研究简报

DOI号: 10.3724/SP.J.0000.2008.60952

克氏原螯虾洞穴的生态特征及其对水利工程安全影响的初步研究

董方勇 谢文星 谢 山 梁友光 黄道明 陈文祥 胡传林
(水利部中国科学院水工程生态研究所, 武汉 430079)

THE PRELIMINARY STUDIES ON ECOLOGICAL CHARACTERS OF THE CAVE OF *PROCAMBARUS CLARKIA* (GIRARD) AND ITS IMPACTS ON THE SECURITY OF HYDRO-CONSTRUCTIONS

DONG Fang-Yong, XIE Wen-Xing, XIE Shan, LIANG You-Guang, HUANG Dao-Ming, CHEN Wen-Xiang and HU Chuan-Lin
(*Institute of Hydroecology, Ministry of Water Resources & Chinese Academy of Sciences, Wuhan* 430079)

关键词: 克氏原螯虾; 洞穴; 生境选择; 水利工程
Key words *Procambarus clarkia* (Girard); Caves; Habitat selection; Hydro-construction
中图分类号: Q958.11 文献标识码: A 文章编号: 1000-3207(2008)06-0952-03

在分类学上, 克氏原螯虾 (*Procambarus clarkia* (Girard)) 隶属于节肢动物门, 甲壳纲, 十足目, 爬行亚目, 螯虾科, 原螯虾属[1]。克氏原螯虾为外来物种, 原产于北美洲, 主要分布在美国南部和墨西哥北部, 1930年引入日本, 约在 20世纪 40年代由日本引入我国南京[2], 由于食性广、繁殖快、生长迅速、适应性强, 现在已成为分布于长江中下游地区一些水域虾类资源的优势种群。

克氏原螯虾具有掘洞的习性, 洞穴在其生活史中是重要的环境要素, 因此人们一直担心其对江河大堤和水库大坝会造成危害[3]。国外对克氏原螯虾的穴居行为以及对农田的危害作过一些研究[4—6], 但国内类似的研究以及有关克氏原螯虾对水利工程影响的研究尚属空白。作者就克氏原螯虾掘洞生态习性及其对堤坝工程安全影响开展了初步研究, 以期为有关部门采取有效措施来降低其不利影响和根除隐患, 确保水利工程的安全提供一些科学的决策依据。

1 材料与方法

1.1 研究区域 研究区域为长江中下游地区的湖南、湖北、江西、安徽、江苏和上海五省一市, 该区域克氏原螯虾种群分布较多, 洪水发生频率较高。研究水体为江河、湖泊、水库、塘堰和沟渠, 重点研究长江干流荆江段、鄱阳湖、洞庭湖、三湖连江水库、武汉市的塘堰和沟渠。

1.2 野外调查 在野外研究水体发现并确认克氏原螯虾的洞穴后, 即观察、测量和记录其分布位置、洞口直径和形态、土质类型、流速和水生高等植物状况。完成上述工作后, 随机选择部分洞穴进行解剖, 观察、测量和记录洞穴结构特征, 包括洞道形态、直径、深度以及走向等。

1.3 实验室观察 在实验室, 采用规格 100 cm × 60 cm × 55 cm 的水族箱, 放养 20只克氏原螯虾, 观察其生物学习性。

2 结果与分析

2.1 克氏原螯虾洞穴的生态特征

2.1.1 洞穴的位置分布

在研究区域内, 共调查克氏原螯虾的洞穴 658个, 其中洞口位于水位线以上的 118个, 占洞穴总数的 17.9%; 位于水位线的 496个, 占 75.4%; 位于水位线以下的 44个, 占 6.7%。水位稳定的水域如池塘, 洞口大部分位于水平面处。洞口高出或低于水平面可能是因为水位变动的结果, 但洞口多在水面上下 20 cm处。在浅水区的底部和在离水体不远的潮湿平地上也发现有少数洞穴的存在。

2.1.2 洞穴的形态结构

在调查的 658个洞穴中, 共解剖洞穴 93个。洞穴的形态结构绝大多数比较简单, 1个洞口 1个洞道的洞穴 86个, 占总数的 92.5%, 其他形态结构比较复杂的如 1个洞口 2—3个洞道、2个洞口 1—3个洞道的洞穴 7个, 仅占总数的 7.5%。洞道延伸的方向沿堤坡内侧水平向下的洞穴占

收稿日期: 2007-08-31; 修订日期: 2008-02-29
基金项目: 水利部科技创新项目 (scx2003-09)资助
通讯作者: 董方勇 (1963—), 男, 湖北监利县人; 研究员; 主要从事鱼类生态与保护生物学研究。E-mail: dfy1008@ihe.ac.cn

