

北京市水资源紧缺的对策研究

陈式慧*

[摘要] 本文对北京市水资源的现状进行了分析,阐明了北京市水资源紧缺的严重性,北京从1979年到1985年底已累计超采地下水36亿立方米,郊区平原地下水位平均埋深已达9米以下,城区漏斗地下水埋深已降到40米以下。预测到2000年,若遇平水年,将缺水6.2亿立方米;若遇枯水年则将缺水13.8亿立方米。为解决北京市水资源紧缺问题,本文在综合了各有关方面的建议的基础上,提出了全面节流,适当开源,修建水源调配工程和加强水的管理体制的对策。文章还对充分利用雨洪问题作了比较详细的说明。

水,是农业的命脉,工业的血液,是人类和一切生物赖以生存和必不可少的自然资源。随着人口增长、经济发展和人类物质及文化生活水平的提高,现代化城市对水的“量”和“质”的要求越来越高,水已成为城市发展的制约因素。

北京市是一个严重缺水的城市,全市水资源人均占有量为全国人均占有量的 $1/7$,为世界人均占有量的 $1/25$ 。所以亟待研究解决北京市水资源紧缺的对策。

一、北京市水资源概况

北京市处于华北平原的西北部边缘,全市总面积16800平方公里,其中山区占 $2/3$,平原占 $1/3$ 。北京属海河流域,水系从东到西分布有蓟运河、潮白河、北运河、永定河、大清河五大水系(见图1),河流总流向是自西北流向东南。

1. 北京市水资源量及特点

(1)降水量 北京地区多年平均降水量为595毫米(1956—1984年),28年间总降水量为100亿立方米,见表1。

北京降水量的特点是:

(a) 年际变幅大。全市平均降水量最丰年与枯水年的年雨量相差3.5倍。

(b) 丰水年与枯水年交替发生或连续发生,个别地区连丰年最长可达6年,连枯年最长可达9年。

(c) 年内分配极不均匀。一般年份汛期雨量约占全年85%左右,丰水年汛期雨量可占90%以上,最大一天的雨量可占全年的10%以上。

(d) 有明显的地区分布规律。从年降雨量等值线图(图2)可见,山前降雨量最大,有多年平均降雨量为700毫米的区域。

(e) 各河系丰、枯年出现基本上不同期。这些特点为充分利用雨洪提供了条件。

* 国家自然科学基金委员会材料与工程科学部



图 1 北京市水系图

表 1 北京市年降水量统计表

分区	年降水量标准	1956—1984年 (平均)	各种保证率年降水量		
			P=20% (丰水年)	P=50% (平水年)	P=75% (枯水年)
全市	毫米	594.6	731.3	576.7	469.7
	亿立方米	99.8	122.86	96.89	78.91
山区	毫米	590.7	720.5	572.9	472.5
	亿立方米	61.43	74.93	59.58	49.14
平原	毫米	600.9	763.4	571.1	450.8
	亿立方米	38.46	48.86	36.55	28.85

