

# 大伙房水源保护区氮、磷污染物的来源及防治对策

张渝阳<sup>1,2</sup>丁琳琳<sup>2</sup>夏园园<sup>2</sup>杨 峰<sup>2</sup>

(1. 辽宁大学 辽宁水源保护区生态环境保护和民生安全协同创新中心, 辽宁 沈阳 110036; 2. 辽宁大学 化学学院, 辽宁 沈阳 110036)

**摘 要:**本研究对辽宁省大伙房水源保护区氮、磷污染的现状及其氮、磷污染物的来源进行了分析。研究发现,工农业生产以及库区居民生活所带来的点源、面源污染,是氮、磷污染物的主要来源;此外,燃煤及机动车尾气氮氧化合物的排放,水库底泥中氮、磷化合物对水体的二次污染,是水库水体中氮、磷指标偏高的重要影响因素。研究总结了氮、磷污染防治的法规建设,提出了点源、面源污染和间接污染的防治措施以及水体修复的措施,为辽宁大伙房水库的保护和水源地建设提供了参考。

**关键词:**大伙房水源保护区;氮、磷来源;污染防治措施

**中图分类号:**X52 **文献标识码:**A **文章编号:**1002-3291(2016)05-0041-05

## 一、大伙房水源保护区水质氮、磷污染现状

辽宁省大伙房水库位于辽河的大支流浑河中上游,坐落于抚顺市东部,是一个带状水库,总库容22.68亿 $\text{m}^3$ ,控制流域面积5437 $\text{km}^2$ ,是辽宁省中部地区城市群居民饮用水的重要水源地[1]。2006年被国务院核准为第一批“全国重要饮用水水源地”[2],2009年8月,辽宁省政府正式批准设立了“大伙房饮用水水源保护区”。保护区包括大伙房水库、桓仁水库及其汇水区,苏子河穆家水库坝下至大伙房水库和浑江桓仁水库坝下至凤鸣水库坝上输水河道,保护面积达8500 $\text{km}^2$ ,涉及抚顺、本溪两市的4个县区。

近年来,大伙房水库水体中大多数污染物的指标基本符合“地表水环境质量Ⅱ类标准”[3],但是总氮(TN),总磷(TP)的浓度显著超标,并呈逐年上升趋势,甚至达不到Ⅴ类水域水质的要求( $\text{TN}<2.0$ ,  $\text{TP}<0.4$ )。1992年—2010年总氮(TN),总磷(TP)平均浓度见图1。

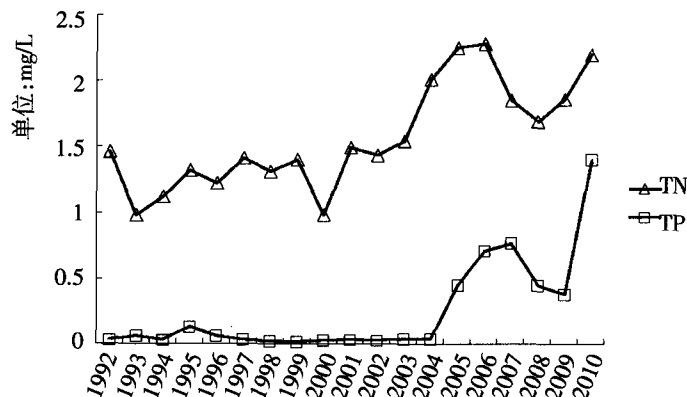


图1 大伙房水库历年总氮(TN),总磷(TP)指标

收稿日期:2016-07-10

作者简介:张渝阳,男,辽宁沈阳人,辽宁大学化学学院副教授。研究方向:分析化学及生态环境保护。

基金项目:辽宁大学“辽宁水源保护区生态环境保护和民生安全协同创新中心”研究成果。

水体富营养化是指由于大量的氮、磷、钾等营养元素排入到流速缓慢、更新周期长的地表水体中,使藻类大量地生长繁殖,有机营养物产生的速度大大超过消耗速度并产生积蓄现象,水生生态平衡遭到破坏的过程。

水体中氮的污染物主要以氨-N、亚硝酸盐-N、硝酸盐-N、有机-N 为主;水体中磷的污染物主要以正磷酸盐、聚合磷酸盐、可水解磷酸盐、有机-P 为主。不同的氮、磷形态的测定结果,是追溯氮、磷来源的重要理论依据。氮、磷元素在水库中存在着动态的循环和平衡(见图 2),以水库水体作为一个动态分析的主体,如果氮、磷的流入量大于流出量,会使氮、磷总量逐年增加,污染加剧。严格控制氮、磷的流入,切断点面源污染源是治理的关键;防止底泥中氮、磷的二次污染,建立水生动植物、微生物的修复体系和生态平衡,也是降低水库水体氮、磷含量的有效手段。

