

北京地区水资源养蓄方案初探

孙颖^{1,2}, 叶超², 韩爱果³, 何政伟¹

(1. 成都理工大学信息工程学院, 成都 610059; 2. 北京市地质工程勘察院, 北京 100037;

3. 成都理工大学地质灾害防治与地质环境保护国家专业实验室, 成都 610059)

摘要: 水资源问题一直是关系着经济建设与城市发展的大事。而多年来, 持续过量开采水资源所带来的环境和生态问题也日趋严重。多年实践与研究表明, 水资源的开发与保护应实施统一管理, 根据区域自然条件, 进行水资源养蓄, 以提高水资源的循环和再生能力, 改善当地的自然资源更新与环境净化功能。从水资源联合调度与联合调蓄的基础条件出发, 探讨了首都地区水资源养蓄的可行性, 并由地下水人工回灌入手, 对如何通过水资源联合调度、联合调蓄实施水资源的养蓄进行了论证。

关键词: 南水北调; 水资源养蓄; 联合调度; 联合调蓄

中图分类号: P331

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2006)06-0129-04

The Protection and Accumulation Scheme of Water Resource of Beijing Area

SUN Ying^{1,2}, YE Chao², HAN Ai-guo³, HE Zheng-wei¹

(1. College of Information Engineering, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059;

2. Beijing Institute of Geological Engineering, Beijing 100037, China; 3. National Laboratory of Geological Hazard Prevention & Geological Environment Protection, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China)

Abstract: Water resource is a very important issue to economy development and city construction. As a result of many years of sustained over exploitation, the environmental and ecological problems are getting more serious day by day. It can be concluded from our practices and research results that centralized management has to be implemented for the exploitation and protection of water resource. The protection and accumulation of water resource should be done according to the natural conditions, so as to improve the recycling and regeneration abilities of water resources, the renewal of local natural resources, as well as the environmental decontamination functions. Based on the basic conditions of conjunctive management and coupling management, the feasibility of water resource protection and accumulation is discussed. Starting with groundwater artificial recharge, the water resource protection and accumulation by way of conjunctive management and coupling management is demonstrated.

Key words: South-to-North Water Diversion; water resources protection and accumulation; conjunctive management; coupling management

北京是严重缺水城市,几十年来,北京的城市建设与经济发展迅速,尤其是近20年,首都以令世人震惊的速度发生了日新月异的变化,而发展建设与水资源短缺的矛盾也日益突出。资源性、区域性缺水 and 受经济、技术条件制约的开采造成北京地区水资源储量衰减,区域供水能力下降和生态环境质量下降等问题。

北京地区的地表水资源并不是很丰富,且利用程度较高,经过多年的人工开采,地表水资源总量已大幅减少。另一方面,随着气象条件的变化,连续枯水年的出现,也使首都地区的地表水可利用资源量降到了历史最低水平。

地下水作为北京市的主要供水水源,在过去的城市建设与发展过程中起到过巨大贡献,而在多年的持续过量开采过程中,地下水水位持续下降,地下水储存量大幅减少,为北京市的水资源可持续利用发展敲响了警钟。同时,地下水水质恶化,地面沉降等环境地质问题的出现,也使我们越来越认识到地下水资源保护的重要性。

在当前形势下,应通过地下水地表水联合调蓄,进行区

域水资源联合调度,改善区域水循环情况,提高水资源安全供给能力。至南水北调中线(北京段)工程实施后,区域水资源短缺形势将得到缓解,则应以补充地区水资源、改善生态环境质量为目标,全面实施水资源养蓄。

水资源养蓄,就是在当地自然地理条件基础上,以水资源的赋存和转化情况为依据,通过人类有意识的行为,对人类开发利用程度较高和水资源、环境问题存在的区域,实施以涵养水资源,提高区域水资源的循环、再生能力,提高和改善地区资源、环境、生态功能为目标的水资源调度和联合调蓄。

现阶段,影响北京发展建设的主要问题包括资源短缺、环境恶化和生态问题等,其中首先要解决的是水资源问题。根据多年研究表明,解决北京地区的水资源问题,首先要立足于现有资源,开源节流,建设节水型农业,提高水资源开发利用管理水平,并重点加强地下水资源养蓄,实施地下水地表水联合调蓄,进行城市雨洪利用、再生水利用等方面的研究与推广工作。在南水北调工程实施后,北京市水资源短缺情况将会得到一定的缓解,则主要通过减采、停采等方式涵

