

人工增雨对密云水库 Ag 等化学组分影响研究

赵习方 张蔷 赵淑艳

(北京市人工影响天气办公室, 北京 100089)

摘要 针对作业期(5~9月)在密云水库上游汇水区开展以飞机播撒 AgI 催化剂为主的人工增雨试验,在水库与白河入口处 2 个采样点对水质进行定期连续监测,利用 2004 年 6 月至 2006 年 12 月监测数据,发现 2 个采样点所测组分与变化趋势大致相同;分析了水库水质 Ag 变化特征,得出 Ag 月变化在作业期间波动较大,其平均值作业期间低于非作业期间,并呈现逐年下降趋势。化学特征 2 个采样点无明显差异,阴离子 SO_4^{2-} 浓度最高,其次是 Cl^- 和 NO_3^- ;碱金属 Ca,其次是 Mg 和 Na 浓度最高。人工增雨后,水库蓄水量虽然增加但水库水质未发生明显变化。

关键词 人工增雨 水库水质 变化特征

引言

饮用水源是城市最重要的水资源,保护饮用水源对城市可持续发展起着极其重要的保障作用。随着地下水资源的日益减少,水库的作用发生根本改变,由原来的防洪农业灌溉转变为城市饮用水源^[1,2];因而城市供水系统对水库依赖性也越来越强,水质的好坏直接关系到人民的身体健康。

密云水库作为北京市主要城市饮用地表水源,其水量对于北京的水资源利用起着重要作用。近年来,北京地区持续干旱少雨,水库水量急剧减少。为缓解北京市水资源短缺,抗旱增雨,北京市政府从 2003 年 7 月开始启动了以增加密云、官厅 2 大水库流域径流、增大蓄水,改善生态环境为目的的人工增雨应急方案。在水库上游进行了大规模的飞机、火箭蓄水型人工增雨催化作业,到目前为止,已连续开展 4 年。据水文、气象部门专家对人工增雨效果评估测算,2004~2006 年作业期间(为每年 5~9 月)密云水库因人工增雨共增加水量 $5885 \times 10^4 \text{ m}^3$ ^[3],约占来水量的 11.6%~13.6%,效果较好,受到市政府领导及有关部门的重视和支持。但在播云催化使用小剂量的碘化银增加降水^[4]同时,是否对周围环境及水库水质造成影响,一直是政府与公众所关注的问题。

国内外已有关于人工增雨所用碘化银催化剂对

降水中的 Ag 监测分析^[5~8],而涉及影响区域地表水中 Ag 及化学组分变化特征研究报告相对较少。另外,城市水体水质变化与人类社会活动、经济发展密不可分,研究城市水环境等各类水体的水质变化也是陆地水质的进一步研究方向^[9]。

本研究以密云水库为对象,对水库水质进行定期、定点监测、分析和评价,研究水质中 Ag 及其化学组分时空变化特征,有针对性地为保护饮用水源提供科学依据。

1 密云水库流域概况

密云水库位于京郊密云县城北部山区,横跨潮河、白河主河道上,距北京约 100 km,是华北地区最大的水库,总库容量 $43.75 \times 10^8 \text{ m}^3$,控制潮白河流域面积约 15788 km^2 ,地处 $40^\circ 19' \sim 41^\circ 31' \text{ N}$ 、 $115^\circ 25' \sim 117^\circ 33' \text{ E}$,库区属温带大陆性气候。由于受地形的影响年降水量分布极不均匀,多集中在夏季 6~9 月,冬季稀少。从北京市水文总站对 1980~2005 年 2 库流域历年平均降水及来水情况进行统计分析,得出多年 5~9 月径流系数。相关资料显示,密云水库汛期径流量与其年径流量有很好的线性关系^[10]。把此期间作为开展飞机播撒 AgI 催化剂为主的水库蓄水型增雨试验作业期,以增加 2 库入库水量。飞行增雨区域位于 $38^\circ \sim 42^\circ \text{ N}$ 、 $113^\circ 30'$

