

密云水库水质研究综述

王庆锁, 梅旭荣, 张燕卿, 孙东宝, 于一雷

(中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所, 农业部农业重点开发实验室, 北京 100081)

摘要:密云水库的污染物主要来自水土流失、畜禽与水产养殖废弃物、居民点生活垃圾与污水、化肥流失、网箱养鱼的残饵与粪便、水库沉积物的释放等。总氮、总磷等无机污染物质主要来自潮河流域, 化学需氧量、生化需氧量等有机污染物质主要来自白河流域, 污染负荷主要来自汛期。1980-2002年, 密云水库的总氮浓度偏高, 总磷浓度较低。总氮、化学需氧量、叶绿素具有随年代而增加的趋势。溶解氧和透明度比较高, 细菌、大肠杆菌、微囊藻毒素水平较低。20世纪90年代以前, 密云水库的水质属于中营养状况, 90年代以后总氮水平、 TSI_{COD} 等指标达到或接近富营养化标准。2002年首次暴发大面积蓝藻水华。

关键词:水质; 密云水库

中图分类号: X824

文献标识码: A

文章编号: 1008-0864(2009)01-0045-06

Review of Water Quality of Miyun Reservoir

WANG Qing-suo, MEI Xu-rong, ZHANG Yan-qing, SUN Dong-bao, YU Yi-lei

(Institute of Environment and Sustainable Development in Agriculture, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Key Laboratory of Dryland Farming Ministry of Agriculture, Beijing 100081, China)

Abstract: The reservoir's pollution came from soil erosion, waste of animals such as livestock and fish, rubbish and waste water of villages and towns, loss of fertilizer, and nutrient release of the reservoir's deposit. The inorganic pollutants such as total nitrogen and phosphorus in Miyun Reservoir were mainly from Chaohe River basin while organic pollutants such as chemical oxygen demand (COD) and biochemical oxygen demand (BOD) mainly from Baihe River basin. Most of the pollution load came into Miyun Reservoir during the flood season. The concentration of total nitrogen in Miyun Reservoir was higher while that of total phosphorus was lower from 1980 to 2002. Total nitrogen, COD and chlorophyll had an increasing trend year by year. Dissolved oxygen (DO) and transparency (SD) were high, and bacterial, colon bacilli and micro-cystins were low. Water quality of Miyun Reservoir was in mesotrophic condition before 1990s, and reached meso-eutrophic condition after 1990. The first outbreak of blue green algae in Miyun Reservoir happened during the warm season of 2002.

Key words: water quality; Miyun Reservoir

密云水库地处北京市东北部, 横跨白河和潮河两条河流, 建成于1960年, 是华北最大的水库, 最大库容43.75亿 m^3 , 最大水深43.5m, 最大水面面积188 km^2 , 主要功能是防洪、灌溉、发电和养鱼等, 为北京市、天津市和河北省服务。随着北京城市化和经济的快速发展, 水资源短缺的局面日益加重, 因此, 密云水库于1981年开始专为北京市供水^[1], 且生活用水比重逐年上升^[2]。1997年, 官厅水库因严重富营养化而失去饮用水功

能^[3], 密云水库成为北京市唯一的地表饮用水源, 被誉为“北京生命之水”。开展密云水库水质研究, 对水质保护具有重要的意义。

1 密云水库的污染物来源

密云水库的污染物主要来源于降水径流携带的营养物质、网箱养鱼的残饵与粪便、水库沉积物的释放等。

收稿日期: 2008-07-24; 修回日期: 2008-10-06

基金项目: 农业立体污染防治科学创新条件建设项目(22060302); “十一五”国家科技支撑计划项目(2007BAD87B01, 2006BAD29B05); 北京市科技项目(D0705045040391)资助。

作者简介: 王庆锁, 研究员, 博士, 主要从事旱地农业和生态学研究。E-mail: wang-qingsuo@cjac.org.cn。通讯作者: 梅旭荣, 研究员, 主要从事旱地农业和水环境研究。E-mail: meixr@cjac.org.cn

