对大鼠甲状腺组织结构及功能的影响. 武汉大学学报(医学版), 24 (4) : 243-246.
- 温业棠, 1984. 广西海生龟类的新记录. 两栖爬行动物学报, 3 (1) : 46.
- 翁幼竹, 戴燕玉, 方永强, 胡晓霞, 2003. 鲮鱼甲状腺免疫组织化学与超微结构. 动物学报, 49(2):230~237.
- 吴昌雅, 1993. 海南省加强保护海龟资源. 中国水产, (9): 16.
- 吴季森, 李超美, 朱雪良, 1990. 海龟、变色龙绿脓假单胞菌的诊断. 中国兽医科技, 12: 33-34.
- 吴瑞敏, 高晨, 董大海, 施东捷, 1995. 眼镜蛇甲状腺结构的年周期变化率. 动物学研究, 16 (3) : 247-254.
- 吴瑞敏, 黄杰, 1990a. 眼镜蛇入蛰前、蛰眠期和出蛰后血清某些激素与能量物质代谢的关系. 赵尔宓主编. 从水到陆. 北京: 中国林业出版社: 190—195.
- 吴瑞敏, 黄杰. 1990b. 眼镜蛇入蛰前、蛰眠期和出蛰后血清某些激素与能量物质代谢的关系. 载赵尔宓主编《从水到陆》, 中国林业出版社, 北京: 190-195.
- 吴瑞敏, 周瑞祥, 施东捷, 1994. 眼镜蛇血浆 T_3 、 T_4 、 TsH 浓度的年周期变化律. 动物学研究, 15(1): 59-64.
- 香港渔农自然护理署, 2008-3-10. 香港有记录的海龟. http://sc.afcd.gov.hk/gb/www.afcd.gov.hk/tc_chi/conservation/con_fau/con_fau_sea/con_fau_sea_sea/con_fau_sea_sea.html.
- 肖亚梅, 周工健, 1998. 乌龟年龄的鉴定方法. 湖南师范大学自然科学学报, 21 (4) : 68-70.
- 谢义霆, 2004. 光害对于澎湖县望安岛绿蠓龟产卵行为之影响. 基隆: 台湾海洋大学.
- 谢祖培, 1992. 玳瑁的人工饲养及疾病防治. 野生动物 (2) : 35-36, 27.
- 新浪科技. 2007-11-16. 全球 86% 海龟种类濒临灭绝 (图). <http://tech.sina.com.cn/d/2007-11-16/09591856089.shtml/>
- 许高宜, 1986. 海龟生态观察. 大自然, 37-38.
- 许谷渊, 2004. 温室效应导致海龟提前产卵. 世界科学, 5: 18.
- 闫茂华, 郑霞, 2000. 玳瑁的人工饲养试验. 动物学杂志, 35(1):26-28.
- 杨安峰, 程红, 1999. 脊椎动物比较解剖学. 北京: 北京大学出版社.
- 杨吝. 2005. 减少副渔获物的选择性捕捞技术. 现代渔业信息, 20 (4) : 6-8, 12.

- 杨同正, 1996. 澎湖望安绿蠵龟(*Chelonia mydas*)生殖期的巢间行为及产卵地选择之研究. 基隆: 台湾海洋大学.
- 杨晓峰, 慕红丹, 李红兵, 2000. 鲍鱼、海龟甲及海蒿子等提取物对凝血和纤溶系统的影响. 中国海洋药物, (2): 35-36.
- 叶明彬, 古河祥, 陈华灵, 林日锦, 2004. 有益微生物(EM)在绿海龟稚龟培育中的应用. 中国水产, 51-52.
- 叶祥奎, 1997. 中国化石龟鳖类综述. 蛇蛙研究丛书(九): 中国龟鳖研究《四川动物》, 第15卷增刊: 65-86.
- 佚名. 2005-12-30. 动物种群密度的取样调查. <http://www.eedu.org.cn/Article/ecology/ecologyth/Populationeco/200512/6936.html>
- 元宝, 2006-7-25. 内分泌异常. 龟类基本数据. <http://www.01wed.com/bbs/archiver/?tid-3532.html>.
- 袁澹, 1992. 养鳖放龟的科学技术. 养鱼世界, 9: 27-35.
- 翟红, 黄祝坚, 1995. 关于海龟的考察和研究. 两栖爬行动物研究(第4、5辑): 299-301.
- 张邦安, 2005. 怎样加工龟板. 农村养殖技术, (10): 33.
- 张飞燕, 古河祥, 2005. 绿海龟稚龟的人工饲养. 四川动物, 24(3): 412-413.
- 张飞燕, 古河祥, 肖圣杰, 林日锦, 陈华灵, 夏中荣, 2007. 凹甲陆龟的人工饲养试验及行为观察初报. 四川动物, 26(2): 454-455.
- 张家庆, 龚念慈, 1987. 内分泌手册. 北京: 人民卫生出版社, 第1版.
- 张金泉, 1996. 港口国家级自然保护区及其海龟的生态生物学特性. 中国生物圈保护区, 3(4): 3-5.
- 张连琴, 陈雪娴, 陈祖培, 2000. 低碘大鼠甲状腺超氧化物歧化酶的免疫组化和免疫电镜研究. 中华内分泌代谢杂志, 16(2): 112-114.
- 张孟闻, 宗愉, 马积藩, 1998. 中国动物志 爬行纲 第一卷 总论 龟鳖目 鳄形目. 北京: 科学出版社.
- 张万佛, 1994. 活化石——绿海龟. 大自然, (1): 26-27.
- 张晓荣, 梁玉麟, 1993. 南海海龟资源现状及孵化养殖技术初步研究. 湛江水产学院学报, 13(01): 41~48.
- 张晓荣, 1992. 港口海龟自然保护区环境分析与研究. 国家二类保护动物——海龟.
- 张晓荣, 李放明, 王伦武. 1995. 稚海龟的雌雄辨别. 动物学杂志, 30(1): 48-49.
- 赵尔宓, 1997. 中国龟鳖动物的分类与分布研究. 蛇蛙研究丛书(九): 中国龟鳖研究. 《四

