

盐水轮虫的生物学 及海水培养利用

赵 文 殷旭旺 王 珊◎著



**Biology and Technology of Culture
and Utilization in Marine Water
for Rotifer in Inland Saline Waters**



科学出版社

盐水轮虫的生物学及海水培养利用

赵 文 殷旭旺 王 珊 著

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

本书对我国内陆盐水轮虫的生物学及培养利用研究进行了总结和论述。其以作者多年的科研实践为主,并结合国内外相关文献,阐述了盐水轮虫的种类多样性及其地理分布,褶皱臂尾轮虫及其同胞物种的实验种群生态学,各类盐水轮虫群落结构及其时空动态,轮虫遗传多样性及其适应进化机制,海水培养利用技术等。

本书可供资源环境、水域生态学、水产养殖学及其相关专业的高等院校师生、科技工作者及广大养殖业户参考。

图书在版编目(CIP)数据

盐水轮虫的生物学及海水培养利用 / 赵文, 殷旭旺, 王珊著. —北京: 科学出版社, 2015.8

ISBN 978-7-03-045250-4

I. ①盐… II. ①赵… ②殷… ③王… III. ①轮虫纲—海洋生物学 ②轮虫纲—海水养殖 IV. ①Q959.181

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 170240 号

责任编辑: 夏 梁 矫天扬 韩书云 / 责任校对: 郑金红
责任印制: 徐晓晨 / 封面设计: 北京铭轩堂广告设计公司

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>

北京京华虎彩印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2015 年 8 月第 一 版 开本: 720×1000 B5

2015 年 8 月第一次印刷 印张: 17 1/2 插页: 4

字数: 338 000

定价: 108.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

Biology and Technology of Culture and Utilization in Marine Water for Rotifer in Inland Saline Waters

Zhao Wen Yin Xu-Wang Wang Shan

Science Press

Beijing

本书由
大连市人民政府
高等学校本科教学质量与教学改革工程项目
联合资助

The published book is sponsored by
the Dalian Municipal Government
the National Quality Engineering Project

著 者

赵 文 殷旭旺 王 珊

Authors

Zhao Wen Yin Xu-Wang Wang Shan

前 言

众所周知，轮虫是一种小型的无脊椎动物，是水域生态系统中重要的生物类群之一，同时也是一种应用广泛和很有效的生物活饵料，用其喂养的鱼类幼苗通常都能生长得很好且获得很高的存活率。本书从实用角度出发，结合作者的科研实践和国内外文献资料，总结了作者近年研究的盐水轮虫物种多样性、群落结构、适应进化，以及褶皱臂尾轮虫的生物学、生态学研究成果，阐述了盐水轮虫的培养利用技术，对水产养殖业发展具有重要意义，培养的轮虫具有广阔的应用前景。

绝大多数的研究实验工作有文章发表，本书为上述工作的总结，旨在推动盐水轮虫在海水养殖生产、环境监测和生物适应进化研究中发挥更大作用。

感谢郑绵平院士、李永函教授和董双林教授的热忱指导。感谢梁殿超、刘青、李晓东、魏杰、蔡志龙、王海雷等同志在本书编写中在数据资料、拍照和修图等方面给予的帮助。对大连市学术专著资助出版评审委员会、科学出版社等多年的大力支持表示衷心的感谢！

