

文章编号: 1007-6301 (2001) 04-0341-06

官厅水库及永定河枯水期水体 氮、磷和重金属含量分布规律

梁 涛, 张秀梅, 章 申

(中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101)

摘要: 于枯水期(冬季和春季)在官厅水库库区及永定河沿线 13 个地点采集了表层水样品, 分别测定了原水和过滤水中 N、P 和重金属的含量, 同时进一步分析了过滤水中不同形态氮的含量, 初步探讨了枯水期官厅水库和永定河水体 N、P 及重金属含量的分布规律及污染特征。研究结果表明, 官厅水库库区及永定河沿线重金属基本没有污染, 大多低于地表水Ⅲ类标准, 极个别样点超过Ⅲ类但仍低于Ⅳ类标准。N、P 污染比较严重, 大部分样点的总氮、总磷指标超过湖泊水库Ⅳ类标准, 个别样点甚至超过Ⅴ类标准。不同地点, 各形态 N 的含量有显著差别, 体现了外源污染的区域分布规律。

关键词: 官厅水库; 永定河; 氮; 磷; 重金属; 含量分布

中图分类号: P343 **文献标识码:** A

水资源是制约区域经济发展的重要因素^[1], 位于北京西北部的官厅水库, 是北京市两个最重要的供水水源地之一^[2]。然而来自上游大量的点源和非点源污染使官厅水库从建库至今, 先后发生重金属污染^[3]、有机物污染(主要发生在河口及洋河汇入处)^[4]、大肠杆菌污染(上游河流入口处)^[5]和氮磷污染^[6], 并于 1997 年退出首都饮用水供水系统。近年来北京市的饮用水供需矛盾日益突出, 改善官厅水库水质, 恢复其饮用水源地功能已列为北京市的重要战略目标。

有关官厅水库的水质污染及其治理研究始于 70 年代, 随后官厅水库管理处一直开展常规监测, 并对官厅水库的水质污染现状^[7~9], 尤其是有机污染方面^[10, 11]相继进行一些报道。此外, 也有来自其他单位的相关研究^[12]。但迄今为止, 官厅水库以及下游永定河水系的氮、磷及重金属污染空间分布规律依然缺乏深入研究。通过全程揭示氮、磷等主要污染物的含量和形态分布, 将有助于揭示官厅水库的富营养化特征并为水污染治理提供依据。本研究通过在枯水期两次沿水库及永定河全程采样, 系统探讨了氮、磷等主要污染物的空间分布规律, 并对其来源进行了初步诊断。

收稿日期: 2001-10; 修订日期: 2001-11

基金项目: 国家重点基础研究发展规划项目(NKBRSF-G1999045710); 中国科学院知识创新工程项目(KZCX2-310-04-01); 中科院地理所所长基金项目(SJI0G-A00-03)

作者简介: 梁涛(1970-), 男, 博士, 副研究员。主要从事水环境生物地球化学研究工作, 已在国内发表学术论文近 30 篇。E-mail: liangt@igsr.ac.cn

1 材料与方 法

1.1 布点和采样

先后于 2000 年 10 月和 2001 年 4 月（枯水期）两次在官厅水库库区及永定河水系的 13 个样点采集表水和表层沉积物样品，采样位置如图 1 所示。样品当天运回后立即放入冰箱（4℃），所有样品在一周内分析完毕。

1.2 样品分析

采集到的水样一部分直接用于测定，另一部分经 0.45μ 滤膜过滤后测定。水样中的总磷含量采用过硫酸钾高压氧化，钼锑抗比色法测定，磷酸盐则直接用钼锑抗比色法测定。总氮和硝态氮利用美国 Dohrmamn 公司生产的 DN-

