

Eco-Analysis of Eutrophication of Water Body and Study on Ecological Control of “Living Water”

Rongfu Li¹, Shouhong Wang², Longsheng Sun³, Xiangming Kou², Leiming Wu²

¹Yangzhou Society of Fisheries, Yangzhou Jiangsu

²Agricultural Science Institute of Jiangsu Lixiahe District, Yangzhou Jiangsu

³College of Animal Science and Technology, Yangzhou University, Yangzhou Jiangsu

Email: 13615252160@163.com

Received: Apr. 30th, 2019; accepted: May 15th, 2019; published: May 22nd, 2019

Abstract

Water eutrophication is one of the most challenging environmental problems in the world. In order to solve the problem of water eutrophication control, this paper makes an ecological analysis of the causes of water eutrophication, and expounds the ecological process of water eutrophication, from mild and moderate eutrophication with high primary productivity to severe and extreme eutrophication, resulting in the collapse of ecosystem and the formation of black and odorous water. Three characteristics of eutrophication are summarized: algae overgrowth, water quality anoxia and sludge deposition. Enlightened by ancient literature and aquaculture practice, it is considered that eutrophication pollution is very similar to high-yield aquaculture water quality. It is possible to cultivate “live water” through aquaculture, eliminate “oxygen debt” and control eutrophication. With aerobic probiotics as the core, the aquatic ecosystem can be restored; the multi-directional circulating “flowing water” state can be created; sufficient dissolved oxygen can be provided in all-round and all-weather way; and the ecological control of eutrophic water body can be realized. It is pointed out that the sustainable management of eutrophic water body is to use tap water production machinery (also known as water tillage machinery) or tap water and oxygen-enriched water production machinery, supplemented by night oxygen enrichment and rain day oxygen enrichment, to create an all-round and all-weather micro-circulation flow state of water body, and to put aerobic probiotics into the water body to establish a healthy “living water” ecosystem.

Keywords

Water Body, Eutrophication, Living Water, Ecological Management

水体富营养化生态分析与“活水”生态治理的研究

李荣福¹, 王守红², 孙龙生³, 寇祥明², 吴雷鸣²

¹扬州市水产学会, 江苏 扬州

²江苏省里下河地区农业科学研究所, 江苏 扬州

³扬州大学动物科学与技术学院, 江苏 扬州

Email: 13615252160@163.com

收稿日期: 2019年4月30日; 录用日期: 2019年5月15日; 发布日期: 2019年5月22日

摘要

水体富营养化是世界性最具挑战性的环境问题之一。为了解决水体富营养化治理问题, 文中对水体富营养化形成原因进行了生态分析, 对水体富营养化由轻度、中度富营养化的高生产力, 向重度、极度富营养化致使生态系统崩溃而发生黑臭的生态过程进行深刻阐述, 总结了水体富营养化具有的藻类过度繁殖、水体缺氧和污泥沉积等三个特征。从古代文献和“活水”水产养殖实践中得到启发, 认为富营养化污染与高产水产养殖水质极其相似, 完全可以借用水产养殖通过培养“活水”、消除“氧债”的方法, 治理水体富营养化。并提出了修复以好氧有益菌为核心的水体生态系统, 打造多向循环流动的“活水”状态和全方位、全时段供给充足的溶解氧等“活水”生态治理富营养化水体的完整思路。并指出, 采用活水机(也称耕水机)或增氧活水机, 造就水体全方位、全水段和全天候微速循环流动状态, 并辅以夜晚、阴雨天增氧和投放有益微生物, 建立健康“活水”生态系统, 是实现富营养水体的可持续治理方法。

关键词

水体, 富营养化, 活水, 生态治理

Copyright © 2019 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 前言

水体富营养化是世界性最具挑战性的环境问题之一, 过多营养盐输入被认为是水体富营养化主要因素[1]。富营养化是指水体中营养物质增加(一般是氮、磷化合物), 引起浮游植物过量生长和整个水体生态平衡的改变而造成危害的一种污染现象。在江河湖泊等自然水体中富营养化主要表现为浮游生物大量繁殖, 特别是蓝藻爆发, 被称为“水华”或“湖靛”, 在海洋中称为“赤潮”。并引起透明度降低、水质恶化、溶解氧耗竭, 对人和动物产生毒性, 甚至水体黑臭。预防和控制水体的富营养化, 及时治理城乡黑臭水体, 已成为当前生态文明建设最为迫切需要解决的问题。

