

DOI:10.3969/j.issn.1007-9580.2018.01.012

金属线码标记技术在渔业生物增殖放流中的应用

徐开达¹, 徐汉祥², 王 洋¹, 卢占晖¹, 张洪亮¹, 王伟定¹, 周永东¹, 王好学¹

(1 浙江省海洋水产研究所, 农业部重点渔场渔业资源科学观测实验站,
浙江省海洋渔业资源可持续利用技术研究重点实验室, 浙江 舟山 316021;
2 浙江海洋大学海洋与渔业研究所, 浙江 舟山 316022)

摘要:近年来, 由于海洋渔业资源的过度利用及环境污染等问题不断出现, 致使中国近海海洋生物资源不断衰退, 开展增殖放流成为修复渔业资源较有效的方式之一, 其中放流种类的生物标志技术是评价放流效果的重要手段。金属线码标记(CWT)作为渔业生物体内标志的一种重要方法, 已在放流种类种群密度、存活率、资源补充量估算及洄游分布等研究中广泛应用。本文系统整理了国内外开展CWT研究的相关资料, 介绍其原理和发展历史, 简述在渔业生物增殖放流中的应用, 并分析其优势和缺点。综合看来, CWT具有标记速度快、对鱼体损伤小、标记保持率高、批量标记价格低廉等优点, 同时也有回捕率较低的缺点。随着渔业生物标志技术的不断发展, CWT在渔业资源增殖放流领域的应用将更广泛, 并成为标志放流研究的发展方向之一。

关键词:金属线码标记; 标志放流; 存活率; 跟踪; 效果

中图分类号:S937

文献标志码:A

文章编号:1007-9580(2018)01-075-06

近年来, 由于渔业资源过度利用及环境污染等问题不断出现, 致使中国近海海洋生物资源不断衰退, 开展人工增殖放流成为修复渔业资源较有效的方式之一, 其中放流种类标志技术是评价放流效果的重要手段^[1-2]。自20世纪80年代增殖放流工作开展以来, 有学者采用标志放流方法估算封闭水域中放流生物生长死亡参数来评价增殖放流效果, 鱼类标志技术也随之逐渐发展起来^[3]。目前应用较多的标志技术有体外标志法(挂牌标记法、切鳍法、烙印法等)和体内标志法(荧光标记法、分子标记法、线码标记法、档案式标记法等)^[4-5], 不同的标志方法有各自优缺点及适用标记种类^[6]。国内外关于水生生物标志放流技术的研究报道较多, 如金头鲷(*Sparus aurata*)^[7]、鲑鱼(*Salmo salar*)^[8-9]、牙鲆(*paralichthys olivaceus*)^[10-11]、鳊鱼(*Miiichthys miiuy*)^[12]、黑鲷(*Sparus macrocephalus*)^[13]、石斑鱼(*Epinephelus awoara*)^[14-15]、大黄鱼(*Larimichthys crocea*)^[16-18]、日本黄姑鱼(*Nibea japonica*)^[19]、半滑舌鳎(*Cynoglossus semilaevis*

Günther)^[20]、曼氏无针乌贼(*Sepiella japonica*)^[21-22]、金乌贼(*Sepia esculenta*)^[23]、中华鲟(*Acipenser sinensis*)^[24]、西伯利亚鲟(*Acipenser baer* II)^[25]等多种渔业生物的标志方法应用和探讨, 均取得了一定的研究进展, 这些为水生生物的大规模增殖放流奠定了良好的基础。

金属线码标志法(Coded Wire Tag, CWT)作为一种体内标志的重要方法, 国外于20世纪90年代开始规模化应用^[4-5], 2000年后国内也有相关报道^[26-30]。本文整理了国内外开展金属线码标记研究的相关资料, 综述标志原理、发展历史、特点及应用效果, 并展望未来发展方向, 以期今后开展规模化标志及效果评价提供参考依据。