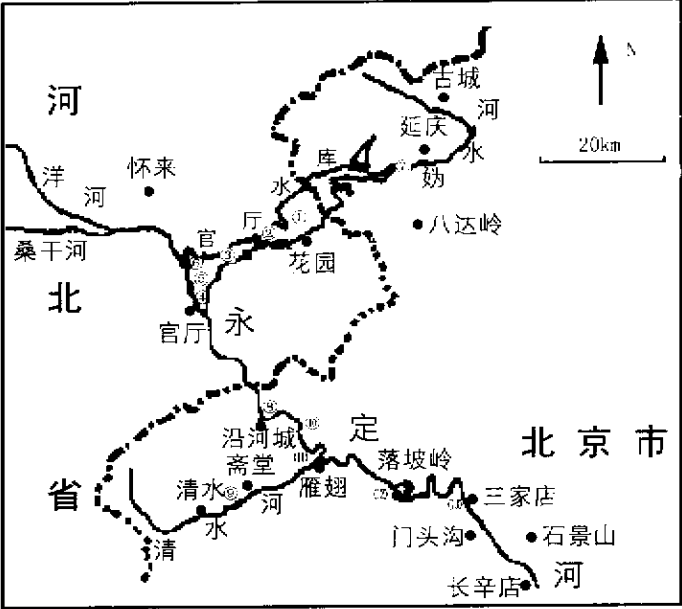
1900 测氮仪分析，氨氮用水杨酸-次氯酸盐光度法测定。水样中的重金属 Cu、Pb、Cr、Zn 和 Mn 的总量通过 ICP-AES 测定，总 Cd 采用瓦里安公司出品的无焰原子吸收仪测定，As 采用原子荧光氢化物法测定。本研究从采样到分析整个过程均有严格的质量控制和质量保证。

2 结果与讨论

2.1 重金属和氮、磷等主要污染物在库区及永定河中的含量分布

两次在官厅水库库区（7 个样点，n=14）和永定河水系（6 个样点，n=12）采集的水样中，原水与过滤水中主要重金属（Cu、Cd、Pb、Zn、Mn、Cr 和 As）的含量如图 2 所示。

根据最新颁布的地表水环境质量标准（GHZB 1-1999）^[13]，从总量上看，无论是官厅水库库区还是永定河水系，大部分重金属（Cu、Zn、Cd、Cr 和 As）的含量均低于地表水Ⅲ类标准，部分样点 Mn 的含量超过地表水Ⅲ类标准但低于Ⅳ类标准。值得注意的是，官厅水库库区中八号桥原水中的铅含量超出地表水Ⅴ类标准（高达 0.124 mg/L），但过滤水中未见超标，可见铅主要被吸附在颗粒物上，这显然与上游的洋河排污有关。此外，原水中重金属的含量明显高于过滤水，说明颗粒态重金属含量不容忽视。水库库区与永定河水系相比，重金属含量几乎都要高出一倍，尽管大部分重金属的含量与水质标准相比处于较低水平，但也反映了库区的污染程度相对较高。

