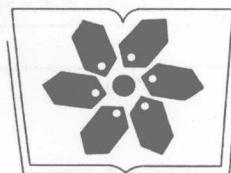


王克行 主编

虾类健康养殖 原理与技术



科学出版社
www.sciencep.com



中国科学院科学出版基金资助出版

虾类健康养殖原理与技术

王克行 主编

科学出版社

北京



内 容 简 介

本书在介绍虾类生物学研究新成果的基础上,论述了虾类健康养殖的原理与应用技术。内容包括虾类形态与解剖组织学、虾类生理学、亲虾培育原理与技术、虾类育苗和养成的原理与应用技术、虾类育种原理与应用、对虾的增殖与放流、虾类常见疾病防治、虾类加工工艺及14种养殖虾类的生物研究和养殖特点。在总结群众高产、高效养虾经验的基础上,吸收了近年来具有应用价值的最新研究成果,内容充实新颖,理论联系实际,具有较强的可操作性。

本书可作为大学本科生、研究生,以及水产研究人员、水产管理者和技术员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

虾类健康养殖原理与技术/王克行主编. —北京:科学出版社,2008
ISBN 978-7-03-020401-1

I. 虾… II. 王… III. 虾类养殖 IV. S966.12

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 109913 号

责任编辑:韩学哲 沈晓晶/责任校对:朱光光
责任印制:钱玉芬/封面设计:耕者设计工作室

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

源海印刷有限责任公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2008年8月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2008年8月第一次印刷 印张:29

印数:1—1 500 字数:662 000

定价:85.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

主编简介



王克行，男，1932年生，山东省龙口市人，教授。1948年参加中国人民解放军，1961年毕业于山东海洋学院，留校任教，曾任水产养殖研究所所长等职，2001年离休。曾兼任中国动物学会甲壳动物分会理事、中国水产学会海水养殖专业委员会委员、原农业部对虾养殖专家顾问组顾问等。

长期从事无脊椎动物养殖及虾蟹类养殖教学与研究，自1964年起研究对虾育苗与养殖技术，先后在乳山、文登试养成功，1980年又突破了对虾工厂化育苗技术的研究，1987年帮助海南省突破了斑节对虾育苗难关。编著了《对虾养殖》和《虾蟹类增养殖学》等书，为全国养虾界培训了大批技术骨干，为我国虾类养殖业的发展做出贡献。曾获1985年国家科技进步奖一等奖、山东省教委1993年教学成果奖二等奖等；2000年主持的东营市盐碱地渗水养虾获市特等奖。获得国务院政府特殊津贴，为山东省专业技术拔尖人才、山东省劳动模范。

《虾类健康养殖原理与技术》编者名单

主 编 王克行 教授 (中国海洋大学 水产学院)

副主编 马 姓 教授 (中国海洋大学 水产学院)

编写人员 (以编写章次为顺序)

陈宽智 教授 (中国海洋大学 生命科学学院)

温海深 教授 (中国海洋大学 水产学院)

王克行 教授 (中国海洋大学 水产学院)

解 焱 研究员 (中国科学院动物研究所)

师守堃 教授 (中国农业大学 动物科学院)

叶昌臣 研究员 (辽宁省海洋水产科学研究院)

王文兴 研究员 (国家海洋局第一研究所)

俞开康 教授 (中国海洋大学 水产学院)

曾名湧 教授 (中国海洋大学 水产学院)

刘洪军 研究员 (山东省海水养殖研究所)

马 姓 教授 (中国海洋大学 水产学院)

潘鲁青 教授 (中国海洋大学 水产学院)

方天治 高级工程师 (江苏吴江市渔业技术推广站)

赖秋明 教授 (海南大学 海洋学院)

王春琳 教授 (宁波大学 生命科学与生物工程学院)

蒋霞敏 教授 (宁波大学 生命科学与生物工程学院)

陶乃蓉 高工 (中国海洋大学 生命科学学院)

