

题目编号：SY-202606

面向高密度海水养殖的耐高盐自清洁纳米陶瓷膜关键技术比赛方案

一、发榜单位

北控水务集团有限公司

二、题目名称

面向高密度海水养殖的耐高盐自清洁纳米陶瓷膜关键技术

三、题目介绍

（一）选题背景：海水养殖高质量发展对关键水处理技术提出新要求

随着我国海洋经济和现代渔业的快速发展，海水养殖正由传统粗放式模式向“工厂化、高密度、循环水养殖（RAS）”模式转型升级。相较于依赖大水体交换的传统养殖方式，循环水养殖在节约海洋水资源、减少污染物排放、提高单位水体产出率等方面具有显著优势，被认为是未来海水养殖的重要发展方向。然而，在实际运行过程中，海水循环养殖系统仍面临一系列制约其规模化推广和稳定运行的关键技术瓶颈。其中，水体中纳米级有机污染物和生物污染前体的持续累积，是当前工程实践中最为突出、也最难解决的问题之一。这类污染物主要包括饵料残留分解形成的胶体蛋白、脂类颗粒、微生物分泌的胞外聚合物（EPS）等，其粒径集中分布在数纳米至十余纳米区

间，具有高度稳定、难以沉降、易引发生物膜污染的特点。在
高密度养殖条件下，这类物质会不断富集，导致水体“表观清
澈但系统失稳”，具体表现为病原传播风险上升、养殖生物应
激增强、生化处理单元负荷失衡以及系统对药物和消毒措施的
依赖度增加。这不仅提高了运行成本，也对食品安全、生态安
全和行业可持续发展构成潜在风险。因此，如何在不显著增加
能耗和运行复杂度的前提下，实现对纳米级污染物的长期、稳
定控制，已成为海水养殖领域亟需突破的共性技术难题。

（二）现实需求：现有技术体系在纳米尺度污染控制上的 关键环节存在不足

从当前工程实践来看，海水养殖循环水处理系统通常采用
“机械过滤—蛋白分离—生化处理—消毒”的组合工艺。该体系
在去除大颗粒悬浮物及溶解性氮污染物方面已较为成熟，但在
纳米尺度污染物控制环节仍存在明显短板。

一方面，转鼓滤、砂滤等机械过滤单元主要针对微米级颗
粒，对胶体及纳米级有机物去除能力有限；另一方面，生化处
理过程主要围绕氨氮、亚硝酸盐等指标，对结构复杂、难以快
速降解的胶体有机物及 **EPS**（胞外聚合物）缺乏有效调控手段。

此外，现有聚合物超滤膜在高盐、高有机负荷条件下易发
生污染累积，导致通量衰减快、清洗恢复率低，长期运行稳定
性有待提升。

在此背景下，工程实践中常通过提高换水率或增加药剂投

加进行补偿，不仅增加运行成本，也不利于绿色低碳发展。

因此，亟需围绕“纳米尺度污染物控制”中的关键环节，探索具备抗污染能力强、易维护、适应高盐环境的新型材料或工艺单元，为现有技术体系提供可嵌入式的优化方案。

（三）技术切入点：自清洁纳米陶瓷膜的工程潜力与创新价值

纳米陶瓷膜（孔径 $<50\text{ nm}$ ）以其耐高盐、耐氧化、耐高强度清洗、使用寿命长等特点，在工业水处理和高端分离领域已得到广泛应用。相较于聚合物膜，陶瓷膜更适合在复杂水质和高负荷工况下长期运行，这使其在海水养殖领域具有天然的适配优势。特别是孔径位于 $5\text{-}20\text{ nm}$ 尺度的陶瓷膜，在拦截胶体有机物、EPS 及病原传播载体方面展现出独特潜力。如果能够通过材料与结构设计，将膜孔径稳定控制在适宜区间，并引入强化抗污染与自清洁机制，使其在运行过程中实现“污染物截留—原位脱附—性能快速恢复”的动态平衡，则有望将纳米陶瓷膜从单纯的过滤部件，升级为维持养殖系统长期稳定运行的核心功能单元。本选题所强调的“自清洁”，并非依赖频繁停机化学清洗，而是探索通过强化反冲洗、物理扰动、催化氧化等方式，在系统运行过程中持续削弱膜污染的形成与积累。这一技术方向既符合工程实际对可靠性和可维护性的要求，也为多学科交叉创新提供了广阔空间。