~118°30'E,基本分布在北京地区的延庆、怀柔、昌平、密云、平谷及与此毗邻的河北省境内地区潮白河流域。

另外,作业期间(5~9月)密云、延庆白河流域6个流动火箭点,延庆等区(县)15个固定火箭发射点及河北省承德、张家口地区丰宁、赤城、怀来、涿鹿和宣化5个县,联合开展区域合作,进行火箭增雨作业。从2004年6月开始对密云水库和白河入口处进行全年水质连续监测,以了解 Ag 等化学组分浓度变化特征及对环境的影响。

2 研究方法和资料来源

2.1 研究方法

利用密云水库和白河入口处2监测点现有不同时段的水环境监测数据,通过利用数理统计和对比分析的方法,从时空两种尺度上研究了密云水库地表水中 Ag 及化学组分变化特征,同时结合水库流域降水和人工增雨情况,分析时空变化原因。

2.2 资料来源

主要收集2004年6月至2006年12月密云水库和白河入口处2监测点同步环境监测资料,监测数据包括一年中作业期(5~9月)、非作业期(10~4月),每月监测2次,监测时间分上、下旬;每个监测点一次同时取2个水样,所取样品送交北京市理化中心检测。在分析过程中,2监测点以位于密云水库南坝及黑龙潭桥下分别代表水库、水库上游白河

入口处的表层水水质;取水南坝下距水面8m处水样代表水库深层水质;取其监测数据的平均值作为分析的基础。使用SB-10酸度计、DDS-11A型电导仪测定pH值和电导率,Ca、Mg、Na、K、Ag、Pb、Fe、Hg、Cd、 SO_4^{2-} 、 Cl^- 、 F^- 、 NO_3^- 、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 等分别由原子吸收光谱法、离子色谱法、紫外分光光度法测定。使用SB-106电感耦合等离子体原子发射质谱仪、SB-53原子吸收光谱仪AAS、SB-116离子色谱仪ICS-1000 Ion等测试设备。同时,水库流域的水文资料由北京市水文总站提供。

3 结果分析

3.1 Ag 含量空间分布变化

通过分析2004年6月至2006年12月水库与白河入口处2个采样点监测资料(表1),得出 Ag 浓度变化趋势:①同一时期,2个采样点所测数据变化不大,多数情况下,水库水体中 Ag 平均浓度值略高于入口处;②作业期间(5~9月)2个采样点 Ag 浓度呈逐年下降趋势;③作业期间,水库 Ag 平均浓度最高值 $0.76 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 和一次最大浓度值 $0.83 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 均远远低于国家 $50 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 生活饮用水水质卫生标准^[11];④监测期间,未出现 Ag 值超标;⑤2005年10月前,2个采样点作业期间 Ag 平均浓度值均低于非作业期;⑥2005和2006年10月中旬至11月底晋冀6座水库集中向北京市输水,密云水库蓄水量增加,使输水后各时段 Ag 浓度值与输水前的相应时段比有所降低。

表1 水库水体 Ag 含量测定结果

地点	浓度值	$\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$								
		2004年			2005年			2006年		
		1~4月	5~9月	10~12月	1~4月	5~9月	10~12月	1~4月	5~9月	10~12月
水库	平均值	0.76	0.90	0.83	0.63	0.49	0.43	0.51	0.53	
	最大值	0.83	1.00	0.86	0.73	0.75	0.50	0.60	0.63	
	最小值	0.68	0.85	0.8	0.49	0.41	0.35	0.38	0.47	
入口处	平均值	0.73	0.88	0.78	0.61	0.47	0.44	0.52	0.58	
	最大值	0.80	0.90	0.82	0.84	0.70	0.47	0.67	0.67	
	最小值	0.65	0.80	0.73	0.47	0.41	0.4	0.39	0.50	

水库同一采样点表层水与深层水 Ag 平均浓度值对比如图1所示,上下2层变化趋势基本一致,相对较稳定,但深层(8m处) Ag 平均浓度值略高于水库表层水 $0.02 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 。