由于著者水平有限，书中不足之处在所难免，敬请广大读者指正。

赵 文

2015年春于大连海洋大学

目 录

前言

第 1 章 盐水轮虫的物种多样性及其分布	1
1. 盐水轮虫的概念	1
2. 轮虫的主要特征和分类系统	1
2.1 轮虫的主要特征和生态作用	1
2.2 轮虫的分类地位和分类系统	1
3. 盐水轮虫的物种多样性及分布	2
4. 轮虫的形态构造和主要类群概述	7
4.1 轮虫的主要形态特征	7
4.2 轮虫的外部形态构造	7
4.3 轮虫的内部形态构造	9
5. 轮虫的生长发育与生活史	12
5.1 轮虫的食性	12
5.2 轮虫的生活史	12
5.3 轮虫的休眠卵	12
6. 盐水轮虫的常见种类	14
6.1 蛭态目	14
6.2 单巢目	16
7. 轮虫的生态分布与意义	36
7.1 轮虫的分布	36
7.2 轮虫与水产养殖的关系	37
第 2 章 褶皱臂尾轮虫的生物学	38
1. 褶皱臂尾轮虫的形态特征	38
1.1 主要形态特征	38
1.2 外部构造	38
1.3 内部形态构造	39
1.4 褶皱臂尾轮虫的生活史	44
2. 褶皱臂尾轮虫的地理分布	44
3. 生态因子对褶皱臂尾轮虫存活、生长和繁殖的影响	45
3.1 紫外线对轮虫的影响	45
3.2 赤潮生物毒素对褶皱臂尾轮虫的影响	45
3.3 温度对褶皱臂尾轮虫的影响	47
3.4 饵料脂肪酸对轮虫的影响	47
3.5 pH 对褶皱臂尾轮虫的影响	48
3.6 盐度对褶皱臂尾轮虫的影响	49
3.7 浑浊度对褶皱臂尾轮虫的影响	49
3.8 重金属离子对褶皱臂尾轮虫存活、生长的影响	49

3.9 饵料对褶皱臂尾轮虫生长、繁殖的影响	49
4. 褶皱臂尾轮虫的生殖	50
5. 营养及强化	51
6. 天然水体褶皱臂尾轮虫的生产量	51
7. 食物种类和盐度对不同地理品系褶皱臂尾轮虫生活史的影响	52
7.1 材料和方法	53
7.2 结果	55
7.3 讨论	67
第3章 中国盐水水域轮虫群落结构及其时空格局	71
1. 西藏盐湖轮虫群落结构特征	71
1.1 1999年西藏羌塘盐湖生物资源调查评价	71
1.2 2001年西藏北部阿里地区盐湖轮虫种类组成特征	73
1.3 2002年西藏那曲地区北部盐湖轮虫群落调查	78
1.4 2001~2002年西藏班戈湖区的轮虫生物资源调查	79
2. 内蒙古锡盟盐湖轮虫的群落特征	84
2.1 采样湖泊分布和工作方法	84
2.2 内蒙古锡盟盐湖的轮虫群落特征	85
2.3 内蒙古锡盟盐湖的轮虫群落与其他盐湖的比较	88
3. 三北地区内陆盐水轮虫的群落结构及其分布	88
3.1 采样湖泊和工作方法	89
3.2 轮虫种数和生物量	89
3.3 轮虫种类组成和分布及其与盐度、pH、碱度的关系	89
3.4 不同盐度区间轮虫种数、数量、生物量和多样性指数	97
3.5 小结与讨论	97
4. 山东高青盐碱池塘轮虫的群落结构及其动态	99
4.1 池塘的基本情况	100
4.2 池塘的理化特征	101
4.3 浮游动物的种类组成与季节变化	102
4.4 各类盐碱池塘轮虫的物种多样性	105
4.5 各类盐碱池塘轮虫的密度	111
4.6 各类盐碱池塘轮虫的生物量	116
4.7 各类盐碱池塘轮虫的多样性指数	122
4.8 盐碱池塘轮虫对浮游动物生物量的贡献	128
4.9 小结和讨论	128
5. 沿海半咸水池塘褶皱臂尾轮虫的复合类群及其种群动态的研究	130
5.1 轮虫样品的采集	131
5.2 轮虫的种类鉴定和形态学比较	131
5.3 轮虫种群密度和增长率的计算方法	132
5.4 轮虫复合类群的种类组成和分布	132
5.5 轮虫复合类群中各物种的密度和变化规律	133