- 川动物》,15(增刊): 1-26, 12 彩色图版.
- 赵尔宓, 黄康彩, 1982. 辽宁省两栖爬行动物调查报告. 两栖爬行动物学报, 1 (1): 12.
- 赵尔宓, 1998. 中国濒危动物红皮书. 中国物种信息系统.
<http://www.chinabiodiversity.com/search/detail.shtm?cspcode=030070002>
- 赵肯堂, 1997c. 中国鳖科动物分类研究. 载赵尔宓主编:《中国龟鳖动物研究》, 蛇蛙研究丛书, 9: 55-64.
- 照屋秀司, 1995. 爬虫类の病气. 日本动物园水族馆杂志:9599.
- 郑辑, 1985. 福建海生龟类初步调查. 两栖爬行动物学报, 4 (2): 156-157.
- 之久, 1980. 海龟板是良好的药材. 海洋渔业, (5): 29.
- 中国科学院南海海洋研究所生物室资源组, 1975. 西沙群岛海龟生殖习性的初步观察. 动物学杂志, 10 (4): 34-35.
- 中广网, 2006-12-25. 国际海龟年 中国大力开展海龟保护工作.
http://www.cnr.cn/tbj/sytt/200610/t20061023_504311299_1.html
- 周开亚, 1983. 江苏近海的蠓龟、丽龟和棱皮龟. 两栖爬行动物学报, 2 (3): 57-62.
- 周婷(主编), 赵尔宓(审校), 2004. 龟鳖分类图鉴. 北京:中国农业出版社.
- 周婷, 1994. 人工饲养蠓龟的技术. 水产养殖, (6): 9-10.
- 周婷, 1998. 中国龟鳖的濒危现状与保护策略. 四川动物, 17 (4): 170-171.
- 周婷, 李丕鹏. 2007. 中国龟鳖物种多样性及濒危现状. 四川动物, 26 (2): 463-467.
- 周玉兆, 2005. 美国虾进口将需要有关证明. 世界农业, 7: 62.
- 朱龙, 2003. 人工饲养条件下蠓龟行为生态学及其常见病研究. 青岛: 中国海洋大学.
- 朱龙, 2005. 人工饲养条件下蠓龟的常见病. 水产科学, 24 (3): 24-26.
- 宗愉, 1998. 中国濒危动物红皮书.
<http://myforum.cgcstation.com/read.php?tid=17397&page=4&fpage=1>
- 宗愉, 1986. 江苏海龟新纪录. 两栖爬行动物学报, 5 (4): 301.
- 邹胜祥, 1989. 海龟胶的化学组成及提升白血球效果的临床观察. 水产学报, 13(1): 85-88.

在读期间个人科研情况

考察和获奖情况:

2007年7月我在中华发展基金会的资助下,受台湾海洋大学邀请,以中国大陆四川大学博士生身份赴台进行为期60多天的考察学习活动。在台湾海洋大学程一骏教授指导下,与其助手和博士研究生一起在望安和兰屿进行海龟保护与研究工作的实践。

2006年和2007年,连续两年被惠东港口海龟国家级保护区管理局授予“保护海龟积极分子”的光荣称号。

2007年10月,获中国动物学会两栖爬行动物分会学术报告优秀奖。

参研项目:

1. 绿海龟(中国)种质资源保存及遗传多样性研究(省级项目 2005B60301012)
Preservation of Green Sea Turtle (China) Resources and Investigation of its Genetic Diversity. (Guangdong Provincial Department of Science and Technology funds the project, serial number: 2005B60301012)
2. 世界濒危物种——绿海龟种群遗传结构研究(省级项目 2005B33201003)
Endangered Species in The World : Green Sea Turtle Population Heredity Research. (Guangdong Provincial Department of Science and Technology funds the project, serial number: 2005B33201003)
3. 国际濒危物种——玳瑁海龟(中国)的种质和遗传多样性研究(省级项目 2006B60101011)
Study on Germplasm and genetic diversity of International Endangered Species, Hawksbill in South China Sea. (Guangdong Provincial Department of Science and Technology funds the project, serial number: 2006B60101011)
4. 绿海龟的人工孵化与性别鉴定技术研究(省级项目 B200613G11)
Investigation on the Technology of Green Sea Turtles' Incubation and Sex Judgement. (Guangdong Provincial Department of Science and Technology funds the project, serial number: B200613G11)
5. 红外线监视海龟产卵摄像系统建设项目(省级项目 2006B70301020)

Surveillance System of Green Sea Turtles Nesting on Chinese Sea Turtle Bay by Infrared Ray. (Guangdong Provincial Department of Science and Technology funds the project, serial number: 2006B70301020)

申报项目:

1. 惠东港口海龟产卵场及其附近海域环境监测研究 (省级项目)
2. 中国 (亚洲) 龟鳖救护中心建设项目 (国际项目)
3. 绿海龟生长调控系统与免疫系统的研究 (省级项目)
4. 广东省科技厅 08 年龟鳖种质库项目可行性报告 (省级项目)
5. 南海海龟资源调查、保存与信息化技术专题课题申请 (农业部项目)
6. 惠东港口海龟国家级自然保护区蟒蛇种群现状调查及栖息地的保护和宣传 (WWF 项目)

