

“七五”国家重点科技攻关项目 75-57-03-06
《大系统水资源供水规划和调度优化研究》
分报告 1

京津唐地区 大系统水资源供水 规划和调度优化研究

75 - 57 - 03 - 06 专题组
一九九〇年十二月

目 录

前 言	.....	(1)
第一章 京津唐地区水资源系统概况	.....	(3)
第一节 京津唐地区水资源系统的基本情况	.....	(3)
第二节 过去对本区的研究状况	.....	(8)
第三节 京津唐地区水资源系统分析的基本内容、范围	.....	(10)
第四节 京津唐地区水资源系统分析的方法及技术途径	.....	(11)
第二章 京津唐地区大系统水资源分析模型结构	.....	(17)
第一节 总体模型构想	.....	(17)
第二节 分区优化模型与方法	.....	(18)
一 北京市水资源系统的随机动态规划模型	.....	(18)
二 引滦供水系统五库双状态动态规划模型	.....	(20)
第三节 京津唐地区大系统水资源模拟模型的建立	.....	(24)
第四节 京津唐地区水资源战略决策支持系统	.....	(39)
一 决策支持系统的结构	.....	(39)
二 决策支持系统的功能	.....	(40)
三 决策支持系统的部分支持软件	.....	(41)
四 京津唐地区水资源规划辅助决策专家系统	.....	(49)
第五节 降雨径流系列生成模型	.....	(50)
第三章 模型输入的基本资料、参数选择	.....	(55)
第一节 地表水、地下水及蓄水、输水工程等资料	.....	(55)
第二节 生活、工业及农业用水参数	.....	(61)
第四章 京津唐地区水资源管理运行模型的计算成果分析	.....	(70)
第一节 官厅、密云水库管理运行随机动态规划模型计算成果	.....	(70)
第二节 引滦五库系统管理运行动态规划、多元回归模型计算成果	.....	(73)
第三节 官厅、密云水库联调模拟模型计算成果	.....	(80)
第四节 京津唐地区大(中)型水库群联合管理运行成果	.....	(81)
第五节 优化调度供水效益分析	.....	(83)
第六节 优化调度的应用条件	.....	(85)
第五章 京津唐地区大系统水资源规划模拟模型的计算成果	.....	(90)
第一节 计算方案与输出内容	.....	(90)
第二节 现状缺水的工程措施	.....	(91)
第三节 京津唐地区 2000 年水资源供需平衡分析	.....	(93)
一 现有工程与区内挖潜的水资源供需状况	.....	(93)
二 备选工程措施的基本情况	.....	(95)
三 规划工程措施的供水作用分析	.....	(96)
四 京津唐地区 2000 年水资源紧缺对策建议	.....	(97)

第四节	京津唐地区 2020 年水资源供需展望与成果分析	(104)
第五节	工程经济可行性分析	(106)
第六节	模拟模型的灵敏度分析	(109)
第七节	规划及管理研究中应研究的问题	(113)
第六章	京津唐地区水资源决策支持系统的成果分析	(116)
第一节	京津唐地区供水策略集的形成	(116)
第二节	供水方案的多目标解和排序	(118)
第三节	长期供水方案的动态模拟	(123)
第四节	专家系统对方案的“忠告”	(127)
第五节	决策支持系统的基本小结	(128)
第七章	结论和建议	(130)
附 图	.....	(136)
附 表	.....	(137)

前 言

《京津唐地区大系统水资源供水规划和调度优化研究》是“七五”国家重点科技攻关项目第 57 项《华北地区及山西能源基地水资源研究》中 57-03-06 专题《大系统水资源供水规划和调度优化研究》的一级子课题。由承担单位水利部南京水文水资源研究所和协作单位清华大学、水利部海河水利委员会、水利部天津勘测设计院共同完成。

京津唐课题组成立于 1987 年 7 月。针对专题总的计划要求，广泛地开展了调研工作，就本地区水资源规划、管理状况及已有的研究成果进行了认真的总结和回顾，并查阅了大量的中外文献资料。在明确了研究的任务、范围之后，进行了课题分解，定出工作大纲和技术细则。

京津唐课题正式起步伊始，就注意到作为国家科技攻关项目研究京津唐地区的水资源问题，应科研密切结合生产，同时应采用新技术、新方法、吸取以往的经验，在原有的基础上有所提高。“六五”期间，水利部南京水文水资源研究所曾承担进行了“北京市水资源系统分析及其数学模型的研究”，提出了解决北京市水资源紧缺对策建议。从某种意义上讲，京津唐地区大系统水资源研究是该课题的延续和发展。它将北京市水资源研究整体模拟、局部优化的技术思想扩大到京津唐地区的范围内，突出解决区域性水资源短缺问题，要兼顾对邻近地区影响。

京津唐地区作为我国主要经济协作区之一，目前水资源根本的问题是供需矛盾日益尖锐，主要城市北京、天津、唐山都不同程度地存在缺水现象。由于区内地表水、地下水分布不均衡，水资源调整涉及到地区之间的利益冲突，污水回用、海水利用、外流域调水等多种水资源开发、挖潜措施又涉及到环境、经济、社会等复杂因素。因而，运用系统分析的方法进行整体的优化规划和水资源合理调配就显得尤为重要，也确定了必须多准则、多途径进行研究的基本技术路线。