5.6 轮虫复合类群中各物种的形态测量结果及其统计分析	136
5.7 褶皱臂尾轮虫复合类群中的同胞隐匿物种	138
5.8 褶皱臂尾轮虫复合类群物种间形态差异及分类的探讨	140
5.9 褶皱臂尾轮虫复合类群中各种类的分布特点	142
5.10 采样水体中轮虫种群的变化规律	144
6. 海参养殖池塘轮虫的群落结构及其动态研究	144
7. 菲律宾蛤仔育苗用水系统轮虫的群落结构及其动态	145
8. 大连黑石礁近海轮虫的群落结构及其动态	147
9. 海水混养池塘轮虫的群落结构特征	148
第4章 轮虫遗传多样性及适应进化机制	150
1. 单巢纲轮虫的生活史	150
1.1 轮虫孤雌生殖世代中的代价和策略	151
1.2 轮虫有性生殖世代中的代价和策略	153
1.3 轮虫休眠卵萌发中的代价和策略	155
2. 轮虫种群动态	158
2.1 温度和盐度对轮虫种群动态的影响	158
2.2 食物种类和浓度对轮虫种群动态的影响	159
3. 调节轮虫种间竞争关系的生态因子	161
3.1 个体大小效能假说	161
3.2 低食物效能假说	162
3.3 小个体假说	163
3.4 种群增长率假说	163
3.5 易捕食性-竞争能力假说	164
3.6 浮游生物悖论假说	164
4. 轮虫的反捕食策略	165
5. 轮虫的遗传多样性	170
5.1 群体遗传结构	170
5.2 群体遗传变异与多样性	171
5.3 轮虫休眠卵库的遗传结构	174
5.4 基因流	174
5.5 轮虫的系统发生与进化	175
第5章 盐水轮虫的培养和利用	181
1. 室内常规培养	181
1.1 培养容器	182
1.2 培养用水	182
1.3 培养条件和管理	182
1.4 轮虫的营养强化	184
2. 室内高密度培养	185
2.1 食物种类及供饵方式	185
2.2 补充氧气	186

2.3 消解 NH_3 的毒性	187
2.4 滤除悬浮有机质	187
2.5 消除泡沫	188
2.6 高密度培养方法	189
2.7 海水轮虫超高密度培养的开发	191
2.8 轮虫高密度培养的理论极限值	192
3. 轮虫的室外土池培养	192
3.1 轮虫土池培养的发展概况	193
3.2 土池培养中常用的轮虫种类	194
3.3 轮虫土池培养的一般技术环节	194
3.4 不同臂尾轮虫土池培养的区别	199
3.5 晶囊轮虫土池培养的方法	201
3.6 土池培养中延长轮虫高峰期的主要措施	203
4. 轮虫培育池生态系统结构与功能特点	205
4.1 轮虫培育池各有机碳库储量及其日变化	205
4.2 轮虫培育池生态系统颗粒悬浮物的研究	210
4.3 轮虫培育池浮游细菌的生物量及其动态	213
4.4 轮虫培育池浮游生物种类组成及生物量的研究	218
4.5 轮虫培育池浮游生物的时空分布	223
4.6 轮虫培育池不同粒级藻类对浮游植物生物量和生产量的贡献	228
4.7 施肥对多盐水池塘浮游植物演替的影响	235
4.8 不同氮、磷比施肥对多混盐水池塘浮游植物群落定向演替的影响	242
5. 轮虫土池培养存在的问题及发展前景	249
参考文献	250
图版	

第 1 章 盐水轮虫的物种多样性及其分布

1. 盐水轮虫的概念

盐水水体是指淡水(盐度 <3)以外的所有水体,包括内陆盐水水体和海洋。盐水轮虫广义上是指盐水水体内分布的轮虫,多指轮虫的耐盐种或盐水种。

有些耐盐的淡水轮虫常会进入盐水水体中,种类多但数量一般不大,通常出现于盐度 20 以下的水体中;盐水种也常在淡水中出现,但更喜盐水,分布的盐幅在 10~60,如褶皱臂尾轮虫(*Brachionus plicatilis*)、角突臂尾轮虫(*Brachionus angularis*)、环顶巨腕轮虫(*Hexarthra fennica*)等。在盐度高于 60 的高盐水体中,轮虫种类更少,一般仅有褶皱臂尾轮虫分布。