2. 水体富营养化原因分析

富营养化分为天然富营养化和人为富营养化两种。天然富营养化是一个极其缓慢的自然历史过程，少则几十年，多则数百乃至数千年。人为富营养化则是因人为排放的工农业废水和生活污水所引起的水体富营养化现象，可在短则十数天，长则数月的短期内，使水体由贫营养状态变为富营养状态[2]。富营养化污水是当前城乡污染的主要形式，本质上是工农业生产和城乡居民生活的大量污染物排放，造成 N、P 等营养成分过高，进而引起蓝藻爆发，甚至成为黑臭水体。水体富营养化使城乡居民饮用水源和工农业生产用水面临直接威胁。

随着工农业生产快速发展、人口规模不断增加和城市化的持续推进，以及农业、畜牧业和水产养殖业集约化程度的不断提高，工业污染、农业面源污染和城乡居民生活污染，加剧了城乡水体富营养化。首先是现行农业种植高投入、高产出，大量化肥、农药使用后仅部分被农作物利用，大部分随排涝降渍排放到自然水体成为面源污染，直接增加了自然水体 N、P 等营养盐和有机物含量，是农村水体富营养化的主要原因。其次是现行畜禽规模化养殖场产生的粪尿及废水未处理或未经彻底处理即排放，以及水产养殖业尾水未达标排放，都是水质富营养化的重要原因。第三是城市居民生活污水和食品加工废水的直接排放，则是城市水体快速富营养化和黑臭水体形成的主要原因。综上所述，由各类污染造成的营养盐和有机物的过量输入，超出了水体对营养盐和有机物的转化利用能力，是水体富营养化的根本原因。另外，富营养化水体还有一个共同特点，就是这些水体都是水流相对静止和形态相对单调的水体，这些水体或没有水流，或只有表面水流，上下水层缺少垂直交流，水底长期缺氧和淤泥大量沉积，水底失去了生命(物)，水体失去了活力，而成为“一潭死水”。这也是水体富营养化的重要原因。

3. 水体富营养化生态过程分析

水体富营养化直至发生黑臭，并非一蹴而就，乃是大量 N、P 等营养盐和有机污染物不断积累、沉积的结果。由于水体形态、水量、水流速度与方式不同，水体中生物构成、生物量和代谢水平不同，对水体中有机物净化能力存在差异。在轻度和中度富营养化时期，水体中溶解氧丰富，一定程度的有机物在有益菌和溶解氧协同作用下，氧化还原反应以较快速度进行，有机物在较短时间内降解为 CO_2 和 N、P 等无机盐或其他气体；与此同时，水域生态系统借助水生植物(主要是浮游植物)利用上述过程产生的 CO_2 和 N、P 等无机营养盐进行光合作用，又为有机物降解过程和其他水生生物供给氧气[3]。上述两个过程相互衔接，使水体物质循环和能量转换过程持续快速进行。所以，水体一定程度的富营养化，有利于提高水体初级生产力，形成健康稳定的生态系统。

富营养化继续发展，有机物耗氧量不断增加。当自然复氧低于耗氧时，溶解氧便可能消耗殆尽，水体便呈现低氧或无氧状态[4]。此时水体中水生动物甚至藻类难以生存或全部死亡，导致水体生态系统功能退化或完全崩溃，而难以自行恢复，水体净化能力彻底丧失，水体中有机污染物因无法及时降解而不断沉积成为污泥。水体在无氧或缺氧情况下，其中有机物降解也由好氧菌的有氧分解转变为厌氧菌的无氧分解，不仅降解过程缓慢，而且无法完全彻底完成，从而产生甲烷(CH_4)、硫化氢(H_2S)、氨(NH_3)等未氧化的中间状态小分子气体而散发臭味，水体呈现黑臭现象[5]。同时，未氧化的腐殖酸、富里酸等有色物质吸附于悬浮颗粒上而与水体发黑有直接联系[6]。还有研究发现，水体中部分氨基酸的脱氨基作用、脱羧酸作用以及某些细菌如变形杆菌分解含硫氨基酸产生大量游离氨的同时，还产生有严重臭味的硫醚类化合物、乔司脒和 2-二甲基异茨醇等物质，导致水体发臭[7]。

