

鱼类标志技术的研究进展

张堂林, 李钟杰, 舒少武

(淡水生态与生物技术国家重点实验室, 中国科学院水生生物研究所, 湖北 武汉 430072)

摘要: 鱼类标志技术已在鱼类种群密度、死亡与补充、生长和生产力等研究中广泛应用, 并已成为鱼类种群估算、资源评估、以及洄游与分布调查的重要手段。本文对近年来国内外在鱼类标志技术方面已取得的进展及未来的发展方向进行综述与讨论, 并对各种标志技术的应用效果进行了总结, 以期为我国鱼类标志技术的应用与研究起到促进作用。

关键词: 鱼类; 标志技术

中图分类号: S931.9

文献标识码: A

文章编号: 1005-8737-(2003)03-0246-08

鱼类标志技术最初是用来研究鱼类的运动和洄游。自从1886年Petersen等用标志鱼估算封闭水体鱼类种群大小和死亡率以来, 该技术在鱼类种群密度、死亡、补充、生长和生产力研究中得到了广泛的应用, 并在鱼类种群估算、资源评估、洄游和分布等领域中成为一种重要研究手段^[1-2]。在我国, 鱼类标志技术的研究起步较晚, 有关报道很少^[3-5], 因此, 迫切需要开展这方面的工作。本文对鱼类标志方法的研究进展予以综述, 以期促进我国鱼类标志技术的应用与发展。

1 体外标志技术

1.1 切鳍标志

切鳍标志是指将鱼的1个或多个鳍条全部或部分切除, 全部切除会阻碍鳍的生长, 从而产生永久的标志; 部分切除则因鳍条的再生只能产生短期的标志。一般而言, 再生的鳍条在一定程度上是扭曲的, 因此还是可以辨认的^[2], 但是, 少数研究发现再生鳍的辨认比较困难^[6]。这项技术始于19世纪20年

代, 现今已成为最基本的标志技术^[2]。

切鳍时, 既可用单鳍, 也可用混合的鳍条。后者用于多批鱼标志, 以便将各批标志鱼区分开来^[7-8]。对于鲑科鱼类, 腹鳍和脂鳍最常用, 因为它们切除后对鱼的运动、成活和生长影响较小; 背鳍、胸鳍和臀鳍使用较少, 因为它们在运动和平衡中起着重要作用, 切除这些鳍条对鱼的行为可能造成影响^[1-2]。一般而言, 切鳍对鱼的影响较小, 实验表明腹鳍和胸鳍的切除对小冠太阳鱼(*Lepomis microlophus*)的成活率没有显著影响^[9]。但是有些研究表明在产卵期间切鳍可能增加鱼的死亡率^[1]。

鳍条再生与切鳍部位有一定的关系。鳍条完整再生并不常见, 但是不同鱼类都出现不同程度的再生现象, 如小鱼比大鱼、有棘鳍鱼比软鳍鱼、奇鳍鱼比偶鳍鱼有更快、更完全的再生趋势^[1]。研究发现, 对鳟(*Salmo trutta*)的腹鳍采用不同部位切除, 其再生程度和再生鳍的形态有明显的差异^[1]。

捕获的鱼有时存在鳍自然畸形现象, 这是由捕食者造成的。Blankenship(1990)^[10]记录过成年银大麻哈鱼(*Oncorhynchus kisutch*)的鳍自然缺损率最高可为2%。如果利用标志技术研究鱼类种群或行为, 那么自然畸形的情况应该加以排除。

1.2 鳃盖骨和鳍穿孔

采用1种小型的扁嘴钳在鳃盖骨或鳍上穿孔, 孔形一般为圆形和三角形。如果该法与鳍条切除结

收稿日期: 2001-09-30; 修订日期: 2002-12-19.

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(30130050); 国家“八六三”和“九七三”项目资助项目(2001AA212281, 2001CB109006); 湖北省自然科学基金资助项目(2000J099).

作者简介: 张堂林(1966-), 男, 副研究员, 从事鱼类生态学与水产养殖研究.

合,可以标志并区分多批鱼,但是对于易碎的、肉质状的鳃盖骨不能用这种方法。由于标志孔愈合较快,该法只适用于短期试验。鲱类的早期标志是采用鳍上穿孔的方法,LeCren等^[1]对湖红点鲑(*Salvelinus namaycush*)也采用了鳍上穿孔,在这2例中鳍的再生速度很快,因而需要仔细确认标志。

1.3 烙印

烙印是指将带有符号的很烫或很冷的金属图章与鱼体接触以留下痕迹^[2]。烙印部位一般是鱼体上易于观察的比較明亮的区域,如体侧和头部。烙印有2种方式:热烙印(heat branding)和冷烙印(cold branding)。

1.3.1 热烙印 Groves等^[11]应用热烙印技术对红大麻哈鱼(*Oncorhynchus nerka*)和鳟的幼鱼进行标志试验,红大麻哈鱼经过3.5个月,所有标志清晰可见,6个月后仍然存在,但清晰度较差。鳟经过2个月后所有的字符标志保持清晰,但随着鱼体的生长,某些字符局部有明显的扭曲,10个月后,由于体长从100 mm增至200 mm,虽然标志仍然可见,但因字符比原来扩大了2~3倍,有些字符难以辨认^[11]。

