

秘鲁外海茎柔鱼

资源渔场研究

陈新军 陆化杰 徐 冰 胡振明 易 倩 / 著



科学出版社

秘鲁外海茎柔鱼资源渔场研究

陈新军 陆化杰 徐 冰 胡振明 易 倩 著

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

茎柔鱼是世界上最主要的头足类资源之一,为可持续开发和利用茎柔鱼资源,了解其资源变化规律,需要对茎柔鱼渔场分布、资源量变化与海洋环境变化的关系等方面进行深入研究。本书共分7章:第1章为绪论,介绍环境变化对头足类资源渔场影响研究进展,茎柔鱼资源开发及其栖息环境;第2章对不同海域茎柔鱼栖息环境进行分析;第3章对秘鲁外海茎柔鱼渔场时空分布进行分析;第4章分析厄尔尼诺事件和拉尼娜事件对秘鲁外海茎柔鱼渔场分布的影响;第5章利用栖息地适宜指数分析秘鲁外海茎柔鱼渔场;第6章为海洋水温对茎柔鱼资源补充量影响的初探;第7章是本书结论与展望。

本书可供海洋生物、水产和渔业研究等专业的科研人员,高等院校师生及从事相关专业生产、管理的工作人员阅读和参考。

图书在版编目(CIP)数据

秘鲁外海茎柔鱼资源渔场研究 / 陈新军等著. — 北京: 科学出版社, 2018.11

ISBN 978-7-03-056369-9

I. ①秘… II. ①陈… III. ①渔场-水产资源-研究-秘鲁 IV. ①S931.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 010312 号

责任编辑: 韩卫军 / 责任校对: 彭 映

责任印制: 罗 科 / 封面设计: 墨创文化

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>

四川煤田地质制图印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2018年11月第 一 版 开本: 720×1000 B5

2018年11月第一次印刷 印张: 8 3/4

字数: 180千字

定价: 80.00元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

本专著出版得到国家自然科学基金项目(NSFC41476129)、“双一流”学科、上海市高峰学科Ⅰ类(水产学)的资助

前 言

茎柔鱼是重要的经济头足类，广泛分布在加利福尼亚($37^{\circ}\sim 40^{\circ}\text{N}$)至智利($45^{\circ}\sim 47^{\circ}\text{S}$)的东太平洋海域，同时也是这一海域生态系统的重要组成部分。我国于2001年开始捕捞该资源，且茎柔鱼已成为我国远洋鱿钓渔业重要捕捞对象。与其他一些重要经济头足类一样，茎柔鱼也是短生命周期种类，生活环境的变化对其资源和分布都具有十分明显的影响，且东太平洋在全球是环境较为多变的一个海域。为可持续开发和利用茎柔鱼资源，了解其资源变化规律，需要对茎柔鱼渔场分布、资源量变化与海洋环境变化的关系等方面进行深入研究。

2001年在中国远洋渔业协会鱿钓工作组的支持下，我国首次对东南太平洋秘鲁外海海域的茎柔鱼资源进行生产性调查。从2002年开始，在中国远洋渔业协会鱿钓工作组的支持下，设立了东南太平洋茎柔鱼资源生产性常规调查项目，每年采集我国在东南太平洋的茎柔鱼生产统计信息。在十多年的茎柔鱼生产过程中，上海海洋大学鱿钓课题组在农业部重大专项、国家863计划、中国远洋渔业协会资源监测计划、中国远洋渔业协会资源生产性调查等项目资助下，对秘鲁外海茎柔鱼渔场分布及其与环境的关系，以及资源补充量进行了研究，相继发表了一系列的论文，撰写有关的研究生学位论文多篇。本专著以上述课题的科研成果为基础，对秘鲁外海茎柔鱼渔场、资源分布及其与海洋环境的关系进行系统总结和归纳，全书共分为7章。本专著的初步研究成果可为秘鲁外海茎柔鱼资源的可持续开发和科学管理提供科学依据，丰富头足类学科的内容。

本专著系统性和专业性强，可供从事海洋科学、水产和渔业研究的科研人员和研究单位使用。由于时间仓促，覆盖内容广，国内同类的参考资料较少，书中难免会存在一些疏漏，望读者提出批评和指正。

