

“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 3

太原市 水资源系统供水 规划和调度优化研究

75 - 57 - 03 - 06 专题组

一九九〇年十二月

“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 3

太原市水资源系统 供水规划及调度优化研究报告

75—57—03—06 专题组

1990年12月

分课题编号：57—03—06—03

分课题名称：太原市水资源系统供水规划及调度优化研究

分课题负责人：竺士林 张世法 李砚阁 武桂梅

报告编写人：李砚阁 张世法 竺士林 戴 星 郑福祥 汪静萍

冯玉明 崔新文 牛娅薇 孙云伟 李润虎 顾 颖

武桂梅 张稳柱

课题组主要工作人员：

太原市水利局

竺士林 武桂梅 郑福祥 崔新文 冯玉明 牛娅薇 李润虎

张稳柱 王叔兰 刘建中 高秀娟 王建国

水利部南京水文水资源研究所

张世法 李砚阁 戴 星 汪静萍 顾 颖 孙云伟

报告审查人：竺士林 张世法

报告完成日期：1990年7月

主要参考文献

1. 华士乾等：水资源系统分析指南，水利电力出版社，1988。
2. 叶常明：水污染理论与控制，学术书刊出版社，1989。
3. 吴明远等：工程水文及水利计算，水利电力出版社，1983。
4. 达庆利：大系统理论与方法，东南大学出版社，1989。
5. 林学铎：美国地下水管理概况，《水文地质工程地质》。
6. 蒋长瑜：美国水资源及其利用。
7. 张宣城：苏联的跨流域调水问题。

关于《太原市水资源系统供水规划及调度优化研究》成果的鉴定意见

《太原市水资源系统供水规划及调度优化研究》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》03—06专题《大系统水资源供水规划和调度优化研究》中的第三分专题，是由太原市水利局和南京水文水资源研究所共同完成的。经历三年多时间，提交的成果有总报告一份，附件报告六份，专题研究报告三份，经鉴定，认为所提交的成果圆满并超额地完成了课题合同所提出的研究任务。

该课题在充分利用现有资料的情况下，认真开展了地表水资源、地下水资源、工业用水、居民生活用水、农业用水、农业节水、污水排放处理回用等方面基础资料的调查、测试和综合分析工作。资料丰富、扎实、复盖面广。这些基本资料和数据为课题研究奠定了坚实的基础。

《太原市水资源系统供水规划及调度优化研究》应用了系统分析的理论和方法，根据太原市的水资源系统特点，从系统的整体优化出发，研制了模拟模型、数学规划模型和其他多种模型所组成的模型系统。研究结果表明，所研制的模拟模型是一交互式系统，具有较强的水资源规划和管理应用功能，所建立的模型系统不仅理论上正确，可操作性强，且紧密结合太原市水资源系统供水规划及管理调度的实际。因此，对于太原市多水源、多用水部门、多工程方案的复杂水资源系统的规划和管理，具有很好的应用价值。

该课题研究在学术上和技术水平上也取得了不少进展与创新。确定性动态规划和多元回归拟合模型、水库和含水层联调的目标数值法求解等，是国内首创的，将模拟模型与投入产出模型结合起来。研究太原市国民经济发展和水资源供水能力相互制约关系，通过人工生成的多组径流系列，研究水资源规划指标在未来运行期间的可能变幅；采用分解途径和层次相关法进行了径流趋势分析，以及建立的双层二维的太原市地下水系统模型等方面，均有新的进展。

本课题应用所建的模型进行了不同水平年、不同节水水平和不同工程组合的约300个方案的计算，在此基础上，对重点方案进行了深入研究，提出了相应的供水效益。该研究成果为太原市水资源开发利用、工农业布局、城市供水及跨流域调水规划提供了可靠的定量分析成果，可供有关部门决策参考。

《太原市水资源系统供水规划及调度优化研究》成果与国内同类研究成果相比，居于领先地位。

该项研究所采用系统分析的方法及所研制的模型，对研究北方缺水城市和工业区的水资源供水规划及调度优化具有重要的推广应用价值。

评审委员会主任委员：

贾福海
1990年11月17日

单 员 委 定 鉴 名

序号	鉴定会职务	姓名	工作单位	所学专业	现从事专业	职称	职务	签名
1	主任委员	贾福海	地质矿产部	地质	水文工程地质	学部教授	高级工程师	贾福海
2	副主任委员	陈志刚	水利部水资源研究所	水利工程	水文水资源	教授	高级工程师	陈志刚
3	副主任委员	许四复	山西人大农业委员会	水利工程	水利	教授	高级工程师	许四复
4	副主任委员	姜凯	山西省水利厅	水利工程	水利工程	高工	工	姜凯
5	委员	吴正平	水利部南京水文水资源所	水文水资源	水文水资源	教授	高级工程师	吴正平
6	委员	邹谷泉	水利部海河委员会	水利规划	水利规划	教授	高级工程师	邹谷泉
7	委员	肖菁英	山西省地矿局	水文地质	水文地质	教授	高级工程师	肖菁英
8	委员	贾泽民	山西省水资源办	农田水利	水资源管理	高工	工	贾泽民
9	委员	张耀声	山西省水文总站	陆地水文	水文水资源	高工	工	张耀声
10	委员	秦骏声	太原市计划委员会	工业与民用建筑	基本建设计划	高工	工	秦骏声
11	委员	明照畔	山西省勘察院	水文地质	水文地质	高工	工	明照畔
12	委员	吴致尧	黄河水利委员会	水利工程	水利	教授	高级工程师	吴致尧
13	委员	金光炎	安徽省水利科所	水文	水文、水资源	教授	高级工程师	金光炎
								书面评审
								书面评审

