



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

柴达木盆地地下水资源 及其环境问题调查评价

中国地质调查局

王永贵 郭宏业 李健 黄勇 刘振英 刘春娥
郭新华 周金元 尚小刚 李积成 庄永成 程洪明 等著



地质出版社

中国地质调查局成果报告

柴达木盆地地下水资源及其 环境问题调查评价

中国地质调查局

王永贵	郭宏业	李健	黄勇	刘振英	刘春娥
郭新华	周金元	尚小刚	李积成	庄永成	程洪明
蔡秉源	康卫东	李海涛	寇文杰	李永国	颜元东
	陈宗颜	贾小龙	谭立谓	赵洪菊	

著

地质出版社

· 北 京 ·

内 容 提 要

本书是中国地质调查局“全国地下水资源及其环境问题调查评价”项目成果之一。依据调查研究成果,作者对柴达木盆地自然地理、基础地质、地下水系统特征进行详细介绍,对地下水资源、地下水功能进行评价,建立格尔木河流域水资源模型,对地下水开发利用、方案及其环境效应进行了研究探讨。

本书供水文地质、环境地质及政府规划部门有关人员阅读,亦可供大专院校有关专业师生参考阅读。

图书在版编目(CIP)数据

柴达木盆地地下水资源及其环境问题调查评价/王永贵等著.

北京:地质出版社,2008.11

ISBN 978-7-116-05909-2

I. 柴… II. 王… III. 柴达木盆地-地下水资源-研究
IV. P641.8

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 188381 号

责任编辑:陈军中

责任校对:韦海军

出版发行:地质出版社

社址邮编:北京海淀区学院路 31 号,100083

电 话:(010) 82324508(邮购部)

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:889 mm×1194 mm^{1/16}

印 张:30.25 插页:8 页

字 数:840 千字

印 数:1—1200 册

版 次:2008 年 11 月北京第 1 版·第 1 次印刷

定 价:75.00 元

书 号:ISBN 978-7-116-05909-2

(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,提出了地下水资源合理开发利用模式。

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

柴达木盆地是我国重要的战略要地，有得天独厚的资源优势，矿产资源的潜在经济价值约 16.27 万亿元。随着国家经济建设重点西移和西部大开发宏伟战略的实施，国务院已将柴达木盆地列入国家级循环经济试验区。青海省人民政府和海西州人民政府提出，要以国家级柴达木循环经济试验区为平台，以柴达木盆地优势资源为依托，发展壮大石油化工产业。柴达木盆地面临良好的发展机遇，同时也面临着瓶颈制约和需要破解的难题，如地下水勘查工作和工程性供水项目建设滞后，成为制约海西经济社会发展的瓶颈；规模性供水骨干工程较少，供水设施老化，用水方式比较落后，水资源利用程度不高；随着资源开发的不断深入，工业、城市和生态用水逐步增加，供水矛盾日益突出。因此，为向各级政府和区内重大工程提供水资源与环境地质信息，解决长期以来影响人们生产和生活的水资源供需矛盾，合理开发利用地下水资源，中国地质调查局部署了一项高起点的地下水资源及其环境问题调查评价项目，并于 2002 年下达了“柴达木盆地地下水资源及其环境问题调查评价”项目。

一、项目的由来与目标任务

项目由中国地质调查局于 2002 年 4 月以“地质调查子项目任务书”形式下达给青海省地质调查院，名称为“柴达木盆地地下水勘查”，工作性质为“资源评价”，所属实施项目为“内陆干旱区地下水资源评价”，实施单位为西安地质矿产研究所；2002 年底项目划归“全国地下水资源及其环境问题调查评价”，2003 年 3 月中国地质调查局下达“柴达木盆地地下水资源及其环境问题调查评价”项目，实施单位为中国地质科学院水文地质环境地质研究所，承担单位为青海省地质调查院，协作单位为中国地质环境监测院。

2004 年 6 月 10 日，中国地质调查局和中国地质科学院水文地质环境地质研究所将工作项目任务再次下达给青海省地质调查院，名称“柴达木盆地地下水资源及其环境问题调查评价”，所属计划项目为“全国地下水资源及其环境问题调查评价”，实施单位为中国地质科学院水文地质环境地质研究所，承担单位为青海省地质调查院，协作单位为中国地质环境监测院，工作性质为资源评价。工作年限为 2002 年 4 月至 2004 年 12 月，工作周期为 3 年。

项目的总体目标任务是：查明柴达木盆地地下水系统的空间分布与结构，重点地区地下水补给、径流、排泄条件及其变化特征，建立水文地质参数序列；开展与地下水相关的环境地质问题调查；建立重点地区地下水系统数值模型，评价地下水资源、生态功能与环境功能；建立地下水资源及其环境问题空间数据库，为区内重大工程建设、地下水资源合理开发利用及生态环境保护提供科学依据，为全国地下水资源及环境地质问题调查评价项目提供数据。

二、以往研究程度及存在的问题

（一）区域地质、水文地质研究简史

新中国成立前，国内外地质专家曾在柴达木盆地作过实地考察，在局部地区进行了地质工作，未开展过水文地质和环境地质工作。新中国成立后，先后有西北地质综合大队、青海省地矿局、青海省石油局、青海省水利局、中科院地质所、地质科学院等单位陆续进行了区域地质、矿产地质、盐湖地质、区域水文地质、供水水文地质及专门性水工环地质等方面的地质工作。工作区除局部研究程度较高外，总体研究程度较低（图 1）。研究程度较高的地区，水文地质资料相对丰富、齐全，研究程度低的地区，水文地质资料匮乏。

