



地质调查成果系列

全国地下水资源及其环境问题
调查评价系列成果

河西走廊疏勒河流域 地下水资源合理开发利用调查评价

中国地质调查局

程旭学 陈崇希 闫成云 等著



地质出版社

中国地质调查局成果报告

河西走廊疏勒河流域 地下水资源合理开发利用调查评价

中国地质调查局

程旭学 陈崇希 闫成云 赫明林 喻生波 王有权 贾贵义 等著
曹炳媛 屈君霞 韩巍 刘海 王志强 赵聚林 蒋文

地质出版社

· 北 京 ·

内 容 提 要

疏勒河流域是河西走廊水土资源利用程度最低,地下水资源潜力最大的地区。疏勒河移民开发项目实施后,流域地表水、地下水资源利用格局已发生明显变化。如何全面准确地重新评价地下水资源,在中下游地下水浅埋带的盐渍化地区如何科学合理地既引用地表水,又开发地下水,如何使土地资源在开发中改良、在改良中开发,使土地资源的开发与生态环境的改善相协调等问题需要回答。

本书作者从可持续发展的观点出发,对疏勒河流域地下水资源的形成条件、环境背景及近 50 年来的变化规律进行了研究,对其利用现状、地下水潜力、地下水功能进行了新的评价,对地下水开发利用中存在的问题及环境效应进行了论述。在划分了含水层系统及水文地质空间结构的基础上,使用三维流模型对地下水系统进行了模拟预测,经计算分析,确定了水资源开发利用方案;在此基础上,结合开采条件及环境保护阈值对各盆地进行了地下水资源合理配置并规划了后备水源地。其结果可作为疏勒河移民开发项目实施后水资源利用与保护的重要参考。

本书对在西北干旱地区开展水土资源开发及研究的各类科技人员具有重要参考价值,也可供地质、水利、农业类院校师生阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

河西走廊疏勒河流域地下水资源合理开发利用调查评
价 / 程旭学等著. —北京:地质出版社, 2008. 12
ISBN 978-7-116-05902-3

I. 河… II. 程… III. 河西走廊-地下水资源-资源利
用-研究 IV. P641.8

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 185934 号

责任编辑:吴宁魁 陈军中
责任校对:李 玫
出版发行:地质出版社
社址邮编:北京海淀区学院路 31 号, 100083
咨询电话:(010) 82324508 (邮购部); (010) 82324513 (编辑室)
网 址: <http://www.gph.com.cn>
电子邮箱: zbs@gph.com.cn
传 真:(010) 82310759
印 刷:北京地大彩印厂
开 本:889mm×1194mm 1/16
印 张:16.5
字 数:445 千字
印 数:1—1200 册
版 次:2008 年 12 月北京第 1 版·第 1 次印刷
审 图 号:GS (2008) 2797 号
定 价:48.00 元
书 号:ISBN 978-7-116-05902-3

(如对本书有建议或意见,敬请致电本社;如本书有印装问题,本社负责调换)

全国地下水资源及其环境问题调查评价成果

编纂委员会

主 任：殷跃平

副主任：石建省 武选民 文冬光

委 员（以姓氏笔划为序）：

王永贵 王贵玲 王晓光 刘少玉

刘文生 刘 斌 孙晓明 朱 桦

李 志 杨湘奎 吴学华 张二勇

张永波 张光辉 张兆吉 张翼龙

陈宗宇 陈德华 林良俊 郝爱兵

赵海卿 侯光才 韩 颖 程旭学

全国地下水资源及其环境问题调查 评价项目组织实施机构

主 持 单 位：中国地质调查局

技术负责单位：中国地质科学院水文地质环境地质研究所

承 担 单 位（排名不分先后）：

中国地质科学院水文地质环境地质研究所	天津地质矿产研究所
沈阳地质矿产研究所	西安地质矿产研究所
内蒙古自治区地质调查院	新疆维吾尔自治区地质调查院
青海省地质调查院	甘肃省地质调查院
宁夏回族自治区地质调查院	山西省地质调查院
河北省地质调查院	河南省地质调查院
山东省地质调查院	北京市地质调查研究院
天津市地质调查研究院	黑龙江省地质调查院
吉林省地质调查院	辽宁省地质调查院
中国地质大学（北京）	中国地质大学（武汉）
长安大学	吉林大学
石家庄经济学院	

前 言

我国地下水的长期持续开采为保障经济社会快速发展和农业稳产高产发挥了重要作用。随着地下水开采强度不断加大、地表水利工程大量修建等人类活动增加和全球气候变化影响,我国地下水资源与地质环境的整体状况与以往相比发生了很大变化,含水层枯竭、地下水污染、地面沉降地裂缝发育、土壤盐渍化和沙化程度加剧,原有的水文地质调查数据和成果已无法满足当代地下水资源开发和地质环境保护与管理的需要,亟待更新。同时水文地质理论、技术方法和相关研究领域不断发展,水文地质工作逐步转向资源与环境并重,促使我们需要用新的理论方法开展全国地下水资源和地质环境调查工作。

1999 年新一轮国土资源大调查启动以来,为全面掌握 20 多年来气候变化和人类活动影响下地下水资源和地质环境变化状况,制定地质环境保护的适应性对策,促进地下水资源的合理开发利用,中国地质调查局组织开展了“全国地下水资源及其环境问题调查评价”项目,第一期首先部署在我国北方的松嫩平原、三江平原、西辽河平原、华北平原、山西六盆地、鄂尔多斯盆地、银川平原、河西走廊、柴达木盆地、准噶尔盆地和塔里木盆地共 11 个平原盆地区,总面积达 $200 \times 10^4 \text{ km}^2$;项目开展前期,进行了多次专家论证,确保工作部署科学合理。项目组织实施单位水文地质环境地质研究所会同天津地质调查中心、沈阳地质调查中心、西安地质调查中心负责制订统一的技术要求,开展业务指导、关键问题研究、技术培训等工作,项目承担单位黑龙江、吉林、辽宁、内蒙古、北京、天津、河北、河南、山东、山西、宁夏、甘肃、青海、新疆 14 个省(区、市)的地质调查院,以及中国地质大学(北京)、中国地质大学(武汉)、吉林大学、石家庄经济学院、长安大学 5 所高等院校共 23 家单位的 400 余名水文地质人员参加了项目工作。