热烙印的标志保持率与鱼种类和标志部位有关。Fujihara等^[12]对多种鱼类的成鱼采用热烙印标志,2.5个月后,不同种类以及不同部位的标志保持率显然不同。鳟头部和背侧部的标志保持率分别为80%和100%,鲤(*Cyprinus carpio*)分别为90%和24%。鲤背侧部的标志效果差,可能是鳞片较厚所致。

以上研究表明,热烙印没有引起试验鱼的死亡,与对照组相比,鱼类的运动和反应没有显著差异。

1.3.2 冷烙印 Fujihara等^[12]运用冷烙印技术对几种鱼类进行标志试验。先将标志工具浸在2-羟基乙胺和干冰的混合液中,然后将它们保存在真空器里。为了迅速烙印,标志棒的银端要冷却到-80℃。1龄和2龄鳟的标志试验表明,2.5个月后所有鱼背侧部的标志清晰可见,4个月后清晰度减弱,但仍能辨认,6个月后几乎消失。鲤的标志试验表明,2.5个月后头部标志保持率为70%。Everest等^[13]使用丙酮和干冰作冷却液,冷烙印标志可以保持5~6周。在这2例中,冷烙印工具与鱼体接触时间为2~3 s(热烙印一般为1 s),时间越长,烙印效果越好,试验期间标志鱼没有死亡。

烙印技术所得的标志效果因鱼种类、标志部位

和冷却液的类型不同而有差异,对无鳞或有小鳞的鱼类,标志效果较好。虽然有细菌感染的危险,但作为短期标志,这个方法是比较适用的。

1.4 用颜料标志

1.4.1 刺纹 许多研究者使用染料和不溶性颜料,通过手工或电动刺纹针在鱼体刺上字符或数码,以作标志。手工方法太慢,且易使鱼受伤。Dunstan等^[1]发明了一种用于鲑科鱼类的电动刺纹设备,可以缩短刺纹过程。如果刺纹动作较轻,标志引起的死亡率可能比较低,且对鱼的行为影响小。这种方法用于大鳞片的鲑类,效果不佳,且标志持续时间短^[1]。刺纹用的颜料有墨水、锥虫蓝、锥虫红和二氧化钛的混合物,还有氧化铝、氧化铁、铬绿和惰性颜料^[9,12]。

1.4.2 染料注射 Kelly^[14-15]试用过许多种染料,发现使用National Fast Blue 8GXM和水溶性的氧化铬,标志保持时间分别可以持续2年和1年。如果鱼生长不太快,则下颌注射效果好。Wigley^[16]使用辰砂(mercuric sulphide)标志七鳃鳗的仔鱼,也获得较好的效果。Dunn等^[17]用了12种染料进行试验,发现用锥虫蓝和锥虫红标志效果较好,且标志持续时间分别为42 d和28 d;使用俾斯麦棕Y,在30 h内引起鱼的死亡;用其他染料,标志鱼在6 d内全部死亡。

1.4.3 染色

(1)浸泡法 该法特别适用于大批量地标志小型鱼类。Deacon^[18]用了22种染料试验,发现俾斯麦棕Y用于鲤形亚口鱼(*Carpiodes carpio*)、黑斑须雅罗鱼(*Semotilus atromaculatus*)、胖头鲮(*Primephyles promelas*)和斑鲮(*Ictalurus punctatus*)等能取得较好的标志效果。在溶液质量比为1:5 000或1:20 000,浸泡时间约为3 h的条件下,易于确认的标志保持时间为1~2个星期。用这种染料在1个680 L的缸中1次可以标志1 500尾鱼。浸泡染色后的胖头鲮仍然和标志开始时一样充满活力。但是,前面提到,用俾斯麦棕Y对鲮科的一种鱼类进行皮下注射,在30 h内引起鱼死亡^[12],这表明,同种染料用不同的方式处理,其效果可能截然不同。

Bouchard等^[19]经过重复试验,从6种染料中发现中性红用于几种鲑科鱼类的鱼苗(或鱼种)染色,能取得较好的效果。Zuromska^[20]用俾斯麦棕Y标志拟鲤(*Rutilus rutilus*),标志保持时间为4 d,用中性红试验,颜色不久消失。Ward等^[21]发现用俾斯

麦棕Y试验,颜色保持约7 d,而中性红对试验鱼有毒。Mathews^[22]用吖啶橙对野杂鱼类进行染色,也取得了满意的效果。

(2)口服法 Bagenal^[23]用混有苏丹黑粉末的干燥颗粒饵料喂养性成熟的鳙。在2个星期内,该鱼呈现青黑色,特别是颌部、口咽腔和肠道。雌鱼产出青黑色的卵,孵出的带卵黄囊的仔鱼也呈青黑色,这种颜色在仔鱼开口摄食后的6周内仍可保持。这种染料对仔鱼未见有任何不利的影响。口服染色法在鱼类种群繁殖力和早期生活史研究中会有较好的应用前景。