在历经三年多的工作中，对京津唐地区水资源基本情况进行了认真的分析，深化了地表水、地下水的评价内容；综合分析了城市生活、工业、农业用水过程，使之与实际相吻合。结合本地区水资源利用现状，进行了官厅、密云两库随机优化调度，引滦五库供水系统水资源优化调度，区域大系统地表水、地下含水层联合调度等项研究。为了分析京津唐地区水资源供需平衡状况及规划工程作用，建立了大系统水资源模拟模型。采用了解决宏观多目标决策的有效手段——决策支持系统的形式，开发了具有专家支持库的方案评价系统、咨询系统和相应的决策模型、系统动力学模型等支持软件。从区域到整体、从微观到宏观、从单目标到多目标、从定性到定量分层次提出了京津唐地区水资源管理、规划、战略对策等意见和建议，达到了预期的目的。

直接参加本课题研究的共 29 位同志，为课题研究进行了大量细致的调查、分析、整理、计算和研究工作。研制了一套较齐全的京津唐地区水资源管理和规划的模型系统。能够为决策者提供可靠的定量分析依据

基本资料的录入、模型调试和方案运算共用机时逾 6500 小时。

本报告中参考或引用了有关文献、资料、研究成果，在研究过程中曾得到过许多专家、学者、同行的帮助，在此一并表示谢意！

本课题正式提交的成果为 57-03-06《大系统水资源供水规划和调度优化研究》之分报告 1 和相应附件：

分报告 1： 京津唐地区大系统水资源供水规划和调度优化研究报告

附件 1-1 京津唐地区地表水资源评价报告

附件 1-2 京津唐地区平原地下水资源研究报告

附件 1-3 京津唐地区主要水源工程规划及经济综合评价报告

附件 1-4 京津唐地区多站径流系列生成报告

附件 1-5 京津唐地区大系统水资源模拟模型研究报告

附件 1-6 京津唐地区引滦供水系统优化调度模型研究报告

附件 1-7 京津唐地区水资源战略决策支持系统研究报告

京津唐课题负责人： 刘 恒

课题组主要工作人员：

水利部南京水文水资源研究所

刘健民 刘 恒

宋克强 宋慧珠 颜志俊

清华大学

翁文斌

水利电力工程系： 翁文斌 蔡喜明 陈亮雄 何成旆 王喜喜

经 管 学 院： 侯炳辉 南方敏 丁 杰

水利部海河水利委员会

谢金荣 马秀清

乔翠芳 刘思清 梁 明 陆美琴 王丽君 吴大光 袁波远

水利部天津勘测设计院

屈 鉴 闻人雪星

肖 叶 廖建中 程大珍 程希杰 吴晋青

报告编写：

刘健民 刘 恒 颜志俊 宋慧珠

翁文斌

乔翠芳 刘思清

闻人雪星

第一章 京津唐地区水资源系统概况

第一节 京津唐地区水资源系统的基本情况

一、自然地理及社会经济

京津唐地区位于华北平原的北隅。西、北两侧背靠太行山和燕山，东南濒临渤海，中部是广阔的平原。全区面积 55350km^2 ，其中山区为 22218km^2 ，占 40%；平原为 33132km^2 ，占 60%。在行政区划上，包括北京市、天津市及河北省的唐山市，秦皇岛市和廊坊地区。

京津唐地区河流属海滦河流域。从东向西分布有滦河、蓟运河、潮白河、永定河、大清河、子牙河、南运河。源于区内的有：北运河、石河、洋河、陡河等。

京津唐地区是全国政治、经济和文化最发达地区之一。北京是我国的首都，也是国际商业交往和文化交流的中心。长期以来，京、津、唐三市及秦皇岛、廊坊地区在商业、贸易、能源、矿产资源等方面建立了密切的经济和社会联系，成为我国主要的经济协作区。

京津唐地区在全国占有重要的战略地位。1987 年本区总人口为 2986 万人，约占全国人口的 3%，平均 $520\text{人}/\text{km}^2$ ，接近全国人口密度的 5 倍。区内城镇人口为 1506 万人，占本区总人口的 50%，占全国城镇人口的 5.5%，是全国城镇聚集地区之一。1987 年全区工农业总产值达 1001 亿元，占全国工农业总产值的 6.9%，人均工农业产值 3353 元，相当于全国平均水平的 2 倍多。而国土面积仅占全国的 0.55%，由此可以看出，本区的开发程度远高于全国的平均水平。

京津唐地区以工业著称全国。区内矿产资源丰富，其中铁矿、石油和肥煤资源约占全国的十分之一。与其它已查明的金属、非金属矿产资源成为本区工业发展的重要基础。建国以来，作为重点建设地区，经过近四十年的努力，1987 年工业总产值达到 762.5 亿元，相当于 1949 年的 80 倍。不少工业部门，如钢铁、石油化工、海洋化工、燃料动力、机械、电子、纺织在全国均占有举足轻重的地位。

京津唐地区土地肥沃，气候温暖，宜于农业生产。区内现有耕地 3036 万亩，其中有效灌溉面积 2032.2 万亩，占耕地的 66.9%，1987 年全区粮食总产达到 8.91 亿 kg，平均亩产 276kg，为建国初期亩产 40kg 的 6.9 倍。蔬菜生产在本区占有相当的比重，1987 年商品菜田面积达 96.8 万亩，京、津、唐、秦四座城市都有相当规模的商品菜生产基地。基本上满足了城市居民消费。

京津唐地区在交通、旅游、外贸等方面也具有得天独厚的优势。本区有着优越的发展经济的条件。

京津唐地区基本情况见表 1-1。

京津唐地区基本情况表 (1987 年)

