

## （一）水文地质调查

工作思路与部署安排：继续在华北平原东部地区开展浅层地下水开发利用及典型地区 1:5 万水文地质调查示范。在华北平原、松嫩平原、银川平原、河西走廊、准噶尔盆地、鄂尔多斯盆地开展地下水动态调查评价及综合研究。对我国北方 11 个盆地地下水资源及其环境问题调查评价进行综合集成。开展华北平原、长江三角洲、珠江三角洲、淮河流域平原地下水污染调查评价。继续开展内蒙古、甘肃能源基地地下水勘查。开展西南岩溶石山地区重点岩溶流域和盆地 1:5 万水文地质环境地质综合调查，选择典型流域建立岩溶水开发和石漠化整治示范工程，提出岩溶水开发与环境地质整治方案。在东北、西北、华北、四川阿坝州地方病严重区，内蒙古河套高砷地区、陕西大荔县高氟水地区进行地下水勘查和供水安全示范。在四川省红层丘陵区继续开展地下水勘查和开发利用示范。

### 1. 全国地下水资源及其环境问题调查评价

#### （1）中国北方主要盆地地下水水资源及其环境问题调查成果综合集成

组织开展了中国北方 11 个主要平原（盆地）地下水资源及其环境问题调查评价成果集成出版稿的编辑工作。从区域调查成果集成、新技术新方法及应用、北方水工环战略三个方面进行综合。

#### （2）典型地区 1:5 万水文地质调查示范

完成 1:5 万水文地质调查 840 平方千米，地球物理勘探 500 点，水化学、同位素取样 186 组，GPS 工程点测量 25 点，抽水试验 64 台班。编写了 2 个图幅水文地质钻孔的详细设计和 1:5 万水文地质调查新技术、新方法应用研究及编图技术要求工作方案。

### 2. 中国北方主要平原（盆地）地下水动态调查评价

开展了农业开采量典型监测。对布设的 8 个农业开采量监测点，24 口农田灌溉井、8 口农村生活饮用水井、近 1000 亩农田的农田灌溉情况进行每日监测。监测点分布于北京大兴、天津武清、河北正定、河南鹤壁、山东莘县等地，分别代表了山前平原、中部平原、滨海平原 3 种典型地貌单元和地下水、地表水 2 种主要灌溉水源。编制了 40 余张地下水动态演化图件，比较详细地刻画了不同时期的地下水动力场特征及目前流场的形态特点。

开展了华北平原地下水超采初步评价。利用 2006 ~ 2007 年度开展的典型地区地下水超采评价指标研究成果和地下水调查监测数据 ,对全区进行了地下水超采初步评价。华北浅层地下水多年平均可采量为 212.65 亿立方米 ,2006 年实际开采量为 170.28 亿立方米 ,总体上未超采。华北平原浅层地下水超采区面积为 39392.9 平方千米 ,占华北平原总面积的 28.46%。严重超采区面积为 19958.93 平方千米 ,占华北平原总面积的 14.42%。华北平原深层地下水多年平均可采量为 20.26 亿立方米 ,2006 年实际开采量为 29.84 亿立方米 ,整体上处于严重超采状态。深层地下水超采区面积 77153.35 平方千米 ,占华北平原深层总面积的 62.69%。深层严重超采区面积为 29571.00 平方千米 ,占华北平原深层总面积的 24.03%。严重超采区主要包括河北的深州市、泊头市、沧州市、雄县和曲周县 ;山东的德州市、夏津县和临邑县 ;天津的宁河、静海和大港区。

### 3 . 珠江三角洲地区地下水污染调查评价

完成取样点布设与样品采集 225 组 ,其中地下水样品 204 组 ,地表水样品 18 组 ,土壤样品 3 组 ;完成野外调查 58 个点 ,其中潜在污染源调查点 42 个 ,新定污染地表水点 2 个 ,水文地质调查点 14 个。对 1:5 万调查区内的垃圾场进行系统调查核实 ,对区内 2007 年度广东省环境保护局公布的重点污染源环境保护信用管理评价结果中的红牌和黄牌企业进行核查 ,对区内主要污染河段进行复查。