富营养化水体大量沉积的污泥中如不及时清理或降解，底泥中营养盐和有机污染物便长期处于饱和状态。随着水体中溶解营养盐和有机物的增加或减少，由于“泥-水”界面的物理交换作用，底泥表层

营养盐和有机物便会处于“沉积-释放”双向进行状态,并成为水体黑臭的主要原因。尤其是当暴雨、寒潮和洪水等自然现象、以及人类活动和水生动物活动扰动水底时,上述污染物便会加速反向释放,造成水体二次污染。而蓝藻类细菌、放线菌等一般分布在重污染底泥的表面繁殖,容易造成水体黑臭[7]。一方面底泥中营养盐和有机物释放,为放线菌和蓝藻类细菌等提供代谢物质,加大水体耗氧[8];而放线菌、蓝藻类细菌代谢过程中分泌的多种醇类异臭物质土臭素,包括乔司脒和 2,2-二甲基异茨醇等,使底泥甲烷化、反硝化,加速底泥中污染物上浮而加重黑臭。另一方面在缺氧条件下,底泥中释放的 Fe、Mn 等金属离子与水中硫离子化合,形成含 FeS、MnS 等物质有黑色胶体状颗粒悬浮于水体中,或产生带色腐殖质类化合物,使水体进一步变黑发臭[6][9]。

4. 水体富营养化的生态特征

4.1. 藻类过度繁殖

水体富营养化带来的次生生态灾害是藻类水华,蓝藻水华爆发是淡水水体中度富营养化的主要表征之一。水华使水体混浊,透明度降低,水面被大量漂浮藻类所覆盖。蓝藻水华还会加速水体富营养化,对多种生物产生负面影响,包括抑制浮游动物生长和繁殖,降低螺类生长和繁殖力,严重伤害肉食性和杂食性鱼类组成结构,抑制水生植物生长甚至导致其死亡等[1]。

4.2. 水体缺氧

水体富营养化主要是由于有机物输入并大量耗氧形成的。随着富营养化程度提高,水体耗氧不断增加,造成水体缺氧。在富营养化初期,水生植物(主要是浮游植物)产氧和水面溶氧完全能满足水体生态耗氧需要。在富营养化中期,水体产氧能基本满足水体生态耗氧需要,仅在光合作用停止的夜晚和光合作用较弱的阴雨天等少数时间供求紧张,使少数对溶解氧要求较高的水产动物因缺氧而发生“浮头”等应激反应。在富营养化后期,水体产氧难以满足水体生态耗氧需要,在夜晚或阴雨天气极易缺氧造成水生动物死亡,仅耐低氧水生生物尚能生存。在富营养化晚期,水体已经重度富营养化,大量有机物沉积为污泥,水体产氧与水体生态耗氧严重倒挂,处于严重缺氧状态,黑臭现象严重,水体中除厌氧菌和兼性菌外,其他水生生物无法生存。

4.3. 污泥沉积

水体富营养化除 N、P 等营养盐过高外,污泥沉积也是水体富营养化的重要特点。因有机物过量输入且不能及时降解,而大量沉积成为淤泥。据研究分析,这些淤泥具有以下特征:一是有机物含量高、含水率高、强度低,黑臭严重;二是底泥与水体污染介质相同;三是淤泥常含有毒有害物质,被雨水冲刷后快速释放“氧债”,极易对水环境造成二次污染[10]。富营养化时间长、污染严重的黑臭水体淤泥深度都在 30 cm 以上,最深可达 100 cm 以上。

5. 富营养化水体的“活水”生态治理

在《吕氏春秋·尽数》有“流水不腐,户枢不蠹,动也”之说[11]。宋代理学家朱熹“问渠哪得清如许?为有源头活水来”的诗句,指出了“源头活水”可使“渠清如许”[12]。以上文献说明,在我国古代就已经发现了“活水(流水)”净化水质的作用,具有“自动清洁”的生态功能。笔者进行的活水机(也称耕水机)或增氧活水机打造“活水”养殖罗氏沼虾、河豚等试验,证明了“活水”净化高产养殖水质的作用。尤其是罗氏沼虾养殖中后期,蓝藻爆发,水质富营养化严重,“活水”较好地调控了养殖水质[13][14]。富营养化污染水体与水产养殖高产水体的水质状况极其相似,都是 N、P 等营养盐过剩、有机物含量高