* 收稿日期: 2005-12-20

作者简介: 孙颖(1973-),男,北京市人,在读博士,工程师,从事专业:水文地质与工程地质。

养地下水,并加强水资源的联合调度、联合调蓄工作的推广,以恢复城市的资源和环境功能,提高人居环境生态质量,促进首都可持续发展建设进程。

1 地下水人工回灌

地下水人工回灌是进行地表水地下水联合调蓄的有效方法,也是 30 多年来北京地区水资源实施养蓄工作的主要实践成果之一。地下水与地表水相比,有可再生、自净能力强和对周围环境影响更本质更持久的特征,通过人工回灌,利用渗坑、渗井和河道等,将城市雨洪、汛期水库弃水、空调弃水和建筑施工排水等回灌到地下,避免了地表水的流失,涵养地下水源,不仅可增加地下水资源补给量,对于小区域的生态环境改善的意义更加深远。

地下水人工回灌的主要方式有:井灌、砂石坑人工回灌和利用橡胶坝拦蓄河水进行河道人工回灌等^[1]。其中:

井灌,从回灌井的口径、深度来划分井灌的类型,可分为大口井回灌和深井回灌。大口井回灌适用于埋深较浅的潜水含水层地区,特别是西郊单一砂卵石含水层地区;深井回灌适合于各种地层,无论是北京西郊单一砂卵石含水层地区,还是东郊多层含水层地区,均能采用本种方法。

砂石坑回灌,砂石坑是进行地下水人工调蓄的极好场所,它具有容积大,渗透性强,地下水流速快,影响范围内水位回升明显等优点。

橡胶坝拦蓄河水回灌,目前,永定河河道已建成多处拦蓄工程。橡胶坝、分洪闸这些水利工程将拦蓄一定的水库弃水和山区洪水,通过以拦蓄河水,使其入渗地下,对地下水起到了一定的补给作用。

另外,根据不同的地层条件、回灌水源和回灌目的,可行的回灌方式还包括河道、渗水洼地、渗水廊道等多种回灌方式。

2 水资源联合调度与联合调蓄

经过多年论证,在北京地区实施地下水、地表水联合调度,是缓解首都水资源短缺的重要措施。而在南水北调工程实施后,只有分步骤地实施地表水与地表水、地表水与地下水、地下水与地下水的联合调度、开发,才能有效的涵养本地水资源,改善水环境与生态人居环境,走上水资源的可持续开发之路。

“联调”意味着水资源的合理调配与合理存储,地表水与地下水联合调蓄工程的实施,在丰水年份将多余的地表水回补给地下含水层中以备枯水年份使用,可在很大程度上解决水资源时空分布不均衡问题,并可将单一的周期性天然补给改变为不定期的多种方式人工补给,改善地表水库调蓄库容不足的状况,提高防旱、抗洪能力、采用养灌结合的方法,可增加供水量,对缓解区域地下水水位下降,消除因过量开采地下水造成的环境地质问题,提高城市供水保证率,都具有重大作用。

永定河和潮白河冲洪积扇中、上部地区由于水文地质条件优越,被视为北京市的两大地下水水库。由于多年的地下水持续过量超采,与 20 世纪 60 年代初相比,地下水水位大幅度下降,城近郊区的地下水亏损量已超过 $20 \times 10^8 \text{ m}^3$ ^[2],为地下水地表水联合调蓄腾出了巨大的调蓄空间。而近年来在城近郊区,已开展了大量的联合调蓄的研究工作,为开展联调工作打下了良好的基础。

南水北调实施后可增加地下水资源储量,地下水资源得到了补充,也为地下水与地表水的联合调蓄提供了保证。

南水北调实施后的联调工作可分为两个阶段:(1)初期涵养地下水,增加水资源储量;外调水源进京之后,优先利用外

来水源,利用地下水库的可调蓄空间,开展联合调蓄工作。

(2)联调-水资源优化开发利用阶段:地下水的可调节性,在枯水年适量的动用地下水储存量,多开采地下水,而在丰水年通过减采或进行地下调蓄,涵养地下水,并充分利用含水层对各种污染物的自净作用,改善地下水水质,恢复地下水生态环境^[3]。在环境地质监测基础上,加强调蓄后的效果分析研究,调整并优化北京地区的水资源利用和开采布局,解决水资源时空分布不均衡问题,缓解区域地下水水位下降,消除因过量开采地下水造成的环境地质问题,达到提高城市供水安全的目的,实现水资源可持续利用,使生态环境得到改善。