开展了以地下水污染晕为探测目标体的环境地球物理调查研究。对广州七处典型污染场地开展了物探工作。涉及有垃圾场和油库入渗型污染源、污染河流型污染源、污水灌溉型污染源和可疑污染河流的监测。实际完成探地雷达剖面 19 条 ,其总长度为 3402 米 ;高密度电阻率法剖面 22 条 ,其总长度为 3082 米。查明测了区内所布剖面地下 10 米范围内地下水污染晕的分布 ;与已知水文地质和地下水采样分析结果对比 ,研究了各种地球物理调查方法的可行性 ,探索开展了相应环境地球物理有效技术措施。

### 4 . 长江三角洲地区地下水污染调查评价

#### ( 1 ) 江苏地区地下水污染调查评价

编制了野外实际材料图、污染源分布图、浅层水文地质图 ,潜水水文地质图 ;探索了 1:25 万区域地下水污染和 1:5 万重点区野外调查和采样方法 ,并进一步改

进现场测试技术。根据前期采集水样的测试结果，结合所收集的工作区内水质资料，对苏锡常地区区域地下水防污性能以及水质现状有了初步认识，基本查明污染源类型及分布特征。

## （2）浙江地区地下水污染调查评价

初步查明了杭嘉湖地区浅层地下水质量现状。工作区的浅层地下水质量评价结果表明，长江三角洲浙江地区浅层地下水为 III-V 类水，分别占 9.5%、51.7%、38.8%，整体水质较差。根据测试结果分析，将杭嘉湖地区浅层地下水水质污染类型划分为：原生型、人为污染型以及两者叠加型三大类，通过分析，发现两者叠加型所占比例达到 50.86%，原生型水质差的也达到 32.76%，完全属于人为污染型的约占 8%。

初步查明了浅层地下水污染现状。工作区浅层地下水中出现了四个污染级别：未污染、轻微污染、中等污染和严重污染。通过评价发现，区内浅层地下水以轻微污染为主。未污染点占 21.55%，轻微污染约占总取样点的 50.00%，中等污染和严重污染分别占 17.24%和 11.21%。无机污染与居民生活区分布存在一定的相关性，沿杭州—嘉兴沿线，经济发达，人口集中，污染相对明显。

初步查明了不同工业集中区对地下水的影响。无机指标，通过对不同工业集中区采样点和全区区域采样点的对比测试结果分析，表明不同工业区的以下指标浓度明显高于全区区域指标浓度，即为该工业集中区的特征污染指标。有机指标，通过质谱测试表明，印染废水和制革废水检出的主要有机污染物种类为有机氯类和多环芳烃，分别检出有机指标 13 项和 10 项，浓度较高的有机组分有 1,2,3-三氯苯、萘及菲、蒽等。

初步完成了杭嘉湖地区浅层地下水防护性能评价。通过改进的 DRASTIC 模型——DTRA 模型，对杭嘉湖平原区浅层地下水进行了初步评价，评价结果表明：地下水防护性能差和极差主要分布在杭州西南、余杭西北的岩溶山区或地下水补给区，另外海盐的钱塘江口由于地表岩性主要为粉砂或亚砂土，防护性能也较差。

开展温黄平原和宁绍平原地下水污染调查。完成温黄平原 1:25 万 1200 平方千米野外调查，浅层民井调查点 166 个，深井点 50 个，垃圾场 2 个，地表水点 11 个。并对路桥峰江街道电容器拆解区、黄岩区江口街道以及江北化工区进行了加密调查，初步制定了温黄平原浅层地下水采样计划。

### （3）长江三角洲地区地下水污染调查评价综合研究与专题研究

初步掌握了长江三角洲地区区域地下水有机污染组分和重点区地下水有机污染特征。结果表明：地下水有机物种类较多，检出率较高。其中地表水检出率较高的有 1,2-二氯乙烷、甲苯、二氯甲烷、三氯甲烷、苯、1,2-二氯丙烷、总六六六、 $\delta$ -BHC 和六氯苯；潜水检出率较高的有 1,2-二氯乙烷、二氯甲烷、苯、总六六六、 $\beta$ -BHC 和  $\alpha$ -BHC；微承压水检出率较高的有苯、二氯甲烷、1,1,1-三氯乙烷和溴仿。地表水有机污染物检出率明显高于浅层地下水和深层地下水，部分地下水样品有超标现象。通过对某加油站和某化工厂两个样点雨前雨后的样品分析发现，同一井点浅层地下水有机物在雨前和雨后检出结果有明显差异，雨后采集的样品有机物检出含量明显偏高。地下水有机组分检出高值点多分布在污染源附近，且具有不同的有机污染特征。