1.1 降水径流

密云水库的污染物主要是通过降水径流(包括入库河流和水库周围坡地径流)带来的。由于北京市和河北省对密云水库上游地区的点源污染采取了严格控制措施,因此,非点源污染已成为影响密云水库水质的主要污染源,包括水土流失、畜禽与水产养殖废弃物、居民点生活垃圾与污水、化肥流失等。

水土流失是最重要、最直接的非点源污染源,同时也是其他非点源污染物流失的载体。以密云县为例,因径流流失的氮和磷分别占全县流失总量的 91.3% 和 77.3%^[4]。水土流失主要来自坡耕地和裸露的荒坡^[5]。农业和农村污染源中以畜禽养殖业的排放量最高,如潮河流域 92.9% 的化学需氧量(COD)、64.4% 的总氮和 87.3% 的总磷来自畜禽养殖^[6]。密云水库上游密云县辖区畜禽养殖流失的总氮和总磷相当于化肥流失量的 15.2 倍和 9.6 倍^[7]。

密云水库的污染物具有明显的地域分异特征,总氮、总磷等无机污染物质主要来自潮河流域^[6, 8~10],这与潮河流域农业集约化程度高有关^[6];而 COD、五日生化需氧量(BOD₅)等有机污染物主要来自白河流域^[8, 9],以往文献的解释是与水土流失有关,但基于近年来的调查,其原因可能与村庄坐落于白河沿岸、旅游点多,生活污水直接排入河道有关。

密云水库的总氮入库负荷年际变动为 633.7 ~ 3 755.08 t/a^[9, 11],总磷入库负荷年际变动为 11 ~ 103.6 t/a^[9, 11~13],进入密云水库的总氮和总磷负荷与年径流量呈正相关。密云水库的污染物入库负荷主要来自汛期^[8, 9]。据王晓燕等^[7]研究,夏季氮和磷的流失量占全年流失总量的 60% 以上。苏保林等^[11]通过模拟研究表明,在 1997 - 2002 年间的平水年和丰水年的汛期,总氮和总磷的入库负荷分别占全年总负荷的 51.6% ~ 79.1% 和 53.9% ~ 84.2%,其中丰水年汛期所占比例最大;而在枯水年的汛期,总氮和总磷的入库负荷比例较低,分别占全年总负荷的 26.6% ~ 36.3% 和 23.3% ~ 34.9%。

磷主要以泥沙的形式被降水径流迁移带走,溶解态极少^[14]。不同土地利用类型随降水径流流失的吸附态磷占总磷的 90% 以上^[15]。

1.2 网箱养鱼

密云水库网箱养鱼始于 1984 年,至 1988 年已发展到 4.7 hm²,1993 年网箱养鱼规模最大,达到 6.67 hm²^[1]。据郝芳华等^[16]研究,网箱养鱼对密云水库总磷和总氮负荷的贡献率分别为 20.8% 和 10.0%。林道辉等^[17]研究表明,网箱养鱼面积达到 2.67 hm² 时对密云水库总磷和总氮的贡献率分别为 47.3% 和 16.9%。由此可见,网箱养鱼对密云水库污染物负荷的贡献很大,并已造成局部水体污染。为此,北京市于 1994 年开始对网箱养鱼进行限制。又因 2002 年暴发蓝藻“水华”,自 2003 年起全面取消网箱养鱼。

1.3 沉积物释放

根据贾海峰^[1]研究,仅网箱养鱼累计沉积到密云水库水底的总磷和总氮分别为 206 t 和 268 t。沉积物不断向水体释放营养物质,从而影响水库水体水质。沉积物营养物质的释放是一个比较复杂的过程,受到多种因素的影响。王晓燕等^[18]通过试验发现,沉积物的含磷量对磷释放影响不大,而 pH 增高、水土比例增大则有利于磷的释放。徐清等^[19]研究表明,上覆水厌氧环境、pH 和温度升高,同样有利于沉积物磷的释放。