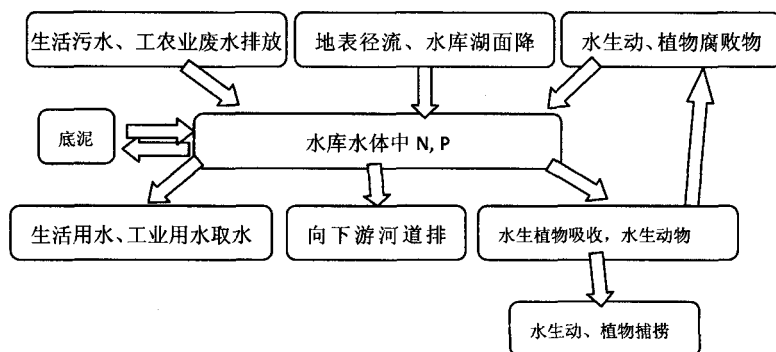


图 2 氮、磷元素在水库中的动态循环和平衡

## 二、大伙房水源保护区氮、磷污染的来源

大伙房水库水体的氮、磷污染主要可分为直接来源和间接来源。直接污染主要包括点源污染和面源污染。点源是指以点状排放而使水体造成污染的氮、磷污染源。一般工业生产和居民生活所产生的工业废水和生活污水,经过污水设施或经过排污管道、沟渠输送到水体排放口,形成点源污染。面源是以面的形式分布并排放氮、磷污染物而造成水体污染的发生源。坡面径流冲刷带来的氮、磷污染物和农田灌溉水是水体氮、磷面源污染的重要来源[4]。间接污染主要来源于向空气中排放的污染物、水库底泥以及地下水与水库水体中的氮、磷交换对水库水体进行的二次污染。

### (一)大伙房水库氮、磷污染的直接来源

点源污染主要来源于保护区内的排污口排放。水源保护区现有排污口 203 处,包括市政、工矿企业、农田等排污口。水源保护区内已查明的正常运营的工矿企业共 102 家(2012 年),集中分布在浑河和苏子河流域,这些生产企业的污染物排放,构成了水库氮、磷点源污染的来源。

农业面源污染是造成大伙房水库富营养化及氮、磷超标的重要因素。农药和化肥的施用,是农业面源氮、磷污染的主要来源,水库上游地区每年施用农药 3200 多吨,化肥 5.5 万吨[5]。水库上游地区畜禽业养殖主要有牛、羊、生猪、鸡、鸭等品种,共计 1613 万头(只),达到一定规模的养殖场所 2661 处[6],其中一部分作为有机肥料循环利用到农田耕种之中,一部分直接排入水环境中。水库流域人口约 74 万,农村生活污水、人粪尿直接排放,生活垃圾随意堆放,经过雨水冲刷,也会形成氮、磷的面源污染,最终流入水库。

上述因素造成的总氮、总磷年入库量分别为 2454.3 吨和 254.8 吨[6]。

### (二)大伙房水库氮、磷污染的间接来源

如前所述,在氮、磷污染来源研究中,人们重点关注的工农业生产、人居生活所带来的直接污染。但大气中的污染物随降水进入到水库,以及水库底泥中的氮、磷的二次污染,对氮、磷水质分析的影响,却经常被人们忽略。

大气中氮、磷污染物可直接沉降或随降水进入到水库水体,这也是氮磷的重要来源之一。面对日益严重的大气污染,空气中氮磷污染物愈来愈多,而降水则通过溶解大气污染物直接排放到水库之中,从而大大影响水库水质。北美和西欧的一些研究[7,8]指出:近海水体的研究表明大约有 20%~40% 的输入到海水的氮来自大气,河流中新输入的磷大约有 10% 来自大气,这颠覆了我们传统的研究氮磷的溯源及治理仅停留于陆上的思路。大伙房水库紧邻辽宁省的重工业城市抚顺,周边 200 公里内分布着沈阳、本溪、鞍山、辽阳、铁岭、丹东、阜新以及吉林省的四平、辽源、通化等城市,这些城市存在着人口密度大、机动车保有量高、燃煤企业数量多、农村居民日常生活主要以燃烧煤及秸秆为主等特点。这些生产生活活动向空气中排放的尾气及废气中,含有大量的氮氧化合物,这是水库水体中总氮的重要来源。2014 年 9 月披露的德国大众公司汽车尾气造假事件证实,其氮氧化合物排放量最多达到标准值的 40 倍,其他品牌的汽车尾气超标问题也陆续被报道,这说明机动车尾气中氮氧化合物的排放被严重低估。辽宁省 2014 年汽车保有量为 539 万辆,尤其一部分城郊、村镇的机动车未参加尾气年检,污染物的排放情况堪忧。仅从成品油消耗量达到 2150 万吨来看,保守估计,每年至少产生 25 万吨氮氧化合物[9]。