污染场地的调查成果：根据前期在南京某化工厂部分场地开展了物探和水文地质钻探工作，结合采集的水样分析结果，全面解释雷达探测剖面，研究发现该场地地下土层和地下水发生严重污染。通过对苏州平望开展的地下水污染调查，发现平望某化工厂区周围桑树田大量枯死，并有大量蚕种死亡现象。项目组针对性地对溧阳某化工场地开展了地下水污染调查，从地下水样检测结果来看，地下水中有有机物的检出率比较高，部分超 EPA 标准。在湖州某垃圾填埋场开展了地质雷达探测工作，根据雷达探测剖面解译发现场地污染物已经发生严重渗漏现象，其渗滤液主要沿着岩层薄弱面、溶蚀裂隙、溶沟、溶洞和断裂带渗漏，污染晕雷达图象呈现出弱反射的特征。表明地质雷达技术在探测垃圾填埋场渗漏有一定成效。

### （4）长江三角洲经济区地质环境综合研究与图系编制

初步修编了长江三角洲经济区工程地质图；长江三角洲经济区全新世和更新世海岸线分布图；沿江开发带地震、主要断裂及抗震设防烈度图；沿江开发带全新统易液化砂土分布图；沿江开发带全新统软土埋深分布图；长江三角洲经济区地裂缝现状图；长江三角洲经济区海岸线侵蚀、淤积、稳定状况图；沿江开发带地质灾害易发性分区图；江苏、浙江部分城市建设用地扩张演变图等。在收集资料 and 对比分析相关区划研究的基础上，开展了上海和南京两市地质环境功能区划方法研究，形成了地质环境功能区划工作框架。

## 5. 淮河流域平原地区地下水污染调查评价

### (1) 安徽平原地区地下水污染调查评价

在淮河干流,蚌埠段;颍河,阜阳段;涡河,涡阳段进行地下水(地表水)取样调查。已经完成沿河剖面取样的样品分析,从分析结果来看,超标项目主要为无机指标,包括 Al、Pb、Fe、Mn、 $\text{NH}_4^+$ 、 $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{NO}_2^-$ 、 $\text{F}^-$ 、 $\text{COD}_{\text{Mn}}$ 、总硬度、溶解性总固体,以及挥发性酚类。颍河、涡河的氨氮( $\text{NH}_4^+-\text{N}$ )含量超过地表水类水标准,淮河沿岸地下水中的铁,颍河沿岸地下水中的铁、 $\text{NO}_3^-$ 、总硬度,涡河沿岸地下水中的  $\text{NO}_3^-$  都超过了地下水类水标准。各项有机指标(除挥发性酚类外)皆未超标,在沿河剖面样品中,从有机标各类别来看,卤代烃中有 4 项有检出,分别是二氯甲烷、三氯甲烷、顺 1,3-二氯乙烯、四氯乙烯,其中后二项在淮河干流(沿岸)未检出,四氯乙烯在涡河(沿岸)未检出;正丙苯和叔丁苯仅在淮河干流(沿岸)有检出;氯代苯共分析了 5 项指标,包括间、对、邻一二氯苯,1,2,3-三氯苯、1,2,4-三氯苯,除最后一项在颍河(沿岸)、涡河(沿岸)未检出外,其余在各河流(沿岸)都有检出;多环芳烃类本次共检测了 12 项指标,其中淮河干流(沿岸)检出 11 项,颍河(沿岸)检出 9 项,涡河(沿岸)检出 6 项。