3.2 Ag 含量时间分布变化

3.2.1 Ag 含量年变化

水库库区与入口处水质 Ag 含量年内变化分析

以2005年监测数据为例(图2),1~4月2个采样点 Ag 值是全年中最高的;进入作业期(5~9月)为下降趋势,由于此期间 AgI 播撒量增加,水库月进水量也随之增大^[4],与其它月份相比 Ag 的含量上、下旬浮动较大;10月下旬后降到年内最低值,其变化趋势与2004年同期相比正好相反,结合图4可看出,2004年作业期过后 Ag 含量均逐渐上升,而且11月出现监测

期间 Ag 一次浓度最大值($1.0 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)。

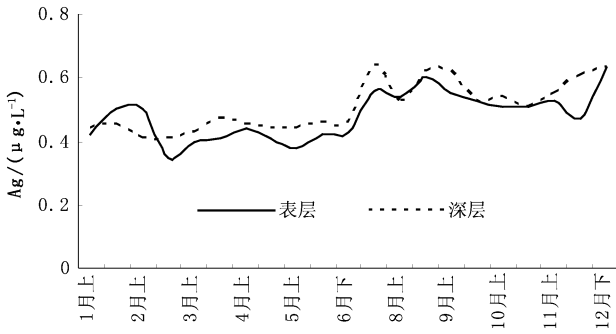


图1 2006年水库表层水与深层水 Ag 对比

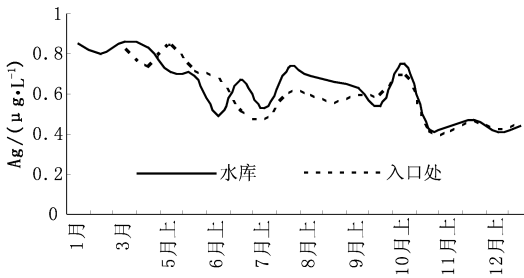


图2 2005年水库、入口处 Ag 逐月变化曲线

分析 2005 年 10 月后 Ag 含量下降原因:据中国水文信息网提供,为缓解北京市水资源紧缺状况,2005 年 10 月 17 日起晋冀 6 座水库集中向北京市输水,11 月结束。统计截至 2005 年 12 月 1 日,6 座水库累计下泄水量 $1.17 \times 10^8 \text{ m}^3$,其中 10 月河北云州水库向密云水库上游白河堡水库输水 $0.18 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。由北京市水务局提供资料表明:从 8 月中旬至 10 月期间,白河堡水库和遥桥峪水库向密云水库输水约为 $0.62 \times 10^8 \text{ m}^3$;密云水库蓄水量由输水前(8 月上旬) $9.21 \times 10^8 \text{ m}^3$ 增加到输水后(11 月上旬) $10.69 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。同时卫星遥感资料显示:密云水库水体面积也由输水前(8 月上旬) 81.7 km^2 增加到输水后(11 月上旬) 85.3 km^2 。水库中 Ag 含量由输水前为 $0.69 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$,减少小到输水后 $0.44 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 。2006 年 10~11 月间又向密云水库输水约 $0.45 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。由图 3 水库 2004 年 6 月至 2006 年 12 月蓄水量与 Ag 含量变化关系可以看到,2005 年水库在输水前 Ag 平均浓度值约为 $0.72 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$,相对较高,2005 年集中输水后,随着水库蓄水量增大,水库 Ag 浓度值降低,平均浓度值约为 $0.47 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 。