94.6%, 水平向上的只占 4.3%, 在浅水区的底部和潮湿的平地上, 极少数洞道则垂直向下延伸。洞道末端多为扩大的小室, 小室底部是水。直径为 3—10cm、深度为 15—60cm 的洞穴约占 93.5%, 直径为 10—20cm、深度为 25—84cm 的洞穴约占 6.5%。调查期间, 只发现 2 个洞穴的深度超过 100cm, 最长的一处洞穴达 160cm。洞口和洞道横断面大多呈圆型和椭圆型, 少数横断面不规则, 但近圆型。

2.1.3 洞穴数量与土质的关系

调查发现克氏原螯虾洞穴的密度与土壤质地关系较密切。为了研究方便, 本文将研究区域的土壤质地大体分为砂土、壤土和黏土 3类[7]。壤土洞穴平均密度最大, 为 8个 /m^2; 砂土平均密度次之, 为 5个 /m^2; 黏土和淤泥平均密度最小, 均为 3个 /m^2。壤土洞穴最深, 黏土洞穴次之, 砂土和淤泥洞穴最浅, 这与 Linda Grow 的研究结果非常相似[8]。克氏原螯虾的螯足不大发达, 多在较疏松的土质上掘洞。壤土既比较疏松又具有一定的强度, 因此掘洞较多, 这反映了壤土是克氏原螯虾掘洞偏好的土壤类型。砂土相对壤土来说比较疏松, 但砂粒含量高, 洞穴容易崩塌。黏土较硬, 掘洞消耗的能量大; 淤泥容易将洞穴封堵, 因此掘洞较少。

2.1.4 洞穴数量与流速的关系

调查表明, 克氏原螯虾洞穴的密度与流速相关。流速小于 0.01m /s, 洞穴平均密度为 7个 /m^2; 流速 0.01—0.10m /s, 洞穴平均密度为 4个 /m^2; 流速 0.10—0.30m /s, 洞穴平均密度为 1个 /m^2; 流速大于 0.30m /s, 没有发现洞穴。克氏原螯虾的腹肢不发达, 因此游泳能力不强, 大多靠比较发达的步足爬行生活在静水的塘堰、湖泊和缓流的河沟等水体中, 流速较大的长江、汉江等干流极少发现克氏原螯虾的洞穴。

2.1.5 洞穴数量与高等植物的关系

在武汉市沟渠的调查表明, 克氏原螯虾洞穴密度与水生高等植物生物量呈一定的相关。高等植物平均生物量 0.6kg/m^2, 洞穴平均密度为 1个 /m^2; 平均生物量 1.6kg/m^2, 洞穴平均密度为 2个 /m^2; 平均生物量 2.9kg/m^2, 洞穴平均密度为 4个 /m^2; 平均生物量 4.1kg/m^2, 洞穴平均密度为 7个 /m^2; 生物量 4.7kg /m^2, 洞穴平均密度为 10个 /m^2。将洞穴平均密度 (y)与高等植物平均生物量 (x)进行相关分析, 得到回归方程 $y = 0.4784x^2 - 0.4474x + 1.2383$ (图 1)。分析结果表明, 克氏原螯虾洞穴的密度与水生高等植物生物量之间呈显著正相关 ($R^2 = 0.9932$)。克氏原螯虾喜阴怕阳, 水生高等植物既是其主要的食物来源, 也为其提供栖息场所。在自然状态下, 水生高等植物贫乏的水体, 克氏原螯虾分布极少。

2.1.6 洞穴分布的时空格局

调查发现, 克氏原螯虾在生长期间多选择靠近有繁茂水生植物的土质堤岸掘洞, 白天栖息其间, 夜晚外出活动和觅食。在繁殖季节, 一般潜伏在洞内或洞口, 很少离开活动, 洞穴是雌性克氏原螯虾产卵和抱卵的庇护所。在冬季, 克氏原螯虾全部穴居洞内, 以度过 3—5个月的低温季节。此外, 如遇水域干涸时, 克氏原螯虾即将原有洞穴加深, 或者在低洼处新掘洞穴, 并用泥土将洞口覆盖, 以防洞内水分蒸发, 而隐藏于内度过干涸期。洞穴是克氏原螯虾栖息、繁殖、越冬和躲避天敌的重要生境[9,10]。其掘洞习性是对自然环境的一种适应性行为, 是长期进化的结果, 以满足其生理生态方面的需求, 完成生活史各阶段。