2. 轮虫的主要特征和分类系统

2.1 轮虫的主要特征和生态作用

轮虫隶属于轮虫动物门(Rotifera),是一种微小的多细胞生物,它们广泛分布于淡水、半咸水、海水和内陆高盐水体中,是水域生态系统中浮游生物的重要组成部分。轮虫的主要特征是具有长有纤毛的头冠(corona)、咀嚼囊(mastax)[囊内具有咀嚼器(trophi)]和带有焰茎球的原肾管。轮虫体长一般为 0.1~0.5mm,最小的只有 40 μ m 左右,最大的可达 4mm;以单细胞藻类、细菌、腐质等为食。

对轮虫进行广泛而深入的研究,一方面,有助于了解水域生态系统的结构和功能、物种间的相互关系、生物的系统发生与进化及群体动态和结构等问题。另一方面,轮虫是水产养殖动物育苗中重要的开口饵料,研究其生物学、生态学,对充分开发利用这一饵料资源具有重要意义。

2.2 轮虫的分类地位和分类系统

由于轮虫形态特殊,它在动物界的位置及其与其他无脊椎动物的关系一直存在争议。轮虫是假体腔动物,且组织胚胎上的一些特征同线虫动物有相似之处,所以人们经常将轮虫归入线虫动物门(Nemathelminthes),作为其下属的一个纲:轮虫纲(Rotifera)。此外还有学者将轮虫、线虫动物和其他假体腔动物一起划归入袋形动物门(Aschelminthes)。Kumazaki(1982)将褶皱臂尾轮虫和两种线虫

(*Rabditis tokai* 和 *Caenorhabditis elegans*) 的 5S rRNA 基因进行序列分析后发现, 褶皱臂尾轮虫与线虫 rRNA 序列相似性为 78%~80%, 甚至小于褶皱臂尾轮虫与腕足动物 (*Lingula*) 之间 rRNA 序列的相似性 (89%), 因此他建议应将轮虫从线虫动物中划分出来, 成为一个单独的门, 即轮虫动物门 (Rotifera)。另一个研究得最多的是棘头动物与轮虫在分类地位上的关系, 一些学者研究了棘头动物与轮虫 3 个大类——尾盘总目 (*Seisonidea*)、单巢总目 (*Monogononta*) 和蛭态总目 (*Bdelloidea*) 之间核编码基因 Hsp82 的序列相似性, 得到的结果表明棘头动物的亲缘关系与 Eurotatoria (包括单巢总目和蛭态总目) 轮虫非常接近, 所以应归属于轮虫动物门, 作为其下属的一个纲。

综上, 现在很多学者将轮虫单独列为轮虫动物门 (Rotifera)。目前轮虫的分类一般按照如下分类体系: 按照目前国外常用的分类方法, 轮虫可分为 2 个亚纲 (即尾盘亚纲和真轮虫亚纲), 3 个总目, 约 2500 种。

I. 尾盘亚纲 (*Seisona*)

1. 尾盘总目 (*Seisona*): 卵巢无卵黄腺, 雄体发达, 头冠退化, 海产寄生, 如海轮虫 (*Seison*)。

II. 真轮虫亚纲 (*Eurotatorial*)

1. 蛭态总目 (*Bdelloidea*)

卵巢具卵黄腺一对, 枝形咀嚼器, 无侧触手。

2. 单巢总目 (*Monogononta*)

卵巢具卵黄腺一个, 不为枝形咀嚼器。

(1) 游泳目 (*Ploimida*)

如有足则具成对或不成对的趾, 足腺一对。头冠 (头盘、轮器) 各异, 但绝不是六腕轮型或胶鞘轮型。

(2) 神轮目 (*Gnesiotrocha*)

①簇轮亚目 (*Flosculariaceae*): 如有足则无趾, 足腺发达。六腕轮型或聚花轮型头冠。咀嚼器为槌枝型。

②胶鞘轮亚目 (*Collothecaceae*): 足无趾, 足腺发达。胶鞘轮型头冠。咀嚼器钩型。

3. 盐水轮虫的物种多样性及分布

盐水轮虫种类不多, 由于淡水轮虫对盐度有一定的适应性, 因此很多淡水轮虫都能在内陆盐水中生活一定时间, 表现出广盐性特征。本书介绍一些世界范围内盐水水体常见的轮虫种类 (表 1-1)。