表 1—1

项 目	单位	北京市	天津市	河北省				合 计
				唐山市	秦皇岛市	廊坊地区	小计	
土地面积	km ²	16800	11305	13132	7750	6363	27245	55350
耕地面积	万亩	626.6	657.7	883.7	305.8	562.1	1751.6	3035.9
有效灌溉面积	万亩	504.9	510.5	503.7	134.4	378.7	1016.8	2032.2
人 口	总人口	万人	988.0	828.7	623.4	235.3	310.5	1169.2
	城镇人口	万人	561.3	443.0	280.1	67.4	154.0	501.5
工业总产值	亿元	357.2	327.8	53.4	14.3	9.8	77.5	762.5
农业总产值	亿元	59.5	68.3	47.4	13.8	50.3	111.0	238.8
粮食总产量	万 t	227.0	167.7	244.6	78.0	121.8	444.4	839.1
所辖县数	个	9	5	10	4	8	22	36

二、京津唐地区水资源状况

(一) 水资源特点

1. 当地水资源不足, 降水、当地径流量年际、年内分配极不均匀。

京津唐地区属暖温带大陆性季风气候, 冬季多偏北风, 寒冷, 干燥少雨雪; 夏季多东南风, 气候炎热, 降雨集中, 多为暴雨; 春季风多, 蒸发量大。区内年降雨量在 500~800mm 之间, 6~9 月降雨量约占全年降雨量的 80%~85%。降雨量年际变化较大。受降雨和下垫面因素的影响, 地表径流量的 70%~80% 集中于 6~9 月。径流在年际之间丰、枯悬殊。根据 1956~1984 年径流系列统计, 区内多年平均径流量 66.09 亿 m³, 其中 P=95% 年径流量 20.49 亿 m³, 只有多年平均值的 31%。

2. 连续枯水段较为常见, 各河之间径流呈丰枯同步状况

密云水库站多年平均年径流量 14.6 亿 m³, 1940~1948 年连续 9 年枯水, 平均径流量为 7.7 亿 m³, 为多年平均径流量的 53%; 1980~1987 年连续 8 年枯水, 平均径流量 6.8 亿 m³, 仅为多年平均值的 47%。永定河官厅水库 1940~1948 年连续 9 年枯水, 1980~1987 年连续 8 年枯水, 尤其在 1926~1931 年 6 年稀遇的枯水段, 其平均径流量只有 2.0 亿 m³, 只占多年平均值 7.2 亿 m³ 的 28%。滦河曾发生 1980~1984 年连续 5 年枯水段。

滦河、蓟运河、潮白河、永定河、大清河、南运河七水系山区径流丰、枯同步机率大。据 1956~1984 年 29 年各河径流系列统计, 1961, 1965, 1968, 1971, 1972 年各河普遍为偏枯水年, 1980~1987 年中各河普遍为偏枯系列。至于处于相邻等级 (如丰、偏

丰或平、偏枯等) 占总年数的 69%。由于各河之间径流的同步现象及连丰、连枯的特点, 对水库调蓄及水资源有效利用极为不利, 往往形成汛期弃水, 非汛期缺水, 枯水年无水可蓄, 连续枯水年处于死水位运行的状态。

3. 外围入境水量减少, 平原当地径流及无工程控制的山区当地水资源利用困难。

京津唐地区处于各河中、下游, 外围各河入境水量是本区主要水源, 随着上游邻近省、自治区经济发展和用水量的增长而明显减少。作为北京市工业及城市供水主要水源的永定河官厅水库, 上游 50 年代灌溉面积 300 万亩, 70 年代发展到 500 万亩, 再加上生活、工业等用水, 官厅入库水量 70 年代比 50 年代减少约 11 亿 m^3 。官厅站多年平均天然年径流量 17.9 亿 m^3 , $P=95\%$ 年 9.3 亿 m^3 。按近年来上游实际用水水平推算, 现状条件下官厅水库的多年平均实际入库径流量仅 7.2 亿 m^3 , $P=95\%$ 年仅 1.5 亿 m^3 。预计至 2000 年, 入库水量还将减少。滦河上游山区 50 年代用水量只有几千万 m^3 , 70 年代增加到 1.0 亿 m^3 , 1980 年已达 1.8 亿 m^3 。入境水量减少, 加剧了本区用水紧张程度。

京津唐地区多年平均地表径流量为 66.09 亿 m^3 (1956~1984 年系列统计), 其中平原地区 25.38 亿 m^3 。山区中小型水库一般调节径流能力较低, 尚有很大程度无工程控制的山区面积, 平原区虽有闸坝, 但洼地面积较少, 产水量大部分集中于汛期。当地水资源量以山区为主, 在地区上分布不均, 目前利用程度很低。

4. 地下水资源地区分布不均

平原地下水分布基本上是由山前向沿海递减。位于山前的北京市多年平均地下水资源模数为 28.75 万 $\text{m}^3/\text{y} \cdot \text{km}^2$, 处于北京、天津之间的廊坊地区为 12.07 万 $\text{m}^3/\text{y} \cdot \text{km}^2$, 位于滨海的天津减为 4.53 万 $\text{m}^3/\text{y} \cdot \text{km}^2$ 。即使同一省市的不同地区模数亦相差悬殊。北京市地下水补给量以永定河、潮白河地区模数较高, 东南部平原次之, 城区相对较低。由于地下水资源分布与地下水开采分布不相一致, 导致部分地区地下水位大幅度下降, 发生一系列环境水文地质问题。

(二) 严重缺水

京津唐地区人均占有水资源量 486 m^3 , 约为全国人均水资源量的 1/5。区内水资源开发利用历史悠久、程度较高。尤其是建国四十年来, 随着国民经济的发展, 结合防治水害, 修建了大量的水利工程。建有官厅、密云、海子、于桥、北大港、邱庄、陡河、洋河、大黑汀、潘家口等大型水库十座, 总库容 131 亿 m^3 。中小型水库 550 多座。还修建了上百座大型水闸和扬水站, 以及上千处其它中小型水利工程。全区共有机井 20 万眼, 其中城市工业、生活用水井 3000 多眼, 主要分布在北京、天津、唐山三市区, 其余大部分用于农田灌溉。

