

灌区地下水资源评价和系统管理模型

施鑫源 方乐润 陈裕森著



内蒙古人民出版社

S273.4
01

灌 区 地 下 水 资源评价和系统管理模型

施鑫源 方乐润 陈裕森 著

内蒙古人民出版社

责任编辑:额·阿位坦巴根

封面设计:赵维敏

灌区地下水资源评价与系统管理模型

施鑫源、方乐润、陈裕森等

*

内蒙古人民出版社出版发行

(呼和浩特市新城西街82号)

内蒙古新华印刷厂印刷

开本:787×109 21/16 印张:12 字数:240千 插页:45

1992年11月第一版 1992年11月第1次印刷

印数:1—600册

ISBN 7-204-02501-0/TV·2 定价:12.80元

内 容 简 介

本书是根据内蒙古自治区“七五”期间水利科学研究重点攻关科研项目——《内蒙古通辽市余粮堡灌域地下水资源评价和系统管理模型研究》的系列研究成果编撰而成的。

全书共分六章,主要内容有:灌区概况、水文地质实体判识、含水层参数的确定、地下水资源评价、系统管理模型和结语。书中既有基础理论的阐述,又有原理方法的介绍,实例剖析深入浅出。附有的众多图件和大量实际资料构成的数据表,翔实系统,可资应用。

本书可供从事国土整治、农业区划、水利规划、水土保持、水文地质、环境工程、地下水文、水资源系统分析等科技工作者参考使用,也可供有关大专院校师生阅读参考。

序

《内蒙古通辽市余粮堡灌域地下水资源评价和系统管理模型研究》是自治区水利科学研究“七五”期间重点攻关课题之一。内蒙古水利职工大学和河海大学课题研究的同志们密切协作、联合攻关、艰苦努力，圆满地完成了这项研究任务，取得了丰硕的成果并积累了宝贵的经验。为了推广应用这项科研成果和介绍他们的经验，编撰出版了《灌区地下水资源评价和系统管理模型》一书。

内蒙古西辽河平原，地处半干旱地带，地表水资源短缺。但是，这里土壤肥沃，光热资源丰富，适宜农作物种植，是自治区重要商品粮基地之一。五十年代，这里的农田灌溉主要靠引取河水进行春秋灌地，到六十年代中期，由于西辽河上游大量开发利用水资源，使此处河水大量减少而且没有保证。于是，农田灌溉用水逐步转向利用地下水。当时地下水埋深较浅，水量相对较丰，水质较好。采用机电井抽汲地下水灌溉，既提高了灌溉保证率，又扩大了灌溉面积，从而使粮食获得了大幅度地增产。因而，井灌区迅速扩大，不长时间，形成了以通辽市为中心的百万亩以上规模的农田井灌区。其中，余粮堡灌区就是开发利用地下水较早并具有典型代表性的地区。

随着当地井灌区的扩大和通辽市工业、交通运输业等的发展，对水资源的需求量迅速增加。由于集中开采地下水，导致通辽地区地下水局部超采，以市区为中心的地下水降落漏斗不断向外扩大。到1985年的枯水期，地下水降落漏斗的影响范围达1640多平方公里，漏斗中心地下水埋深达12米，市郊农用机井时有吊泵现象发生。此时，位于郊区的双泡发电厂还需要扩建。于是，通辽地区究竟有多少可供开采的地下水资源，地下含水层的结构及储水状况如何？对有限的地下水资源如何进行科学管理和合理调度，使之在工农业和城市发展中发挥最好的效益？这些问题，就提到宏观经济规划和决策者的议事日程上来。

通辽地区地下水资源评价和系统管理模型研究就是在这个背景下立题的。当时确定研究区域在通辽市区西部，以双泡发电厂水源地为中心，范围约1000平方公里。后来，由于人员及资金的限制，将研究任务分为两个阶段进行。第一阶段研究西辽河以南的余粮堡灌区，面积约500平方公里。第二阶段再继续研究西辽河以北的其余地区。

经过三年时间卓有成效的工作，至1989年提出研究报告，第一阶段的研究成果圆满地回答了开题时提出的问题。为通辽地区（广而言之，为西辽河平原）的地下水开发利用决策和经济发展规划提供了科学依据。这些问题的结论是：

（一）研究地区的水文地质实体其含水层结构与水力特性在局部范围为二元或三元结构，具微承压性质，但就宏观总体而言乃系具有统一补给来源的水动力体系的潜水含水层组。

（二）研究区域，在现状开采条件下，即地下水位变幅多年平均值 $\Delta H=1.35$ 米时，平均开采模数为20万立方米/年·平方公里。如将多年平均地下水埋深调控在3.54米时，相应的开采模数可达25.6万立方米/年·平方公里。

