

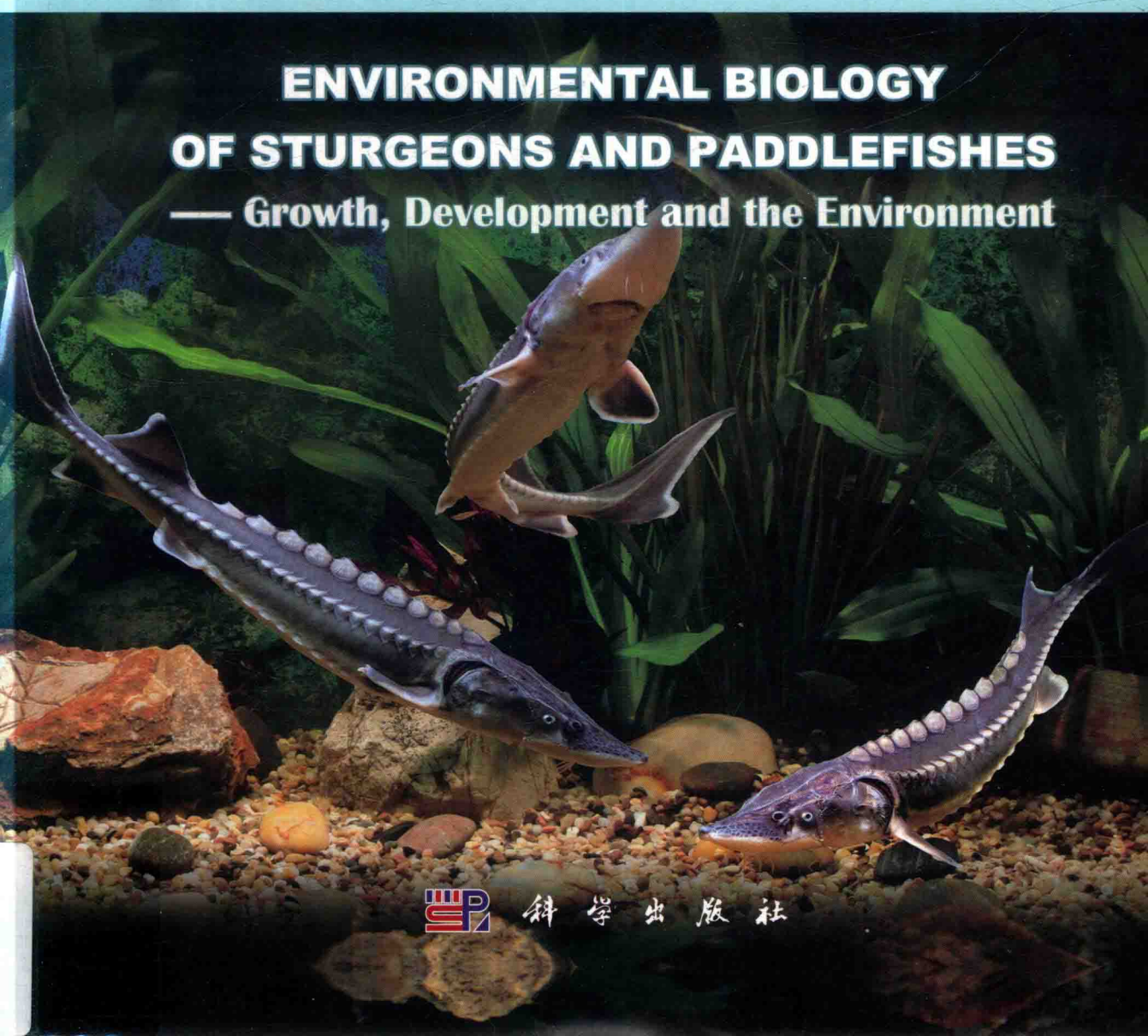


鲟鱼环境生物学

——生长发育及其环境调控

庄平 李大鹏 张涛 等著

**ENVIRONMENTAL BIOLOGY
OF STURGEONS AND PADDLEFISHES**
— Growth, Development and the Environment



科学出版社

国家科学技术学术著作出版基金资助出版

鲟鱼环境生物学

——生长发育及其环境调控

Environmental Biology of Sturgeons and Paddlefishes

— Growth, Development and the Environment

庄平 李大鹏 张涛 等著

科学出版社

北京

内 容 简 介

鲟鱼是一类古老、珍稀和濒危的物种,具有重要的科学研究价值、生态价值和经济价值。我国是世界上鲟鱼资源较为丰富的国家之一,为开展鲟鱼的科学研究提供了得天独厚的条件。

本书是作者 30 余年来在鲟鱼环境生物学领域进行系统研究的凝练和总结,不乏他们对研究工作和研究对象的独到见解。内容涉及鲟鱼的早期发育特征、环境因子对其早期发育的影响、个体发育行为、体型形态对水流的适应、生长的环境调控、生长的营养需求、性腺发育调控、盐度适应与渗透压调节机制、生态毒理响应等诸多方面。不仅丰富了鱼类生物学知识,而且为改进鲟鱼物种的保护技术和开发鲟鱼养殖新技术提供了理论指导。

本书内容新颖、结构严谨、数据翔实、图文并茂。不仅可以作为从事鲟鱼研究相关人员的工具书,也可以作为大专院校师生、鱼类研究者、渔业管理者和水产养殖者的重要参考书。

图书在版编目(CIP)数据

鲟鱼环境生物学——生长发育及其环境调控/ 庄平等著.