1 金属线码标记技术的工作原理及发展

CWT是一种宏观生物的标志方法, 用以区分生物亚群, 发明于20世纪60年代, 又称数字式线码标记系统(decimal coded wire tag), 由美国西北海洋技术公司设计制造, 当时为评价孵化场效果而

收稿日期:2017-11-29

基金项目:公益性行业(农业)科研专项(20130347);国家自然科学基金(31702346);浙江省自然科学基金(LY17C190006);农业部948项目(2014-Z47);浙江省科技计划项目(2015F50005、2016F30018、2017C32031)

作者简介:徐开达(1981—),男,高级工程师,研究方向:渔业资源与增殖放流。E-mail:xkd1981@163.com

通信作者:王伟定(1960—),男,教授级高工,研究方向:海水增养殖与海洋生态。E-mail:wdwang@sohu.com

实施标记幼体大麻哈鱼而产生^[8]。金属线码个体为长 1.1 mm、直径 0.25 mm 的磁性不锈钢丝^[7]。线码段上刻有一系列激光蚀刻的多位数字码(图 1),用于识别该线码所属线圈(每个线圈含 1 万个线码段)、所属批次或所对应的标记个体。



图 1 金属编码示意图

Fig. 1 Sketch map of code wire

最早的金属线码是用不同颜色的线圈作为标志,回捕后线圈颜色易脱落,难以辨认。而后改进为二进制编码,不仅增加了编码的稳定性,而且扩大了编码的利用范围。随后,十进制编码代替了二进制编码,使得编码更加清晰地刻在金属线上,更易快速读取。CWT 数字编码的唯一性是确保增殖放流效果评价的前提条件。

CWT 主要工作原理是将刻有多位数字码的金属线码注入到特定亚群的生物体内,可长时间保留,当生物被捕捉后,可通过检测多位码对生物的亚群进行鉴别。图 2 为金属线码标志工作原理,整个系统由注射系统和探测系统组成。主要部件为线码标志器和质量控制仪。前者主要用来对动物体实施金属线码注入,后者有矩形管道式线码检测器和手持式线码检测器(即便便携式探测器)两种,用于扫描被检物体是否含标志线码^[31]。1988 年,第一届鱼类标志技术教育工作组及国际研讨会召开后出版的鱼类标志指导书将这项技术普及开来^[32]。之后,微电子技术的迅速发展提升了对标志鱼类的远程跟踪和监测能力,使得 CWT 技术可以有更大的应用空间。

鉴于 CWT 可提供大尺度辨别种群的能力,且操作便利、数据存储能力强,其逐渐成为增殖放流及渔业管理研究的关键技术,并且应用该技术的标记鱼数量有超过其它标志方式的趋势^[6]。