序

对虾是世界公认的高蛋白水产品，肉味鲜美、营养丰富，深受广大消费者的喜爱。对虾食性广、生长快、养殖周期短、效益好、换汇率高，在我国海水养殖中占有十分重要的地位和作用。

我国科技工作者早在 1958 年就开展了对虾养殖的试验研究。1959 年，首次人工培育出中国对虾虾苗并养成，相继在人工控制条件下越冬培育成功，并促使卵巢提前成熟产卵、孵化。1960 年，在室内和室外水泥池、土池及孵化箱中培育虾苗均获成功。与此同时，进一步研究了对虾的生殖习性、性腺发育规律、胚胎发育、幼体发育形态习性以及同环境条件的关系等，取得了“对虾发育条件及苗种的人工培育”研究成果。于 1967~1969 年获得对虾大面积育苗研究成功，确立了一套室外育苗法，列入中国科学技术情报所科学技术成果选编。1967 年，对虾养殖示范实验取得成功。从此，我国的对虾养殖业开始兴起并不断发展。至 1978 年我国的对虾养殖业已在日照、即墨、赣榆、乳山、文登等市（县）初步形成规模。1979 年后在国家改革开放政策和科学技术进步的有力推动下，全国掀起大规模的对虾养殖热潮。20 世纪 80 年代初又取得“对虾工厂化全人工育苗技术”研究成功，这不仅满足了养殖生产所需苗种，而且还为我国对虾放流移植、增殖对虾资源提供了所需的苗种。迅速发展的中国对虾养殖业在养殖总产量和育苗量方面居世界领先地位，成为世界第一养虾生产和出口大国，并带动了对虾产品加工、冷藏、运销、外贸出口和生产服务等多行业的发展。养虾业为开发利用沿海荒滩、振兴渔区经济、帮助渔民和农民脱贫致富发挥了重要作用。

但是，我们也应看到仍然存在一些诸如近海环境恶化、赤潮频发、虾病增多等科学、技术、管理问题等，需要我们去研究解决。

中国海洋大学的王克行先生是我国著名的虾类养殖专家。他长期从事虾类养殖研究与教学工作，在虾类育苗和养殖方面进行了不断深入的探索，取得了大量的科研成果，为我国虾类养殖产业的发展做出了重大贡献。由他主编的《虾类健康养殖原理与技术》一书，集中了我国长期从事虾类形态结构、养殖生态、遗传育种、病害防治、食品工程、增殖放流等方面的著名专家在长期的科研和生产实践中创造和积累的丰富生产经验和宝贵的科学技术资料，并将这些宝贵的资料和经验归纳、精练，升华为理论，撰写成书，这是一笔宝贵的财富。

我衷心地祝贺该书的问世。我相信：该书的问世必将进一步促进和带动我国虾类养殖业科研、教学和生产的发展；并将为我国水产养殖产业的结构调整、实现渔业的可持续发展做出重要贡献。



中国工程院院士 赵法箴

2008 年 1 月于青岛

前 言

1959年,水产界爆出喜讯,我国科技人员首次培育出中国对虾虾苗并养为大虾。又经十几年的试验,在日照、赣榆、乳山、即墨、文登等市(县)初步形成规模化生产。1978年,国家水产总局在文登县召开了全国对虾养殖现场会,推广他们的养虾经验。之后,养虾业像澎湃的潮涌迅速推遍了全国沿海,至2005年,养殖虾类总产量达1 471 414t,养虾业为我国渔民的脱贫致富及国家的建设做出了巨大的贡献!