3.2.2 Ag 含量年际变化

通过分析水库 2004 年 6 月至 2006 年 12 月资

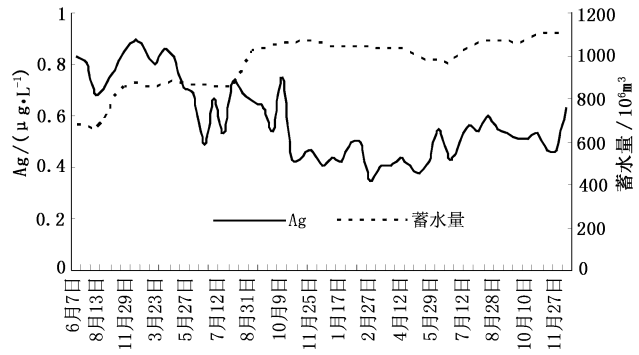


图3 2004年6月至2006年12月水库蓄水量与 Ag 变化曲线

料,得出水中 Ag 含量年变化呈下降趋势(图 4),特别是作业期。参看表 1,作业期间 2005 年(5~9 月)水库 Ag 平均值比 2004 年同期降低 $0.13 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$,2006 年(5~9 月)比 2005 年同期平均降低 $0.12 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$;非作业期间也是如此。大规模的人工增雨作业,使水库流域在每年作业期间(5~9 月)降水量累计增加 50~60 mm 左右,一个地区的水资源总量决定于本地区当年降水量^[10]。作业期间播撒碘化银催化剂使降水量增加,水库月增水量加大,而水库 Ag 含量并未因径流量增加而增大^[12]。据北京市人工影响天气办公室、北京市政府防汛抗旱指挥部办公室、北京市水文总站提供的人工增雨效果评估显示:2004、2005、2006 年密云水库人工增水量约为 1958、1902、 $2025 \times 10^4 \text{ m}^3$,分别占来水量的 13.2%、13.6%、11.6%。以作业期(5~9 月)为例 2004、2005、2006 年水库平均蓄水量分别为 703、918、 $1020.7 \times 10^6 \text{ m}^3$;虽然 2006 年人工增水量比 2004 年增加 $67 \times 10^4 \text{ m}^3$,但水库蓄水量的增长幅度更大,比 2004 年增长了 $3.177 \times 10^8 \text{ m}^3$,故 2006 年作业期间,Ag 平均浓度值比 2004 年同期下降了 $0.25 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 。

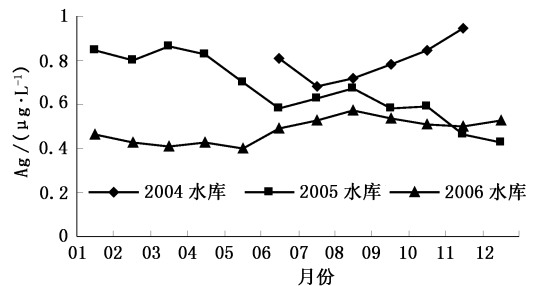


图4 2004~2006年水库 Ag 年变化

3.3 化学组分空间分布变化

在水质分布规律研究中,表 2 给出了 2 个采样

点水质中 16 项化学组分监测结果,对比其各项数据空间分布上差别不大。总体上看,还是水库中各参数(K、Ag、Pb、Cd 除外)浓度值基本都略低于入口处,说明水库水质好于白河入口处。其原因在于,水库水域面积大使水流速度减缓,一方面进入水库各种物质得到稀释,另一方面吸附大量有机物和营养盐的悬浮颗粒逐渐沉积下来累积到底泥中。由于水库水域面积大,水体本身又具有较好的自净能力,使相应物质浓度下降,水质参数浓度降低。另外,由于白河入口处水面狭窄且水浅,河滩、沿河流域附近紧邻公路和村庄,受人群活动影响频繁,易形成污染带^[13],不利于污染物扩散。

3.4 化学组分时间分布变化

水库中化学组分测定结果显示:pH、Pb、Cd、

F⁻符合《地表水环境质量标准》^[14](GB3838-2002)1 类水体标准,NH₃-N 为 2 类,Hg 波动较大在 1~4 类间;其它各项符合《生活饮用水水质卫生标准》(GB5749-85)。总体上看,水库 pH 值平均为 8.3 (偏碱性),电导率 142~415 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$,表明离子浓度总水平比较高。平均来看,碱金属 Ca 浓度最高,各年各时段均值在 32.7~48.7 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 之间,其次是 Mg、Na;阴离子中 SO₄²⁻ 浓度值最高,各年各时段均值在 28.2~43.5 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 范围内,其次是 Cl⁻ 和 NO₃⁻;相比之下重金属离子浓度值低很多。不同时期水库水质中各项参数值虽有起伏,但多数差异不大,都在同一量级(表 2)。