1.4.4 液体橡胶注射 自从Davis^[1]首次使用液体橡胶浆(liquid latex)以来,这一技术被许多研究者使用。与皮下注射相比,使用液体橡胶注射具有更多的优点,可以使用不同的颜色(黄、红、白)注射不同部位,以便分批标志^[1]。Gerking^[9]分别使用鳍条切除和橡胶注射的方法标志小冠太阳鱼,试验结果表明:(1)在标志2个星期后,用橡胶注射的各组鱼成活率几乎一样;在背鳍后部和枕骨区注射的2组鱼成活率也非常相近;(2)标志保持1年后,鳍条切除和背鳍后部注射的各组鱼,其成活率没有显著差异;(3)从成活率看,橡胶注射并不优于切鳍。Green等^[24]用橡胶注射标志亚口鱼类,发现有色斑点可持续3年以上,体长25 cm的鱼效果最佳。但是河鲈(*Perca fluviatilis*)保持橡胶浆标志只有9个月^[1]。

1.4.5 荧光颜料标志 荧光颜料通过刺纹设备注入皮肤,标志能保持19个月,通过1种高压喷枪,标志能保持18周^[1]。Pauly等^[25]用3种方式标志硬头鲈(*Salmo gairdneri*)幼鱼(体长50~60 mm),实验结果表明,对于全部试验鱼使用喷枪,标志保持约90 d;用浸泡方式,标志持续约27 d;用涂刷方式,标志保持不过3 d。此外,试验还表明用喷枪标志对鱼的摄食有7 h左右的干扰,其余方式对摄食没有影响。

荧光标志保持率可能与鱼的种类有关。Pierson等^[26]的试验表明,斑鲷经标志后387 d,荧光物质保持率为93%;罗非鱼经过110 d,保持率为78%;草鱼经过238 d,保持率为80%;鲢经过174 d,保持率为零。Phinney等^[27]的试验表明,用喷枪标志的1500尾0⁺龄银大麻哈鱼(*Oncorhynchus kisutch*)养于池塘中,放养1周后检查,标志保持率平均为99%(98%~100%);经过1年取样检查,保持率为98.4%(97.4%~99.4%);经过2年取样检查,标

志保持率平均为98.3%(97.4%~99.2%)。

荧光标志保持率与应用的空气压力和颜料的颗粒大小有关。Phinney等^[28]用鲑科鱼类做过试验,粉状颜料的标志保持率显著低于粒状颜料的(粒径30~350 μm)标志保持率。在空气压力为80~160 psi(5.6~11.2 kg/cm²)时,除一例外,粒状颜料的保持率超过94%;当50 psi(3.5 kg/cm²)时,保持率为28.3%。此外,还发现标志保持率与鱼类鳞片多寡有关。

Phinney等^[29]比较了荧光法与切鳍法的标志效果,荧光组与对照组的成活和生长均没有显著差异,但荧光组的成活率比切鳍组高25%,其生长也略优于后者。但是,Pierson等^[26]的试验表明:对于斑鲷和罗非鱼,不仅荧光组与切鳍组的标志保持率没有显著差异,而且这2组标志鱼的成活率也没有显著差别;对于草鱼,荧光组的成活率(61%)显著低于切鳍组(99%)。

可见,荧光颜料标志的方式较多,效果差异较大。荧光标志的检测需要在黑暗背景下进行,荧光标志只有通过紫外灯的激活才能发现。一般被检测鱼离紫外光源25~30 cm^[26]。

1.5 体外标

体外标是标志鱼类和其他动物最早、最广泛使用的方法。在早期的研究文献中包含了许多体外标的描述,虽然这些标曾经是重要的,并在特定情形下得到了应用,但是,大部分标(如颌标、鳃盖标等)在当今很少使用^[2]。使用体外标时,其关键的技术是如何固定标。用于固定标的材料较多,常用的有铁丝、银、镍和不锈钢丝,以及化学纤维的单丝(如尼龙、聚乙烯、聚酯纤维)^[1]。

依据固着在鱼体上的方式,可将常用的体外标分为3类^[2]:(1)穿体标(transbody tags),包括盘状标(disc tag)、管形标(spaghetti tag)、带状标(streamer tag);(2)箭形标(dart-style tags),包括箭头标(arrowhead tag)、“T”型标(T-bar tag);(3)内锚标(internal-anchor tag)。前2类标常常固着在鱼体背部,后者则固着在鱼体腹部。

体外标一旦安放在鱼体上,一般不易脱落,保持率高,保留时间长,能区分不同的个体,可用于长期的试验研究。虽然许多鱼类可以用体外标进行标志,但它一般用于个体较大的鱼,因为小型鱼类可能难以忍受固着时的操纵压力,难以承受额外的代谢负担^[2]。

体外标对标志鱼类的生长、成活和行为可能产生一定的影响。裸头鱼(*Anoplopoma fimbria*)在标志后的7年中生长速度降低^[30],经标志的北极红点鲑(*Salvelinus alpinus*)与对照组相比死亡率增加^[31],某些鱼在标志后表现出异常的行为^[32]。