“全国地下水资源及其环境问题调查评价”,从 1999~2005 年,历时 7 年,采用遥感(RS)、地球物理勘查、同位素、地理信息系统(GIS)、全球定位系统(GPS)和数值模拟等最新技术方法,以平原盆地为单位,重点调查了地下水系统的空间分布与结构,地下水的补径排条件及其变化,评价了主要平原盆地地下水资源量、调蓄能力、环境与生态功能,对新中国成立以来各主要平原盆地的地质和水文地质资料进行了系统整理编录,所有资料和数据全部录入数据库和信息系统。

项目取得的主要成果包括:①建立了北方主要平原盆地水文地质结构三维数字模型,查明了北方主要平原盆地的地下水系统空间分布与结构;②分区评价了各主要平原盆地地下水资源量及 20 多年来补径排条件及其变化;③查明了各平原盆地地下水开采现状、含水层枯竭、地面沉降、荒漠化、沙漠化、盐渍化及污染等环境地质问题;④以 GIS 软件为平台,建立了地下水资源与环境数据库;⑤采用 Visual Modflow、GMS、Feflow、PMWin 以及自主研发的 PGMS 软件建立了各平原盆地的区域地下水流数值模型,并进行了模拟预测;⑥开展了地下水资源、环境和生态功能分区评价,提出了各主要平原盆地地下水资源优化配置和合理开发利用方案,圈定了一批地下水应急供水水源地。各平原盆地报告成果主要内容如下。

松嫩平原:建立了松嫩平原全区的三维水文地质结构模型,利用同位素技术调查评价了松嫩平原地下水资源可更新能力,划分了松嫩平原地下水系统;查明松嫩平原近 20 年来土壤盐渍化、沙化面积进一步扩大,湿地大面积减少,水质污染加重;查明哈尔滨、大庆、长春等主要城市地下水位下降漏斗的发展变化以及与地下水相关的环境地质问题;利用地下水数值模拟模型对 2010 年和 2020 年的地下水流场变化进行了预测,给出了未来松嫩平原地下水流场变化趋势;建立了典型地区地下水水质污染预警系统。

三江平原:构建了三江平原地区地质结构模型,分析了不同时期第四系沉积特征和新构造运动特

点,划分了地下水系统;调查发现目前沼泽湿地仅占平原总面积的十分之一,零星分布在几个保护区及河流漫滩与古河道内,而在20世纪50年代占平原总面积的三分之二,80年代占三分之一;开展了地质环境质量和生态承载力评价,提出了三江平原地区生态地质环境保护的措施和对策建议。

西辽河平原:重建了西辽河平原第四纪地层系统,将本区第四系划分为不同时代、不同成因类型24个地质单元;利用20世纪80年代末和2000年TM卫星遥感数据,分析研究了地表水体与湿地分布、沙漠化、盐渍化的现状及发展趋势,研究结果表明土地沙漠化和土壤盐渍化面积在增加,而水域面积在减少;以县(旗)为单元,对地下水资源进行了现状及2010年两个时期的供需平衡分析,提出了地下水合理开发利用方案。

华北平原:重新厘定了第四系水文地质结构,查明了华北平原浅层地下水位和深层地下水位现状、变化以及地下水漏斗的分布,系统评价了含水层调蓄能力,选取了7个地下水调蓄的有利地段;圈定了北京、天津、石家庄等10个城市的23个应急水源地;进行了南水北调通水以后区域水资源供需状况分析,预测在南水北调实施后经过10年的开采量调整,至2020年,重点控制区内的浅层和深层地下水漏斗中心水位有不同程度回升,深层地下水漏斗影响范围也有显著缩小。

山西六盆地:在地下水系统划分的基础上,研究了盆地地下水水流场时空演化规律,绘制了不同时期盆地地下水等水位线图,查明了各盆地地下水位降落漏斗分布范围、下降速率等变化情况;应用同位素技术,研究了地下水补径排条件及更新能力;分析了各盆地水化学特征及主要离子含量变化规律,开展了典型盆地两期水化学场的变化特征研究,发现通过近20年地下水开采,加速了地下水的循环交替,盆地中部水位下降,蒸发盐化作用减弱,微咸水区显著减少。

鄂尔多斯盆地:建立了全盆地三维地质结构模型和白垩系含水层结构模型;查明了盆地地下水资源总量及其开发利用潜力,发现了18处特大型地下水富集区,圈定了161处地下水源地;进行了盆地尺度含水层系统和地下水流系统划分;利用Packer定深分层取样技术,采集了白垩系巨厚含水层不同深度的地下水水头、同位素及水化学样品,分析了其变化规律;通过潜水补给与蒸发强度的原位试验研究,提出了不同条件下降雨入渗补给规律和参数系列;采用多种地下水测年技术评价了地下水的可更新能力。

银川平原:对银川平原地下水主要水文地质参数进行了重新分析计算,科学地评价了地下水资源;应用同位素技术研究表明银川平原地下水补给量的80%来自于引黄灌溉入渗补给;建立了银川平原地下水三维数值模型及水资源优化配置模型,对银川平原2003~2020年的水资源利用进行了优化;提出了引黄水量减少后银川平原地下水合理开发利用对策。

河西走廊:在地下水资源及其开发利用潜力评价的基础上,分析了地下水开发利用的环境效应,确定了不同生态类型区的地下水水位埋深阈值;提出了昌马、双塔、花海、党河四个灌区地下水和地表水资源优化配置方案。