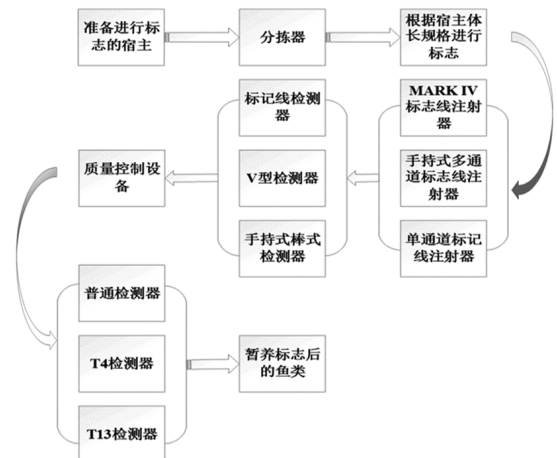


图 2 金属线码标记方法工作原理

Fig. 2 The schematic diagram of Coded Wire Tag technology

最近 20 年,电子标志的优势日益显著,可以通过遥感收集标记动物的信息^[33],1994 年由美、加两国在太平洋鲑鱼上开始应用并被广泛推广^[8-9]。随着编码技术升级,特别是十进制代替原有二进制算法,可以将使用在全世界不同水域的金属线码用不同编码进行区分,目前该标志技术逐渐在全世界普及。鉴于 CWT 有便捷优势,美、加两国实施了一系列行之有效的标志计划来推进关键种群评估计划^[34]。从 2002 年开始,CWT 技术开始引入中国,最早开始应用于大黄鱼、拉萨裂腹鱼(*Schizothorax waltoni*)、中华鲟(*Acipenser sinensis*)^[24-26],研究认为 CWT 对大黄鱼的抗氧化和非特异性免疫系统产生的影响、对拉萨裂腹鱼幼鱼的生长没有显著影响,人工放流中华鲟的生长和洄游分布与自然种群没有显著差异,并取得了预期效果。

随着追踪技术的持续改进,2009 年 CWT 标记系统已更新至第三代,标记能力更加强大,应用范围也相应扩大^[31]。目前,自动金属线码仪主机重约 6 kg,检测仪质量约 1.5 kg,便于携带,可在养殖场、渔船、海边等不同环境下即时标志。CWT 特有的设计已在增殖渔业研究和渔业管理领域产生了积极的影响。

2 CWT 在渔业资源增殖放流研究中的应用

2.1 金属线码标志方法的研究

标志方法研究中,标识的保持率、对标记对象生长和存活的影响及操作便利性均是标志技术成功的关键。对欧洲鳗(*Anguilla anguilla*)^[35]、红笛

鲷 (*Lutjanus campechanus*)^[36]、长鳍鳗 (*Anguilla dieffenbachii*)^[37]、斑鱼幼鱼 (*Cynoscion nebulosus*)^[38]、大口黑鲈 (*Micropterus salmoides*)^[39]、大西洋绒须石首鱼 (*Micropogonias undulatus*)、金体美鲷 (*Noemigonus crysoleucas*) 和蓝鳃太阳鱼 (*Lepomis macrochirus*)^[40] 等研究结果显示,相较其它标志方法,金属线码尺寸小,标记组的生长和存活与未标记组相比基本无差异。其中对长鳍鳗的研究表明,采用 CWT 的速度达 400 尾/h^[37],标志速度较快。Okamoto 和 Davis 等^[6,41-42] 分别用 CWT 技术对三疣梭子蟹 (*Portunus trituberculatus*) 和蓝蟹 (*Callinectes sapidus*) 进行标志试验,标记后的小型蟹类经过 1~2 次脱壳后,其标记保留率均超过 80%,而且标记对这两种幼蟹的生长并没有产生影响^[43-44],因此认为 CWT 对小个体水生动物尤为适合^[42,45]。

CWT 技术灵敏度高,标记大个体时,为了提高检测灵敏度,选择适当标记位置可以提高标志保持率。对于鲑鳟鱼类标记,通常将 CWT 植入头部效果较好^[9]。Brennan 等^[45] 将 CWT 植入锯盖鱼 (*Centropomus undecimalis*) 下颌肌肉内,1 年后 CWT 保持率 >97%。杨晓鸽等^[29] 研究达乌尔鳊 (*Huso dauricus*) 不同部位的 CWT 效果,发现背部前、中、后的标志保持率均在 90% 以上,且无显著差异。对红鲷笛鲷幼鱼在鼻软骨、左颊上肌肉、颈部、背部肌肉和尾柄 5 个不同标记部位的 CWT 试验结果显示,6 周后背部肌肉的保持率相对较低,其它部位均没有标记损失,建议选择保留时间长、易标记的颈背肌肉实施^[36]。针对不同体型鱼类,选择适宜标记部位有助于提高标志效果。

2.2 放流种群跟踪及评估

由于标志与鱼类实际种群相吻合才能确保评估结果的正确性^[46],标志保存的持久性、鱼类回收方法、取样规模以及编码能力均会影响最终结果^[21],因此 CWT 技术成功的关键在于保证金属线存储特定实验信息的能力以及减少标志强加到鱼类体内后对鱼类生理和行为方面的影响。成功的放流效果评价方案是考虑鱼类生活史及其生物学特征,运用一系列鱼类鉴定识别方法来解决区别放流种群与自然种群的问题。CWT 是较好的应用手段之一,目前已在中华鲟、白鲟