* 余粮堡灌域同余粮堡灌区。原属通辽县管辖，一九八七年以后，行政区改属通辽市，故得此课题名称。

(三)建立了三种类型的水资源管理模型。即时间序列模型、动态规划模型与配水系统优化决策模型。这些模型可直接指导通辽地区的地下水资源开发利用及系统管理。

无疑,该项研究成果具有重大的实用价值,并将在运用中取得显著的经济效益和社会效益。此外,该项研究成果的价值远不止于此,它还具有较高的理论学术水平。就其研究的指导思想、技术路线与方法论而言,对今后类似课题的研究具有重要的参考价值。

该项研究成果具有以下三个特点:

(一)系统的观点。地下水资源系统是一个庞大的复杂系统。系统的各组成部分相互联系又相互制约,影响因素很多特定的决策变量和可行的决策方案也很多。该项研究将地下水系统及其组成部分和它们与周围环境的相互影响视为一个整体来考虑和分析研究,采用一系列科学方法,寻求系统的最优化。以此作为各子课题研究的基本观点,因而使研究成果具有系统性和完整性。

(二)遵循动态分析的指导思想和水量均衡原理。水资源在其自身循环中被开发利用,又在被开发利用中参与循环,这是一个极复杂的动态变化过程。地下水作为水循环的组成部分,自然也是一个动态变化过程。地下水文要素及它们之间的相互关系,不仅随时间而变化,而且依不同的空间(地域)与其它水循环要素相互影响和转化,以达到水量补给与消耗的均衡形态。该项研究遵循水循环与水均衡原理,始终贯彻在整个研究过程中,可谓抓住了问题的本质,使之建立的数学模型具有坚实的物理基础和科学性。

(三)数学模型的方法。该项研究通过系统的数学模型来研究实体系统的特性和变化规律,便于在计算机上运行,从而使人工方法难以完成的方案比较的优化计算工作量得以实现,同时又可根据实测资料的反馈信息来论证设计模型的合理性和实用性,或进一步修正模型的结构和参数,使模型不断完善。因而使模型具有实用性和通用性。

此外,该项研究还使各子课题的研究紧密衔接,相互配合,以点带面,进行了卓有成效的深入研究。

这些研究特点,体现了该研究成果具有较高的科学性、综合性和先进性。

课题调研组采用各种模型来确定含水层参数,并采用多种试验分析方法进行对比验证,使所求得的参数反映出较大程度的一致性,从而为进行水文地质计算与评价预测奠定了可靠的基础。

在地下水资源量评价方面,研究成果复盖了当代求解地下水量问题的广泛领域,提出了水均衡模式、综合面状井系法与有限单元法,内容丰富,方法先进、实用性强,并有创新和发展,反映出现代水资源科学的研究水平。

在建立地下水资源系统管理模型中,充分考虑农业经济因素,将优化配水方案与农村产业结构与产品结构有机结合起来,反映了地下水资源的优化调度与农业经济决策的直接关系,这是农村地下水资源系统管理优化决策模型中一次新的和具有实用价值的尝试,值得推广,并在推广中进一步深化。

以上,只是该课题调研组在该项研究中取得的一些主要经验。我相信,从事地下水资源研究的同行们将会从这本具有应用价值的学术性著作中获得更多的启示。

王伦平

1991年12月

前 言

水资源是一种极为重要的自然资源,直接关系到经济发展和人民生活。随着人口的增长、经济的发展和社会的进步,人类社会对水量的需求愈来愈多,对水质的要求也愈来愈高,水资源的供需矛盾日益尖锐,这已成为国民经济发展的主要制约因素,因而水资源问题已被视为当今世界的重大问题之一。

内蒙古自治区哲里木盟通辽地区,是自治区的重要商品粮基地。地处我国北方干旱地区,水资源十分短缺,水的供需矛盾尤为突出,特别是六十年代中期后,地表水资源逐年减少,河水时有断流出现,地下水资源已成为本地区工农牧业及城市供水的主要水源。由于长期持续的大量地开采地下水,造成地下水普遍下降,现已形成以通辽市为中心的降落漏斗,极大地影响供水及地区经济的发展,而且降落漏斗的面积还在继续扩大,生态环境也有可能恶化。因此,对该地区水资源进行正确评价和水资源系统的科学管理,已成为急得解决的问题。

有鉴于此,内蒙古自治区农委、水利局曾于 1985 年 3 月 30 日至 4 月 1 日在哲里木盟水利处,由王伦平总工程师主持召开了“通辽地区水资源研究开题审定会”,与会代表一致认为开展通辽地区水资源问题的研究是当务之急,并确定整个研究区域以西辽河为界,分通辽西南与西北两片。前者主要研究农业区和坨甸区的水文地质条件及水资源供需特点;后者则侧重研究双泡发电厂供水水源地对周围地区地下水资源变化的影响。实施过程中由于受人员和经费的限制,内蒙古自治区水利局遂决定改变研究面积为 500 平方公里,经同哲盟水利处商议,征得徐仁海顾问的同意,本研究分两个阶段实施。第一阶段的研究任务是:在查明余粮堡灌区地下水资源时空分布和动态变化规律的基础上,进行地下水可开采量的评价,预测不同水平年的地下水资源量,同时为改善地区的生态环境,结合当地农业经济条件和水利化程度,拟建立一个优化管理模型和配水模型,以促进当地农、林、牧、渔业的发展,为宏观的水利规划决策提供科学依据。研究范围包括西辽河以南的余粮堡镇、木里图镇、太平乡、育新乡、西六方乡、哲南农场和小塔子水库,即余粮堡灌区,面积为 543.86 平方公里。第二阶段的研究任务是:在查明双泡地区地下水时空分布和动态变化规律的基础上,进行地下水可开采量的评价,并预报电厂水源地在稳定供水时不同水平年的水位降及降落漏斗范围,同时为满足工农业用水和城市供水前提下,建立一个优化的水资源系统管理模型,其研究范围为原通辽县的西北片,面积为 1000 平方公里。