目 录

鉴定意见

前 言	(1)
第一章 太原市水资源系统综述	(3)
第一节 太原市自然地理和社会经济概况	(3)
第二节 太原市水资源系统的特点和管理调度方面的问题	(5)
一、降水、径流年内、年际变化大	(5)
二、汾河水库至玄泉寺区间河川径流由于缺少调节工程未得到充分利用	(6)
三、汾河水库泥沙淤积严重,逐渐失去了多年调节能力	(6)
四、汾河水库现有调度应用方式,难以在城市生活、工业和农业之间进行水资源科学分配	(6)
五、太原市城区及近郊区地下水含水层采补失调,地下水超采问题比较突出	(6)
六、引黄济并工程规模需要合理拟定	(7)
第三节 太原市水资源系统分析方法、途径及研究内容	(8)
一、水资源系统规划及调度优化研究的基本资料	(8)
二、水资源系统管理调度的主要数学模型及研究内容	(9)
三、水资源系统的规划及其水资源紧缺对策的研究内容	(9)
第二章 水资源系统的基本资料及用水、节水、污水利用的调查分析与预测	(12)
第一节 太原市地表水资源分析	(12)
一、石家庄水库	(12)
二、汾河水库	(13)
三、汾河水库——石家庄水库区间	(14)
四、文峪河水库	(14)
五、柏叶口水库	(14)
六、松塔水库	(15)
七、汾河水库与玄泉寺水库区间年径流量的推求	(15)
第二节 地下水资源分析研究	(17)
一、太原市地下水补给资源	(17)
二、地下水开采资源的计算	(17)
第三节 太原市城市生活、工业和农业用水现状调查分析	(20)
一、城市生活用水现状分析	(20)
二、工业用水现状及分析	(21)
三、农业用水现状分析	(22)
第四节 太原市污水排放、污水处理回供的现状与预测	(24)
一、污水排放现状	(24)
二、污水处理及利用现状	(25)
三、污水排放量预测	(26)

四、污水处理及回供量预测·····	(26)
第五节 太原市城市生活、工业、农业用水的预测·····	(26)
一、城镇生活需水量的预测·····	(26)
二、工业需水量预测·····	(27)
三、农业灌溉需水量预测·····	(29)
四、农村居民生活、牲畜饮用水及其它需水量预测·····	(29)
五、不同水平年总需水量预测·····	(29)
第六节 太原市用水、节水经济效益分析·····	(39)
一、城市生活用水、节水经济分析·····	(39)
二、工业节水效益分析·····	(39)
三、全市工业节水发展趋势分析·····	(40)
四、农业用水、节水效益分析·····	(41)
第三章 水资源系统数学模型的建立及应用·····	(43)
第一节 太原市水资源系统模拟模型·····	(43)
一、模型的建立·····	(43)
二、水资源系统分析的目标函数·····	(44)
三、约束条件·····	(45)
四、计算时段的选择·····	(46)
五、模拟模型的程序结构·····	(46)
六、模拟模型的功能·····	(46)
七、模型的可靠性初步检验·····	(47)
第二节 水资源系统管理运行的数学模型·····	(48)
一、单库调度确定性动态规划和多元回归拟合模型·····	(48)
二、随机动态规划模型·····	(50)
三、库群调度等价水库数学规划模型·····	(51)
四、水库与地下含水层联合调度数学模型·····	(53)
第三节 其它数学模型·····	(59)
一、太原市地下水系统模拟模型(有限差分法)·····	(59)
二、太原市水资源系统投入产出线性规划模型·····	(62)
三、径流随机模型和人工径流系列生成·····	(65)
四、汾河水库调水调沙多目标动态规划模型·····	(70)
第四章 太原市水资源系统模拟模型计算成果及分析·····	(73)
第一节 太原市水资源系统模拟模型计算方案·····	(73)
第二节 水库调度线优化的分析·····	(73)
第三节 不同水平年解决太原市缺水对策措施的研究·····	(75)
一、现状水平年解决缺水对策措施的研究·····	(75)
二、2000年水平年供水状况及缺水对策研究·····	(76)
三、2010年水平年水资源供需状况分析及对策研究·····	(80)
四、2030年水平年水资源供需展望及对策·····	(83)