燃煤企业的污染物排放,也是总氮污染的重要来源。2014 年,辽宁省的燃煤消耗量达到 1.8 亿吨,按传统的污染排放系数[10],氮氧化合物的排放可达到 164 万吨。2014 年,国家出台了最严厉的排放标准《火电厂大气污染物排放标准》,火电企业污染物排放得到了控制。但通过对省内一些大型国有热电厂的走访,发现普遍存在一个重要的问题:若按要求运行脱硫、脱氮、除尘等环保设备,可使排放达标,但企业处于零利润或负利润;尤其对于一些小型或民营的燃煤供暖企业,由于监管不足,企业出于利益考虑,缩减或间断环保设备的运行,氮氧化合物排放情况同样十分严峻。燃煤企业的氮氧化合物排放约为 90 万吨/年[11]。

上述两项氮氧化合物排放合计 115 万吨/年,折合成总氮,约为 38 万吨/年,大伙房水库流域面积占辽宁省面积的 3.7%,相当于水库流域分担到了空气中排放的总氮 1.4 万吨/年,约为水库总氮年入库量的 5.7 倍。这些氮氧化合物,随降水或尘埃沉降,直接进入到水库水体或水库流域土壤,提高了土壤中总氮的背景值,构成了面源污染的来源之一。文献[12]通过对大伙房水库周围多个点位大气降水进行监测,大气降水中总氮含量为 2.66mg/L。本项目组两次收集大伙房水库一、二级保护区内降雨测定总氮分别为 6.09 mg/L 和 2.04 mg/L,这些大都已经超过或接近水库平均总氮的含量(2.20 mg/L,2010 年)。

由此可见,空气污染已经成为大伙房水库污染物总氮指标的最重要来源之一,这也是单纯从陆上的点面源治理收效不大的一个重要原因。

底泥的二次污染,也是大伙房水库水质中氮磷指标居高不下的重要来源。底泥是水体中不同来源的营养物质经过一系列物理、化学和生物等作用,沉积在水体底部形成的富含有机质和无机盐的疏松状灰黑色淤泥。土壤的侵蚀、动植物机体的分解和排入河道污水内所含颗粒物,是产生灰褐色淤泥的主要原因。底泥是有机物质的重要蓄积库和富含氮磷等营养盐再生的主要场所,一旦水体环境发生变化,底泥中的氮、磷营养元素、重金属及难降解有机物就会重新释放,进入水体,影响水体的水质,形成二次污染[13]。底泥中氮、磷一部分是来源于水体,另一部分是底泥自身的矿物成分溶出。沉积物的形成是影响氮磷营养要素迁移、转化以及生态效应的重要参数。底泥中的氮污染主要是由于水生动植物体腐殖质沉积造成的,而磷由于易于生成磷酸盐沉淀,而沉积在底泥中,随水体环境变化,重新溶解,形成二次污染。这从一些洪水的年份,底泥被搅动泛起,水质总磷测定值偏高,可以得到印证。