第一阶段的研究课题为《通辽市余粮堡灌域地下水资源评价和系统管理模型研究》。研究任务是由内蒙古自治区农委科教处下达,内蒙古水利职工大学承担。承担单位负责起草和拟订课题研究任务书,收集、整理、分析、提供模型研究所需的基本资料,主持和组织现场的水文地质勘测及试验研究工作。应内蒙古水利职工大学的邀请,河海大学根据课题研究任务书的要求和基本资料的情况,负责数学模型的建立,模型求解技术的研究,计算机程序的编制、调试、运行,成果的分析整理,并对现场的勘测和试验工作中的有关技术问题提供咨询和顾问。研究成果报告由双方讨论,分工编

写,共同会审。

1985年秋,课题组进入现场,搜集资料,进行水文地质测绘,编图等前期工作至1986年3月,编制了《内蒙古通辽县余粮堡灌域地下水资源评价和系统管理模型的研究设计书》,该设计书于1986年4月18日由农委科教处聘请有关专家参加的审委会通过,专家们肯定了设计书的内容。在此基础上,课题组于1986年6月又提出了课题的《实施计划》,并全面开展课题研究工作,迄至1988年底,野外现场的勘测和试验以及模型研究工作基本结束,整个研究历时二年另六个月。期间课题组先后提出系列研究报告十二份,它们分别是:《通辽市余粮堡灌域含水层参数的确定》,《木里图地区含水层参数率定模型》,《试用综合面状井系法评价木里图地区的地下水资源》,《木里图地区地下水资源系统管理模型》,《时间序列分析法模拟地下水资源系统——余粮堡灌区地下水资源系统管理模型》,《余粮堡灌域地下水开采量的均衡计算模型》,《地下水资源系统的动态规划模型及其应用》,《解地下水非稳定流问题的有限单元法——余粮堡灌域地下水位预报》,《余粮堡灌域配水系统优化决策模型》,《水文地质勘探和抽水试验报告》,《人工降雨模拟试验报告》,《灌水入渗试验报告》等。上述12份系列研究成果,在王伦平总工程师主持下,曾多次向内蒙古自治区水利系统、地矿系统等单位的领导和专家们作了阶段工作汇报,听取意见。1989年春,课题组汇总研究成果,讨论和分工撰写课题研究的总报告,由施鑫源、方乐润、陈裕森执笔,同年六月,印就了《内蒙古通辽市余粮堡灌域地下水资源评价和系统管理模型研究(总报告)》,至此,第一阶段工作的研究任务已按计划全部完成。

第一阶段研究工作的总体设计思路是:

1. 第一阶段研究工作主要包括三方面的内容,亦即三个分课题,即水文地质实体判识及含水层参数的确定、地下水资源评价和地下水资源系统管理模型研究。其下又设若干子课题,而分课题与子课题之间以串联或并联的形式相互嵌套,使总体形成系列研究成果。这里的串联指分课题之间的纵向衔接,而并联则为子课题之间的横向联系。对每一子课题既是独立的,有各自的研究对象和目的,其研究成果可独立成章,又相互联系,成果结论可以相互验证和引用。它们的综合归纳可完整而明确地达到总课题的研究目标。下图列示了本研究总课题、分课题和子课题之间的相互嵌套关系。

2. 考虑到木里图地区是本灌区、也是通辽市乃至整个西辽河平原灌区经济发展、农业生产及经营管理较为突出的先进典型,相对而言,过去的农业、水利等规划工作基础较好,资料积累较多,故研究中均以木里图地区作为试点,先进行可行性研究,找出规律,然后扩展至全灌区。

实践证明上述的研究思路和途径省时、省力是行之有效的。

第一阶段研究工作的特点可归结为:系统的观点;数学模型的方法;动态分析的思想;水量均衡的原理。

地下水资源系统是一个极其庞大而又复杂的大系统,系统的各组成部分既相互联系又相互制约,影响因素复杂,特定的决策变量很多,可行的决策方案也很多。用传统的处理复杂问题的边际分析的常规方法去寻优显然是不合适的,也是不现实的。因此,方案比较中探求一种高效的分析技术是十分必要的。这种技术应能允许将一个系统的所有组成部分及它们的周围环境的相互影响,视为一个整体加以考虑和分析研究,这就是用系统的观点解决复杂问题的“系统分析”,即从整体出发运用一系列的科学方法,寻求系统的最优化,这是各子课题研究的最基本的观点。