柴达木盆地:划分了柴达木盆地地下水系统和含水层系统,查明了柴达木盆地地下水水化学特征及演化过程,对全盆地地下水水质进行了分级评价;通过同位素样品的采集和分析,探讨了主要流域地表水、浅层地下水、深层地下水的循环及更新性;建立了格尔木河流域地下水流数值模型,提出了格尔木地区水资源合理开发利用模式。

准噶尔盆地:查明了盆地区域含水层结构,建立了天山北麓地质-水文地质结构模型;研究了区内水化学场时空演化规律,利用环境同位素分析了地下水循环特征以及可更新性;总结出区内“三水”转化的四种模式;通过原位试验研究,建立了包气带水分迁移转化数值模型及河流脱节条件下包气带水分迁移转化概率分布模型,定量评价了“三水”转化规律;开展了表生生态环境效应调查,研究了地下水水质、包气带含水量和含盐量与表生生态环境关系;利用地下水流数值模型对六种水资源开发利用方案进行了预测,确定了合理的水资源与生态环境保护方案,提出了地下水合理开发利用模式。

塔里木盆地:通过对盆地南缘TK17钻孔岩石地层学、磁性地层学、孢粉分析研究,揭示了盆地的第四纪地层结构,古地理环境变迁,古气候演化过程;在查明区域水文地质条件的基础上划分了地

下水系统，利用地下水同位素特征，分析了地下水形成和演化过程；选择 20 世纪 70 年代的 MSS 遥感数据和 90 年代的 ETM 遥感数据对比研究表明，土地利用面积、盐渍化土地面积减少，而沙化土地面积却有大幅度增加，严重沙化土地和重度沙化土地面积增加较多；规划论证地下水水源地 39 处。

为使调查研究成果及时服务于社会和政府规划决策需求，现分册编辑出版北方主要平原盆地地下水资源及其环境问题调查评价成果报告，供国土、环保、水利和农林等相关行业 and 教学科研部门参考使用。

本系列成果报告凝聚了我国水文地质学界众多专家、领导和科技人员的智慧和心血，是历时多年集体创新钻研的结果。张宗祜院士、陈梦熊院士、袁道先院士、卢耀如院士、薛禹群院士、林学钰院士、陈志恺院士、李佩成院士和王秉忱、岑嘉法、李烈荣、段永侯、哈承佑、王瑞久、沈照理、任福弘、张人权、秦毅苏、朱延华、邱心飞、韩再生等国内外著名专家对项目给予了长期悉心的指导。原中国地质调查局领导叶天竺、寿嘉华、孟宪来始终关注和支持项目进展，国土资源部副部长、中国地质调查局局长汪民同志亲自带队深入基层进行调研，并多次就项目进展做出重要指示，以上专家和领导的指导和支持确保了项目的顺利完成，在此一并致以衷心的感谢！

编者

2008 年 12 月

引 言

一、项目由来与目标任务

“河西走廊典型地区地下水资源合理开发利用调查评价”是由甘肃省地质调查院申请立项，经中国地质调查局批准实施的资源评价项目，属国土资源大调查项目。工作区位于河西走廊西段的疏勒河流域，从属于“全国地下水资源及其环境问题调查评价（一期）”项目（任务书编号：水〔2003〕01），是总项目涉及的八大盆地之一。工作周期为2003~2005年。

2003年3月，中国地质调查局下达了项目执行任务书（任务书编号：水〔2003〕001—15），确定项目的总体目标任务为：

在1999~2002年调查成果的基础上，建立疏勒河流域重点地区地表水、地下水资源配置模拟模型，结合流域社会经济发展规划，提出流域水资源合理配置与生态环境保护方案，为水资源合理利用、促进水资源利用与生态环境协调发展以及国土资源综合规划提供地质依据，为全国地下水资源及其环境问题调查评价项目提供基础资料。其中2003年工作内容为：

- 1) 开展地表水、地下水相互转化关系的调查评价；
- 2) 初步建立疏勒河流域重点地区地表水、地下水资源配置模拟模型。

2004年6月，中国地质调查局下达了2004年项目执行任务书（任务书编号：水〔2004〕001—04），确定2004年主要工作内容有：

- 1) 继续收集整理地质、水文地质钻孔资料，完善地质空间结构模型；
- 2) 继续开展地表水、地下水相互转化关系的调查研究；
- 3) 在玉门-踏实盆地完成三维水流模型的识别校正工作，安西-敦煌盆地、花海盆地基本建立地表水、地下水资源配置模拟模型；
- 4) 调查研究湖泊、湿地、陆表植物、土地质量相关因子的变化及其与地下水的关系，地下水变化与主要环境地质问题的关系，开展地下水环境与生态功能评价；调查研究地下水储存空间和入渗条件，开展地下水调蓄能力评价；
- 5) 调查研究昌马水库运行后对地下水及生态环境的影响；
- 6) 进行河西走廊地下水空间数据库维护。

2005年4月，中国地质调查局下达了2005年项目执行任务书（任务书编号：水〔2005〕001—04），确定2005年主要工作内容有：

- 1) 完成各项野外调查工作，重点开展地下水系统的空间分布与结构、地下水补、径、排条件和演变过程、地下水开发利用现状、水文地质参数等综合研究工作；
- 2) 完善盆地地质结构模型和水文地质概念模型；完成玉门-踏实盆地、安西-敦煌盆地、花海盆地地下水三维水流模拟模型；建立地表水、地下水资源配置模拟模型；
- 3) 完成地表水、地下水相互转化关系的调查研究，提出水资源合理配置与生态环境保护方案；
- 4) 完成盆地内与地下水相关的环境与生态问题的分布、成因及演化过程的调查评价；
- 5) 完成地下水的资源、环境功能、生态功能与调蓄能力评价；
- 6) 完善河西走廊地下水空间数据库，参与地下水资源动态评价平台数据集成，提供所需数据资料。