第五章	太原市水资源系统管理运行的数学模型计算成果及分析	(88)
第一节	解决水资源紧缺的工程规划方案及有关工程规划指标	(88)
第二节	确定性动态规划和多元回归拟合模型的计算成果及分析	(88)
一、	水库承担的生活、工业和农业需水量的选定	(88)
二、	计算成果及分析	(89)
第三节	单库方案下太原市水资源供需分析	(99)
一、	汾河水库供水状况	(99)
二、	不利来水系列(生成系列)水资源供需分析	(100)
第四节	水库群方案的计算成果和水资源供需分析	(100)
第五节	水库与地下含水层联合调度数学模型的计算成果及分析	(107)
第六章	其它数学模型的计算成果及分析	(110)
第一节	投入产出模型计算成果及分析	(110)
一、	现状条件下国民经济产值分布与水资源流向的特点	(110)
二、	2000年计算成果及方案比较	(111)
三、	2000年水平年产业结构不做调整时,国民经济发展指标可能达到的状况	(111)
四、	2000年水平年对太原市工业结构适当进行调整时模型计算成果	(112)
五、	水价调整时不同部门价格的影响	(113)
第二节	太原市地下水系统数值模拟计算成果及分析	(116)
第三节	汾河水库水沙联调模型计算成果及分析	(117)
第七章	太原市水资源系统中的几个问题的讨论	(122)
第一节	汾河水库及汾兰区间年径流趋势分析	(122)
第二节	汾河水库至兰村区段的河道渗漏量计算	(126)
第八章	结论与建议	(130)
一、	太原市缺水已成定局,今后将面临更加严峻的缺水形势	(130)
二、	解决太原市水资源紧缺的对策措施	(131)
三、	对新水源开发工作的几点意见	(132)
四、	进一步做好水资源的保护和统一管理工作	(134)

前 言

《太原市水资源系统供水规划及调度优化研究》是“七五”期间国家重点科技项目《华北地区及山西能源基地水资源研究》课题中的《大系统水资源供水规划和调度优化研究》(75—57—03—06)专题的第三分课题,是由水利部南京水文水资源研究所和太原市水利局共同承担完成的。

山西省是我国能源重化工基地,是全国水资源极为紧缺的省份,而太原市又是山西省水资源紧缺的主要地区之一。目前,太原市的地表水主要用于农业灌溉,城市生活和工业生产,供水严重不足,只能靠大量超采地下水来维持。本课题研究的目的是使太原市现有的供水工程最大程度地满足生活、工业、农业需水的要求,使水资源开发利用更趋合理;通过调度优化研究,将使太原地区枯水年供水量增加,或减少因供水不足而造成的国民经济损失;同时研究不同水平年太原市的供水及缺水状况,从而为太原市水资源的开发利用、工业布局调整、城市供水及跨流域调水等提供宏观决策依据。

课题研究范围主要限于太原市区内,包括兰村以上汾河干流已建及规划的供水工程;供水范围侧重兰村以下太原市城区、近郊区(包括古交市)和清徐县汾河平原区,并兼顾汾河太原段下游及相邻市县。

为了充分利用水资源,合理解决太原地区水资源供需矛盾,必须从节流和开源两个方面搞好水资源供水工作,使水资源供水规划和优化调度日臻合理。通过本课题的研究,提出了太原市在需水量大于供水量的情况下优化调度技术和实用于供水规划的系统分析方法。结合太原市实际需要,制定了水资源(包括地面水和地下水)联合调度方案,充分挖掘现有水资源的潜力,增加可利用量,并对城市生活、工业和农业等部门用水进行科学分配。本课题对太原市供水规划的各种可能方案进行了整体模拟,共计算了三百多种方案,最后筛选出77个方案,用投入产出分析方法对水资源、社会经济等进行了综合分析,从而对供水规划的实施以及工业、农业的合理布局提出了宏观决策性建议。

国家科委、水利部1986年底下达任务后,本课题组于1987年5月组成并开始工作,历经三年多的时间,主要参加工作者共计十四人。全组人员紧密合作,进行了大量艰苦细致的调查、分析整理、研究和计算工作,全组累计机时已超过六千小时,由此可见工作量之大。这次研究工作中,主要建立的数学模型有:太原市水资源系统模拟模型、单库及库群数学规划模型、地下水系统有限差分模型、汾河水库水沙联调模型、多站多时段人工系列生成模型、水资源投入产出模型等。通过这些模型的运行,较系统、全面地研究了太原市现状及中长期水资源规划和管理运用等重要的生产实际问题,提出了结论性建议和意见。

在研究工作中得到了山西省水资源管理委员会和山西省水文总站鼎力相助,在此表示诚挚的谢意!

