

小浪底应急供水工程对北京用水安全的作用

张志红¹, 秦大庸², 侯红雨¹, 秦云香¹, 胡晓寒²

(1. 黄河勘测规划设计有限公司, 河南 郑州 450003; 2. 中国水利水电科学研究院, 北京 100044)

摘要 在分析北京市水资源供水形势的基础上, 结合小浪底应急供水工程的定位及特点, 通过对区域水资源的合理配置, 论证了小浪底应急供水工程的功能与作用。结果表明, 该应急供水工程可以较好地满足北京市的应急供水需求, 为北京市外流域应急调水提供重要的比选方案。

关键词 水资源; 应急供水; 供水工程; 北京市; 小浪底

中图分类号: TV68

文献标识码: A

文章编号: 1006-7647(2006)S1-0024-03

1 北京市水资源供水形势

北京市处于海河流域, 是世界上严重缺水的大城市之一, 当地水资源的人均占有量不足 300 m^3 , 属资源性缺水地区^[1]。

北京境内地表径流 17.7 亿 m^3 , 地下水资源 25.6 亿 m^3 , 扣除地表水、地下水重复计算量 6 亿 m^3 , 当地自产水资源总量 37.3 亿 m^3 。1949 ~ 2003 年间北京市发生枯水年或偏枯年达到 16 年, 其中 1999 ~ 2003 年就出现了 3 个枯水年和 2 个特枯年, 担负北京市大部分地表水资源供水任务的密云水库在这 5 年中来水量仅为多年平均的 8% ~ 35%, 5 年平均年可用来水量仅为 1.67 亿 m^3 , 密云水库上游潮河竟于 2000 年 6 月 18 日至 8 月 8 日断流 52 d, 断流河长达 7 km, 担负京西工业区供水任务的官厅水库年来水量仅是多年平均的 11% ~ 26%。

1999 ~ 2003 年全北京市年可供水量仅为 25 亿 m^3 左右, 在大力节水的前提下, 年用水量在 40 亿 m^3 左右, 供需缺口每年在 15 亿 ~ 17 亿 m^3 范围。这些不足部分只有靠超采地下水、挖水库库存和临时从河北与山西应急调水补上, 导致了这 5 年间地下水亏损量在 35 亿 m^3 左右, 密云、官厅两大水库减少库存水量 25 亿 m^3 以上, 供需矛盾越来越尖锐。

随着经济和社会的发展, 加上近年来海河流域持续干旱, 使得北京市水资源供需矛盾不断加剧, 从而出现长时间、大范围、深程度的资源型缺水, 地下水超采严重、水污染程度加剧等问题日渐突出, 潜在的水资源危机制约着北京市经济社会的持续发展。

南水北调中线一期工程的实施是缓解京津等华北地区缺水状况的有效措施, 但因中线工程规模巨大, 建设周期长, 实现全线通水预计需到 2010 年。因此, 为缓解近期水资源的紧张局面, 北京市实施了开源、节流、治污、保护、改革水管理体制、调整水价和流域水资源统一规划与管理等工程与非工程措施, 并提出了建设怀柔地下水应急水源工程、实施张坊应急供水工程、自来水厂应急供水工程、官厅水库流域水体修复工程、平谷应急备用水源工程、应急联合调度措施以及南水北调中线京石段应急供水工程等 7 项应急供水措施^[2]。

尽管如此, 北京市及其周边地区较为脆弱的水资源自然条件以及目前正在规划或已实施的北京市应急供水工程还存在诸多不确定性和短期时效性, 因此北京市在南水北调中线一期工程全线通水前的供水形势仍不容乐观。

2 北京市所需应急调水规模

北京市人民政府办公厅发布的《关于南水北调中线一期工程建成通水前北京市应急调水有关事宜的复函》(京政办函[2005]29号)文, 明确提出了在南水北调中线一期工程建成通水前, 北京市所需应急调水的供水规模为 7 亿 m^3/a 。考虑到南水北调京石段应急供水工程^[3-4]后, 北京市仍需应急外调水量约 4.81 亿 m^3/a 。因此, 若遇特枯年或再现 1999 ~ 2003 年连续枯水段, 北京市的供水形势仍相当严峻。必须启动更有保障(包括水量、水质)的应急水源工程向北京应急供水, 以满足南水北调中线一期

工程全线通水前北京市的供水需求。

3 小浪底应急供水工程概况

针对北京市及其周边地区严重的缺水形势, 2003年8月, 国务院南水北调工程建设委员会第一次全体会议做出决定: “为解决北京、天津、河北应急供水, 请南水北调建委办公室商发展改革委、水利部, 抓紧研究论证从小浪底工程引水供北京(包括天津、河北)的应急方案”。2004年11月, 国务院南水北调工程建设委员会第二次全体会议又进一步明确: “要抓紧研究论证向北京、天津应急供水方案, ……”。