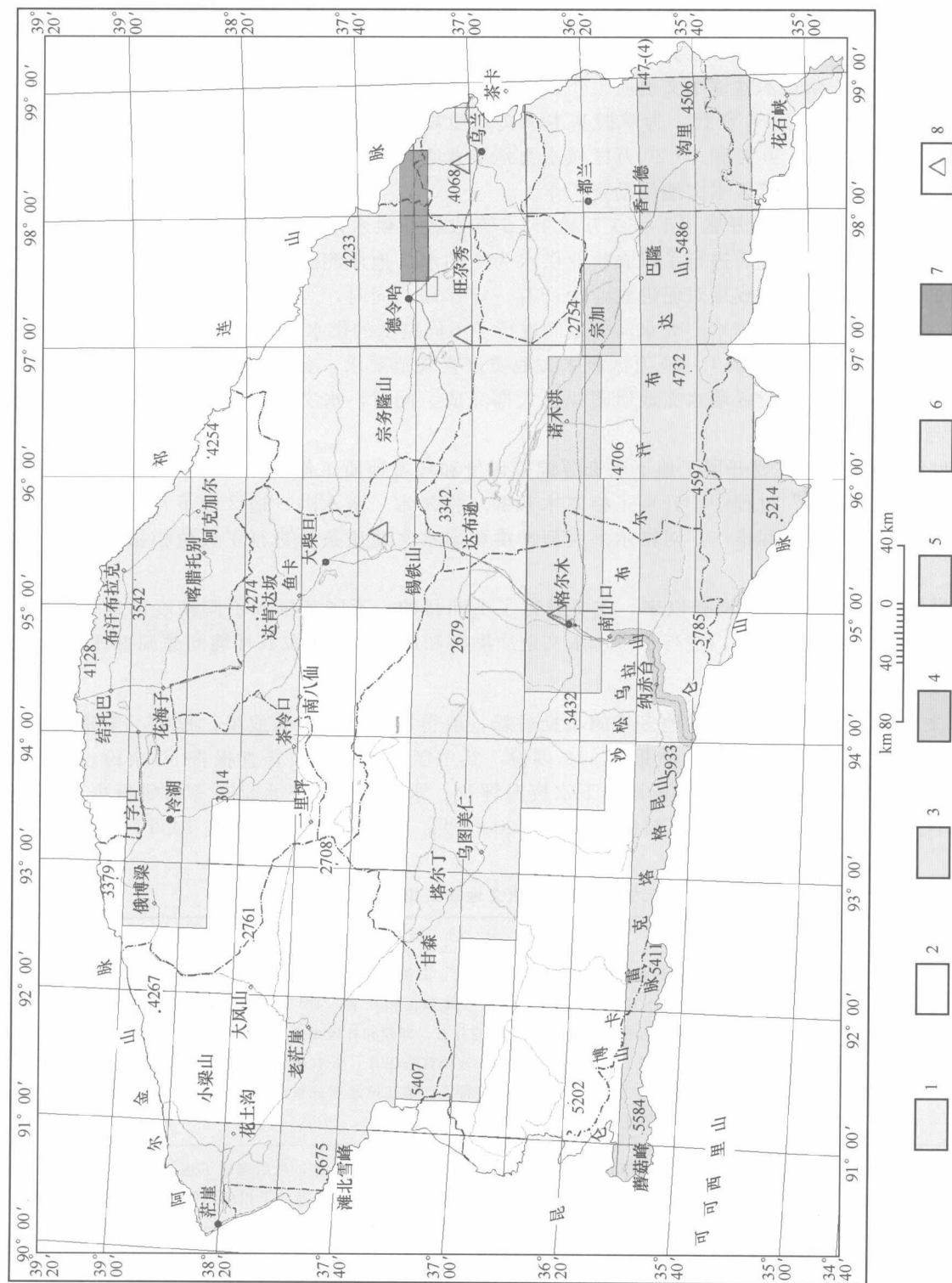


图1 柴达木盆地水文地质、工程地质、环境地质研究程度图

1—已完成的1:20万区域水文地质普查区; 2—已完成的1:50万区域水文地质普查区; 3—1:100万区域水文地质普查区; 4—格拉纳油管线勘查区1:20万区域水文地质普查区; 5—1:5万农牧业供水勘察区; 6—1:5万农田供水及盐渍化改良勘察区; 7—1:10万农牧业供水勘察区; 8—1:5万城市水源地质勘察; 点划线为地区界, 双点划线为省(区)界

20 世纪 60~80 年代末, 柴达木盆地开展了 1:100 万、1:50 万和 1:20 万不同比例尺的区域地质普查, 80 年代末完成了基岩山区的全部 1:20 万图幅区域地质普查, 共提交了 21 份 1:20 万图幅的区域地质普查报告; 90 年代中期以来, 在重点地区先后开展了 1:5 万和 1:25 万区域地质填图。通过这些工作, 已基本查明区内地层、古生物、岩石(沉积岩、岩浆岩、变质岩等)、构造以及各种地质体特征, 为项目的顺利实施提供了扎实的基础地质资料。