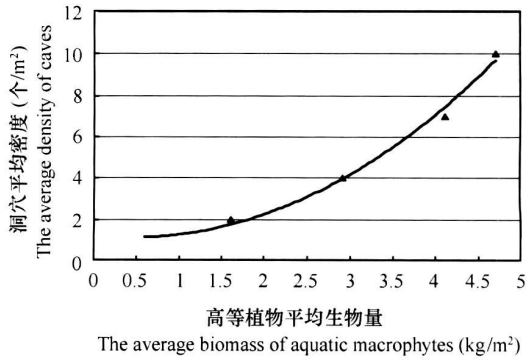


图 1　洞穴平均密度与高等植物平均生物量相关关系

Fig.1　Correlation analysis of the average density of caves and biomass of aquatic macrophytes

2.2　克氏原螯虾对水利工程的影响

2.2.1 对水库大坝的影响

从上述克氏原螯虾掘洞的生态学特性来看, 克氏原螯虾喜在有水生高等植物生长的浅水壤土边坡中掘洞。因此, 克氏原螯虾对混凝土和土石坝坝型的水库大坝不会产生影响; 对一些以土坝为坝体, 但坝前水体较深, 没有或极少生长水生高等植物的水库大坝, 也不会产生影响。实地调查此类水库, 在大坝上没有发现克氏原螯虾的洞穴。对一些平原型的浅水土质的水库大坝可能产生一定的影响, 但我国目前这类水库数量少, 且多为小型水库, 即使产生一定的影响, 也不会带来严重后果。在此类水库也极少发现克氏原螯虾的洞穴。

2.2.2 对江河大堤的影响

根据对研究区域的调查, 目前还没有发现克氏原螯虾掘洞对大江大河的大堤造成危害的事例。但对湖北省的调查得知, 1998年长江特大洪水期间, 长江干堤的荆江大堤章化段、鄂州市燕矶段以及武汉市的武惠段、黄金口段和上横段, 在少数管涌处, 发现有克氏原螯虾的存在[11,12]。但管涌洞穴是否为其所掘尚不能确定。初步分析认为, 上述江段的大堤外多有水沟、水坑和池塘, 而且水生植物茂盛, 这些地方正是克氏原螯虾生长和繁殖的适宜场所, 加之大堤久被洪水和雨水浸泡, 堤身变软, 散浸大量出现, 克氏原螯虾较易在此掘洞。在长江大堤的迎水坡, 克氏原螯虾掘洞较少, 因为江水流速较大, 克氏原螯虾游泳能力较弱, 不易在此生存。一般说来, 大江大河的大堤堤基宽度少则 10多米, 多则 20—40m, 克氏原螯虾掘洞的深度还不足以对大堤构成威胁。如果对上述适宜克氏原螯虾掘洞江段的大堤采取相应的防范措施, 是完全可以对其危害加以控制的。

3　对克氏原螯虾掘洞危害的控制措施

综上所述, 克氏原螯虾掘洞对有些水库大坝和江河大堤

存在一定的影响,但这种影响并没有人们所想象和担心的那样严重,至少到目前为止尚没有发生因克氏原螯虾掘洞而引起的决堤溃坝事故,在美国、墨西哥、日本和欧洲也没有见到相关报道。但是,这并不意味着可以忽视目前出现的问题和轻视未来潜在的危害。因此,仍然有必要采取有效的控制措施,消除隐患,确保堤坝安全。

3.1 工程措施

对水库的土质大坝和江河大堤的险工险段进行加固,对堤坝内坡用混凝土、块石护坡,在堤坝内外进行填塘固基,加筑坝基堤脚平台,这是控制克氏原螯虾掘洞危害首要的工程措施。事实上,自从1998年长江特大洪水以后,国家和当地政府已经投入了大量经费,连续多年对水库大坝和江河大堤的险工险段进行了全面的加固建设,极大地降低了克氏原螯虾掘洞对水利工程危害的可能性。

3.2 生态措施

根据克氏原螯虾的栖息、摄食、繁殖和掘洞等生物学和生态学特性,采取相应的生态措施,可以取得较好的效果。一是清除其栖息、摄食场所,如填平堤坝附近特别是与堤坝直接相连的池塘、水沟和水坑。二是消灭大坝和大堤附近水域的水生高等植物。三是加大此类水域的捕捞力度,控制其种群数量的增长。由于克氏原螯虾的经济价值,随着人们的大量捕捞,实际上克氏原螯虾天然资源量近几年呈逐年下降的趋势。