本专著得到上海市高峰学科Ⅰ类(水产学)、“双一流”学科、国家自然科学基金项目(NSFC41476129)的资助。同时也得到国家远洋渔业工程技术研究中心、大洋渔业资源可持续开发省部共建教育部重点实验室的支持，以及农业部科研杰出人才及其创新团队——大洋性鱿鱼资源可持续开发的资助。

编 者

2017年7月8日

• i •

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 问题提出	1
1.2 环境变化对头足类资源渔场影响研究进展	2
1.2.1 头足类生活习性	2
1.2.2 头足类主要经济开发种地理分布及栖息环境	2
1.2.3 气候变化对头足类产卵场的影响	3
1.2.4 气候变化对头足类其他生活过程的影响	5
1.2.5 研究现状分析	5
1.3 茎柔鱼资源开发及栖息环境	6
1.3.1 茎柔鱼生物学特性	6
1.3.2 茎柔鱼资源分布与海洋环境的关系	8
1.3.3 研究中存在的不足	9
1.4 研究内容	9
第 2 章 不同海域茎柔鱼栖息环境分析	11
2.1 材料与方法	11
2.1.1 数据来源	11
2.1.2 分析方法	12
2.2 研究结果	13
2.2.1 各海区海表温度分析	13
2.2.2 各海区海表温度与作业频次的关系	17
2.2.3 秘鲁外海水温分布与 CPUE 的关系	23
2.2.4 智利外海水温分布与 CPUE 的关系	26
2.2.5 赤道公海附近海域水温分布与 CPUE 的关系	30
2.2.6 各海区各水温因子的信息增益分析	34
2.2.7 各海区渔场与水温垂直剖面关系分析	36
2.3 分析与讨论	37
2.3.1 各海区海表温度分析	37
2.3.2 各海区海表温度与 CPUE 的关系	38

2.3.3 信息增益结果分析	38
第3章 秘鲁外海茎柔鱼渔场时空分布分析	39
3.1 材料与方法	39
3.1.1 材料	39
3.1.2 分析方法	39
3.2 研究结果	40
3.2.1 各年1~12月渔场重心变化分析	40
3.2.2 年间产量重心分布比较	42
3.2.3 极端年份的产量重心差异比较及与环境的关系	42
3.3 讨论与分析	45
3.3.1 茎柔鱼渔场的时空分布	45
3.3.2 渔场年间分布差异的原因分析	46
3.3.3 其他问题的探讨	46
3.4 小结	46
第4章 厄尔尼诺事件和拉尼娜事件对秘鲁外海茎柔鱼渔场分布的影响	48
4.1 材料与方法	48
4.1.1 生产数据	48
4.1.2 环境数据	48
4.1.3 分析方法	49
4.2 研究结果	49
4.2.1 厄尔尼诺事件和拉尼娜事件的确定	49
4.2.2 厄尔尼诺事件和拉尼娜事件下CPUE与SST的空间分布	50
4.2.3 厄尔尼诺事件和拉尼娜事件下中心渔场与各水层温度空间分布 的关系	51
4.2.4 厄尔尼诺事件和拉尼娜事件下中心渔场与水温垂直结构的关系	60
4.3 讨论与分析	62
4.3.1 年间SST变化与CPUE分布的关系	62
4.3.2 中心渔场与各水层水温及其垂直结构的关系	63
4.4 小结	64
第5章 利用栖息地适宜指数分析秘鲁外海茎柔鱼渔场	65
5.1 材料与方法	65
5.1.1 渔获数据	65
5.1.2 环境数据	65

