

青海湖流域湟鱼保护及人工繁育调研

2023 年清华大学赴鸟岛实践支队 李远哲、解润、赵天骅、彭楚尧

一、前言

青海湖裸鲤是青海湖特有的高原鱼类，也是青海湖流域水体生态系统中的关键物种。青海湖裸鲤目前的保护情况如何？裸鲤繁育和保护工作还存在哪些问题？作为建设青海湖国家公园的重要一环，我们对裸鲤相关保育工作有着浓厚的兴趣。本次实践，我们主要通过走访和座谈会的形式，系统了解了青海湖布哈河裸鲤放流站和西宁裸鲤救护中心的主要工作和取得的保护进展，在多方调研中全面刻画青海湖裸鲤的保护现状，指出保护目前遇到的问题和可能的解决方案，为加快裸鲤救护中心裸鲤保护事业和青海湖景区管理局生态保护工作合作融合，建设统一协调的国家公园内部生态体制提供思考和建议。

二、调研背景

（一）青海湖湟鱼概况

湟鱼，又称青海湖裸鲤，是青海湖中唯一一种鱼类，也是维持“鱼鸟共生”生态系统的核心物种。作为青海湖普通鸬鹚、棕头鸥、渔鸥、凤头鸕鷀等水鸟的主要食物来源，湟鱼对青海湖生态系统的良性运转发挥着无可替代的关键性作用。

青海湖裸鲤隶属于鲤形目-鲤科-裂腹鱼亚科，这个物种的形成与青海湖的地质历史有着密切的联系。在晚更新世以前，青海湖裸鲤的祖先为黄河流域的花斑裸鲤。大约 15 万年前，随着青藏高原的第三次抬升，青海湖与黄河之间断绝了流通，逐渐成为封闭的内陆湖泊，原有的部分花斑裸鲤也被隔离在了青海湖中。在十五万年的演化历史中，为了适应青海湖的盐碱化，青海湖中的裸鲤也在不断演化，最终形成了独立的物种---即青海湖裸鲤。

由于咸水湖生存条件恶劣、营养短缺，青海湖裸鲤演化成为了广谱性的杂食鱼类，主要摄食藻类和浮游生物。也正因此，青海湖裸鲤的生长速度异常缓慢。据繁育站管理人员介绍，青海湖裸鲤每长大一斤需要 11-13 年的光景，这一方面是由高原鱼类遗传特性所决定，但更主要的还是受青海湖极度贫养的环境所限。然而，纵然生长缓慢，但青海湖裸鲤的寿命却非常之长。在刚察县繁育站所捕到的鱼中，最大的一条有 6-7 斤重，也就是说它的年纪至少在 60 岁以上。通过文献调研我们了解到，目前有资料记载的青海湖裸鲤最大个体为 1960 年捕捞的 1 尾 30 斤的个体！至于青海湖裸鲤寿命究竟能达到多长，至今依然是未解之谜。

青海湖湟鱼的洄游习性是与地质构造运动息息相关的，历史上青海湖和古黄河上游相通，后来因为地质运动两者分开，青海湖慢慢变成咸水湖。青海湖水系和黄河水系鱼类区系最为相近；有学者认为青海湖裸鲤和临近水系黄河源的花斑裸鲤有亲缘关系，甚至可能是同一祖先在不同条件下分化的结果。¹这在一定程度上解释了青海湖裸鲤作为淡水鱼类为何生活在咸水，也解释了他们在繁殖过程中对咸水的不适应。青海湖裸鲤在虽然大多数时间生活在咸水湖中，但同其他洄游性鱼类相似，青海湖裸鲤也需要到淡水河流中完成繁殖。青海湖高盐度的水体抑制了青海湖裸鲤的性腺发育，因而它们必须洄游至淡水中完成受精和产卵。青海湖裸鲤的繁殖时间较长，每年的3月到7月份它们会由青海湖进入其周围内流的淡水河中进行繁殖，主要有布哈河、沙柳河、泉吉河、哈尔盖河和黑马河等。

实际上，进行生殖洄游活动的只有青海湖裸鲤的指名亚种。青海湖裸鲤的另一个亚种---甘子河亚种，则是完全的淡水种类。在最初，甘子河也是青海湖的一条内流河，和流入青海湖的其它河流一样，是青海湖裸鲤的产卵场之一。然而，随着地质变迁，甘子河的地上部分逐渐与青海湖发生阻隔，从而转为地下水汇入湖中。这就导致了一部分青海湖裸鲤被困在了甘子河中，转为了纯淡水生活。进而，原有青海湖裸鲤种群发生分化，逐渐演化形成目前的青海湖裸鲤甘子河亚种。同样的地质变化导致物种分异也可能会发生在青海湖裸鲤身上。