但是,我国的对虾养殖业的发展并不是一帆风顺的。在第一个养虾高潮中,由于技术水平的限制和思维理念的误导,盲目追求养虾面积的发展,全国出现了多个10万亩级的养虾大县,神州沿海虾池星罗棋布,一片繁荣景象。但是好景不长,由于养虾污水的大量排放及工农业排污的影响,使近海环境恶化、赤潮频发、虾病增多,特别是1992年暴发于台湾海峡两岸的对虾白斑综合病毒病(WSSV),在1993年就传遍了全国沿海,造成巨大的经济损失,虾农悲痛欲绝,国营养虾场频频破产。这一局面受到我国政府的高度重视,调拨了大量资金,组织水产养殖、病害防治的科技力量进行攻关研究,经过几年的努力,查清了病原、病因,提出了诊断技术和防治措施。如南方的高位池养虾技术,不仅防病效果好,而且可达到精养高产的目的;北方则针对池大水浅的特点,开展了生态系养虾和鱼虾贝混养等方法,既减少了对近海的污染,又取得了一定的经济效益。特别是抗逆力强的南美白对虾(凡纳滨对虾)的引进,使我国的对虾养殖业又步入了第二个发展高潮。

虾类养殖的发展历史证明了健康养虾的重要性,所谓“健康养虾”是根据区域和池塘特点适量控制养虾规模和放养密度,保持区域和池塘内的生态平衡,为虾类创造一个适宜生存和生长的环境,促进虾类的健康成长,同时减少养虾排污对环境的影响及疾病的传播,使养虾业能够健康而持续地发展。这便是撰写本书的主导思路。

近20年来,水产科学有了飞快的发展,国内外广大的水产科技工作者和养虾群众在科研和生产实践中创造和积累了丰富的生产经验和宝贵的科技资料。组织有关专家学者,将这些宝贵的资料和经验归纳、提炼,升华为理论,供教学、科研和养虾技术人员参考,是我们这一代水产科技人员的光荣使命。

参与本书编写的作者都是从事该领域研究的专家、教授,他们汇集了毕生研究成果和经验,撰文成章,经本人审改统稿而完成本书。部分插图由陶乃蓉描绘,朱明壮帮助制图,张明赞、赫勇审改了部分书稿。承蒙赵法箴院士作序,曹登宫、赵增元研究员给予推荐出版,中国科学院科学出版基金委员会给予资金赞助,使本书得以面世,在此深表谢意。尽管各参编者都广泛地收集了国内外最新的研究资料,认真编撰,但遗漏和错误在所难免,欢迎专家、读者批评指正,共同促进我国养虾业健康稳步地发展。

王克行

2007年7月

目 录

序

前言

第一篇 虾类生物学

第一章 虾类形态与解剖组织学	3
第一节 虾类外部形态学	3
第二节 皮肤与外骨骼	9
第三节 肌肉系统	12
第四节 消化系统	19
第五节 循环系统	25
第六节 呼吸系统	31
第七节 排泄系统	34
第八节 内分泌系统	36
第九节 神经系统	41
第十节 感觉器官	43
第十一节 生殖系统	48
主要参考文献	51
第二章 虾类生理学	56
第一节 消化生理	56
第二节 血液与血液循环	57
第三节 新陈代谢	59
第四节 神经整合	63
第五节 内分泌及其调控	65
第六节 渗透压和离子调节	69
第七节 蜕皮和生长	72
第八节 繁殖生理	75
第九节 免疫机能	84
主要参考文献	91