模型化是本研究方法论的核心。这是因为无论是地下水资源评价还是系统管理,欲把实体系统作为直接研究对象是极其困难的,甚至是不可能的。必须首先将实体系统模型化,然后通过系统的数学模型来研究实体系统的特性和变化规律,以便于在计算机上运行,完成大量人工难以想象的方

案比较的优化计算工作量。通过模型还可进行灵敏度分析,以洞察各影响因素对系统目标的制约程度及其变化。而且模型的灵活性很大,可考虑众多的影响因素,适应不同的约束条件,并可以动态模式根据实测资料的反馈信息来论证所设计模型的合理性和实用性,或进一步修正模型的结构和参数,以使模型不断完善。应用数学模型的方法,使研究成果更具有明显的实用性、灵活性和通用性。

动态分析思想和水量均衡的原理,是始终贯穿整个研究过程的两个基本点。众所周知,水资源是在自身循环中被开发利用,又在被开发利用中参与循环,这是一个极其复杂的动态变化过程。地下水资源系统亦复如此,地下水文要素及它们间的相互关系也是随时间而变化的,而且它们依不同的空间地域(无论是子灌区或全灌区)与其它水循环要素(包括地表水、大气降水、蒸发、灌溉回归水等)相互影响和转化,以达到水量补给和消耗形成均衡态势。自然界水体的循环过程必须遵循质量守恒定律,也就是这里的所谓水量均衡原理。因此,在研究中始终贯穿动态分析和水量均衡这两个基本点,就保证研究中所建立的数学模型具有坚实的物理基础。

此外在研究中还采用嵌套形式。通过各子课题间的串、并联的纵向衔接和横向联系,进行各子课题研究成果的相互引用和验证。因而从不同的角度进一步论证了模型的可靠性及有效性,提高了研究成果的可信度和实用性。

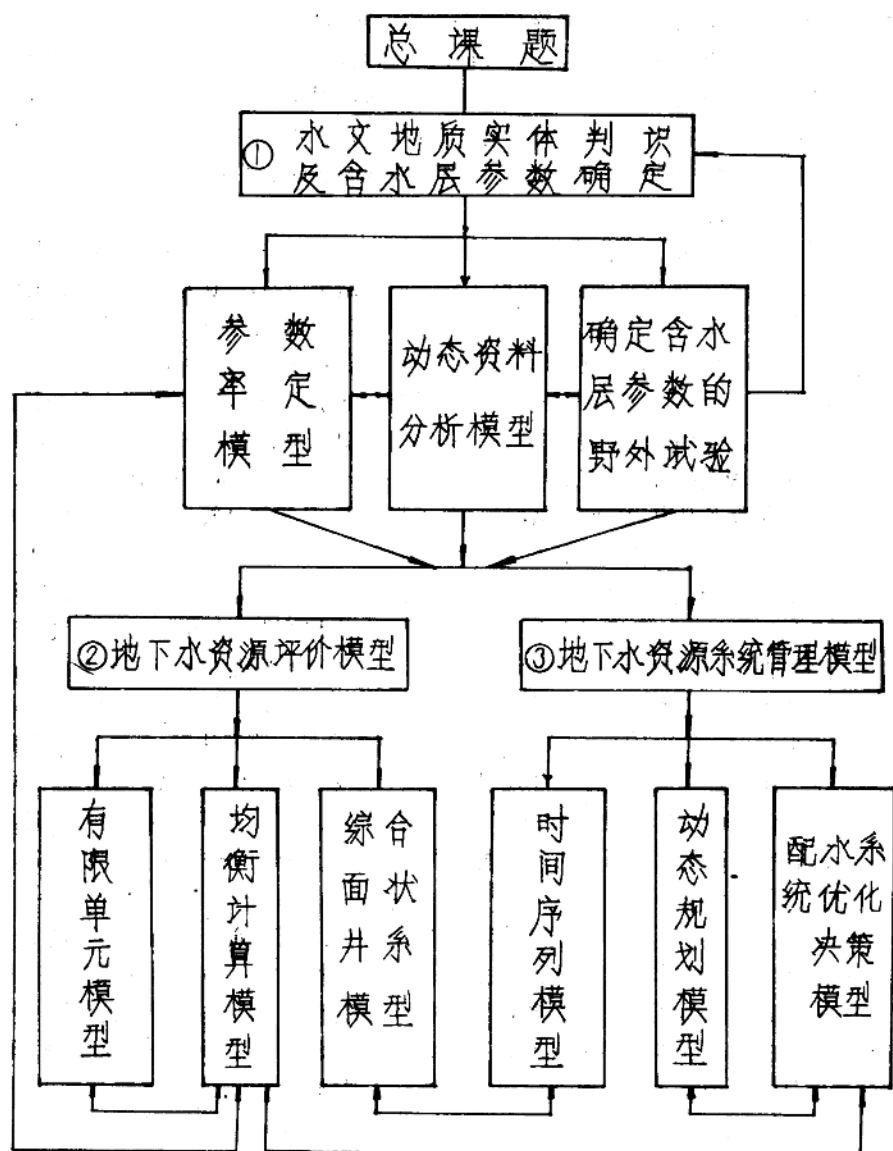
验证表明,各子课题系列研究成果其立论是有据的,模型结构是合理的,求解技术是可行的,所得结论是明确的。因此本课题第一阶段研究工作的成果是实用的,对通辽市西南片余粮堡农业区和坨甸区的水资源规划和农业经济发展的宏观决策具有现实的指导意义。也为第二阶段双泡电厂供水水源及整个西辽河平原的水资源问题研究奠定了基础,提供了缩影模式。