论文目录:

1. 古河祥*, **夏中荣***, 张飞燕, 肖圣杰, 陈华灵, 林日锦, 叶明彬, 李丕鹏*. 棱皮龟的大体解剖. 四川动物, 2007, 26 (2): 390-391, 394. (*通讯作者及同等贡献作者).
2. 古河祥*, **夏中荣***, 陈华灵, 林日锦, 李丕鹏*. 海龟标志方法纵览. 四川动物, 2007, 26 (2): 458-460. (*通讯作者及同等贡献作者).
3. 陈华灵, 林日锦, 叶明彬, 古河祥, **夏中荣***. 海龟卵人工移植试验. 四川动物, 2007, 26 (2): 456-457. (*通讯作者).
4. 张飞燕, 古河祥, 肖圣杰, 林日锦, 陈华灵, **夏中荣***. 凹甲陆龟的人工饲养试验及行为观察初报. 四川动物, 2007, 26 (2): 454-455.
5. **夏中荣***, 陈晓虹, 梁俊波. 河南伏牛山两栖动物资源调查. 四川动物, 2006, 25(2): 307-311. (第一作者).
6. 陈晓虹, 陶立奎, **夏中荣***. 小弧斑姬蛙在河南的发现. 动物学杂志, 2006, 41(2):

124-125. (执笔人)

7. 陈晓虹, 夏中荣, 陶立奎等. 三种隆肛蛙的核型分析. 河南师范大学学报 (自然科学版), 2006, 34 (4): 151-153, 157. (执笔人)

8. XIA Zhong-rong et al. Studies of Various Incubation Conditions on Hatching Rate of Green Sea Turtle Eggs. (SCI, been submitted).

9. 夏中荣. 台湾海龟保育. 大自然, 2008. (已接受)

10. 夏中荣, 李丕鹏, 古河祥等. 绿海龟 *Chelonia mydas* 的部分系统解剖. 四川动物. (已接收)

参加国内、国际会议及宣读论文情况

1. 2006年10月, 我参加了在惠州举行了“2006海龟年国际学术论坛”会议。
2. 2007年4月, 我参加在四川成都举行的中俄两栖爬行动物生物多样性及保护学术研讨会。
3. 夏中荣. 2007. 海峡两岸海龟保护现状[R]. 中国动物学会两栖爬行动物学分会2007年学术研讨会, 湖南长沙.
4. 2007年10月, 我参加了在江西南昌举行的“国际重要湿地培训会议”。
5. 2007年11月, 参加在贵州荔波举行的“中国暨东南亚生物多样性国际会议”。
6. 2007年12月, 我参加了广东省林业厅组织的学习活动, 为香港渔农自然护理署的学员讲授龟鳖分类、鉴定和保护方面的知识。

惠东港口海龟国家级自然保护区简介

(<http://www.seaturtle.cn/>)

自然概况

广东省惠东港口海龟国家级自然保护区位于中国广东省惠州市惠东县平海镇境内，地处大亚湾与红海湾交界处的稔平半岛最南端港口大星山脚下。地理坐标为北纬 22°31'00"—22°33'20"，东经 114°52'10"—114°56'00"。海龟保护区属于滨海-海岸湿地类型，总面积 18 平方公里，其中陆地 2 平方公里，海域 16 平方公里。

自古以来这里是海龟上岸产卵繁殖的天然场所，三面环山南面濒海的半月形美丽的海湾，当地人称之为“海龟湾”，环境十分僻静。夏秋两季水温 22℃-28℃，平坦的沙质海底，水深 5~15 m，水质达一类，海水透明度在 2.5~3.5 m 之间，风浪不大。1000 多米长的银白色的沙滩，随着海水季节性迁移，宽幅在 60 m 到 140 m 之间变动，沙质松软、细腻而洁净，这里是中国大陆 18000 多公里海岸线上绿海龟 (*Chelonia madys*) 的最后一张重要的产床。

蓝天白云、碧海银沙的海龟保护区内动植物资源丰富，是天然的水产种质资源保护区，也是众多名贵的海洋动物的天然繁殖场所。而尤其独特的是，该保护区是目前中国大陆的唯一尚有成批海龟上岸的产卵场，也是我国唯一的海龟国家级保护区。

保护区历史

1984 年惠东县政府颁布了《关于大亚湾水产资源自然保护区管理规定》；1985 年，农业部南海区渔政渔港监督管理局成立“南海海龟资源保护站”，同年 6 月广东省将惠东县港口镇的海龟湾划定为海龟自然保护区，惠东县政府颁布了《关于港口海龟保护区的规定》；1986 年 3 月，惠东县政府颁布公告，将海龟湾划定 4 千平方米的滩涂、水面为保护区，并颁发了使用证书。1986 年 12 月经广东省人民政府批准升级为惠东港口省级海龟保护区。1987 年 7 月成立惠东港口海龟自然保护区管理站，1992 年 10 月经国务院批准升级为国家级自然保护区。1993 年加入中国生物圈保护区网络；2000 年经农业部批准实施“惠东港口海龟自然保护区改扩建项目”，将保护区范围从 4 平方公里扩大到 18 平方

公里；2002 年被联合国列入《国际重要湿地名录》，成为我国仅有的 30 个国际重要湿地保护区之一。2002 年 4 月经省编办批准，管理机构升级为惠东港口海龟国家级自然保护区管理局，正处级建制。