第二篇 虾类养殖总论

第三章 池塘生态学	95
第一节 池塘的物理环境	95
第二节 池塘的化学环境	97
第三节 池塘的生态环境	104

主要参考文献·····	107
第四章 亲虾培育原理与技术 ·····	108
第一节 亲虾来源与选择·····	108
第二节 亲虾的交配·····	109
第三节 亲虾的越冬培育·····	116
第四节 促熟培育·····	119
主要参考文献·····	124
第五章 苗种培育原理与技术 ·····	125
第一节 虾类育苗场的条件·····	125
第二节 育苗的准备工作·····	129
第三节 育苗用水的处理·····	131
第四节 亲虾捕捞与促熟·····	134
第五节 虾类的产卵与孵化·····	135
第六节 虾类幼体培育·····	144
主要参考文献·····	166
第六章 商品虾养成原理与技术 ·····	167
第一节 虾类养殖模式及池塘类型·····	167
第二节 水源及处理·····	171
第三节 池塘的清淤与除害·····	174
第四节 饵料生物的培养·····	177
第五节 虾苗放养及中间培育·····	179
第六节 虾类的食性与投饵技术·····	184
第七节 浮游生物的调控·····	194
第八节 池塘水环境调控原理与技术·····	197
第九节 综合养殖的生态学意义与技术·····	203
第十节 日常监测及应急措施·····	206
第十一节 收获·····	210
主要参考文献·····	211
第七章 虾类育种原理与应用 ·····	216
第一节 虾类的遗传基础理论的研究和育种现状·····	216
第二节 虾类育种原理与方法·····	222
主要参考文献·····	228
第八章 对虾增殖 ·····	230
第一节 概况·····	230
第二节 放流技术·····	232
第三节 放流虾的死亡·····	234
第四节 回捕率·····	236
第五节 合理放流数量·····	239
第六节 效果评价·····	241

主要参考文献	245
第九章 虾类常见疾病防治	246
第一节 病毒性疾病	246
第二节 立克次体及支原体病	258
第三节 细菌性疾病	261
第四节 真菌病	268
第五节 寄生虫病	270
第六节 其他病害	272
主要参考文献	274
第十章 对虾的保鲜与加工	277
第一节 对虾肌肉的基本构造与化学组成	277
第二节 对虾的低温保鲜	282
第三节 对虾的罐藏	293
第四节 对虾的干制	294
第五节 对虾的综合利用	295
主要参考文献	302

第三篇 各 论

第十一章 中国明对虾养殖	307
第一节 中国明对虾生物学	307
第二节 中国明对虾健康苗种生产	316
第三节 中国明对虾健康养殖	318
主要参考文献	320
第十二章 凡纳滨对虾养殖	322
第一节 凡纳滨对虾生物学	322
第二节 凡纳滨对虾的苗种生产	325
第三节 凡纳滨对虾的养成	329
主要参考文献	334
第十三章 斑节对虾养殖	335
第一节 斑节对虾生物学	335
第二节 斑节对虾苗种生产	338
第三节 斑节对虾养成	340
主要参考文献	342
第十四章 日本囊对虾养殖	343
第一节 日本囊对虾生物学	343
第二节 日本囊对虾苗种生产	346
第三节 日本囊对虾养成	348
主要参考文献	350

第十五章 长毛明对虾养殖	352
第一节 长毛明对虾的生态习性	352
第二节 苗种培育	353
第三节 长毛明对虾的养成	356
主要参考文献	358
第十六章 墨吉明对虾生物学	359
主要参考文献	362
第十七章 新对虾类养殖	363
第一节 新对虾生物学	363
第二节 新对虾的苗种生产	366
第三节 新对虾养成	367
主要参考文献	370
第十八章 罗氏沼虾养殖	371
第一节 罗氏沼虾生物学	371
第二节 罗氏沼虾苗种生产	376
第三节 罗氏沼虾养成	380
主要参考文献	383
第十九章 日本沼虾养殖	384
第一节 日本沼虾生物学	384
第二节 日本沼虾苗种生产	389
第三节 日本沼虾养成	391
主要参考文献	392
第二十章 脊尾白虾养殖	394
第一节 脊尾白虾生物学	395
第二节 脊尾白虾苗种生产	398
第三节 脊尾白虾养成	400
主要参考文献	401
第二十一章 克氏原螯虾养殖	402
第一节 克氏原螯虾生物学	402
第二节 克氏原螯虾苗种生产	406
第三节 克氏原螯虾养成	408
主要参考文献	411
第二十二章 红螯光壳螯虾养殖	412
第一节 红螯光壳螯虾生物学	412
第二节 红螯光壳螯虾苗种生产	415
第三节 红螯光壳螯虾成虾养殖	417
主要参考文献	419
第二十三章 龙虾养殖	420
第一节 龙虾生物学	420