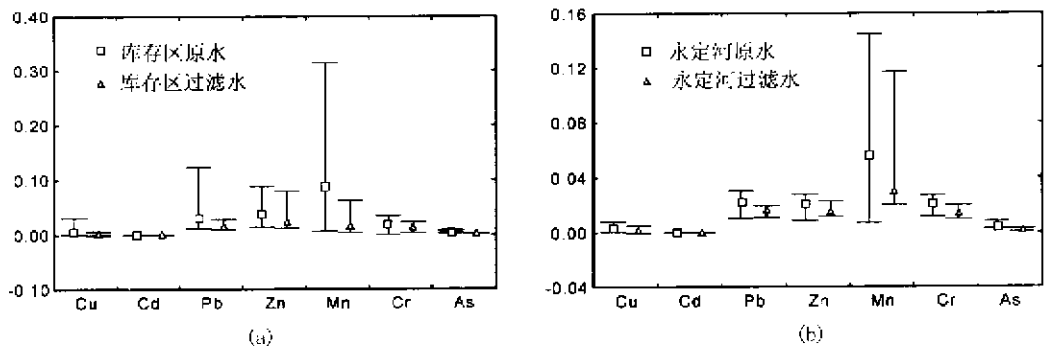


① 老怀来 ② 妫大桥 ③ 河口 ④ 1003 ⑤ 1008 ⑥ 8号桥 ⑦ 妫水河
⑧ 沿河城 ⑨ 斋堂水库 ⑩ 珠窝 ⑪ 清水河 ⑫ 落坡岭 ⑬ 三家店

图 1 官厅水库库区及永定河水系采样点位置示意图

Fig. 1 Samples location in Guanting Reservoir & Yongdinghe River

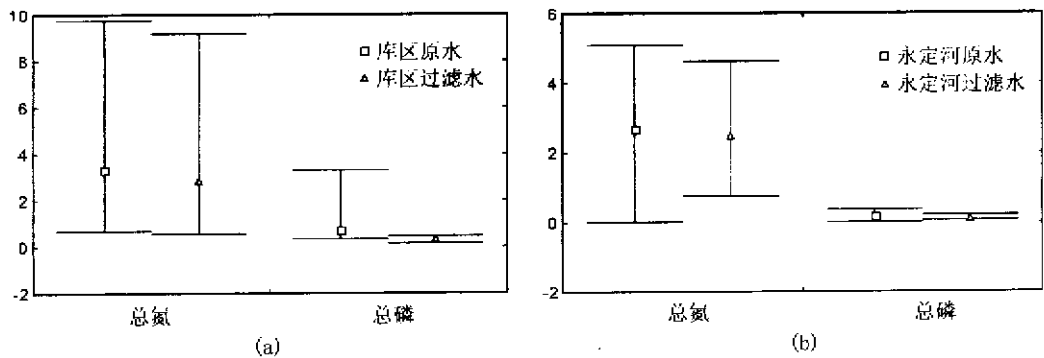
进一步对比官厅水库库区及永定河水系两次采样的原水与过滤水中总氮和总磷的含量(图 3)可以发现,整个库区和下游永定河水系的氮、磷污染严重。根据地表水环境质量标准中的湖泊水库水质标准,原水中总氮的含量(均值 3.12 mg/L, $n=26$)超出Ⅴ类水质标准(1.2 mg/L) 1.6 倍,过滤水中总氮含量则超出Ⅴ类标准 1.2 倍以上。总磷的超标情况更加严重,原水中总磷含量(均值 0.47 mg/L, $n=26$)超出Ⅴ类水质标准(0.12 mg/L) 近 3 倍,过滤水中总磷含量也超出Ⅴ类标准近 1 倍,整个水体处于富营养化状态。对比原水和过滤水可知,颗粒态的氮含量很低,而颗粒态的磷含量较高,其原因可能是通过地表径流流失的磷主要是颗粒态形式。与重金属的含量分布相似,总氮和总磷的含量也是库区明显高于永定河水系,尤其是原水中总磷的含量,这表明库区的氮磷污染更为严重。



(a) 官厅水库库区 ($n=14$) (b) 永定河水系 ($n=12$)

图 2 官厅水库库区及永定河水系重金属含量分布 (mg/L)

Fig. 2 Contents of heavy metals in Guanting Reservoir and Yongdinghe River (mg/L)



(a) 官厅水库库区 ($n=14$) (b) 永定河水系 ($n=12$)

图 3 官厅水库库区及永定河水系氮、磷含量分布 (mg/L)

Fig. 3 Contents of N, P in Guanting Reservoir and Yongdinghe River (mg/L)

2.2 官厅水库及永定河水系中总氮和总磷含量的空间分布

两次采样实测结果表明,官厅水库及永定河水系的总氮和总磷含量存在明显空间分异,图 4 按采样点位分别给出了总氮和总磷的含量分布,水平虚线为相应地表水环境质量标准。由图 4 可以看出,总氮含量的最高值出现在 8 号桥,该点的总磷含量也很高,由于洋

河和桑干河在此点汇入水库，这正反映了来自洋河的污染。总磷含量最高值出现在奶水河原水样点，其总氮含量也很高，这表明官厅水库的奶库区氮磷污染也较严重，其来源显然是延庆县的工业废水和生活污水。对于河口区，由于受到奶库水的稀释，其总氮和总磷含量较 8 号桥要低一些。此外，官厅水库的出口处（1003 和 1008 断面）及永定河水系总氮和总磷的含量较低，但仍然劣于地表水水质Ⅳ标准，个别点劣于Ⅴ类标准。处于官厅水库下游河段的永定河水系主要是受水库泄水的影响，而采自斋堂和清水河的数据则反映了以地区性工业污染为主的氮磷污染。