地质、地貌

保护区地处大陆边缘，属沉降山地弱谷湾。陆地为花岗岩丘陵山地，呈东西走向的不规则半月形。东部以花岗岩为主形成的荒山。海岸以花岗岩为主，在海浪的冲蚀下，形成了千姿百态的海蚀地貌，平均海拔约 25 m，最高 120 m。

气象水文特征

保护区位于北回归线以南，日照多，辐射强，且受海洋调节，终年气温较高，长夏无冬，无霜冻。多年平均气温 22~23℃，极端最高气温为 34.5℃，极端最低气温为 4.2℃。降水比较丰富，年最大降水量 2306.0 mm(1968 年)，年平均降雨量为 1402~2085 mm，但季节性较强，其中 4~9 月为雨季，其降水量占年降水量的 80%以上。空气潮湿，年平均相对湿度 79~80%，4~8 月相对湿度大于 85%，6 月达 88%。

浅海区由于有沿岸淡水注入，生物饵料丰富。海潮方向随地理环境不同而差异明显，流速易受风力支配，海流每昼夜各涨落 2 次。潮汐属于不正规半日潮，其特点是每天出现两次高潮和两次低潮，相邻两次高潮（或低潮）高度不等，涨潮历时和落潮历时亦不等。平均潮差变化很小，在 1.0 m 以下。受地形影响，高潮时刻总是在月中天之后，本海区平均高潮间隙在 8 小时 27 分~10 小时 27 分。

该海区位于东亚季风区内，受季风环流影响，其风向表现出明显的季节性变化，冬、春季（11~5 月）以东北向风为主，夏季（6~8 月）以西南向风为主，秋季（9~10 月）以东向风为主，多年平均风速为 5.0 m/s。

主要自然灾害为台风。据统计，1949~1988 年间，影响本海区的热带气旋区 370 个，平均每年 9.3 个，热带气旋中以台风最多，年平均 4.5 个，占热带气旋影响数的 48.6%，热带气旋主要分布在 6~10 月份。保护区所处的原港口镇灾害性天气明显，如 1964 年，12 级以上台风有 5 个，热带气旋大风 19 d，大暴雨 5 d，热带气旋降水量达 1261 mm。

一般气候

区内气候属亚热带海洋性气候。据惠东县港口气象站的资料显示：长期受季风环流控制，风向表现出明显的季节性变化，盛行东北和偏北风时间较长，1-4月吹东至东北风，5-9月吹西南风为主；港口平均日照量 2066.7 小时，日照率 47%。

水质、水的永久性

保护区为大星山老虎坑至白鹤洲分水岭以南的丘地与低潮水位线的滩涂，包括沿海海岸的丘岗、沙滩及滩涂水域，为亚热带典型的外海性海域，沙质海底，水质透明，符合《中华人民共和国水质 I 类标准》。海龟国家级自然保护区紧邻广东大亚湾省级水产种质资源自然保护区，有着独特的海洋生态环境，水域较浅，海底平坦。

土壤植被类型

保护区可分为石龙湾、海龟湾与赤澳三个区域，呈东西向分布。东部植被以马尾松树 *Pinus massoniana* Lamb 为主；西部植被以木麻黄 *Casuarina Adans*、台湾相思 *Acacia confusa* Merr. 为主的乔木林。地表布满风化黄砂土。

海龟湾东北西三面环山，南面濒海，沙滩长约 1000 多米，宽随四季海流变化而变化，通常在 60~140 米之间，面积仅 0.1 平方公里。沙滩带沙粒径主要为 0.05~0.2 毫米，大小适中，沙质松散均匀沙滩平缓宽敞，沙滩带后面坡度倾斜较缓，约 40~50 度，冬季坡度较大，夏季平缓。高潮线以上沙滩前沿分布着块状的乳豆 *Galactia fimosana*、海蒲藤 *Ipomoea pes-caprae*、铺地黍 *Panicum repens* linn 和单叶蔓荆 *Vitex trifolia* var. *simplicifolia* 等根系发达的亚热带植物；往后是野菠萝 *Pandanus tectorius*、单叶蔓荆 *Vitex trifolia* var. *simplicifolia*、露兜树 *Pandanus tectorius*、许树 *Clerodendrum inerme* 和草海桐 *Scaevoh sericea* Vahl 等灌木丛。

海龟有选择卵窝位置的能力，雌龟多喜爱在沙草交界处产卵，单叶蔓荆等根茎坚韧的植物，不易折断，常常妨碍海龟产卵；山坡向上是以木麻黄 *Casuarina Adans* 为主的乔木林，为海龟提供一个安静幽闭的产卵环境。沙滩草本植被带宽幅在 30~70 m 之间。

海龟湾海域礁岩海岸下有马尾藻 *Sargassum henslowianum*、紫菜 *Porphyra*

guangdongensis、石莼 *Ulva lactuca* L.等海洋藻类，构成肥厚的海草层，不仅是海龟等草食动物喜爱吃的食物。而且也是海龟及各种海洋生物的良好隐蔽和栖息场所。