### (2) 江苏平原地区地下水污染调查评价

完成污染调查评价(淮河流域)防污性能评价所需中间性图件:包气带岩性图、地形地貌分区图、地下水等水位线图基础性图件的编制工作;研究发现了一些污染规律:潜水中有机污染物枯平水期水质要好于丰水期。如二氯甲烷含量平水期(0.1~2 微克/升)远低于丰水期(5~13 微克/升)。经分析发现污染物含量较高的水井附近往往有小型排污沟分布。如潜水样苯、甲苯等含量达到类水标准的分别有 5 组、7 组较高样品(但没有超过饮用水标准)。污染水点往往位于污染源地下水径流的下游。

### (3) 淮河流域平原地区地下水污染调查评价综合研究与专题研究

对 2007 年淮河流域各工作单位调查成果进行综合研究。从整体上分析,地表水污染较为严重,地下水源地的水较好。检出组分最多的为单环芳烃类,超标最严重的为苯。深层地下水虽然总体上较好,超标组分较少,但有机物检出也较为普遍,所以深层地下水的有机污染不容忽视。对淮河流域平原区内的主要水源地进行了调查评价,评价了水源地的水质状况及开采潜力。其中大多数水源地地

下水中三氮（硝酸盐、亚硝酸盐、氨氮）或五项毒物（挥发性酚、氰化物、汞、六价铬、砷）未检出，而主要超标组分则为铁、锰、溶解性总固体和氟化物，多由原生环境所致，现状条件下城市水源地地下水环境遭受人为污染尚不明显。

对 2007 年淮北市地下水调查及取样分析结果进行了综合评价。通过调查分析，区内可以分出三个规律明显的典型污染地段。

## 6. 华北平原地下水污染调查评价

### （1）华北平原地下水安全与可持续利用

开展了水资源承载力的影响因素分析，认为影响水资源承载力的主要因素包括：水资源系统、社会系统、经济系统和生态环境系统。初步开展评价指标体系设计。根据水资源社会经济系统结构关系和承载力指标设计指导思想，将承载力指标设计分成宏观指标和综合指标两大类。宏观指标用区域水资源能够支持的经济规模和人口数量来表示；综合指标可以分成承载力指数和协调指数的两个分项指标，其中承载力指数由支持力指数和压力指数构成。在京津唐地区地下水合理利用模式与区域发展研究方面。分析了京津唐平原区地下水资源现状。京津唐平原区地下水资源分布规律为由山前平原向滨海平原减少。山前地区，天然资源模数 $>20$  万立方米/平方千米，开采资源模数 $>15$  万立方米/平方千米；中部平原天然资源模数 10 万~20 万立方米/平方千米，开采资源模数 $>5$  万~15 万立方米/平方千米；滨海平原天然资源模数 0~10 万立方米/平方千米，开采资源模数 0~5 万立方米/平方千米。从行政分区看，北京市地下水资源条件最好，唐山次之，天津市最差，而从地下水超采情况看，唐山市超采最为严重，北京市次之，天津市基本处于采补平衡状态。调查分析了京津唐地区地下水利用结构。农业是京津唐地区地下水的用水大户，农业灌溉开采地下水占地下水总开采量的一半以上。以 2000 年为例，北京市地下水总供水量为 27.15 亿立方米，农业用水开采占 50%，工业用水开采占 19%，生活用水开采占 31%；天津市地下水总供水量为 8.23 亿立方米，农业用水开采占 58%，工业用水开采占 25%，生活用水开采占 17%；唐山市地下水总供水量为 19.97 亿立方米，农业用水开采占 66%，工业用水开采占 14%，生活用水开采占 20%。初步分析了地下水对区域发展的支撑作用。地下水在京津唐地区区域发展中发挥了重要的支撑作用，北京、天津和唐山的地下水开采在总供水中的比例分别为：68%、36%和 74%。其中，北京