新中国成立以来, 柴达木盆地水文地质工作大致划分为 5 个阶段。

1) 20 世纪 50 年代末至 60 年代, 为掌握基本水文地质规律, 解决国民经济建设中的急需解决问题, 按自然单元开展了 1:50 万和 1:20 万区域水文地质普查, 兼作了部分城镇和厂矿小型供水勘察项目, 并在一些矿区开展了矿区水文地质勘查工作。

2) 20 世纪 70 年代, 主要开展了 1:10 万和 1:5 万农牧业供水水文地质勘察。此期间在昆仑山前、乌兰—德令哈等地区, 先后进行了以农牧业供水为主的水文地质测绘和以土壤改良、盐渍化防治的井灌井排的专题研究, 这些成果对促进农业增产有一定作用。同时, 为了缓解城市供水紧张局面和重点工程供水需要, 先后在格尔木、大水沟等地区进行了不同精度的供水水文地质勘察工作。

3) 20 世纪 80 年代开始, 按 1:20 万区域水文地质普查规范要求, 分国际图幅进行了 1:20 万区域水文地质普查, 目前全盆地区域水文地质图幅已大部完成。同时, 水文地质综合研究工作进入地下水资源评价与专题研究阶段。

4) 20 世纪 90 年代, 主要开展了地下水资源调查评价和环境地质工作。此外, 在实施“西北地区地下水资源勘查特别计划”过程中, 开展了格尔木东部(格尔木—诺木洪)地区地下水勘查工作。期间, 随着计算机技术的应用和推广, 对格尔木大型冲洪积扇水文地质条件进行了数值模拟, 建立了数值模型。

5) 21 世纪开展国土资源大调查以来, 主要进行了不同目的、不同范围和不同精度的地下水勘查工作; 同时结合国家和地方需求, 进行了供水水文地质勘察和地下水资源及其环境问题调查评价工作。

(二) 主要成果

通过水文地质工作者在柴达木盆地多年的辛勤耕耘, 取得了许多突出的成果, 提供了丰富的水文地质资料。至目前共提交各类水文地质报告 110 多份, 其中区域水文地质普查报告 50 余份, 城市及工、农业供水水文地质勘察报告 30 多份, 地下水资源评价、水化学、地下水动态等科研报告 20 多份(表 1)。据不完全统计, 盆地内已施工的各类钻孔近 2000 眼, 其中水文地质勘探孔 1009 眼。

表 1 柴达木盆地以往水文地质工作统计表

项目类别		工 作 成 果
区域水文地质普查	1:50 万区域水文地质普查	1979~1980 年, 在柴达木盆地西北部的茫崖、甘森、马海、冷湖一带, 采用以编为主, 编测结合的原则, 进行了必要的补充调查和水文地质钻探试验, 完成编测面积 $5.45 \times 10^4 \text{ km}^2$, 投入钻探工作量 4523.29 m/27 孔, 提交报告 2 份, 初步查明了该区地下水的分布、埋藏和补径排条件。1988 年以来, 对南八仙、开木棋陡里格和布伦台地区开展了 1:50 万区域水文地质普查工作, 采取遥感解译、编测结合、野外路线调查等方法, 初步查明了这些水文地质空白区的地貌特征、第四纪地层分布、地下水类型及分布规律、地下水资源分布状况以及多年冻土的分布范围和季节性融化深度
	1:20 万区域水文地质普查	按国际图幅参照区域水文地质普查规范要求开展了水文地质普查工作, 先后完成了达布逊盐湖幅、新生煤矿幅、德令哈幅和格尔木市幅等 33 幅 1:20 万水文地质普查工作, 提交了相应图幅的成果报告及相关图件。该项工作基本查明了区域水文地质条件和一般工程地质条件, 阐明了各图区地下水的分布规律、补径排条件和水化学特征, 重点对 200 m 以浅的含水岩组及富水性进行了划分, 采用多种方法概算了地下水天然资源, 部分图幅还计算了开采资源, 指出了地下水开发利用前景, 为水文地质科研和柴达木盆地国民经济建设提供了必要的基础资料