重要动物群落

保护区内动物资源丰富，附近海域现存海龟 2 科 5 属 5 种。贝类有鲍鱼 *Haliotis diversicolor* Reeve、翡翠贻贝 *Perna viridis*、海菊蛤 *Spondylus nicobaricus chemnitz*、巴非蛤 *Paphia (Paphia)*、棘螺 *Hexapler chioreus*、东风螺 *Achatina fulica*、牡蛎 *Concha Ostreae* 等；鱼类有真鲳 *Manta birostris*、黑鲷 *S.macrocephalus*、真鲷 *Pagrosomus major*、石斑 *Cephalopholis formosanus*、鲳鱼 *Pampus sinensis* 等；虾类有龙虾 *Linuparus trigonus*、日本对虾 *Japanese tiger prawn*、长毛对虾 *Penaeus (Fenneropenaeus) Penicillatus* Alcock、宽沟对虾 *Penaeus latisulcatus* Kishinouye、短沟对虾 *Penaeus (Penaeus) scmisulcatus*、新对虾 *Metapenaeus affinis*、赤虾 *Metapenaeopsis barbata* (De Haan)及锯绿青蟹 *Scylla serrata* (Forsskal)；另外还有海参、海胆、乌贼 *Sepiella maindroni* 和海豚 *Tursiops truncatus* 等海洋动物。陆地有蛇、蛙、蜥蜴等 20 多种两栖爬行动物分布；已记录的鸟类有北红尾鸲 *Phoenicurus aureus*、八哥 *Crested Myna Acridotheres cristatellus*、褐翅鸦鹃 *Centropus sinensis*、小白鹭 *Egretta garzetta*、老鹰 *Milvus Korschun* 等 30 多种。

总体生态特征

保护区所在地属惠东县渔业发展区范围，附近既没有农田、也没有经济作物，与大亚湾水产资源保护区毗邻，是天然的水产种质资源保护区，为众多优质水产资源的天然繁殖场所，而尤其独特的是，该保护区是目前中国大陆 18000 公里海岸线已记录的唯一尚有成批海龟上岸的海龟产卵场。

保护区内物种众多，生态系统稳定，食物网复杂，茂密的海草层构成了优良的海域环境，为各种海洋鱼类和海龟提供了丰富的食物来源。

海龟物种情况

众所周知，全球所有 7 种海龟都属于国际濒危物种贸易公约(CITES) 中附录 I 的物种。在海龟湾附近海域常年生活着五种海龟：绿海龟 *Chelonia mydas*

(Linnaeus, 1758), 蠍龟 *Caretta caretta* (Linnaeus, 1758), 太平洋丽龟 *Lepidochelys olivacea* (Eschscholtz, 1829), 玳瑁 *Eretmochelys imbricata* (Linnaeus, 1766) 和棱皮龟 *Dermochelys coriacea* (Vandelli, 1761)。其中玳瑁和棱皮龟都属于 IUCN 中极度濒危 (CR), 其它三种属濒危 (E) 物种 (表 1)。

表 1 中国所有 5 种海龟在不同文件中的濒危等级

| 中文名 | 拉丁名 | 英文名 | RDB 名录 | IUCN 等级 | CITES 附录 | 中国重点保 护动物级别 |
|-----------|-------------------------------|---------------------|-----------|------------|-------------|----------------|
| 绿海龟 | <i>Chelonia mydas</i> | Common Green Turtle | E | E | I | II |
| 蠍龟 | <i>Caretta caretta</i> | Loggerhead Turtle | CR | E | I | II |
| 太平洋 丽龟 | <i>Lepidochelys olivacea</i> | Olive Ridley Turtle | CR | E | I | II |
| 玳瑁 | <i>Eretmochelys imbricata</i> | Hawksbill Turtle | CR | CR | I | II |
| 棱皮龟 | <i>Dermochelys coriacea</i> | Leatherback Turtle | CR | CR | I | II |

保护措施

保护措施主要有：扩大海龟保护区面积，规章制度和法制建设；完善《广东惠东港口海龟国家级自然保护区巡护制度》、《广东惠东港口海龟国家级自然保护区海龟管理规程》、《广东惠东港口海龟国家级自然保护区管理局岗位责任制》及其它各项工作制度；推动《广东惠东港口海龟国家级自然保护区管理办法》的立法进程，争取实现国家级保护区管理“一区一法”。

完善保护管理设施建设。建立人工孵化室两间、救护中心一个、完善养殖供排水系统；购置执法快艇一艘；设立保护区界标及隔离栏栅；建立海龟电子身份证系统，监测海龟种群状况。

加强执法队伍建设。建立一支强有力的保护区执法管理队伍，严格贯彻执行国家有关法律法规，加强海上执法检查 and 陆地的环境监察管理，保护和管理好全国惟一的国家级海龟自然保护区。