表中 P 为保证率

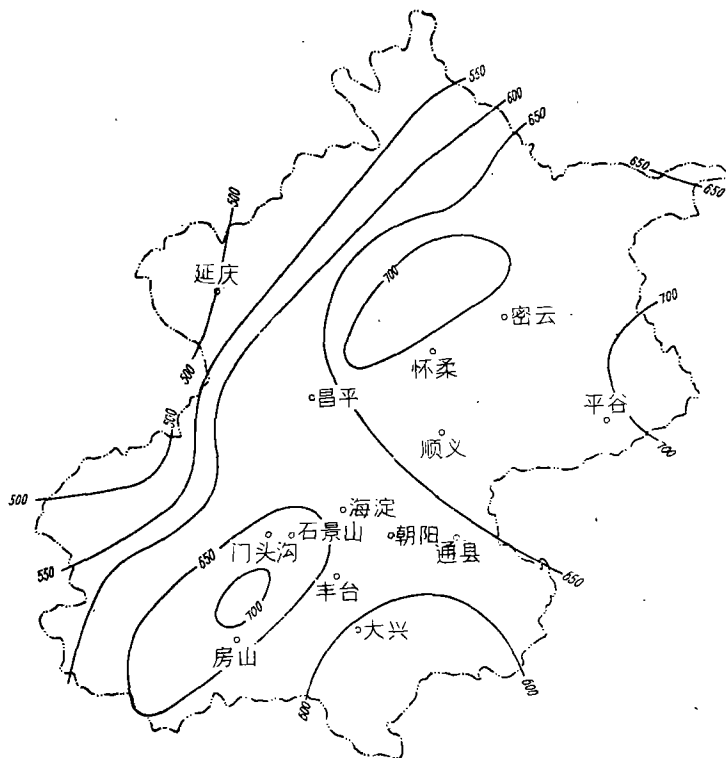


图2 北京市多年平均降水量等值线图(单位:毫米)

(2)地表径流量 根据1956—1984年实测资料统计分析,多年的全年平均径流量为23亿立方米,其中山区16.1亿立方米,平原6.9亿立方米。北京市地表径流量统计见表2。

表2 北京市地表径流量统计

(单位:亿立方米)

分 区	多年平均 (1956—1984年)	各种保证率年径流量		
		P=20% (丰水年)	P=50% (平水年)	P=75% (枯水年)
全 市	23.0	32.2	18.4	12.2
山 区	16.1	22.7	12.6	8.05
平 原	6.9	10.6	5.58	3.45

地表径流量的特点总体上与降水量相似。为了充分存贮地表径流,控制出境水量应当成为一种可行的对策。

(3)地下水 北京市的地下水资源不丰富,它的变化常反映在排泄和补给两个方面。平原地下水分项补给量见表3所示。

表3 北京市平原地区多年平均地下水补给量

补给项目	补给量(亿立方米)		比例(%)	
降雨入渗补给	11.06		48.7	65.40
山前侧向补给	3.80		16.7	
河道渗漏补给	2.27		10.1	34.60
渠系渗漏补给	3.19	7.87	14.0	
渠灌、井灌回归补给	2.39		10.5	
合计	22.73		100	

山区地下水分项排泄量见表4。

表4 北京山区多年平均地下水量 (总排泄量)

项目	排泄量(亿立方米)	备注
河川基流量	6.45	全市泉水总量为2.02亿立方米, 其中1.38亿立方米流入下游水 库和被当地利用
山前侧向流出量	3.80	
泉水量	0.64	
合计	10.89	

北京市地下水的特点:

(a) 年际变化大。平原地区地下水总补给量的年际变化幅度大约在13—26.5亿立方米左右,相差一倍多。

(b) 地区分布不平衡。以1978年(平水年)和1981年(枯水年)为例分析各河系的补给量,情况见表5。

表5 1978(平水年)、1981(枯水年)各河系平原地下水补给量 (亿立方米)

年份 \ 河系	各河系平原地下水补给量 (亿立方米)					
	潮白河	北运河	永定河	大清河	蓟运河	全市平原
1978	3.30	11.59	2.48	2.52	3.31	23.20
1981	2.15	6.56	1.16	1.39	1.98	13.20

(4) 外省入境水量 根据1956—1983年28年的资料统计,北京市不同保证率的入境水量见表6。

表6 北京市不同保证率入境水量

项目	1956—1983年 平均值	不同保证率的入境水量(亿立方米)			
		P=20%	P=50%	P=75%	P=95%(最枯)
日历年	20.5	27.9	18.4	12.9	8.0
汛期	11.6	16.9	9.28	5.68	3.13

外省入境水量约有全年来水量的60—90%集中在汛期,丰水年与枯水年差异很大。入境水量越来越少,统计资料表明,50年代平均入境水量为35亿立方米,60年代平均入境水量为20亿立方米,70年代则减少到17亿立方米,特别是永定河和潮白河入境水量减少最多。可见依靠增加外省入境水量来解决北京市水资源紧缺的问题不现实,只能从拦截本市雨洪方面想办法。

(5)水资源总量 综上所述,北京地区一次水资源总量多年平均为58.4亿立方米,若扣除因6000平方公里平原及4000平方公里目前无法控制利用的多年平均出境水量13.3亿立方米,则全市每年天然水资源总量为45亿立方米。

2. 北京市水资源供需平衡预测

北京已开发利用的水利设施(见图1)