二、工作区以往研究程度及存在问题

(一) 以往工作简述

自 20 世纪 50 年代以来,不同部门在疏勒河流域进行了大量的地质、水利、水文地质等工作。其中基础地质、石油地质、水文地质、环境地质工作,主要是地勘部门的科技人员完成的。这些工作基本查明了地层岩性及构造条件、水文地质条件,积累了丰富的基础资料,为区内工程-经济建设提供了科学依据。

1. 区域地质工作

从 20 世纪 60 年代起,由原地矿部地质研究所、甘肃省地质局地质力学区测队、地调队等单位开展了 1:20 万区域地质普查,至 80 年代初完成了工作区全部 1:20 万图幅区域地质普查,主要有肃北幅、敦煌幅、玉门镇幅、安西幅、玉门关幅、报恩寺幅、多坝沟幅、昌马幅、别盖幅等。通过上述工作基本查明了区内地层、岩性、构造以及各种地质体的特征,可满足水文地质勘查、环境地质调查工作的需要。

2. 区域水文物探工作

20 世纪 50 年代末至 80 年代,不同部门在疏勒河流域进行过较多的物探工作。甘肃省地矿局第二水文地质工程地质队完成了玉门关幅、敦煌幅、报恩寺幅、安西幅、阿克塞幅、赤金幅、花海幅等图幅 1:20 万水文物探工作,90 年代完成了“河西走廊西段诸盆地水文物探综合研究”和“河西走廊中段诸盆地水文电测深成果综合研究”项目,上述工作基本查明了区内主要隐伏断裂构造分布特征,对主要盆地的第四系厚度及岩性、基底形态、地下水 TDS 的变化规律进行了研究,是流域地下水系统及结构划分的基础。

3. 水文地质工作

(1) 水文地质普查

甘肃省地矿局水文地质科技人员在不同年代进行了大量水文地质工作,为本次水资源配置模拟模型的建立和生态环境保护方案的提出奠定了基础。

流域曾进行过多次局部和区域性地下水调查,概括起来有以下几个阶段。

20 世纪 50~60 年代完成了平原区 1:20 万综合地质-水文地质普查,主要有:“玉门花海子—安西踏实综合地质水文地质普查(1960 年,1:20 万)”、“安西踏实—敦煌玉门关间综合地质水文地质普查(1961 年,1:20 万)”、“疏勒河中游地区水文地质普查(1966 年,1:20 万)”;同期完成了一些重点灌区 1:5 万农田供水水文地质详查,主要有:“敦煌北湖—安西西湖地区灌溉水文地质详查(1961 年,1:5 万)”、“甘肃省安西县双塔堡—双河口农田供水水文地质详查(1962 年,1:5 万)”、“甘肃省疏勒河中游玉门东灌区盐渍土改良及农田供水水文地质勘察(1966 年,1:5 万)”。在均衡要素研究方面,60 年代在玉门镇、南桥子建立有地渗仪观测点,积累了包气带水分运移的资料;另外,流域昌马、双塔及党河灌区在 50~60 年代进行过短期地下水动态监测,编写有《甘肃省疏勒河中游地下水动态报告》。这些成果丰富了区域性和历史系列资料,为本次水资源评价提供了重要依据。

70~80 年代由中国人民解放军 00927 部队、00929 部队按图幅完成平原区西部及北山区 1:20 万水文地质普查,有玉门关幅、敦煌幅、安西幅、报恩寺幅。1983 年由甘肃省地矿局地质研究所完成的“甘肃省河西走廊地下水分布规律与合理开发利用研究”项目对包括疏勒河流域在内的河西走廊三大流域水文地质特征进行了总体研究和概括总结,预测了重大水利工程在各流域产生的水文环境效应。

90 年代以空白区调查和县市或流域区域水文地质调查及综合研究为主,主要有“甘肃省河西走廊疏勒河流域地下水资源及生态环境地质勘察(1994 年,1:20 万)”、“河西走廊西端水文地质调查(1996 年,1:50 万)”、“安西县、敦煌市、玉门市区域水文地质调查(1996~1998 年)”。

1999 年新一轮国土资源大调查项目启动以后,流域内开展了以水资源开发利用模式研究为核心的

项目，主要有甘肃省地质调查院完成的“西北地区水资源合理利用——疏勒河中游水资源合理开发利用示范”、“河西走廊地下水勘查”和中国地质科学院水文地质环境地质研究所完成的“疏勒河流域水资源开发利用及其地质环境研究”。这些成果对流域地下水系统和水资源利用现状及有关的环境问题进行了研究，并提出了地下水开发利用模式，其中“河西走廊地下水勘查”项目还首次在工作区内建立了水文地质空间分析系统及数据库。

上述工作，均是本次工作的重要基础。

(2) 水文地质钻探及水源地勘察

50 年来，不同部门在区内开展了大量的水文地质钻探与试验工作，以地矿部门完成的项目为主，如上述 20 世纪 50~60 年代大多数水文地质普查项目布置了钻探工作。80 年代以后，以水源地勘察孔和零散的市场供水井为主。在敦煌市，1993 年和 1998 年分别由甘肃省水文地质工程地质勘察院和甘肃省地矿局第二水文地质工程地质队在七里镇和党河滩进行了水源地勘察，玉门镇和安西县城未建成集中供水水源地，但也由不同部门在一些适宜地段进行了储量评价。“疏勒河中游水资源合理开发利用示范”和“河西走廊地下水勘查”项目在空白区实施了少量钻孔。这些水文地质钻探及勘查工作，查清了含水层结构、地下水的水质水量，探明了水源地储量和范围，且利用单孔、多孔、群孔干扰井抽水试验，取得了一系列试验资料，为水资源评价中参数选取提供了可靠的依据。

(3) 地下水动态监测

1964~1969 年在疏勒河中游的玉门-踏实盆地开展了地下水动态监测、地中渗透仪观测等工作，1997~2000 年又在疏勒河全流域平原区进行了地下水动态及水土盐动态监测工作，积累了不同年代的地下水动态资料。