水资源开发与用水增长大致经历了三个阶段。五十年代, 来水条件较好, 修建了大量的水库蓄水工程和提水、引水工程, 农业灌溉得以大规模发展。六十年代, 由于上游区人类活动影响, 来水减少, 整个华北地区连续偏旱, 至七十年代初期, 已经出现第一次水资源危机。七十年代后期, 局部水资源短缺问题已愈来愈突出, 北京、天津相继出现过水荒, 水库供水继而转为以城市供水为主; 特别是进入八十年代以来, 山区降雨连年减少, 京津唐地区外围入境河流呈同步持续偏枯, 水库蓄水逐年递减, 水资源危机已直接威胁到本区的经济发展。

根据调查统计资料,全区 1980、1984 年实供水量分别为 129.26 亿 m^3 和 108.75 亿 m^3 ,其中地表水分别为 72.04 亿 m^3 和 42.79 亿 m^3 ,地下水分别为 57.22 亿 m^3 和 65.96 亿 m^3 。1980 年为干旱年份,利用 1979 年偏丰、水库蓄水较多才满足了一定的供水要求。1984 年虽属平水年,受供水不足限制,灌溉面积比 1980 年减少了 133 万亩。

京津唐地区在国民经济中重要的战略地位与其水资源供需严重不平衡的状况是极不相适应的。

三、京津唐地区水资源系统在规划和管理调度方面存在的主要问题

1. 官厅水库供水能力日趋衰减,北京市城市生活和工业用水受到直接威胁。

官厅水库在过去 30 多年中,对保证北京市的城市生活和工农业用水起过重要的作用,随着官厅水库入库水量的逐渐减少和库内泥沙严重淤积(已淤泥沙 6 亿 m^3),汛期来水又因水库调节能力的降低而弃水,供水能力日趋衰减,特别是当冰冻期密云水库不能向市区城市生活及工业供水时,情况尤为不利,难以得到可靠的供水保证。密云水库库容大,调节性能好,且水库上游流域内用水量少,入库径流比较稳定,但由于京密引水渠冬季不能输水,密云、官厅二库难以通过联合调度充分发挥库容补偿调节作用。

2. 水库不够合理的调度运用方式,难以在城市生活、工业和农业用水之间进行优化的水资源分配。

官厅水库和密云水库是北京市生活、工业和农业供水的主要水源工程,在 1982 年以前,两库还承担河北省和天津市部分供水任务。官厅水库在经过多年泥沙淤积的情况下汛期和非汛期的调节库容分别还有 3.36 和 7.19 亿 m^3 ,库容系数相应为 0.47、1.0,尚有一定的多年调节能力。密云水库调节库容相应为 18.33、35.45 亿 m^3 ,库容系数分别为 1.26、2.43,多年调节性能强。在以往调度运用中,由于未能对城市生活、工业和农业用水按不同保证率供水,而是多水年多,少水年少,一年用空,不留后备,使水库只能起到年调节作用,而未发挥水库多年调节性能,以致在出现枯水年或偏枯水年组时,为维持城市生活、工业最低用水要求,库水位多次降至死水位以下,如官厅水库曾在 1960、1963、1965、1966、1972、1976 和 1981 年,有 7 次库水位长时间低于死水位运行,从而出现了“水资源危机”,由于水库供水不足,造成不同程度的经济损失。

潘家口水库原来主要为冀东唐山地区供水,1983 年引滦工程修建后,根据国务院国发〔1981〕102 号文,现状“在水源不足的情况下,必须首先确保城市人民生活 and 工业用水,对农业只能兼顾。如遇严重枯水年份,密云和官厅水库要首先保北京,潘家口水库首先保天津和唐山。”“在潘家口可配水量为 19.5 亿 m^3 的条件下,建议分配给天津市的全年毛水量为 10 亿 m^3 ,给唐山市全年毛水量为 3 亿 m^3 ,其余部分供给唐山地区农业”。潘家口水库具有多年调节性能,由于在天津和唐山地区之间进行了规定性的分水,亦只能多水多用,少水少用,难以发挥水库多年调节作用,既要确保城市人民生活 and 工业用水,又要在地区间对半分水,水库运行不易掌握。其它水库,如于桥水库、大黑汀水库、邱庄水库、陡河水库、洋河水库等,大都以农业供水为主,在本区水资源十分紧张的状况下,也直接影响到城市生活和工业用水。因此,进行水库或水库群的优化调度研究,在生活、工业、农业之间,合理分配水资源,提高水资源可利用量是规划和管理的基础。

3. 地下含水层采、补失调, 地下水超采严重

七十年代以后, 由于上游地区来水减少, 京津唐地区加大了地下水的开采量, 目前平原地下水基本上被开发利用。1980 年开采量为 57.22 亿 m^3 , 平原占 49.8 亿³, 1984 年开采量为 65.96 亿 m^3 , 平原为 56.93 亿 m^3 。就全区来讲, 开采量已经大于补给量, 在北京、天津、唐山、秦皇岛四市工业和农业集中开采区, 超采严重, 已形成地下水位降落漏斗, 局部地区产生地面沉降。其中北京西郊部分地区含水层已近疏干或半疏干状态。