### 三、大伙房水源保护区氮、磷污染防治及修复措施

#### (一) 大伙房水库保护区法规的建设和实施

2014 年 12 月 1 日实施的《辽宁省大伙房饮用水水源保护条例》,是在《中华人民共和国水污染防治法》

《中华人民共和国水法》等法律法规框架下,为了加强大伙房饮用水水源保护、保障饮用水安全、促进经济和社会的可持续发展并结合辽宁省的实际情况制定出来的。条例规定,在一级保护区内“应当设置隔离设施或者标志”,明示保护区域,“实行封闭式管理”,保护区内外,用铁网隔离,“将现有人口逐步迁出”,保护区内的居民全部搬迁,保证补偿款的发放,“耕地逐步退耕”,采取相应的措施,退耕还林,退耕还草,并且加大巡查力度,遏制农民抢种现象;“对已建成的与供水设施和保护水源无关的建设项目,责令限期拆除或者关闭”,包括挖沙、取土以及种植农作物、游泳、垂钓、旅游等活动。条例明确规定,在一级保护区内,禁止“使用化肥、农药”;禁止“堆放垃圾、粪便和其他可能污染水源的废弃物”;禁止“从事网箱养殖、种植农作物”。在二级保护区内,禁止“新建、改建、扩建排放污染物的建设项目”,禁止“设置排污口”,禁止“建设畜禽养殖场、养殖小区”,禁止“在耕地、林地上施用高毒、高残留农药”,禁止“使用含磷洗涤用品”。在准保护区内,涉及化工、造纸、农药、采选矿、冶金等“对水体污染严重”的工业项目被绝对禁止,“污染物排放标准和总量控制指标排放水污染物”被严格控制。

在监督方面,采用省环保、水利等部门和水源地所属的市、县级政府联合建立“饮用水污染防治监督管理协作机制”。在法律责任上,一级保护区内“使用化肥、农药”,“通行可能造成水体污染的船舶”;一级保护区、二级保护区内“使用含磷洗涤用品”;二级保护区内的耕地、林地上使用“高毒、高残留农药”,对个人处以五百元罚款,对单位处以十万元罚款;如果构成犯罪,将依法追究刑事责任。

## (二) 大伙房水库氮、磷污染的防治措施

对于点源污染,应采取“严禁”和“严防”的措施,做到有的放矢,即各级保护区内的化工、工矿、养殖和餐饮企业,不符合《条例》要求的,严禁开办;排放不达标的,在治理合格前,严禁运营。从入库口向上,逐级逐段设立监控取样点,主要排污口设置实时监测探头,建立预警机制,发现氮磷超标现象,逐级逐段,查找源头,明晰责任。

对于面源污染防治,要做到细致耐心,同时兼顾宣传教育和防控治理相结合。具体包括下面几方面:1. 改变传统的耕作方式和农药化肥的施用方式,逐步减少农药化肥的施用量。大力发展生态农业,建立起兼顾经济、社会、环境和生态效益的农业产业体系。2. 积极推广沼气和秸秆燃气化技术,有效地处理人畜粪尿、农作物秸秆和有机垃圾,最大限度地降低这些富含氮磷废物的排放<sup>[14]</sup>。3. 宣传与奖励相结合,树立先进个人和村镇,增强库区居民的环保意识和环保责任感、参与感。加强库区农村生活垃圾的分类、收集和处理,大力扶持回收企业,有效增加资源回收利用率 and 降低生活垃圾排放量。

对于水库区域的空气污染,应当治理和严控各级保护区的工农业生产的废气及颗粒物粉尘排放,严格监测其氮、磷指标;控制各级保护区内机动车的数量,排放不达标的机动车辆不得使用。科学证明,有效地改善各级保护区的空气质量,可以显著降低降水所带来的氮、磷高背景值。

## (三) 大伙房水库氮、磷污染修复措施

长期的耕种施肥及农药,造成各级保护区土壤内积存了大量富含氮、磷的化合物,库区内底泥也吸附包容了大量氮磷化合物。这些物质中所含氮磷会随降水冲刷和水体流动,持续地向水库水体中补充或释放,这也是短时间内,尽管某些点源污染排放得到有效的控制和治理,但水库总体的总氮总磷值依然居高不下的重要原因。因此,坚持持续有效的治理和修复措施,使土壤和底泥中的积存和吸附氮、磷背景值降低,水体中的氮、磷含量就会显著下降,治理的效果就会凸显出来。

水库的生物修复和人工修复,是最终实现水质氮磷含量持续降低并最终达标的有效手段。底泥的修复应采用异位修复和原位修复相结合的方式。对底泥进行资源化利用,变废为宝,作为建筑材料或农用肥料,既可以疏通河道,增加有效库容,有可以降低氮、磷及其他污染物的二次污染;建立适宜的微生物种群和生态循环体系,改变并逐步降低底泥中氮、磷污染物的积累。库区范围内氮、磷高的背景值是面源污染的直接来源,也是造成水体中氮、磷超标的重要因素,同时,也给治理和修复带来了较大的难度。湿地修复