本报告提交的正式文件有:

(一) 太原市水资源系统供水规划和调度优化研究报告

(二) 附件

- | | |
|---------------------------------|---------|
| 1.太原市已建和规划水库及区间径流量分析研究报告 | (附件3—1) |
| 2.太原市地下水资源分析研究报告 | (附件3—2) |
| 3.太原市城市生活、工业和农业用水、节水现状分析及预测研究报告 | (附件3—3) |
| 4.太原市污水量和处理污水回用量分析研究报告 | (附件3—4) |
| 5.太原市水资源系统规划和管理模拟模型研究报告 | (附件3—5) |
| 6.太原市已建和拟建水库(群)优化调度研究报告 | (附件3—6) |

(三) 专题研究报告

- | | |
|-------------------------------|-----------|
| 1.太原市国民经济发展和水资源供水能力相互制约关系研究报告 | (专题研究报告1) |
| 2.太原市地下水系统模拟研究报告 | (专题研究报告2) |
| 3.汾河水库调水调沙研究报告 | (专题研究报告3) |

第一章 太原市水资源系统综述

第一节 太原市自然地理和社会经济情况

太原市位于山西省中部，是山西省省会，也是全省的政治、经济、文化的中心，又是重要的煤炭及重化工基地。

太原市位于太行山脉的西侧，晋中盆地的北端，在北纬 $37^{\circ}27'$ ~ $38^{\circ}12'$ ，东经 $111^{\circ}31'$ ~ $113^{\circ}09'$ 之间，北、东、西三面为丘陵及中低山所环绕。山区高程都在1000m以上，东部为太行山系，西部为吕梁山脉。汾河自兰村峡谷流出山区后，转而南下，穿过市区向南流去，形成了开阔的汾河冲积平原。全市总面积6905平方公里，呈三角形分布。其中山区为 3591km^2 （占52%），黄土丘陵 2079km^2 （占30.3%），平原盆地区为 1222km^2 （占17.7%）。

太原市辖南城区、北城区、河西区三个市区，南郊区、北郊区、清徐县、阳曲县、娄烦县五个县（区），外辖一个古交市，全市总人口244.46万人，其中城镇人口148万人。

太原市解放初期，全市工矿企业职工1.8万人，工业总产值仅0.42亿元，有569个工业企业，其中全民所有制企业34个，私营企业535个。另外，还有732个个体手工业。解放后近四十年的时间，全市进行了大规模的工业建设，现已形成了西山矿区、河西工业区、北营工业区、东山矿区、太钢、向阳店工业区等，发展成为一座以冶金、机械、煤炭、化工为主的重工业城市，共有工矿企业1653个，其中重工业762个，占46%，轻工业891个，占54%。工业总产值69.97亿元，重工业总产值51.34亿元，占73.4%，轻工业总产值18.63亿元，占16.6%。主要产品年产量：原煤产量2390万吨，占全省的10.3%；发电量36.87亿千瓦小时，占全省14%；钢产量164.7万吨，占全省的80.7%；生铁124.4万吨，成品钢材88.9万吨，铜2.7万吨，烧碱产品4.8万吨，硫酸10.1万吨。

太原市属温带季风型气候，冬季受西伯利亚冷空气影响，晴朗干燥；夏季受南来的付热带太平洋高压影响，温高多雨；春季是冬夏转换的过渡时期，天气晴朗，气温较低，且多风，往往出现较长的干旱季节，此时是农业需水量较大的时期；秋季凉爽而少雨，昼夜温差较大。

汾河是黄河的主要支流，纵贯全市，境内直接入汾河的大小支流50条之多，流域面积为 6236km^2 ，占全市面积的91%；海河水系本区内有二小片，即牧马河流域和乌河流域的上游部分，约占全市面积的9%左右（见图1—1）。

建国四十年来，太原市水利建设取得了很大成绩，兴建了一批骨干水利工程，全市水利设施初具规模。除已建大型水库汾河水库外，建成了汾河一坝、晋祠、清徐西边山和敦化四个骨干自流灌区；机电灌站七百五十二处（其中敦化、鄯村、西温庄、南郊东山、上兰、固碾、大留等七个万亩以上电灌站）；机电井4318眼；小水库27座，库容为 3214.5万m^3 ，灌渠4439km，其中798km进行了防渗；骨干排退水渠10条，长度138km；各种小型水利工1112处，新发展喷灌148处，全市现有水浇地面积81.44万亩，约占总耕地面积的41%。农业生产条件有了较显著的改善，增强了抗御旱涝灾害的能力，盆地平原区基本实现了水利化。