小浪底水利枢纽工程位于黄河中游最后一段峡谷的出口处, 上距三门峡大坝130 km, 控制黄河流域总面积的92.3%, 控制黄河花园口以上天然径流总量的92%及近100%的黄河输沙量, 是治理黄河下游的控制性骨干工程。枢纽的开发目标是: “以防洪(包括防凌)、减淤为主, 兼顾供水、灌溉和发电, 蓄清排浑, 除害兴利, 综合利用”。水库总库容126.5亿 m^3 , 其中长期有效库容51亿 m^3 , 淤沙库容75.5亿 m^3 [5]。小浪底水利枢纽2000年元月首台机组并网发电, 2001年12月31日全部竣工。

小浪底应急供水工程定位于“应急工程”, 不同于一般意义的调水工程, 该工程是在南水北调中线一期工程全线贯通前, 为缓解北京市水资源短缺, 兼顾天津市用水需求, 通过小浪底水利枢纽对黄河水资源的合理调度运用, 从其配套工程——西霞院反调节水库(位于小浪底水利枢纽坝址下16 km)引水, 沿黄河滩区建设输水工程与南水北调中线工程总干渠连接, 并利用南水北调中线工程黄河以北总干渠应急调水至北京、天津。工程主要由首部引水工程、输水工程及总干渠连接工程三部分组成。首部引水工程利用西霞院工程坝下的北岸灌溉闸, 输水工程始于西霞院水库工程坝下, 自西向东穿越河南省吉利区、孟州市及温县境内的黄河滩区及青风岭台地的输水渠道及其交叉建筑物; 总干渠连接工程由渠尾节制闸及与南水北调中线一期工程黄河北岸干渠衔接段组成, 工程全长约60 km。此外, 该应急供水工程还需有南水北调中线一期工程黄河以北总干渠、天津干渠及受水区供水系统等外部工程条件与之相配套。小浪底应急供水工程总体线路见图1。

4 小浪底应急供水工程建设可行性

从项目建设的外部条件来看, 西霞院水库北岸灌溉引水闸闸首工程将于2006年12月完建 [6]。南水北调中线一期工程黄河以北干渠将于2008年10月



图1 小浪底水利枢纽引水供北京
应急方案工程总体线路示意图

完建, 尽管该建设条件下不能直接满足北京2008年奥运会期间的应急供水需求, 但可通过后期供水补偿源缓解北京市及天津市的缺水形势。

通过对受水区北京市、天津市水资源供需平衡分析及调水区黄河水资源形势分析 [7-8], 得出小浪底应急供水工程调水规模为总引水量8.66亿 m^3 , 其中向北京市供水4.51亿 m^3 (考虑其他应急备用水源方案、可接受应急供水能力及沿程输水损失等影响因素后), 向天津市供水4.15亿 m^3 ; 引水流量 $53.9\text{ m}^3/\text{s}$, 引水时段为每年11月至翌年6月。虽然黄河水资源十分匮乏, 从黄河调水会对黄河流域地区的用水造成一定影响, 且遇枯水年份会给黄河下游防断流增加一定难度。但鉴于该工程为应急供水工程, 且通过小浪底水库的调度运用及采取一些补偿措施, 实现向北京供水是可行的。调水水质经分析论证也是有保障的。

该工程静态总投资12.87亿元, 工程经济内部收益率大于7%, 项目经济上可行, 且可利用在建的西霞院水库工程及南水北调中线一期穿黄工程的施工条件, 减少工程投资。

综合以上分析, 小浪底应急供水工程建设是可行的。

5 应急供水水资源配置方案

水资源合理配置的目的是实现以水资源可持续利用、支持和保障经济社会的可持续发展。流域之间水资源合理配置要统筹兼顾调水区与受水区的利益, 按照“先节水后调水, 先治污后通水, 先环保后用水”的原则 [9], 以节水、治污和充分挖掘受水区当地水资源为前提, 在多层次水资源供需分析的基础上, 合理配置。应急供水工程是区域水资源优化配置的

组成部分,它可在关键时刻向相关地区提供急需水量。

小浪底应急供水工程的水资源配置方案,在考虑京石段应急供水的基础上,根据受水区近期和远期建成的配水工程所能接受的应急供水能力,结合调水区黄河水资源状况,对北京市、天津市水资源进行合理配置。其应急供水资源配置方案为:在南水北调中线一期工程通水前,向北京,同时兼顾天津应急供水,南水北调中线一期工程生效后,若遇重大突发事件,向南水北调中线一期工程黄河以北干渠应急补水。此外,结合黄河水资源状况,向当地沿渠各县(区)市城镇生活及工农业长期供水。