沉积物释放的表现是,网箱养鱼区水体的 COD、BOD、氨氮、总氮和总磷浓度随着深度的增加而提高^[1]。从沉积物上覆水到界面水,直至沉积物空隙水,总磷的浓度也依次升高^[20]。

关卓今等^[21]研究表明,密云水库沉积物年释放氮的范围在 10.1 ~ 24.5 g/m² 之间。徐清等^[22]通过静态模拟实验法和沉积物间隙水扩散法,估算出密云水库总磷的释放负荷分别为 11.34 t/a 和 11.56 t/a,占水库总磷负荷的 27% 以上。密云水库富营养化进展的主导因素仍然是外源物质,内源作用仍处于自净范围之内。

此外,大气降尘也是密云水库的外源污染源之一。虽然大气降尘量少,但降尘带来的各种元素能否引起水库水质变化,应引起注意^[23]。

2 影响密云水库水质的主要污染物及其分布

2.1 氮及其分布

密云水库水体的总氮浓度比较高,全年平均值约为 1.0 mg/L。硝态氮对总氮的贡献率最高,

其时空分布与总氮相似^[24]。总氮浓度的水平分布是库西的白河流域小于库东的潮河流域,这与潮河流域农业集约化程度高有关。在丰水期由库东和库西分别向库中递减,在枯水期则变化比较复杂。垂直分布总体上表现出上层高、中层低、底层高的趋势^[25]。

沉积物的总氮含量在水平分布上的表现是库西 > 库中 > 库东,在垂直分布上总体表现为随着深度的增加而降低,但在不同的监测点和不同的深度也有波动^[22]。

2.2 磷及其分布

在不同的监测时间,密云水库水体的总磷浓度水平分布不同^[13,24,26,27],这说明影响总磷的因素比较复杂。但是,密云水库内湖水体的总磷浓度最高,起因于多年的网箱养鱼^[27];表层水靠近白河入口处的西北角也有一高磷区,也可能与网箱养鱼有关^[13]。总磷浓度垂直变化的总体趋势是自上而下逐渐升高,表层、中层和底层的总磷浓度范围分别为 0.01 ~ 0.03 mg/L、0.01 ~ 0.05 mg/L 和 0.01 ~ 0.06 mg/L,但不同的观测点表现是不同的,如在河流入口处因水体搅动而造成总磷的垂直变化不大^[26]。关于丰水期和枯水期的总磷变化,葛晓立等^[24]和王静等^[27]的研究结果截然相反,其原因还有待于进一步研究。

密云水库沉积物中磷的存在形态以无机磷为主,有机磷较少。无机磷和有机磷分别占总磷的 76.88% ~ 95.09% 和 4.91% ~ 23.12%。无机磷中 Ca-P 含量最高,占总磷的 41.18% ~ 53.73%;可溶性磷含量最低,占总磷的 0.53% ~ 2.13%^[28]。沉积物总磷含量与 Ca-P 和闭蓄态磷密切相关,相关系数分别为 0.921 和 0.956;与无机磷和可溶性磷也有比较好的相关性,相关系数分别为 0.798 和 0.723;与 Al-P、Fe-P 和总有机碳相关性较差,相关系数分别为 0.470、0.275 和 0.644^[20]。由此说明,密云水库的总磷来源与北方石灰性土壤的水土流失有关。

王晓燕等^[18]研究表明,密云水库沉积物的总磷和总氮在河流入库处较高,这可能与河流携带的营养物质沉积有关。而刘浏等^[28]和徐清等^[22]分别测试了 2002 年 4 月和 9 月采集的沉积物,总磷水平分布特征是库西 > 库东 > 库中,这可能与库西山坡陡造成水土流失严重有关。自白河和潮河的入库处向出库口(白河主坝和潮河主坝)沉