《余粮堡灌域地下水资源评价和系统管理模型研究》的课题调研组负责人:由内蒙古水利职工大学陈裕森和河海大学施鑫源、方乐润组成,课题调研组包括:陈裕森、施鑫源、方乐润、陈绍玉、尹会珍、杨小凯、张浩立、王保卫、于勇、阮晓红和高东明。曾参加本课题前期部分工作的有:郑健、白显金、周程翔和李国华。参加过本课题有关资料整理、分析和计算的尚有:斐华、黄放、陈继东、张永干、张金贵、周彦东、陆宝宏、蒋宏庚、张振学、潘艾、张跃宾、仲金华、睦克仁、宋秀明、胡苑成、刘永敏、章四龙、任梦宁、杨金海、周众人、刘兆存、金鑫、赵佳斌、王耀武、熊春茂和黄福贵等。

一九九〇年五月二十一日至二十三日,内蒙古自治区水利局邀请国家机电部、建设部、水利部、南京大学、内蒙古农牧学院和河海大学等区内外 15 位专家、教授组成鉴定委员会,对《内蒙古通辽市余粮堡灌域地下水资源评价和系统管理模型研究》系列研究成果进行鉴定。鉴定委员会经过认真听取科研成果报告、严格审阅资料和实地考察,提出鉴定意见。鉴定认为:此项研究成果,对指导西辽河流域的地下水开发利用和制定农业发展规划具有重要的现实意义。此项科研成果内容丰富、立论有据,反映出当代水资源科学的研究水平,其研究的深度和广度及某些创新之处已达到国内领先水平。鉴定委员会建议:把此项研究成果尽速提供给实际生产部门,供领导决策使用,以取得显著的经济效益和社会效益。

本书就是在这种背景下将系列研究成果再经系统归纳和排沙简金而出版发行的。

内蒙古自治区农委和水利局为本课题提供了研究经费;在制订和实施本课题研究目标中始终得到内蒙古农委王伦平总工程师和科教处康双阳处长的支持和指导;内蒙古自治区水利系统和地矿系统有关单位的领导和专家们多次听取课题组阶段汇报,提出了不少宝贵意见;哲盟水利处、哲盟水利勘测设计院和通辽市(县)等部门和单位也对本课题研究给予鼎力支持和帮助,在此一并致谢。



目 录

序	1
前言	1
第一章 灌区概况	1
§ 1.1 余粮堡灌区的基本情况	1
1.1.1 灌区的地理位置及行政区划	1
1.1.2 灌区的气候条件	1
1.1.3 地貌和地质条件	1
§ 1.2 灌区水利工程和农业经济	1
1.2.1 水利工程	1
1.2.2 农业经济	4
§ 1.3 小结	4
第二章 水文地质实体判识	6
§ 2.1 含水层的空间结构和水动力特性	7
2.1.1 含水层的空间结构	7
2.1.2 含水层间的水动力特性	8
§ 2.2 地下水的埋藏和补排类型	9
2.2.1 地下水的埋藏	9
2.2.2 含水层的补排类型	9
§ 2.3 灌区地下水环境质量指标	9
2.3.1 地下水的化学类型	9
2.3.2 饮用水水质分析	10
§ 2.4 小结	10
第三章 含水层参数的确定	19
§ 3.1 动态与均衡	19
3.1.1 地下水动态	19
3.1.2 地下水均衡	20
§ 3.2 木里图地区含水层参数率定模型	21
3.2.1 含水层参数率定模型的物理依据	21