2 体内标志技术

2.1 编码金属标

编码金属标(coded wire tag)发明于20世纪60年代^[32],现已成为最广泛使用的鱼类标志技术。它是由直径0.25 mm的磁性金属丝制作,标上刻有编码,能区分不同个体。该标的大小有3种规格,标准长度为1.1 mm,最小长度为0.5 mm,最大长度为1.6 mm,视鱼体大小选用。编码金属标是通过标志枪注入鱼体内,标志枪有2种类型,即自动标志枪和手握标志枪。前一种标志速度快,每小时可标志800尾,多用于大规模标志放流试验;后一种标志速度慢,但价格便宜,体积小,便于携带,多用于小规模标志试验。标志鱼的检测有专门的设备,自动检测仪虽然价格贵(约30 000美元),但可大批量处理渔获物,能自动分拣、计数标志与非标志鱼。便携式检测仪是通过手工操作的,检测速度慢,但价格低(约6 000美元),多用于少量渔获物的检测。如果要将标志鱼确认到不同个体,还需要把标从鱼体取出,并在解剖镜下读出编码。

由于编码金属标体积非常小,能应用于个体很小的鱼类,0.5 mm长的标能成功地应用于体重0.25 g的细鳞大麻哈鱼(*Oncorhynchus gorbuscha*)^[34]。这种标注入鱼体的伤口小,愈合快,很少引起鱼体组织的损伤^[35],与体外标相比,几乎不影响鱼类的捕食、游泳和生境选择^[2]。标志对斑鲟、大口黑鲈(*Micropterus salmoides*),金体美鲮(*Notemigonus crysoleucas*)和蓝鳃太阳鱼(*Lepomis macrochirus*)的生长和成活率没有显著的影响^[36]。但是,在对某些鱼的吻部标志时,如果部位较深,会降低生长和成活率,甚至有损伤嗅觉组织的潜在危险^[37-39]。

编码金属标常见的标志部位有吻部、颊部、鳃盖肌肉、腹壁肌肉、背部肌肉和脂眼脸等。标志保持率一般比较高,常与鱼的种类、标志部位(包括深度和方向)和经历时间有关^[10]。对于斑鲟、大口黑鲈、蓝鳃太阳鱼和金体美鲮而言,当标志部位为颊部、腹壁和鼻软骨时,6~9个月后标志保持率为91%~100%^[36]。在细鳞大马哈鱼吻部标志,经历20 d和

365 d后的标志保持率分为95%、65%^[40]。在白鲟吻部表层标志时,180 d后的标志保持率为61%,吻部深层标志保持率为100%^[35]。在有些试验的标志保持率低,可能是由于不适宜的标志部位或不适当的操作程序所致^[41-43],标志丢失一般发生在标志结束后的头3~4周,随后的丢失率是很低的^[10]。因此,选择适当的标志部位,掌握正确的操作技术,对减少标志丢失有着重要作用。

2.2 被动整合雷达标

被动整合雷达标(passive integrated transponder tag,简称PIT标)在渔业上的应用始于20世纪80年代,它是使用电子电路构建的一个独特的标志系统^[2]。这个标志系统包括标、励磁系统和信号接收与处理单元。标由天线、磁棒和电路块组成,密封于玻璃管内。励磁系统通过在空气或水中产生磁场的方式向标发送能量,当标进入磁场范围,绕在磁棒上的天线立即产生电流,进而激活电路块,电子电路发射一种特定的预编程序的信号(40~50 kHz)。无线电接收器在收到信号后立即将它转换成相应的字母数字编码(alphanumeric code)^[44]。PIT标实际上是一个微型的信号发射站,但其没有携带电源,必须通过励磁系统才可产生电能。这种标的寿命目前尚不清楚,由于标的功能直到某种元件损坏时才停止,估计它的使用年限可超过10年^[44]。

标志部位一般是体腔。标志时采用带有12号针头的注射器,注射位置是胸鳍后方、腹鳍前方的腹中央区域。针头方向朝后插入并与体轴成45°角。当穿透肌肉时,应该使注射器与体轴平行,随着针头抽出的同时,将标注入体腔。采用手握注射器,每小时可以标志150尾,若采用半自动注射器,每小时可以标志300尾^[44]。标志结束后,标志鱼一般要暂养2~3 d,放流前需要检测标是否还存在,是否功能正常。

PIT标比编码金属标大得多,但与其他传统标相比,依然很小,能应用于个体小的鱼类(如50 mm长的鲑)^[2]。尽管这种标是为研究鲑科鱼类而发明的,但同样适用于其他的鱼类和甲壳动物^[45]。已有研究表明,这种标对试验对象的生长和成活没有显著影响^[44-46],标志伤口愈合快,在标志部位没有引起组织损伤^[45]。

PIT标的保持率很高。在2 g重的鲑鱼试验中,插入腹腔内的标保持率约为100%^[44-45,47]。对于红

拟石首鱼 (*Sciaenops ocellata*) 和条纹狼鲈 (*Morone saxatilis*), 标插入背部肌肉中, 保持率也超过 97%^[46]。