京津唐地区城市工业用水及近郊生活用水, 一部分由地表水供水, 一部分由地下水供水。由于两个系统供水设施不配套, 联调能力很低, 未能有效发挥相互补偿调节作用, 致使地下水超采现象长期得不到解决, 因此必须对地表水、地下水联调的可能性及其效果作进一步研究。

4. 地区规划对京津唐总体必然产生影响

京津唐地区水资源短缺是因其来水量不断减少, 用水日益增长的特点所决定的。在京津唐地区内部这种短缺的程度又不相一致。没有稳定可靠水源的廊坊地区缺水程度最重, 仅靠半个潘家口水库的天津市常常面临水资源危机。北京市由于永定河上游人类活动对水文形势的严重影响以及工程条件的变化, 现有水资源工程已出现明显的不相适应的情况。冀东钢铁基地建设及秦皇岛对外开放后用水量迅速增长也需要有新的可靠水源。

现状、2000 年或 2020 年水平年, 在不断挖掘内部潜力, 扩大污水回用和海水利用, 大力提倡节水的前提下, 规划新的水源工程就成了迫切需要研究的问题。目前有关单位已经提出了若干种解决京津唐地区不同区域缺水的工程方案。基本上为: 区内挖潜工程, 如桃林口水库与引青二期工程, 在滦河主要支流青龙河上建库及引水工程, 提高区内水资源利用率; 区内水源调整工程, 如在滦河上游修建大坝沟门水库与引滦入潮工程, 改善北京市的生活工业供水状况; 外流域引水工程, 如: 张坊低坝引水、张坊水库、南水北调, 引黄入津, 引黄入淀等, 增加本区供水能力。就水资源利用方面而言, 区内挖潜, 能够增加调节水量, 提高供水保证程度; 而区内水源调整则是水资源在地区间的重新分配。尽管修建水库能提高水资源利用率, 但对引出水地区的供水及已建工程必然产生影响。外流域引水则涉及到本区以外地区的水平衡问题, 需要更多的部门参与决策。因此, 对于规划中的新工程项目, 要从京津唐总体的社会经济, 地方效益等多目标因素进行综合评价, 尤以地方利益的目标需在规划中作深入的研究, 只有通过不同的补偿工程, 在保证原有供水水平不致降低的情况下, 所选择的方案才易于被各方接受。

本次研究充分注意到了京津唐地区作为经济区在整体上的相互联系, 以及水资源在普遍较少的情况下地区间的不平衡因素, 在利用系统分析进行规划和调度研究时, 对已建工程和规划工程在系统中的作用和影响予以足够的重视, 期望所得出的成果和结论能够既符合优化准则, 又切实可行。

第二节 过去对本区的研究状况

京津唐地区所具有的重要战略地位及近年来缺水的严峻形势,引起了管理机构和决策部门的高度重视,随着时间的推移,多次提出了《京津唐地区水资源供需预测和解决的战略措施研究》;许多科研单位也就区内部分地区的水资源规划和管理问题提出了研究成果。从方法上看包括了二种类型,一是以流域机构、生产单位为主的采用常规方法进行京津唐地区总体水资源评价,二是以科研部门为主体的采用系统分析的方法对其中北京市供水系统、引滦供水系统所做的研究。

一、常规方法

在进行水资源平衡计算时,基本上是频率分析的方法,不同水平年分别统计当地中、小型水库及塘坝等不同频率的当地径流可利用量,大型水库逐一调节计算不同保证率的供水量,然后进行同频率相加,作为地表水资源利用量;地下水采用多年平均补给量作为地下水可利用资源,与地表水可利用量相加,扣除重复计算部分后,成为区域的总水资源量。不同的用水水平年根据现状实际利用及规划目标进行预测,考虑技术进步等因素,最后进行供需分析和评价。天津院及各省水利部门在这方面做了大量工作。

二、优化方法

“北京市水资源系统分析及数学模型研究”是“六五”国家重点科技攻关项目,以北京的官厅、密云、白河堡、怀柔四库及平原供水系统为主进行了研究,建立了地表水地下水联合调度的模拟模型,对不同的规划工程进行了多方案模拟计算;运用随机动态规划方法进行了官厅、密云两库联合优化调度,提出了“解决北京市水资源紧缺对策建议”,其整体模拟结合局部优化的基本思路,使系统分析在水资源优化规划和管理调度方面积累了有益的经验,该项研究以南京水文所为主与有关单位协作完成。

其它有关本区的研究主要集中在管理方面。在引滦五库供水系统研究中,天津大学采用动态规划与线性规划混合模型(DP—LP),以线性规划确定年内不同时段,库群之间水量最优调配,使库群在一定的年末蓄水要求下供水量最大,动态规划从不同的年末蓄水量中优选确定库群每年最优的年末蓄水量;天津院应用多目标分析方法,通过权重系数化多目标为单目标问题,然后进行了模拟分析;水科院水资源所应用聚集技术,将五库聚集为单库问题,进行单库随机优化调度,在最优策略的基础上再解集还原;还研究了根据系统特点分级管理调度的数学模型,仍以聚集原理,将五库问题化为三库问题,采用双状态增量动态规划寻优后,利用逐步回归法推求水库调度图。在北京市官厅、密云水库系统中的研究,以南京水文所两库随机动态规划成果为该系统水库群优化调度的最新成果。

三.研究中的不足之处

(一).常规方法是在计算机还没有普及情况下所经常使用的,由于方法本身固有的不足,在进行水资源平衡分析时可能存在以下几方面问题。

1.供水与需水不相适应。在历次供水与需水分析中,随着生产发展和水文系列的延长,供水和需水是在不断变化的。由于水文系列的不同步,各条河流来水和水库调节水量不可能处于完全同频率状态。同频率相加 50%年水量可能超过实际供水量,95%年可能低于实际的供水能力。供水还受到需水的影响。对于降雨与作物生产期较吻合的年份有时无需放较多的水就可以达到供需平衡,同频率相加的做法在长系列中,难以找到相应或相近的年型。