疏勒河中下游地区以往主要水文地质工作如表 1，图 1 所示。

表 1 疏勒河流域水文地质环境地质工作程度一览表

类别	成果名称	完成时间 及勘查精度	完成单位
基础地质	明水、红石山、红柳河、星星峡、马鬃山、公婆泉、头吊泉、峡东、安北、旧井、玉门关、敦煌、安西、布隆吉、昌马堡、丁字口、当金山口、大德尔基、赛什腾山、马海、鱼卡幅区域地质测量	1960~1986 年， 1:20 万	地矿部地质研究所、甘肃省地质局区测队、 甘肃省地质局地调队
水文物探	玉门关、敦煌、安西、报恩寺、阿克塞、赤金、花海 1:20 万区域水文物探；河西走廊西段诸盆地水文物探综合研究，河西走廊中段诸盆地水文电测深成果综合研究	1960~1990 年， 1:20 万	地矿部地质研究所、甘肃省地质局区测队、 甘肃省地矿局第二水文地质工程地质队
水文地质 环境地质	农田		甘肃省地矿局第二水文地质工程地质队
	敦煌北湖-安西西湖地区灌溉水文地质详查	1961 年，1:5 万	
	安西双塔-双河口农田供水水文地质详查	1962 年，1:5 万	
	疏勒河中游玉门东灌区盐渍土改良农田供水水文地质勘察	1966 年，1:5 万	
	疏勒河中游农田供水水文地质普查	1966 年，1:20 万	
	水文		
	玉门花海子-安西踏实综合地质水文地质普查	1960 年，1:20 万	
	安西踏实-敦煌玉门关综合地质水文地质普查	1961 年，1:20 万	
	甘青交界祁连山西段区域水文地质调查	1995 年，1:50 万	
	河西走廊西端区域水文地质调查	1995 年，1:50 万	
1:20 万幅普查	玉门关、敦煌、安西、报恩寺、昌马幅 1:20 万区域水文地质普查	1959~1984 年， 1:20 万	中国人民解放军 00929 部队，甘肃省地矿局第二水文地质工程地质队

续表

类别	成果名称	完成时间及 勘查精度	完成单位
水文地质环境地质	河西走廊地下水分布规律与合理开发利用研究	1983 年, 1:50 万	甘肃省地矿局地质研究所
	甘肃省河西走廊疏勒河流域地下水资源及生态环境地质勘察	1994 年, 1:20 万	甘肃省地矿局第二水文地质工程地质队
	安西县区域水文地质调查、敦煌市区水文地质调查、玉门市区域水文地质调查	1997~1999 年, 1:10 万	
	河西走廊疏勒河流域地下水资源评价	1999 年, 1:20 万	
	西北地区水资源合理利用——疏勒河中游水资源合理开发利用示范	2000 年, 1:20 万	甘肃省地质调查院
	河西走廊地下水勘查	2000~2002 年, 1:20 万	
	疏勒河流域水资源开发利用及其地质环境研究	2000 年	水文地质环境地质研究所
	甘肃省河西走廊荒漠化遥感综合调查与评价	2002 年	甘肃省地质调查院
	动态监测	疏勒河中游地下水动态报告 (1965~1968 年), 1969 年	甘肃省地矿局第二水文地质工程地质队
	水源地质勘探	甘肃省敦煌市七里镇 (青海石油管理局敦煌基地水源地) 地下水勘探 1993 年	甘肃省地矿局第三水文地质工程地质大队, 青海石油管理局基建工程部
水利	综合研究	甘肃省疏勒河流域农业灌溉暨移民安置综合开发项目水利部分可行性研究 1992 年	甘肃省水利水电勘测设计院
	综合研究	河西走廊 (疏勒河) 项目疏勒河综合开发项目 (中期计划调整) 环境影响初步研究 2004 年	疏勒河项目建设管理局、甘肃省水利水电勘测设计院
	综合研究	西北地区水资源合理开发利用与生态环境保护研究——疏勒河流域水土资源合理开发利用与生态环境保护研究 1999 年	甘肃省水利科学研究所
	年报	酒泉市水利年报 2003 年, 2004 年	酒泉市水利电力局
	综合研究	甘肃省疏勒河流域农业灌溉暨移民安置综合开发项目水利部分可行性研究 1992 年	甘肃省水利水电勘测设计院

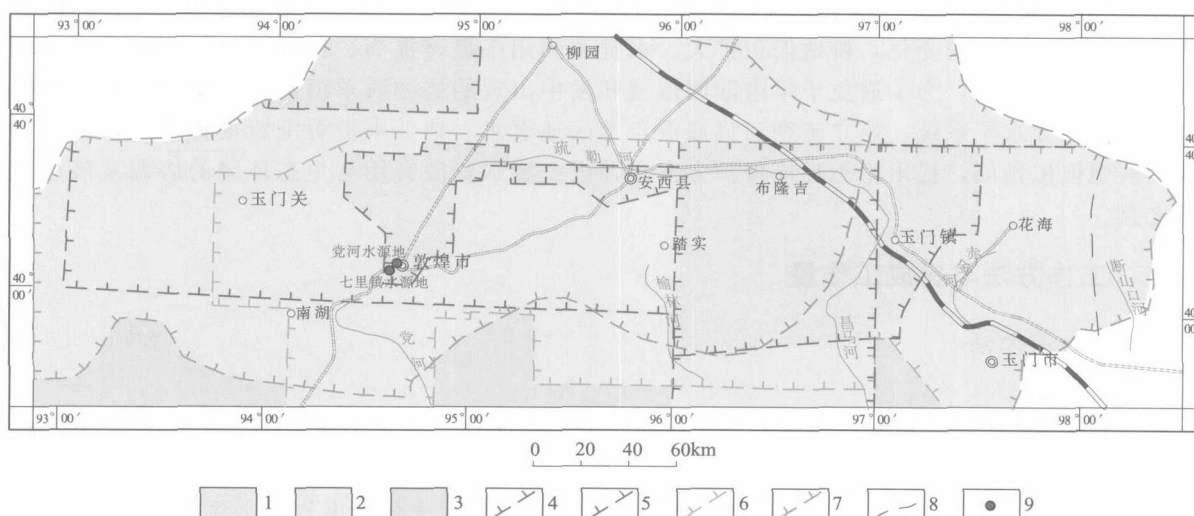


图 1 项目区水文地质研究程度略图

1—1:5 万勘查区; 2—1:20 万勘查区; 3—1:50 万勘查区; 4—农田及工矿供水勘查区; 5—1:20 万国际分幅普查区;
6—1:20 万跨图幅普查区; 7—县市水文地质调查; 8—流域界线; 9—水源地