第二节 龙虾苗种培育.....	424
第三节 龙虾养成.....	426
主要参考文献.....	428
第二十四章 黑斑口虾蛄养殖.....	430
第一节 黑斑口虾蛄生物学.....	430
第二节 黑斑口虾蛄苗种生产.....	436
第三节 黑斑口虾蛄养成.....	439
主要参考文献.....	441
附录.....	443

第一篇 虾类生物学

第一章 虾类形态与解剖组织学

第一节 虾类外部形态学

虾类全身分为头胸部和腹部及其每节上的附肢，如图 1-1 所示。全长是指额角尖端到尾节尖端的距离，体长是指眼柄基部到尾节尖端的距离。

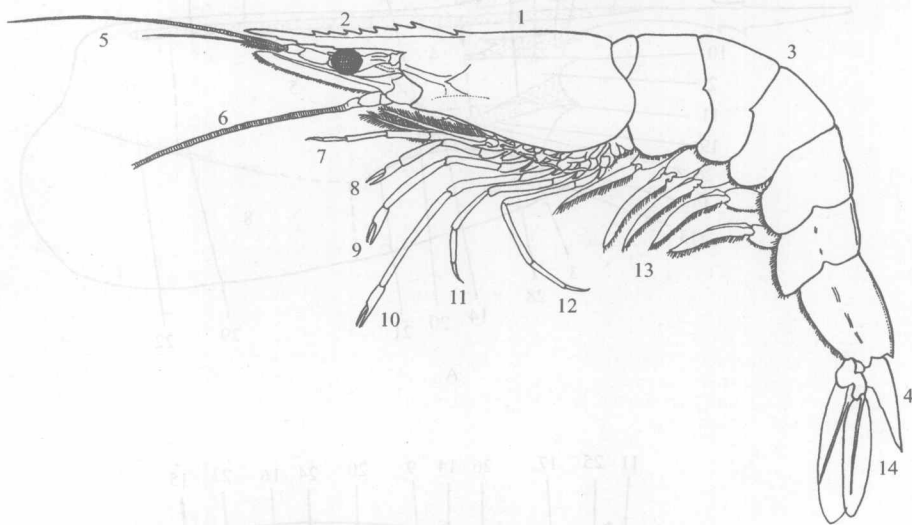


图 1-1 中国明对虾的外部形态 (仿刘瑞玉, 1955)

1. 头胸甲; 2. 额角; 3. 腹部; 4. 尾节; 5. 第一触角; 6. 第二触角; 7. 第三颚足; 8. 第一步足; 9. 第二步足; 10. 第三步足; 11. 第四步足; 12. 第五步足; 13. 第一至第五腹肢; 14. 尾肢

一、头胸部

本节以典型对虾形态、器官为代表进行介绍。关于对虾的外部形态，早在 1955 年刘瑞玉先生就做了较详尽的记载，本章内容主要出自《中国北部的经济虾类》(刘瑞玉, 1955)。对虾类头胸部完全被头胸甲覆盖，无分节痕迹，仅有颈沟可认为是头部与胸部愈合过程的余迹。头胸甲前端中央突出，形成额角，额角上下缘常具锯齿。头胸甲表面大多具有刺、脊和沟，为描述方便，将头胸甲划分成若干区，其上的刺、脊及沟则依其所在的部位而命名。

1. 区的划分 (图 1-2)

- (1) 额区 (frontal region): 头胸甲背面前端，额基部之地区。
- (2) 眼区 (orbital region): 额区两侧，眼眶附近之地区。
- (3) 触角区 (antennal region): 眼区两侧，触角基部附近之地区。
- (4) 胃区 (gastric region): 额区及眼区之后方，颈沟前方之地区。