表 2 水库、入口处水质化学组分监测结果比较

水质组分	水库						入口处					
	2004 年 5~9 月	2004 年 10 月至 2005 年 4 月	2005 年 5~9 月	2005 年 10 月至 2006 年 4 月	2006 年 5~9 月	总 平均	2004 年 5~9 月	2004 年 10 月至 2005 年 4 月	2005 年 5~9 月	2005 年 10 月至 2006 年 4 月	2006 年 5~9 月	总 平均
pH	8.2	8.3	8.4	8.3	8.4	8.3	8.2	8.4	8.3	8.4	8.4	8.3
电导率/($\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$)	0.304	0.370	0.335	0.380	0.358	0.357	0.284	0.426	0.383	0.454	0.390	0.407
Ca/($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	32.7	48.7	37.8	45.8	40.4	41.8	36.1	60.6	49.4	58.8	47.4	52.4
Mg/($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	13.0	14.6	13.9	13.2	13.1	13.5	11.7	15.8	14.5	15.2	12.3	14.2
Na/($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	11.3	12.6	12.1	10.8	11.2	11.5	10.6	13.4	12.5	11.5	11.5	12.0
K/($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	2.6	3.1	2.9	2.8	2.7	2.8	2.6	2.8	3.0	2.3	2.6	2.6
Ag/($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	0.76	0.86	0.63	0.46	0.51	0.59	0.72	0.83	0.61	0.45	0.53	0.57
Pb/($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	2.58	0.88	0.76	0.62	0.63	0.89	0.53	1.05	0.82	0.57	0.62	0.70
Fe/($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	0.032	0.006	0.117	0.017	0.003	0.011	0.004	0.09	0.17	0.08	0.005	0.078
Hg/($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	0.16	0.17	0.05	0.05	0.03	0.07	0.22	0.25	0.05	0.05	0.04	0.08
Cd/($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	3.83	0.76	0.59	0.49	0.52	0.92	0.52	0.77	0.58	0.43	0.50	0.53
SO ₄ ²⁻ /($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	28.2	31.9	35.2	43.5	35.1	36.6	27.7	34.6	37.9	47.8	35.3	38.9
Cl ⁻ /($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	8.6	10.4	10.3	12.1	9.9	10.6	8.3	11.8	10.8	13.8	10.3	11.7
NO ₃ ⁻ /($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	0.33	0.17	0.09	0.36	0.28	0.27	0.12	0.18	1.85	0.32	0.31	0.59
NH ₃ -N/($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	4.21	3.99	2.36	2.51	3.01	2.92	7.93	11.7	4.06	7.26	3.68	6.50
氨氮/($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	0.29	0.16	0.16	0.21	0.16	0.19	0.42	0.21	0.27	0.14	0.22	0.22

作业期间(5~9 月)到非作业期间(10~4 月)水库中各项参数变化特征如下:

水库未输水前,2004 年作业期间 5~9 月多项浓度值低于非作业期间 2004 年 10 月至 2005 年 4 月。

水库输水后情况发生变化,如 2005 年 10 月至 2006 年 4 月为多项浓度值低于未输水前 2005 年作业期间 5~9 月。

水库输水,使库区水质所测浓度值均有所变化,但 Ca、SO₄²⁻、Cl⁻ 浓度值始终是作业期较低于非作业期,而这 3 种浓度值始终是所测组分中浓度最高。

4 一次强降水过程对水库水质影响

受偏南暖湿气流和冷空气的共同影响,2006 年 8 月 10 日午后北京地区出现一次局地暴雨降水过程。

此次降水主要集中在本市东北部,密云水库地区是此次强降水中心。来自北京市防汛抗旱指挥部统计数据显示,从下午到晚上,水库东部降水明显大于西部,最大降水量出现在密云水库潮河坝上 105 mm,其次是白河坝上 82 mm;经过此次降雨,库区水位在一天之内上涨了 10 cm,水库蓄水量由原来的 $10.47 \times 10^8 \text{ m}^3$ 增加到 $10.556 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。