(*Atractoscion nobilis*)、澳洲肺鱼 (*Latescal Carifer*) 及鲮鱼 (*Mugil cephalus*) 的效果评估中得到了准确验证^[50-53],利用该技术能在自然海域识别放流种群,进而掌握研究对象的生长、洄游路线及分布特点。

Able 等^[47] 利用 CWT 野外标记全长 <40 mm 的底鲮 (*Fundulus heteroclitus*) 和斑鳍底鲮 (*Fundulus luciae*), 166 d 内回捕率分别达到 56.0% 和 74.4%; William^[9] 通过试验发现阿拉斯加鲑鱼 (*Oncorhynchus*) 的 CWT 的保持率在 98% 以上,并由此估算阿拉斯加 5 个不同放流海域的捕捞产量贡献率分别达到 2%、9%、19%、20% 和 78%; Childerhose 等^[48] 应用 CWT 技术获得的某种渔业鱼群及海洋分布信息较之前 12 年的信息还要多。与体外标相比, CWT 几乎不影响鱼类的捕食、游泳和生境选择^[43]。基于该特点, Drawbridge 等^[49] 用 CWT 评估了南加利福尼亚的金眼狼鲈 (*Morone chrysops*) 种群的增长情况,并用渔获量进行验证,认为评估结果基本准确。

3 CWT 技术的优缺点

3.1 优点

相对于其它标志方法, CWT 具有标速度快、对鱼体损伤小、标志保持率高、规模化标记价格低廉等优点。具体表现为以下几方面: (1) 标记体积小,被标记鱼类身体的伤口小,愈合快,很少造成其身体组织的损伤,通过多种鱼类试验均显示 CWT 标记组与对照的生长情况无显著差异^[25,29,30,35,37],且标记保持率均较高; (2) 对拉萨裂腹鱼和中华鲟幼鱼采用 CWT 进行跟踪,显示放流群体和自然群体洄游分布和栖息环境相同^[27-28],认为 CWT 几乎不影响鱼类的捕食、游泳等行为能力,也不影响鱼类对生境选择; (3) 因线码较小且由无毒金属制成,即使与鱼体一起被食用,也不会对人体造成伤害; (4) 金属标记是通过自动或手握标志枪将标志体注入鱼体内,尤其是通过自动方式标记,速度明显快于其它标志方法^[34],如对欧洲鳗鲡和长鳍鳗的标记速度是挂牌标记的 5 倍以上; (5) 最新一代的自动金属线码仪操作简单,个体轻便,可在养殖场、渔船、海边等不同环境下即时标记;此外还具有规模化标记价格相对低廉的优点,如批次标记数量超过 2 万尾

以上,费用约 0.3 元/尾。

3.2 缺点

CWT 技术也存在着一些不足之处,主要体现在以下两个方面:(1)金属线码标记在鱼类体外较小,不易被发现,无法从鱼类活体中直接读取储存信息,需要捕获鱼类通过解剖读取标志信息,致使回捕率降低;(2)标记存留率受标志部位影响较大,在实施 CWT 前需自行选择标记位置,在对某种鱼的吻部标记时,如果标记部位较深,会降低生长速度、影响存活率,甚至存在潜在损伤鱼类嗅觉组织的危险^[54-55],需要寻找合理的标记部位,且力度要适度,应避开对标记金属线包裹力度相对稀松的软骨区域,通常选择鱼体肌肉部位^[28]。