加强对社区项目、海洋生态环境、国际重要湿地、生物多样性的监测管理。

科研现状

建有简单的国际重要湿地监测站（一个）、海洋环境监测点（一个）、海洋生物研究室（一个）等科研及监测设施，长期开展海龟种群及其栖息的海洋与湿地环境的监测与研究。

2005 年：启动《世界濒危物种——绿海龟的遗传结构研究》及《绿海龟（中国）种质资源保存及遗传多样性研究》科研项目。

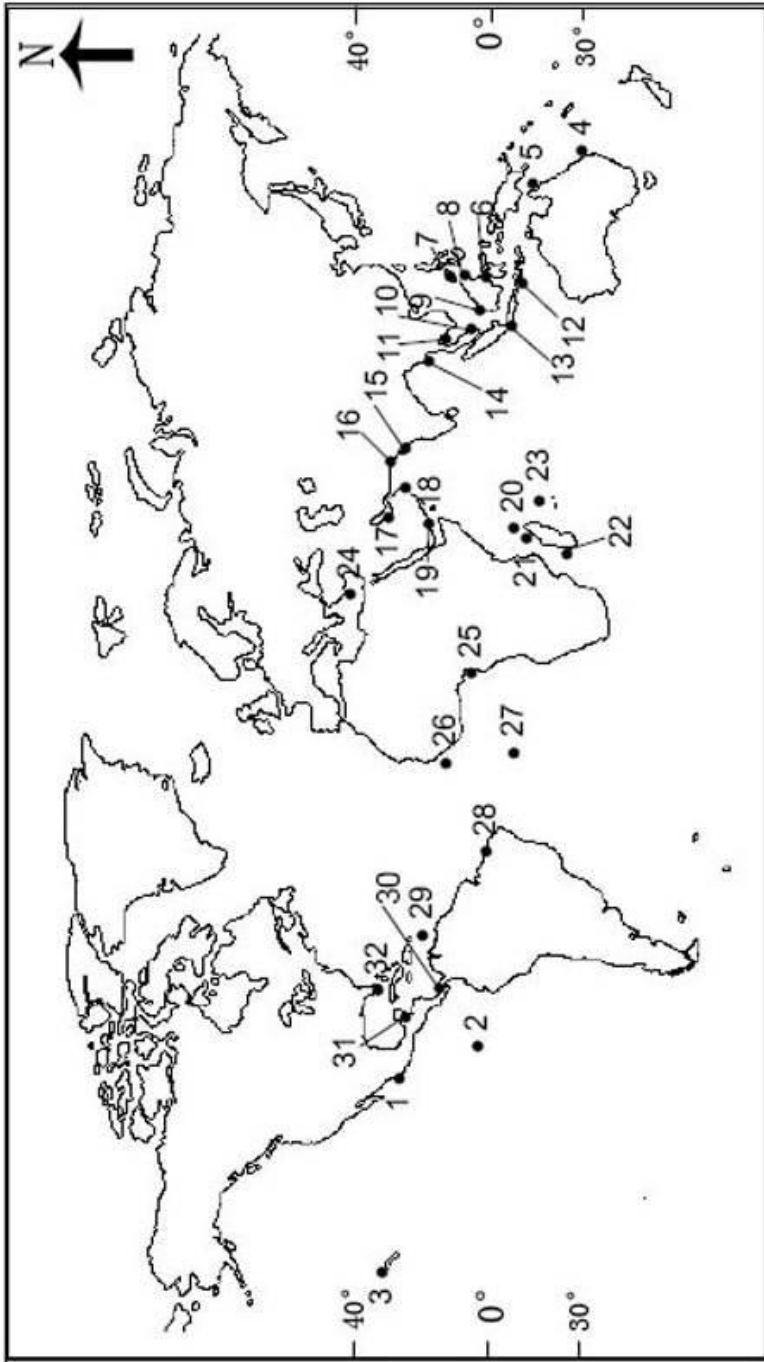
2006 年：开展《国际濒危物种--玳瑁海龟（中国）的种质和遗传多样性研究》和《绿海龟的人工孵化与性别鉴定技术研究》等省级项目。

2006 年 10 月：农业部和广东省人民政府在美丽的海龟湾隆重举行主题为“珍爱海龟，保护海洋”的南海海龟放流活动暨 2006 国际海龟年宣传月启动仪式，在惠州举行了 2006 海龟年国际学术论坛会议。

正在申请的项目有《惠东港口海龟产卵场及其海域生态环境监测与修复》。

保护区已建成多功能展示中心一个、标本馆（800 m²）、环境监测室和全国唯一的海龟救护中心(1200 m²)，并建立了海洋生物研究实验室，已购置了恒温恒湿培养箱、低温冰箱、沙滩温度计、电子点温计、离心机、显微镜、解剖镜、内窥镜、分光光度计、电子数显卡尺、电热恒温水槽、烘箱、电子分析天平、水质分析仪、超净工作台、蒸汽灭菌器、轮转切片机、电子身份证系统（PIT 芯片）等基本实验仪器设备。

附图表页:



附图1 2004年海龟专家组评估的32个绿海龟分布点地图 (IUCN, 2004)

附表 1 全球 32 个绿海龟 *Chelonia mydas* 分布区中英文名称对照表

| 序号 | 中文名 | 英文名 |
|----|----------------------|--|
| 1 | 墨西哥 (科罗拉) | México (Colola, Michoacán) |
| 2 | 厄瓜多尔 (加拉帕戈斯群岛) | Ecuador (Galápagos Is.) |
| 3 | 美国夏威夷 | United States (Hawaii, French Frigate Shoals) |
| 4 | 澳大利亚 (南大堡礁, Heron 岛) | Australia (southern Great Barrier Reef, Heron Is.) |
| 5 | 澳大利亚 (北大堡礁, 雨岛) | Australia (northern Great Barrier Reef, Raine Is.) |
| 6 | 印度尼西亚 | Indonesia (Berau Islands) |
| 7 | 菲律宾 (海龟岛) | Philippines (Turtle Islands) |
| 8 | 马来西亚 (沙巴龟岛) | Malaysia (Sabah Turtle Islands) |
| 9 | 马来西亚 (沙捞越) | Malaysia (Sarawak) |
| 10 | 马来西亚 | Malaysia (Terengganu) |
| 11 | 泰国 (泰国湾) | Thailand (Gulf of Thailand) |
| 12 | 印度尼西亚 | Indonesia (Suka Made, Meru Betiri National Park) |
| 13 | 印度尼西亚 | Indonesia (West Java, Pangumbahan) |
| 14 | 缅甸 | Myanmar (Thamihla Kyun) |
| 15 | 印度 | India (Gujarat) |
| 16 | 巴基斯坦 | Pakistan (Hawkes Bay and Sandspit) |
| 17 | 沙特阿拉伯 | Saudi Arabia (Karan Is.) |
| 18 | 阿曼 | Oman (Ras al Hadd) |
| 19 | 也门 | Peoples Democratic Republic of Yemen(Sharma) |
| 20 | 塞舌尔(群岛) | Seychelles Is. |
| 21 | 科摩罗 | Comoros Islands |
| 22 | 那利群岛 | Isles Eparces (Europa Is.) |
| 23 | 那利群岛 | Isles Eparces (Tromelin Is.) |
| 24 | 土耳其 | Turkey |
| 25 | 赤道几内亚 | Equatorial Guinea (Bioko Is.) |
| 26 | 几内亚比绍 | Guinea-Bissau (Bijagos Archipelago) |
| 27 | 阿森松岛 | Ascension Is. |
| 28 | 苏里南 (拉美) | Suriname |
| 29 | 委内瑞拉 (鸟岛) | Venezuela (Aves Is.) |
| 30 | 哥斯达黎加 (托尔图格罗) | Costa Rica (Tortuguero) |
| 31 | 墨西哥 (尤卡坦半岛) | México (Yucatan Peninsula) |
| 32 | 美国 (佛罗里达) | United States. (Florida) |