2.地下水采用多年平均补给量作为可供水量,不能准确地反映地下水供水作用。当地表水较丰富,供水量较大时,地下水开采量相对较小;而地表水缺乏,地下水受补给影响,开采量也会受到一定限制,所以地下水开采与地表水之间本身存在着相互补偿作用。不同年份(不同频率)有一定差异,选用多年平均补给量进行平衡,掩盖了这种差异,尤其当地表特枯水年,地下水的开采未必能达到多年平均补给的水平,对这样的年份,供需平衡的结果就必然会有出入。同时,地下水供水亦与需水相联系,地表、地下水双供系统能力有限,地下水供水应限制在一定范围内。

3.常规方法计算普遍依赖于经验。在进行年总量平衡时,缺水反映某种年型大致的总体情况,至于是工业缺水,还是农业缺水,净缺水是多少,发生在年内的哪些时段,均不易回答。不同的分析者在面对相同的资料时,因经验不同,可能会得出不完全一致的结果。

(二).优化方法主要是针对京津唐地区部分区域所进行的水资源研究,几乎每项研究都在结论和建议中强调了京津唐地区水资源问题,应作为整体运用系统分析进行统一规划和管理的的重要性。因此,这也是以往研究中的主要缺憾。另外,在优化调度方面的考虑亦还有几点未尽人意:

1.年内时段划分很粗,一般汛期以月为单位,非汛期以季或灌水季节为单位,势必掩盖某些供需水矛盾。

2.引滦水库群调度基本上以潘家口水库为主,其余水库采用等效或聚集合并的办法,将影响到水库之间的补偿作用。

3.引滦系统中没有制定出较完整的五个水库调度线,大都是经过众多方案比较,给出潘家口水库的供蓄水范围,使供水满足一定的保证率,达到一定的供水量。

4.工农业用水与目前规划的指标相比取得较小,尤其是农业用水,直接选择水库下游灌区的需水量,在水库的优化运行中,需水易于得到满足,与目前的实际缺水严重状况不相一致。

第三节 本课题研究的基本内容与范围

一.内容

京津唐地区水资源系统是一个包括地面水库群、地下水、污水资源化和海水利用等多种供水途径,城市生活、工业用水、分区农业用水等不同需水部门,涉及北京市、天津市及河北省的唐山市、秦皇岛市、廊坊市的复杂的大系统。由于区内水资源分布不均衡又相互联系,应用传统的常规方法计算各种方案显然是存在困难的。基于这一点,本研究课题应用了系统分析方法把京津唐水资源系统看作是既相互区别又相互制约的各子系统组成的多层次有机联系整体,在深入调查系统特点,充分借鉴以往的规划和管理运用经验及存在问题的基础上,建立了京津唐地区大系统水资源整体模拟模型,分区供水系统优化调度模型以及京津唐地区水资源战略决策支持系统。

京津唐地区大系统水资源整体模型,结合本区近期和长远水资源规划,针对不同的工程或非工程措施,通过多方案模拟计算,提出满足各种发展水平的水资源最佳(或非劣)供水方案。为京津唐地区水资源供需战略提供定量依据。

分区水资源优化管理模型。由于本区现状条件下,北京供水系统与引滦五库供水系统联系较弱,拟提出分区水资源优化调度和运行方式,合理分配生活、工业、农业和其它用水,为本区水资源统一管理奠定技术基础。

京津唐地区水资源战略决策支持系统。模拟模型与优化调度模型主要是从水资源利用量和供水保证率等方面对系统进行分析、评价,对于其它目标基本上采用约束的形式来体现。决策支持系统则主要在生活、工农业发展、环境生态改善等多目标利用方面进行协调,通过“定性”、“定量”指标及专家支持库的形式,对水量分析的结果进行再评价,寻求系统在多准则,多目标情况下的最佳运行状态。

各模型之间是相互联系,互为补充的。共同的目标:就是更好地进行京津唐地区水资源规划,管好用好京津唐地区水资源,使供需水发展与该区重要的战略地位相适应且符合水资源较缺乏的特点。

为了达到目标和顺利建立模型,本课题研究内容还包括了基本资料的调查分析。主要是城市生活、工业和农村用水调查与预测;水库、干渠等工程指标,污水处理、海水利用、渠系渗漏,以及水文系列的延长分析、统计等基本资料。所使用的基本资料,是与协作单位多次协调,并在全面分析最新资料基础上提出的,从而为水资源系统规划和管理调度提供了较为可靠的基础。

二、范围

京津唐地区地域辽阔,面积达 5.5 万多 km^2 ,平原面积 3.3 万多 km^2 ,占总面积的 60%。现状情况下,平原城镇生活需水量占全区域城镇生活需水量的 95%,工业用水占 96%,农业用水占 80%,用水主要集中于平原。区内供水包括地表水和地下水两部分,