由于上岸后的捕捞渔获物可就近销售,渔船亦可在海上直接销售,因此,回收标记鱼的难度较大。相对于体内标志方法,挂牌标记方法较为直观,其应用于大黄鱼、黑鲷、日本黄姑鱼等个体较大的鱼类,易于发现和回收^[13,16,19]。CWT 作为体内标志法之一,不能直接辨识,目前上岸渔获物未实行分类定点投售,加之回捕时需要借助金属线码检测仪扫描,致使 CWT 标记鱼被发现概率较小,造成回捕率偏低。在浙江海域的黑鲷和大黄鱼放流试验印证了这些问题^[4,13,16]。

4 展望

标志放流是评价渔业资源增殖放流效果、掌握放流鱼种的生长、死亡及其移动分布规律的重要途径^[19]。影响标志放流群体回捕率的因素是多方面的,探索这些影响因素也需要标志放流技术的不断进步。因此,推动标志放流技术的发展,是满足资源评估、动物生理与行为学研究,以及保护珍稀物种的迫切需要^[5,56-58]。

根据国际上现有标志技术的应用状况,除挂牌标记外,荧光色素标记法、金属线码标记法、分离式卫星标记法、生物遥测标记法等都具有良好的应用和发展前景。但荧光色素标记法操作相对繁琐,卫星标记法和生物遥测标记法价格昂贵,每枚卫星标志的费用高达数千美元以上,因此要有大量配套经费的投入方可行。CWT 具有标记速度快、对鱼体损伤小、标志保持率高、规模化标记价格低廉等优势,具有较广的应用前景。

在众多标志方法中仍以体外挂牌标记为主,

其它方法还处于试验阶段。中国的标志技术应用研究水平与发达国家相比还比较薄弱^[56]。目前,增殖放流效果评价仍缺乏精确的定量描述,今后仍需要加强投入和研究。随着中国标志关键技术的不断发展及渔业管理制度的不断完善(如渔获物集中交易,便于统计和监管),作为智能化标志的一种重要方法,CWT 技术因其独特的标志原理及其优势,在渔业资源增殖放流领域的应用必将更加广泛,将成为中国标志放流研究的主要发展方向之一。□

参考文献

- [1] 程家骅,姜亚洲. 海洋生物资源增殖放流回顾与展望[J]. 中国水产科学,2010,17(3):610-617.
- [2] DEVIN M, JOHANNA B. Restocking, stock enhancement and sea ranching: arenas of progress [J]. Reviews in Fisheries Science,2008,16(1/3):357-365.
- [3] BLANKENSHIP H. A responsible approach to marine stock enhancement[J]. American Fisheries Society, 1995, 15: 167-175.
- [4] 洪波,孙振中. 标志放流技术在渔业中的应用现状及发展前景[J]. 水产科技情报,2006,33(2):73-76.
- [5] 张堂林,李钟杰,舒少武. 鱼类标志技术的研究进展[J]. 中国水产科学,2003,10(3):246-253.
- [6] 陈锦海,戴小杰. 鱼类标志放流技术的研究现状[J]. 上海海洋大学学报,2015,14(4):451-456.
- [7] SANCHEZ-LAMADRID A. Effectiveness of four methods for tagging juveniles of farm-reared gilthead sea bream, *Sparus aurata* L [J]. Fisheries Management and Ecology, 2001, 8(3): 271-278.
- [8] CROZIER W, KENNEDY G J. Impact of tagging with coded wire tags on marine survival of wild Atlantic salmon (*Salmo salar*, L.) migrating from the R. Bush, Northern Ireland [J]. Fisheries Research, 2002, 59(1):209-215.
- [9] HEARD W. Overview of salmon stock enhancement in southeast Alaska and compatibility with maintenance of hatchery and wild stocks [J]. Environmental Biology of Fishes, 2012, 94(1): 273-283.
- [10] TANAKA M, SEIKAI T, YAMAMOTO E, et al. Effects of T-bar and DST tagging on survival and growth of European hake [J]. Methods and Technologies in Fish Biology and Fisheries, 2009(9):181-193.
- [11] 刘奇. 褐牙鲆标志技术与增殖放流试验研究[D]. 青岛:中国海洋大学,2009.
- [12] 孙忠,余方平,王跃斌. 鲢鱼增殖放流标志技术的初步研究[J]. 海洋渔业,2007,29(4):344-348.
- [13] 徐开达,周永东,王伟定,等. 舟山海域黑鲷标志放流试验[J]. 上海海洋大学学报,2008,17(1):93-97.
- [14] 薄治礼,周婉霞. 浙江省沈家门沿岸水域石斑鱼幼鱼标志放流与重捕试验[J]. 水产学报,1999,23(3):304-307.
- [15] 韩书煜,邹建伟,陈建峰,等. 人工增殖放流石斑鱼类的标识