市地下水资源支撑着 82%的农业用水、49%的工业用水和 65%的生活用水；天津市地下水资源支撑着 39%的农业用水、38%的工业用水和 28%的生活用水；唐山市地下水资源支撑着 72%的农业用水、68%的工业用水和 87%的生活用水。初步剖析了地下水利用与社会经济发展的关系及地下水利用中存在的问题。社会发展与地下水资源分布不匹配，人口和工农业分布过分集中是地下水超采的主要原因，京津唐地区的人口和工农业生产主要集中于市区及其周边地区，也是地下水降落漏斗。根据 2005 年统计数据，北京市 61%的人口和 71%的地区生产总值集中在城区及近郊区；天津市 56%的人口和 76%的地区生产总值集中在城区及近郊区；唐山市 41%的人口和 46%的地区生产总值集中在城区及近郊区。水资源利用效益不平衡是工业挤占其他行业用水的经济驱动因素，在京津地区目前的用水水平和节水水平下，每增加 1 方水用于农业灌溉所增加的效益为 1.6 元，用于工业所增加的效益为 4.1 ~ 6.5 元。初步分析了未来供需平衡下，地下水的作用。在充分考虑外域调水、污水回用、工农业节水和海水淡化等未来条件下，到 2010 年，如遇平水年北京、天津地区供需稍有剩余，若遇枯水年，京津塘地区仍然面临缺水问题。到 2030 年，平水年，北京和唐山地区供需基本平衡，而天津地区缺水 4.4 亿立方米，若遇枯水年，京津地区的供需缺口将进一步增大。从地下水所占比例看，平水年地下水在总供水的比例下降，而在枯水年地下水所占比例上升，反映了地下水系统对丰枯的调节作用，因此，通过丰水年地下水回灌或压采，一方面可以使多年超采的含水层得以恢复，另一方面可以将余水储存起来，在枯水年开采利用，以缓解京津唐地区的供需矛盾，特别是遭遇连续枯水或特枯年，地下水将发挥重要的调节作用。

## （2）地下水污染调查评价技术方法研究与信息系统建设

地下水有机污染分析及采样方法研究。提出与《地下水质量标准》配套的有机污染物分析方法体系；通过实验建立各分析方法中各分析项目的  $RSD \sim \rho$  和  $R \sim \rho$  关系式，为实验室选择分析方法提供依据。水土污染自然衰减调查评价。完成 30 米深包气带剖面 and 地下水化学、同位素和微生物分析；完成枯水季节地下水样采集，进行分子生物学检测技术有关文献资料收集，专家咨询，签订协议等；进行分子生物学检测培训，开展分子生物学检测条件试验。滹沱河冲积平原地下水污染调查。完成区域地下水污染调查面积 4000 平方千米，分成三个调查组，完成以石家庄为中心的重点城市区、滹沱河以北区和滹沱河以南区三个研究

区的调查。信息系统和数据库建设。根据地下水污染调查工作中数据库建设情况，不断完善地下水污染调查数据库录入软件；完善地下水污染调查数据管理与综合分析系统。

### （3）典型污染场地土壤与地下水调查技术与评价研究

完成“污染场地土壤与地下水调查评价技术要求”的初稿。对2007年取得的原始数据，进行了系统整理、分析，编写了2007年度阶段成果报告。取得的新认识有：发现厂区两个油品加工车间呈网络状分布的地沟系统是重要的污染源区之一。其管道系统展布的区域，是场地土壤污染最为严重的区域之一。这两个隐蔽的污染系统和其他几个可见的污染区域，构成了石油类污染场地污染源区。用便携式测气仪现场测试，以及一定深度的取样定量分析结果均显示，不同类型的污染源（如地沟系统与油池系统），其污染底界深度不同（油池系统22~25米，地沟系统27~32米）。并结合钻孔揭露地下水的埋深（18.0m左右）分析认为，在不足400平方米的地面污染区域，地下水污染羽的底部深度可相差10余米。初步统计发现，VOCs在砂性土层的浓度梯度小，扩散范围大；而在粘性土中浓度梯度大，扩散范围小，VOCs在两种岩性中扩散浓度梯度相差2~3倍。通过对污染源区包气带土层VOCs气体测量，并对比分析浓度分布特征，认为石油类污染场地土层可能存在三种污染方式：淋滤污染型（地面及近地表有污染源），近源扩散污染型（距地面污染源3~5米处有污染源）和地下水污染羽挥发污染型（地面没有污染源，污染源是远处受污染的地下水）。

