

doi: 10.19388/j.zgdzdc.2017.01.01

引用格式: 夏日元, 蒋忠诚, 邹胜章, 等. 岩溶地区水文地质环境地质综合调查工程进展[J]. 中国地质调查, 2017, 4(1): 1-10.

岩溶地区水文地质环境地质综合调查工程进展

夏日元, 蒋忠诚, 邹胜章, 曹建华, 覃小群, 苏春田, 罗为群, 周立新
(中国地质科学院岩溶地质研究所/国土资源部、广西区岩溶动力学重点实验室, 桂林 541004)

摘要: 近年来, 由中国地质调查局组织实施的“岩溶地区水文地质环境地质综合调查”工程, 按阶段任务目标, 基本查明了我国南方岩溶区岩溶地下水资源赋存分布规律和开发利用潜力, 发现了石漠化、地下水污染、内涝灾害等环境地质问题, 揭示了岩溶作用对油气资源、矿产资源、岩溶旅游资源、碳循环和环境地质问题的控制机制, 启动了“全球岩溶动力系统资源环境效应”国际大科学计划, 在岩溶动力学理论、岩溶石笋高分辨率测年、岩溶人工增汇和岩溶地下水探测等方面实现了重大科技创新。建立的不同类型区岩溶地下水富水模式、成井模式、有效开发利用模式以及石漠化区综合治理模式, 经实践表明具有推广应用价值, 可为岩溶水资源可持续开发利用、石漠化综合治理、地下水污染防治和岩溶贫困区脱贫攻坚提供技术支撑。

关键词: 岩溶地区; 水资源; 岩溶动力学; 石漠化; 碳循环

中图分类号: P641; X14

文献标志码: A

文章编号: 2095-8706(2017)01-0001-10

0 引言

我国南方岩溶区分布面积约 346 万 km², 超过了全国陆地面积的三分之一^[1]。岩溶地区赋存有丰富的水资源、油气资源、矿产资源和旅游资源, 但由于岩溶发育的复杂性, 这些宝贵的资源并没有得到有效利用, 而且干旱缺水、石漠化、地下水污染等生态环境问题突出, 严重制约了区域社会经济的可持续发展, 使许多岩溶地区成为全国最贫困的地区之一^[2]。促进岩溶地区的经济发展、生态文明建设和脱贫攻坚, 亟需查明岩溶地区的水文地质和环境地质条件, 为资源的有效开发利用提供依据, 为严重缺水居民生活和经济发展提供水资源保障, 为生态环境治理和保护提供技术支撑^[3]。因此, 开展岩溶地区水文地质环境地质综合调查具有十分重要的意义。

近年来, 在国土资源部的正确领导和财政部的

大力支持下, 中国地质调查局会同相关省级人民政府及其国土资源主管部门, 组织实施了一系列岩溶地质调查项目, 相继完成了 1:25 万水文地质环境地质调查 78 万 km², 1:5 万水文地质调查 30 万 km², 1:5 万岩溶塌陷调查 3 万 km², 建立了 10 处石漠化综合治理示范区, 调查具有开发价值的岩溶洞穴和天坑 3 000 多处, 在有效服务于区域经济社会发展方面取得了突出成就; 在岩溶动力学理论、岩溶石笋高分辨率测年、岩溶人工增汇和岩溶地下水探测等方面实现了重大科技创新; 牵头承担了国际地质对比计划, 建立全球岩溶碳循环监测站, 为推动全球岩溶合作研究与交流做出了重要贡献。

“岩溶地区水文地质环境地质综合调查”工程(以下简称工程)是中国地质调查局组织实施的“地质灾害防治与地质环境保护支撑计划”的重要组成部分, 其核心目标是查明岩溶地区水资源赋存分布规律, 揭示岩溶作用对油气资源、矿产资源、岩溶旅游资源、碳循环和环境地质问题的控制机制,

收稿日期: 2017-01-03; 修订日期: 2017-01-09。

基金项目: 中国地质调查局“岩溶地区水文地质环境地质综合调查工程(编号: 5.9)”、“西南岩溶地区水文地质环境地质综合研究(编号: 1212011121157)”、“西南典型岩溶地下河调查与动态评价(编号: 1212011220959)”、“典型岩溶地下河系统水循环机理监测与试验(编号: 201411100)”及“红水河上游岩溶流域 1:5 万水文地质环境地质调查(编号: DD20160300)”项目资助。

第一作者简介: 夏日元(1963—), 男, 研究员, 博士, “岩溶地区水文地质环境地质综合调查工程”首席专家, 主要从事岩溶水文地质调查工作。Email: xiariyuan@karst.ac.cn。

为保障国家能源资源安全和生态文明建设提供地质依据。本文将围绕这一主线,对该工程的总体目标任务、工作内容、科技创新目标进行阐述,分享阶段工作进展与成果,提出今后工作设想。

1 总体目标任务

工程以服务“全球岩溶动力系统资源环境效应”国际大科学计划、建立“岩溶地球”大数据平台为指导思想,破解岩溶水资源开发利用和环境治理难题,拓展服务领域,提高服务水平;深化岩溶碳汇调查和人工增汇技术研究,开辟碳减排新途径,为应对全球气候变化做出积极贡献;瞄准国家保障水安全和岩溶地区重大社会需求,针对岩溶地区干旱缺水、地下水污染和石漠化等问题,开展1:5万水文地质环境地质综合调查和岩溶碳循环调查,查明岩溶水文地质条件和存在的环境地质问题,为岩溶水资源开发、石漠化综合治理、地下水污染防治、贫困区脱贫攻坚等提供技术支撑。