（二）以往工作评价

疏勒河流域研究程度是不平衡的，走廊平原区研究程度明显高于南、北山区及库穆塔格沙漠区。从地貌单元来说，玉门-踏实盆地细土平原区勘查研究程度高于安西-敦煌盆地细土平原区，更高于花海盆地细土平原区。从洪积扇区而言，党河洪积扇研究程度最高，昌马洪积扇研究程度最低。同时盆地内部还存在一些水文地质空白区，如玉门-踏实西南部、安西-敦煌盆地西部阳关-魔鬼城一带、花海盆地北部等区域。综观全区，以往勘查研究的不足主要表现在：

1) 以普查为主，重点是区域水文地质普查。对水土资源的合理配置、地质环境的变化及其与影响因素之间的关系等，未进行专门、系统的工作。

2) 钻探工作不系统，钻孔分布极不均匀，不能有效控制全区。20 世纪 50~60 年代施工的水文地质钻孔多为小口径或木质井壁管，抽水试验手段单一。70~80 年代施工的钻孔质量较高，查明了目的层含水层结构，但抽水试验均以稳定流为主，获取的水文地质参数较为单一，且钻孔深度多小于 200 m，洪积扇顶部勘探深度不够。供水井施工中，偏重成井、基本未做试验工作。90 年代的工作多为区域性中小比例尺（1:20 万~1:50 万）水文地质调查工作，投入的勘探工作量极其有限，尽管也研究了地下水的补、径、排条件，估算了各类水资源量，但总体评价精度较低，其成果大多是定性-半定量化的。

3) 地下水动态观测系列短，缺乏连续反映动态变化过程的系列资料，给水资源评价工作带来了一定的难度。

4) 缺少专项试验研究工作，如对包气带水分运移、土壤盐渍化的形成机理等方面的研究工作。

5) 2000 年结束的“疏勒河中游水资源合理开发利用示范”项目，其工作范围仅限于干流中游“疏勒河流域农业灌溉暨移民综合安置”工程区，集中于昌马、双塔两个灌区，主要研究了地表水-地下水资源的优化配置，并建立了以水位、水量及生态环境保护为约束条件的多目标管理模型。随着“疏勒河项目”各项工程的逐步到位，流域水资源的实际利用格局已发生很大变化，多目标管理模型的优化方案是否合理，需进一步完善和验证。

6) “河西走廊地下水勘查”项目，其主要任务是在收集已有资料的基础上，评价区域地下水资源、建立水文地质空间数据库及空间信息系统，从流域合理开发利用水资源的角度出发，评价了灌区、盆地地下水资源。但由于工作目的不同，对地下水资源的合理开发利用与生态环境的内在联系研究投入的工作量很少。

近 50 多年来，特别是“疏勒河流域农业灌溉暨移民安置综合开发”工程实施以来，区内的社会经济条件发生了巨大的变化，耕地面积扩大、水资源利用率显著提高、粮食成倍增加，地质环境发生了显著变化。因此，为了避免干旱内陆河流域开发中出现的诸如石羊河的问题重演，彻底查明地质结构，划分含水层系统，建立疏勒河流域重点地区地表水、地下水资源配置模拟模型，采用三维流数学模型模拟预测，提出生态环境保护方案，促进流域水资源利用与生态环境的协调发展已成为当务之急。

三、工作方法 with 完成工作量

（一）工作方法

1. 资料收集

为了避免重复工作，提高认识水平，工作初始就加强了资料收集力度。先后收集了气象、水文、地质、水文地质、水利、农业、林业、土地、国民经济和环境等行业成果资料，重点收集了遥感解译成果图及说明书、物探解译成果、地下水动态观测资料、各类水土分析报告等，并进行了归纳、整理和编录。

（1）钻探资料

为了加深对地层岩性、含水层结构的认识，查明地质结构，确定水文地质参数，收集前人钻探资

料是本次工作的重点之一。现已收集工作区 409 个钻孔的资料,以地质孔、石油勘探孔和市场开采井为主。对项目孔和水源地勘探孔资料做重点收集,内容包括钻孔基本参数、地层描述、钻孔结构、测井曲线、含水层结构、抽水试验与水化学测试成果。

收集钻孔装订成册,统一编号后录入数据库并编入钻孔分布图。

(2) 水文资料

在《内陆河流域水文年鉴》的基础上,对昌马堡、潘家庄、党城湾、沙枣园、蘑菇台、玉门市、赤金峡水文站年径流量按月为单位进行补充收集,并对相应的变差系数 C_v 、偏差系数 C_s 、 C_s/C_v 进行收集与整理,录入相应数据库,增加资料延续性。

(3) 气象资料

对玉门镇、安西、敦煌气象站资料,包括气温、降水、蒸发月统计数据及年总量进行收集,录入相应数据库,增加资料延续性。

(4) 灌区水情资料

补充花海、昌马、双塔、党河灌区 2004 年水情及水利化利用资料,收集用水量、渠系利用率、灌溉定额资料。

(5) 水资源供需状况及社会经济发展规划资料

收集 2003~2004 年各部门对水资源需求和使用状况资料,以县和灌区分别统计。重点收集昌马水库建成后各灌区配水资料,分析统计水库运行前后行水时间和数量的变化。收集各县市“十五”和“十一五”国民经济发展规划,为水资源配置方案的确定提供依据。