（二）青海湖湟鱼保护情况

作为青海湖中唯一的一种鱼类，青海湖裸鲤一度是重要的食物资源。在上世纪60年代，由于饥荒导致针对青海湖裸鲤的捕捞量激增，甚至青海省以外的省份也加入到了裸鲤捕捞的行列中，改革开放后又作为商品经济的代表，遭到了大量捕捞。²短时期内的捕捞强度大于其资源的再生补偿速度是青海湖裸鲤资源迅速衰竭的直接原因。由于自身生长速度缓慢，青海湖裸鲤资源一度衰竭接近临界阈值。不仅如此，上世纪后半叶的环青海湖区域内人口和牲畜量都大幅增加，同时由于生态观念的时代局限性，大范围的人类活动也对青海湖生态造成了不可估量的破坏。举例而言，众多拦河大坝的建设，导致河道水量下降、繁殖环境破坏，也是青海湖裸鲤资源量下降的重要因素之一。

到本世纪初裸鲤保护被纳入地区重点项目时，2002年青海湖裸鲤资源量为2592吨，仅占原始资源量的0.81%。2004年，青海湖裸鲤被《中国物种红色名录》列为濒危物种。所幸的是，在本世纪初人们逐渐认识到了青海湖裸鲤保护的必要性和紧迫性。从上世纪80年代至今，青海省以十年为一个周期，先后五次实施封湖育鱼，极大地减少了人工捕捞对湟鱼书数

¹ 赵凯,段子渊,杨公社等.青海湖裸鲤的起源和花斑裸鲤的种群演化[J].自然科学进展,2007(03):320-328.

² 青海一条鱼:从濒临灭绝到鱼翔浅底[J].水产养殖,2018,39(02):53-54.

量的影响。特别是 2002 年起，青海省便正式开始全面执行严格的封湖育鱼，于 2002 年开始实行零捕捞政策，加大对盗猎分子的打击力度，严格禁止任何单位及个人捕捞裸鲤、销售裸鲤及其制品。同时开展了对裸鲤人工增殖放流技术的探索。统计数据显示，从 2002 年人工增殖放流技术实施至今，青海湖裸鲤救护中心累计向青海湖放流 9497 万多尾裸鲤鱼苗，对种群恢复起到了极大的推动作用。根据中国水产科学研究院长江水产研究所的评估结果，增殖放流对青海湖渔业资源恢复的贡献率高达 23%。目前，青海湖裸鲤种群恢复呈现出稳定发展、欣欣向荣的局面。截止 2022 年，青海湖裸鲤蕴藏量由保护初期的 2592 吨增长到 11.41 万吨，达到保护初期增的 42 倍。

三、 调研内容

（一）保护单位简介

青海湖裸鲤救护中心隶属青海省农牧厅，为社会公益类事业单位，在最初成立时主要致力于解决青海湖裸鲤人工繁育问题，目前工作涵盖青海湖裸鲤种质资源救护、原种保存、种质检测、增殖放流、资源和渔业生态环境普查监测等。救护中心设有国家级青海湖裸鲤原种场，裸鲤增殖放流站和裸鲤重点研究实验室。裸鲤原种场占地 243 亩，具有水产种质资源保存和救护的基础设施设备；裸鲤增殖放流站共两个，分别是沙柳河增殖实验站和 2019 年新建的布哈河黑马河增殖实验站，³我们参观的即是位于布哈河河口的后者。两座裸鲤增殖实验站，分别负责不同流域的鱼苗繁育，每个基地一年增殖放流约 1500-2000 万尾裸鲤。经过二十余年的努力，现在青海湖的裸鲤资源量已达到 11.41 吨。

裸鲤救护中心规模不大，共有二十名职员，因此每年的采卵繁育期都异常忙碌。他们的工作如候鸟一般，每年 5、6 月份开始进行放流和采卵的时候前往下辖增殖放流站，到 8、9 月份回到西宁开展幼苗工作。对于青海湖保护区内的许多机构，这种受高原冬季严寒天气影响而变动工作场所是一种常态。