（四）应用场景与示范意义：从单点技术到系统解决方案

在应用层面，自清洁纳米陶瓷膜可作为海水养殖循环水系统中的关键功能节点，布设于生化处理单元之后、消毒单元之前，用于对循环水进行精细净化和稳定化处理。通过持续削减纳米级污染物浓度，可有效降低病害暴发概率，减轻养殖生物应激反应，延长系统连续运行周期，并显著降低换水率和药物使用频次。进一步而言，该技术不仅适用于单个养殖场景，还具备良好的模块化和可复制特征，可推广至育苗系统、高附加值水产养殖以及养殖尾水回用等多种应用场景。通过工程示范的方式，形成一套可量化评估、可标准化推广的技术方案，将为海水养殖行业的绿色转型提供有力支撑。

四、参赛对象

学生赛道：2026 年 6 月 1 日以前正式注册的国内全日制非成人教育的普通高等学校在校专科生、本科生、硕士和博士研究生（不含在职研究生），以及全日制职业教育本科、高职高专在校学生，可通过学生赛道申报作品参赛。

各赛道参赛对象可以团队或个人形式参赛，每个团队不超过 10 人，每件作品可由不超过 3 名指导教师进行指导。可以跨专业、跨学校、跨单位、跨地域组队，但同一团队所有成员均应符合本赛道相关年龄、身份要求。每件作品只可由 1 所高等院校、科研院所或企业等作为参赛主体提交申报。

五、答题要求

参赛者需提交详尽的研究报告，报告内容必须涵盖技术的

原理、工艺流程设计、实验数据及分析、技术经济可行性分析等内容。

六、作品评选标准

1. 创新性（30 分）：评估技术原理、工艺流程等方面的创新程度，是否突破传统思维，在资源回收和降碳方面有新颖的理念和方法。

2. 可行性（30 分）：考量技术在实际工业应用中的可行性，包括设备需求、操作条件、成本效益以及降碳措施的实际可操作性等。

3. 资源回收率（20 分）：依据方案中对碱性废水中 useful 物质的回收比例进行评分。

4. 降碳效果（10 分）：根据处理过程中的碳排放降低情况进行打分，对比传统处理方式，评估其在减少温室气体排放方面的成效。

5. 报告完整性（10 分）：评价研究报告内容是否完整、逻辑是否清晰，降碳相关内容的阐述是否准确、全面。

七、作品提交时间

2026 年 5 月至 8 月上旬，各参赛团队选择榜单中的题目开展研发攻关，各高校、企业、科研机构等组织协调机构应组织学生和青年科技工作者参赛，安排专业人员给予指导，为参赛团队提供支持保障。

2026 年 8 月 10 日前，各参赛团队要向发榜单位完成作品提

交，并严格遵照发榜单位明确的提交规范执行。

2026年8月20日前，由发榜单位完成初审，确定入围终审擂台赛的晋级作品和团队。

2026年8月底，组织终审擂台赛，角逐“擂主”。

八、参赛报名及作品提交方式

请将所有项目资料打包，命名为：揭榜挂帅+命题方向+项目名称+院校，提交至邮箱：dongyuge@bewg.net.cn。

各参赛团队在提交作品时，同步报送1份经报名系统审核通过的参赛报名表，报名表所有信息须与系统内填报内容完全一致。

九、赛事保障

为支持参赛团队围绕命题开展研究与实践，主办单位将结合赛事进程及项目实际需求，统筹各类资源，提供多层次支持保障。

在应用场景方面，视条件组织参赛团队开展相关场景调研或技术交流，帮助团队了解行业实际需求与典型工艺流程；在技术与资源方面，根据项目需要，协调提供必要的资料信息、基础数据或实验条件支持，辅助团队开展方案设计与验证工作。