- (5) 肝区 (hepatic region): 颈沟之后, 心区以前, 头胸甲中央部分。
 (6) 心区 (cardiac region): 肝区后方, 头胸甲后端背面之地区。
 (7) 颊区 (pterygostomian region): 触角区及肝区之下方, 头胸甲两侧之前半部。
 (8) 鳃区 (branchial region): 心区两侧, 颊区后方之地区。

2. 刺 (图 1-2)

- (1) 胃上刺 (epigastric spine): 额角后方, 胃区背面之中线上。

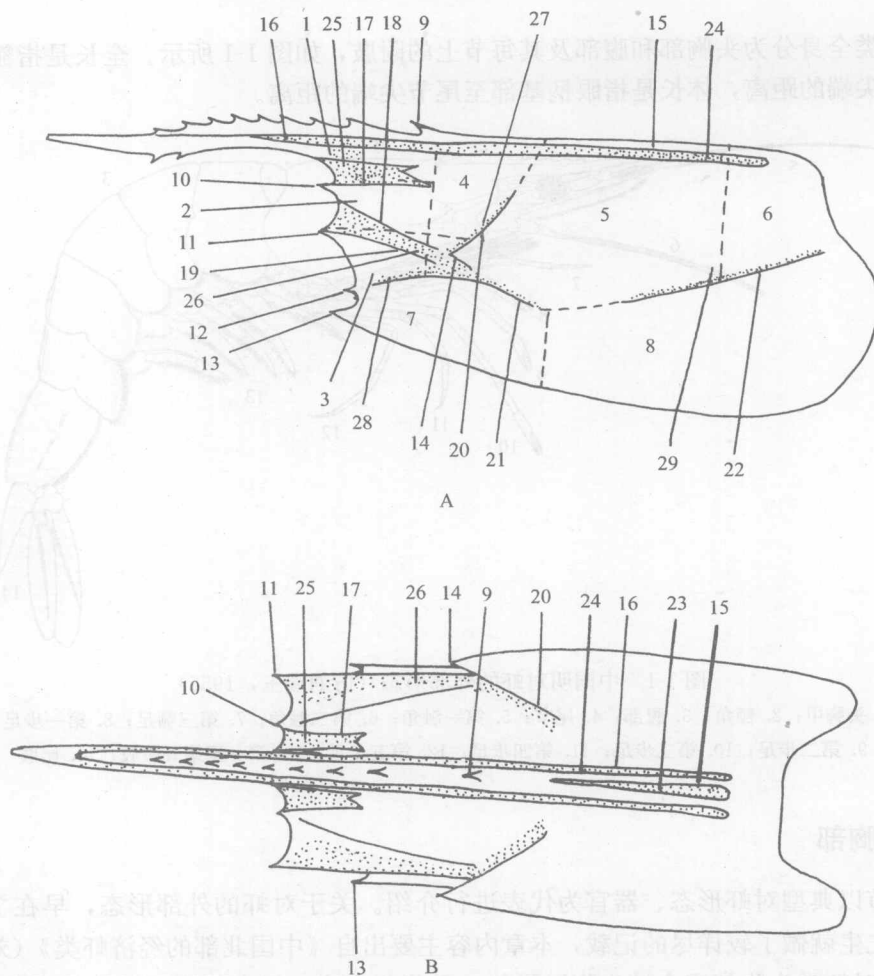


图 1-2 对虾类头胸甲各部名称示意图 (仿刘瑞玉, 1955)

A. 侧面观; B. 背面观

1. 额区; 2. 眼区; 3. 触角区; 4. 胃区; 5. 肝区; 6. 心区; 7. 颊区; 8. 鳃区; 9. 胃上刺;
 10. 眼上刺; 11. 触角刺; 12. 鳃甲刺; 13. 颊刺; 14. 肝刺; 15. 额角后脊; 16. 额角侧脊;
 17. 额胃脊; 18. 眼胃脊; 19. 触角脊; 20. 颈脊; 21. 肝脊; 22. 心鳃脊; 23. 中央沟; 24. 额角
 侧沟; 25. 额胃沟; 26. 眼眶触角沟; 27. 颈沟; 28. 肝沟; 29. 心鳃沟