5.1.3 方法	65
5.2 研究结果	69
5.2.1 产量、CPUE 的时空分布	69
5.2.2 SST 水平梯度拟合结果	73
5.2.3 水温垂直结构和渔场的关系	74
5.2.4 各季节 SI 曲线	76
5.2.5 主成分分析结果	84
5.2.6 HSI 模型分析	86
5.2.7 实证分析	90
5.3 讨论与分析	93
5.3.1 渔场的时空分布	93
5.3.2 渔场和环境因子的关系	95
5.3.3 HSI 模型	97
5.3.4 存在的问题	98
第 6 章 海洋水温对茎柔鱼资源补充量影响的初探	99
6.1 材料与方法	99
6.1.1 材料	99
6.1.2 研究方法	100
6.2 研究结果	102
6.2.1 各年 CPUE 及产量关系	102
6.2.2 作业渔场和产卵场最适表温范围分析	103
6.2.3 各年 Nino 1+2 SSTA 与作业渔场及产卵场最适表温范围之间的 关系	103
6.2.4 作业渔场和产卵场的最适表温范围与 CPUE 之间的关系	104
6.3 讨论与分析	105
6.3.1 产卵场 P_S 与厄尔尼诺事件和拉尼娜事件的关系	105
6.3.2 产卵场 P_S 与茎柔鱼资源补充量的关系	105
6.3.3 产卵场 P_S 与 CPUE 的关系	106
6.4 小结	107
第 7 章 主要结论与展望	108
7.1 主要结论	108
7.2 存在问题与展望	110
参考文献	112
附录一 各季节环境因子 SI 表达式	118

附录二 2003 年 HSI 分布图 121

附录三 2004 年 HSI 分布图 123

附录四 2005 年 HSI 分布图 125

附录五 2006 年 HSI 分布图 127

附录六 2007 年 HSI 分布图 129

第 1 章 绪 论

1.1 问题提出

茎柔鱼(*Dosidicus gigas*)广泛分布在加利福尼亚($37^{\circ}\sim 40^{\circ}\text{N}$)至智利($45^{\circ}\sim 47^{\circ}\text{S}$)的东太平洋海域,是这一区域重要的经济捕捞对象。20 世纪 90 年代以前,全球茎柔鱼产量最高为 $1.9\times 10^4\text{t}$,而在 90 年代以后,日本和韩国等国家鱿钓船的加入导致茎柔鱼的产量急剧增加,2008 年产量更是达到 $85.71\times 10^4\text{t}$ 。此后,茎柔鱼的产量均维持较高的水平。但在整个 90 年代,茎柔鱼年产量波动较大,例如在 1994 年秘鲁外海茎柔鱼产量达到了 195434t,而 1998 年产量却只有 27471t。究其原因,可能与该海域海洋环境变化有很大的关系。

与其他一些重要经济头足类一样,茎柔鱼也是短生命周期种类,生活环境的变化对其资源和分布都具有明显的影响,且东太平洋在全球是环境较为多变的一个海域,这一区域受两个低速东边界流(秘鲁海流和加利福尼亚海流)影响,并在信风作用下引起厄尔尼诺事件和拉尼娜事件,导致上升流减弱或增强。

由于茎柔鱼在海洋生态系统中具有重要地位,南太平洋渔业管理组织已将茎柔鱼纳入管理对象。我国对这一海域的茎柔鱼资源开发始于 2001 年,之后作业规模不断扩大,现已将茎柔鱼纳入我国远洋鱿钓渔业的重要捕捞对象,2010 年以后,茎柔鱼年产量稳定在 $20\times 10^4\text{t}$ 以上。为了可持续开发和利用该海域的茎柔鱼资源,需要加强其渔业生物学、资源变动与评估等方面的基础研究和应用基础研究,特别是要了解和掌握茎柔鱼资源渔场年间变动规律及其原因,以便为利用和安排渔业生产提供科学依据。为此,本书通过分析厄尔尼诺和拉尼娜等大范围海洋气候变化对茎柔鱼渔场分布及资源量变化的影响,探讨导致茎柔鱼资源补充量变化的原因,以掌握其资源渔场时空变化规律,为渔情预报和渔业生产提供科学依据。