附表 2 我国海龟部分产卵地气象等自然条件差异

| 比较项 | 海龟湾 | 望安岛 | 兰屿岛 |
|-------------|-----------|---------|----------|
| 年均气温 (°C) | 高 22.3 | 高 22.2 | 低 22.0 |
| 年降雨量(mm) | 中 1899 | 低 1000 | 高 3055 |
| 附近海域水深 (m) | 10~20 m | 15~20 m | 50~600 m |
| 夏季近海水温 (°C) | 24~28°C | 28°C左右 | 30°C左右 |
| 海水能见度 (m) | 2.5~3.5 m | 5~10 m | 30 m 以上 |

附表 3 我国海龟部分产卵地沙滩名称和面积大小

| 产卵地名称 | 当地最高峰(m) | 产卵沙滩名称 | 长度(m) | 宽度(m) | 沙滩面积(km ²) |
|-------|----------|---------|-------|--------|------------------------|
| 海龟湾 | 大星山, 120 | 大沙滩 | 960 | 60~140 | 0.100 |
| | | 小沙滩 | 40 | 20~30 | |
| | | A. 天台山 | 100 | 10~15 | |
| | | B. 水库 | 800 | 10~30 | |
| | | C. 土地公 | 900 | 20~50 | |
| 望安岛 | 天台山, 58 | D. 长濼仔 | 300 | 20~30 | 0.233 |
| | | E. 水雷仔 | 800 | 10~30 | |
| | | G. 网掩口 | 800 | 15~20 | |
| | | H、I.万善宫 | 100 | 10~30 | |
| | | 大八代 | 250 | 20~30 | |
| 兰屿岛 | 红头山, 548 | 小八代 | 150 | 20~30 | 0.021 |
| | | 东清湾 | 500 | 20~40 | |
| 香港南丫岛 | 山地塘, 353 | 深湾 | 100 | 20~30 | 0.002 |

附表 4 我国海龟部分产卵地沙滩沙子颜色和颗粒大小等特性比较

| 产卵地 | 海龟湾 | 望安岛 | 兰屿岛 | 东沙 | 南沙太平岛 |
|-------|-----------------------|----------|------------------|------|-------|
| 沙子颜色 | 浅黄色 | 黄白色 | 灰黑色 | — | — |
| 颗粒形状 | 不规则形 | 多扁圆形 | 不规则形 | — | — |
| 主要组成 | 石英砂 | 珊瑚、贝壳碎屑 | 火山灰 | — | — |
| 颗粒大小 | 0.10~2.00 mm, 细沙为主 | 非常粗沙 | 非常粗沙 | 粗沙 | 粗沙 |
| 沙层厚度 | 较深, 最深处达 10 m 以上 | 大约 1~3 m | 沙层较薄, 多处 岩石裸露 | — | — |
| 平均含水量 | 2.9% | 4.3% | 5.3% | 9.8% | 6.0% |

注: 部分参照程一骏 (1997a, 2003)

附表 5 我国海龟部分产卵地沙滩主要植被

| 产卵地 | 草本植被 | 灌木 | 乔木 (沙滩边缘) |
|-----|---|--|-------------------------------|
| 海龟湾 | 厚藤 <i>Ipomoea pes-caprae</i> 、乳豆 <i>Galactia fimosana</i> 、铺地黍 <i>Panicum repens</i> linn 等 | 单叶蔓荆 <i>Vitex trifolia</i> var. <i>simplicifolia</i> 、露兜树 <i>Pandanus tectorius</i> 、许树 <i>Clerodendrum inerme</i> 等 | 木麻黄 <i>Casuarina Adans</i> 为主 |
| 望安岛 | 厚藤 <i>Ipomoea pes-caprae</i> 、仙人掌 <i>Opuntia dillenii</i> 及一些草本植物 | 银合欢树 <i>Leucaena glauca</i> (L.) Benth.、野海棠 <i>Bredia hirsuta</i> Blume var. <i>scandens</i> Ito et Matsum. 灌木丛 | 没有 |
| 兰屿岛 | 厚藤 <i>Ipomoea pes-caprae</i> | 露兜树 <i>Pandanus tectorius</i> | 基本没有 |

附表 6 我国海龟部分产卵地气象等自然条件差异

| 比较项 | 海龟湾 | 望安岛 | 兰屿岛 |
|-------------|-----------|---------|----------|
| 年均气温 (°C) | 高 22.3 | 高 22.2 | 低 22.0 |
| 年降雨量(mm) | 中 1899 | 低 1000 | 高 3055 |
| 附近海域水深 (m) | 10~20 m | 15~20 m | 50~600 m |
| 夏季近海水温 (°C) | 24~28°C | 28°C左右 | 30°C左右 |
| 海水能见度 (m) | 2.5~3.5 m | 5~10 m | 30 m 以上 |