3.2.2	资料的选取与处理	23
3.2.3	含水层参数率定值	26
§ 3.3	余粮堡灌区含水层参数的确定	27
3.3.1	给水度 μ 的确定	27
3.3.2	降雨入渗补给系数 α 的确定	34
3.3.3	灌溉回归系数 β 的确定	37
3.3.4	潜水蒸发系数 C 的确定	41
§ 3.4	确定含水层参数的野外试验	42
3.4.1	抽水试验	42
3.4.2	人工降雨模拟试验	45
3.4.3	灌水入渗试验	51
§ 3.5	小结	60
第四章	地下水资源评价	61
§ 4.1	木里图地区地下水资源评价	62
4.1.1	多矩形叠加的综合面状井系模型	62
4.1.2	资料选取和计算结果	69
§ 4.2	余粮堡灌区开采量均衡计算模型	74
4.2.1	地下水开采量均衡模型	74
4.2.2	资料的选取与处理	74
4.2.3	地下水实际开采量的确定	77
4.2.4	计算开采量的验证	77
4.2.5	开采量成果校验与分析	81
§ 4.3	余粮堡灌区的地下水位预报	82
4.3.1	地下水非稳定流问题的数学模型	82
4.3.2	有限单元法	83
4.3.3	余粮堡灌区地下水位预报	86
§ 4.4	小结	99
第五章	系统管理模型	100
§ 5.1	概述	100
§ 5.2	地下水资源系统的时序模型	101
5.2.1	时间序列法模拟地下水资源系统	101
5.2.2	木里图地区地下水资源系统的时序模型	103
5.2.3	余粮堡灌区地下水资源系统的时序模型	113
§ 5.3	地下水资源系统的动态规划模型	119
5.3.1	地下水资源系统的动态规划模型	120
5.3.2	余粮堡灌区地下水可开采量计算	122

§ 5.4 余粮堡灌区的优化决策模型	132
5.4.1 余粮堡灌区产业结构的优化决策模型	133
5.4.2 余粮堡灌区产品结构的优化决策模型	143
5.4.3 余粮堡灌区配水管理的优化决策模型	148
§ 5.5 灌区联合调度水资源的系统管理模型	157
5.5.1 联合调度水资源的系统管理模型	157
5.5.2 资料的选取和分析	158
5.5.3 参数的确定	161
5.5.4 联合调度水资源系统管理模型的运行	163
§ 5.6 小结	168
第六章 结语	170
§ 6.1 结论	170
§ 6.2 建议	172
§ 6.3 展望	172
参考文献	177

第一章 灌区概况

§ 1.1 余粮堡灌区的基本情况

1.1.1 灌区的地理位置及行政区划

余粮堡灌区位于内蒙古通辽市西南方,地处东经 $121^{\circ}42'$ 至 $122^{\circ}20'$, 北纬 $41^{\circ}22'$ — $43^{\circ}34'$ 之间。(参见附图五)东起通辽市,西接开鲁县,西北紧邻西辽河,南到砂丘边缘的红河,灌区总面积为 543.86 平方公里。灌区东西长约 45 公里,南北宽 6—22 公里,呈西窄东宽三角形,大部分面积为农业耕地,间有零星草地和砂坨分布。

灌区内行政区分为四乡、二镇、一农场和一水库,即太平乡、西六方乡、育新乡、唐家乡、余粮堡镇、木里图镇、哲南农场和小塔子水库。

呼和浩特—北京—海拉尔铁路线自西向东贯穿灌区中部,通辽—大虎山铁路在灌区东部由北向南穿越。灌区内瓦房、太平、余粮堡、西六方、育新和木里图等乡镇所在地设有火车站。航空线有呼和浩特—北京—通辽—海拉尔及通辽—乌兰浩特等三个航班过境。灌区内公路也联成网,余粮堡镇离哲里木盟的盟署所在地通辽市相距仅 30 余公里,交通运输甚为方便。

1.1.2 灌区的气候条件

灌区属北温带大陆型气候,春季和夏初多风,降雨稀少,蒸发强烈,系半干旱地区。由于植被较差,春季风沙频繁,土地常受沙化威胁。降雨主要集中于夏季,多为暴雨,年平均降雨量为 350—450 毫米,年蒸发量为 1500—2000 毫米。冬季有少量降雪,无霜期较短,一年只能种植一季作物。冻土期从当年十月下旬至翌年五月中旬,土壤冻结层厚度达 1.8—1.9 米。

1.1.3 地貌和地质条件

本灌区地处西辽河平原中下游,地形西高东低,地面坡度 0.001—0.0015。地貌上可分三种类型,即剥蚀—堆积地形、堆积地形和人工地形等。

剥蚀—堆积地形 该形态单元均分布在红河南岸,主要有活动沙丘、半固定沙丘、沙垅、沙盖和风蚀洼地。在清河南岸一级阶地上,也偶见零星分布的固定沙丘。固定沙丘,丘高小于 8 米,面积小于 2 平方公里,其上植被以片林和草丛为主。红河南岸的连片坨甸沙地组成西辽河平原的南界分水岭,分水岭由沙垅和沙盖组成,其顶面平坦且高出平原十余米,呈东西向分布。沙盖植被甚少,组成