积物表层的总磷有增加的趋势。造成这种分布的原因可能是,库西和库东的山坡自入口处向出口处的坡度增加,从而导致水土流失增加,因为河流携带的营养物质在河流入库段因流速降低而会大量沉积,不可能通过缓慢的扩散而沉积在出口处。

关于沉积物总磷的垂直分布,多数观测点呈现出自上而下逐渐减少的特点,但其变化规律也不尽相同,甚至有的观测点是表层沉积物的总磷低于下层^[22,27]。因此,影响营养物质沉积的因素是多样的、复杂的。

2.3 重金属及其分布

葛晓立等^[24]对 2001 年 5 月(枯水期)和 9 月(丰水期)密云水库水体的重金属浓度进行了研究。在水平分布上,铬、镍、镉和汞差异很小,而铅和砷是库西高于库东;在垂直分布上,铁、铅、汞和砷表现为表层小于底层;在季节变化上,枯水期大于丰水期的是铁和铅,枯水期小于丰水期的是镉、汞和砷,枯水期和丰水期差异不明显的是铬和镍。在丰水期镉浓度大于 0.01 mg/L,说明存在镉污染的潜在威胁^[24]。

密云水库沉积物中不同重金属的存在形式是不同的,砷、铅、锌以残留态为主,汞以硫化物结合态为主,镉以碳酸盐结合态和残留态为主。大部分重金属元素的含量自下而上呈现逐渐上升的趋势,说明库区的重金属污染在逐年加剧,这与上游的金矿开采和土壤侵蚀造成的水土流失以及点源污染等有关^[3]。庄敏等^[29]研究表明,密云水库沉积物的总汞含量比较高,平均为 102.16 μg/kg,主要以硫化物汞、有机汞和气态汞的形式存在,可溶性无机汞的含量很少。

3 密云水库水质动态变化及预测

3.1 水质参数的变化

综合以前的研究文献发现,1980 - 2002 年,密云水库的总氮浓度偏高,年际变动在 0.67 ~ 1.28 mg/L 之间,随年代而增加,1996 年以后几乎都高于 1.0 mg/L,2006 年 6 月高达 1.6 mg/L^[24,25,30-39]。总磷浓度较低,多数年份变动于 0.010 ~ 0.025 mg/L 之间。最高值出现于 1995 年,达到 0.089 mg/L;最低值出现于 1991 年,仅为 0.007 mg/L;2002 年 6 月高达 0.07 mg/L

L^[12,13,30~40]。COD 年际变动在 1.7~2.9 mg/L 之间,具有逐年增加的趋势。最低值出现于 1980 年和 1981 年,仅为 1.7 mg/L;最高值出现于 1994 年,达到 2.9 mg/L;次高值出现在 2000 年,为 2.6 mg/L^[30,31,34~36,39~41]。溶解氧(DO)年际变动在 7.01~10.63 mg/L 之间,大部分年份大于 9.0 mg/L^[30~32,35,36,38~40]。叶绿素浓度比较低,年际变动在 2.0~4.3 μg/L 之间,也具有逐年增加的趋势,1998 年和 2001 年超过 4.0 μg/L。透明度(SD)比较高,大于 1.6 m,年际变动在 1.82~3.66 m 之间^[30~32,34~36,38,41,42]。细菌和大肠杆菌总数分别处于 26~1 360 个/mL 和 8~856 个/L 之间,水平较低,符合国家对水源水的卫生标准^[30,34,41~44]。此外,王东利等^[45]和郑和辉等^[46]分别测定了 2002 年和 2005 年密云水库的微囊藻毒素,符合我国饮用水卫生标准。