和水底沉积大量淤泥。因此,借用水产养殖通过培养“活水”、消除“氧债”的方法,完全可以解决水体富营养化治理问题[15][16]。

5.1. 修复以好氧有益菌为核心的水体生态系统

以生物为核心的能量转换和物质循环,是生态系统的主要功能和本质特征。在水域生态系统中,水是水生生物群落的载体,为水生动物、植物、微生物提供了生存环境。多样化的水生生物与水域中多因子的非生物环境一起,构成了持续进行能量转换和物质循环的水域生态系统。水体中多样化生物之间及其与水体中有机、无机环境因子之间既相互对抗、相互冲突,又相互利用、相互依赖,构成了运动发展中的水域生态系统。“流水不腐、清水长流”,多样化水生生物的新陈代谢推动了水域生态系统中能量转换和物质转化,带动了投入到水体中各类有机物或由“食物→污染物→营养物”等生物化学过程,或由“污染物→营养物→食物”等生物化学过程实现循环转化利用,使生态系统或由“自我污染”到“自我净化”,或由“自我净化”到“自我污染”的循环往复中,实现了水体生态系统的运动与发展,形成了水体相对稳定的自然净化机制。因此,维持水体生物多样性,保持水体营养(食物)链完整性,才能形成水体自我净化能力的稳定性[17]。在健康的水生态系统中,动物、植物、微生物之间是纵横交错的复杂营养(食物)链关系,也是相生相克的平衡制约关系。其中,好氧有益菌是水体生态系统实现物质循环和能量转换的核心,如芽胞杆菌、光合细菌、EM菌等。以好氧有益菌为代表的微生物既是物质循环的终点:在水体中动物摄食人工饲料或生物饵料都会产生排泄物,并伴随部分生物死亡,成为水体中废弃污染物,为好氧有益菌生活提供原(食)料;同时好氧有益菌又是物质循环的起点:当它们带动水体中氧化还原反应时,将有机污染物降解为无机营养盐,又为水生植物(主要是浮游植物)光合作用形成初级生产力提供原料。所以,好氧有益菌在水体生态系统物质循环和能量转换中“既承前启后,又继往开来”,发挥着极其关键的作用。因此,必须建立以好氧有益菌为核心的水体生态系统,以实现对有机污染物快速彻底的降解,形成持久高效的污染物净化能力。

5.2. 打造多向循环流动的“活水”状态

“流水不腐”,“活水”净化功能在于水体流动性,以带动水体化学反应和生物代谢活动的快速进行,并引发其他物理特征的变化。这种水体流动性决不是匀速直线的水平运动,而是纵横交错、多向复杂的综合运动,是在人工辅助推动下,物理过程、化学过程与生物过程相互交错影响的生态过程,并力求以较小的经济投入和能源消耗,取得可持续的富营养化治理效果。这种流动性关键在于上下水层的垂直交流。在晴日天气,虽然微生物、浮游生物等迫切需要营养盐、有机物等物质,但因水体温差形成的“温跃层”,阻隔了上下水层之间的垂直交流:有机污染物和营养盐沉积在水体下层、底层或淤泥中呈待氧化状态,成为“总氧债”[15],而微生物、浮游生物和溶解氧分布水体上层与表层,虽相互需要,但只能“隔水相望”。只有在夜晚或风雨时造成上层水温下降后,才能实现上下水层垂直交流,只有相对短暂的时间相遇在一起,微生物和浮游生物获得了营养或能量,有机物和营养盐获得了溶解氧,而被转化利用,有限溶解氧可能在短时间内被快速消耗。当水体溶解氧呈现供不应求状态时,有机物中一部分被彻底降解为无机盐,还有一部分被还原成待氧化的 CH_4 、 H_2S 、 NH_3 和 FeS 等中间状态物质,一旦水体中获得溶氧,这些物质可能在短时间内氧化,将溶氧消耗殆尽,这便是养殖水体的“氧债”风险,造成水产动物缺氧“泛塘”[15]。在城市黑臭水体也因“氧债”积压过多,往往要持续数日增氧才能还清积压“氧债”,水体才能恢复生机:当水体中溶解氧持续维持在一定水平后,水生生物才能正常生活,生态系统得以修复,水体自净能力得以恢复。而活水机(又称耕水机)制造“活水”,带动了养殖水体上下垂直交流,使溶解氧、微生物和浮游生物等与有机物和营养盐“常相遇”或“相互追逐”,在频繁和充分接