- 技术研究[J]. 现代渔业信息, 2010, 25(3): 12-14.
- [16] 马晓林, 周永东, 徐开达, 等. 浙江沿岸大黄鱼标志放流及回捕率调查研究[J]. 浙江海洋学院学报(自然科学版), 2016, 35(1): 24-29.
- [17] 张辉, 姜亚洲, 袁兴伟, 等. 大黄鱼耳石镭标记技术[J]. 中国水产科学, 2015, 22(6): 1270-1277.
- [18] 刘家富, 翁忠钊, 唐晓刚, 等. 官井洋大黄鱼标志放流技术与放流标志鱼早期生态习性的初步研究[J]. 海洋科学, 1994(5): 54-57.
- [19] 梁君, 王伟定, 林桂装, 等. 浙江舟山人工生境水域日本黄姑鱼和黑鲷的增殖放流效果及评估[J]. 中国水产科学, 2010, 17(5): 1075-1084.
- [20] 柳学周, 徐永江, 陈学周, 等. 半滑舌鲷苗种体外挂牌标志技术研究[J]. 海洋科学进展, 2013, 31(2): 273-277.
- [21] 董智勇, 吴常文, 叶德锋. 曼氏无针乌贼荧光染色标志技术初步研究[J]. 浙江水产学院学报, 2010, 29(2): 120-127.
- [22] 梁君, 王伟定, 徐汉祥, 等. 曼氏无针乌贼荧光染色标志方法研究[J]. 水产学报, 2013, 37(6): 864-870.
- [23] 郝振林, 张秀梅, 张沛东, 等. 金乌贼荧光标志方法的研究[J]. 水产学报, 2008, 32(4): 577-583.
- [24] 陈锦辉, 庄平, 吴建辉, 等. 应用弹式卫星数据回收标志技术研究放流中华鲟幼鱼在海洋中的迁移与分布[J]. 中国水产科学, 2011, 18(2): 437-442.
- [25] 张涛, 庄平, 章龙珍, 等. 可视荧光硅橡胶标志用于西伯利亚鲟幼鱼标志的初步评价[J]. 水生生物学报, 2010, 34(3): 639-641.
- [26] 黄建华, 沈斌, 黄晓婷, 等. 金属线码标记操作对大黄鱼5种血清酶活力的影响[J]. 浙江海洋学院学报(自然科学版), 2016, 35(6): 484-488.
- [27] 朱挺兵, 颜文斌, 杨德国. 可见植入荧光标记和微金属线码标记标志拉萨裂腹鱼的研究[J]. 安徽农业科学, 2016, 44(13): 4-5.
- [28] 杨德国, 危起伟, 王凯, 等. 人工标志放流中华鲟幼鱼的降河洄游[J]. 水生生物学报, 2005, 29(1): 26-30.
- [29] 杨晓鸽, 危起伟, 杜浩, 等. 可见植入荧光标记和编码金属标对达乌尔鳊标志效果的初步研究[J]. 淡水渔业, 2013, 43(2): 43-47.
- [30] 张彬, 李钟杰. 微型金属标记标记鳊稚鱼[J]. 中国水产科学, 2007, 14(7): 53-58.
- [31] 周永东, 徐汉祥, 戴小杰, 等. 几种标志方法在渔业资源增殖放流中的应用效果[J]. 福建水产, 2008(1): 6-12.
- [32] PARKER N C, GIORGI A E, HEIDINGER R C, et al. Fish-marking techniques: Proceedings of the International Symposium and Educational Workshop on Fish - Marking Techniques [C]//Washington: The University of Washington Press, 1988: 1-15.
- [33] WEBER D, RIDGWAY G. The deposition of tetracycline drugs in bones and scales of fish and its possible use for marking[J]. The Progressive Fish-Culturist, 1962, 24(4): 150-155.
- [34] GERALDINE V, LEE B. Advances in Coded Wire Tag Technology: Meeting Changing Fish Management Objectives [Z]. Seattle, American Fisheries Society, 2012: 127-136.
- [35] THOMASSEN S, PEDERSEN M, HOLDENSGAARD G. Tagging the European eel *Anguilla anguilla* (L.) with coded wire tags[J]. Aquaculture, 2000, 185(1): 57-61.
- [36] BRENNAN N, LEBER K, BLACKBURN B. Use of coded-wire and visible implant elastomer tags for marine stock enhancement with juvenile red snapper *Lutjanus campechanus* [J]. Fisheries Research, 2007, 83(1): 90-97.
- [37] BEENTJES M, JELLYMAN D. Enhanced growth of longfin eels, *Anguilla dieffenbachii*, transplanted into Lake Hawea, a high country lake in South Island, New Zealand [J]. New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research, 2003, 37(1): 1-11.
- [38] WAGNER J, BLAYLOCK R, PETERSON M. Evaluation of internal tag performance in hatchery-reared juvenile spotted seatrout [J]. North American Journal of Fisheries Management, 2013, 33(4): 783-789.
- [39] MILLER M, ABLE K W. Movements and growth of tagged young-of-the-year (*Micropogonias undulatus*) in restored and reference marsh creeks in Delaware Bay, USA [J]. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 2002, 267: 15-33.
- [40] HEIDINGER R, COOK S. Use of coded wire tags for marking fingerling fishes [J]. North American Journal of Fisheries Management, 1988, 8(2): 268-272.
- [41] OKAMOTO K. Tag retention, growth and survival of swimming crab, *Portunus trituberculatus* marked with the coded wire tags [J]. The Japanese Society of Fisheries Science, 1999, 65(4): 703-708.
- [42] DAVIS J, YOUNG-WILLIAMS A, HINES A, et al. Comparing two types of internal tags in juvenile blue crabs [J]. Fisheries Research, 2004, 67(3): 265-274.
- [43] NIELSEN L. Methods of marking fish and shellfish [M]. New York: American Fishery Society Special Publication, 1992: 37-38.
- [44] TADANORI Y, SHIRO I, KATSUYUKI H, et al. Stocking effectiveness of hatchery-released kuruma prawns estimated by two-stage sampling of commercial catch in Ariake Sound, Japan [J]. Fisheries Science, 2006, 72(2): 233-238.
- [45] BRENNAN N, LEBER K, BLANKENSHIP H, et al. An evaluation of coded wire and elastomer tag performance in juvenile common snook under field and laboratory conditions [J]. North American Journal of Fisheries Management, 2005, 25(2): 437-445.
- [46] 梁君. 海洋渔业资源增殖放流效果的主要影响因素及对策研究[J]. 中国渔业经济, 2013, 31(5): 122-130.
- [47] ABLE K, HAGAN S, BROWN S. Habitat use, movement, and growth of young-of-the-year *Fundulus* spp in southern New Jersey salt marshes; comparisons based on tag/recapture [J]. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 2006, 335: 177-187.
- [48] CHILDHEROSE R, TRIM M. Pacific Salmon and Steelhead Trout [M]. Seattle, USA: University of Washington Press, 1979.
- [49] DRAWBRIDGE M, KENT D. The assessment of marine stock enhancement in Southern California: a case study involving the white sea bass [J]. American Fisheries Society Symposium, 1995, 15: 568-569.
- [50] FADAEI B, POURKAZEMI M, TAVAKOLI M, et al. Tagging and tracking juvenile sturgeons in shallow waters of the Caspian