由于 PIT 标很小, 发射的信号弱, 因此, 信号的检测范围小, 检测器必须离动物很近 (目前的最大距离为 18 cm)^[2]。此外, 这种标及相关的设备较贵, 用于较大规模标志的设备花费近 20 000 美元, 用于小规模标志的简易设备花费也需 2 000 美元。标本身也较贵, 1 个标可能要花到近 10 美元^[2]。

2.3 内藏可视标

内藏可视标是现代的发明, 它综合了传统的内标和外标的优点, 标完全埋入体内, 但在体外可通过肉眼检视。目前, 内藏可视标有 2 种类型^[48-49]: (1) 内藏可视橡胶标 (visible implant elastomer tag, 简称 VIE 标), 是某种橡胶材料和颜料的混合物, 有红、蓝、绿、黄等颜色。这种标志物在注入鱼体时呈液态, 经历一定时间后可变成固态。(2) 内藏可视字母数字标 (visible implant alphanumeric tag, 简称 VIA 标), 它由很薄的塑料片制作, 长 2~4 mm, 宽 0.5~2 mm, 厚 0.1 mm, 标准规格为长 2.5 mm, 宽 1.0 mm。这种标分不同的颜色, 上面写有字母数字符号, 以便区分不同的个体。

内藏可视标一般植入鱼体比较透明的组织, 以便肉眼检视。最常用的标志部位是脂眼睑、头部薄且色素较少的软组织和脂鳍。内藏可视标的最大优点是不需要处死鱼或回收标就能鉴定标志鱼。

内藏可视标的保持率较高, 且与鱼的种类和个体大小有关。VIA 标移植到克氏鲮 (*Salmo caliki*) 和玛红点鲑 (*Salvelinus malma*) 的脂眼睑里, 在 17 个月后的保持率分别为 95% 和 89%^[50]。对于同样的标志部位, 鲮对 VIE 的 29 d 保持率为 96.1%^[48], 湖红点鲑的 294 d 保持率却为 41%^[49]。个体较大的虹鳟比个体较小的有明显高的保持率^[51]。

2.4 化学标志

化学标志是指可被人类确认的动物组织在化学组成上的始终如一的差异^[2]。这种差异既可因水体和食物的化学成份不同或遗传变化而引起, 也可通过人工的方法进行诱导。化学标志包括 2 种方法, 即元素标志和荧光标志^[2]。元素标志取决于不同金属元素成份及其浓度的检测, 最常用的元素是锶。任何体组织均可供分析, 但是大多数研究者采用骨骼和鳞片^[52-53]。荧光标志中, 最常用的荧光物质是不同类型的四环素 (包括氧四环素) 与钙黄绿

素。这些物质可以与钙结合, 并在动物硬组织中沉积, 在日光灯下, 它们产生可见的绿色或黄色光, 因而可用肉眼检测。

化学标志的主要优点有: (1) 能应用于不同大小的鱼类, 生活史中各个时期的个体均可标志, 甚至在胚胎期^[54-55]。(2) 可通过浸泡或投喂等方式大批量标志鱼类, 因此标志效率高, 成本较低。(3) 标志保留的时间一般较长, Weber 等^[56]用四环素类药物注射、喂养试验鱼或将鱼浸泡在药物溶液中, 荧光物质可以在钙化层沉积, 并保持 3 年半。在其他实验中, 标志可保持 5~24 个月^[53, 55, 57-58]。(4) 被标志的组织在解剖后能较长时间地保留标志, 如硬组织中的荧光标志在解剖后 24 个月内仍可检测到^[59-60]。另一方面, 化学标志存在一些缺点, 首先, 它的检测常需要解剖鱼, 虽然鳞片、鳍条、硬棘或较小的软骨组织样本在某种情形下是可以用的, 但在大多数情形下, 需要使用耳石或脊椎骨^[53], 因此, 化学标志不适合于珍稀鱼类的研究; 其次, 随着时间的推移, 推移化学标志有时也会变得难以检测, 因而主要用于短期研究^[2]。

化学标志在渔业方面有着较好的应用前景。它适用于放养种群的确认与分离^[61]、洄游性鱼类产卵场和肥育场的调查^[62]以及某些鱼类的卵细胞鉴定^[63], 也能应用于鱼类放流增殖和资源评估^[55, 58]。

3 生物遥测技术

生物遥测技术完全不同于前面介绍的标志方法, 生物遥测标 (biotelemetry tag) 是一种微型的能够产生波信号的装置。这种标包含一块电池, 电池产生的电能可转换成选定的波长、频率和其他特性的波信号。这种信号可被远距离的接收器检测到, 根据信号的强弱和方向, 能确定标的位置^[2]。生物遥测标包括 2 类不同技术原理的标: 超声标 (ultrasonic tag) 和电磁标 (radio tag)。超声标可产生频率为 20~300 kHz·s 的声波 (超出人类的听力范围), 这种声波能被水听器 (hydrophone) 检测到, 并转换成相应的音频或电子信号。电磁标可产生频率为 27~300 MHz·s 的电磁波, 这种波能被水面上的天线接收到, 并转换成相应的音频或电子信号。

生物遥测标首先在 1956 年应用于鲑科鱼类^[64], 大约在同一时间, 野生生物研究者用类似的标来研究鸟类和哺乳动物^[65]。在 20 世纪 70 年代中期, 这种标志技术开始流行并得到应用。