3 水资源养蓄方案

北京地区的水资源养蓄工作,应以地下水资源的恢复为首要目标。特别是在南水北调工程实施后,首先通过自备井停采,涵养地下水资源;其后,随着地下水位上升,逐步改善地质环境质量,提高城市生态环境水平,最终达到重建北京地区水资源循环机能的目标。

3.1 城区地下水开采调整方案

本着充分利用地表水、供需平衡的原则,依据北京市水资源条件,按照资源、环境协调发展和水资源可持续开发利用的总体要求,在外来水源能基本解决增长需求的基础上,调减受水区内的地下水开采,以蓄养地下水资源,补给亏空水量,达到恢复和保护生态环境的目的。

根据研究,在南水北调工程实施后,当北京城区按照每年平均减采 $2.056 \times 10^8 \text{ m}^3$ 地下水计算,10 年后城近郊的地下水储存量可增加 $16.8 \times 10^8 \text{ m}^3$ ^[4]。区域地下水位升高(如图 1),地下水资源的恢复,为开展地表水、地下水联合调蓄,改善地下水水质和地下水生态环境提供了条件,调整并优化北京地区的水资源利用和开采布局,解决水资源时空分布不均衡问题,为北京地区的水资源可持续开发利用奠定了基础^[5]。

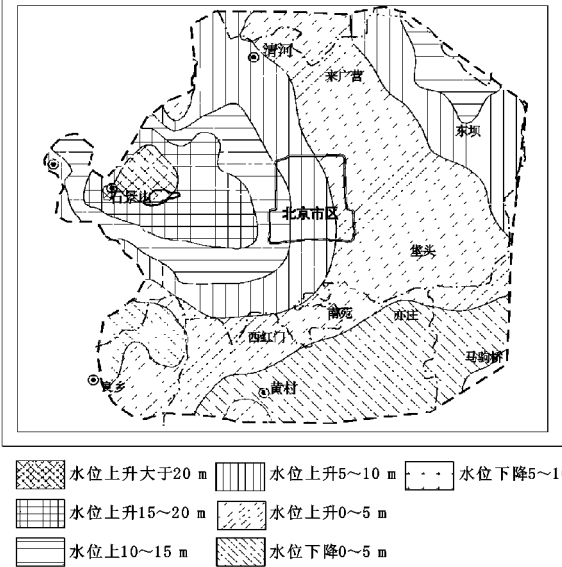


图 1 南水北调进京 10 年后地下水水位变化示意图

3.2 南水北调水源进京之前地表水库与地下水库的联合调蓄

在无外调水源的前提下,北京地区只能立足本地水资源,建立应急备用地下水源地,按实际需要增大地下水开采量,通过应急水源解决供需矛盾。但应急水源不能无限制地开采利用,地表水丰富时,必须首先停止开采。若应急备用水源地与地表水库可通过水厂和输水管线联系起来,那么对于两部分水资源的联合调蓄实施更为有利。包括:怀柔两河

应急备用水源地与密云、怀柔水库之间的联合调蓄, 平谷应急备用水源地与海子水库之间的联合调蓄。

3.3 南水北调水源进京后地表水库与地下水库的联合调蓄

南水北调中线工程引水进京后, 将参与全市供水系统的统一调度。规划市区位于永定河冲洪积扇中上部地区, 处于南水北调引水工程的末端。南水北调水源的引用, 可适当的替换部分地下水开采利用量, 通过地下水厂的减产和部分自备井的停用, 能够达到养蓄地下水的目的。尤其西郊地区, 属地下水强补给区, 地下含水层主要由单一的砂卵石、砂砾石组成, 颗粒粗、富水性好、调蓄能力强, 当地表水库供水量增加时, 地下水位涵养效果会更明显^[6]。

由于西郊地区地层防护条件差, 自冲洪积扇顶部向下, 地下水主要化学组份含量逐渐增高, 随着时间的延长, 水质日渐恶化, 主要表现为硬度、硝酸盐氮和溶解性总固体超标。单纯依靠当地地下水资源的自我养蓄无法根本地改善水质状况, 因此需修建调蓄工程引地表水入渗, 增加地下水储存的同时, 降低地下水硬度, 改善水质。