触中,实现了有机物快速、彻底降解和营养盐转化利用,提高水体净化效率。“活水”流动性带动了静止状态的溶解氧、微生物和浮游生物运动,使它们作用范围扩大,作用时间延伸,使水体实现“全水体(全水面、全水层)、全时段、全天候”净化,净化效率由不完全净化到完全降解,由缓慢降解到快速降解,并循环往复,形成具有自我产氧、自我净化和自我循环的生态系统[16]。四季长流的自然河流,既波涛汹涌,又处处漩涡,形成了上下水体多向性垂直交流的生态“活水”。据研究,一条水流平缓的河流遭污染后,需要 50~80 km 流程才能自净。而一条水流湍急、带有许多急弯和跌水的河道,在 5 km 范围内即可除去上述同等污染负荷。其原因是弯曲和跌水河道中形成了快速多向水流、多样化生物和多样化生态,增加了水的紊动并快速充氧,促进水域生态系统的净化作用[5]。这也是长江、珠江水系永葆“一江春水”的根本原因。

5.3. 全方位、全时段供给充足溶解氧

水体中有机污染物降解实质是“氧化还原反应”过程。即有机物在催化酶协助下,彻底进行氧化还原反应的生物化学过程。这个过程必须依靠水体中有益菌和溶解氧的协同作用,即有机污染物在有益菌分泌的催化酶协助下,彻底实施氧化还原反应过程。这个过程的“关键角色”是好氧有益菌,没有它们参与释放多种催化酶,这个过程难以顺利快速进行。而这个过程的“关键因子”是溶解氧,充足的溶解氧可以实现有机物充分氧化;如果在这个过程中缺氧,好氧菌或休眠或死亡,无法发挥作用;只有厌氧菌能参与,使降解过程极其缓慢,并且不能彻底完成,成为“半拉子工程”:只能还原,不能氧化,产生大量 NH_3 、 CH_4 和 H_2S 等中间状态并有臭味的气体和 FeS 、 MnS 等还原态的黑色物质(即时氧债),水体便成为严重污染的黑臭水体。在这种水体中即便少量增氧和投放有益菌,只能是杯水车薪,无法发挥效用。因此,快速、高效、彻底治理富营养化水体,必须在全水体、全时段、全天候提供足量溶解氧,才能使好氧有益菌充分发挥作用,从而在好氧有益菌与溶解氧协同作用下,完成对水体有机物彻底降解(氧化还原反应)过程。

保障水底“泥-水”界面足量溶解氧和好氧有益菌,对底泥中有机物生物氧化更为重要。足量溶解氧和好氧有益菌才能在底泥表层形成氧化层,并使氧化层从“泥-水”界面向底泥深层发展,在底泥中形成“好氧-兼氧-厌氧”过渡层。这个氧化层不仅能分解去除水体与底泥中各类有机物,吸附水体中 P 负荷,还能阻止 N、P 等营养盐从底泥向水体中释放,并通过“硝化-反硝化”作用部分去除水体 N 负荷。同时,氧化后底泥亚扩散层有屏蔽效应,能阻止或抑制底泥深层有机物和其它有毒有害物质向水体中扩散。所以,底泥氧化层深浅反映了水体自净能力强弱:氧化层越深,水体自净能力越强;反之,水体自净能力越弱。并且“泥-水”界面氧化层有利于稳定底泥好氧微生物区系,提高底栖生物多样性[8]。