生物遥测标常见的安置部位是鱼体背部、胃内和体腔。早期的遥测标体积较大,新研制的遥测标比较小,可用于小型动物,例如,微型的电磁标可安置在 17 mm 长,0.2 g 重的蛇蜻蜓 (*Protohermes grandis*) 幼虫上^[66]。

生物遥测标能连续发送信号,便于持续跟踪监测,监测时不需要回捕,免除了相关的操纵压力,同时可以减少收集数据的成本。当鱼类处于浑浊、湍急的水体中而无法看到或有效回捕时,这种标志技术显示了特殊的使用价值^[67]。

生物遥测标是研究鱼类在自然水体中行为和生理状况的主要方法。由于标可以发送与不同环境和生理状况相适应的信号,因此,不仅可用来研究鱼类对生境的选择性,确定领地范围,而且能监测鱼类所处的生境特征(如水深、水温)、活动节律(如摄食、运动、静止或死亡)以及某些生理状况(如体温、心跳、呼吸频率)^[2]。此外,生物遥测标可借助飞机或人造卫星大范围地跟踪监测标志动物的洄游运动^[2]。

生物遥测标对试验鱼类可能会产生一些影响。已有研究表明:标安置在鱼体外,会增加鱼游泳时的阻力^[68];安置于胃内,虽然不会引起伤口和干扰游泳,但可能影响鱼类的摄食^[69],通过外科手术移植到体腔内,可能使伤口和体腔发生细菌感染,增加死亡率^[70]。

4 结语

综上所述,鱼类的标志方法较多,每种方法既有优点,也有弱点。因此,在应用时要根据试验的目的和期限,选择合适的标志方法。

从现有的鱼类标志技术看,编码金属标、被动整合雷达标、内藏可视标、生物遥测标都具有良好的应用和发展前景。随着现代科学技术的进步,这些标志技术也在不断改进和完善,现有的一些缺点在将来可能不再成为应用的束缚。

我国鱼类科技工作者也在研究和应用鱼类的标志技术^[3-5],但是,从总体上看,有关这方面的研究非常薄弱,今后需要加强投入和研究,推动我国鱼类标志技术的发展。

参考文献:

- [1] Ricker W E. Methods for assessment of fish production in fresh waters [M]. IBP Handbook No. 3, Oxford: Blackwell Sci Publ, 1971. 82-97.
- [2] Nielsen L A. Methods of marking fish and shellfish [M]. New York: Am Fish Soc Spec Publ 1992. 23.
- [3] 林元华. 海洋生物标志放流技术的研究现状[J]. 海洋科学, 1985, 9(5):54-58.
- [4] 俞豪祥,张海明,林莲英,等. 七种鲤科鱼类标志的研究[J]. 水生生物学报,1988, 12(3):268-271.
- [5] 危起伟,杨德国,柯福安,等. 长江中华鲟超声波遥测技术[J]. 水产学报,1998, 22(3):211-217.
- [6] Combs K A, Baily J A, Herbinger C M, et al. Evaluation of various external marking techniques for Atlantic salmon [A]. Am Fish Soc Symp[C], 1990. 7:142-146.
- [7] Chapman D W. Net production of juvenile coho salmon in three Oregon streams [J]. Trans Am Fish Soc, 1965, 94:40-52.
- [8] McInerney M C, Degan D J. Electrofishing catch rates as an index of largemouth bass population density into large reservoirs [J]. N Am J Fish Manage, 1993, 13:223-228.
- [9] Gerking S D. The survival of fin clipped and latex-injected redear sunfish [J]. Trans Am Fish Soc, 1958, 87:220-228.
- [10] Blankenship H L. Effects of time and fish size on coded wire tag loss from chinook and coho salmon[A]. Am Fish Soc Symp[C]. 1990. 7:237-243.
- [11] Groves A B, Novotny A J. A thermal-marking technique for juvenile salmonids [J]. Trans Am Fish Soc, 1965, 94(4):386-389.
- [12] Fujihara M P, Nakatani R E. Cold and mild heat marking of fish [J]. Prog Fish-Cult, 1967, 29(3):172-174.
- [13] Everest F H, Edmondson E H. Cold branding for field use in marking juvenile salmonids [J]. Prog Fish-cult, 1967, 29(3):175-176.
- [14] Kelly W H. Marking freshwater and a marine fish by injected dyes [J]. Trans Am Fish Soc, 1967, 96(2):163-175.
- [15] Kelly W H. Relation of fish growth to the durability of two dyes in *juv*-injected trout [J]. N Y Fish Game J, 1967, 14(2):199-205.
- [16] Wigley R L. A method of marking larval lampreys [J]. Copeia, 1952(3):203-204.
- [17] Dunn A, Coker C M. Notes on marking fish with biological stains [J]. Copeia, 1952(1):28-31.
- [18] Deacon J E. A staining method for marking large numbers of small fish [J]. Prog Fish-Cult, 1961, 23(1):41-42.
- [19] Bouchard L G, Mattson C R. Immersion staining as a method of marking small salmon [J]. Prog Fish-cult, 1961, 23:34-40.
- [20] uromska H. A method of marking hatched roach (*Rutilus rutilus* L.) with biological stain [J]. Ekol Pol Ser B, 1966, 12(1):73-76.
- [21] Ward F J, Verhoeven L A. Two biological stains as markers for sockeye salmon [J]. Trans Am Fish Soc, 1963, 92(4):379-383.
- [22] Mathews C P. Immersion staining of coarse fish in the Thames [J]. J Fish Biol, 1970, 2:57-58.