(6) 其他资料

在野外调查和综合研究过程中,补充收集必要的水化学、同位素、土壤易溶盐、地下水动态监测、水源地、地下水开采量、环境地质试验测试和参数研究资料。

2. 水文地质环境地质调查

调查方法与内容:以控制性路线调查为主,点线结合,以线带面,重点突出为原则。以 1:5 万地形图作野外手图,参考 TM 卫星影像图片,边调查,边解译,边验证。所有野外点采用 GPS 定位,重要点拍摄照片,认真做好记录。

调查重点是各盆地平原区。手段以遥感解译、测流、水位统测、取样、机民井调查和生态环境调查为主。对玉门关以西的湾窑、马迷兔一带环境地质补充调查,评价了地下水生态功能;对月牙泉的成因和变化规律做了调查和了解,提出治理的合理化建议;选择 52 眼典型抽水井进行地下水单井开采量实测,据此对全区地下水开采量进行复核验证。

3. 工程点测量

为了准确地刻画地下水流场的空间形态,提高模拟模型的精度,利用高精度 GPS 测量各水位统测点的坐标、地面标高及测点标高,共 162 个点。

4. 水位统测

在高精度工程测量的基础上,2004 年份丰枯季进行了两次水位统测。方法是读数两次,两次之差须满足“规范”要求,取平均值记录。在有意义的测点采取简分析或全分析水样。

5. 动态监测

为了掌握地下水动态特征及相关地质环境演变的基本规律,利用已建监测网自 2003 年 7 月~2005 年 12 月进行观测,监测频率 1 次/月。

6. 物探

在昌马洪积扇、党河洪积扇、花海盆地、安西盆地各布置一条电测深剖面,物理点共计 120 个, $AB=2000\sim4000$ m,点距 $1000\sim3000$ m。在花海盆地东边界、玉门-踏实盆地锁阳城一带、安西-敦煌盆地月牙泉附近和南湖地区条件复杂区布置 4 条激电测深、瞬变电磁剖面物理点共计 203 个,通过

与前期电测深资料对比解译,提高了解译成果的可信度,加深了对上述地区构造(隐伏断裂)、基底、第四系厚度、地下水位埋深,含水层空间分布等方面的认识。

7. 水、土样采集

(1) 水样

1) 配合水文地质调查有重点地采取水质分析样,共采取简分析 182 个,全分析水样 94 组。

2) 同位素剖面 8 条,沿河流方向和地下水径流方向取氢氧同位素 114 组。包括水库水、河床地表水、深层地下水、浅层地下水、大气降水,对地下水的补给源和形成年龄进行研究。

(2) 土样

1) 为了查明盐渍土的分布范围,盐渍化的发展变化趋势及土地类型及荒漠化程度,在细土平原区的不同工作地点采取了 506 组盐渍土样,在典型地段进行了对比取样。

取样方法是:小圆井(试坑)深度不超过 2.5 m,水位浅埋区深度达水位下 0.5 m 即可。取样位置在 0.00, 0.15, 0.30, 0.50, 0.70, 1.00, 2.00 m 处,土样重量不少于 0.5 kg,装入土样袋,做好标记后在 1 个月内送检,分析内容为常规水溶盐。

2) 采集易溶盐土样的同时,在浅井剖面的有代表性层位上采取颗粒分析样 61 个,各浅井中采取主要土壤类型。要求为原级配样,每个样品数量不少于 1.0 kg,目的是了解土盐与岩性、水位埋深的关系等。

8. 空间数据库建设

(1) 基本方法

以历次勘查成果为基础,以中国地质调查局编制的《地下水资源空间数据库建设标准》和《地下水资源数据库工作指南》为技术依据,以 MapGIS、Arcinfo 和中国地质调查局水文地质环境地质调查中心研制的“地下水资源调查数据录入系统”等软件为平台,建设覆盖全流域的地下水资源数据库。数据库信息标准体系与国土资源信息化要求相适应,与“全国地下水资源及其环境问题调查评价”项目空间数据库结构和数据格式保持一致,未入库资料按新要求建库,已入库资料可利用软件经格式转换后利用。

(2) 空间数据库主要内容

数据库建设主要侧重于水文地质及环境地质条件、地下水资源及其相关的数据信息,其中基础地质、地理信息、社会经济及数字制图是空间数据库建设的辅助内容。

利用地下水资源调查数据录入系统,输入野外调查的原始数据、综合分析与研究成果、气象与水文等三方面内容;利用 MapGIS、Arcinfo 软件,完成图件及相关属性的建库工作。

9. 数值模型研究

(1) 模型识别校正

在各盆地建立包含混合井孔、自流井、泉以及河流、渠系和降雨等因素的地下水三维不稳定流数学模型,并完成模型的识别校正。三维流模型工作的重点是收集资料,对边界条件、地层结构、水力联系加强研究,调整参数和程序,完成识别校正。在此基础上,利用模型,提出水资源合理配置的方案。工作步骤是:

第一步,大体控制昌马洪积扇上中部的初始地下水位参数;

第二步,中等调整昌马洪积扇前缘一冲积地区的初始地下水位参数;

第三步,进一步调整玉门-踏实盆地的初始地下水位参数系统;

第四步,模拟识别安西-敦煌盆地的初始地下水位参数系统;

第五步,模拟识别花海盆地的初始地下水位参数系统。

最后进行水资源优化配置及预测。

(2) 水资源配置(管理)模型

本区地下水的最主要补给来源是河流、渠系和田间灌溉入渗，它们具有滞后补给潜水的特征，即它随潜水的埋深（水位）而变化，最主要排泄是潜水的蒸发蒸腾，其强度也随潜水的埋深而变化。基于上述特征，采用模拟-试错法（模拟-分析法）来管理地下水，它适用于非线性系统，因为每求解一个时间步长，有关随水位变化的参数，例如潜水层的导水系数，河流、渠系和降雨滞后补给强度以及潜水的蒸发蒸腾强度等均可以自动修改。

