

抑制藻类过度生长固磷净水剂的研究

史 前 / 山西大学附属中学

指导教师 刘海龙

◎ 研究目的

水资源短缺和水质污染构成人类生存和社会发展的瓶颈,提高水处理能力和效率成为解决水资源短缺、净化水质的重要途径。水体富营养化、藻类过度生长的危害日益受到人们的关注。藻类普遍存在于天然水体中,是水体富营养化及其危害的重要参与者,对水处理过程和水质影响深远。

本项目研究以提高水体透明度、降低其中生物有效磷、控制底泥磷释放为主要控制环节,并以混凝强化除磷、除藻、澄清工艺、底泥固磷等为主要内容的控制富营养化的方法。其要点在于:

◆ 本项目研究一种由矿渣废料合成的净水剂,在高效去除水中生物可利用磷(AAP)的同时,能有效降低水体浊度,提高水体透明度和光照利用率,改善水底光照环境。

◆ 该净水剂同时能对形成絮体及底泥中磷的再释放实现有效控制。

◆ 研究一种水体除磷、水底环境改善、底泥磷高效控制的净水剂及其用于水质富营养化控制的方法。

◆ 本项目研究目的是,为了更好地控制富营养化和藻类过度生长带来的

危害,克服现有治理方法的不足,寻求一种通过除磷、除藻并改善水体底层环境控制水体富营养化和藻类过度生长的实用的新方法。

◎ 研究内容与方法

➤ 研究内容

研究内容包括:铁矿渣、粉煤灰、煤矸石矿渣有效成分的检测和分析,矿渣有效成分的提取,净水剂的合成;净水剂的合成,主要考虑钙对磷的固定效果;净水效果验证和调整,除磷效果、除浊效果、固磷效果等的验证。

➤ 实验材料与方法

铁矿渣来源于太原钢铁集团公司炼铁废渣;煤矸石来自古交煤矸石发电厂;粉煤灰来自太钢电厂。对铁矿渣、粉煤灰、煤矸石等进行成分分析,结果表明其中均含有一定量的铁、铝、钙、镁等成分。

矿渣中有效成分的测定方法为原子吸收分光光度法和分光光度法。

金属离子测定委托太原市环境监测中心测试。

混凝实验方法:取 1L 实验用水,加入不同剂量的混凝剂,先以 250r/min 快速搅拌 2min,再以 60r/min 慢

速搅拌 15min,静置 30min 后测定上清液中总磷及溶解态磷浓度,上清液总磷减去溶解态磷即为颗粒态磷。并用虹吸管将上清液吸走,将剩余沉积物与水离心获得沉积物,用 $\text{H}_2\text{SO}_4\text{--HClO}_4$ 法测定沉积物中磷的含量。总磷和溶解态磷采用《水和废水监测分析方法》中过硫酸钾消解分光光度法;底泥生物可利用磷 AAP 主要采用 0.1mol/L 的 NaOH 提取后用磷钼蓝比色法测定(委托环境监测中心测定)。

本实验采用过硫酸钾氧化—钼锑抗钼蓝光度法测定总磷。

显色后的样品溶液在分光光度计上进行比色测定,读取吸光度。同时做空白试验。从标准曲线上查得显色液的含磷量。

COD 的测定方法参照采用《水和废水监测分析方法》。

◎ 研究过程

➤ 矿渣有效成分的提取

铁矿渣中铁、铝、钙、硅的含量较高,元素含量由高至低依次分别为钙、硅、铝、镁、铁;粉煤灰中元素含量由高至低依次分别为硅、铝、钙、铁;煤矸石中元素含量由高至低依次分别为

硅、铝、铁、钙。分别取 100g 破碎（60 ~ 80 目）后的矿渣，对铁矿渣采用盐酸（3M、400mL）加热 80℃ 溶解提取，用硫酸（2M、400mL）对煤矸石烧渣、粉煤灰加热煮沸溶解进行提取。

净水剂的合成

净水剂的设计。研究指出：碱化度不同的混凝剂除磷效果呈现较大差异，碱化度越低除磷效果越好，主要与其混凝剂的形态分布有关。磷的混凝去除中最有效的成分是 Al₃，且去除溶解态磷以化学沉淀为主，应该是依据下式进行：
 $Al^{3+} + PO_4^{3-} \rightarrow AlPO_4$ 。