11日进行了水样采集,水库在一天内突增近 $1000 \times 10^4 \text{ m}^3$ 库容量情况下,监测结果显示,水库表层水 Ag 浓度值 ($0.54 \mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$) 与深层水 Ag 浓度值 ($0.53 \mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$) 几乎无差别,改变了以往深层水略高于表层水的状况。这与未出现强降水前 7月28日监测结果相比,水库中不同层面 Ag 浓度均呈下降趋势,而且深层水变化最大下降了 $0.11 \mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ (见图5)。进一步证明汛期水库蓄水量的相对增加,并未使 Ag 含量随之增加;而强降水对水库起到较好的混合作用,使得采样期间不同层面污染分布不显著,相对比较稳定。

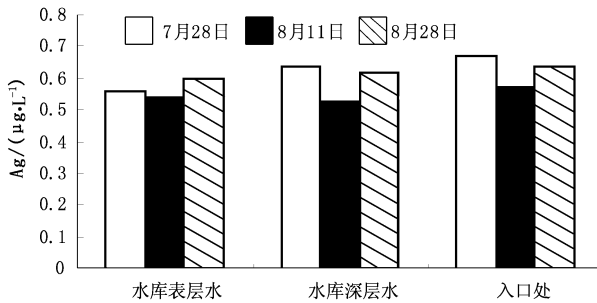


图5 2006年8月10日降水前后水库Ag变化

从图5看出,水库表层水、深层水及入口处在经历8月10日强降水前后的水质状况,7月28日、8月28日为正常取样Ag浓度值,中间(8月11日)是10日强降水结束后监测结果。强降水过后,水库蓄水量的突增,使Ag浓度值比正常情况下有所降低。

5 结语

在密云水库上游实施飞机、火箭人工催化增雨作业后,水库、白河入口处2个采样点水质在空间分布上基本差异不大,所测组分值与变化趋势大体相同,总体上看水库中大多数所测组分浓度值基本都略低于入口处,说明水库水质好于白河入口处;但水

库各时段Ag平均浓度值略高于入口处。

时间分布上,水库中Ag有明显的月变化,在作业期间波动较大,其平均值作业期间低于非作业期间,并呈现逐年下降趋势;大多数所测组分浓度值作业期间低于非作业期间。

虽然降水中的成分均直接影响地表水的污染状况,但在监测期间,未出现Ag一次浓度最大值超过 $50 \mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ 生活饮用水水质卫生标准的纪录;化学特征阴离子 SO_4^{2-} 浓度最高、其次是 Cl^- 和 NO_3^- ;碱金属Ca浓度最高,其次是Mg和Na,其值均符合国家各有关标准规定。人工增雨后,水库蓄水量虽然增加,但水库水质未发生明显变化。

参考文献

- [1] 董文福,李秀彬. 潮白河密云水库流域水资源问题分析[J]. 环境科学与技术,2006,29(2):58-60.
- [2] 周凯敏,刘霞,李化民,等. 黄前水库监测及变化规律研究[J]. 水土保持学报,2004,18(4):150-153.
- [3] 北京市人工影响天气办公室,北京市人民政府防汛抗旱指挥部办公室,北京市水文总站. 北京市人工增雨作业效果评估报告[R]. 北京:北京市气象局,2006.
- [4] 秦长学,张蔷,李书严,等. 密云水库蓄水型增水作业效果分析[J]. 气象科技,2005,33:74-77.
- [5] 申忆铭. 云中催化剂的扩散[M]. 北京:气象出版社,1994:120-134.
- [6] 王雨增,李风声,伏传林. 人工防雷实用技术[M]. 北京:气象出版社:119-121.
- [7] 吴兑. 人工增雨催化剂对环境的影响甚微[J]. 广东气象,2005,3:16.
- [8] 曾光平,郑淑贞,胡敬雅,等. 福建省古田水库地区人工降雨试验雨水中Ag分布研究[J]. 热带气象,1989,5(1):63-71.
- [9] 张勇,王云,叶文虎. 上海市地表水水质近20年的变化[J]. 环境科学学报,2002,22(2):247-251.
- [10] 张永山,何素兰,唐克靖. 密云水库年及汛期径流量年际变化特征的分析[J]. 气象,1994,20(8):3-6.
- [11] 生活饮用水水质卫生标准(GB5749-85)[S]. 北京:中国标准出版社,1992.
- [12] 赵习方,张蔷,秦长学,等. 实施飞机人工增雨对密云水库水质中Ag影响研究[J]. 气象,2006,32(5):46-51.
- [13] 李波,濮培民,韩爱民. 洪泽湖水质的时空相关性分析[J]. 湖泊科学,2002,14(13):259-266.
- [14] 地表水环境质量标准(GB3838-2002)[S]. 北京:中国标准出版社,2003.