续表

项目类别		工 作 成 果
区域水文地质普查	1:10 万区域水文地质普查	从 1996 年开始,开展了以县(市)为单元的 1:10 万区域水文地质调查工作,完成了德令哈市、乌兰县的区调工作,进一步查明了区内地下水天然资源量、开采资源量和现状开采量,确定了区内尚有开采潜力的地段
供水水文地质勘察	地下水勘察	“青海柴达木盆地南缘地下水勘察”项目,主要对都兰-格尔木地区地下水的赋存条件及分布规律进行了论述,采用补给量总和法计算出测区地下水天然补给资源量 $13.22 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$;其中,河水补给量 $11.67 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$,渠道补给量 $0.58 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$,地下水储存量 $11.26 \times 10^8 \text{ m}^3$,可开采资源量 $8.37 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$;指出了农业开发区及缺水城镇供水水源远景地段,同时指出了地下水合理开发利用建议。 “青海省乌兰县严重缺水地区地下水勘察”项目,基本查清了乌兰县希里沟盆地山前洪积扇区的地层岩性、含水层空间结构、分布特征、水质水量,给严重缺水区的柯柯镇、赛什克乡和铜普乡等村镇探采结合成井 6 眼,最大涌水量达 $2410.56 \text{ m}^3/\text{d}$,最小涌水量 $1736.64 \text{ m}^3/\text{d}$,解决了近 5000 余人和 4400 多头(只)牲畜饮用水困难问题;同时在该地区指出了今后找水方向,给今后干旱缺水地区找水工作起到了很好的示范作用
	城镇供水水文地质勘察	从 20 世纪 60 年代初期至今,在格尔木、德令哈、阿拉尔、大柴旦等地区完成供水水文地质勘察数处,近年来对格尔木等地区的水源地还作了开采抽水试验和不少于 1 年的地下水动态观测资料,所取得的参数较为可靠。所提交的资料多已作为城镇供水水源建设的设计依据,现已建成供水水源地近 66 处,基本解决了城市供水问题
	农牧业供水水文地质勘察	自 20 世纪 60 年代开始,先后在格尔木、大小灶火、尕海、诺木洪、大格勒、宗加-巴隆、希里沟至德令哈等地区进行了农牧业供水水文地质勘察,为农牧业规划和布井提供了依据
环境水文地质	工矿企业供水水文地质勘察	20 世纪 70 年代以来,随着盆地区矿产资源开发规模的不断扩大和工业的发展,先后完成了格尔木钾肥厂、格尔木炼油厂、锡铁山铅锌矿、茫崖石棉矿、东西台锂业、鱼卡煤矿、德令哈纯碱厂等多个工矿企业供水水源地勘察,已建成工业供水水源地近 30 处,缓解了生产用水紧张或供水严重不足的局面
	地下水位上升及土壤盐渍化调查研究	1967 年开展的格尔木地区土壤盐渍化改良排灌水文地质勘察项目,查明了土壤盐渍化的现状与特征,提出利用地形上的天然有利条件,采用南北向排水沟进行土壤盐渍化改良排灌的建议。1981~1983 年间,针对格尔木地区地下水水位出现大幅度上升,地下水泄出带向南移动 1~1.5 km,造成市区建筑物大量倒塌,使耕地因土壤盐渍化加剧而弃耕,导致草原因积水而弃牧,直接经济损失达一千余万元。青海省第一地质队通过对该区地下水位上升原因及机理的研究,于 1985 年提交了《青海省格尔木水位上升机理及防治措施研究报告》,认为主要是因 1977 年格尔木河乃吉里水库建成蓄水后,水库直接渗漏及调蓄作用,改变了河流原始径流过程,增大了补给强度,加之气象因素等叠加作用,使地下水获得了较多的增补量,致使地下水位大幅度上升造成灾害。并指出以增大排泄量为主,通过整治格尔木散流河道,拓宽泉集河或通过人工河道扩大承压水的排泄量,在农灌区水位小于 5 m 地区应开采承压水及承压自流水以排代灌,排灌结合,从而达到降低小区域地下水水位改良土壤盐渍化的目的
	污染调查	1988 年以来先后开展了柴达木盆地环境地质监测评价、格尔木河流域以及察尔汗盐湖矿产开发区环境地质调查等工作,通过工作基本查明了格尔木及察尔汗地区主要环境地质问题的成因、演变和危害;初步圈定了格尔木地区地下水主要污染组分、污染范围和污染源;基本查明了锡铁山选矿废水中重金属在包气带中滞留和被吸附的基本情况。值得注意的是,锡铁山铅锌矿洗矿污水未经处理便排向泉集河戈壁带,约距排放口 2 km 处污水已全部渗入地下,并流向察尔汗盐湖,污水日排放量超过 1000 m^3 ,污水中六价铬含量 8 mg/L ,沉淀物中六价铬含量达 10 mg/L ,严重超标