山区的来水由大中型水库控制,提供的地表水可利用量占总的地表水供水量的 90% 以上(1987 年资料)。是该区地表水主要供水水源。山区未控部分的径流沿山区、平原分界进入平原区,由塘坝、洼淀拦蓄部分地用于农田灌溉;地表水中还包括了污水资源化回用于工业、农业,海水替代部分淡水,亦均集中于平原地区。因此,本次水资源系统分析以供水系统,即为京津唐地区供水服务的官厅、密云、于桥、潘家口等十座大型水库和与其相联的永定河引水渠、京密引水渠、引滦入津、入唐干渠,引青济秦等渠道所组成的地表水供水网络,以及平原区地下水供水为主要研究对象。以平原区 33132km² 内的用水系统为主要研究范围。从一定意义上讲,基本反映了京津唐地区的主要供需水问题。作为整体模拟的大系统水资源模拟模型就是在该基础上进行的。

三、分区

为了有效地建立模型和进行各模型间联接、协调,在京津唐地区水资源系统研究的范围内还需根据统一的要求,对系统进行分区概化。

京津唐地区大系统从水资源体系方面分解是由北京、天津、冀东三个相对独立的水资源系统组成的。每个系统又可分为包括来水、贮水、输水和工农业用水的子系统(见图 1—1,京津唐地区水资源系统示意图)。来水包括现状和 2000 年水平年的水库来水,区间来水系列及频率统计参数;分 50%, 75%, 95% 三种保证率的当地径流可利用量年内分布,各市排污水量及可利用量。用水则是按照水库群地表水系统,结合地下水含水层的构造,分布状况及行政区划等因素进行的。京津唐地区(平原)共划分为 13 个区,连同 5 个主要城市(京、津、唐、秦、廊)共 18 个计算单元,每个计算单元视不同情况包括两至三个用水过程:即城市生活用水,分区工业用水和农业用水过程。此外,因涉及到本系统外的水量平衡问题,还考虑了妫水河流域的延庆区,张坊下游的房涿涿灌区,河北省滦河上游承德地区等用水。分区的供水系统及隶属行政区情况见表 1—2。

第四节 研究方法及技术途径

一、方法简介

在京津唐这样复杂的水资源系统中,企图用一种模型解决所有问题是很困难的。模拟模型具有良好的仿真性,但计算的方案只能是有限的,结果是备选的非劣解集。优化模型可以找到“唯一”最优解,但是在复杂的结构化问题中要做较大的简化,以保证求解的可行性,难免有不同程度的失真。所以,理想的方法是二者结合,即用数学规划方法求解水库的优化调度方案,用大系统模拟模型解决分区分水、地表水和地下水联合运行、工程规划和对策措施优选等问题。决策支持系统对于半结构化的多目标分析行之有效,这样就使本课题的研究在技术、范围、内容上具有完整性。