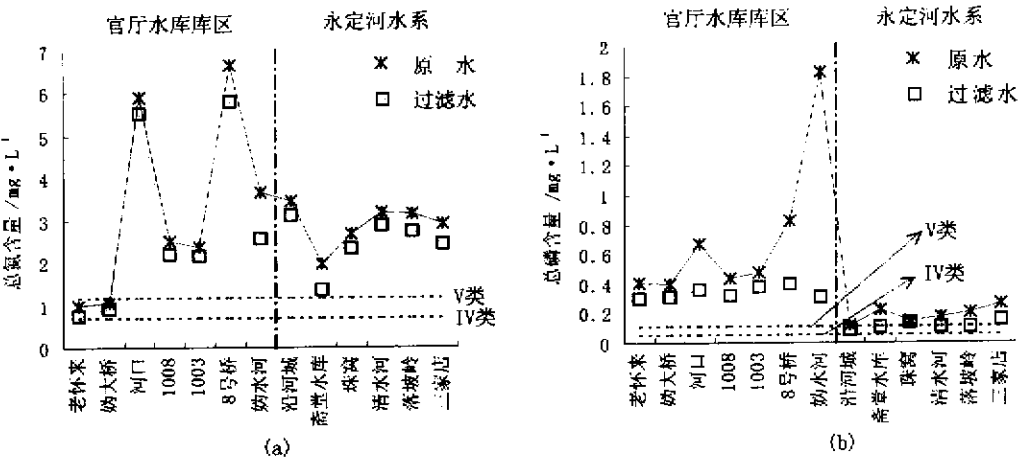


图 4 官厅水库库区及永定河水系中总氮和总磷含量的空间分布

Fig. 4 Contents distribution of total N and total P in Guanting Reservoir and Yongdinghe River

2.3 官厅水库及永定河水系中不同形态氮、磷的含量分布

考察官厅水库库区和永定河水系的氮和磷的不同形态（见图 5），可以发现，其氮污染主要是氨氮污染，尤其是 8 号桥和河口处的氨氮含量远高于地表水环境质量Ⅴ类标准。其原因可能在于每年春夏之交，农业灌溉引水致使桑干河和洋河部分河段断流，农田排水又使水流恢复，造成氨氮含量很高。此外，有机氮的含量不高，硝态氮的含量虽然较高，但超标不严重。从磷的形态分布上看，上文已指出，颗粒态磷是原水中的主要形态，对于过滤水，磷酸盐的含量仅占总磷的 10%~35%，可见溶解态磷的含量并不高。尽管氮是官厅

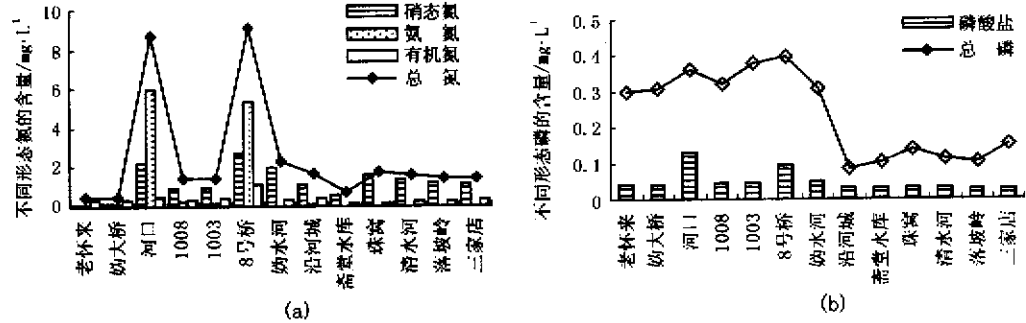


图 5 官厅水库及永定河水中不同形态氮、磷的含量分布

Fig. 5 Contents of N and P in different species in Guanting Reservoir and Yongdinghe River