- [23] Bagenal T B. A method of marking fish eggs and larvae [J]. Nature, 1967, 214:113.
- [24] Green G H, Norchcote T G. Latex injection as a method of marking large catostomids for long term study [J]. Trans Am Fish Soc, 1968, 97(3):281-282.
- [25] Pauly G A, Troutt D A. Comparison of three methods of fluorescent dye application for marking juvenile steelhead [J]. Trans Am Fish Soc, 1988, 117:311-313.
- [26] Pierson J M, Bayne D R. Long-term retention of fluorescent pigment by four fishes used in warmwater culture [J]. Prog Fish-cult, 1983, 45(3):186-188.
- [27] Phinney D E, Matthew D B. Retention of fluorescent pigment by coho salmon after two years [J]. Prog Fish-cult, 1973, 35(3):161-163.
- [28] Phinney D E, Miller D M, Dahlberg M L. Mass-marking young salmonids with fluorescent pigment [J]. Trans Am Fish Soc, 1967, 96(2):157-162.
- [29] Phinney D E, Matthew S B. Field test of fluorescent pigment marking and fin clipping of coho salmon [J]. J Fish Res Bd Can, 1969, 26(6):1 619-1 624.
- [30] McFarlane G A, Beamish R J. Effect of an external tag on growth of sablefish (*Anoplopoma fimbria*), and consequences to mortality and age at maturity [J]. Can J Fish Aquat Sci, 1990, 47:1 551-1 557.
- [31] Berge O K, Beyer M. Effects of carlin tagging on the mortality and growth of anadromous Arctic char, *Salvelinus arcticus* (L) [J]. Aquat Fish Manage, 1990, 21:221-227.
- [32] Mathews K R, Reavis R H. Underwater tagging and Visual recapture as a technique for studying movement patterns of rockfish [A]. Am Fish Soc Symp[C], 1990, 7:168-172.
- [33] Jefferts K B, Bergman P K, Fiacus H F. A coded wire identification system for macro-organisms [J]. Nature, 1963, 198:460-462.
- [34] Thrower F P, Smoker W W. First adult return of pink salmon tagged as emergent with binary-coded wires [J]. Trans Am Fish Soc, 1984, 113:803-804.
- [35] Bordner C E, Doroshov S I, Hinton D E, et al. Evaluation of marking techniques for juvenile and adult white sturgeons reared in captivity [A]. Am Fish Soc Symp[C], 1990, 7:293-303.
- [36] Heidinger R C, Cook S R. Use of coded wire tags for marking fingerling fishes [J]. N Am Fish Manage, 1988, 8:268-272.
- [37] Fletcher D H, Haw F, Bergman R K. Retention of coded-wire tags implanted into cheek musculature of large mouth bass [J]. N Am J Fish Manage, 1987, 7:436-439.
- [38] Peltz L, Miller J. Performance of half-length coded wire tags in a pink salmon hatchery marking program [A]. Am Fish Soc Symp[C], 1990, 7:244-252.
- [39] Habicht C, Sharr S, Evans D, et al. Coded wire tag placement affects homing ability of pink salmon [J]. Trans Am Fish Soc, 1998, 127:652-657.
- [40] Kaill W M, Rawson K, Joyce T. Retention rates of half-length coded wire tags implanted in emergent pink salmon [A]. Am Fish Soc Symp[C], 1990, 7:253-258.
- [41] Bumgardner B W, Colura R L, Maciorowski A F, et al. Tag retention, survival, and growth of red drum fingerlings marked with coded wire tags [A]. Am Fish Soc Symp[C], 1990, 7:286-292.
- [42] Dunning D J, Ross Q E, Friedman B R, et al. Coded wire tag retention by, and tagging mortality of, striped bass reared at the Hudson River hatchery [A]. Am Fish Soc Symp[C], 1990, 7:262-266.
- [43] Cook S B, Davin W T, Heidinger R C. Head mold design for coded wire tagging of selected spiny-rayed fingerling fishes [A]. Am Fish Soc Symp[C], 1990, 7:281-285.
- [44] Prentice E F, Flagg T A, McCutcheon C S. Feasibility of using implantable passive integrated transponder (PIT) tags in salmonids [A]. Am Fish Soc Symp[C], 1990, 7:323-334.
- [45] Prentice E F. A new internal telemetry tag for fish and crustaceans [J]. NOAA Technical Report NMFS, 1990, 85:1-9.
- [46] Jenkins W E, Smith T I J. Use of PIT tags to individually identify striped bass and red drum brood stocks [A]. Am Fish Soc Symp[C], 1990, 7:341-345.
- [47] Harvey W D, Campbell D L. Retention of passive integrated transponder tags in large mouth bass brood fish [J]. Prog Fish-cult, 1989, 51:164-166.
- [48] Hale R S. Retention and defection of coded wire tags and elastomer tags in trout [J]. N Am Fish Manage, 1998, 18:197-201.
- [49] Kincaid H L, Calkins G T. Retention of visible implant tags in lake trout and Atlantic salmon [J]. Prog Fish-cult, 1992, 54:163-170.
- [50] Frenette B J, Bryand M D. Evaluation of visible implant tags applied to wild coastal cutthroat trout and dolly varden in Margaret Lake, Southeast Alaska [J]. N Am J Fish Manage, 1996, 16:926-930.
- [51] Mouring T E, Fausch K D, Gowan C. Comparison of visible implant tags and Floy anchor tags on hatchery rainbow trout [J]. N Am Fish Manage, 1994, 14:636-642.
- [52] Lapi L A, Mulligan T J. Salmon stock identification using a microanalytic technique to measure elements present in the freshwater growth of scales [J]. Can J Fish Aquat Sci, 1981, 38:744-751.
- [53] Tsukamoto K. Mass-marking of ayu eggs and larvae by tetracycline-tagging of otoliths [J]. Bull Jap Soc Scient Fish, 1985, 51:903-911.
- [54] Mumcy R J, D'Silva A P. Marking walleye eggs and fry [J]. Trans Am Fish Soc, 1981, 110:300-305.
- [55] Behrens Yamada S, Mulligan T J. Marking nonfeeding salmonid fry with dissolved strontium [J]. Can J Fish Aquat Sci, 1987, 44:1 502-1 506.
- [56] Weber D, Ridgway G J. Marking Pacific salmon with tetracycline