（二）受访者信息

我们的采访对象主要包括救护站工作人员和救护中心领导。两位接受采访的工作人员：崔恩慧、杨博添均为海洋大学水产专业毕业生，且籍贯均为青海湖沿岸市县；青海湖裸鲤救护中心综合部部长柴长凯、布哈河黑马河增殖实验站站长俞录贤两位领导则均为本地退伍军人，这在一定程度上也反应了目前保护单位内的人员来源情况。

³ 青海湖裸鲤救护中心 <https://www.hrfri.ac.cn/lxylcyjcsxzl/m/gylm/lmhydw/qhlljhzx.htm>

目前救护中西及下属放流站正式编制员工 20 名，其中只有六名技术人员和一名 70 后领导有水产专业背景，技术人员中 80 后 2 人，90 后 4 人，3 名直接参与湟鱼救护工作的技术人员全为 90 后，基地中的大部分职工都是部队转业来的，只有六分之一的人是专业对口的，人才缺乏的问题比较突出。然而，近年来，逐渐有一些学成后回到家乡的专业人员加入到保护队伍中，为保护青海湖裸鲤贡献自己的力量。

（三）保护单位主要工作

裸鲤救护中心的工作主要分为两个部分：裸鲤人工繁育和裸鲤野外监测。我们通过实地考察，亲身体验，观摩学习，访谈调研，查阅文献等多种手段，梳理总结了目前裸鲤保护的主要工作内容。

1. 裸鲤人工救护

目前，裸鲤救护中心已经建立了完善的裸鲤人工繁育流程：

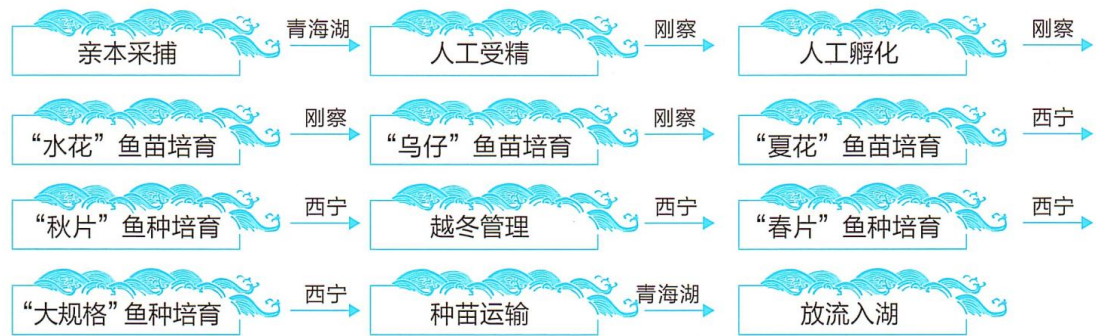


图 1 青海湖裸鲤人工增殖放流工艺流程⁴

裸鲤的人工繁育过程可以概括为采捕、受精、孵化、培育和放流这五个关键步骤。根据文献资料和座谈采访成果，对这五个部分进行详细介绍：

亲本采捕：湟鱼是一种洄游性鱼类，其在洄游季节会游至青海湖周边的淡水湖进行繁殖。救护中心采卵在青海湖的四个主要河道：布哈河、沙柳河、乌哈阿兰河和哈尔盖河；另外也收集甘子河裸鲤进行繁育尝试。增殖放流基地中打造了专门用于采卵的鱼道。在湟鱼洄游季节，湟鱼可以游到鱼道里，之后游进集鱼池，方便工作人员直接从集鱼池中打捞湟鱼进行工作。对于未性成熟的湟鱼，则通过去鱼管放回河中；而已性成熟的湟鱼，工作人员需要通过刺激其生殖孔采集其卵子，并在采集完成后通过去鱼管将其放回河中。

人工受精：在采集到卵子和精液后，工作人员会对采集到的卵子进行人工授精，得到湟鱼的受精卵，这些受精卵会被带回增殖放流站进行人工孵化。

⁴ 图源裸鲤救护中心

人工孵化：孵化过程主要通过立式孵化架进行，孵化架上设有一些盒子，用于放置湟鱼的受精卵。这些盒子中持续有水流过，以保持受精卵所需的温度，同时水流也为受精卵提供了新鲜的水源和氧气。随着受精卵不断发育成熟，经流水循环式孵化 5 天后破膜，小湟鱼从卵膜中破出，进入下一个繁育阶段。