—北京: 科学出版社, 2017. 2

ISBN 978-7-03-051373-1

I. ① 鲟… II. ① 庄… III. ① 鲟科—鱼类养殖 IV.
① S965.215

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 322758 号

责任编辑: 许 健

责任印制: 谭宏宇 / 封面设计: 殷 靓

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>

南京展望文化发展有限公司排版

苏州市越洋印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2017 年 2 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2017 年 2 月第一次印刷 印张: 25 1/4

字数: 567 000

定价: 268.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

《鲟鱼环境生物学——生长发育及其环境调控》

编写人员名单

庄平	李大鹏	张涛	章龙珍	赵峰
侯俊利	段明	冯广朋	宋炜	石小涛
黄晓荣	宋超	罗刚	顾孝连	高露姣
何绪刚	杨刚			

参加研究工作人员名单

丁建文	马境	王瑞芳	毛翠凤	田宏杰
田美平	冯琳	李伟杰	刘婷	刘鹏
江淇	陈宁宁	吴贝贝	张征	张慧婷
屈艺	屈亮	封苏娅	姚志峰	徐滨
曾翠平	颜世伟			

全球已发现并命名的鱼类有 3 万余种,它们是最古老的脊椎动物类群。鱼类的环境适应能力极强,几乎栖息于地球上所有的水生环境,从细小的溪流到广阔的海洋,从寒冷的两极到高热的温泉,从世界屋脊到万米深渊。因此,鱼类与环境之间关系的研究是当今的热点之一。

鲟鱼类被认为是现代硬骨鱼类的祖先,地球上与鲟鱼相同地质年代的生物大多已灭绝,鲟鱼能够生存至今,有其独特之处,在生物地理学和环境生物学研究上有重要的科学意义。鲟鱼多为肉食性鱼类,处于水域生态系统中营养级的上端,在维护水域生态平衡上有重要的作用。鲟鱼还是重要的经济物种,古今中外都视其为食用珍品。然而,由于鲟鱼自然分布地理区域较为狭窄,国内外从事鲟鱼研究的科学家比较少,长期以来人们对鲟鱼的科学认识还存在很多空白。

庄平研究员在 20 世纪 80 年代初期就开展了鲟鱼的研究工作,率先进行了鲟鱼“南移驯养”试验研究,推动了我国鲟鱼养殖业的发展。他还以高级访问学者的身份前往美国马萨诸塞大学,从事鲟鱼合作研究 2 年,不仅掌握了国际上鲟鱼研究的先进方法,更为重要的是对这些物种的研究和保护价值有了更为深刻的认识,使其研究工作更具国际视野。同时,他还结合了中国鲟鱼资源的特殊性,做到鲟鱼研究中西融合。

30 年来,庄平研究员和他的学生们对鲟鱼研究倾注了无限的热情和大量的心血,30 年的坚持使他们对鲟鱼研究有独到的见解,研究工作的系统性和完整性尤为突出,不仅贯穿于鲟鱼的整个生活史过程,还覆盖了与之密切相关环境因子的方方面面。目前国内还少有针对性针对某一类鱼开展全面系统环境生物学的研究工作,他们的研究获得了大量珍贵的第一手研究数据,填补了许多空白,丰富了鲟鱼的生物学知识。相关研究工作得到了社会和同行的高度评价,曾获得国家科技进步奖等奖项,取得了丰硕的成果。

《鲟鱼环境生物学——生长发育及其环境调控》是国内第一部针对一个鱼类类群全面系统开展环境生物学研究的著作,总结了庄平研究员团队 30 余年对鲟鱼与环境关系研究的成果,阐述了他们对研究工作和研究对象的独理解,对于加强珍稀濒危物种的科学研究、推动我国鱼类学的发展大有裨益。



该书经过数年的精心组织和策划,篇章结构清晰,内容丰富,语言平实,可读性强。国家科学技术学术著作出版基金委员会组织专家对书稿进行了评审,认为具有重要的学术和实用价值,立项资助出版。我很高兴见到这部专著出版,并乐意推荐给大家。

中国科学院院士、中国鱼类学会理事长 桂建芳

2017年1月于武汉

鲟形目鱼类是古老的物种,古棘鱼类的一支后裔,现代硬骨鱼类的祖先,在研究生物进化史上具有重要的科学价值。古今中外,鲟鱼类均为重要的经济鱼类,在我国西周古籍中就有捕捞鲟鱼的描述,李时珍的《本草纲目》对鲟鱼各个部位的食用价值和药用价值有详细的记载。在欧洲、亚洲和美洲许多国家,均有开发利用鲟鱼资源的文献资料,尤其是鲟鱼鱼子酱是近代西方社会的高档食品,价格昂贵,有“黑色黄金”之称。