3.2 水生生物动态变化

密云水库的浮游藻类群落结构为硅藻-绿藻型或绿藻-硅藻型,藻类数量(细胞密度)总体上在不断增长,1973 年以来年际变动在 $33 \times 10^4 \sim 565.3 \times 10^4$ 个/L 之间,在 2002 年达到最大,并以蓝藻占优势,暴发“水华”。蓝藻在温暖季节(6~10 月)数量和所占比例较高,但不同年份最高值出现的时间不同^[30,32~36,38,41~43,47~50]。浮游藻类细胞浓度与水体总磷含量成直线正相关,与透明度和氮/磷比值呈负相关^[42]。

浮游动物数量年际变动在 287.4~5 098 个/L 之间,数量变动很大^[30,32,49,50],生产力有增加的趋势^[32,42,50]。关于底栖动物研究不多,其数量年际变动在 2 306~4 123 个/m²^[30,32,50]。

3.3 水质变化动态

根据 Thomas 和坂本的湖泊营养状况判定标准和 Carlson 的湖泊营养状态评价指数(TSI)标准,1985 年密云水库水质属于中营养状况^[30]。1987-1988 年,密云水库出现了蓝藻门的颤藻(*Oscillatoria*)和微囊藻(*Mycrocystis*)等水体富营养化的指示种^[41,47]。1990 年以后,总氮水平(按坂本的湖泊营养状况判定标准)已达到富营养化程度。1994 年,COD 营养指数(TSI_{cod})为 54.2,也达到富营养化标准(TSI>53),以后各年份也接近或达到富营养化程度。2002 年 1~6 月的总磷营养指数(TSI_{TP})高达 57~65,也达到了富营养

化程度^[39],为 2002 年密云水库首次暴发大面积蓝藻水华奠定了基础^[39,49]。

密云水库的水质与年径流量密切相关,一般情况下,来水量大的年份水质好,来水少的年份水质差^[43]。水库蓄水量大,水体对入库负荷的稀释、缓冲和自净能力强,水质较好^[10]。

网箱养鱼对水质影响很大。密云水库于 1984 年开始网箱养鱼,1988 年网箱养鱼区就已达富营养化程度(TSI_{TP}=57.8),总氮、总磷、BOD、COD、叶绿素 a 和浮游藻类、浮游动物、大肠杆菌密度均明显提高,而 SD、DO 降低,水质明显较库区差^[42,43]。2001 年,网箱养鱼的内湖区的 TSI_{TP}、TSI_{cod}和 TSI_{SD}都达到富营养化程度,其中 TSI_{TP}高达 75.3^[37]。

3.4 水质模拟与预测

陈毓龄等^[51]建立了密云水库分层水动力生态水质模拟模型,较好地预测了水位、温度、悬浮物、可溶解磷、颗粒磷、总磷、浮游植物和透明度等参数的月平均值。陈永灿等^[12]和徐清等^[13]分别建立了密云水库总磷完全混合系统水质模型,以预测不同情景下的水体富营养化情况。王建平等^[10]利用 WASP 模型、EFDC 模型和 SWAT 模型,建立了密云水库水环境模拟预测集成模型,对水位、总磷、总氮、硝态氮、叶绿素和溶解氧的模拟值与监测数据匹配较好。该模型系统对外界负荷的响应非常灵敏,入库总氮和总磷负荷的下降,能显著改善水库水质,尤其是磷负荷的降低可有效地制约藻类生长,表现为叶绿素浓度显著降低。

另外,针对 2002 年密云水库的富营养化,董悦安等^[52]开展了吸附材料、水葫芦种植和机械收藻等对水质影响的试验,也取得了较好的效果。

4 结语

密云水库的总氮浓度偏高,但总磷、化学需氧量、叶绿素、细菌、大肠杆菌、微囊藻毒素等水平较低,溶解氧和透明度水平较高。总的来看,密云水库的水质良好,长期保持在国家地表水环境质量标准的 II 类水体水质标准,这归功于对密云水库水源地长期的、持续的保护。但是,密云水库还始终受到富营养化的威胁,因为上游地区的水土流失、化肥过量施用、畜禽水产养殖、居民点生活等