1.2 环境变化对头足类资源渔场影响研究进展

1.2.1 头足类生活习性

头足类主要由浅海性乌贼、枪乌贼、蛸类和大洋性柔鱼科组成。许多研究都显示,大多数头足类具有生命周期短(1年左右)、生长快等特点,例如阿根廷滑柔鱼 *Illex argentinus*、太平洋褶柔鱼 *Todarodes pacificus* 和茎柔鱼 *Dosidicus gigas* 等的生命周期都在12个月左右,双柔鱼 *Nototodarus sloanii* 的生命周期在11个月左右。而且,头足类是典型的生态机会主义者,它们的种群会随着环境条件的变化而变化,当传统底层经济种类因过度捕捞资源衰退时,作为生态机会主义者的头足类,其资源因被捕食压力的减少和对食物竞争的缓解而显著增加。在整个海洋生态系统中,头足类是海洋食物网的重要组成部分,它是海洋鱼类、海鸟以及其他哺乳动物重要的食物来源,处在食物金字塔的中层。另外,头足类对环境变化极为敏感,其资源量年间变化剧烈。比如,1998年强厄尔尼诺事件使得秘鲁茎柔鱼产量剧减到574t(Waluda and Rodhouse, 2006)。上述特性与由补充群体和剩余群体组成的传统中长期鱼类存在明显的区别(Quinn and Deriso, 1999)。

1.2.2 头足类主要经济开发种地理分布及栖息环境

世界各大洋经济头足类共计173种,其中已开发利用的或具有潜在开发价值的约70种(Voss, 1973),柔鱼科数量最多,占总数量的1/4。其次为乌贼科、枪乌贼科和蛸科。这4个科的产量约占世界头足类产量的90%以上(Voss, 1973)。其中,柔鱼科主要分布在世界各大洋的陆坡渔场和大陆架海区,也有分布在大洋中;枪乌贼科主要分布在太平洋和大西洋的热带、温带海区以及印度洋;乌贼科主要分布在距离大陆较远的岛屿周围和外海;蛸科主要分布在沿岸水域(周金官等, 2008)。

海洋环境对头足类资源的分布影响很大,各海区头足类种类分布程度不一。主要经济头足类种类分布在西北太平洋、西南大西洋和中西太平洋等海域,表1-1对其栖息环境进行了归纳(周金官等, 2008)。

表 1-1 各海域主要经济头足类种类数量及其栖息环境条件 (单位: 种)

海域	柔鱼科	乌贼科	枪乌贼科	蛸科	主要环境条件
西北太平洋	23	17	12	13	黑潮暖流、亲潮寒流、对马暖流、里曼寒流等
西南大西洋	21	—	4	14	马尔维纳斯(福克兰)海流、巴西海流
中东大西洋	21	12	5	8	加那利海流、南赤道海流、北赤道海流、上升流
中西太平洋	18	17	8	9	浅海、深海、火山、海岭
西部印度洋	20	16	5	11	季风海流、上升流
中东太平洋	18	1	4	8	秘鲁海流
东南太平洋	16	—	3	3	上升流
西南太平洋	20	3	2	4	上升流、辐合锋区

以大洋性柔鱼科为例，它主要分布在区域性的重要大洋性生态系统中，如高流速的西部边界流、大尺度沿岸上升流和大陆架海域(Roper, 1983; Roper et al., 1984)。其中栖息在西部边界流和上升流附近海域的种类，资源量极大，也是目前全球气候变化对其资源影响研究的重点(Anderson and Rodhouse, 2001)，典型的西南大西洋的阿根廷滑柔鱼、北太平洋的柔鱼(*Ommastrephes bartramii*)、日本周边海域的太平洋褶柔鱼和西北大西洋的滑柔鱼(*Illex illecebrosus*)均分布在西部边界流海域。西部边界流从赤道附近携带大量的热量与高纬度冷水海流相遇后，在锋面形成涡流和一些异常的水团，这种环境特征能够给鱿鱼类不同生活史阶段带来营养和合适的生存环境(O'Dor, 1992; Mann and Lazier, 1991)。而秘鲁寒流区域的茎柔鱼、本格拉寒流区域的好望角枪乌贼(*Loligo reynaudi*)、加利福尼亚寒流区域的乳光枪乌贼(*Loligo opalescens*)、茎柔鱼和印度洋西北部海域的鸢乌贼(*Sthenoteuthis oualaniensis*)，均分布在世界主要上升流区域，上升流将底层富含营养盐的海水输送至表层，从而为这些头足类提供丰富的营养物质(Villanueva, 2000)。

这些海域独特的海洋环境为头足类提供了丰富的饵料和适宜的栖息环境，但因全球气候变化所引发的海流变动或异常，例如黑潮大弯曲、厄尔尼诺及拉尼娜事件，对头足类的生活史过程造成重大的影响(陈新军等, 2010)，进而影响到来年的补充量。