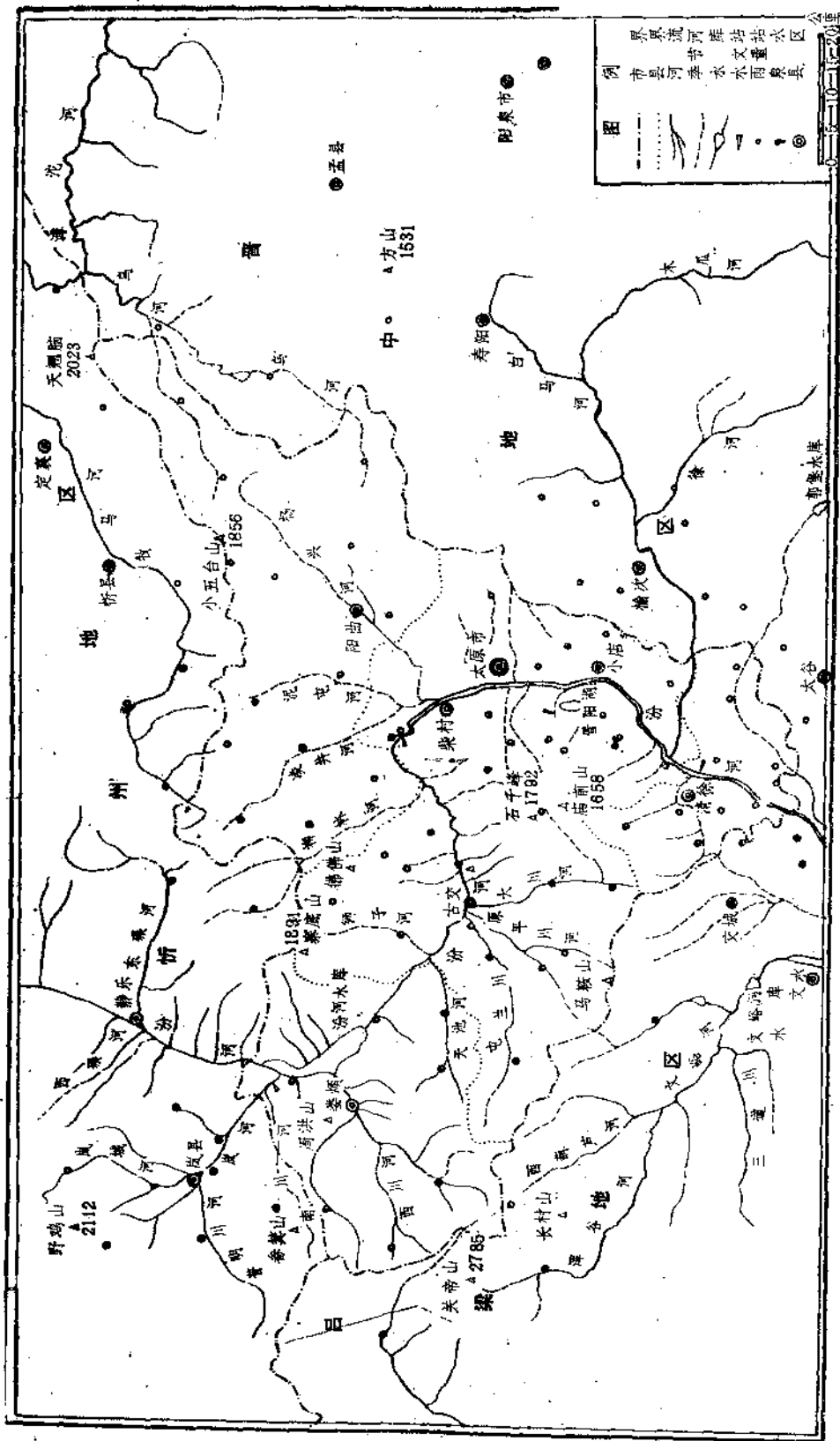


图 1-1 晋太原市水系图

随着地下水的开发利用,水土保持和流域面上的治理,丘陵山区的生产也有较大发展。

汾河水库位于太原市的西北角,在汾河干流上游的娄烦县下石家庄附近,控制流域面积 5268km^2 ,坝高 61.4m ,兴建时总库容为 7.23亿m^3 ,由于泥沙淤积,1987年库容仅剩 4亿m^3 。它是山西省最大的水库,也是汾河上目前唯一的多年调节水库,但现在多年调节作用越来越小。它也是本课题主要研究对象之一。汾河水库担负着太原市工业、农业供水,防洪和晋中150万亩农田的灌溉任务,汾河水库的调度运行方式,直接关联着太原市水资源利用的效益。

第二节 太原市水资源的特点和管理调度方面的问题

大气降水是太原市水资源的主要补给来源。根据1954~1987年全市多年平均降水量为 31.6亿m^3 ,折合降水深为 457.0mm ,多年平均径流深为 44.6mm 。从全国来看,山西省是严重缺水的省份,而太原市又是山西省缺水严重的地区,山西省人均占有水量 525m^3 ,为全国人均水量 2700m^3 的 $1/5$;亩均水量 194m^3 ,为全国 1700m^3 的 $1/9$;太原市人均占有水量为 164m^3 ,仅为山西省的 $1/3$,为全国的 $1/16$,为世界人均水量 12000m^3 的 $1/70$;亩均水量 173m^3 ,为全省的 $9/10$,为全国的 $1/10$ 。以上资料说明太原市当地水资源先天不足,做为能源重化工基地,更加重了水资源短缺。除此之外,太原市水资源还有以下几个特点和问题。