表 1-1 世界盐水轮虫的物种多样性及分布 (盐度以最高盐度给出)
 Tab. 1-1 Species biodiversity and distributions of rotifer in saline waters all over world (salinity were given by maximum and minimum salinity)

种类 Species	分布及盐度 Distribution and salinity										
	3	10	20	30	40	50	60	70	80	>90	
裂痕龟纹轮虫 (<i>Anuraeopsis fissa</i>)	Sd										
叶状帆叶轮虫 (<i>Argonotholca feliacea</i>)	Jn16.7										
没尾无柄轮虫 (<i>Ascomorpha ecaudis</i>)	Hb3.34										
卵形无柄轮虫 (<i>Ascomorpha valis</i>)	SdLn36										
卜氏晶囊轮虫 (<i>Asplanchna brightwelli</i>)	SdASaSLnJn14										
盖氏晶囊轮虫 (<i>Asplanchna girodi</i>)	HbLnJn10.4										
前节晶囊轮虫 (<i>Asplanchna priodonta</i>)	JnLn										
角突臂尾轮虫 (<i>Brachionus angularis</i>)	SdAHYJnLnT	QhNmHb				Wa43.8					
萼花臂尾轮虫 (<i>Brachionus calyciflorus</i>)	SdAWHbHJnSa	KNm									
脊胸臂尾轮虫 (<i>Brachionus dimidiatus</i>)	C K CK	GCKC	C	C							
诺瓦臂尾轮虫 (<i>Brachionus novae-zelandicae</i>)	AH										
铲形臂尾轮虫 (<i>Brachionus pala</i>)	Si	K									
褶皱臂尾轮虫 (<i>Brachionus plicatilis</i>)	GISdSSiXAlI	SpArQhSiKTKLnGSiSpKINm									
	CGICSCAlInCa	AHSVNWXzTjHbJl	S								
	DNWNSGSaWa	DSDSWNVs	JnXjCKRV	250							
圆形臂尾轮虫 (<i>Brachionus rotundiformis</i>)	Ln										
方形臂尾轮虫 (<i>Brachionus quadridentatus</i>)	SdAHNAVJnInXz	Sp V60									
壶状臂尾轮虫 (<i>Brachionus urceus</i>)	SdHAJnLnHbXzNm	94.4									
蒲达臂尾轮虫 (<i>Brachionus budapestiensis</i>)	HbJn	17.6									
裂足臂尾轮虫 (<i>Brachionus diversicornis</i>)	SdJn	Ln	32.5								
盐水臂尾轮虫 (<i>Brachionus salanicus</i>)	Wa	Ar Wa	D S	D40							
变异臂尾轮虫 (<i>Brachionus variabilis</i>)	SdNmH	Xz	200								
矩形臂尾轮虫 (<i>Brachionus leydigi</i>)	SdXzJn	Ln	36								
剪形臂尾轮虫 (<i>Brachionus forficula</i>)	SdJn	17.6									
小链巨头轮虫 (<i>Cephalodella catellina</i>)	SdHInSpG	G	Sp30								
埃尔门泰塔臂尾轮虫 (<i>Cephalodella elmenteita</i>)	C C	CK									
凸背巨头轮虫 (<i>Cephalodella gibba</i>)	W	In									
尾棘巨头轮虫 (<i>Cephalodella sterea</i>)	Sd										
多态胶鞘轮虫 (<i>Collotheca ambigua</i>)	Sd										
瓣状胶鞘轮虫 (<i>Collotheca rnata</i>)	W	G	10								
爱德里亚狭甲轮虫 (<i>Colurella adriatica</i>)	HXISpSd	G SpJnNm	TISp	XzHb82.5							
钩状狭甲轮虫 (<i>Colurella uncinata</i>)	HbJn	17.6									
双尖狭甲轮虫 (<i>Colurella bicuspidata</i>)	Jn	16.7									
独角聚花轮虫 (<i>Conochilus unicornis</i>)	SdHbXz	32									
双齿同尾轮虫 (<i>Diurella bidens</i>)	HbXzJn	16.7									