- (2) 眼上刺 (supra-orbital spine): 眼区前缘, 眼柄基部之上方。

- (3) 眼后刺 (post-orbital spine): 眼上刺之后方, 接近头胸甲前缘。

- (4) 触角刺 (antennal spine): 在眼眶两侧, 第一触角基部, 头胸甲前缘处。
- (5) 鳃甲刺 (branchiostegal spine): 触角刺与前侧角之间。
- (6) 颊刺 (pterygostomian spine): 头胸甲的前侧角。
- (7) 肝刺 (hepatic spine): 肝区、胃区及触角区之间, 颈沟之下。

3. 脊 (图 1-2)

- (1) 额角后脊 (post-rostral carina): 额角后方中线上之纵脊。
- (2) 额角侧脊 (adrostral carina): 在额角两侧, 有时向后延长至头胸甲后缘附近。
- (3) 额胃骨 (gastro-frontal carina): 自眼上刺向后, 纵行至胃区前方。
- (4) 眼胃骨 (gastro-orbital carina): 自眼眶向后下方斜伸至肝刺上前方。
- (5) 触角脊 (antennal carina): 自触角刺向后下方斜伸至肝刺下前方。
- (6) 颈脊 (cervical carina): 自肝刺上方向后上方斜伸。
- (7) 肝脊 (hepatic carina): 在肝刺下方, 颊区之上, 其前端直伸或向下方斜伸。
- (8) 心鳃脊 (branchio-cardiac carina): 在心区及鳃区之间。

4. 沟 (图 1-2)

- (1) 中央沟 (median groove): 额角后脊之中央。
- (2) 额角侧沟 (adrostral groove): 额角侧脊之内侧。
- (3) 额胃沟 (gastro-frontal groove): 额角基部两侧, 向后伸至胃区前方。
- (4) 眼后沟 (post-orbital groove): 眼区后方, 额角基部两侧。
- (5) 眼眶触角沟 (orbito-antennal groove): 自眼上刺与触角刺之间沿眼胃脊及触角脊至肝刺前方。
- (6) 颈沟 (cervical groove): 自肝刺向后上方斜伸。
- (7) 肝沟 (hepatic groove): 自肝刺下方向前后纵伸。
- (8) 心鳃沟 (branchio-cardiac groove): 心区及鳃区之间。

二、腹部

对虾腹部很发达, 通常较头胸部长, 由 7 节 (包括尾节) 组成, 每节之甲壳各自分离, 体节间之甲壳不钙化, 形成关节膜, 故可以自由伸屈。腹部体节由前向后逐渐变小, 尾节成尖锐三角形。口位于头部第三体节腹面; 肛门在尾节腹面, 成纵缝状。

三、附肢

1. 头部附肢 6 对

(1) 复眼 (compound eye): 是高度特化的附肢, 分为眼柄和眼球两部分, 眼球由许多单眼构成, 司视觉功能, 详见本章第十节之四。极个别对虾的复眼呈附肢状, 可能是返祖现象, 也说明复眼是由附肢特化而成。

(2) 第一触角 (antennule) (图 1-3A): 柄部分三节, 第一节最长, 背面凹陷为眼窝, 基部丛毛中有平衡囊, 可司身体平衡 (参看本章第十节), 内缘中部向前方伸出一片内侧附肢, 有清洁复眼功能; 第三节末端具有两支触鞭, 即内鞭和外鞭, 两触鞭直伸向前, 司身体前方之触觉; 外鞭基部片状隆起部分, 为化学感受器 (参看第一章第十节之三)。