一、降水、径流年内、年际变化大

太原市属温带大陆性季风型气候,降水量偏少,降雨多集中在夏季,湿热同步,年内分配不均,季节性变化明显和年际变率大等特点。丰水年1973年降水量为 660mm ,枯水年1972年仅 200.8mm ,丰、枯比为3.3。降水量多集中在汛期,6—9月降水量占全年80%,冬春季降水少,春旱发生频繁。径流年内、年际变化大(见图1—2),太原市多年平均地表径流量 3.08亿m^3 ,丰水年1959年为 6.69亿m^3 ,枯水年1980年为 0.52亿m^3 ,前者为后者12.9倍。年内径流主要集中在汛期,6—9月径流量占年径流的69%。此外,降水、径流连续多年枯水年

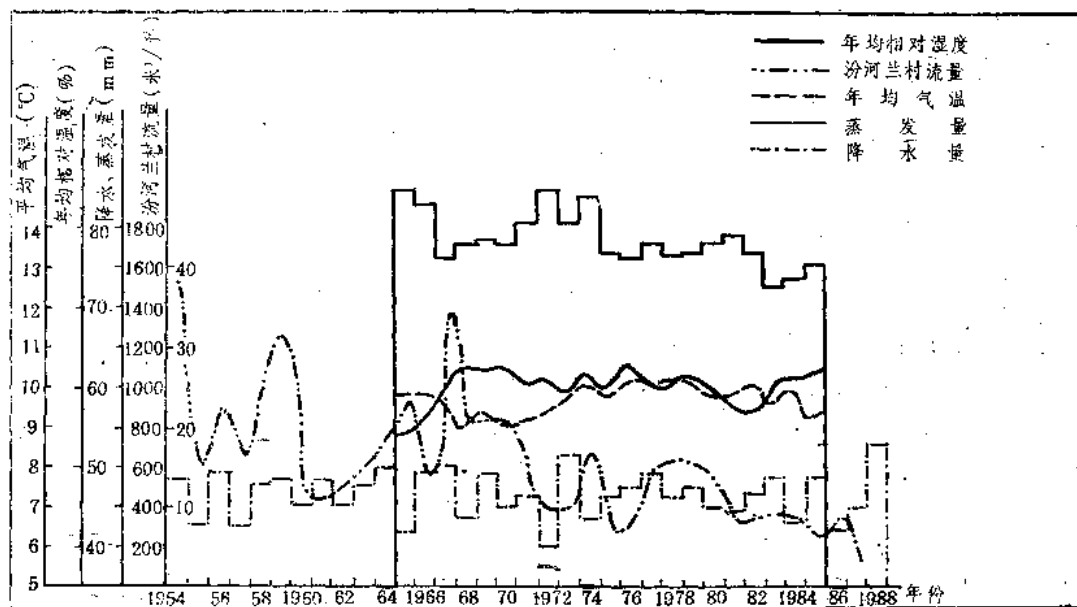


图 1—2 太原市水文、气象综合要素图

组时有发生,近期出现的1980~1987年8年连枯水年,汾河水库的年平均径流量 $2.61\text{亿}\text{m}^3$,为多年平均 $3.96\text{亿}\text{m}^3$ 的65.2%;历史上发生过1920~1931年12年枯水年组,此时太原市年平均降水量约345mm,为多年平均降水量的78.3%。在遇到连续干旱和多年枯水时期,太原市水资源紧缺问题更为严重,在水资源规划和管理调度中,应充分考虑这些不利的自然条件所产生的影响。

二、汾河水库至玄泉寺区间可川径流由于缺少调节工程未能得到充分利用

汾河水库至玄泉寺区间流域面积为 2348km^2 (占汾河水库至兰村区间面积 2437km^2 的96.3%),年径流均值为 $1.40\text{亿}\text{m}^3$ 。在年径流中,汛期径流占85%,而非汛期只占15%,汛期由于区间降雨与兰村以下太原境内汾河灌区降雨同步,两者相关密切,相关系数达0.95以上。在降雨及雨后一段时期,灌区无需引水灌溉,区间径流弃水下泄;在无雨需水灌溉时期,区间径流又很少,不能满足灌区用水需要。因此,急需修建区间径流调节工程,按工、农业需水要求控制放水,使区间水资源得到充分利用。

兰村以下太原市境内面积达 3056km^2 ,其中平川地面积 982km^2 ,川地两侧河流短小且分散,且多为季节性河道,不具备修建控制工程的条件,当地区间径流的利用率难以提高。

三、汾河水库泥沙淤积严重,逐渐失去了多年调节能力

汾河水库是汾河上目前唯一多年调节水库,设计总库容 $7.23\text{亿}\text{m}^3$,兴利库容 $3.55\text{亿}\text{m}^3$ 堆沙库容 $3.45\text{亿}\text{m}^3$ 。由于汾河水库上游水土流失严重,水库淤积较快,自1961年5月投入运行以来,截止1986年汛后,水库已淤积 $3.12\text{亿}\text{m}^3$,占原设计泥沙库容的90%。由于淤积上翘,一部分兴利库容已被泥沙淤塞。这不仅降低了汾河水库防洪标准,而且对水库的供水效益影响也很大,调节能力随着淤积的增加而逐年降低。