续表

[illegible]

续表

种类 Species	分布及盐度 Distribution and salinity									
	3	10	20	30	40	50	60	70	80	>90
尖削叶轮虫(<i>Nothola acuminta</i>)	AHSpX Sp LnG SiSp 36									
方尖削叶轮虫(<i>Nothola acuminata</i> var. <i>quadrata</i>)	XzJnQhXjHb 150.5									
浮尖削叶轮虫(<i>Nothola acuminata</i> var. <i>limnetica</i>)	Hb3.34									
叶轮虫(<i>Nothola aquamula</i>)	AHXXz									
条纹叶轮虫(<i>Nothola striata</i>)	InSG D									
唇形叶轮虫(<i>Nothola labis</i>)	Sd									
鳞形叶轮虫(<i>Nothola squamula</i>)	Xz 23.5									
旋轮虫(<i>Philodina</i> sp.)	XzNm 23									
玫瑰旋轮虫(<i>Philodina erythrophthalma</i>)	SdXz 10.4									
针簇多肢轮虫(<i>Polyarthra trigla</i>)	SdASHHbNmXzJn17.6									
广布多肢轮虫(<i>Polyarthra vulgaris</i>)	Sd									
泡轮虫(<i>Pompholys</i> sp.)	Hb3.7									
扁平泡轮虫(<i>Pompholys complanata</i>)	SdHb17.6									
沟痕泡轮虫(<i>Pompholys sulcata</i>)	SdHb3.3									
简单前翼轮虫(<i>Proales simplex</i>)	Sd									
前额犀轮虫(<i>Rhinoglena frontalis</i>)	Sd									
转轮虫(<i>Rotaria rotatoria</i>)	Sd									
长足轮虫(<i>Rotaria neptunia</i>)	Sd									
高跷轮虫(<i>Scaridium longicaudum</i>)	Sd									
尖尾疣毛轮虫(<i>Synchaeta stylata</i>)	Sd									
长圆疣毛轮虫(<i>Synchaeta oblonga</i>)	SdJn 24.8									
颤动疣毛轮虫(<i>Synchaeta tremula</i>)	Ln35									
微凸镜轮虫(<i>Testudinella mucronata</i>)	Sd									
二突异尾轮虫(<i>Trichocerca bicristata</i>)	Hb									
暗小异尾轮虫(<i>Trichocerca pusilla</i>)	Sd									
方块鬼轮虫(<i>Trichotria tetractis</i>)	SdHb 6.0									

注：A. 奥地利；Ar. 阿根廷；Al. 阿尔及利亚；C. 乍得；Ca. 美国加利福尼亚；D. 美国北达科他；E. 欧洲；G. 德国；H. 匈牙利；Hb. 中国河北张家口；I. 伊朗；In. 印度；Jn. 中国晋南；Jl. 中国吉林；K. 肯尼亚；Ln. 中国辽宁；N. 美国内华达；Nm. 中国内蒙古；Qh. 中国青海；Re. 前苏联欧洲；Ri. 前苏联西伯利亚；Sp. 西班牙；Sa. 南非；S. 加拿大萨斯喀切温；Sd. 中国山东；T. 土耳其；Tj. 中国天津；V. 澳大利亚维多利亚；Wa. 美国华盛顿；Xz. 中国西藏；W. 西澳大利亚；Xj. 中国新疆；Y. 前南斯拉夫

Pennak(1989)认为轮虫可能是淡水水域中最具特色的生物类群，轮虫也是盐湖特别是盐度低于 30 的盐湖中生物群落的重要组成。Myers(1934)指出，现存的 1800 种轮虫中大约 10%的种类是广盐种(euryhaline)或喜盐种(halophilic)。Pennak(1989)报道轮虫总种数中不足 5%的种类限制在半咸水和海水水域中。轮虫能形成休眠卵度过不良环境，因此在周期性干涸的水体中广泛分布，另外，盐水轮虫也是淡水起源的。盐湖中分布最广的轮虫无疑是褶皱臂尾轮虫，分布的盐幅为