水库富营养化的主控因素，但由于磷的含量相对较低，水体中的氮难以充分利用，从而使磷成为限制水库富营养化的主控因素。

3 结论

通过以上分析可以看出，枯水期官厅水库库区及永定河沿线水环境污染主要是氮、磷污染，也就是水体处于富营养化状态。从总体上看，重金属污染很轻，大多重金属含量低于地表水Ⅲ类标准，个别样点的Pb含量超标。无论是库区还是下游永定河水系，N、P污染都比较严重，大部分样点超过地表水中的湖泊水库Ⅳ类甚至Ⅴ类水质标准。此外，污染物的含量分布存在一定的空间分异，官厅水库库区污染较重，8号桥最重，其次是河口。库区氮污染以氨氮为主导地位，磷污染主要是颗粒态磷的形式。

参考文献：

[1] 王劲峰,陈红焱等. 区域发展与水环境利用透明交互决策系统[J]. 地理科学进展, 2000, 19(1): 9-16.

[2] 刘汉桂. 北京饮用水源保护的实践与思考[J]. 生态经济, 1997(5): 28-32.

[3] 官厅水系水源保护领导小组办公室. 官厅水系水源保护的研究(1973—1975年科研总结)[M]. 内部资料, 1977.

[4] 徐平. 官厅水系洋河河段有机污染调查研究[J]. 环境保护, 1994(2): 40-41, 33.

[5] 王永玲. 官厅水库细菌监测及其分析[J]. 北京水利, 1997(1): 50-51, 56.

[6] 袁博宇. 官厅水库水质现状及趋势分析[J]. 北京水利, 2000(5): 29-31.

[7] 冯伶亲. 官厅水库水质污染的初步分析[J]. 北京水利, 1996(3): 37-40, 56.

[8] 张卫华,武佃卫. 官厅水系水质评价及对策建议[J]. 北京水利, 1997(6): 11-15.

[9] 王立卿,马增田. 官厅水库水污染及其防治对策[J]. 水资源保护, 1999(13): 30-32.

[10] 赵伟纯. 洋河水系中下游有机污染的治理对策[J]. 环境保护, 1995(5): 11-13.

[11] 康跃惠,宫正宇,王子健等. 官厅水库及永定河中挥发性有机物分布规律[J]. 环境科学学报, 2001, 21(3): 338-343.

[12] 黄国如,芮孝芳. 官厅水库水质模型研究[J]. 水科学进展, 1999, 10(1): 20-24.

[13] 中国国家标准 GB 3838-2002. 地表水环境质量标准[S](国家环境保护总局 1999-7-20 发布, 2000-01-01 实施)北京: 中国环境科学出版社, 1999.

The Study of Distribution of N, P and heavy metals in Guanting Reservoir and Yongdinghe River

LIANG Tao, ZHANG Xiu-mei, ZHANG Shen

(Institute of Geographical Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China)

Abstract: 13 samples in water were collected in Guanting Reservoir and Yongdinghe River during low water period (winter and spring). Contents of N, P and heavy metals in original and filtering water were analyzed. Various species of N were also determined. Contents and spatial distribution of N, P and heavy metals were discussed. The results show that heavy metals pollution is very slight. Contents of most kinds of heavy metals are be-

low the level III of surface water standard, and only very few samples go beyond level III, but they are still below level IV. However, N、P pollution are very heavy both in reservoir and along the river. Contents of most samples in Guanting Reservoir exceed the level IV of lake and reservoir water standard. A few of them even exceed level V. In addition, contents of various species of N change with locations. The pollution in Guanting Reservoir is more serious than Yongdinghe River, and the most serious site is located at bridge No. 8 and the estuary following it. In all kinds of species of nitrogen, content of ammonia nitrogen is the highest in the reservoir. And particle phosphorous is the main species of phosphorous pollution. The pollution degrees of N and P can reflect the different sources of pollutants.

Key words: Guanting Reservoir; Yongdinghe River; N, P and heavy metals; contents