非点源污染依然存在。密云水库的总氮、化学需氧量、叶绿素水平还具有逐年增加的趋势,其水质已由 20 世纪 90 年代以前的中营养状况向中富营养状况转变,2002 年曾暴发大面积蓝藻水华。由此看来,密云水库作为北京市唯一的地表饮用水源,保护库区水源地环境是永恒的主题。

参 考 文 献

- [1] 贾海峰. 密云水库网箱养鱼区沉积物残留物清除的设想及初步探讨[J]. 北京水利, 2003, 6: 29-31.
- [2] 王建平, 苏保林, 贾海峰, 等. 密云水库及其流域营养物集成模拟的模型体系研究[J]. 环境科学, 2006, 27(7): 1287-1291.
- [3] 刘晓端, 徐清, 葛晓立, 等. 密云水库沉积物中金属元素形态分析研究[J]. 中国科学 D 辑-地球科学, 2005, 35(增刊 1): 288-295.
- [4] Wang X Y, Wang Y X, Li T F, et al. Characteristics of non-point source pollution in the watershed of Miyun Reservoir, Beijing, China[J]. Chinese Journal of Geochemistry, 2002, 21(1): 89-95.
- [5] 王晓燕, 王晓峰, 汪清平, 等. 北京密云水库小流域非点源污染负荷估算[J]. 地理科学, 2004, 24(2): 227-231.
- [6] 苏保林, 王建平, 贾海峰, 等. 密云水库流域非点源污染模型系统[J]. 清华大学学报(自然科学版), 2006, 46(3): 355-359.
- [7] 王晓燕, 王一响, 蔡新广, 等. 北京密云水库流域非点源污染现状研究[J]. 环境科学与技术, 2002, 25(4): 1-3.
- [8] 鲍全盛, 曹利军, 王华东. 密云水库非点源污染负荷评价研究[J]. 水资源保护, 1997, 13(1): 8-11.
- [9] 王晓燕, 郭芳, 蔡新广, 等. 密云水库潮白河流域非点源污染负荷[J]. 城市环境与城市生态, 2003, 16(1): 31-33.
- [10] 王建平, 苏保林, 贾海峰, 等. 密云水库及其流域营养物集成模拟的情景分析研究[J]. 环境科学, 2006, 27(8): 1544-1548.
- [11] 苏保林, 王建平, 贾海峰, 等. 密云水库流域非点源污染识别[J]. 清华大学学报(自然科学版), 2006, 46(3): 360-365.
- [12] 陈永灿, 张宝旭, 李玉梁. 密云水库富营养化分析与预测[J]. 水利学报, 1998, 29(7): 12-15.
- [13] 徐清, 陈广俊, 彭泽洲, 等. 密云水库水体总磷的分布及其影响因素分析[J]. 吉林地质, 2003, 4: 41-46.
- [14] 王晓燕, 胡秋菊, 朱风云, 等. 密云水库流域降雨径流土壤中氮磷流失规律——以石匣试验区为例[J]. 首都师范大学学报(自然科学版), 2001, 22(2): 79-86.
- [15] 王晓燕, 王一响, 王晓峰, 等. 密云水库小流域土地利用方式与氮磷流失规律[J]. 环境科学研究, 2003, 16(1): 30-33.
- [16] 郝芳华, 王华东. 北京市水库网箱养鱼与水资源保护[J]. 北京师范大学学报(自然科学版), 1995, 31(2): 247-250.
- [17] 林道辉, 杨志峰. 水库网箱养鱼环境经济学分析[J]. 重庆环境科学, 2001, 23(2): 31-32.
- [18] 王晓燕, 苑迎冬. 密云水库底质特性及吸附\释放磷的实验研究[J]. 首都师范大学学报(自然科学版), 1997, 18(3): 85-90.
- [19] 徐清, 刘晓端, 刘浏, 等. 密云水库沉积物中磷释放的环境因子影响实验[J]. 岩矿测试, 2005, 24(1): 19-22.