3~250(前苏联艾尔顿湖)。Bayly(1972)给出该轮虫分布的盐幅为 15~58, 加利福尼亚莫诺湖(Lake Mono)盐度 90, 也有该轮虫分布。除南极外, 所有大陆盐水中均以其为代表种。它可以分布在中国西藏海拔超过 4000m 的盐湖(Gong, 1981), 也可分布于西伯利亚、伊朗和土耳其等大小不等的盐湖中。褶皱臂尾轮虫也是非洲肯尼亚和乍得盐湖中的重要种类, 1967 年 8 月在乍得盐碱湖——龙堡湖(Lac Rombou)中测得其最大密度为 65 000 个/L(Hammer, 1986)。Hammer(1981)报道, 1969 年 9 月在澳大利亚的红石湖(Red Rock Tarn)测得该轮虫密度为 34 000 个/L。其他大陆中该轮虫丰度减少 2 个数量级。2012 年 9 月测得中国内陆盐湖桑根达莱淖尔褶皱臂尾轮虫最高密度为 40 000 个/L(赵文等, 2010)。

据 Hammer(1986)的资料, 褶皱臂尾轮虫是北美西部盐湖中常见的浮游生物, 它是肯尼亚、乍得、维多利亚、奥地利、匈牙利和中国高碱度水体中最成功的栖息者, 在澳大利亚和前苏联的氯化物型水域, 以及在加拿大萨斯喀切温和美国北达科他的硫酸盐水体中也是重要种类。因此, 褶皱臂尾轮虫不仅能耐受宽幅的盐度, 而且能耐受各种主要阴离子的变化。

具有广泛盐度耐性的另外两种轮虫是环顶巨腕轮虫(*Hexathra fennica*)和詹金巨腕轮虫(*Hexathra jenkiniae*)。环顶巨腕轮虫出现于从西藏高原到伊朗、土耳其的亚洲盐水水体中。在欧洲、澳大利亚、加拿大、美国、非洲(但不包括南美的碱水), 环顶巨腕轮虫被詹金巨腕轮虫所取代。例如, 在澳大利亚的红石湖系、肯尼亚、乍得、苏丹和美国的莫诺湖、金字塔湖(Lake Pyramid)与温尼马卡湖(Lake Winnemucca)发现詹金巨腕轮虫的密度很大(Hammer, 1986)。这两种轮虫耐受的盐幅, 环顶巨腕轮虫为 3~80; 而詹金巨腕轮虫则为 3~90。詹金巨腕轮虫种群密度在两个大陆的最高纪录, 一是乍得 Mare de Latir, 1964 年 10 月为 70 000ind./L(Iltis & Duwait, 1971); 二是澳大利亚红石湖, 1969 年 12 月为 17 000ind./L(Hammer, 1981)。

至于天然水体轮虫密度能达到多大, Iltis 和 Duwait(1971)报道脊胸臂尾轮虫(*Brachionus dimidiatus*)的种群密度具有几个数量级的波动, 其最高种群密度发现于 1966 年 2 月电导率为 50mS 的 Mare de Latir 中, 密度为 620 000ind./L。1967 年 12 月电导率 25mS 的 Lac de Liwa 的轮虫密度达到 365 000ind./L, 而 1967 年 11 月电导率 40mS 的 Lac de Bodou 的轮虫密度达 236 000ind./L。这种轮虫虽然在南美有报道(Nogrady, 1983), 但 Hammer(1986)认为该轮虫分布仅限于非洲湖泊中。

龚循矩(1981)研究了西藏高原湖泊的轮虫, 鉴定出轮虫 208 种, 其中 92 种轮虫是中国新纪录。典型的种类如褶皱臂尾轮虫和环顶巨腕轮虫均有出现。在藏北盐湖中仅有 22 种轮虫出现, 常见种类如方尖削叶轮虫(*Notholca acuminatav* var.