我国是世界上鲟鱼资源较为丰富的国家之一,天然分布有 8 种,隶属于 2 科,3 属,跨越 3 个鲟鱼生物地理学分区。长江分布有 3 种鲟鱼,即中华鲟、达氏鲟和白鲟,它们曾经是长江上游的主要渔业捕捞对象,但由于过度捕捞和栖息地破坏等原因,长江的鲟鱼资源濒临枯竭,这 3 种鲟鱼均被列为国家一级重点保护水生野生动物名录。黑龙江分布有 2 种鲟鱼,即鳇和史氏鲟,天然资源也在快速衰退之中。新疆的一些跨境河流中发现有 3 种鲟鱼,包括西伯利亚鲟、小体鲟和裸腹鲟,其中有些是由境外人工放流后进入我国境内,数量极为稀少。鉴于我国分布的鲟鱼物种的濒危状况,亟待开展科学研究和制定有效的保护措施。

20 世纪 90 年代以来,我国开展了大规模的鲟鱼商业化人工养殖。主要养殖对象有来自黑龙江水系的史氏鲟和鳇,有来自俄罗斯的西伯利亚鲟和小体鲟,还有来自美国的高首鲟和匙吻鲟等。经过 20 余年的发展,我国已经成为世界上最大的鲟鱼养殖国,实现了鲟鱼产品的规模化出口。但是,鲟鱼养殖业的进一步发展面临着优良养殖品种缺乏、养殖模式单一、养殖技术有待提升等问题,要解决这些问题,同样需要加强对鲟鱼的科学研究。

中国水产科学研究院东海水产研究所庄平研究员领导的团队,自 20 世纪 80 年代以来,开展了鲟鱼的系统性科学研究。研究工作涉及鲟鱼的早期发育特征、环境因子对早期发育的影响、个体发育行为、体型形态对水流的适应、生长的环境调控、生长的营养需求、性腺发育调控、盐度适应与渗透压调节机制、生态毒理响应等诸多方面,取得了许多原创性成果,并多次获得国家和省部级科技奖励。这些研究工作不仅丰富了鱼类生物学知识,而且为改进鲟鱼的保护技术和开发养殖新技术提供了理论指导。

该书是庄平研究员团队对 30 年来上述鲟鱼研究工作的系统总结,内容新颖、结构严



谨、数据翔实、图文并茂,是近年来不可多得的围绕一个类群物种系统开展生长发育与环境调控机制研究的著作,具有重要的学术和应用价值。

该书获得了“国家科学技术学术著作出版基金”项目的资助,不仅可以作为从事鲟鱼研究相关人员的工具书,也可以作为大专院校师生、鱼类研究者、渔业管理者和水产养殖者的重要参考书。

中国水产科学研究院院长 崔利锋

2017年1月于北京

前言

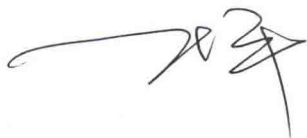
2015年夏天,世界自然基金会(WWF)和农业部联合在上海科技馆举办了一个以鲟鱼为主题的生态环境保护宣传活动,举办方特邀我做了一个演讲,是命题作文《我与鲟鱼的半生缘》。屈指一算,第一次亲眼看见鲟鱼并结下缘分已经是三十三年前了,作为职业生涯,“半生缘”是恰如其分。

1982年我刚走出校门,平生第一次参加的科研工作便是加入“全国葛洲坝下中华鲟人工繁殖协作组”在湖北宜昌开展的中华鲟人工繁殖联合攻关,以拯救濒临灭绝的“国宝”中华鲟。那年秋天,我第一次见到了传说中的“千斤腊子”中华鲟,它们那硕大的身躯、奇特的体型、神秘的体色给我带来的是刻骨铭心的冲击和震撼,并深深地嵌入了我的脑海,冥冥之中感觉到什么叫做“一见钟情”,或许这就是所谓的缘分吧。

人一辈子能够做成的事不多,而且是自己喜欢的、有点价值的事情就更难得了。我国是世界上土著鲟鱼资源较为丰富的国家之一,这是大自然赐给我们的财富,为我们开展鲟鱼科学研究提供了难得的必备条件,令国际同行羡慕不已。在20世纪90年代,我国掀起了鲟鱼人工商业化养殖的浪潮,大规模从欧洲、美洲等地引进鲟鱼苗种发展养殖业,共计引进了10余个外来种,当时全球一半以上的鲟鱼物种集中来到了中国,这在世界上没有第二个国家可以做到,又为我们的研究工作创造了绝无仅有的机遇。

我和我的团队钟情于鲟鱼,它们是一类神奇的物种,源于遥远的白垩纪,至今从里到外仍散发着那个时代的气息,它们被称为生态系统中的“旗舰物种”,科学价值和生态价值无与伦比。我们不懈地追求,坚持相伴这些珍贵生灵30余年,试图拨开层层谜纱,探求未知,解答迷惑。我们收获了回报,30余年的鲟鱼研究工作受到了国内外同行的高度关注,多次获得国家和省部级的科技成果奖项,尤其值得高兴的是,在鲟鱼研究工作中培养了一批博士和硕士研究生,他们已成为了鲟鱼科学研究的新生力量。

这本书是我们30余年鲟鱼研究工作的凝练和总结,愿我们的工作能够对人们认识、保护和科学利用这些珍稀物种有所裨益,为同行提供一些科学参考。更愿大家关爱呵护这些来自远古的瑰宝,让它们生生不息、绵绵不绝。