续表

项目类别	工 作 成 果
地下水动态监测	格尔木地区的地下水动态监测工作始于 1976 年, 控制面积 810 km²。为建长观孔投入的钻探工作量 2937.74 m/54 孔, 提交报告 3 份。格尔木冲洪积扇区自 1986 年以来先后设立长观点 83 个, 监测面积达 1000 km², 监测点密度 0.08 个/km²。截至目前, 仍有 47 个水点在继续监测。以上成果为本次地下水资源及其环境问题调查评价提供了丰富的地下水动态序列资料。 《青海省地质环境监测 5 年报告》(2001 年), 对格尔木、察尔汗盐湖监测区的地下水动态变化规律进行了归类, 阐明了影响因素。其中格尔木冲洪积扇年内地下水位变幅 0.39~3.14 m, 地下水水位 5 年来稳中有升, 5 年平均升幅值 0.64~3.04 m, 其原因是 1996 年汛期人工河道被洪水冲毁, 河水被迫归于自然河道, 地下水补给量明显增加所致; 察尔汗首采区潜卤水水位年内变幅 0.30~1.24 m, 5 年来均处下降趋势, 5 年平均降幅 0.84~2.24 m, 其原因是大规模开采卤水造成区域地下水位下降, 已形成了两个大的降落漏斗, 漏斗面积分别为 250 km² 和 200 km²; 格尔木冲洪积扇东翼浅层地下水 (80 m 以浅潜水), 自 20 世纪 80 年代初, 溶解性总固体、氯化物含量等逐年升高, 水质出现咸化趋势, 进入 90 年代变化更加明显。1991~1999 年溶解性总硬度由 0.68 g/L 升至 1.75 g/L, 总硬度由 206.7 g/L 升至 398 g/L。其原因一是该地区包气带地层含盐量高, 甚至有盐盖分布, 开采过程中, 地下水水位上下波动, 使盐分不断溶解进入含水层所致; 二是在水源地上游 4 km² 防风林带采用大水漫灌, 使包气带盐分溶解并大量下渗所致
盐湖水文地质工作	随着察尔汗盐湖的开发和盐化工业的发展, 在察尔汗地区做了大量的水文地质工作。1988 年以来先后开展了青海省察尔汗盐湖首采区水文地质参数及卤水动态研究、察尔汗盐湖别勒滩区段首采区抽卤试验、察尔汗盐湖钾盐矿床卤水钾盐开发区水文地质环境地质调查等工作, 取得了大量的试验数据, 为盐湖开发工程设计提供了参考资料
综合研究工作	20 世纪 80 年代以来, 先后完成 16 项研究报告。柴达木盆地昆仑山前平原地下水资源研究 (1986) 工作, 应用地下水系统理论、环境同位素和地下水数值模拟等技术方法对研究区地下水进行了深入细致的研究, 其实用价值高, 达到了国内同类研究成果的先进水平。其中《格尔木河中下游冲洪积扇地下水数学模型及环境地质研究》(1993)、《柴达木盆地新构造运动及盐湖发展演化》(1995)、《柴达木盆地第四纪含盐地层划分及沉积环境》(1994)、《青海省柴达木盆地水文地质区划》(1985), 分别获得了国家科委和青海省科委的奖励。 1988 年开展的柴达木盆地重点经济开发区水资源与地质环境综合调查评价和德令哈农场杂海灌区水文地质环境地质勘查工作, 进一步查明了勘查区地下水的形成、贮存和分布规律, 详细论述了水化学成分的形成条件和演化规律; 对工农业和生活需水量进行了预测, 指明了区域地下水有开发潜力的地段和水资源供需矛盾突出的地区; 基本查明了柴达木盆地的主要环境地质问题, 对各种环境地质问题进行了探讨, 并初步提出了防治对策与建议
地下水资源调查评价	《青海省地下水资源评价报告》(1985 年), 报告中柴达木盆地计算面积为 206353 km², 其中山区为 134346 km², 平原区为 72007 km²。评价出全盆地地下水天然补给资源量为 37.2607×10⁸m³/a, 其中山区为 31.8428×10⁸m³/a, 平原区为 35.2263×10⁸m³/a, 重复量为 20.8084×10⁸m³/a; 可开采资源量 15.8827×10⁸m³/a, 实际开采量 0.4882×10⁸m³/a。 《青海省地下水资源评价报告》(2002 年), 报告中柴达木盆地计算面积为 172429.31 km², 其中山区为 128120.10 km², 平原区 44309.31 km²; 评价出全区地下水天然补给资源量为 45.9008×10⁸m³/a, 其中山区为 36.8063×10⁸m³/a, 平原区为 39.4263×10⁸m³/a, 山区与平原区重复量 30.3318×10⁸m³/a; 全区可开采资源量为 25.2813×10⁸m³/a, 其中山区为 7.3613×10⁸m³/a, 平原区为 17.92×10⁸m³/a (计算面积 22254.56 km²); 可开采储存量为 18.35×10⁸m³/a (计算面积为 8900 km²); 地下水现状开采量为 1.3804×10⁸m³/a。 《青海省柴达木盆地地下水资源调查报告》(2003 年), 在充分收集前人资料的基础上, 通过野外调查和室内综合分析, 计算出山区地下淡水分布面积 12812.10 km², 天然补给资源量为 36.8063×10⁸m³/a; 平原区地下淡水区面积 44055.93 km², 天然补给资源量为 37.1686×10⁸m³/a; 全盆地天然补给资源量为 38.9606×10⁸m³/a, 其中山区与平原区重复量 35.0143×10⁸m³/a。盆地内潜水可开采资源量为 16.2593×10⁸m³/a, 承压水可开采资源量为 2.0172×10⁸m³/a。微咸水容积储存量 147.42×10⁸m³, 可开采资源量 0.4916×10⁸m³。全盆地地下水现状开采量为 0.9454×10⁸m³/a, 占全盆地可开采资源的 5.2%

(三) 存在的问题

新中国成立以来的水文地质工作取得了很大成就, 为保障柴达木盆地经济社会发展对水资源的需求提供了重要技术支撑, 发挥了突出作用, 但还存在一些需进一步调查研究的问题。

1. 全盆地地下水资源勘查与经济建设发展不相适应

柴达木盆地以其得天独厚的矿产资源、农业资源等优势已被国家正式列入重点经济开发与建设地区，并进入规模性开发阶段。盆地中大部分城镇、工业及农业区位于冲洪积平原中前缘，地下淡水资源丰富，生产及生活用水就地解决；而盐化工业基地均位于盆地中心的盐卤水分布区，地下淡水资源极缺，生产及生活用水极度困难，供水水源地只能选择在冲洪积平原中前缘，靠异地开采、远距离输水来解决供水问题。