具体方法是，根据本区的水资源特征和规划部门的要求，提出几种较好的方案，做多方案的地下水动态预测，分析结果，逐渐修正方案，使其满足约束条件，提出水资源开发利用方案。

10. 综合研究

综合研究的重点是完成各盆地地下水资源、环境、生态功能评价，建立水资源配置模拟模型，提出合理开发利用规划。编制成果报告、成果图件，建立地下水空间数据库。

气象、水文资料以时间序列归纳总结；含水层特征用立体剖面图反映；水文地质参数、边界条件、水利化现状、生态环境变化和土地利用变化用专门的图形文件反映；人口、耕地、经济指标变化用图表反映；地下水动态用曲线图反映。主要工作内容是：

（1）水文、气象

在综合整理完整、系统的水文气象资料的基础上，统计、分析并预测各主要河流出山径流量的变化及保证率，评价不同保证率下可利用的水资源量，综合研究降水量、蒸发量等气象要素的变化趋势及对生态环境的影响，为水资源评价及配置模型提供依据。

（2）地质、水文地质

结合前人成果和本次工作取得的第一手资料，系统地研究疏勒河重点工作区第四系地层厚度、岩性、基底起伏等分布特征及规律，分析各水文地质单元内地下水的埋藏与运移规律、地表水与地下水的转化关系，各含水层系统的岩性及空间分布、富水性、水质、水文地质参数、地下水动态变化等，建立水文地质模型。

（3）环境地质

重点研究疏勒河流域土壤盐渍化、沙漠化程度及其变化速率，湿地变化情况等，分析其生态环境变化与水环境变化、人类活动的关系，完成地下水环境质量评价，进而将生态环境保护作为约束条件纳入配置模型，合理的水土资源利用规划。

（4）国民经济、社会发展

统计工作区内各县市内人口、工农业及其他产业对水资源与土地资源利用情况，研究国民经济发展规划对水资源和土地资源需求状况，为模型的多方案预测提供基础资料。

（5）报告编制

成果报告主要依据中国地质调查局《地质调查项目管理制度汇编》和《河西走廊典型地区地下水资源合理开发利用调查评价总体设计书》以及《全国地下水资源及其环境问题调查评价成果报告编写要求》和《全国地下水资源及其环境问题调查评价编图指南》有关要求编写。

（二）完成的工作量

1. 完成的工作量

根据《河西走廊典型地区地下水资源合理开发利用调查评价任务书》要求，完成：

地表水、地下水相互转化关系的调查评价；收集整理地质、水文地质钻孔资料，建立了地质结构模型；地下水动态观测以及地下水补、径、排演变过程、地下水开发利用现状、水文地质参数的调查研究；三维流模型的建立、模拟及预测；《地下水资源调查信息系统》的建设；任务书规定的其他工作（表2）。

2. 工作量调整情况

工作量列表中未达到100%或超出100%的部分已由项目组向实施单位提出书面工作量变更说明书，并得到批准。工作量变更见表3。

表 2 2003~2005 年度主要实物工作量完成情况统计表

项 目		计量单位	设计工作量（依任务书）				实际完成	完成率/%
			总体	2003 年	2004 年	2005 年		
1：25 区域水文地质修测		km ²	14524	12524		2000	14524	100
1：10 万水文地质、环境地质调查		km ²	6800		6800		6800	100
遥感解译	1：10 万	km ²	19328	19328			19328	100
	1：5 万	km ²	2000			2000	2000	100
动态监测		次/点	2160/60	600/50	720/60	720/60	1941/59	100
水样	全分析	组	90	40	40	10	94	104
	简分析	个	190	100	50	40	182	96
	D, T, ¹⁸ O	个	120	60	10	50	114	95
土样	易溶盐	个	530		450	80	506	95
	颗粒分析	个	70		50	20	61	87
物探	物理点	个	320		320		323	101
浅井	试坑	m	150		100	50	124	83
工程点	GPS	点	140		100	40	162	115

表 3 2003~2005 年工作量调整情况表

项目	单位	设计工作量	调整工作量	调整说明
简分析	个	190	182	减少 8 个, 收集 60 个
D, T, ¹⁸ O	个	120	114	减少 6 组, 收集 25 组
易溶盐	个	530	506	减少 33 个, 收集 175 个
颗粒分析	个	70	61	
全分析	组	90	94	加取 4 组
工程点	点	140	162	加测 22 个
物探	物理点	320	323	加测 3 个

四、工作质量评述

(一) 水文地质环境地质调查

调查路线一般布置于地下水露头多、环境地质典型,能够观测到更多的地质地貌现象,以往工作相对空白地段。主要水文地质点,环境地质点均采用 GPS 准确定位,文图一致,描述内容包括地层岩性、地质地貌、水文地质、环境地质等方面。观察仔细、记录到位、全面、翔实,部分调查点有对应的剖面图及照片。泉、井成因和类型划分正确。采用流速仪、三角堰(或梯形堰)测流数据准确。采用电表、电线测定水位符合相关规范要求。调查中访问了泉(井)的动态特征,记录了井径、管径、结构及抽水设备,及时填写泉、民井、开采机井、浅井、试坑调查表格,内容全面;工作手图、实际材料图齐全相符,标绘内容及图式符合制图规范。所有调查成果均按相关要求录入了指定的信息系统。成果质量满足《全国地下水资源及其环境问题调查评价技术系列(一)、(二)、(三)》、《地下水资源调查信息系统》以及《供水水文地质勘察规范》(GB50027-2001)等有关规范、规程的要求。

(二) 水文地质物探

在充分利用前人成果资料的基础上,根据调查区具体的地质、水文地质条件因地制宜地选择地面物探方法。地面物探工作区主要选择于祁连山山前、各河流尾间区,并根据水文地质要求,选择适宜的物探方法,适当调整物探剖面线的疏密、方向和长度,并尽可能地通过已知水点,力求综合解译重