(1)水库 共有大中小型水库85座,其中官厅、密云、海子三座大型水库总库容达73.79亿立方米,由于种种原因,目前官厅水库来水锐减,入库水量也由50年代的年平均19亿立方米减少到5.0亿立方米。

(2)水闸。共有大中型水闸50座,可拦蓄水量约0.47亿立方米。

(3)塘坝、截流共470处,总蓄水能力为0.11亿立方米。

(4)供城市生活用水的水源厂8处,年供水能力约4亿立方米。

(5)污水处理厂二处,处理能力为19万吨/日。

(6)机井近4万眼,其中工业及城市生活用机井2000余眼。

(7)扬水站6400处,大中型灌区44处。

(8)大中小型水电站119座,总装机容量26.3万千瓦。

根据大量的调查资料得出城区及郊区水资源供需的平衡预测,见表7及表8。

表7 城区水资源供需平衡预测

(单位:亿立方米)

项 目	水平年 保证率(%)	1990年			2000年		
		50	75	95	50	75	95
可供水量	官厅水库	6.8	3.0	1.1	5.6	2.1	0.7
	密云水库	10	9	8	10	9	8
	城区地下水	5	5	6	5	5	6
	水源八厂	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	合 计	23.3	18.5	16.6	22.1	17.6	16.2
需水量		19.3	19.3	19.3	22.9	22.9	22.9
盈亏水量		+4.0	-0.8	-2.7	-0.8	-5.3	-6.7
备 注		1)城区需水量包括:城镇及公共用水;工业用水;菜田及河湖用水;其他。 2)遇旱时城区地下水计划超采1亿立方米。					

表 8 北京市郊区供需平衡预测

(单位: 亿立方米)

项 目	水平年 保证率 (%)	1990 年		2000 年	
		50	75	50	75
中小水库及河道基流		3.9	2.2	3.9	2.2
地下水		16.5	16.5	16.5	16.5
合 计		20.4	18.7	20.4	18.7
需 水 量		23.5	23.5	25.8	25.8
盈亏水量		-3.1	-4.8	-5.4	-7.1

从表 7、表 8 可见, 到 1990 年偏枯年 (保证率 $P=75\%$) 缺水 5.6 亿立方米, 枯水年 ($P=95\%$) 缺水 7.5 亿立方米。到 2000 年平水年 ($P=50\%$) 缺水 6.2 亿立方米, 偏枯年缺水 12.4 亿立方米, 枯水年缺水 13.8 亿立方米, 将不能维持正常的生活和生产用水。

实际上北京市水资源早已入不敷出了, 多年来主要靠超采地下水和引用污水灌溉来应付缺水局面。全市平原地区自 1979 年到 1985 年底已累计超采地下水 36 亿立方米, 其中城区 1000 平方公里约占一半。郊区平原地下水位以每年 1—2 米的速度下降, 平均埋深已达 9 米以下, 城区漏斗中心地下水埋深已下降到 40 米 (见图 3)。