永定河、潮白河冲洪积扇中上部地区, 是北京地区主要的地下供水水源地, 也被视为城市供水的两大地下水库。与地表水库相比, 地下水库具有分布广、调节能力强、水质好、可就近使用等优点。尤其各主要河流冲洪积扇顶部及中上部地区含水层主要由单、双层砂卵石组成, 颗粒粗、厚度大、富水性好, 具备理想的地下水储存空间, 是进行地表水、地下水联合调蓄的最佳场所。

3.3.1 西郊地下水联合调蓄方案分析

(1) 调蓄水源。永定河冲洪积扇中上部地区永定河河道由西北向东南纵穿而过; 山前有自三家店闸引水的永定河引水渠由东向西延伸; 京密引水渠从本区东北部流过, 至西八里庄与永定河引水渠汇合, 最终流入玉渊潭调节湖。因此, 永定河冲洪积扇中上部地区可参与调蓄的地表水源包括了官厅至三家店 1 520 km², 以内的山峡洪弃水、官厅水库向永定河内排放的弃水以及京密引水渠沿线水库弃水。考虑到引水距离远近, 本区选择永定河山峡洪弃水、官厅水库弃水与地下水进行联合调蓄更为便利, 该部分水源通过三家店闸向下游放水, 放水量随降水量变化而变化。

此外, 本区亦可利用东水西调工程引密云水库弃水开展调蓄工作, 在 1995 年, 即通过该途径将密云水库水调至永定河引水渠, 利用西黄村试验站砂石坑开展地表水人工回灌工作。

(2) 调蓄库容计算。永定河冲洪积扇中上部地区地下水库: 西部和西北部边界为北京西山, 属石炭—二叠及侏罗系的砂页岩和火山岩组成了不透水边界; 东部自北向南由昆明湖、紫竹院、陶然亭至西红门一线, 南部由西红门经狼垡至南岗洼, 第四系岩性颗粒逐渐变细, 含水层由单一变为多层, 渗透性能减弱, 地下水类型由潜水变为承压水, 是地下水的天然边界; 水库底部为第四系冰碛泥砾或第三系半胶结的砂砾岩、泥岩, 也不透水。因此, 该地区具有形成地下水库得天独厚的条件, 见图 2。经计算, 地下水库面积约 333 km², 含水层储水空间约 38.5×10⁸ m³, 2000 年开采地下水量 3.03×10⁸ m³, 储存量约 25×10⁸ m³。

调蓄库容: 指现状开采条件下已疏干潜水含水层的储水空间。

根据 2000 年 12 月与 1970 年 12 月地下水平均水位对比计算出调蓄库容量为 13.48×10⁸ m³。考虑到调蓄实施后, 地下水水位若恢复至 1970 年水平, 势必对众多建筑产生破坏性影响。参考建筑物设计规范, 并调查西郊建筑物地基埋深, 将地下水位恢复界线限制在 14 m 埋深以下。计算调蓄区 14 m

埋深以下含水层储水空间, 调蓄库容量为 6.24×10⁸ m³。

(3) 联合调蓄工程。本区拥有的地表水入渗场地包括永定河河道、南旱河河道、砂石坑以及大宁水库。此外, 20 世纪 80 年代曾在首钢开展大口井调蓄入渗试验, 结果证明该种方式占地少、调蓄效果较好, 适用于西郊地区。因此, 调蓄工程实施中包括大口井调蓄工程的建立。

调蓄水源输送渠道则主要有永定河道、南旱河河道、永定河引水渠、京密引水渠和东水西调输水管线等。区内水利工程设置相对齐备, 其中不乏可被联调工程直接利用的设施。

联合调蓄工程分为四部分: 南旱河调蓄工程、永定河引水渠调蓄工程、永定河调蓄工程以及平原水库调蓄工程。

(4) 模型模拟。模拟对象包括永定河河道、南旱河河道、砂石坑以及大口井。通过模型对各入渗场地进行单项模拟, 为了选择最佳调蓄方案, 本次研究还作了永定河与永引、南旱河砂石坑联合调蓄。经过模拟计算, 得到总入渗量 21 238.89×10⁴ m³, 日入渗量 361.68×10⁴ m³, 加入水量 37 352×10⁴ m³, 入渗率 56.86%, 地下水水位最大上升幅度达 14 m。