1.2.3 气候变化对头足类产卵场的影响

产卵场是头足类栖息的重要场所，大量的研究表明，头足类产卵场海洋环境的适宜程度对其资源补充量极为重要(Dawe et al., 2007)，因此许多学者常常利

用环境变化对产卵场的影响来解释头足类资源量的变化。

在鱿鱼类(近海枪乌贼和大洋性柔鱼类)研究方面,Dawe等(2007)、Jacobson(2005)根据海温和北大西洋涛动(North Atlantic Oscillation, NAO)等数据,利用时间序列分析方法研究海洋气候变化对西北大西洋皮氏枪乌贼(*Loligo pealeii*)和滑柔鱼(*Illex illecebrosus*)资源的影响。结果显示,产卵场水温的变化会影响其胚胎发育、生长和补充量。Ito等(2007)研究指出,在产卵场长枪乌贼(*Loligo bleekeri*)胚胎发育的最适水温为 12.2°C ,这一研究有利于对长枪乌贼的资源量进行预测与分析。Tian(2009)根据日本海西南部50m水层温度和1975~2006年的生产渔获数据,利用DeLury模型和统计分析方法研究长枪乌贼资源年际变化,结果认为,20世纪80年代其产卵场环境受全球气候的影响,水温由冷时代转向暖时代,造成在20世纪90年代长枪乌贼资源量下降。Arkhipkin等(2004)根据产卵场不同水层的温度、含氧量和盐度等环境数据,利用GAM模型等方法对马尔维纳斯(福克兰)群岛附近的巴塔哥尼亚枪乌贼(*Loligo gahi*)资源变动进行了研究,结果显示,产卵场的盐度变化会影响巴塔哥尼亚枪乌贼的活动以及在索饵场的分布。另外,他们还发现,当产卵场水温高于 10.5°C 时巴塔哥尼亚枪乌贼就会较早地洄游到索饵场。Waluda等(1999)认为,产卵场适宜表温的变化对阿根廷滑柔鱼资源补充量具有十分重要的影响,产卵场适宜表温的变化是巴西暖流和马尔维纳斯(福克兰)海流相互配置的结果。Leta(1992)研究还发现,厄尔尼诺事件会使产卵场水温升高,盐度下降,并由此对阿根廷滑柔鱼补充量产生影响。Waluda和Rodhouse(2006)研究认为,9月份产卵场适宜温度($24\sim 28^{\circ}\text{C}$)与茎柔鱼资源补充量成正相关,同时厄尔尼诺和拉尼娜事件对茎柔鱼资源存在明显的影响,认为厄尔尼诺事件和拉尼娜事件会使产卵场初级和次级生产力发生变化,进而影响茎柔鱼的早期生活阶段以及成熟个体。Sakurai等(2000)认为太平洋褶柔鱼也有相同的情况。Cao等(2009)利用北太平洋柔鱼冬春生西部群体产卵场与索饵场的适合水温范围解释了其资源量的变化。Chen等(2007)分析了厄尔尼诺和拉尼娜事件对西北太平洋柔鱼资源补充量的影响。

在章鱼研究方面,Hernández-López等(2001)指出,章鱼的胚胎发育、幼体生长等与水温有着密切的关系。Caballero-Alfonso等(2010)根据表温、NAO指数和生产统计数据,利用线性模型对加那利群岛附近海域章鱼资源量变化进行了研究。结果显示,温度是影响章鱼资源量的一个重要环境指标,NAO改变产卵场的水温间接影响章鱼的资源量。同时,他指出气候变化对头足类资源的影响是不可忽视的。Leitea等(2009)结合产卵场的环境因子和渔获数据,利用多种方法对巴西附近海域章鱼的栖息地、分布和资源量进行了研究。结果显示,环境因子会影响章鱼的资源密度和分布,而且在潮间带附近海域,较小的章鱼在温暖的水

域环境中能够更快地生长。另外,小型和中型个体的章鱼在早期阶段多分布在较适宜温度高 $1\sim 2^{\circ}\text{C}$ 的水域,这有利于它们的生长。可见温度等环境因子对章鱼的资源密度和分布有明显的影响。