### （4）地下水污染测试技术研究

对2007年承担全国地下水污染调查评价样品有机分析任务的8个实验室，进行了有机分析结果的检查验收。对2007年承担全国地下水污染调查评价样品无机分析任务的6个实验室，进行了无机样品分析质量现场抽查。无机组分分析总体质量满足要求，质量控制数据齐全，但也存在用于校准曲线的标准物质同时用做同批次的质量监控、加标回收的浓度与测试样品的浓度不匹配、容量法、分光光度法测定指标缺少准确度控制数据、个别实验室镉砷硒锌等元素的报出限高于《地下水污染调查评价规范》规定的目标检出限要求等问题，同时实验室内的精密度控制鲜有安排不同人的重复检查。

继续地下水污染调查评价样品分析远程实时质量监控管理系统的建设和应



用。使用电子邮件的方式进行了远程质量监控,效果良好。对国家地质实验测试中心、地下水矿泉水及环境监测中心、河北省水环境监测实验中心、华东矿产资源监督检测中心、南京矿产资源监督检测中心、杭州矿产资源监督检测中心、安徽矿产资源监督检测中心等 7 个实验室提交的 146 个实时监控样品进行远程质量监控,每个样品 23 个监控项目的一次合格率为 83%~100%,其中一次合格率大于 90%的监测结果为全部结果的 95%,达到了预期目的。目前正在联系和策划使用网络软件系统技术进行远程实时质量监控。

#### (5) 全国地下水污染调查评价综合研究

完成了 1:25 万野外调查 4000 平方千米,取样 228 组。组织召开了“地下水数据库建设及野外信息采集方法研讨会”,研讨了地下水污染数据处理和地下水污染评价方法,并进行了地下水污染数据库软件与地下水野外数据采集系统的使用方法培训,为地下水污染数据的处理和下一步的污染评价提供了数据平台。

### 7. 地方病严重区地下水勘查及供水安全示范

#### (1) 四川阿坝州地方病严重区地下水勘查及供水安全示范

搜集了工作区部分地质、水文、矿产、地质灾害等报告和图件 8 份,有关大骨节病研究的论文 30 余篇,并对有关论文进行了初步分析,对工作区的地质环境条件有了一定了解。初步完成 1600 平方千米多时相、多数据源遥感图像处理,包括正射纠正、镶嵌、裁切等。结合 ETM 与 SPOT 数据对若尔盖示范区进行的初步遥感解译,解译内容包括居民点分布、地质构造、地貌分区及水系等。

#### (2) 华北地方病严重区地下水勘查及供水安全示范

查明了南蛟村工作区区域地层条件,区域构造分布特征,区域水文地质条件。根据地质构造形态、岩性,地下水流场及岩层的富水性等划分水文地质区、亚区、段。区域上划分为两个水文地质区,即单斜断块盆地溶隙水区和山前低丘垅岗孔隙水区。单斜断块盆地溶隙水区又分为涉县合漳西达溶隙水亚区和峰峰黑龙洞溶隙水亚区;峰峰黑龙洞溶隙水亚区又进一步划分为寒武奥陶系灰岩溶隙弱含水段和奥陶系灰岩溶隙水中度含水段。通过详勘,确定孤峰、南沟和北沟三个地段为供水前景靶区,其中北沟为三个勘查重点地段的最优选择。孔深设计 430 米,位于北东向断层东侧与北西向断层交汇处。

### (3) 全国地方病严重区地下水勘查与供水安全综合研究

在大同、太原盆地等地区从区域尺度上对地方病与地质环境关系进行了深入研究,取得了一系列成果。在大同盆地,从地球化学和环境磁学探讨了高砷地下水中砷的来源,对砷中毒区地下水的水化学特征,含水层中微生物对砷迁移的影响,高砷地下水氧化还原元素地球化学及硫同位素等方面进行了深入研究。在太原盆地,研究了区域土壤中碘的分布特征,地下水中碘的存在形态,地下水中砷的分布情况,含水层结构与井水中碘含量的关系等。在水质快速检测技术,成井工艺,高砷地下水水质改良技术等方面,对地方病区地下水勘查技术方法进行了研究。