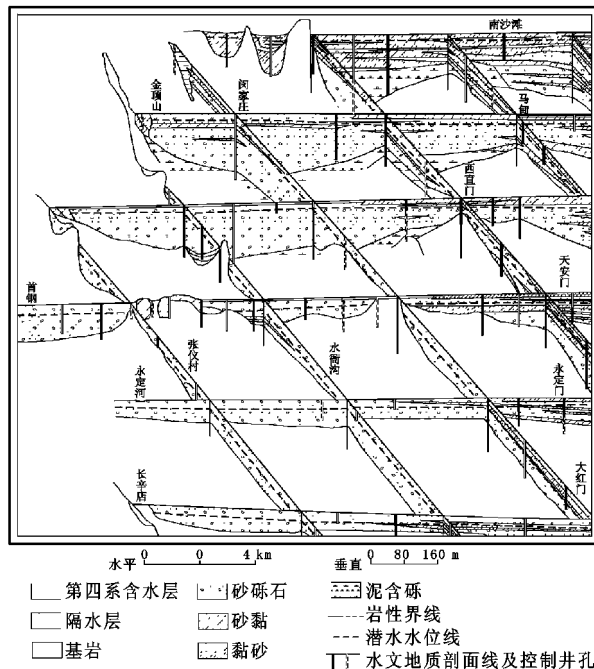


图 2 永定河流域调蓄水文地质联合剖面图

本区地下水调蓄方案除了河道调蓄外还设计了大口井调蓄, 调蓄水源来自永定河引水渠。模型分别模拟了永定河引水渠两岸及南旱河两岸大口井调蓄, 回灌量分别为 7 360×10⁴ m³ 和 4 600×10⁴ m³, 地下水位最大上升幅度达 7 m。

3.3.2 潮白河地区地下水联合调蓄方案分析

潮白河地区的主要调蓄地表水源来自密云水库和怀柔水库, 北台上水库、大水峪水库及沙厂水库四座中小型水库也可提供调蓄水源。

潮白河冲洪积扇中上部地区地下水库: 东、北、西边界为山前坡洪积物(岩性混杂, 透水及储水性差); 东、西边界处于潮白河二级阶地前缘, 与一级阶地连通性差, 可视为相对隔水边界; 南边界为向阳闸—马辛庄一带, 是地下水流出区, 岩性变细, 过水断面变窄, 含水层厚度变小, 实为一相对阻水屏障; 地下水库底界北部为基岩, 南部埋深 90~100 m 处分布着厚度大于 15 m 的稳定的黏质砂土、砂质黏土层, 为相对隔水边界, 见图 3。面积 391 km², 计算储水空间约 67.03×10⁸ m³, 2000 年地下水开采量 3.24×10⁸ m³, 储存量 61.03×10⁸ m³。

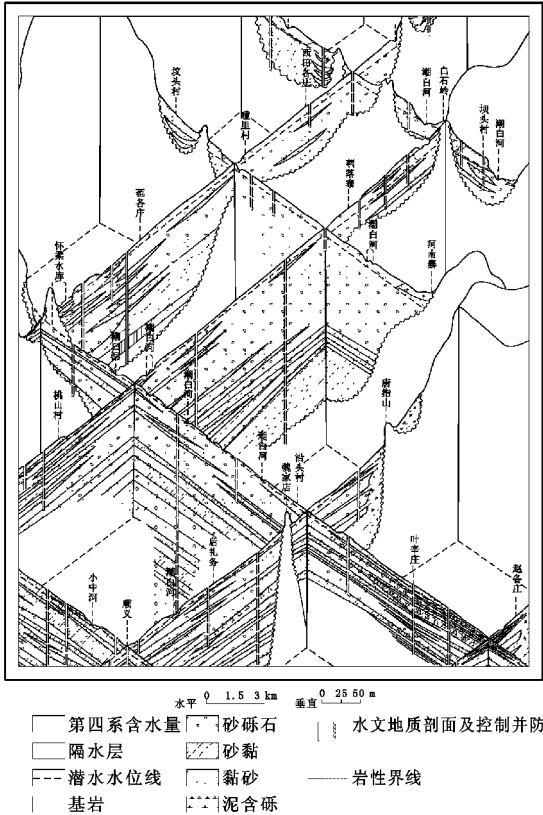


图 3 潮白河流域调蓄水文地质联合剖面图

潮白河 1981 年断流引起了地下水补、径条件的变化, 因此将 1981 年 12 月与 2000 年 12 月地下水平均水位对比, 计算出调蓄库容量为 $5.997 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。

参考文献:

[1] Hauser, V L, Lotspeich, F B. Artificial ground water recharge through wells[J]. Soil Water Conserve, 1967, 22(1): 11– 55.

