

地下漏斗式自旋自净虹鳟鱼养殖池设计及实践应用

马奇珠¹ 马玥²

1. 甘肃秦州珍稀水生野生动物国家级自然保护区管护中心 甘肃天水 741000

2. 中国联合网络通讯有限公司西安市分公司 陕西西安 710061

摘要: 地下漏斗式自旋自净虹鳟鱼养殖池设计, 其原理就是利用北半球漩涡原理, 以及利用双进水管水流冲击力, 促使养殖池水体在漏斗式结构中逆时针旋转, 通过水流旋转冲刷作用, 减少鱼类粪便和鱼饵残渣在养殖池底的沉积、增加水体溶氧含量, 并通过池底排水管将鱼类粪便和鱼饵残渣及时和有效排出, 从而达到水体自净、增氧扩容、产量提升、减少人工成本和提高效益的目的。该养殖池 2024 年 8 月 9 日获得国家知识产权局颁发的“实用新型专利证书”(证书号:第 21485836 号, 专利号:ZL202322884911.2)

关键词: 地下漏斗式; 自旋自净; 养殖池

为解决甘肃秦州珍稀水生野生动物国家级自然保护区北峪河管护站内驯养繁殖和收容救治的大鲵饵料问题, 作者于 2018 年设计并经工程人员施工, 修建了一座深 4.5m、外径 17m 的地下漏斗式虹鳟鱼养殖池。

1. 养殖池设计背景

甘肃秦州珍稀水生野生动物国家级自然保护区位于甘肃省天水市秦州区, 保护区总面积 3010km², 是高海拔地区秦岭北坡大鲵和我国特有陆封型冷水鱼类秦岭细鳞鲑主要的生活、栖息、繁殖区域, 反映在生物类型上为长江、黄河两大水系生物在秦岭山脉重要交汇, 具有重要的生物地理学意义。保护好该区域内的野生大鲵、秦岭细鳞鲑及其生境, 对维护区域生态系统的完整性、原真性和研究我国陆生脊椎动物的起源、种系发生、迁移、地理分布和演化等, 都具有非常重要的科学价值。目前保护区范围内大鲵资源量为 3000 尾左右, 秦岭细鳞鲑种群数量在 12800 尾左右。

自保护区建立以来, 累计收治群众、社团捐赠及日常巡护中发现的受伤、误捕的大鲵近百尾, 同时驯养用于繁殖的大鲵约百尾, 如何解决这些驯养和暂养大鲵的饵料就成为要考虑的问题之一。同时, 随着国家对生态环保越来越重视, 保护区的执法管理也越来越严格, 保护区周边群众的部分传统生产生活方式, 如采药、割毛竹、放牧等活动被严格限制或禁止, 导致周边社区发展与保护区管理之间产生矛盾。

因此, 作者创新设计理念和思路, 设计并建成了地下漏斗式自旋自净虹鳟鱼养殖池一座, 由于占地少、产量高、

用工省、效益好, 不但解决保护区大鲵饵料问题, 同时也为当地群众如何高效利用冷水资源, 发展中高档水产养殖业, 有效增加农民收入, 起到了示范作用, 并且为今后化解保护区周边群众产业发展与保护区管理之间的矛盾奠定了良好的基础。在此基础上, 进一步研究表明, 地下漏斗式自旋自净养殖池的设计不仅提高了水体的自净能力, 同时也提升了虹鳟鱼的生长速率和免疫力。这种设计模式对于节约水资源和保护生态环境有着重要意义, 为其他地区冷水鱼类养殖提供了可行性方案。通过实践, 该设计在生态养殖和可持续发展方面的优势已经得到了初步验证, 未来可期待其在更广泛的范围内推广应用。

2. 养殖池设计理念及思路

总体设计理念: 达到水体自旋自净、增氧扩容、产量提升、节约成本和提高效益的目的。

具体设计思路: 一是养殖池采取地下漏斗式结构, 不但可以方便日常养殖操作、增强养殖池结构强度、减少占地面积、增加养殖池有效容积, 还可提高进水口与取水口之间的高差、增大进水口水流速度; 二是利用在北半球形成的漩涡一般会逆时针旋转这一自然现象, 将池塘设计成从上部进水、底部排水, 使之自然形成逆时针漩涡。同时, 进水采取双管设计, 使两根进水管在池内管口互反、相对呈逆时针方向排列, 靠进水流冲击力进一步带动水体旋转, 以“双动力”推动养殖池内水体逆时针旋转, 这样不但可以有效增加养殖池水体溶氧, 而且可以通过水体旋转防止养殖残饵和