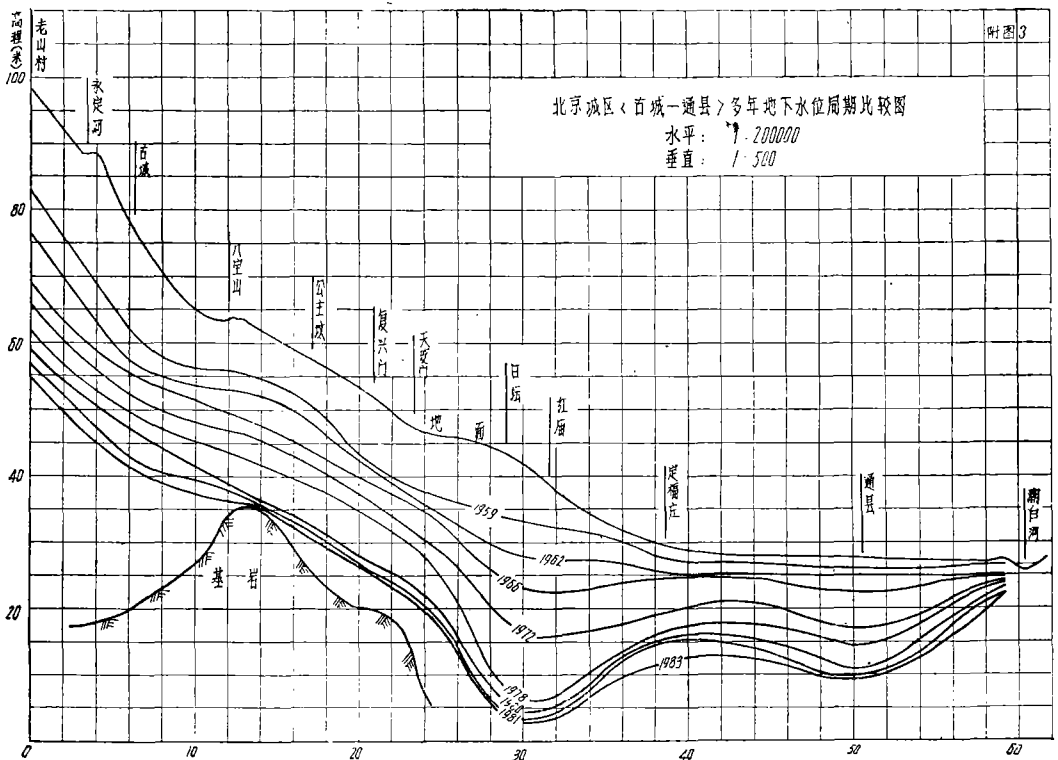


图 3 北京城区多年地下水位同期比较图

二、解决北京水资源紧缺的对策

从以上分析可以看出,北京缺水已成定局,而且日趋严重。解决北京水资源紧缺的方针应当是:“全面节流、适当开源、加强保护、强化管理”。

1. 全面节流

在水资源供需平衡分析中,已考虑了各行各业实行的节水措施,若节水措施不力,缺口还会更大。

节水措施主要包括:生活节水,除按户安装水表外,还应通过各项政策对用水大户、高级宾馆等加以限制;工业节水,提高工业用水的复用率,严格控制工厂的总用水量;农业节水,有计划地因地制宜地推广各种节水措施,限制超采地下水。

2. 适当开源

(1)增加入境水量。兴建拒马河引水工程,枯水年可就近解决燕山化工厂的工业用水0.6亿立方米。修建张坊水库,除解决下游防洪问题外,还可发挥水库的调蓄作用,增加枯水年的供水能力。

采取措施,延缓官厅水库供水能力的衰减速度。

(2)污水处理。按城市总体规划兴建污水处理厂,比如高碑店一期50万吨污水处理厂,增加再生资源,供工业循环水的使用。同时还要兴建水源地上游的城镇污水处理厂,以保护水源,改善生态环境。

(3)充分利用雨洪,控制出境水量。目前,北京地区土壤及已经形成的地下水降落漏斗,既有巨大的调蓄能力,又形成了一个天然管网,只要适当拦截径流,控制出境水量,即可使雨洪转化为可利用的水资源,这样可就地开源,缓解北京市水资源的供需矛盾(详见“三”)。

3. 水源调配工程

(1)修建京西工业第二水源工程。官厅水库年来水量少于4亿立方米,或水库被迫排沙时,都不能保证京西三大工业企业及其他工业企业用水。此时只能从密云水库调水补给官厅,其关键措施是修建从昆明湖扬水至高井的“第二水源”工程。

(2)修建从怀柔水库到昆明湖的输水暗管工程,这不但解决了冬季从密云水库输水进城问题,而且大大减少了输水损失,建成后年输水量为3亿立方米,可减少输水损失0.6亿立方米。

(3)积极做好跨流域引水工作。跨流域调水已做了多种方案的比较,其中包括拒马河引水,南水北调引(长)江水入京,“引黄入晋济京”及东线“引滦入京”等。各方案的指标见表9。

从表9可见,近距离引水较远距离引水经济,自流引水较扬水经济。但华北地区水资源紧缺,近距离引水势必造成北京与天津和河北省用水的矛盾。远距离调水投资大,工程复杂且艰巨,根据目前我国的财力状况,近期内无法实现。

4. 调整和加强水的管理体制

现在全市有许多单位都直接、间接地管水,如水利、地矿、市政、环保、规划等,长期以来是

“多龙治水,群龙无首”的状态,严重地影响了水资源的调配与利用。北京已建立了水资源委员会,在它领导下贯彻执行水法,全面规划,统筹兼顾,综合利用,统一管理,使有限的水资源发挥其最大的效益。