2016年11月于上海

目 录

序一 序二 前言

第1章 绪论	1
1.1 鲟鱼的起源、分类和分布	1
1.2 鲟鱼的主要生物学特征	7
1.3 中国鲟鱼资源及其保护现状	13
1.4 鲟鱼的研究简史及科学和经济价值	19
第2章 鲟鱼的早期发育	23
2.1 鲟鱼早期发育的分期与特征	23
2.2 鲟鱼胚胎发育	24
2.3 鲟鱼胚后发育	30
2.4 鲟鱼胚后发育的异速生长	40
2.5 鲟鱼骨骼系统发育	47
2.6 鲟鱼侧线系统发育	54
2.7 鲟鱼其他器官发育	72
第3章 环境因子对鲟鱼早期发育的影响	76
3.1 环境对鲟鱼胚胎发育的影响	76
3.2 环境对鲟鱼胚后发育的影响	82
第4章 鲟鱼个体发育行为生态学	88
4.1 鲟鱼早期发育阶段栖息地选择行为	88
4.2 鲟鱼早期发育阶段摄食行为	106
4.3 鲟鱼个体发育行为生态学的实践意义	115
第5章 鲟鱼形态对水流的适应	118
5.1 中华鲟和西伯利亚鲟形态对游泳能力的影响	118

5.2	中华鲟幼鱼的异速生长及形态生态学	130
5.3	中华鲟头部与尾鳍形态的运动功能权衡	136
5.4	鲟鱼形态对水流适应性的生态与实践意义	139
第6章 鲟鱼生长的环境调控		141
6.1	温度对鲟鱼生长的调控	141
6.2	光照周期对鲟鱼生长的调控	156
6.3	水流对鲟鱼生长的调控	161
6.4	盐度对鲟鱼生长的调控	171
6.5	养殖密度对鲟鱼生长的调控	181
6.6	环境因子对鲟鱼生长的调控机制及实践意义	193
第7章 鲟鱼生长的营养需求		197
7.1	鲟鱼消化道组织学特征与消化酶活性	197
7.2	鲟鱼生长发育的最适蛋白质需求量	208
7.3	鲟鱼生长发育的脂肪营养需求	211
7.4	长江口中华鲟幼鱼摄食的环境适应性	222
7.5	鲟鱼营养需求的生理生态学意义	242
第8章 鲟鱼的性腺发育及其环境调控		245
8.1	鲟鱼性腺发育的规律与特征	245
8.2	鲟鱼性腺发育的生理调节机制	267
8.3	鲟鱼性腺发育的生理生态调控和繁殖特点	276
8.4	鲟鱼性别控制	279
8.5	鲟鱼性腺发育人工调控的实践意义	290
第9章 鲟鱼的盐度适应与渗透压调节		292
9.1	鲟鱼盐度耐受与适应	292
9.2	鲟鱼渗透压与离子调节	301
9.3	鲟鱼鳃上皮泌氯细胞的结构功能与变化	311
9.4	鲟鱼渗透压调节及其生物学意义	318
第10章 鲟鱼的生态毒理学效应		322
10.1	氟对西伯利亚鲟的毒理效应	322
10.2	铅对中华鲟幼鱼的毒理效应	330
10.3	铜对中华鲟幼鱼的毒理效应	348
10.4	鲟鱼生态毒理学效应的实践意义	361
参考文献		364

第1章 绪 论

1.1 鲟鱼的起源、分类和分布

1.1.1 鲟鱼的起源与进化

古今中外有许多关于地球上生命产生的神话和学说。过去,中国有盘古开天辟地、女娲捏土造人的神话,西方有耶和華用六天时间创造世界的故事。当今,国际上也有多种学说,基本可归纳为两大类:一是地表起源说,认为生命是在地球形成后若干亿年的原始地表起源的。二是地外起源说,认为地球上的生命是由地外宇宙生命降落到地球上发展而来的。

地表起源说是当今生命起源探索的主流。大约在 66 亿年前,银河系内发生过一次大爆炸,其碎片和散漫物质经过长时间凝集,大约在 46 亿年前形成了太阳系,地球作为太阳系的一员,也在 46 亿年前诞生了。大约在 38 亿年前地球上出现了原始地壳和稳定的陆块。经过若干前生物演化的过渡形式,最终在地球上形成了具有原始细胞结构的生命,澳大利亚西部瓦拉伍那群(Warrawoona Gr.)中 35 亿年前的微生物可能是地球上最早的生命证据,即大约在地球形成后的 10 亿年形成了原始生命。

地球上生物和非生物长期相互作用构成了今天的生物圈。达尔文(Darwin)认为,物种是可变的,生物是进化的,自然选择是生物进化的动力。生物进化遵循从简单到复杂、从低等到高等、从水中生活到陆上生活的发展规律。地球上的生物拥有共同的祖先,动物演化的进程是,脊椎动物由无脊椎动物演化而来,有颌类由无颌类进化而来。鱼类的出现标志着从低等、原始、无颌的无脊椎动物向有颌脊椎动物进化的一个质的飞跃。

现知最早的鱼类化石,发现于距今约 5 亿年的寒武纪(Cambrian period)晚期地层中,但只能够看见一些零散的鳞片,没有鱼类身体的轮廓。距今 4 亿至 3 亿 5 000 万年的志留纪(Silurian period)晚期和泥盆纪(Devonian period)时,才有大量的鱼化石被发现,在这些鱼化石中,其形态和构造特征彼此有差别,说明当时已有多种鱼类存在。