对于优秀成果，主办单位将结合实际情况，推动与相关单位的对接交流，探索后续深化合作及成果转化的可能路径。

十、设奖情况及奖励措施

（一）设奖情况

特等奖 5 名， 一等奖 5 名， 二等奖 5 名， 三等奖 5 名。 擂主 1 名从特等奖中决出。

（二）奖励措施

擂主奖： 奖金 100000 元/队（税后）；

特等奖： 奖金 20000 元/队（税后）；

一等奖： 奖金 10000 元/队（税后）；

二等奖： 奖金 5000 元/队（税后）；

三等奖： 奖金 2000 元/队（税后）。

擂主奖和特等奖奖金可累计， 评奖现场一次性发放现金奖金， 为“擂主” 获奖团队主要成员提供相关技术部门工作或实习的机会。公司产品研发部、 技术方案部和董事会办公室对所有获奖团队优先录用。根据双方协商情况， 为获奖项目提供孵化机会。

（三）奖金发放方式

比赛结束后， 单位比赛专班工作人员与获奖团队取得联系， 填写奖金申请表， 待获奖团队提供银行卡详细信息后 4 个季度内， 将奖金一次性发放至获奖团队提供的银行卡中。

十一、比赛专班联系方式

（一）赛事服务团队

联络专员：董老师，联系电话：18901230471

负责比赛期间组织服务及后期相关赛务协调联络。

（二）联系时间

比赛期间工作日（9:00-17:00）

附：发榜单位简介

北控水务集团（香港主板上市公司，股票代码 00371.HK，以下简称“北控水务”）是北控集团旗下专注于水资源循环利用和水生态环境保护事业的旗舰企业。近年来，北控水务深度洞察市场，构建“1+4+4”业务协同发展新格局，深度聚焦污水主业，并行推进供水水司、厂网一体化管网、再生水、污泥业务，同时关注环卫、装备、工业水、新固废四大新赛道业务发展，形成业务组合的良性互动，向高质量发展迈出新步伐。

作为一家综合性、全产业链、领先的专业化水务环境综合服务商，北控水务集产业投资、设计、建设、运营、技术服务与资本运作为一体，水处理规模、总资产、总收入位居国内行业前列。经过多年发展，北控水务连续十三年荣登“中国水业十大影响力企业”榜首、在 2014 年全球水务高峰论坛上作为唯一一家中国水务企业入选全球年度水务公司四佳、连续七年入选《财富》中国 500 强、连续八年荣获全亚洲精英团队-最具荣誉公司称号、荣获“最具品牌价值上市公司”“最具社会责任感上市公司”等多项国内外权威大奖。

北控水务集团服务领域遍布中国 31 个省市自治区（含中国澳门、台湾地区）覆盖 100 多个地级市，以及马来西亚、新加坡、葡萄牙、沙特阿拉伯、澳大利亚、新西兰、博兹瓦纳、安哥拉 8 个海外国家，在全球拥有 20000 多名员工。北控水务拥有水厂 1447 座，其中 1196 座污水处理厂及乡镇污水处理设施，

180 座自来水厂，70 座再生水处理厂，1 座海水淡化厂，总设计能力为 4429 万吨/日；拥有水环境综合治理项目 30 多个，治理河流长度 1500 多公里，管网长度超 4000 公里，流域治理面积超过 7000 平方公里。

北控水务恪守“守护生命之源，创造绿色环境”的崇高使命，全面对接国家绿色发展战略，在“三片两江一带”的治水高地有序布局，始终牢记国有企业和环保领先企业的社会责任与使命，助力打赢“三大保卫战”，全力以赴建设美丽中国。