6 小浪底应急供水工程的作用

6.1 保证南水北调中线工程全线通水前作为应急供水水源满足北京市的供水需求

北京作为中国的首都和国际化大都市,必须具有较高的供水保证程度,它关系着首都的可持续发展、人们生活需要和社会的安定。一旦出现供水危机或发生重大突发事件,将造成巨大的经济损失和不良的国际影响。因此,必须制定连续枯水年、特殊干旱年的城市应急供水对策,做到有备无患。

为保证南水北调中线一期工程全线通水前北京市的供水安全,小浪底向北京应急供水工程与南水北调中线一期工程黄河以北干渠同步建成,可尽早缓解北京市水资源短缺的严峻形势,并使南水北调中线一期工程黄河以北渠道早日发挥作用。

6.2 为兼顾天津市应急供水创造有利条件

天津市是海河流域的经济发达地区,对全流域经济社会发展意义重大。天津市也是我国北方重要的工商业及港口城市,是环渤海地区的经济中心,保证天津的供水安全具有重要的政治意义。

天津市水资源开发利用存在的问题主要表现为城市水源单一,供水量和供水保证率不能满足城市用水要求,同时还存在城市地下水超采导致地面沉降、水环境恶化等方面的问题^[10]。根据近几年引滦来水情况和目前的气候变化预测,在南水北调中线工程通水前,潘家口水库很可能继续遭遇特枯年份,天津城市供水仍面临严峻的形势。

小浪底应急供水工程建成后,为向天津市城市生活应急供水创造了条件。近期若遇到天津市水资源严重短缺或其他应急调水工程难以发挥作用的特殊情景,根据黄河水资源状况,利用本项应急工程及其设定规模,通过合理调度,可兼顾天津城市生活用水。

6.3 南水北调中线一期工程生效后可作为应急备用水源工程

南水北调中线工程横跨汉江、淮河、黄河、海河四大流域,涉及面广、气候条件复杂,各流域间水资源量的丰枯变化规律差异较大^[11]。南水北调中线一期工程生效后,小浪底向北京应急供水工程可作为应急备用水源工程,若遇汉江、海河流域枯水,或遇重大突发事件,可向南水北调中线一期工程黄河以北干渠应急补水,以提高南水北调中线向北供水的可靠性,从而进一步保障北京市及天津市的用水安全。因此,小浪底向北京应急供水工程,可在关键时期向重点地区提供关键水量,起到应急备用水源的作用。

6.4 满足沿渠各县(区)市城镇生活及工农业用水需求

在黄河小浪底水利枢纽配套工程——西霞院反调节水库灌区规划设计中,拟定有西霞院灌区,考虑到本项输水渠道与西霞院灌区规划的渠道布置走向基本相同,故本工程还可结合当地沿渠各县(区)市的用水需求,满足其城镇生活及工农业用水。据西霞院灌区规划,灌区灌溉需引黄河水量为 3.02 亿 m^3 ,灌区范围所涉及焦作市的沁阳、孟州、温县和洛阳市吉利区工业及生活需引黄河水量为 1.00 亿 m^3 。因此,本项工程可向当地沿渠各县(区)市供水 4.02 亿 m^3 。

此外,远期南水北调西线工程建成后,国家“四横三纵”水资源配置总体格局将基本形成,该应急工程将成为黄河与京津华北地区水资源配置的连接纽带,在特殊年份或时段,引黄河水向北京及天津市应急供水,仍能发挥更好的调节作用。

综合以上分析,不论是近期还是远期,不论应急供水目标是北京还是天津,小浪底应急供水工程都将发挥其应急的关键作用,在我国南北区域水资源配置格局中具有重要战略地位。

7 建 议

a. 小浪底应急供水工程作为南水北调中线一期工程的配套水源工程,与西霞院水库工程、南水北调中线一期工程黄河以北总干渠和天津干渠等工程联合运用,共同承担着向北京、天津应急供水的任务,南水北调受水区供水工程及相应的配水工程,承担着接纳和送配水量的任务。因此,小浪底应急供水工程的建设应和上述相关工程统筹考虑。

b. 应抓紧开展向黄河补水方案的研究。黄河也是一条资源性缺水河流,从黄河调水供北京、天津,将会给黄河下游防断流任务增加(下转第 42 页)

将表 2 中的数据拟合得

$$z = -0.3818V^2 + 1.3657V + 0.0094 \quad (9)$$

拟合的库容曲线见图 1。可知隔河岩水库的样本参数为 $\alpha = (-0.3818, 1.3657, 0.0094)$ ，它与第一类聚类中心的贴近度为

$$\tau_1 = 1 - \frac{1}{3}(|-1.1856 + 0.3818| + |1.9538 - 1.3657| + |0.1629 - 0.0094|) = 0.4832 \quad (10)$$