鱼类排泄物的沉积，从而达到自动、高效、快速去除养殖残饵和鱼类排泄物目的；三是将养殖池进水口管径，从原来的 $\text{Ø}400\text{mm}$ 管径通过变径为 $\text{Ø}150\text{mm}$ ，进一步增加进水流速和压力，从而促进养殖池水体自旋能力。同时安装自动投饵机，以减少养殖用工，达到节约成本的目的；四是采用地下漏斗式结构，有利于防止北方地区水体冬季结冰、夏季水体水温过高，同时有利于水体旋转和残渣向池底排水管集中排出；五是防止虹鳟鱼苗种被排污口强大的吸力吸附到管口而受伤，因此在排污管上罩一金属笼罩（直径1000mm，高

1200mm，四周用金属网封闭，网片孔径15mm），既能起到二次防逃作用，又能防止鱼种因吸附而受到伤害。五是在漏斗式结构的基础上，通过精确计算水流动力学参数，优化排水管设计，确保旋转流速与鱼类游动速度相匹配，使鱼群在旋转水流中能更好地摄食和生长；六是通过实时调节进水流速和氧气供应，保证养殖环境的最佳状态。通过这些创新设计，进一步提高了养殖效率和生态效益。

3. 养殖池设计细节图

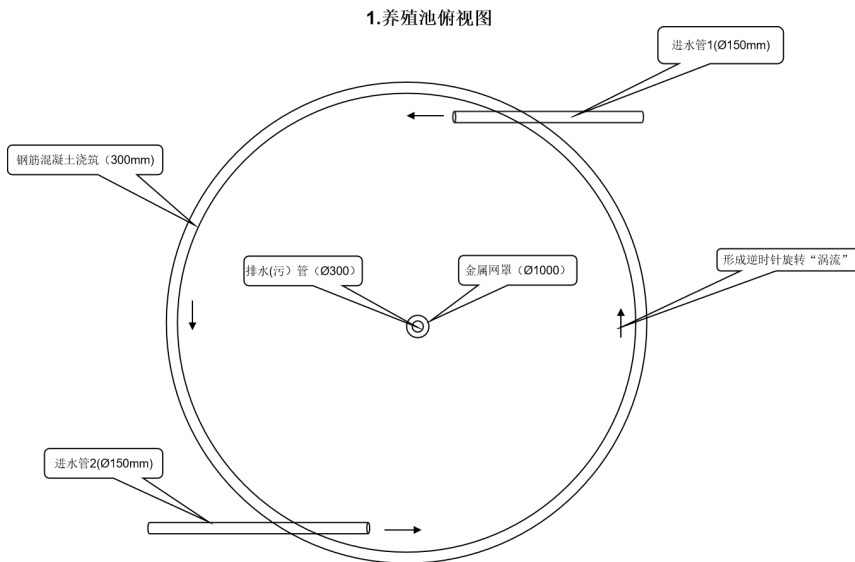


图1 养殖池俯视图

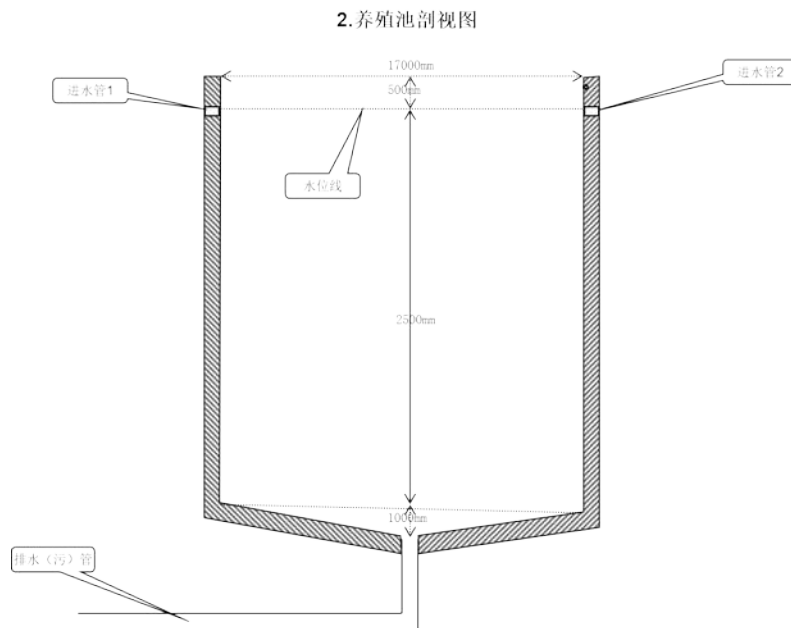


图2 养殖池剖视图

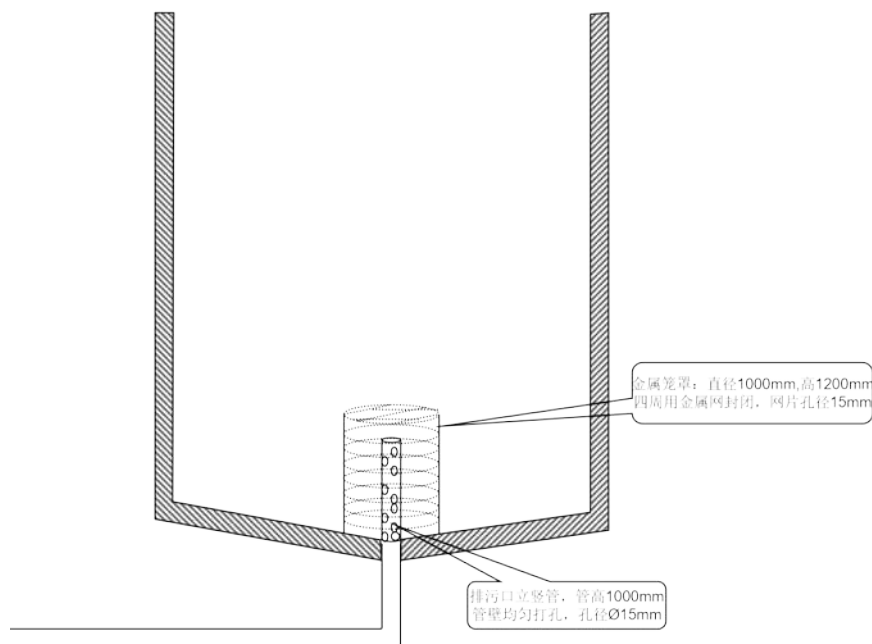


图3 养殖池排水口设计图

备注: 金属笼罩用 $\text{Ø}16$ 螺纹钢筋焊成, 圆筒形, 外面用 1.5cm 孔径网片封闭, 之后倒扣在排污竖管上, 防止因排水产生的吸力造成鱼类被吸附在排污竖管上而受伤。金属笼罩不用固定, 方便之后清洗和维修。

4. 养殖池设计定位