鱼苗培育：鱼苗培育是人工增殖放流过程中时间最长，工作最复杂的过程。在不同的发育阶段，湟鱼会被饲养于不同的人工环境中。当湟鱼受精卵发育到心脏搏动期时，它们会被转移至圆形破膜缸中。破膜后的幼年湟鱼被称为“乌仔”，此时其主要通过消耗卵内携带的卵黄来获取营养。“乌仔”开始时垂游，沉到缸底，到 20 天左右，开始平游，体色也慢慢发黑。破膜后能平游的湟鱼会被转移到长方形的饲养缸中，工作人员会在这些饲养缸中使用开口饵料（轮虫等浮游生物）和蛋黄对湟鱼鱼苗进行投喂。饲养缸中饲养到一定大小，可以自行进食后，这些鱼苗会被转移到西宁的救护中心的池塘继续饲养。

在西宁救护中心，新一年的湟鱼幼苗会被转移至 8 块 4-5 亩的小塘和 2 块 6-7 的大塘共 10 块池塘。池塘饲养的种群密度较低，群体内部干扰相对低一点；劣势在于池塘无法很好地进行人工调控，同时可能存在野外掠食者如蜻蜓幼虫、水鸟等的威胁。通过池塘饲养和口哨等声音训练，这些鱼苗经过驯化后可以做到在抛洒食物时根据声音“赶来干饭”，从而确保饵料投喂给了尽量多的幼鱼。

鲤鱼鱼苗的越冬从第一年的十月开始，由于青海地处高原，冬季较为寒冷，水面冻结，湟鱼鱼苗会通过特定孔径的渔网捕捞进行筛选，体型足够大的会被运输到一个具有循环水和暖气的培育车间，这里可以为湟鱼鱼苗持续提供新鲜的水源和氧气，并且水温适宜。直到第二年的 5-6 月，这些湟鱼鱼苗会被运回繁育基地，进行分离放流，让它们回归青海湖。

湟鱼的人工饲养，更准确来说应该称为淡水人工饲养，对水质的要求十分严苛。在受精卵到“夏花”阶段，湟鱼饲养所用水引自放流站旁的河道，经过了 5 次净化、过滤，通过流速控制，模拟出自然河水的环境。⁵在西宁救护中心，饲养湟鱼的水源来自附近的湟河，经过微滤芯物理过滤、化学过滤、生物过滤、二次过膜等多个工序，得以进入湟鱼饲养循环水系统。救护中心的池塘在接受每年新增的湟鱼幼苗之前，会先加入生物絮团，进行“肥水”，主要是静置诱导池塘里的藻类和浮游动物多多繁殖，从而提供贴近自然条件的生物饵料。

湟鱼人工繁育的饲料选择也有一定讲究。在破膜后的时期，主要投喂蛋黄水和黄豆粉液，还有轮虫、商品粉料等，确保幼体获得充分营养；在开口后，在池塘中集中饲养的湟鱼对水

⁵ 新华全媒+ | “湟鱼宝宝”成长记 http://www.news.cn/politics/2022-08/14/c_1128914486.htm

中的自然饵料消耗很快，因此会补充生豆浆等易于吸收的人工饵料以及在站内饵料室饲养的轮虫等生物饵料。在湟鱼体型较大的时候，会转换成特定的商品鱼饲料。由于高蛋白饵料投喂多、鱼群密度大，在人工繁育过程中容易出现氨氮浓度大的情况，此时还需要加氧、投放硝化细菌等手段来去氨氮，如果浓度过高则要考虑换池。

放流入湖：在经过检疫测验和种质筛选后，在人工饲养条件下生长一年的湟鱼会被运回他们只是一颗受精卵时所在的河道，进行放归。

目前，湟鱼人工繁育已经进入了一个较为成熟的阶段，幼苗存活率达到近 80%。采访过程中得知，每年从各个河段采集的受精卵有近 3000 万枚，即便经过多次筛选，每年重新回归青海湖的一龄鱼数量仍远多于 2000 万的计划量。目前采集的受精卵已经不再全部进行人工饲养，而是经过孵化后在青海湖冬季以前放归湖内自由生长。

2. 野外种群调研

除了繁育相关的生产工作外，救护站也积极开展了野外调研工作。通过注射 PIT 芯片、荧光染料标记等方法，救护站利用标记重捕法的原理每年监控估测着青海湖湟鱼数量的变化，也积极利用定位芯片植入技术探索可能的湟鱼洄游路线。于此同时，在湟鱼洄游途径的上游河段，救护站也设置了电子监控系统，利用电脑程序自动计数，研究每个河段每年湟鱼洄游数量的变化情况。