4 对目前发展克氏原螯虾养殖的一点看法

从水利工程建设的角度讲,发展克氏原螯虾养殖具有潜在的危害。但从调整农业产业结构、发展地方经济的角度讲,发展克氏原螯虾养殖却是有益的[13,14]。克氏原螯虾以其营养丰富、味美价廉等特点越来越受到欢迎。同时,克氏原螯虾的虾壳也成为提取甲壳素、几丁质等的重要工业原料。目前,其天然资源量已呈供不应求的态势,因此,长江中下游地区已开始人工养殖。有人提议为了水利工程的安全[15],应该消灭克氏原螯虾,但鉴于克氏原螯虾较强的生存能力以及经济利益的驱动,实际上是不可行的。目前的关键是将适当的养殖规模、模式与工程、生态措施有机地结合起来,力争做到兴利除害,二者兼顾,两全其美,如在土坝水库和大堤附近的水域不养或采取防逃养殖的方式等。

参考文献:

[1] Wei Q S. The discussion about the species name of shrimp [J]. *Chinese Journal of Zoology*, 1989, **24**(6): 50—51 [魏青山. 关于河(螯)虾类名称的商榷. 动物学杂志, 1989, **24**(6): 50—51]

[2] Wei Q S. The biology study of *Procambarus clarkia* in Wuhan area [J]. *Central China Agriaultural Science*, 1985, **4**(1): 16—24 [魏青山. 武汉地区克氏原螯虾的生物学研究. 华中农学院学报, 1985, **4**(1): 16—24]

[3] Tang X S. Procambarus clarkia [J]. *Bulletin of Biology*, 2001, **35**(9): 19—20 [唐鑫生. 克氏原螯虾. 生物学通报, 2001, **35**(9): 19—20]

[4] S Barbaresi, E Tricarico, F Gherardi. Factors inducing the intense burrowing activity of the red-swamp crayfish, *Procambarus clarkii*, an invasive species [J]. *Naturwissenschaften*, 2004, **91**: 342—345

[5] Correia A M, Ferreira O. Burrowing behavior of the introduced red-swamp crayfish *Procambarus clarkii* (Decapoda: Cambaridae) in Portugal [J]. *J Crustacean Biol*, 1995, **15**(2): 248—257

[6] Gherardi F, Raddi A, Barbaresi S, *et al*. Life history patterns of the red-swamp crayfish (*Procambarus clarkia*) in an irrigation ditch in Tuscany, Italy [J]. *Crustac Issues*, 2000, **12**: 99—108

[7] Yan J H, Zhan C C. Environmental Soil Science [M]. Wuhan: Central China Normal University Press, 1986, 49—50 [严健汉, 詹重慈. 环境土壤学. 武汉: 华中师范大学出版社, 1986, 49—50]

[8] Linda G. Burrowing/soil-texture relationships in the crayfish, *Cambarus diognensis girard* (Decapoda, Astacidsa) [J]. *Crustaceana*, 1982, **42**(2): 150—157

[9] Tang J Q, Song S L, Pan J L, *et al*. The preference to artificial caves by *Procambarus clarkia* [J]. *Fisheries Science*, 2004, **23**(5): 26—28 [唐建清, 宋胜磊, 潘建林, 等. 克氏原螯虾对几种人工洞穴的选择性. 水产科学, 2004, **23**(5): 26—28]

[10] Zheng S S. The observation of living behaviors of *Procambarus clarkia* [J]. *Journal of Aquiculture*, 1999, (4): 9—10 [郑生顺. 克氏螯虾生活习性观察. 水产养殖, 1999, (4): 9—10]

[11] Zhang S W. Experts called on to prevent the lobster cause damage to the artificial embankment [N]. China Youth Daily, 1998, 8 21 [张双武. 龙虾危及石首堤防专家呼吁尽早防治. 中国青年报, 1998, 8 21]

[12] Wang D H, Ding Y F. The lobster caused damage to the artificial embankment [N]. Chutian Metropolis Daily, 1998, 8 31 [王德华, 定一飞. 龙虾作怪大堤出险. 楚天都市报, 1998, 8 31]

[13] Zhang X Z, Zhang H. The development and aquiculture of *Procambarus clarkia* [J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2001, (1): 37—38 [张湘昭, 张弘. 克氏螯虾的开发前景与养殖技术. 中国水产, 2001, (1): 37—38]

[14] Ni C, Chang T. Analysis of the utilization and aquiculture of *Procambarus clarkia* [J]. *Inland Fisheries*, 2000, (3): 35—36 [倪成, 常泰. 克氏螯虾的资源利用及养殖浅析. 内陆水产, 2000, (3): 35—36]

[15] Chen C X. Overspread control of *Procambarus clarkia* [J]. *Fishery Wealth*, 2003, (14): 4 [陈楚星. 严控克氏螯虾(小龙虾)蔓延. 渔业致富指南, 2003, (14): 4]