物质呈褐灰色,主要由黑沙土夹草根和薄层沙粘土组成。灌区南界的红河,实为由许多不定期积水洼地和碱水泡子形成,哲南农场六队附近的蛤蚂营子水库,即为沙丘前沿的一个较大的洼地,其库底呈簸箕状,围堤长一公里多,堤坝最高段高出库底约4米,库容约300万立方米,现因无水而干涸。

堆积地形的形态单元有河漫滩、一级阶地和湖沼洼地。该形态单元广泛接受冲积、风积沉积物,广布于西辽河与清河的河间地区,由漫滩与阶地的形态出现,其上有许多沙丘和古河道。清河南岸自大六家子村与毛格吐村往东有另星沙丘分布,沙丘大部分为固定或半固定,高差5—8米,该区沙丘多已植树绿化,辟为林、牧之地。在清河北侧自佟家窝堡—成兴隆—溪水堂一线分布着一条蜿蜒曲折的古河道,清河南侧,则有唐家窝堡—太平庄—西花灯—的古河道存在。

人工地形的形态单元有围堤漫滩、水库和鱼池等。其中西辽河和清河的围堤漫滩,原系一级阶地,自修筑防洪堤后,因洪水泥砂淤积,河床与围堤漫滩逐渐抬高,现今西辽河的围堤漫滩已高出两岸地面2米多,其宽约800—1500米,清河围堤漫滩宽为600—1300米。小塔子水库为灌区唯一的平原砂地水库,它通过“引辽济清”工程取引西辽河河水,终年不干。该水库盛产鲫鱼、草鱼,是灌区内各乡镇和通辽市的鱼产品供给基地。

灌区表层岩性多为砂性土,适宜耕种。据调查,从0至3—5米岩性分区,按粘性土累计厚度分为三个大区:即小于0.5米的Ⅰ区;0.5—1.0米的Ⅱ区及1.0—2.0米的Ⅲ区。从总体看,各区所占面积约为全灌区的三分之一(参见附图一)。这一分布说明,本灌区地表岩性结构的构成是比较均匀的,平面上的几何分布是单一的。

灌区在大地构造上属新华夏系第二沉降带的松辽断陷,是一个从中生代开始下陷直至新生代仍持续沉降的近东西向分布的盆地,次级构造属于开鲁拗陷中的莫力庙凹陷。东北紧邻架马吐隆起,东接吐尔基山,西北、西南为褶皱带山地。盆地底部为白垩系和第三系泥岩、砂砾岩地层,上复厚层第四系河湖相内陆盆地交替沉积物,表层为全新统冲积和风积沉积物,盆地中心在开鲁—通辽一带。第四系松散层在灌区内揭露的厚度为150.36—163.92米。地层由老到新简述如下:

1. 上第三系(N)

上新统(N_2)太康组:泥岩和砂砾岩,分布在第四系地层底部,深度在150.36—163.92米以下,其厚度为17.07—69.16米不等。

2. 第四系(Q)

(1)下更新统(Q_1)白土山组:杂色和灰白色含泥质砂砾岩,为冰水沉积物,埋深为140.90—162.26米,该层厚度为1.70—23.02米,在灌区内呈零星分布。

(2)中更新统(Q_2)大青沟组:灰色、灰白色和灰绿色的河湖相交替沉积物,厚度98.41—115.57米,岩层顶面埋深为39.6—51.0米不等。岩性主要为石英质细中砂、中细砂,夹薄层粘砂土和粉质粘砂土及少量的粘土薄层。

(3)上更新统(Q_3)顾乡屯组:浅灰、灰绿色石英质中砂、细中砂、中细砂及细砂层,埋深在12.30—40.00米,层厚为13.5—39.50米,其间夹1—6米厚的灰黑色粘砂土和淤泥质轻粘砂土薄层。

(4)全新统(Q_4):广泛分布于地表,有冲积、风积和湖沼沉积物。冲积物主要分布于西辽河、清河的河床、河漫滩及一级阶地上。岩性为石英质细砂、中细砂和粉砂、一级阶地表层有粘砂土和轻粘土层。风积物多分布在坨间砂地,岩性为浅黄色粉细砂和细砂。湖沼沉积物主要在红河的坨间甸子地内,岩性为灰黑色、灰色淤泥质细粉砂和粘砂土。

上述第四系地层中薄层粘性土,虽其层厚较小,且分布均呈犬牙交错互层和尖灭透镜体存在(参见附图二、附图三和附图四)。

§ 1.2 灌区水利工程和农业经济

1.2.1 水利工程

本灌区在五十年代原系河渠灌区,灌排设施均匀分布且配套齐全,起到了当地农、牧业在粗放经营阶段的水源保证作用。自1962年始,西辽河、清河地表水逐年减少,河水不能满足灌溉之需。为此,从1966年以后,灌区内普遍打井浇地,井灌面积迅速增长。据1985年调查统计,全灌区已有机电井2321眼,担负了31.8万亩农田的灌溉需水量,如表1-1所示。