1.2.4 气候变化对头足类其他生活过程的影响

除对产卵场产生影响外,索饵洄游、索饵场的生长和繁殖洄游等也是头足类生命周期的重要组成部分,但是目前针对这些部分的研究较少。Kishi等(2009)根据太平洋褶柔鱼渔业生物学数据,利用生物能量模型(bioenergetics models)和营养生态系统模型对其资源变动进行了研究。结果显示,日本海北部的捕食密度高于日本海中部,导致日本海北部太平洋褶柔鱼的个体比从日本海中部洄游来的个体大。同时,全球气温日益升高会造成太平洋褶柔鱼洄游路径的改变。Choi等(2008)研究发现,全球气候的改变使得太平洋褶柔鱼洄游路径发生变化,而且伴随着海洋生态系统环境的变化,气候变化也影响到了其产卵场分布以及幼体的存活,进而影响到其补充量。Lee(2003)研究认为,对马暖流会发生年际变化,从而影响太平洋褶柔鱼产卵场环境条件及其幼体生长。王尧耕和陈新军(2005)认为,分布在北太平洋的柔鱼周年都会进行南北方向的季节性洄游,黑潮势力以及索饵场表温高低直接影响柔鱼渔场的形成及空间分布。

1.2.5 研究现状分析

通过上述研究分析,我们认为目前全球气候的变化(包括温度等)通过影响产卵场的环境条件而间接地影响头足类资源补充量。国内外学者对产卵场环境变化与头足类补充量之间的关系研究得比较多,得到了一些研究成果,并被用来预测其资源补充量。但是,全球气候变化对头足类资源量影响的关键阶段是从孵化到稚仔鱼的生活史阶段(图 1-1),即产卵以后的这段时间。因为该阶段头足类主要是被动地受到环境的影响,不能主动地适应环境的变化,而当稚仔鱼发育到成鱼后,头足类个体拥有了较强的游泳能力,就能够通过洄游等方式寻找适宜的栖息环境而主动地适应环境的变化。目前研究集中在产卵场环境变化与头足类补充量(渔业开发时,即头足类成体数量)之间的关系,而对其中间阶段(随海流移动、生长)头足类死亡、生长及其影响机理的研究甚少。为了可持续利用和科学管理头足类资源,不仅要考虑环境变化对产卵场中个体生长、死亡的影响,也应重视对其幼体、仔稚鱼等不同生命阶段中的影响,只有这样才能进一步提高海洋环境变化对头足类资源补充量的预测精度。