- Sea(less than 10 m depth) using CWT(Coded Wire Tags) and barbel incision [J]. Journal of Applied Ichthyology, 2006, 22(1):160-165.
- [51] HERVAS S, LORENZEN K, SHANE M, et al. Quantitative assessment of a white seabass (*Atractoscion nobilis*) stock enhancement program in California: Post-release dispersal, growth and survival [J]. Fisheries Research, 2010, 105 (3): 237-243.
- [52] RIMMER M, RUSSELL D. Survival of stocked barramundi, Latescal Carifer (Bloch), in a coastal river system in far northern Queensland, Australia [J]. Bulletin of Marine Science, 1998, 62(2):325-335.
- [53] LEBER K, ARCE S, STERRITT D, et al. Marine stock - enhancement potential in nursery habitats of striped mullet, Mugil cephalus, in Hawaii [J]. Fishery Bulletin, 1996, 94(3): 452-471.
- [54] FLETCHER D H, HAW F, BERGMAN R K. Retention of coded-wire tags implanted into cheek musculature of large mouth bass [J]. North American Journal of Fisheries Management, 1987, 7:436-439.
- [55] HABICHT C, SHARR S, EVANS D, et al. Coded wire tag placement affects homing ability of pink salmon [J]. Transactions of the American Fisheries Society, 1998, 127: 652-657.
- [56] 宋娜,高天翔,韩刚,等. 分子标记在渔业资源增殖放流中的应用 [J]. 中国渔业经济, 2010, 28(3):111-117.
- [57] 林元华. 海洋生物标志放流技术的研究状况 [J]. 海洋科学, 1985(5):54-58.
- [58] 潘绪伟,杨林林,纪炜炜,等. 增殖放流技术研究进展 [J]. 江苏农业科学, 2010(4):236-240.