地下水集中开采区是人类活动的密集区，也是重点经济开发区和生态环境脆弱区。目前全盆地地下水资料多沿用 20 世纪 80 年代完成的 1:20 万和 1:10 万区域水文地质普查成果，资料精度较低，且对大部分地区含水层结构和地下水资源数量与质量现状不清楚。随着柴达木盆地经济建设规模的扩大，对地下水的需求水平日益提高，地下水资源勘查工作明显滞后，已无法从战略的高度提出盆地地下水资源合理开发利用和保护的具体措施，严重制约着地区经济的发展。

2. 工作程度不平衡，勘探程度不均，水文地质资料参差不齐

1) 20 世纪 60 年代以来，在柴达木盆地南缘昆仑山前砾石平原和细土带，北缘祁连山山间中、小型次级盆地及主要城镇地区，先后开展过不同目的不同范围的 1:5 万或 1:10 万的水文地质勘查、供水水文地质勘察和水文地质研究工作，这些地区水文地质研究程度相对较高；在盆地大部分地区仅做过 1:20 万或 1:50 万水文地质普查工作，研究程度普遍偏低。

2) 已有的水文地质勘探孔多集中在山前大型冲洪积扇的中下部，扇间带及小型山前冲洪积扇群、细土平原带相对稀少，盆地西部极为稀零，这将影响到对地下水系统边界的处理与划分。

3) 受技术、手段的制约，地下水勘查的深度不够，勘探深度多限于 200 m 以浅，之下含水层系统结构、地下水资源及开发利用条件尚不清楚。

4) 因勘探目的不同，多数勘探孔抽水试验资料不甚齐全，多未进行分层抽水试验，部分参数计算方法不统一，参数取值人为性较大，所获水文地质参数参差不齐。这影响对整个盆地含水层结构及其水文地质参数的全面认识，对地下水资源评价的精度影响较大。

5) 盆地水文地球化学条件非常复杂，普遍缺少地下水质量分区、分层评价和微量元素资料。

6) 缺乏对“四水”转化和水资源的合理配置、“两库”及“两水”统筹兼顾、联合调度、合理开发利用方面的研究。

3. 地下水补、径、排条件已发生不同程度变化，部分资料已显陈旧

1) 由于平原区地下水大部分是由地表水补给形成的，而区域性水文地质普查工作大多是在 20 世纪 80 年代中期以前完成的，近 20 年来大规模的水利化建设使本地区地表水、地下水循环条件发生了明显变化，原有的部分资料已不能满足本次工作的需要，山前侧向补给量，河谷潜流量，地表水入渗量，水文地质参数等问题有待深入研究，以提高地下水资源计算精度。

2) 以往工作对山区地下水向平原边界侧向入渗补给量勘查研究薄弱，除格尔木南、冷湖、当金山口等局部地区做过勘查外，其余大部分地区未做此项工作。以往地下水资源评价时多未考虑侧向补给量。

4. 重点经济开发区水资源供需矛盾日益突出

柴达木盆地地下水资源较丰富，分布极不均匀；地下水系统很脆弱，供水水源地集中在冲洪积平原中前缘。随着工业化、城市化的推进，盆地冲洪积平原中前缘地下淡水资源开发强度不断加大，部分地区地下淡水资源日趋紧张—生态环境恶化—经济发展受阻，链式矛盾越来越突出，已成为制约盆地经济、社会发展的重要因素。

5. 资料分散，二次开发利用率低

前人取得的宝贵资料多分散在各个项目实施单位，难以系统集中汇总，限制了已有原始资料和成果资料的充分利用和共享。

三、工作方法与完成的工作量

项目组按照中国地质调查局下发的“全国地下水资源及其环境问题调查评价技术要求系列”和

“任务书”要求，始终遵循以充分收集、整理以往工作成果资料为基础，通过对以往各类勘查资料和研究成果的综合分析，找出以往地下水资源及其环境问题调查评价工作中存在的水文地质问题，结合国民经济建设所急需解决的水资源问题，合理部署各项工作，应用当代干旱区地下水资源及其环境问题调查评价的新技术、新方法和新理论，走水资源调查评价、物探、遥感、测试、试验及计算机应用等多技术、多手段相融合的技术路线，按期完成了柴达木盆地地下水资源及其环境问题调查评价。

（一）工作内容及方法

项目调查评价工作从2002年5月正式开展，按年度分为四个工作阶段，各阶段工作内容虽大致相同，但有所侧重（图2）。调查内容的选择坚持“有所为，有所不为”和“缺什么补什么”的原则，根据本地区的工作程度和存在的主要问题，选择了重点工作区和重点突破方向，为保证项目目标任务的顺利完成，自始至终参照“全国地下水资源及其环境问题调查评价技术要求系列”，开展了资料收集、立项、论证、设计、遥感解译、野外地面调查、勘探和室内资料综合整理等各项工作。

1. 资料收集

资料收集工作自2002年1月开始，从未间断，一直贯穿于项目的实施期。本次工作充分收集了柴达木盆地内已有社会经济、气象、水文、区域水文地质、环境地质、区域地质、地下水动态观测及各级政府水利、水电规划等方面的成果资料。

各类资料的获取方法是面向研究单位及有关部门进行收集和购买，并对钻孔资料和原始数据按统一格式及时建档和分类。

2. 立项论证

2001年9月，编写了“青海省柴达木盆地地下水勘查”地质调查项目申请书，2001年11月，在北京向中国地质调查局进行了汇报。

2002年9月16日青海省地质调查院接到中国地质调查局以《关于下发全国地下水资源及其环境问题调查评价项目工作内容指南的通知》后，组织有关工程技术人员，以“指南”为依据，编写了“柴达木盆地地下水资源及其环境问题调查评价”项目工作内容建议书。