3. 裸鲤保种研究

救护站会收集人工采卵生下来的子一代作为亲鱼，生成完全在人工环境里长大的子二代，这些亲鱼和子二代鱼类被称为保种鱼。随着裸鲤繁育成功率越来越高，裸鲤保种鱼数量也多了起来。保种鱼的保留，主要是探究纯人工养殖的影响。自然环境下雄鱼自然成熟需要大概三四年，雌鱼甚至更长，能到达四至六年那样。河道里的一龄鱼成熟后很快就可以参与繁殖，纯人工状态培育的裸鲤则成熟得很慢，需要在野外成熟时间的基础上再养三四年。救护站历史最久的一池鱼已经连续饲养了 12 年，但只能通过人工打催产素来促进他们生育，尝试将这些鱼放置到河道里饲养，他们又很快就可以性成熟参与繁殖。初步推断磷氮等微量元素的供应、顶水等活动对性腺的刺激都有影响。救护中心曾经使用子二代保种鱼进行顶水实验，渠道里有水流，让他们逆流而上进行顶水，但是成熟得依旧比较慢。根据实验结果，目前这些保种鱼不允许放归到青海湖里的，因为这些鱼一龄状态下是在淡水中生长，长大后的盐水也是通过添加氯化钠来模拟青海湖的盐度。这种人工养殖和河道自然生长的差异是目前救护之余的研究重点。

4. 河道改造

救护中心同时承担着拦河坝改造设计的任务，拦河坝会导致亲鱼洄游繁殖受阻，自 2010 年起，青海省投入 4500 万元，拆除多条河流的拦河坝，并按照每米高度降低 10% 的标准，修建、改建滚坝，这不仅畅通了湟鱼洄游通道，还大大拓展了产卵场面积。此外，救护中心设计的‘敞开式阶梯形过鱼通道’，不但提高了青海湖裸鲤洄游自然繁殖力，而且彻底解决了多年来‘鱼农争水’的矛盾，通道使用后，断流的现象越来越少，重现了‘半河清水半河鱼’的盛况。⁶

四、 讨论

（一）湟鱼保护取得的成绩

1. 种群恢复方面

人工条件下，青海湖裸鲤繁育成活率有显著提高。据繁育站专家介绍，在野外环境中，一方面由于流水中雄鱼精液浓度比较低，导致鱼卵受精率较低；另一方面因为刚孵化出来的鱼苗非常脆弱，很容易遭到各种天敌的捕食，或因食物匮乏、水温过高而夭折。所以，能成功受精，并顺利游回青海湖里的裸鲤幼崽少之又少，连百分之一都很难达到。相比之下，在繁育车间中，单单裸鲤受精卵的孵化率就能达到 70% 以上。并且，通过人工饵料的饲喂，孵化出来的小鱼绝大多数都能存活。目前每年人工增殖放流对青海湖裸鲤资源增加的贡献率超过 23%。在人工繁育的帮助下，青海湖裸鲤数量呈现稳健而快速的恢复趋势。纵然形势向好，但青海湖裸鲤的保育工作依旧不容懈怠。与青海湖原始裸鲤资源量的 30 万吨相比，现在的 11 万吨仅仅只达到了其三分之一。未来的保护工作依旧任重而道远。

无可否认的是，在过去的二十年间青海湖裸鲤保育工作是成果斐然的。然而相比之下，长江流域的许多珍稀鱼类（如中华鲟、胭脂鱼等），它们的保育却举步维艰。那么，湟鱼繁育的成功经验是否能迁移到这些物种的保护中呢？针对这点疑问，我们也请教了湟鱼繁育站的专家们。

据专家解释，青海湖裸鲤最初的稀少，主要有三方面原因：①食物缺乏导致生长速度缓慢；②大量捕捞使得资源消耗速度远超恢复速度；③早期灌溉性的水坝建设阻断了裸鲤洄游繁殖的道路。而裸鲤保育的成功主要就在于解决了这三大痛点：通过人工繁育提高了裸鲤的生长速度和存活率；通过封湖禁渔阻断了裸鲤的捕捞；拆除了部分水坝以保障洄游线路的通畅。这三大举措起到了决定性作用。

⁶ 守护湟鱼，还一个生机盎然的青海湖

http://www.tibet.cn/cn/news/zcdt/202106/t20210604_7015480.html

然而，这些措施对于像长江流域的中华鲟、胭脂鱼等鱼类却更难执行。其一，中华鲟等野生原始种群数量很小，人工繁育也更为困难，短时间内数量很难提升；其二，长江流域有很多早期修建的大型水坝，均未设有过鱼通道且难以直接拆除，会对洄游鱼类产生较大的不利影响。也正因此，目前这些鱼类的恢复均很难达到裸鲤保育的效果。