表9 各调水方案比较表

项 目	单 位	拒马河引水		南水北调 引 江		引黄入晋济京			东线引滦入京	
		有库 引水	无库 引水	中 线	东 线	近 期 方 案	远 期 低方案	远 期 高方案	引 滦 入 潮	于 桥 入 京
引水量	亿立方米	2.80	0.74	7.61	6.00	3.68	8.48	12.20	3.00	4.00
输水方式		自流	自流	自流	扬水	扬水	扬水	扬水	自流	扬水
工程投资	亿元	6.04	1.40	11.76	13.94	4.82	9.16	11.74	3.18	7.84
每立方米水投资	元/米 ³	2.16	1.90	2.21	2.32	1.87	1.54	1.37	1.325	1.96
每立方米水运行费	元/米 ³	0.043	0.038	0.053	0.138	0.237	0.229	0.227	0.027	0.071
每立方米水折算费用	元/米 ³	0.33	0.26	0.34	0.45	0.49	0.45	0.42	0.19	0.32

三、再谈雨洪利用研究

通过以上分析可见,尽管北京市水资源紧缺,在1980和1981年两个典型的枯水年仍有3亿立方米及1.5亿立方米的清水出境,如能充分利用汛期雨洪,发挥土壤及地下漏斗的调蓄能力,将是缓解北京市水资源紧缺的有效途径之一。

雨洪利用研究主要从以下三个方面进行:

1. 山区雨洪利用

通过研究各种水土保持措施和山前截流、滞洪导渗工程试验,为增加山区向平原的侧向补给开源。

2. 城区雨洪利用研究

要研究雨洪的水质现状及保障水质不被污染的条件下将雨洪转化为地下水资源的措施。包括城区利用草坪、屋顶、路面进行地下水垂直补给的四灌技术;利用城市河湖滞蓄雨洪入渗措施;利用芦沟桥闸蓄水增加城区地下水补给措施等。

3. 平原区雨洪利用

通过对各平原区的典型分析,提出不同条件下,各分区雨洪可利用量及具体措施。结合现有的水利设施和农田条件,研究不同土质的雨洪利用技术及四水(降水、地面水、土壤水及地下水)转化机理,研究平原大型水闸(如三家店水闸)蓄水对地下水补给的影响,从而为农业用水就地开源提供依据。

从目前情况看,北京市严重缺水急待解决,由于降雨的特点及地下漏斗的存在,为充分利

用雨洪提供了可能的条件,跨流域调水方案尽管能从根本上解决问题,但所需投资太大,人力物力投入过大,近期难于实现。从开源挖潜的角度看,充分利用雨洪是目前花钱最少,最容易见效的好办法,且可望在近期取得明显的效益。

参 考 文 献

- [1] 北京市水利局,《北京水资源》卷1—卷3,1984年、1985年。
- [2] 北京市水利规划设计研究院,《北京水资源利用》。
- [3] 北京市哲学社会科学规划领导小组办公室,《北京水资源手册》,1986年。
- [4] 黄震东,《北京市水资源的总体对策研究》,北京水利科技 1988年第3期。
- [5] 洪世华,《加强管理,把首都建成节水型城市》,勘察设计技术交流会,1988年7月。

THE STUDY OF MEASURES FOR SOLVING WATER SHORTAGE PROBLEM IN BEIJING

Chen Shihui

(Department of Materials and Engineering Sciences of NSFC)

In this paper the serious situation of water shortage in Beijing is analyzed. The accumulated overdraft of groundwater in Beijing from 1979 to 1985 reached 3.6 billion m^3 . The average water table depth in suburban plain areas was over 9m, while the maximum drawdown of groundwater in the center of the cone of depression exceeded 40m. According to the forecast of the water budget for the year 2000, the shortage of water for a mean year will be 620 million m^3 , and that for a dry year the deficit will exceed 1380 million m^3 . To solve the problem of water resource shortage in Beijing, on the basis of analysis of suggestions from different sources, a system of comprehensive measures for strict control of water consumption, optimum utilization of all available internal water resources, proper transfer of water resources from neighbouring basin, as well as strengthening water management, is proposed. In this paper the measures for effective use of storm water are also discussed in detail.