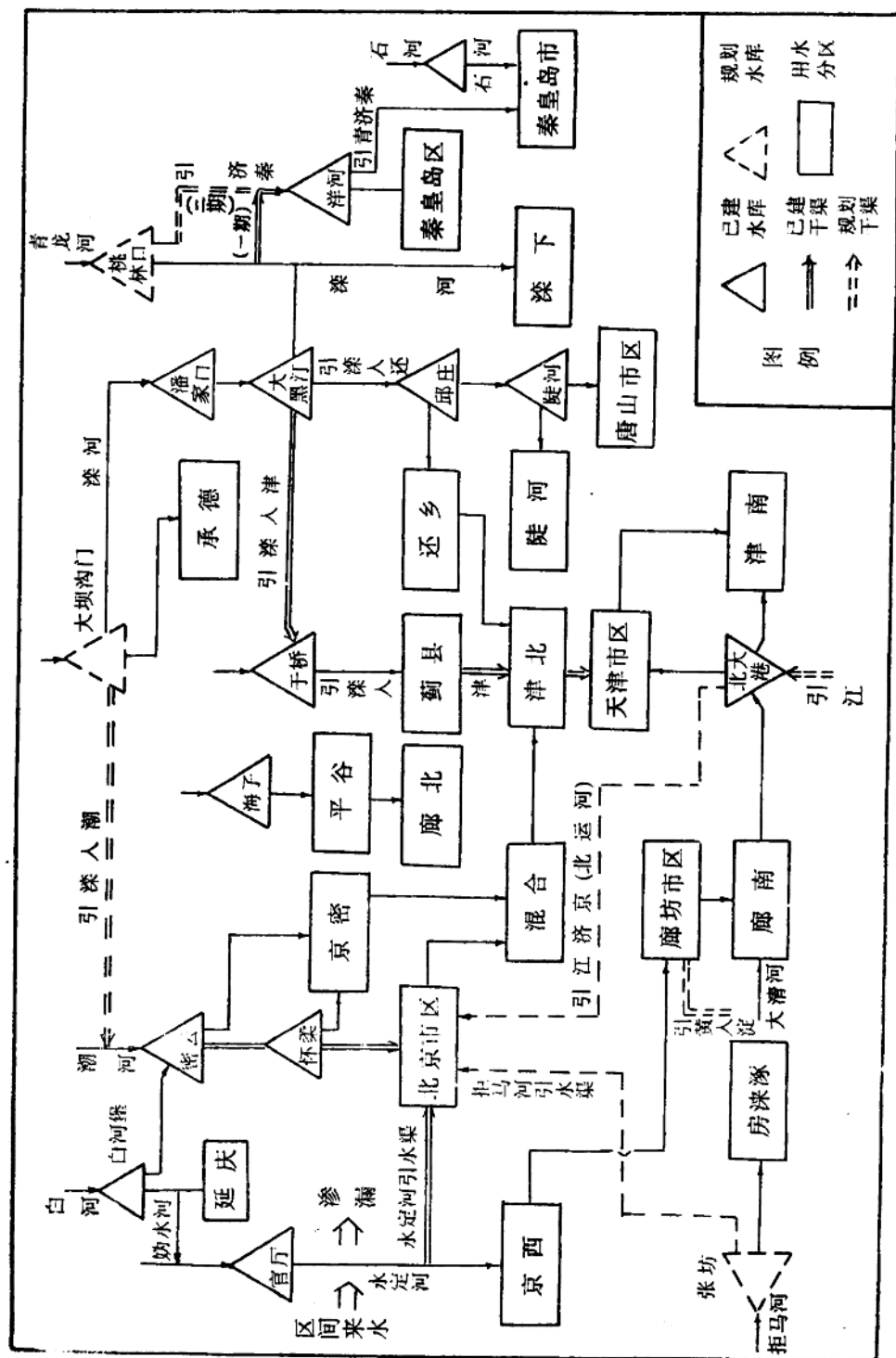


图 1-1 京津唐水资源系统示意图

京津唐地区水资源系统分区情况表

表 1—2

表 1-2

省市	区 名	面积 km ²	水库供水水源 及干渠输水情况	隶属行政县 (区)	
北京市	京 西	1413	官厅、白河堡、永引渠	西郊、海淀、丰台、大兴、房山	
	京 密	2623	密云、怀柔、京引渠	北郊、密云、怀柔、昌平、通县	
	市 区	1009	官厅、密云、怀柔、永引、京引	城区及其它近郊区	
	混 合	667	官厅、密云、怀柔、永引、京引	朝阳、丰台、通县、大兴	
	平 谷	688	海子水库	平 谷	
天津市	蓟 县	775	于桥水库	蓟 县	
	津 北	4977	于桥、引滦入津	宝坻、武清、宁河	
	津 南	4826	北大港、于桥、引滦入津	静海、咸水沽、胜利村	
	市 区		北大港、于桥、引滦入津	城区、塘沽、汉沽、大港	
河北省	唐山市	陡河	454	陡河、邱庄、大黑汀	丰 南
		还乡	2265	邱庄、大黑汀	丰南、玉田、丰润
		滦下	4352	大黑汀、潘家口	滦南、滦县、乐亭、垦区
		市区	600	陡河、邱庄、大黑汀、潘家口	城近郊区
	秦皇岛	大区	1807	洋河、大黑汀、潘家口	昌 黎
		市区	313	石河、引青济秦	城区及近郊区
	廊坊市	廊南	4003	大清河、引黄入淀	坝县、永清、固安、文安、大城
		廊北	1399	密云退水	三河、大厂、香河
		市区	961	官厅退水	廊坊、安次

1. 模拟技术

模拟的实质是实际系统运行状况的模型化和实验。模拟模型通过多方案比较以产生有用的成果。大系统模拟模型是将复杂的系统概化成多层次递阶结构形式进行解答的技术。在水资源应用方面,模型的成功取决于基本资料的输入和运行规则的确定。

(1) 输入是每一种模型启动以产生输出的基本要求,在京津唐地区水资源系统中,主要的输入包括规划入库径流系列,降雨序列等;

(2) 模型化以后分系统变量之间关系用数学表达式体现,包括水量平衡关系式,离散化的水库容积~面积~水位的代数关系等;

(3) 运行规则是系统控制的基本准则,它体现决策部门的基本要求,模型中的约束条件就是为了反映这些规则而建立的;

(4) 模型的输出是建立模型的最终目的,它包括系统运行的中间状态等信息和按设计者所要求的最终量化成果。

经过输入——运行——输出,完成模拟实验的全过程。必须指出,模拟对给定的问题不能直接地产生“最优解”,而是随着输入的变化或系统状态(工程组合)的变化而产生可能的系统信息,即多方案计算结果。模拟的重要性,决定于所要模拟问题本身在系统中的重要程度。

模拟技术具有真实地反映系统状况的特点。在确定运行规则,拟定计算方案等方面可以广泛吸取过去经验,易于找到决策者所接受的可行方案,所以,在京津唐地区水资源规划方案研究中决定采用大系统模拟模型。

2. 优化技术

在水资源规划和管理工作中,常采用优化模型参于方案选择和评价,优化技术收敛程度高,能够找到全局或局部最优解。在京津唐地区水资源系统分析中应用了:

(1) 随机动态规划——在进行单库或两库随机动态规划计算时,水库入流处理成独立的随机系列。动态规划的特点是决策变量具有序列的“动态”的特性,在相邻阶段中每一阶段有一个或两个决策,直接影响到下一个阶段。水库调度中的决策变量一般为放水量。所求出的水库联合调度图在长系列操作中能够保证期望的目标值达到最优。目标函数选择“综合利用的水库供水效益最大”,但事实上,由于经济资料的缺乏,常代之以“在一定保证率供给某保证水量的条件下,使供水量极大化”。水库来水量是在每个时段入库水量经验频率曲线上,按规定的保证率分别取若干点作为该时段入库水量的代表值。

(2) 确定性动态规划——与随机动态规划的根本区别在于把水库的来水作为确定、已知过程,在此前提下研究水库或水库群的最优运行方式,可以提供理想情况下水库径流调节后的供水量上限,但无法直接给出指导水库运行的调度图。拟通过回归分析的方法来达此目的。确定性动态规划的递推过程直接采用所选择的水文系列。

3. 决策支持系统

是针对某一类型的半结构化或非结构化决策问题,通过提供背景材料、协调明确问题、修改完善模型、列举可行方案进行比较的方式,为管理者做出正确决策提供帮助。它除了采用现有计算机的最新技术外,还增加了模型库及模型管理系统、专家知识库,使得整个系统具有试探、推理、演绎等类似于人工智能的功能。它是管理决策中的最高层次,是根据管理信息系统提供的信息来作出面向高层次管理的战略性决策。