四、汾河水库现有调度应用方式,难以在城市生活、工业和农业之间进行水资源科学分配。

汾河水库目前除承担太原市少量的工业供水外,主要承担太原市和晋中、吕梁等地区的农业供水。水库现行调度运用方式,基本为年调节运用,即多水年多用,少水年少用。随着太原市城市生活和工业用水量的增加,在维持城近郊区地下水多年均衡的开采条件下,已建和拟建(包括扩建)水库(群)势必逐步地由现在的以农业供水为主转向以城市生活和工业供水为主的情况。现有水库调节运用方式难以在城市生活、工业和农业之间进行水资源合理分配,特别是对近期和远景水平年,实现规划工程措施后的水库(群),则需考虑相应以丰补欠的多年调节调度方式,尽量提高枯水年水库的可供水量,以满足城市生活和工业供水保证率 $P>95\%$ 的要求。这是太原市水资源系统管理调度运用中一个亟待解决的实际问题。

五、太原市城区及近郊区地下水含水层采补失调,地下水超采问题突出。

从水文地质学的观点来看,应该说太原市地下水是丰富的。太原市广泛分布着岩溶水、裂隙水和孔隙水。并有较好的贮存、补给、径流条件。地下水多年平均可开采资源量为 $16.03\text{亿}\text{m}^3/\text{秒}$ ($5.06\text{亿}\text{m}^3/\text{年}$),其中包括局部地区暂不能开发利用的资源量。但是,太原市城市规模不断扩大,工业生产迅速发展,使需水量大幅度增加,建国初期的1950年,城市生活和工业用水,年开采地下水量仅 $0.037\text{亿}\text{m}^3$,至1965年地下水开采量猛增到 $1.168\text{亿}\text{m}^3$,到1987年地下水年开采量已突破 $5\text{亿}\text{m}^3$ 。太原市的全部生活用水以及工业用水的90%、农业用水的50%以上均取自于地下水。

太原市中深层地下水降落漏斗,最早发现于1965年,以动物园和菜园村水厂为降落中心,

水位埋深16.15m, 水位标高767~773m, 面积约11.2km², 北营一带也发现小范围的降落漏斗, 面积不超过5km²。至1981年, 年开采量达4.5亿m³, 动物园——菜园村的漏斗中心水位埋深降至67m, 面积已达275km²。大漏斗内分别出现了以北营、吴家堡、菜园村、动物园、程家村水源地为降落中心的5个漏斗, 与此同时, 大漏斗以外出现4个新的小降落中心, 它们分别位于西边山磷肥厂, 南寒洪积扇中部, 光社北和东南部的武宿一带。1980~1987年, 太原市地下水每年超采0.60~0.86亿m³ (超采情况见图1—3), 且超采主要发生在城区, 其次为近郊区因而使该区地下水位持续下降, 漏斗面积进一步扩大, 这种情况继续下去, 必然使太原市供水系统日趋困境。

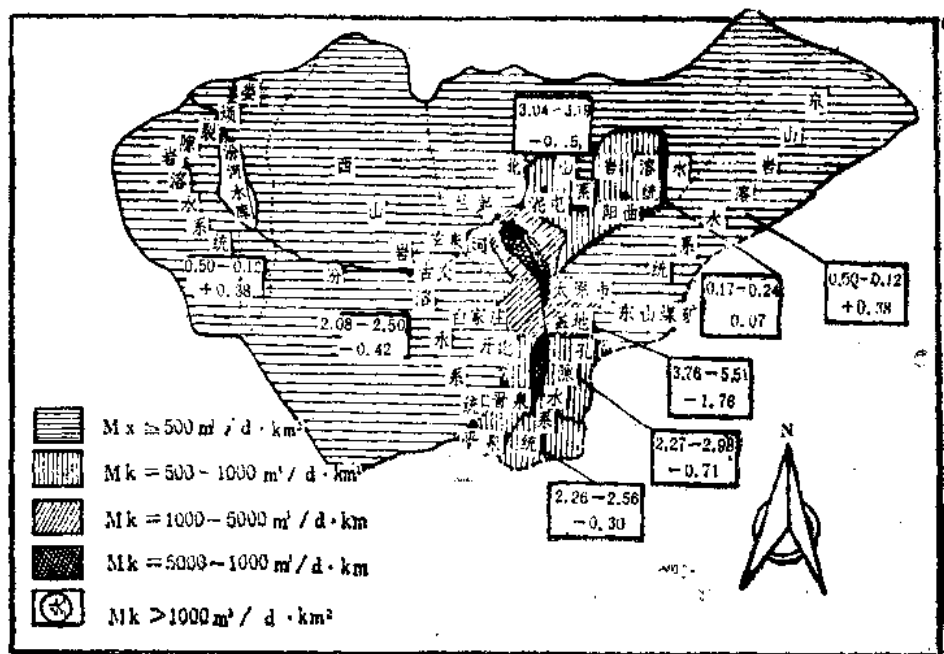


图 1—3 太原地区地下水开采现状图(1987年)