- [20] 刘晓端, 徐清, 刘浏, 等. 密云水库沉积物-水界面磷的地球化学作用[J]. 岩矿测试, 2004, 23(4): 246-250.
- [21] 关卓今, 刘操, 胡秀琳. 密云水库沉积物释放与内源污染负荷估算的探讨[J]. 北京水利, 2005, 2, 28-29.
- [22] 徐清, 刘晓端, 王辉峰, 等. 密云水库沉积物内源磷负荷的研究[J]. 中国科学 D 辑-地球科学, 2005, 35(增刊 1): 281-287.
- [23] 杨东贞, 徐祥德, 刘晓端, 等. 密云水库区域大气-土-水污染过程复合相关源[J]. 中国科学 D 辑-地球科学, 2005, 35(增刊 1): 195-205.
- [24] 葛晓立, 刘晓端, 潘小川, 等. 密云水库水体的地球化学特征[J]. 岩矿测试, 2003, 22(1): 44-48.
- [25] 梁秀娟, 肖长来, 杨天行, 等. 密云水库中氮分布及迁移影响因素研究[J]. 中国科学 D 辑-地球科学, 2005, 35(增刊 1): 272-280.
- [26] 王静, 梁秀娟, 杨天行, 等. 密云水库中总磷的分布\迁移及控制[J]. 吉林水利, 2006, 第 8 期: 1-4.
- [27] 王静, 梁秀娟, 孟晓路, 等. 密云水库中总磷迁移转化机制的分析[J]. 世界地质, 2006, 25(1): 76-80.
- [28] 刘浏, 刘晓端, 徐清, 等. 密云水库沉积物中磷的形态和分布特征[J]. 岩矿测试, 2003, 22(2): 81-85.
- [29] 庄敏, 贾洪武, 王文华, 等. 北京密云水库沉积物中汞的存在形式研究[J]. 环境保护科学, 2005, 31(5): 23-25.
- [30] 宋福, 张冀强, 王昕皓, 等. 密云水库水质探讨[J]. 中国环境科学, 1986, 6(4): 52-55.
- [31] 常持正. 密云水库水质现状评价[J]. 北京水利科技, 1990, 2: 49-55.
- [32] 秦秀英, 陈露, 王秀琳, 等. 密云水库环境的现状和变化趋势[J]. 中国水产科学, 1998, 5(4): 57-62.
- [33] 曾明秀. 密云水库水环境变化及其生态保护[J]. 环境与开发, 2001, 16(2): 15-16.
- [34] 杜桂森, 孟繁艳, 李学东, 等. 密云水库水质现状及发展趋势[J]. 环境科学, 1999, 2: 110-112.
- [35] 杜桂森, 王建厅, 武殿伟, 等. 密云水库的浮游植物群落结构与密度[J]. 植物生态学报, 2001, 25(4): 501-504.
- [36] 杜桂森, 刘晓端, 刘霞, 等. 密云水库水体营养状况分析[J]. 水生生物学报, 2004, 28(2): 191-195.
- [37] 刘晓端, 葛晓立, 杜桂森, 等. 密云水库内湖富营养化现状分析[J]. 湖泊科学, 2002, 14(4): 331-336.
- [38] 刘霞, 杜桂森, 张会, 等. 密云水库的浮游植物及水体营养程度[J]. 环境科学研究, 2003, 16(1): 27-29.
- [39] 王蕾, 杨敏, 郭召海, 等. 密云水库水质变化规律初探[J]. 中国给水排水, 2006, 22(13): 45-48.
- [40] 钱登高. 认真保护好密云水库的清洁水体[J]. 北京水利, 1995, 6: 28-31.
- [41] 杜桂森. 北京密云水库水质研究[J]. 北京师范学院学报(自然科学版), 1991, 12(4): 82-85.
- [42] 杜桂森, 韩志泉, 孟繁艳, 等. 网箱养鱼对水质影响的研究[J]. 首都师范大学学报, 1993, 14(4): 11-14.
- [43] 杜文成. 密云水库网箱养鱼对水质影响的监测[J]. 水文,