各种古今鱼类可以分为四大类:无颌类(Agnatha)、盾皮类(Placoderma)、软骨鱼类(Chondrichthyes)、硬骨鱼类(Osteichthyes)。多数无颌类和盾皮类现已灭绝,仅有少数无颌类延续至今,即圆口类(Cyclostomes)。在泥盆纪,软骨鱼类已分为板鳃类(Elasmobranch)和全头类(Holocephalan),到晚古生代二叠纪(Permian period),因第三次冰川期,大量软骨鱼类灭亡。到了中生代侏罗纪(Jurassic period),板鳃类逐渐兴盛,演化出鲨类和鳐类两支,全头类却衰落,仅留下银鲛类的少数种类。硬骨鱼类最早出现于泥



盆纪的淡水沉积中,最古老的硬骨鱼类为古鳕类,由此演化出辐鳍鱼类(Actinopterygii)的软骨硬鳞类(Chondrostei)、全骨类(Holostei)、真骨鱼类(Teleostei)。在这3个类群中,软骨硬鳞类最原始,他们的化石发现于泥盆纪,少数种类残存至今,鲟形目(Acipenseriformes)鱼类是其代表。

鲟鱼类是古棘鱼类(Acanthodiformes)的一支后裔,根据古棘鱼类化石出现于古生代的志留纪到二叠纪的地质年代,以及体形结构的特点,可以推断鲟形目鱼类是现代硬骨鱼类的祖先。鲟形目鱼类的化石出现在约2亿年前的中生代侏罗纪,它们的骨骼除头颅骨外,绝大多数为软骨,是介于软骨鱼类与硬骨鱼类之间的过渡类型。鲟形目鱼类上颌中的前颌骨与上颌骨相连,并且与头骨分离,脊索延续到成年期,消化道具螺旋瓣,歪尾型,这些都具有原始性状。鲟形目鱼类染色体为多倍体、大量的微型染色体等特征也被认为是较为原始的。

古代的造山运动、海浸和海退引起的地质、地貌变迁,使古棘鱼类的生态类群发生了分化:有留于江河湖泊中的淡水鱼类;有移到海洋中的海水鱼类;有栖息于咸淡水近岸的河口性鱼类;还有生活在沼泽、水溪地带的肺鱼和总鳍鱼类等。鲟鱼是最早的典型过河口性鱼类类群。各种类群的生活条件在不断的交替变化之中,因而形成了现有科学记录和命名的3万余种鱼类(图1.1)。

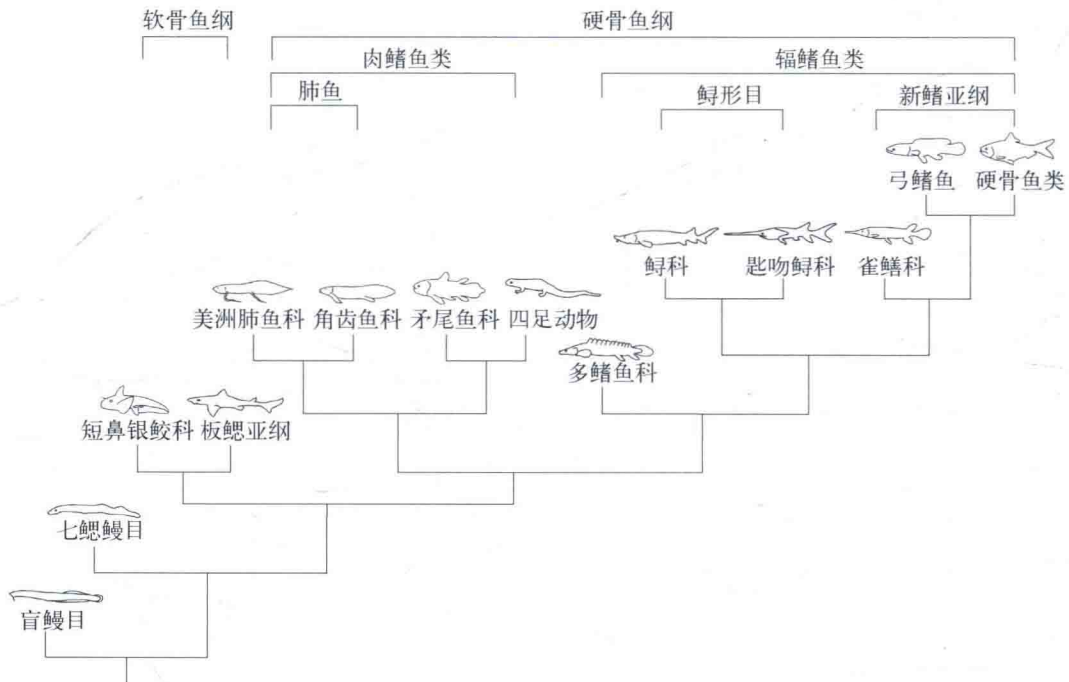


图 1.1 鱼类进化树(仿 Bemis *et al.*, 1997)