与第二类聚类中心的贴近度为

$$\tau_2 = 1 - \frac{1}{3}(|-0.41484 + 0.3818| + |1.3945 - 1.3657| + |0.016845 - 0.0094|) = 0.9736 \quad (11)$$

按接近原则它与第二类聚类中心的贴近度比第一类聚类中心的大，可以初步判断它属于河道型水库。根据它所在类型水库的发电特性，推测按高水位运行方式获得的多年平均发电量比按调度图运行大。

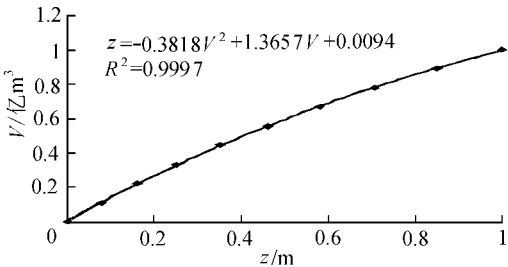


图 1 隔河岩水库库容曲线拟合

对隔河岩水库按长系列时历法进行的发电量计

算表明，按高水位运行方式比按调度图运行的多年平均发电量多，可见上面所做出的推测是正确的。

4 结 语

不同的水库调度方式，对应着不同的运行效益，因此确定水库的发电调度方式以取得较高的经济效益是生产单位的主要目标之一，在生产实践中十分重要。本文通过模糊聚类 and 模糊识别的方法，对水库进行了分类和识别，并选用了隔河岩水库作为检验识别的成果。结果表明：湖泊型水库的发电调度宜采用常规调度图方式，尽可能提高利用水量率；河道型水库的发电调度宜采用高水位方式，尽量利用水头。通过识别水库的类型，就可以根据水库所属的类别很好地确定其较优的发电调度方式。

参考文献：

[1] 黄建元. 模糊集及其应用[M]. 银川: 宁夏人民教育出版社, 1999: 125-143.
[2] 李希灿. 模糊聚类与模糊识别理论模型研究[J]. 模糊系统与数学, 2000(2): 75-81.
[3] ZADEH L A. Fuzzy sets and applications[M]. New York: John Wiley & Sons Inc, 1987: 81-94.
[4] 杨伦标, 高英仪. 模糊数学原理及应用[M]. 广州: 华南理工大学出版社, 1998: 94-122.
[5] 楼顺天, 胡昌华, 张伟. 基于 MATLAB 的系统分析与设计 模糊系统[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2001: 103-109. (收稿日期 2005-10-20 编辑 熊水斌)

(上接第 26 页)一定的难度，需要统筹兼顾、合理配置、科学调度。此外，在构建全国“四横三纵”水资源配置总体格局中，还应进一步加快南水北调西线工程的步伐，早日实现向黄河调水；同时，应抓紧开展南水北调中、东线工程向黄河补水方案的研究，为“维持黄河健康生命”做出积极贡献。

参考文献：

[1] 北京市人民政府, 中华人民共和国水利部. 21 世纪初期(2001—2005 年)首都水资源可持续利用规划[R]. 北京: 中国水利水电科学研究院, 2001.
[2] 北京市人民政府, 中华人民共和国水利部. 北京市城市应急供水方案[R]. 北京: 中国水利水电科学研究院, 2003.
[3] 水利部河北水利水电勘测设计研究院. 南水北调中线京石段应急供水工程(石家庄至北拒马河段)初步设计报告[R]. 天津: 水利部河北水利水电勘测设计研究院, 2004.
[4] 北京市水利规划设计研究院. 南水北调中线京石段应急

供水工程(北京段)可行性研究报告[R]. 北京: 北京市水利规划设计研究院, 2003.
[5] 林秀山. 小浪底水利枢纽设计若干问题的研究与实践[C]//林秀山. 黄河小浪底水利枢纽文集(二). 郑州: 黄河水利出版社, 2001.
[6] 水利部黄委会勘测规划设计研究院. 黄河小浪底水利枢纽配套工程——西霞院反调节水库初步设计报告[R]. 郑州: 黄河勘测规划设计有限公司, 2002.
[7] 孙广生, 乔西现, 孙寿松. 黄河水资源管理[M]. 郑州: 黄河水利出版社, 2001.
[8] 席家治. 黄河水资源[M]. 郑州: 黄河水利出版社, 1996.
[9] 国家发展计划委员会, 中华人民共和国水利部. 南水北调工程总体规划[R]. 郑州: 黄河勘测规划设计有限公司, 2002.
[10] 南水北调城市水资源规划编写组. 各省市南水北调城市水资源规划要点[R]. 郑州: 黄河勘测规划设计有限公司, 2001.
[11] 王浩, 秦大庸, 王建华, 等. 黄淮海流域水资源合理配置[M]. 北京: 科学出版社, 2003.

(收稿日期 2006-02-27 编辑 高建群)