我们研究的净水剂力图在除磷方面有效控制溶解态生物可利用磷（AAP）；可以有效地形成对颗粒磷、溶解态磷的去除并且固定，减少底泥磷的释放；同时有效降低水中的藻类，强化除磷、固磷效果。这样净水剂已不仅限于混凝剂的范畴，在发挥混凝作用的同时，兼具生态、化学固磷剂的作用。

净水剂的合成。将上述提取液以适当的比例在加热条件下混合，并缓慢滴加 NaOH，形成碱化度为 0.5 ~ 1.0 的复合净水剂。主要成分及性质如下：

净水剂主要成分浓度（M）及 pH 值

成分	净水剂 1	净水剂 2
Fe	0.08	0.062
Al	0.646	0.623
Ca	1.01	0.87
Mg	0.17	0.09
pH	1.73	1.92

净水效果验证

净水剂净化能力检测主要检测了市售 PACl、AlCl₃、Fe₂(SO₄)₃、和本项目研制的净水剂 1 与净水剂 2 等对于处理同种水样时的除浊效果、除藻效果和除磷效果。

采用某湖水作原水，水质指标为浊度 6.79NTU、COD_{Cr}69.4mg/L、藻类

4.73 × 10⁴ 个/mL、pH6.93。混凝条件：250rpm（转/分钟，相当于 G 值 145/s）1min，40rpm（相当于 G 值 15/s）20min，静置沉淀 20min。

实验结果表明：不同的净水剂对水样处理效果存在显著差异。其中本项目合成的净水剂对浊度、藻类和溶解性磷都有较好的处理效果。本项目合成的 2 种合成净水剂除藻率达到 90% 时的最小投量仅为 3mg/L，明显低于市售 PACl 和 Fe₂(SO₄)₃。

上述研究表明，本项目合成的净水剂对浊度、藻类和溶解性磷都有良好的控制效果。

利用商品 PACl（碱化度 60%）、Fe₂(SO₄)₃、净水剂 1、净水剂 2 处理水样后，测定水中总磷含量，对比各种净水剂对总磷的控制效果。

各种净水剂在对比实验中表现出不同的效果。仅对总磷的控制而言，处理效果强弱按照净水剂 1、净水剂 2、PACl 和 Fe₂(SO₄)₃ 的顺序依次减弱。表明了本项目合成的净水剂有较强对总磷的控制能力。

上述研究表明，无论对地表水还是含磷量不同的废水，净水剂 1 都体现出比较好的处理效果。在此基础上，研究了净水剂 1 对水中不同形态磷的处理效果。以某湖水作为实验原水，经烧杯实验可以得出，当各种净水剂量为 10mg/L 时，水体浊度去除率最高，对各形态磷的去除效果也较好，因此净水剂以 10mg/L 为最佳投量，研究不同净水剂对水体磷形态分布的影响。结果显示，净水剂 1 对水中磷去除效果最好，总磷去除率达到 81.2%，沉后水中溶解态磷和颗粒态磷分别降至 11.83 μg/L 和 14.02 μg/L；市售 PACl 去除效果最差，沉后水中仍然有较高浓度的溶解态磷及颗粒态磷，分别为 20.33 μg/L 和 35.31 μg/L。

主要结论

本项目研究以提高透明度、降低生

物有效磷、控制底泥磷释放为主要控制环节，并以混凝强化除磷、除藻、底泥固磷、澄清工艺等为主要内容的控制富营养化的方法。

本项目由矿渣废料合成了净水剂 1、净水剂 2，与市售 PACl、Fe₂(SO₄)₃ 相比，在能够高效去除水中生物可利用磷（AAP）的同时，能有效降低水体浊度，提高水体透明度和光照利用率，改善水底光照环境。

净水剂 1 同时能对形成絮体及底泥中的磷的再释放实现有效控制，控制效果和净水剂的投量有关，当投量大到 10mg/L 能抑制沉积物中磷的释放，对长效控磷有重要意义。

通过对提高透明度、除磷、固磷效果研究证实，项目研究的水体除磷、水底环境改善、底泥磷高效控制的净水剂及控制方法对控制富营养化和藻类过度生长所造成的危害有一定的应用价值。

该项目获得第 26 届全国青少年科技创新大赛创新成果竞赛项目中学组环境科学一等奖。

专家评语

该项目探究了从工业废渣、粉煤灰、矿渣、煤矸石提取 Al、Ca、Fe 成分，制备新型除磷剂的可能性。立意有新意，有科学根据。中期成果已制备能除磷的净水材料，作品展示效果好。