## 8. 西南岩溶石山地区地下水及环境地质调查

### (1) 贵州省重点地区岩溶流域水文地质及环境地质调查

查清了地下水的补给、迳流、排泄条件。岩溶地下水的补给主要来源为降雨,而与砂页岩交界的地区侧向地表水补给也是很重要的一个方面。区内以六冲河为最低排泄基准面,大部份地下水由南西向北东方向运移,降雨补给是一种间歇性形式,补给强度与降雨强度和频率有关。查明了区内主要分布的地下河有 9 条,总长度为 120 千米,其中以长冲响水岩地下河发育规模较大,单管长度在 21 千米以上。总汇水面积 307 平方千米。区内岩溶地下水资源丰富,但分布极不均匀,主要以集中的管道流为主,集中分布于区内各地下河系中,以长冲响水岩、板桥富阳地下河、三甲尖山谢家桥地下河系及织金县城一带水资源最为丰富。上述地下河枯期流量分别为 65 升/秒、120 升/秒、85 升/秒。织金县城的遇龙潭大泉枯期限流量达 230 升/秒。查明了区内的主要地质灾害以洪涝灾害为主:由于气候、环境和地质结构等因素,岩溶浸没内涝灾害问题具有区域性,主要分布于岩溶峰林谷地及封闭型洼、谷地中。在这些地带岩溶发育呈典型的二元或多元结构,“三水”相互转化迅速,夏季洪水期间极易产生浸没性内涝,每年一次到数次,而且延时较长,区内共受灾面积约为 800 亩左右,主要分布在茶店乡的水淹坝一带。查明了区内石漠化分布现状:本测区由于地处云贵岩溶高原斜坡带,地形高差大、地势陡峻,土壤瘠薄,而且岩溶峰丛山区的居住人口较多,农村生产、生活所依赖于岩溶洼地及坡地中不连续分布的土壤资源。在人口压力不断增大的情况下,岩溶山区的森林覆盖率总量低于 5%。与区内非岩溶区相比岩溶区的植被覆盖率

不到非岩溶区平均值的 50%；林木砍伐、开荒垦殖加重该区的石漠化。石漠化主要分布在八步新利、三石的石头、茶店的永华和同井，总面积约在 20 平方千米。流域内地下水开发利用主要以岩溶泉及地下河出口为主要水源地，据统计开采量为 25 万立方米/年，开发利用方式为“提、截、引、蓄”等；由于区内地下水资源分布不均，大部份地区，特别是岩溶峰丛洼地及峰丛谷地区缺水严重，如茶店的同井、永华；官寨乡的高寨；中寨的核桃园；纳雍乡的鼠场；八步镇所在地等，枯季均严重缺水。

## （2）云南省重点岩溶流域水文地质及环境地质调查

环境地质钻探。施工 20 米深的浅孔 42 个，40 米深的浅孔 5 个，勘探线主要自碧鸡镇向南东至呈贡以北。因综合研究程度较低，主要取得以下成果：土层分布特征。经钻孔揭露，土层总体上属全新统湖相、湖沼相沉积，因沉积环境的差异，不同地段有所不同。水文地质参数。钻探工作共施工了 22 个单孔和 5 个孔组，因含水层分布特征的不同，决定了不同地段水文地质参数的差异，根据钻孔编录结果，暂将目前钻孔所形成的勘探线分成 2 段，第一段为碧鸡关隧道口—渔户村，为草海外围，第二段为渔户村—小新村，为滇池内海东岸。地下水动态。地下水动态主要通过地下水位监测取得，目前已经对成井的钻孔实施了监测，频率为 10 天/次，大部分钻孔仅监测了 1~2 次，水位与成井时所测得的静止水位基本相同，水位 0.1~5.1 米。1:5 万水文地质及环境地质调查。分别调查了上蒜、观音山、大新册—小海晏、阿子营、白邑、小营等富水块段以及马军、黄龙潭、河东、大龙潭等岩溶水集中排泄带。

## （3）岩溶地下水监测与环境敏感性评价

开展了寨底、延村、毛村地下河和龙门、乌龙岩溶泉水文地质和有关土地利用等方面野外初步调查。对寨底、延村、毛村地下河和龙门、乌龙岩溶泉每月进行野外取样，主要为水样常规化学组分，包括全分析+酚酞分析水样 20 个和寨底、毛村地下河系统内简分析+三氮+ $\text{PO}_4^{3-}$ 分析水样 30 个。完成了一次野外 24 小时暴雨动态监测。在毛村进行了两个场次的完整暴雨观测，分析了暴雨过程中的水化学变化及水土流失过程。采集样品水化学样品 105 件，泥沙分析样品 200 件。