目前太原市城区及近郊区的城市生活、工业用水绝大部分来自地下水供水系统, 地表水供水系统仅能少量供水。由于地表水供水系统没有与地下水供水系统联接配套, 又受额定的地表水供水的限制, 不能实行联合调度, 发挥相互补偿调节作用, 致使地下水超采现象长期得不到缓解, 为改善这一情况, 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, 并提出对策性措施。

六、引黄济并工程规模需要合理拟定

太原市缺水问题已成定局, 从长远、全面地解决太原市水资源短缺问题来看, 最有效的措施是引黄济并。该项工程总扬程550米, 线路长、隧洞多, 工程难度大, 投资多, 工期长。因此, 在引黄济并工程实施前, 要做好现有工程管理、挖潜和拟建工程的规划工作, 以及通过优化规划, 合理确定不同水平年引黄济并的引水工程规模。

第三节 太原市水资源系统分析方法、途径及研究内容

太原市水资源系统包括来水、贮水、输水、生活及工农业用水诸子系统,来水系统包括水库来水,区间来水的历史时序系列和人工生成系列以及地下水总补给量系列资料,贮水系统包括水库(群)和各分区含水层(组)(详见图1—4)。本课题在深入调查系统的特点,以往规划和管理运用经验以及存在的实际问题的基础上,对真实的水资源系统进行合理概化,建立了太原市水资源规划和管理调度的数学模型。为使模型的输出成果能满足水资源系统规划和管理运用的实际要求,配合开展了专项调查和分析计算工作,取得了来水、城市生活、工业和农业用水现状及预测数据以及有关工程指标等可靠的基础资料。

为解决太原市水资源问题,不同部门的许多单位曾做过大量工作,取得了很多宝贵资料和经验。但是,象这样一个复杂的水资源系统,采用传统的方法去计算,分析不同阶段的水资源规划及调度方案显然是困难的。因此,本课题采用系统分析的方法,把太原市整个水资源系统看作是由既相互区别又相互联系、相互制约的由各子系统组成的有机整体进行研究,对不同规划方案定时定量地分析,期望给决策者提供准确信息。

本次水资源系统分析是以太原市、古交市的城市生活和工业供水区,以及兰村以下太原市平川盆地农业供水区为主要研究范围,以汾河水库与规划拟建的玄泉寺水库、下静游水库和汾河水库的扩建等工程的供水系统以及平川盆地控制区的地下水供水系统所综合构成的太原市实际水资源系统为主要研究对象。根据用水状况和行政区划将研究范围又分为四个分区,即古交市分区、北郊分区(包括城区)、南郊分区和清除县分区。这四个分区的用水量占全市总用水量的95%以上。

太原市水资源系统规划及调度优化研究的基本内容由三部分组成。即:水资源系统基本资料的调查分析、水资源系统的管理调度、水资源系统的规划。

一、水资源系统规划及调度优化研究的基本资料

基本资料是本课题科研工作的基础,为全面、准确地掌握基本资料,主要进行了下面四项工作:

1. 已建和规划水库及区间径流量分析研究

主要调查分析了太原市地表水资源系统的径流、泥沙年、月(旬)系列计算和统计分析。其中,主要进行了汾河水库、石家庄、下静游、玄泉寺、柏叶口、松塔等已建和拟建水库及石家庄——汾河水库区间、柏叶口——文峪河水库区间等径流系列分析计算;研制了径流序列

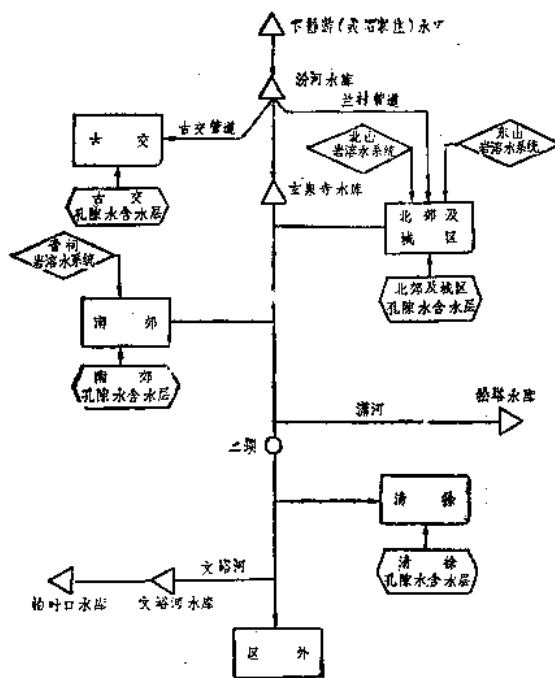


图 1—4 太原市水资源系统示意图