The technology of Coded Wire Tag and its application in fishery stock enhancement

XU Kaida¹, XU Hanxiang², WANG Yang¹, LU Zhanhui¹,
ZHANG Hongliang¹, WANG Weiding¹, ZHOU Yongdong¹, WANG Haoxue¹
(¹Marine Fishery Research Institute of Zhejiang Province, Scientific Observing and
Experimental Station of Fishery Resources for Key Fishing Grounds, MOA,
Key Laboratory of Sustainable Utilization of

Technology Research for Fisheries Resources of Zhejiang Province, Zhoushan, Zhejiang 316021, China;
²Marine and Fishery Research Institute of Zhejiang Ocean University, Zhoushan, Zhejiang 316022, China)

Abstract: In recent years, the marine organism resources in coastal areas of China have been declining continuously due to many ongoing problems, such as the over-use of the marine fishery resources and environment pollution. Artificial enhancement and releasing had become one of the effective methods to repair the fishery resources, in which the biomarker technology of the releasing species is an important mean to evaluate the effect of releasing the fishery. The Coded Wire Tag (CWT) technology, as a kind of internal sign method of fishery biology, has been widely used in the fields of population density, survival rate, stock recruitment assessment and migratory distribution. In this paper, based on a large number of relevant information and research on CWT, the history of the development of the Coded Wire Tag (CWT) technology were mainly introduced, and its application in the biological release of fisheries were briefly described, and its advantages and disadvantages were analyzed. In summary, CWT has the advantages of high marking speed, small damage to the fish, high tagging retention rate and batch marking with low costs; meanwhile, it has the disadvantage of a relatively low recapture rate. With the continuous development of fishery biomarker technology, the CWT will be more widely used in the field of fisheries resources enhancement and releasing, and become one of the development directions for the study of tagging and releasing.

Key words: Coded Wire Tag (CWT); fishery stock enhancement; survival rate; tracking; effectiveness