在官村除进行地下河自动化监测外，还进行了官村流域水文地质、表层岩溶带和土壤等的野外调查，通过三种方法研究官村地下河流域的地下水脆弱性，一

是长时间尺度的,通过在出口设立水化学和降雨量自动化监测;二是短时间尺度的,是在多个暴雨事件加密取样观测;三是进行地下水脆弱性评价编图。

对广西乐业、巴马和桂林等地 4 个洞穴滴水进行了季节及半月动态监测,现场滴水物化测定 300 件,采取滴水同位素样 300 件及采取现代碳酸盐沉积样 100 件同位素,采土壤 30 件。获得石笋样品 8 件。同时还进行了暴雨效应监测。

#### (4) 西南岩溶石山地区重大环境地质问题及对策研究

对广西和云南岩溶石山区的主要环境地质问题进行了初步总结。云南主要表现为地下工程活动诱发的岩溶环境地质问题,包括地下采矿、交通隧道开凿、输水隧洞开凿、地下水开采引起的地质环境问题;废弃物排放引起的岩溶环境地质问题,包括经济相对较发达石山区的地下水污染和山间盆地区耕地土壤的污染;土地开发引起的岩溶环境地质问题,主要是滇东、滇东南水土流失严重的岩溶山区石漠化及暗河淤塞。除石漠化和岩溶干旱问题外,广西的主要环境地质问题表现为城镇及矿产资源开发(有色金属矿、锰矿、铝土矿等)造成的水质污染和大型水利工程建设(红水河流域 10 个梯级电站、贵阳 - 广州高速铁路)引发的重大环境地质问题。在持久性有机污染物(POPs)研究方面,通过桂林郊区大岩洞及广西乐业天坑多介质(大气、土壤、沉积物和地表地下水)有机氯农药(OCPs)和多环芳烃(PAHs)这两类环境优先控制污染物的调查与测试分析,POPs 的四大特性,即难降解、生物蓄积性、半挥发性和高毒性,在岩溶区表现出其特有的“陷阱效应”。洞穴、天坑、洼地(谷地)等岩溶地貌对环境中的有机污染物起到了“被动采样器”的作用,即类似于“陷阱”,其中洞穴土壤中 PAHs 的陷阱效应最为显著。

#### (5) 西南岩溶石山地区环境地质调查综合集成和图系编制

掌握了石漠化形成的主要机制,石漠化是碳酸盐岩地区特有的生态环境问题,其形成和发展与脆弱的岩溶地质环境密切相关。岩溶强烈发育导致地表水严重漏失,造成了地表的缺水干旱;岩溶石山区成土速度慢、土层薄、土质差,水土资源配置不合理,土地单位面积产出率低,导致贫困,毁林开荒、滥砍乱伐等不合理的人类活动。以上自然条件和人类活动是石漠化形成的主要原因。指出了石漠化综合治理中的存在问题。一方面服务于石漠化治理工程的地质调查工作滞后,已完成的 1:5 万水文地质综合调查面积仅占西南岩溶区总面积的 9.28%;二方面指导石漠化综合治理的示范工程不够;三是石漠化治理工程对地质条件重视

不够；四方面石漠化治理的科技支撑体系不够完善，石漠化综合治理的有效模式和技术体系还有待完善。

通过岩溶地下河已有调查资料的总结和补充调查，掌握了区域性地下河系统分布状况，编制了 1:200 万岩溶地下河分布图，为西南岩溶区地下水与环境地质调查研究提供了基础资料。西南岩溶地区，由于碳酸盐岩层中溶蚀作用强烈，导致大气降水和地表水快速渗漏到地下，地表水系不发育，地下则发育了 3000 多条地下河，总长度约 1.4 万多千米，汇水面积约 30 万平方千米，枯季径流量达 470 亿立方米/年，相当于黄河的径流量。地下河水资源量占该区地下水总量的 70%，开发潜力巨大。