1.1.2 鲟鱼的分类

鲟形目(Acipenseriformes)隶属于脊索动物门(Chordata)、脊椎动物亚门

(Vertebrata)、硬骨鱼纲 (Osteichthyes)、辐鳍亚纲 (Acinopterygii)、软骨硬鳞总目 (Chondrostei)。按照地质年代的划分, 鲑鱼分为古代鲑鱼和近代鲑鱼两大类。生活在白垩纪 (Cretaceous period) 之前的为古代鲑鱼, 包括软骨硬鳞科和北票鲑科 2 科。生活在白垩纪之后的为近代鲑鱼, 包括鲑科和匙吻鲑科 2 科。鲑科有鲑亚科和铲鲑亚科 2 亚科, 鲑亚科有鳇属 2 个种和鲑属 17 个种, 铲鲑亚科有铲鲑属 3 个种和拟铲鲑属 3 个种。匙吻鲑科有匙吻鲑属 1 个种和白鲟属 1 个种。近代鲑形目现存 27 种, 其中大西洋鲑分 2 个亚种。

鲑形目鱼类的分类可以归纳如下(图 1.2, 表 1.1)。

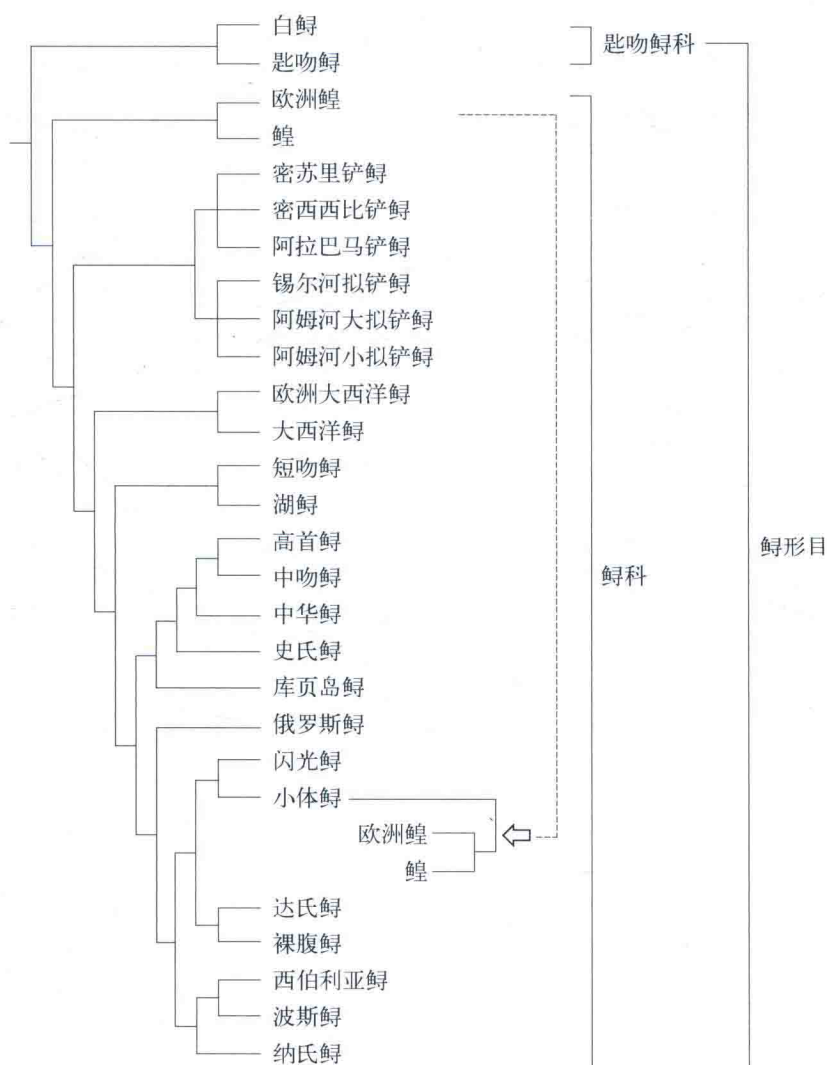


图 1.2 现存近代鲑形目种间亲缘关系(仿 Billard and Lecointre, 2001)

关于鲑鱼类的分类问题, 250 多年来有许多争论, 最初著名分类学家林奈 (Linnaeus) 将鲑鱼视为鲨鱼的近亲, 到 1846 年 Mueller 将鲑鱼与鲨鱼区分开, 并将其划归为硬骨鱼