按照中国地质调查局2002年12月中旬在石家庄召开的“全国地下水资源及其环境问题调查评价工作内容设计布置会”要求，2003年1月至3月26日期间，项目组再次编写了“柴达木盆地地下水资源及其环境问题调查评价论证”，并编制了相关附图。

3. 设计编写与评审

2002年4月28日，院接到中国地质调查局“地质调查子项目任务书”后，正式成立柴达木盆地项目组，于5月11日至6月15日期间，在深入分析柴达木盆地已有成果资料的基础上，编写了“柴达木盆地地下水勘查设计书”，并编制了设计附图。2002年5月20日青海省地质调查院邀请院内外有关专家对设计进行了初审，5月23~25日在西安地质矿产研究所组织的设计审查会上，经评定，设计质量等级属良好级。2003年3月26日院接到以中地调函[2003]75号文“下达《柴达木盆地地下水资源及其环境问题调查评价》项目”后，与中国环境地质监测院共同编写了“柴达木盆地地下水资源及其环境问题调查评价总体设计”和“柴达木盆地地下水资源及其环境问题调查评价年度设计”，编制了设计附图。设计完成后，2003年7月30日中国地质调查局西安地质矿产研究所在西安组织有关专家对年度设计书进行了评审，经综合评定设计质量等级为优秀级；2003年8月10日中国地质调查局在北京组织有关专家对青海地质调查院提交的总体设计书进行了评审，经综合评定，设计质量等级属优秀级，同意通过。年度设计和总体设计书经项目组认真修改后，于2003年8月27日报中国地质调查局认定、备案。

2004年6月10日，中国地质调查局和中国地质科学院水文地质环境地质研究所下达“中国地质调查局地质调查工作项目任务书”，项目组于6月中旬编写了“柴达木盆地地下水资源及其环境问题调查评价项目2004年度工作方案”，6月26日邀请青海省内专家对工作方案进行了初步评审，6月30日在石家庄经中国地质科学院水文地质环境地质研究所组织的专家评审会评审，工作方案质量等级为