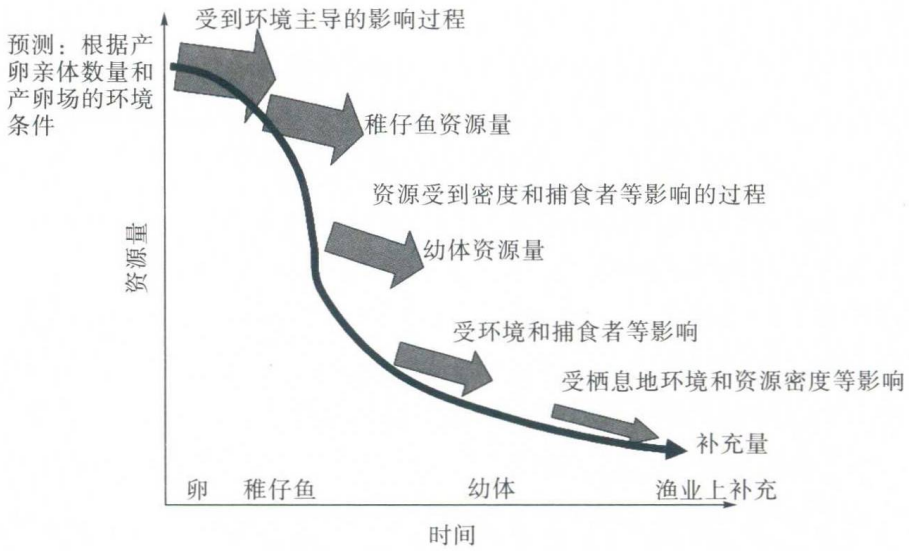


图 1-1 头足类资源补充过程及其影响因素示意图

1.3 茎柔鱼资源开发及栖息环境

1.3.1 茎柔鱼生物学特性

1.3.1.1 种群结构

目前对茎柔鱼在东太平洋的种群结构仍然不是很清楚，学者们一般根据渔获物胴长组成将这一海域的茎柔鱼群体划分为大小不同的群体，比如 Nesis(1983)将茎柔鱼成体分为小型群(胴长 200~300mm)、中型群(胴长 340~450mm)和大型群(胴长大于 460mm)；Nigmatullin 等(2001)将东太平洋的茎柔鱼分为大、中、小 3 个群体；叶旭昌和陈新军(2007)同样根据胴长将秘鲁外海的茎柔鱼分为大、中、小 3 个群体；刘必林等(2010)将智利海域茎柔鱼大致分为大、中、小 3 个群体；Argelles 等(2001)根据 1992 年的生产统计数据，将秘鲁外海茎柔鱼分为 2 个群体。

1.3.1.2 生长繁殖

王尧耕和陈新军(2005)研究指出，茎柔鱼的最大胴长约为 1.2m，但也有文献记载其个体最大体长可达 3.6m(胴长 2m)，体重最大为 150kg(Anatolio et al.，2001)。如同其他头足类一样，茎柔鱼的生命周期在 1 年左右，但也有学者认为它是 2~3 年生，甚至有 3~4 年的个体存在(Nesis, 1983)。

一般认为, 茎柔鱼雄性个体成熟期早于雌性个体, 当雄性个体胴长达到 200~250mm 时性腺开始成熟, 而雌性个体胴长达到 360~370mm 时性腺才开始成熟(王尧耕和陈新军, 2005)。叶旭昌和陈新军(2007)研究指出, 茎柔鱼雄、雌个体的初次性成熟胴长分别为 228mm、374mm。图 1-2 为茎柔鱼形态示意图。

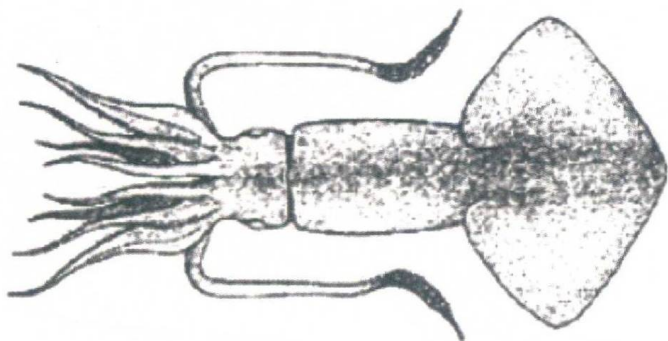


图 1-2 茎柔鱼形态示意图

学者们对茎柔鱼全年产卵观点较为一致。Anatolio 等(2001)研究认为, 秘鲁外海茎柔鱼的产卵高峰期是当年 10 月至翌年 1 月, 11 月份达到最高值。刘必林等(2010)研究指出, 智利外海茎柔鱼虽为全年产卵, 但并无明显的产卵高峰期。李纲等(2011)研究指出, 哥斯达黎加外海茎柔鱼的繁殖是全年性的, 几乎每个月都有性成熟个体出现, 并不存在特殊的繁殖峰期。Tafur 等(2001)根据 1991~1995 年茎柔鱼生产统计数据指出, 茎柔鱼主要产卵场在秘鲁沿海 $3^{\circ}\sim 8^{\circ}\text{S}$, 次要产卵场在 $12^{\circ}\sim 17^{\circ}\text{S}$, 最大产卵密度在当年 10 月至翌年 1 月。Cairistion 等(2001)研究认为, 秘鲁外海北部茎柔鱼的产卵高峰是在夏季(11 月至翌年 1 月), 次高峰是在冬季(7~8 月)。

1.3.1.3 生活习性

研究发现, 茎柔鱼的主要捕食对象有灯笼鱼和鳀鱼, 其他还包括桡足类、磷虾、鱿鱼、沙丁鱼等(王尧耕和陈新军, 2005)。另外, 茎柔鱼也存在同类捕食的现象。同时, 茎柔鱼作为海洋生态系统重要的组成部分, 其自身也是抹香鲸、鲨鱼、黄鳍金枪鱼等的捕食对象(Cairistion and Rodhouse, 2001)。