2. 生态宣传方面

救护中心在逐年加强裸鲤保护相关宣传活动。在之前的保护过程中，救护中心往往作为幕后工作者，以幼鱼提供者的身份参与到刚察县组织的集体放流活动中。随着青海省加强生态建设进程，救护中心也越来越多地通过新华网、光明日报等官方媒体提高湟鱼知名度。除了科普宣传之外，救护站还通过环湖展板宣讲、放流活动现场讲解、学校内部科普讲座等方式向当地居民介绍基本工作情况和湟鱼保护相关知识，在西宁的救护中心也积极开放大中小学生参观，发放科普宣传物料。之后考虑通过和鲤鱼家园等著名景区开展各项合作或直播展示救护过程等形式扩大区域影响力。

（二）裸鲤保护的威胁与挑战

1. 生态环境

湟鱼对青海湖的水质要求较高。青海湖水位上升或下降过快都会导致水体盐度发生变化，理化性质随之变化，会对裸鲤生理活动产生影响。整体上的极端气候也会对裸鲤造成影响。受气候变暖和极端天气的影响，夏季冰川融水量非常大，降雨后往往又导致洪水，支流水量变化巨大，阻碍了湟鱼的正常洄游。随着全球变暖与极端天气状况的增加，河道断流、洄游亲鱼搁浅的情况越来越普遍。物种关系上来说，目前青海湖水鸟数量增长迅速，从四万只增长至十几万只，会对湟鱼造成捕食压力。特定鸟类粪便中携带的寄生虫，比如一类专门寄生在鱼眼睛中的线虫，会造成鱼的白内障，从而提高被水鸟捕食的概率。

2. 人类活动

首先，最直接也最严重影响湟鱼生存的人类活动是过度捕捞。在洄游河道里捕捉的多是生殖腺发育成熟的亲鱼或携带卵的个体，对下一代的成活率影响很大。湟鱼盗捕和食用是相当青海湖沿岸餐馆存在的现象，我们在实践过程中也被推销过冠以湟鱼之名的菜品。据了解，青海湖的执法部门每年洄游季节都会在湖边巡逻，但是由于涉及水体面积较大，对于当地人小规模地私自打捞仍难完全杜绝。由于执法较为严格，目前市场上流通的裸鲤数量相对较少，很多所谓“裸鲤”都是从扎陵湖、鄂陵湖偷运过来的花斑裸鲤过来冒充，个头较大，也就被

统一叫做“湟鱼”。这提示我们，想要彻底地做好保护工作，需要发动群众使其由衷地认同保护工作，单纯依靠行政措施打击非法捕捞仍是远远不够的。

旅游业的影响也不容小觑。随着青海湖知名度提高，越来越多的地方政府尝试开发青海湖特色旅游资源，发展地方经济，但部分流域上游地区在景区开发时修整河道，直接截断了鱼类洄游，硬化的河底也不同于本来上游的沙地，严重影响了鱼类繁殖和鱼卵孵化。另外游客的投喂和观赏行为也对湟鱼生理和行为有所影响。以裸鲤的洄游和性腺发育为例，成体湟鱼在越冬的时候，在青海湖生长至性腺发育四期，就会参加当年的洄游，洄游的时候生殖腺发展到五六期才会产卵，有些鱼生殖洄游开始时没有发展到四期，那么在洄游过程中还会返回。对部分青海湖景区特别是人工投喂点，由于食物供应充足，有些裸鲤即使发育到性腺成熟也不参与洄游，俗称“坐水鱼”，性腺会被直接吸收掉。这也对裸鲤种群数量有着直接的影响。

五、 展望

生态治理，不单单要靠每年专业保护机构的活动，更要发动人民的力量，提高每一位基层群众对生态保护的思想认识。针对目前存在的问题，救护中心可以继续依托增殖放流活动开展宣传，将“观看裸鲤、放流鱼苗、保护鱼鸟”成为当地群众参与到青海湖流域生态文明建设中的自觉行动。通过宣传野生湟鱼的食品安全问题和消费欺诈问题，减少民众对食用湟鱼的兴趣。相信随着青海湖国家公园的建立，通过积极和保护区内自然保护机构协调沟通，救护站可以在青海湖裸鲤的保育事业上取得长足进步