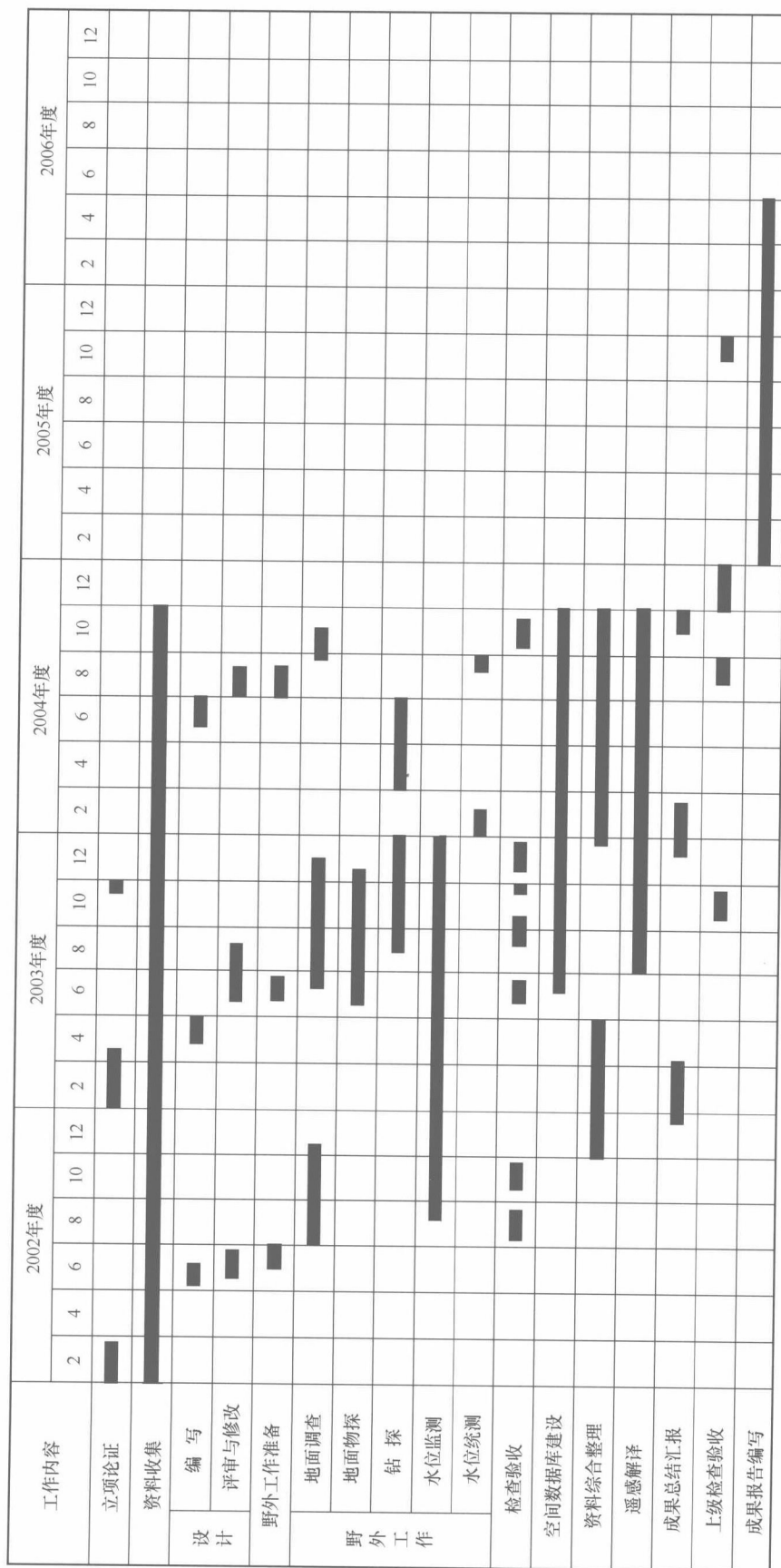


图 2 柴达木盆地地下水资源及其环境问题调查评价工作历程图

优秀级。工作方案按专家意见修改后，于 2004 年 7 月 28 日报中国地质调查局认定、备案。

4. 野外调查和勘探

(1) 地面调查

项目累计野外调查时间 375 天，占总工作时间的 41.4%。其中 2002 年 7 月 1 日至 11 月 3 日开展野外工作，历时 126 天，主要对盆地北缘的德令哈、尕斯库勒、马海、冷湖、乌兰等重点地段进行了综合水文地质重点调查，对全盆地地下水资源开采现状进行了初步调查，并设立了长观点。2003 年 5 月 20 日组织出队，11 月 25 日收队，野外工作历时 195 天；野外工作期间，对盆地南缘的都兰、香日德-巴隆、诺木洪、格尔木河中下游地区、那陵格勒河中下游地区、北盆地的大小哈勒腾河中下游地区和西盆地的阿拉尔地区等重点区开展了不同目的的重点调查工作，同时对区域上一般调查区和补充调查区进行了水文地质、环境地质调查。2004 年 8 月 18 日出队，至 10 月 8 日结束，历时 54 天；野外工作期间，对全盆地丰水期地下水水位进行了统测，复核调查了各城镇地下水的开采量，同时在德令哈、苏干湖、冷湖和花土沟四个重点工作区开展了不同目的的重点调查工作，主要通过浅井施工、采集岩土样和水样，对土壤次生盐渍化、地下水污染、区域地下水位下降、水质咸化等与地下水有关的环境问题进行了重点调查研究。2005 年元月份统测了柴达木盆地枯水期地下水水位。

本次调查工作按“技术要求系列”和“细则”要求，调查时统一了工作方法，采用统一制印的各类野外记录表，使野外工作规范化和标准化，并确保野外第一手资料的准确、翔实和可靠。选用中国人民解放军总参谋部测绘局 1971 年、1973 年第一版面 1:10 万航测多色地形图为野外工作手图和底图，地质基础资料采用最新的 1:50 万数字化资料；地面测绘采用手持式 GPS 对所有调查点进行了精确定位，为全部资料进行数字化管理和成果表达奠定了基础；水位测量采用万用表水位计，温度测量采用水银温度计，小流量泉、溪流采用三角堰测流量，大流量泉及河流采用流速仪或浮标法测流；界线的圈定采用路线穿越法，在野外对重要界线均进行了实地追索；对典型地质、水文地质和环境地质现象实测了剖面，并采集了岩土样和水样。

(2) 物探

2003 年度开展了物探工作，地面物探组于 5 月 10 日组织出队，11 月 22 日结束野外工作。野外工作期间，采用视电阻率法和激发极化法，完成了格尔木一小柴旦湖北和那陵格勒河中下游地区视电阻率垂向测深，小柴旦湖北、格尔木雷达营、阿拉尔河流域和那陵格勒河中游地区的激发极化测深工作，五个钻孔水文测井工作与水文地质钻探工作同步完成。

(3) 水文地质钻探

水文地质钻探工作于 2003 年 8 月 12 日后陆续开展，至 2004 年 6 月完成了设计的 5 个钻孔的水文地质钻探任务（表 2）。

表 2 项目施工完成的钻孔简表

孔号	孔深 m	位 置	N/E	施工单位
ZK1	300.95	小柴旦湖北塔塔棱河东岸	37°39'13.5"/95°28'17.6"	青海省水文地质工程地质勘察院
ZK2	523.03	格尔木市北雷达营	36°37'59.6"/95°01'45.5"	甘肃省煤田一四六地质队
ZK3	161.10	小柴旦湖北塔塔棱河东岸	37°40'42.0"/95°28'39.2"	青海省水文地质工程地质勘察院
ZK4	322.18	乌图美仁乡那陵格勒河东岸	36°55'59.9"/93°00'07.1"	青海省九零六地质工程公司
ZK5	308.20	花土沟镇阿拉尔河西岸	38°10'32.0"/90°36'8.6"	
合计	1615.46			

各钻探施工单位严格按《水文地质钻探规程》进行钻探、成井、抽水（涌水）试验和采样等工作，其中 ZK2 号钻孔系统采集了岩土样和测年样，每个孔抽水（涌水）试验结束后均封口。最后在德令哈、格尔木和大柴旦三个地区选择了便于保护的三个钻孔，安装了“WS-1040 地下水动态自动监测仪”，对地下水的水位和水温的动态变化进行长期、连续的自动监测。