与其他头足类一样, 茎柔鱼存在着昼夜垂直移动的习性, 白天生活在 800~1000m 的水层中, 夜晚则上游至 0~200m 的表层活动。茎柔鱼的洄游模式尚不清楚, Nesis 等(1983)研究认为, 在南半球的夏、秋季茎柔鱼会出现大范围洄游, 一般始于 4 月, 5~6 月在南部近岸集群。张新军等(2005)研究指出, 茎柔鱼洄游的总规律是夏、秋季向温暖的沿岸水域洄游, 冬季向深海海域洄游。陈思行

(1998)认为,茎柔鱼1月分布在加利福尼亚湾,4月到达海湾的最北部海域,5~8月集中分布在海湾的中上部海域,8月底至9月开始向南洄游进入太平洋秘鲁外海海域。

1.3.2 茎柔鱼资源分布与海洋环境的关系

1.3.2.1 茎柔鱼资源分布

茎柔鱼资源分布在中部太平洋以东的海域,即在 125°W 以东的加利福尼亚半岛(30°N)至智利(30°S)之间的水域,范围很广。但较高资源密度分布的水域是从赤道至 18°S 的南美大陆架以西200~250n mile的外海,即厄瓜多尔及秘鲁的200n mile水域内外。

Waluda等(1999)利用ARGOS获取的数据,并结合卫星图片,分析秘鲁外海茎柔鱼资源分布,结果显示:1999年鱿钓船作业范围分布在秘鲁沿岸 $3^{\circ}\sim 7^{\circ}\text{S}$ 的海域,作业中心分布在 5°S 海域附近。Anatolio等(2001)通过1991~1999年秘鲁外海茎柔鱼渔获数据分析得出,其高密度区域出现在秘鲁北部(3°S)至Chimbote(9°S)的沿海。Nevárez-Martínez等(2000)对加利福尼亚海湾 $109^{\circ}30'\sim 112^{\circ}45'\text{W}$ 、 $25^{\circ}10'\sim 28^{\circ}50'\text{N}$ 的茎柔鱼资源进行了调查,结果发现高产海域出现在 $28^{\circ}\sim 28^{\circ}30'\text{N}$,同时指出茎柔鱼的资源分布表现出随季节变化的特征。胡振明等(2009)分析了2006年秘鲁外海茎柔鱼统计数据,结果显示全年中心渔场分布在 $80^{\circ}\sim 85^{\circ}\text{W}$ 、 $10^{\circ}\sim 17^{\circ}\text{S}$,其中6~8月是全年最高产的时期,其中心渔场分布在 $81^{\circ}\sim 83^{\circ}\text{W}$ 、 $12^{\circ}\sim 13^{\circ}\text{S}$ 。

1.3.2.2 茎柔鱼资源与海洋环境的关系

Nesis等(1983)研究认为,茎柔鱼属于泛温生长种类,其生活温度在 $15\sim 28^{\circ}\text{C}$,然而在深海和赤道海域也有发现,其温度在 $4\sim 32^{\circ}\text{C}$ 。陈新军和赵小虎(2006)根据我国鱿钓船在秘鲁外海的渔获统计数据及海表温度(sea surface temperature, SST)数据,发现产量主要分布在SST为 $18\sim 22^{\circ}\text{C}$ 和 $24\sim 25^{\circ}\text{C}$ 的海域,而且各季节的作业渔场最适SST也不同。叶旭昌(2002)认为在秘鲁外海,茎柔鱼在SST为 $17\sim 22^{\circ}\text{C}$ 海域有大面积集群并能获得高产。胡振明等(2009)根据2006年1~12月我国在秘鲁外海的鱿钓统计数据及环境数据,分析认为茎柔鱼中心渔场的SST在 $18\sim 23^{\circ}\text{C}$,SST水平梯度为 $0.6\sim 1.7^{\circ}\text{C}$,另外还指出秘鲁外海茎柔鱼渔场主要受上升流影响而产生,并分布在上升流引起的冷水与外洋暖水交汇区。