甘肃秦州珍稀水生野生动物国家级自然保护区介于东经 $105^{\circ} 45' 08'' \sim 105^{\circ} 59' 48''$ 与北纬 $34^{\circ} 05' 42'' \sim 34^{\circ} 19' 49''$ 之间。属秦巴山区西秦岭北部, 秦岭山脉主脉自西向东延伸, 岭南地势高于岭北, 岭北为西高东低, 岭南为北高南低。峰峦叠嶂, 沟壑纵横, 地形崎岖, 山势陡峻, 沟壑纵横, 山泉伏流密布, 水质清澈, 乔灌丛生, 植被茂密, 环境阴凉, 属于山涧溪流型生态环境。年平均降雨量为 665mm , 因受季风影响, 一年中降水夏多春少, 春季降水量 136.3mm ; 夏季 309.3mm ; 秋季 202.0mm ; 冬季 17.7mm 。年均气温 10.72°C , 大陆性半高寒半湿润气候特征明显。

因此, 该养殖池定位于山涧溪流型冷水资源丰富、水质良好、地势落差较大、建塘土地资源相对不足的中纬度区域。具体: 年平均水温 $8 \sim 10^{\circ}\text{C}$, 最适水温 $10 \sim 15^{\circ}\text{C}$ 之间, 最高水温 $\leq 22^{\circ}\text{C}$; 透明度 100cm 以上; 水体溶解氧为 $8.05 \sim 8.38\text{mg/L}$; pH值在 $7.09 \sim 7.06$ 之间; 总硬度 $1.04 \sim 4.39$ 度; 总碱度 $0.45 \sim 1.45$ 度; 高锰酸盐指数在 $0.81 \sim 1.89\text{mg/L}$

之间; 化学需氧量在 $8.5 \sim 11.88\text{mg/L}$ 之间; 五日生化需氧量在 $0.71 \sim 1.46\text{mg/L}$ 之间; 氨氮含量在 $0.2808 \sim 0.3122\text{mg/L}$ 之间; 总磷含量在 $0.0279 \sim 0.0576\text{mg/L}$ 之间; 总氮含量在 $0.5707 \sim 0.9783\text{mg/L}$ 之间。总体要求水质达到地表水环境质量II类标准(GB 3838-2002)和渔业水质标准(GB 11607-89)。海拔高度在 $1464\text{m} \sim 2128\text{m}$ 之间, 平均海拔高度在 1770m 左右。