综上所述,水体和底泥自净能力,有赖于水体全方位、全时段、全天候供氧,尤其是底层供氧。同时,维持水体中足量浮游生物,对保持水体自净能力有重要作用。其中浮游植物可及时将有机物降解产生的 N、P 等营养盐吸收利用,形成稳定、高效而廉价的供氧源;浮游动物可以直接利用水体中部分悬浮或溶解有机物、有益菌群和浮游植物,而浮游动物又成为许多鱼类及底栖动物的优质饵料。上述营养(食物)链形成,有利于水体中物质循环和能量转换的持续进行,并为污染物降解和水生生物生活提供丰富的溶解氧,水体便成为良性循环的生态系统,并拥有强大自净能力。

6. 结论

“活水”作为微速循环流动状态和能量转换与物质循环处于活跃状态的水,有利于增加水体溶解氧,降解有机污染物,消除有毒有害物质[16]。因此,“活水”是治理富营养化水体的有效途径和成功手段。一方面可以利用自然地形地貌和风雨、洪涝、潮汐等自然现象造就“活水”,另一方面可以采取人为措施,制造人工“活水”。这既包括通过水利工程将自然河道连通,利用水闸控制和泵站补水、提水,实

现水体循环流动, 辅以增氧和补充微生物等措施, 形成具有高效净化能力的“活水”生态系统。还包括在水深较大、水面较为宽敞的水体, 采用活水机(也称耕水机)或增氧活水机, 造就水体全方位、全时段、全天候微速循环流动状态, 并辅以夜晚、阴雨天增氧和投放有益微生物, 建立健康“活水”生态系统, 实现对富营养水体可持续治理。

基金项目

本文受江苏省农业三新工程资助, 项目编号为: 渔业 Y2018-11。

参考文献

- [1] 张萌. 我国浅水湖泊富营养化治理的可用水生植物修复技术[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(8): 4649-4652.
- [2] 张绍浩. 富营养化湖泊藻类控制技术比较及新方法的研究[D]: [硕士学位论文]. 武汉: 华中科技大学, 2006.
- [3] 吴银彪, 郭建辉, 王晓玲. 河湖黑臭水体成因及治理思路[J]. 中国环保产业, 2018, 242(8): 50-53.
- [4] 张可. 微生物强化技术在黑臭水体生态修复中研究进展[J]. 现代商贸工业, 2019, 40(3): 195-197.
- [5] 孙从军, 张明旭. 河道曝气技术在河流污染治理中的应用[J]. 环境保护, 2001(4): 12-14.
- [6] 林慧. 浅析黑臭水体成因、治理方法及水质长效改善保持问题——以沈阳市细河为例[J]. 水利规划与设计, 2018(1): 70-72.
- [7] 王晓玲, 王鸯鸯, 苗忠梅, 等. 我国城市黑臭水体成因分析及治理建议[J]. 中国环保产业, 2018(12): 52-53.
- [8] 罗刚, 胡和平, 刘军, 等. 底泥生物氧化对黑臭河道上覆水体影响的研究[J]. 水生态学杂志, 2008, 28(2): 71-74.
- [9] 贾紫永, 刘强, 伍灵, 等. 微纳米曝气技术在黑臭河道治理中的应用研究[J]. 化工管理, 2017(36): 106.
- [10] 王浩, 马志恒. 清淤技术方法在城市黑臭水体应用研究[J]. 智库时代, 2017(17): 186-187.
- [11] 时习之. 存利去害颐养天年——解读《吕氏春秋尽数》的养生思想[J]. 现代养生, 2008(10): 18-21.
- [12] 陈琳. 半亩方塘考辨[J]. 艺苑, 2017(s1): 29-31.
- [13] 李荣福. “氧债”基本理论与养殖水质调控[J]. 海洋科学前沿, 2018, 5(1): 1-8.
- [14] 李荣福. 活水基本理论与养殖水质调控[J]. 水产研究, 2018, 5(2): 21-29.
- [15] 李荣福, 杨显祥, 孙龙生, 等. 耕水机在罗氏沼虾池塘养殖中的使用效果[J]. 渔业现代化, 2012, 39(5): 32-37.
- [16] 李荣福, 郭正龙, 等. 微生态制剂与增氧活水机配合应用于河豚养殖增产机理的研究[J]. 水污染及处理, 2018, 1(6): 24-37.
- [17] 高洋, 郑艳, 宋歌, 等. 城市黑臭水体应急治理的技术[J]. 环境与发展, 2018, 30(5): 98-99.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2324-7967, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: ije@hanspub.org