附表 7 我国海龟部分产卵地周边社区环境

| 产卵地 | 当地人口 | 居民组成 | 社区共管 | 周边工厂 (潜在污染源) |
|-----|-----------|--------|------|--------------|
| 海龟湾 | 2~3 万人 | 盐民, 渔民 | 是 | 大亚湾石化、平海电厂等 |
| 望安岛 | 不足 1000 人 | 多为渔民 | 是 | 仅有一小型电厂 |
| 兰屿岛 | 3000 人 | 雅美渔民 | 否 | 核废料厂和小型电厂 |

附表 8 我国海龟部分产卵地管理模式

| 产卵地 | 是否划为保护区 | 级别 | 划设时间 | 行政归属 |
|-----|---------|-----|--------|--------|
| 海龟湾 | 是 | 国家级 | 1992 年 | 农业部渔业局 |
| 望安岛 | 是 | 县级 | 1995 年 | 澎湖县 |
| 兰屿岛 | 否 | 无 | 无 | 台东县 |

致 谢

赵尔宓教授和李丕鹏教授是我的联合指导老师。从论文的选题、实验设计、研究进程及论文的撰写等方面都倾注了两位导师的大量心血。我从他们那里学到的不仅是专业知识，更重要的是作为一名科学工作者所必须具备的最基本的求学态度、科研道德、严谨的科学思维方式和一丝不苟的工作作风，这为我以后的科研道路奠定了良好的基础，使我受益终生。同时，他们对我生活等方面的关心和爱护，也是我今后学习的典范。在此，谨向我尊敬的两位导师致以崇高的敬意和衷心的感谢！

特别感谢海龟专家、台湾海洋大学海洋生物研究所所长、教授程一骏博士。程教授不仅在来海龟湾参加两岸三地海龟保护研讨会期间对我学习和实验给予热情的指导和鼓励，并且邀请我去其研究基地进行学习和考察。在赴台申请和在台考察期间给了我无私的关心和帮助，指导我如何从事野外工作，悉心指点我的论文写作。他的严谨的工作作风和大海一样的宽广胸怀，永远是我的学习榜样。

特别感谢广东省惠东港口海龟国家级自然保护区管理局局长古河祥高级工程师。

在海龟保护区学习和生活的两年多时间里，没有古局长的直接领导、大力支持和热情指导帮助，我不可能顺利完成博士论文的实验工作。他不仅在百忙之中为我提供重要的文献资料，同时还多次对我的文章和工作提出宝贵的意见和建议，并在生活上给予我无微不至的关怀，借此机会向古老师表示深深的感谢。

感谢保护区海龟技术研究科的林日锦，叶明彬，**陈华灵**，张飞燕，端金霞和肖圣杰等老师，在实验中他们经常给予本人无私的帮助和许多启发性的意见，他们认真的科研态度、无私的学术作风、默默无闻的奉献热情和乐观求知的探索精神，使我受益匪浅。感谢保护区工作人员蔡进华，王俊梅，黄红刚，观玉安，观水原，李银莉、吉丽群，麦瑞琼，邱志玉，张政威，杨振扣，张伟团，谢志珍，崔德应，郑志保，宋友珠和黄春业等同志给予我的关心和帮助。

感谢海龟湾营地的刘新杯、陈一松、傅凯成等朋友的热情帮助。

感谢暨南大学李贵生老师、唐福星老师、惠州赖清平好友、范惠丽女士和滑艳女士在实验中的大力帮助。

感谢台湾海洋大学的张建成助教、邱静咏助理、庄仁豪助理和张岂铭助理。

感谢澎湖县绿海龟观光保育中心的卢主任及全体员工给予的工作支持。

在成都的博士学习期间，得到赵蕙老师、杨军老师和姜丹蓉老师热情的鼓励和支持，也得到吴贯夫老师和王跃招老师的帮助和关心，他们孜孜不倦的求知精神和严谨的科学作风使我深受鼓舞。在此，谨向几位老师表示最诚挚的谢意。

感谢生命科学学院的岳碧松书记、郭聪老师、刘绍龙老师的指导和帮助。

感谢四川大学的 Emily 女士帮助我修改论文。

感谢台湾海洋大学的陈久林、张明达和陈禾张等学长学妹，从他们那儿学到不少宝贵的野外工作经验。

感谢郭鹏、黄松、刘少英、车静、蔡红霞等几位师兄师姐在科研上给予的帮助和启迪。

感谢丁力、汤景元、万建军、吴军、高顺、张富丽、王广力、熊建利等同学在生活中给予我照顾，在学业上相互鼓励。

感谢余平静、王湘君、陈红、陈欣、王小荷、何苗、李家堂、董丙君、汪继超、时磊、郭玉红、**蒋珂**等师弟师妹平时的关照。

感谢我的家人，在我学习期间对我的支持和鼓励。

感谢所有关心和支持我工作和学习的人们。

夏中荣 于成都 2008/4/10

声 明

本人声明所呈交的学位论文是本人在导师指导下进行的研究工作及取得的研究成果。据我所知，除了文中特别加以标注和致谢的地方外，论文中不包含其他人已经发表或撰写过的研究成果，也不包含为获得四川大学或其他教育机构的学位或证书而使用过的材料。与我一同工作的同志对本研究所做的任何贡献均已在论文中作了明确的说明并表示谢意。

本学位论文成果是本人在四川大学读书期间在导师指导下取得的，论文成果归四川大学所有，特此声明。