表1-1 1985年灌区机电井调查统计表

乡镇名称	机电井数(眼)				灌溉面积 (亩)	井深(米)		机电井密度 (眼/公里 ²)	单井灌 溉面积 (亩/眼)
	总数	配套	未配套	报废		一般	最大		
余粮堡	342	338	1	3	51630	50	70	3.48	153
太平	199	188	7	4	25530	50	65	2.47	136
哲南农场	42	42	0	0	5390	50	60	0.97	128
西六方	420	411	2	7	59290	50	70	5.02	144
唐家窝堡	312	304	2	6	48980	50	90	4.45	161
育新	351	349	1	1	57620	50	70	6.60	165
木里图	651	651	0	0	69560	60	80	5.98	106
小塔子水库	4	4	0	0	100	50	60	/	/
合计	2321	2287	13	21	318100	50	90	4.14	139

这些机电井的井深一般为50—60米,深者达90米,都是混合开采浅层和中层互有水力联系的地下水。近两年,灌区内每年新增灌溉机电井百眼以上。与此相配套的高压输电线路网和变压器也遍布于四乡二镇一农场一水库。灌区内有两个农电所,分设在木里图镇和余粮堡镇。从1986年起,其它乡也设置了农电站,以加强各乡、镇机电井灌排发展所需的农用抽水耗电的管理。二十余年来,由于井灌发展,渠灌退缩,原有的地表灌排渠系多数已被夷平作为耕地,唯输水干渠尚存。为了恢复渠灌,又在清河上修建了两个分水枢纽,即瓦房分水枢纽和太平分水枢纽。

灌区的地表水源,早年都来自清河上游的教来河河水,鉴于教来河下泄水量逐年减少,清河河水只得依赖于由西辽河总办窝铺处的“新引辽济清”工程得到不定期的补充,表1-2所列20年的资料表明。

表1-2 历年引辽济清流量一览表

年份	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975
流量(米 ³ /秒)	4.20	6.11	3.03	4.88	4.24	3.55	2.56	1.58	3.56	5.12
年份	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985
流量(米 ³ /秒)	2.26	2.51	0.96	3.77	4.12	0.33	0.54	2.40	0.82	1.12

1966—1975年的前十年,平均引水流量为3.88米³/秒,而1976—1985年的后十年,平均引水

流量减少到 1.88 米³/秒,且年际间的引水流量也很不稳定。这种地表水的大幅度减少,正是本灌区为满足农灌需水而大量开采地下水的缘由。

1.2.2 农业经济

灌区经济以农业为主,农作物主要种植玉米、高粱,次为小麦、谷子等,林、牧、渔业不甚发达。单就农业而言,灌区各乡、镇的发展也不均衡,东部的木里图镇和育新乡要比西部的太平乡和余粮堡镇发展迅速,表 1-3 列示了灌区内东部和西部农业生产情况的比较。

表 1-3 灌区东部和西部乡镇农业生产情况对比表

灌区位置	乡镇名	水浇地面积 (亩)	亩产量 (斤/亩)	机电井数 (眼)	单井浇地面积 (亩/眼)	地下水埋深 (米)	年 份
东 部	木里图镇	56367 *	381	235	/	3—4	1975
		60164	785	355	169		1979
		64850	1100	622	104		1983
		66863	857	655	102		1984
	育新乡	57473 *	347	191	/	(个别地段大于 4)	1975
		43988	731	241	182		1979
		41871	672	347	121		1983
		47256	741	368	128		1984
西 部	余粮堡镇	41861 *	279	139	/	2—3	1975
		45805	473	229	200		1979
		50339	420	243	207		1983
		68444	458	275	249		1984
	太平乡	32123 *	288	71	/	1—2	1975
		30000	387	94	319		1979
		30676	380	127	242		1983
		39024	130 **	146	267		1984

注: * 1975 年水浇地面积中包括了一部分地表水灌溉面积在内,

** 1984 年太平乡遇涝灾减产。

对比指标说明了两点:一是用地下水灌溉比用地表水灌溉的增产效益高。例如,1975 年,各乡镇均采用地表水和地下水同时灌溉,农田亩产量仅 279—381 斤;1979 年以后,绝大部分农田都变更方式改用地下水灌溉,农田平均亩产量增加到 387—785 斤。二是农田亩产量与地下水埋深密切相关。当地下水埋深低于临界埋深时,农田的亩产量高,当地下水埋深浅于临界埋深时,农田的亩产量低。地下水埋深越浅,亩产量越低。例如,木里图镇和育新乡的地下水埋深平均 4 米左右,其亩产量稳定在 714—914 斤;而余粮堡镇地下水埋深平均 2.5 米左右,其亩产量始终在 400 斤上下,若遇涝年,亩产量更低。太平乡在本灌区至今仍是一个贫困乡。因此,降低西部地区地下水位,改善农田水文地质条件,是本灌区西部地区农业增产中需要解决的问题之一。

§ 1.3 小结

余粮堡灌区位于内蒙古通辽市西南,总面积为 543.86 平方公里,内辖八个乡镇,交通运输甚为