基于上述条件, 设计的养殖池应充分利用自然地形和水文特点, 如采用梯级式引排水布置, 既符合地形特征, 又便于水流的自然循环, 保持水体新鲜并节约能源。同时, 考虑到虹鳟鱼生态习性, 设计应着重模拟其天然栖息地的环境, 以确保其最佳生长状态。

5. 养殖池建设选址及建造要求

(1) 地势要求。由于该养殖池采取地下漏斗式结构, 因此选址时一定要充分考虑进、排水情况, 即进水取水口位置要比排水口位置至少高出 5m 左右, 从而有利于排水和增加水的流速。

(2) 地质要求。同样由于该养殖池采取地下漏斗式结构的原因, 使得该养殖池池底对地压力特别大, 因此在地质结构不太好的地方一定要认真夯实地基, 以免造成池子下陷和倾斜。

(3) 养殖池结构强度要求。由于该养殖池蓄水水位较

深，水对池壁的压强很大，建造时最好采用钢砼结构，即钢筋要求双层、 $\Phi \geq 10$ ，池壁厚度 $\geq 30\text{cm}$ ，混凝土现浇。

(4) 进、排水管要求。进水管一般采用聚乙烯(PE)管，热熔进行连接，该管材的抗推拉、抗剪切性能、耐腐蚀性能都很好，但此管不耐高压，因此不能用作排水管。排水管最好采用耐腐蚀性好、承压能力高的钢筋混凝土管或球墨铸铁管高。

在地下漏斗式结构的设计中，为了防止极端气候对养殖池的影响，应采取相应的措施，如设置防洪排涝系统，以确保养殖环境的稳定性。

6. 建成后的运行情况

养殖池 2018 年底建成并进行了试运行：开启进水阀加水至淹没进水管后，打开排水阀进行调节，使进水量和出水量正好保持平衡。经试运行：进排水情况、水体旋转状态和试水鱼生长等一直保持良好的，无需人工过多干预。



图 4 建成后的运行情况

2019 年 4 月从武山县马力镇王门村九九泉冷水鱼养殖场购买虹鳟鱼种 5000 尾，规格 25 ~ 35g/尾。由于考虑增加了进水流速、自旋自净、增氧扩容和自动投饵等设计，除投放鱼种后一周内出现不到 200 尾的死亡情况外，之后很少再出现死亡的情况，特别是因病死亡情况，全池运行仅需 1 人进行管理。经 2 年的人工配合全价饵料投喂，到 2020 年 12 月规格达到 750 ~ 850g。



图 5 人工投喂

2021 年 4 月又购进大规格虹鳟鱼种 10000 尾，规格 30 ~ 35g/尾，全程使用人工配合全价饵料定点、定时、定量投喂，到 2022 年 12 月拉网捕捞，规格普遍达到 800g 以上，成活率 85%(这里强调一下：2022 年因在上游修建“天水 - 陇南”铁路隧道通风口，造成养殖用水浑浊，期间停水一周，导致虹鳟鱼死亡率较高)，饵料系数 1.54。

经过深入分析与改进，养殖池的自净能力进一步增强，应对外界环境变化的韧性也显著提高。在上游修建隧道通风口期间，尽管遭遇临时性的用水质量下降，但通过及时调整养殖管理策略，如增加应急增氧措施，确保了养殖环境的稳定，最终减少了因环境因素导致的鱼类死亡。这一经验表明：灵活的养殖管理与先进的养殖技术相结合，能有效缓解环境变化对养殖业的影响。随着养殖技术的不断创新，未来的养殖管理将更加智能化和精细化。例如，可以结合物联网技术实时监控水质变化，并通过数据分析预测养殖环境趋势，及时调整养殖策略。进一步地，结合遗传选择和基因编辑技术，培育更具环境适应性和病害抗性的鱼种，以增强养殖系统的整体稳定性和生产效率。

7. 效益分析

经 2022 年 12 月测算年人均纯收入超 8 万元。

(1) 总收入：总产量 6800Kg × 天水当地市场批发价 40 元/Kg=27.2 万元

(2) 总支出：16.05 万元

①鱼种：10000 尾 × 1.5 元/尾 =1.5 万元

② 饵料: $10010\text{Kg} \times 8.5 \text{元} / \text{Kg} = 8.52 \text{万元}$

③ 人工费: $3 \text{万元} / \text{年人} \times 1 \text{人} \times 2 \text{年} = 6 \text{万元}$