- antibiotics [J]. J Fish Res Bd Can, 1967, 24 (4): 849-865.
- [57] Bilfon H T. Marking chum salmon fry vertebrae with oxytetracycline [J]. N Am Fish Manage, 1986, 6:126-128.
- [58] Lorson R D, Mudrak V A. Use of tetracycline to mark otoliths of American shad fry [J]. N Am J Fish Manage, 1987, 7:453-455.
- [59] Babaluk J A, Campbell J S. Preliminary results of tetracycline labelling for validating annual growth increments in opercular of walleyes [J]. N Am J Fish Manage, 1987, 7:138-141.
- [60] Wilson C A, Beckman D W, Dean J M. Calcein as a fluorescent marker of otoliths of larval and juvenile fish [J]. Trans Am Fish Soc, 1987, 116:668-670.
- [61] Grahl-Nielsen O, Ulvund K A. Distinguishing populations of herring by chemometry of fatty acids [A]. Am Fish Soc Symp [C], 1990, 7:566-571.
- [62] Coutant C C. Microchemical analysis of fish hard parts for reconstructing habitat use: practice and promise [A]. Am Fish Soc Symp [C], 1990, 7:566-571.
- [63] Knutsen H, Moksnes E, Vogt N B. Distinguishing between one-day-old cod (*Gadus morhua*) and haddock (*Melanogrammus aeglefinus*) eggs by gas chromatography and SIMCA pattern recognition [J]. Can J Fish Aquat Sci, 1985, 42:1 823-1 826.
- [64] Stasko A B, Pincock D G. Review of underwater biotelemetry, with emphasis on ultrasonic techniques [J]. J Fish Res Bd Can, 1997, 34: 1 261-1 285.
- [65] Kenward R. Wildlife radio tagging [M]. London: Academic Press, 1987.
- [66] Hayashi F, Nakane M. Radio tracking and activity monitoring of the dobsonfly larva, *Protoparce grandis* (Megaloptera: Corydalidae) [J]. Oecologia (Berlin), 1989, 78:468-472.
- [67] Mathews K R, Quinn T P, Miller B S. Use of ultrasonic transmitters to track demersal rockfish movements on shallow rocky reefs [A]. Am Fish Soc Symp [C], 1990, 7:375-379.
- [68] Lewis A E, Muntz W R A. The effects of external ultrasonic tagging on the swimming performance of rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson [J]. J Fish Biol, 1984, 25:577-585.
- [69] Moser M L, Olson A F, Quinn T P. Effects of dummy ultrasonic transmitters on juvenile coho salmon [A]. Am Fish Soc Symp [C], 1990, 7:353-356.
- [70] Chisholm I M, Hubert W A. Expulsion of dummy transmitters by rainbow trout [J]. Trans Am Fish Soc, 1985, 114:766-767.

A review on marking techniques in fish

ZHANG Tang-lin

(State Key Laboratory of Freshwater Ecology and Biotechnology, Institute of Hydrobiology,
Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430072, China)

Abstract: The marking techniques for fish have been widely used in the researches on population density, death and recruitment, growth and production of fish, etc, and some have been the important ways to evaluate fishery population, assess fishery resource and investigate fishery distribution and fish migration. The author reviews the marking techniques used in the world recent years and evaluates the effects of the techniques on fish. The purpose for this paper is to provide the Chinese researchers with some comprehensive information on fish marking techniques so to promote the application and development of the techniques in China.

Key words: fish; marking techniques