表 1.1 世界现存鲟形目 (Acipenseriformes) 鱼类名录及分类

拉丁名(学名)及分类地位	中文名	英文名	分布
Acipenseridae	鲟科		
<i>Huso</i>	鳊属		
<i>H. huso</i> (Linnaeus, 1758)	欧洲鳊	Beluga	黑海、里海、地中海
<i>H. dauricus</i> (Georgi, 1775)	鳊	Kaluga	黑龙江流域
<i>Acipenser</i>	鲟属		
<i>A. sinensis</i> Gray, 1834	中华鲟	Chinese sturgeon	中国沿海及主要河流
<i>A. dabryanus</i> Duméril, 1868	达氏鲟	Dabry's sturgeon	中国长江
<i>A. schrenckii</i> Brandt, 1869	史氏鲟	Amur sturgeon	黑龙江流域、鄂霍次克海
<i>A. mikadoi</i> Hilgendorf, 1892	库页岛鲟	Sakhalin sturgeon	亚洲西北太平洋沿岸
<i>A. oxyrinchus</i> Mitchill, 1815	大西洋鲟	Atlantic sturgeon	北大西洋沿岸
* <i>A. o. oxyrinchus</i> Mitchill, 1815	大西洋鲟	Atlantic sturgeon	北大西洋沿岸
* <i>A. o. desotoi</i> Vladykov, 1955	墨西哥湾鲟	Gulf sturgeon	墨西哥湾及南美北部
<i>A. brevirostrum</i> Le Sueur, 1818	短吻鲟	Shortnose sturgeon	北大西洋沿岸
<i>A. fulvescens</i> Rafinesque, 1817	湖鲟	Lake sturgeon	北美美国中部
<i>A. sturio</i> Linnaeus, 1758	欧洲大西洋鲟	European sturgeon	欧洲大西洋沿岸、地中海
<i>A. naccarii</i> Bonaparte, 1836	纳氏鲟	Adriatic sturgeon	亚得里亚海
<i>A. stellatus</i> Pallas, 1771	闪光鲟	Stellate sturgeon	黑海、里海、地中海
<i>A. gueldenstaedtii</i> Brandt & Ratzeberg, 1833	俄罗斯鲟	Russian sturgeon	黑海、里海
<i>A. persicus</i> Borodin, 1897	波斯鲟	Persian sturgeon	黑海、里海
<i>A. nudiventris</i> Lovetzky, 1828	裸腹鲟	Ship sturgeon	黑海、里海、咸海
<i>A. ruthenus</i> Linnaeus, 1758	小体鲟	Sterlet	东中欧河流
<i>A. baerii</i> Brandt, 1869	西伯利亚鲟	Siberian sturgeon	俄罗斯北部沿海河流
<i>A. medirostris</i> Ayres, 1854	中吻鲟	Green sturgeon	北美和亚洲大西洋沿岸
<i>A. transmontanus</i> Richardson, 1836	高首鲟	White sturgeon	北大西洋沿岸
<i>Scaphirhynchus</i>	铲鲟属		
<i>S. platyrhynchus</i> (Rafinesque, 1820)	密西西比铲鲟	Shovelnose sturgeon	北美密西西比河流域
<i>S. suttusi</i> Williams & Clemmer, 1991	阿拉巴马铲鲟	Alabama sturgeon	北美莫比尔湾
<i>S. albus</i> (Forbes & Richardson, 1905)	密苏里铲鲟	Pallid sturgeon	北美密西西比河流域
<i>Pseudoscapirhynchus</i>	拟铲鲟属		
<i>P. kaufmanni</i> (Bogdanow, 1874)	阿姆河大拟铲鲟	Amu Darya sturgeon	中亚阿姆河
<i>P. hermanni</i> (Kessler, 1877)	阿姆河小拟铲鲟	Dwarf sturgeon	中亚阿姆河
<i>P. fedtschenkoi</i> (Kessler, 1872)	锡尔河拟铲鲟	Syr Darya sturgeon	中亚锡尔河
Polyodontidae	匙吻鲟科		
<i>Polyodon</i>	匙吻鲟属		
<i>P. spathula</i> (Walbaum, 1792)	匙吻鲟	American paddlefish	美国密西西比河
<i>Psephurus</i>	白鲟属		
<i>P. gladius</i> (Martens, 1862)	白鲟	Chinese paddlefish	中国长江

注：* 示亚种



纲,然而,Sewertzoff在1925年、1926年和1928年又否定了这一观点。随着鲑鱼生物学研究的不断深入,尤其是运用现代细胞学和分子生物学手段,鲑鱼分类研究不断取得了一些新的进展。例如,有学者将西伯利亚鲑(*A. baerii*)的2个亚种取消(Ruban, 1997),认为是同物异名(IUCN, 2015)。然而,鲑鱼的分类学问题仍存在一些争论,鲑鱼类种间形态变化比较研究还需要加强,生物地理学分布、基本形态学特征及系统发育之间的关系有待深入的研究。例如,在北美同一生物地理学分区的3种鲑鱼中,湖鲑(*A. fulvescens*)和短吻鲑(*A. brevirostrum*)在形态学特征上很相近,而大西洋鲑(*A. oxyrinchus*)却相差甚远,这种现象需要进一步地研究加以解释。鲑鱼的分类和系统进化研究仍有许多空白,在进化上的许多假说需要在生态学功能上得到进一步验证,本书后面将讨论的鲑鱼个体发育行为学也可作为研究鲑鱼系统进化的手段。

1.1.3 鲑鱼的分布

世界现存鲑鱼类基本上均分布于北半球,涉及亚洲、欧洲和北美洲3个密集分布区。现存鲑鱼可以划分为9个生物地理学分区(Bemis and Kynard, 1997),即长江、珠江和中国东南沿海区;黑龙江、鄂霍次克海和日本海区;西伯利亚和北冰洋区;泛里海区;东北大西洋区;西北大西洋区;密西西比河和墨西哥湾区;五大湖区;东北太平洋区(图1.3,表1.2)。世界自然保护联盟(International Union for the Conservation of Nature, IUCN)定期将全世界鲑鱼的濒危状况进行评估和描述(表1.2)。