[2] 北京市用水调研课题组. 北京市用水调研与需求预测研究报告[R]. 2002.

[3] Pyne, R D G, Garcia– Bengochea, J I. Aquifer storage Recovery: A New Water Supply alternative[A]. Artificial Recharge of Ground Water – Proceedings of the International Symposium[M]. New York: the American Society of Civil Engineers, 1989. 107– 121.

[4] 崔亚莉, 谢振华, 邵景力, 等. 北京市平原区地下水合理开发利用数值模型研究[R]. 北京: 中国地质大学, 2003.

[5] 刘予, 贾三满, 孙颖, 等. 南水北调(北京段) 环境地质问题调查评价报告[R]. 北京市水文地质工程地质大队, 2004.

[6] 惠士博, 谢森传, 张思聪. 南水北调来水后北京的水资源优化配置[J]. 中国水利, 2001, 1: 14– 15.

[7] 武晓峰, 唐杰. 地下水人工回灌与再利用[J]. 工程勘察, 1998, (4): 37– 39.

(上接第 128 页)

子对二级分类精度的影响, 以及植被指数与坡度、坡向之间内在联系。

(3) 运用循环迭代法对影像进行基于 Bayes 判别的最大似然法分类, 保证了错分损失最小, 可消除先验概率对分类结果的影响, 提高分类总体精度和 Kappa 系数。

参考文献:

[1] 杨承建, 周成虎. 基于知识的遥感图像分类方法的探讨[J]. 地理学与国土研究, 2001, 17(1): 72– 77.

[2] 章孝灿, 黄智才, 赵元洪. 遥感数字图像处理[M]. 杭州: 浙江大学出版社, 1997. 224– 228.

[3] 党安荣, 等. ERDAS IMAGINE 遥感图像处理办法[M]. 北京: 清华大学出版社, 2003.

[4] 朱云燕, 朱翔, 李卓卿. 归一化差值植被指数在土地覆盖遥感动态调查中的应用[J]. 云南环境科学, 2003, (4): 9– 10.

[5] 术洪磊. 基于知识的遥感影像分类与制图综合方法研究[J]. 北京: 北京大学, 1995.

[6] 江振蓝, 沙晋明. 福州市植被生态的遥感分析[J]. 福建地理, 2003, 18(3): 3– 6.

[7] 梅长林, 周家良. 实用统计方法[M]. 北京: 科学出版社, 2002.

潮白河调蓄区已具备的入渗场地包括河道、砂石坑、渠道和水库, 所有入渗场地都可通过不同途径接受水库放水。根据入渗场地的地理位置不同和入渗能力大小, 本次研究中将该地区的联调工程划分为三部分: 潮白河调蓄工程、应急备用水源地调蓄工程和潮河总干渠调蓄工程。

永定河、潮白河冲洪积扇地下水调蓄模型预测结果表明, 地下水人工调蓄效果明显, 调蓄工程可行, 对地下水具有积极的恢复作用, 具有重大的社会和环境效益。

并且, 提出联合调蓄方案建议: 在南水北调水源进京之前, 以应急开采地下水, 来弥补地表水库供水量的不足; 南水北调进京后, 应建立外来水与本地水、地表水与地下水的联网调蓄– 供水工程。

为此, 应加强对南水北调工程实施后地表水与地下水联合调蓄工程与调蓄方案的实施研究, 并征求有关部门的意见, 修改完善后列入北京市水利工程规划, 力争分阶段逐步实施。

4 结 语

目前, 我国已有 300 多个大中型城市面临供水不足的问题。水资源的危机将成为个世纪制约我国经济发展和人民生活水平提高的重要因素^[7]。水是一种可再生的自然资源, 但是当水的自然循环过程受到破坏, 它也会一去不返的离开我们。因而, 应该尊重自然, 保护自然, 改掉过去的攫取式的资源开采方式, 树立利用与养蓄并重的新的发展观。水资源的养蓄, 即是对过去水资源开发利用实践的总结, 也是一个全新的概念, 它需要我们从水的循环过程、资源的可持续利用、城市生态建设需求、规划与管理、人文和社会经济建设前景分析等多方面出发, 考虑水资源在新的历史条件下的开发利用方式。笔者只是就自己在水资源研究工作中获得的一些浅见, 不当之处, 还望各界专家指正。