④ 电费: $300\text{W/h} \times 3\text{h/d} \times 365\text{d} \times 2 \text{年} \times 0.51 \text{元} / \text{KW} = 0.0335 \text{万元}$

(3) 纯收入: $27.2 \text{万元} - 16.05 \text{万元} = 11.15 \text{万元}$

经过测算, 2年内一个人(含人工)纯收入为17.15万元, 效益相当可观。今后, 我们将在组织当地群众参观考察的基础上, 对当地有意向的村民或返乡人员提供技术指导, 以充分利用当地自然资源, 解决保护与发展的矛盾。



图6 当地群众参观考察

针对持续扩大的市场需求, 未来我们计划逐步提高养殖规模, 增进养殖技术的创新与应用, 同时引入智能化管理系统, 以提升养殖效率及产品质量。此外, 还将探索养殖业与旅游、休闲等产业的融合发展新模式, 打造特色鱼业品牌, 进一步带动地方经济增长。随着养殖技术的不断优化和市场经验的积累, 我们预期可通过遗传改良和饲料配方的调整来提高鱼类的生长速度和成活率, 这将直接降低单位产出成本, 增加市场竞争力。此外, 通过与科研院所合作, 开发适宜本地环境的高效养殖模式, 不仅可以提升产量, 也有助于生态环境的可持续发展。

8. 总结

地下漏斗式自旋自净虹鳟鱼养殖池建成后, 从进排水操作、苗种投喂、日常管理, 以及商品鱼养成, 整个过程一直由本单位聘用的一名协管员进行管理; 养殖池每两年出塘商品鱼一次, 规格普遍达到800g以上; 在养殖过程中, 养殖池的水体一直保持清澈见底, 苗种成活率达85%以上, 而且从运行起至今从没有进行过底人工清污工作; 经过测算, 2年一个人(含人工)纯收入为17.15万元, 效益相当可观。通过近四年的运行, 该养殖池总体呈现出运行成本低、单位

产量高、经济效益好、适合多种冷水鱼养殖等特点。

但地下漏斗式自旋自净虹鳟鱼养殖池的修建也存在一些限制性因素: 一是修建成本高。本单位2018年按本人设计修建的深4.5m、外径17m的地下漏斗式自旋自净虹鳟鱼养殖池总造价达80万元, 这对一般养殖户来说是一笔很大的投入; 二是地下漏斗式自旋自净虹鳟鱼养殖池仅适合于需氧量大、对水流速度要求快的冷水鱼养殖, 且对冷水资源及其水质要求较高, 不适合于“四大家鱼”等需氧量少、对水流速度要求慢的常规商品鱼养殖; 三是地下漏斗式自旋自净虹鳟鱼养殖池建造要选择进排水有一定落差的山地丘陵地带, 不适合在河道相对平缓和进排水不畅的地方建造; 四是地下漏斗式自旋自净虹鳟鱼养殖池进排水管道铺设和排污口设施的安装复杂, 如果管材材质选择或管道铺设、排污口设施安装不当, 极易造成管道开裂、水体无法旋转、逃鱼和造成鱼体损伤等情况发生。

针对这些限制性因素, 未来的研究与实践可着重在成本控制与技术改进上下功夫。例如, 通过材料创新和结构优化, 降低建造和维护成本, 或是开发新型高效适应性排污设施, 以减少对地形的依赖, 使得该技术更易于在不同地理环境中推广应用。此外, 针对特定地区水资源稀缺的问题, 研发了循环水处理系统, 以减少对自然水体的依赖, 确保水质稳定, 既节约了水资源又保护了环境。同时, 进一步探索该养殖模式对其他种类鱼类的适用性, 拓宽其应用范围。

参考文献:

- [1] 韩如斋、殷元洪、韩苟(1974)虹鳟鱼低成本养殖实验, 《淡水渔业》;
- [2] 孙兴旺、朱文锦、杜建刚、肖宏(1999)虹鳟鱼养殖技术研究, 《淡水渔业》;
- [3] 刘孝华(2002)虹鳟鱼生物学特性及人工养殖技术, 《江苏农业科学》;
- [4] 江为民(2004)虹鳟鱼流水养殖, 《湖南农业》;
- [5] 朱国强(2009)虹鳟生物学特性及养殖技术, 《黑龙江水产》。

作者简介:

马奇珠(1970—), 男, 汉族, 甘肃天水, 本科, 甘肃秦州珍稀水生野生动物国家级自然保护区管护中心, 高级兽医师, 研究方向: 淡水渔业、水生野生动物保护。