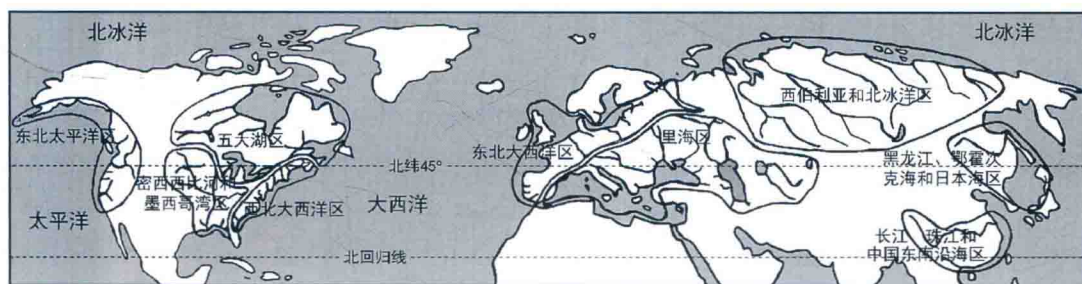


图1.3 现存鲑鱼生物地理学分区示意图(仿 Bemis and Kynard, 1997)

上述生物地理学分区的划分是基于不同种类产卵繁殖的河流和摄食的海区,有些种类的分布不仅只是出现在一个生物地理学分区。东欧和亚洲是鲑鱼种类的高度密集区,分布有现存鲑科鱼类4属中的3属,其中东欧和中亚的里海、黑海、咸海和亚速海是鲑鱼最为集中分布的区域(表1.2,图1.3),历史上该区域的天然鲑鱼捕获量曾占到全球的90%。里海是全球鲑鱼资源最为丰富的水域,面积38.4万km²,众多河流注入,为鲑鱼类的繁衍生息提供了极其优越的环境条件,因此仅在里海就有6种鲑鱼分布,据资料记载,在17世纪里海鲑鱼捕捞量曾经达到5万t/年。



表 1.2 世界鲟鱼的生物地理学分区和濒危状态

生物地理学分区	种 类	IUCN 评估濒危状况
长江、珠江和中国东南沿海区	中华鲟 <i>Acipenser sinensis</i>	CR A2bcd; B2ab(i, ii, iii, iv, v); C2a(ii)
	达氏鲟 <i>Acipenser dabryanus</i>	CR A2bcd
	白鲟 <i>Psephurus gladius</i>	CR A2cd; C2a(i); D
黑龙江、鄂霍次克海和日本海区	史氏鲟 <i>Acipenser schrenckii</i>	CR A2bd
	库页岛鲟 <i>Acipenser mikadoi</i>	CR A2cde
	鳇 <i>Huso dauricus</i>	CR A2bd
西伯利亚和北冰洋区	西伯利亚鲟 <i>Acipenser baerii</i>	EN A2bcd+4bcd
	小体鲟 <i>Acipenser ruthenus</i>	VU A2cde
泛里海区(包括地中海、爱琴海、黑海、里海和咸海)	俄罗斯鲟 <i>Acipenser gueldenstaedtii</i>	CR A2bcde
	裸腹鲟 <i>Acipenser nudiiventris</i>	CR A2cde
	纳氏鲟 <i>Acipenser naccarii</i>	CR A2bcde; B2ab(i, ii, iii, iv, v)
	波斯鲟 <i>Acipenser persicus</i>	CR A2cde
	小体鲟 <i>Acipenser ruthenus</i>	VU A2cde
	闪光鲟 <i>Acipenser stellatus</i>	CR A2cde
	欧洲大西洋鲟 <i>Acipenser sturio</i>	CR A2cde; B2ab(ii, iii, v)
	欧洲鳇 <i>Huso huso</i>	CR A2bcd
	锡尔河拟铲鲟 <i>Pseudoscaphirhynchus fedtschenkoi</i>	CR C2a(i, ii); D
	阿姆河小拟铲鲟 <i>Pseudoscaphirhynchus hermanni</i>	CR A2c
东北大西洋区(包括白海、波罗的海和北海)	小体鲟 <i>Acipenser ruthenus</i>	VU A2cde
	欧洲大西洋鲟 <i>Acipenser sturio</i>	CR A2cde; B2ab(ii, iii, v)
西北大西洋区(北美大西洋沿岸)	短吻鲟 <i>Acipenser brevirostrum</i>	
	大西洋鲟 <i>Acipenser oxyrinchus oxyrinchus</i>	
密西西比河和墨西哥湾区	匙吻鲟 <i>Polyodon spathula</i>	VU A3 de
	墨西哥湾鲟 <i>Acipenser oxyrinchus desotoi</i>	VU A2cde
	密苏里铲鲟 <i>Scaphirhynchus albus</i>	EN A4ce
	密西西比铲鲟 <i>Scaphirhynchus platyrhynchus</i>	VU A3 d+4ac
	阿拉巴马铲鲟 <i>Scaphirhynchus suttkusi</i>	CR A4cde
五大湖区(包括哈德逊湾和圣劳伦斯河)	湖鲟 <i>Acipenser fulvescens</i>	LC
	大西洋鲟 <i>Acipenser oxyrinchus oxyrinchus</i>	NT
东北太平洋区	中吻鲟 <i>Acipenser medirostris</i>	NT
	高首鲟 <i>Acipenser transmontanus</i>	LC

注: 依 IUCN “The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2015. 2”; 濒危等级和标准依 “2001 IUCN Red List Categories and Criteria version 3. 1”。濒危等级: LC. Least Concern, 无危; NT. Near Threatened, 近危; VU. Vulnerable, 易危; EN. Endangered, 濒危; CR. Critically Endangered, 极危。A2bcd、B2ab(i, ii, iii, iv, v) 等为 VU、EN、CR 判别标准