Influence of Precipitation Enhancement on Ag and Chemical Composition Characteristics in Miyun Reservoir

Zhao Xifang Zhang Qiang Zhao Shuyan

(Beijing Weather Modification Office, Beijing 100089)

Abstract: The AgI seeding experiments using seeding aircraft were carried out to enhance precipitation at the upriver catchments of Miyun Reservoir from May to September. The regular and continuous measurements were conducted at two sampling spots located at the entrance of the Baihe River and the the reservoir, and by using of the monitoring data, an analysis is made of the temporal and spatial characteristics of water quality in the reservoir from June 2004 to December 2006. The measurements show the same chemical composition and variation trend at two sampling spots. The Ag variation characteristics of water in the reservoir were studied, and the results show that the monthly Ag concentrations changed more greatly during the seeding period; the average Ag concentrations during the seeding period were lower than those during non-seeding period; and there was a decrease tendency year after year. The chemical features are not obviously different at two sampling spots. The negative ion concentration of SO_4^{2-} in the reservoir is the highest, then Cl^- ; Ca and Mg have the highest concentrations in alkali metals. The results suggest that precipitation enhancement does not affect the water quality of Miyun Reservoir.

Key words: precipitation enhancement, reservoir water quality, variation characteristics

对流层顶气候变化证据探测

NCAR 研究人员计划采用一种先进的研究飞机来探测对流层顶,大气中这一区域通过影响地球的热平衡而影响气候。探测成果可用于改进全球气候模式,为 IPCC 的下次气候变化报告提供证据。该项目名为“START 08”(START: Stratosphere-Troposphere Analyses of Regional Transport, 平流层-对流层区域输送分析),执行期为 2008 年 4~6 月。项目的侧重点在对流层顶。近年来研究人员对对流层顶越来越感兴趣,因为它在全球气候系统中非常重要,而且大气中累积的温室气体改变了对流层顶,这种改变以何种方式发生目前还不清楚。对于对流层顶的了解是目前气候研究的薄弱环节。START 是一个多方合作项目,参加者包括迈阿密大学、得克萨斯 A&M 大学、科罗拉多州大学、哈佛大学和 NOAA,经费来自美国国家科学基金会。

项目人员正在改装一架具有高高度飞行能力的喷气飞机(NSF/NCAR Gulfstream-V),它将在北美上空进行 10 多次飞行,飞行高度将达 14.3256 km (47 000 ft),飞机将沿对流层顶飞行,机上装载着最先进传感器。研究人员将得到对流层顶的空气样本,以确定各种气体的运动与浓度。项目的目标之一是进一步了解水汽与臭氧,他们是潜在温室气体,会将热辐射截留在大气中从而使地球变暖。

对流层顶的高度位于约 10~17 km (32 000~56 000 ft.),在热带最高。对这一区域的探测相对薄弱是因为它对大多数地基探测仪器来说太高,而对卫星探测又太低。了解对流层顶的重要性在于它涉及风、大气运动与云、太阳之间的相互作用。要在全球气候模式中较好地表示这些过程,需要准确了解这一区域复杂的大气成分。飞机可以直接探测这些成分,提供关于地基与卫星探测无法探测到的细节的资料。

近年来由于全球变暖,对流层顶高度在变化,地球的热带区域在扩大,对流层顶最高的部分在向南向北伸展。这些变化正在引发一种会影响全球天气形势和长期气候的连锁反应。研究小组要确定天气形势如何影响对流层顶附近的化学物质,以及反过来对流层顶正在变化的化学成分如何影响全球气候,包括急流的位置。在这一复杂区域,自然气体质粒与人类活动产生的污染物混合在一起,最终影响地球天气与气候。