- 1993, 13(1):42-44.
- [44] 潘小川, 杜桂森, 王瑞君, 等. 密云水库浮游藻类和细菌污染现状及趋势分析[J]. 中国环境监测, 2002, 18(6): 28-30.
- [45] 王东利, 李洁, 梁亚莉, 等. 水中痕量微囊藻毒素的测定[J]. 中国公共卫生, 2003, 19(8):992-993.
- [46] 郑和辉, 钱城, 邵兵, 等. 北京密云水库富营养化和微囊藻毒素污染水平初步调查分析[J]. 卫生研究, 2007, 36(1):75-77.
- [47] 张为华, 王建厅, 武殿伟, 等. 密云水库水体的营养状况和发展趋势[J]. 水资源保护, 1991, 7(2): 40-42.
- [48] 谢凤君. 密云水库浮游植物的演变及人为活动对水库水质的影响(上)[J]. 环境保护, 1992, 3:33-35.
- [49] 刘静, 杜桂森, 刘晓端, 等. 密云水库的浮游生物群落[J]. 西北植物学报, 2004, 24(8):1485-1488.
- [50] 赵萌, 王秀琳, 秦秀英, 等. 密云水库水生生物调查[J]. 中国水产科学, 2001, 8(1):53-58.
- [51] 陈毓龄, 宋福, 赵蔚苓. 北京密云水库富营养化预测模型的研究[J]. 环境科学研究, 1991, 4(2):7-13.
- [52] 董悦安, 孟庆义, 顾华, 等. 物理及生物技术在密云水库富营养化防治中的应用[J]. 地学前缘, 2005, 12(增刊1):77-82.

第三届亚洲精细农业会议

精细农业,是基于现有田间信息可变性的农业概念或者农业技术。从农艺学、节约、环境的长远角度,它常用于改善农田的管理方式。在农场相对广阔的北美、欧洲和澳洲,精细农业得到了很好的发展和广泛的应用。近年来,它吸引了更多的研究并得到了很多亚洲国家的采用。第三届亚洲精细农业会议将于2009年10月14~16日在中国北京召开,本次大会将就亚洲精细农业的研究及应用现状方面为大家提供方便陈述和交流的研讨会,同时,来自亚洲及世界各国的专家和学者将可以借此机会交流和分享精细农业各领域的新思想和经历。

一、大会组织机构:

主办单位:中国农业大学

二、会议时间和地点:

2009年10月14~16日,中国农业大学

三、大会主要议题:

数据采集与可变性;数据处理和决策支持系统;农作物的精准定点和农田管理;精细农业的环境收益;信息技术的应用;传感器和控制系统;农业研究和教育

四、征文要求:

1. 有意被农业机械学报增刊收录的作者请

于2009年4月30日之前提交500-600英文单词的详细英文摘要,以便学术委员会筛选,摘要通过后将尽快通知作者撰写中文全文,中文格式要求可从农机学报官方网站([http://www. agrocsam. org](http://www.agrocsam.org))中下载。确定被增刊收录的中文全文需在2009年6月30日之前提交。

2. 无意被农业机械学报增刊收录的作者只需要在2009年6月30日之前提交一份500-600单词的详细英文摘要。

3. 无论是否被农机学报增刊收录,所有作者提交的详细英文摘要都将收录至ACPA2009会议论文集中。

4. 全文提交之后秘书处会尽快通知作者是否会在大会上口头发言或者展板交流。被指定在大会上进行口头发言的作者在2009年8月31日前需提交一份英文版全文以便与所有与会者进行交流;通过展板形式进行交流的作者可不再提交英文版全文,只需制作宣传展板。

五、联系方式:

联系人:李民赞教授

电话:010-62737924

传真:010-82377326

电子信箱: acpa2009@cau.edu.cn

网址:<http://www.pacau.cn>