是降低氮、磷污染物面源污染的最有效的修复手段。湿地中的微生物、植物所构成的生态系统,可以有效地吸收氮、磷等营养元素,实现水质的生物/生态净化,并且可以在水库周围高背景值的氮、磷面源污染区域和水库水体之间构建起有效的污染隔离带和缓冲区[15]。

#### 四、结 语

大伙房水库总氮总磷近些年的测定数据维持在一定范围内,并略有下降,这已经说明综合治理、生态修复等工作收到一些成效。但空气污染、底泥中污染物的释放构成的二次污染带来的高氮、磷背景值,也是造成水体中氮、磷超标的重要因素。污染、破坏环境可以是一个很短暂的过程,但环境生态的修复,水质中氮、磷达标,是一个漫长的过程,必须持续坚持,并且调动流域内居民和生产者的环境保护的积极性和认同感。

#### 参考文献

- [1]大伙房水库管理局. 大伙房水库志[M]. 北京:中国水利水电出版社,2006.8.
- [2]中华人民共和国水利部. 关于开展重要饮用水水源地核准公布工作及公布全国重要饮用水水源地名录(第一批)的通知[Z].(水资源[2006]406号).
- [3]GB3838-2002, 地表水环境质量标准[S].
- [4]李家科,袁林江,吴军虎. 河流氮素污染源解析及控制技术. [M]. 北京:科学出版社,2014.1.
- [5]陈发先,强丽峰,肖启栋. 大伙房水库水体富营养化防治对策[J]. 农业科技与装备,2013,226(4).
- [6]温树影. 大伙房水库水体富营养化现状分析及对策研究[J]. 水土保持应用技术,2015(1).
- [7]Kleinman P J A, Srinivasan M S, Dell C S, et al. Role of rainfall intensity and hydrology in nutrient transport via surface runoff [J]. Journal of Environmental Quality, 2006, 35(4): 1248-1259.
- [8]Liu R, Wang J, Shi J, et al. Runoff characteristics and nutrient loss mechanism from plain farmland under simulated rainfall conditions [J]. Science of The Total Environment, 2014. 468-469, 1069-1077.
- [9]中华人民共和国环境保护部. 中国机动车污染防治年报(2015)[Z].
- [10]胡名操. 环境保护实用数据手册 [M]. 北京:机械工业出版社,1990.4.
- [11]中华人民共和国环境保护部. 中国环境统计年报(2014)[Z].
- [12]贺斌. 辽宁大伙房水库总氮总磷污染成因分析[J]. 黑龙江环境通报,2010,11(3):64-65.
- [13]卢俊平,刘廷玺,等. 不同环境要素条件下大河口水库底泥氮磷释放特征研究[J]. 内蒙古农业大学学报(自然科学版), 2015(36-01).
- [14]黄惠珠,叶夏,肖弘建. 谈秸秆生物气化技术在沼气建设中的应用研究[J]. 能源与环境,2007(3).
- [15]金相灿. 湖泊和湿地水环境生态修复技术与管理指南[M]. 北京:科学出版社,2007.

### The Sources and Control Strategies of Nitrogen and Phosphorus Pollutants for Dahuofang Water Source Protection Area

ZHANG Yuyang<sup>1,2</sup> DING Linlin<sup>2</sup> XIA Yuanyuan<sup>2</sup> YANG Feng<sup>2</sup>

(1. Collaborative Innovation Center of Eco Environmental Protection and Livelihood Security,  
Water Source Protection Area of Liaoning Province, Shenyang 110036, China;

2. School of Chemistry, Liaoning University, Shenyang 110036, China)

**Abstract:** This research is conducted to analyze the current situation of nitrogen and phosphorus pollution in Dahuofang water conservation district of Liaoning Province. In this study, it is found that the point source and non-point source pollution from industrial and agricultural production and residents' life in reservoir area is the main source of nitrogen and phosphorus pollution. In addition, coal combustion and vehicle exhaust NO<sub>x</sub> emissions, nitrogen and phosphorus compounds in the reservoir sediment to water secondary pollution are important factors that cause a higher index of nitrogen and phosphorus of reservoir water. Studying the prevention of nitrogen and phosphorus, presenting prevention and water resumptive measures of the point source, non-point source and indirect pollution, provide a reference for Liaoning Dahuofang reservoir protection and water source construction.

**Key Words:** Dahuofang water source protection area; sources of Nitrogen and Phosphorus; control strategies of pollutants

【责任编辑 至 仁】