2 主要工作内容

(1)开展典型岩溶流域1:5万水文地质环境地质综合调查面积7.5万 km^2 ,查明岩溶水文地质条件和干旱缺水、石漠化等环境地质问题。

(2)进行岩溶水资源开发利用潜力和地质环境承载力评价,论证岩溶地下水开发利用条件,进行地下水开发利用区划。

(3)开展典型岩溶流域碳循环综合环境地质调查和岩溶石笋、湖泊沉积记录地质研究,计算地质碳汇通量,为应对全球气候变化提供科学依据。

(4)建立岩溶地区水文地质、环境地质数据库和信息系统,提供岩溶地质、水文地质和环境地质等数字化服务产品。

(5)建设国际岩溶研究中心等科技平台,培育岩溶动力学国家重点实验室,培养有国际影响力的岩溶专业人才队伍。

3 科技创新目标

(1)发展岩溶动力学理论,有效解决岩溶区重大资源环境问题。

(2)创新流域尺度岩溶碳循环研究方法,研发

人工干预固碳增汇技术。

(3)探索多重介质岩溶地下水资源评价新方法,合理开发利用岩溶水资源。

(4)揭示岩溶地下水污染防治机制,提出矿山环境治理新途径。

4 预期主要成果

(1)获得100多个典型岩溶流域水文地质环境地质调查基础性成果与数据库;编制一批全国性岩溶水文地质环境地质综合性图件。

(2)提出一批岩溶地下水水源地,为1100万人提供水源保障。探采结合,直接解决30万人的饮用水问题;圈定30处 CO_2 地质储存目标靶区,总有效储存潜力达到30亿t。

(3)编写为国家决策服务的岩溶地质调查专报,制订地下岩溶探测、岩溶环境整治、碳汇和碳储关键技术规程,建立岩溶地区水文地质环境地质数据库和信息系统。

(4)形成岩溶碳循环与应对全球气候变化、岩溶水资源开发与利用、岩溶生态与石漠化治理、岩溶景观与洞穴研究4个业务团队,培养高层次专业人才6~8人。支撑联合国教科文组织国际岩溶研究中心、岩溶动力系统与全球变化国际联合研究中心、国际大科学计划和岩溶动力学国家重点实验室四大平台。

5 工程进展与阶段成果

5.1 启动了“全球岩溶动力系统资源环境效应”国际大科学计划

“全球岩溶动力系统资源环境效应”国际大科学计划是一项重大国际科技行动计划,将以地球系统科学和岩溶动力学理论为指导^[3],建立全球岩溶环境监测网络,研究和查明全球不同岩溶动力系统类型的碳、水、钙循环规律和资源环境效应,突破岩溶关键带资源环境科学问题的瓶颈,创新岩溶资源勘探开发、岩溶环境治理与保护科学技术体系,创建全球岩溶资源环境信息平台,各国共绘全球岩溶一张图,为人类提供全球岩溶公共服务信息,为不同类型岩溶地区资源可持续利用、岩溶环境治理与保护提供科学依据。该计划的实

施,对于推动岩溶领域国际合作及重大科技创新,促进全球岩溶资源的可持续利用和环境的可持续发展具有巨大意义。在大科学计划启动仪式上,工程发布了《中国岩溶地质调查报告》和《西南岩溶石漠化综合治理地质调查报告》;系统总结了有效服务区域经济与社会发展,解决人畜饮水困难、石漠化治理示范、洞穴探测、碳汇调查、塌陷易发区评估和岩溶油气储层评价等 6 方面突出成就;梳理了国际岩溶合作与岩溶科技创新等方面的重要成果。

5.2 完善和发展了岩溶动力学理论方法

工程从全球尺度着眼,瞄准解决重大资源环境问题,深入研究和系统总结岩溶区碳、水、钙在地球多圈层(大气圈、水圈、生物圈和岩石圈)中的互馈机制与动态循环演化机理,完善和发展了岩溶动力学理论,为有效解决岩溶区重大资源环境问题提供了理论指导,为全球气候变化研究提供了技术指导^[4]。

石笋、冰芯、黄土和湖泊沉积物是研究地质历史气候记录的主要载体。国际上利用冰芯记录历史气候的技术相对比较成熟,精度很高,但利用石

笋的高精度技术尚未完善。本工程采用微区取样技术,在 1 mm 长度石笋样品中截取 10 个以上有效测年样屑,通过同位素微量测试,准确获得了石笋中记录的季节尺度历史气候变化信息,恢复重建了高精度的古气候和古环境变化历史,为预测未来气候变化趋势提供了科学依据。

目前,国际上主要从全球尺度研究岩溶碳循环的宏观过程,其碳汇效应评价方法重点关注输入和输出项,评价对象仅为无机碳,很少研究中间循环过程,要素少,精度低。本工程通过研究流域尺度的岩溶碳循环,关注碳循环的整个过程(图 1),评价对象包括有机碳和无机碳,评价精度相对于国际通用方法提高了 50% 以上^[5-6]。国际上现在普遍采用的固碳增汇技术主要为直接对碳酸盐岩进行简单的人工干预,固碳增汇能力较低;而本工程则研发了陆地植被、土壤改良、引入外源水和沉水植物 4 种人工干预固碳增汇技术,其固碳增汇能力提高了 10 倍以上。

岩溶地下水主要赋存于地下岩溶管道和洞穴中,分布极不均匀,对其进行精确探测是世界难题。目前,国际上对岩溶地下水的探测还主要采用传统

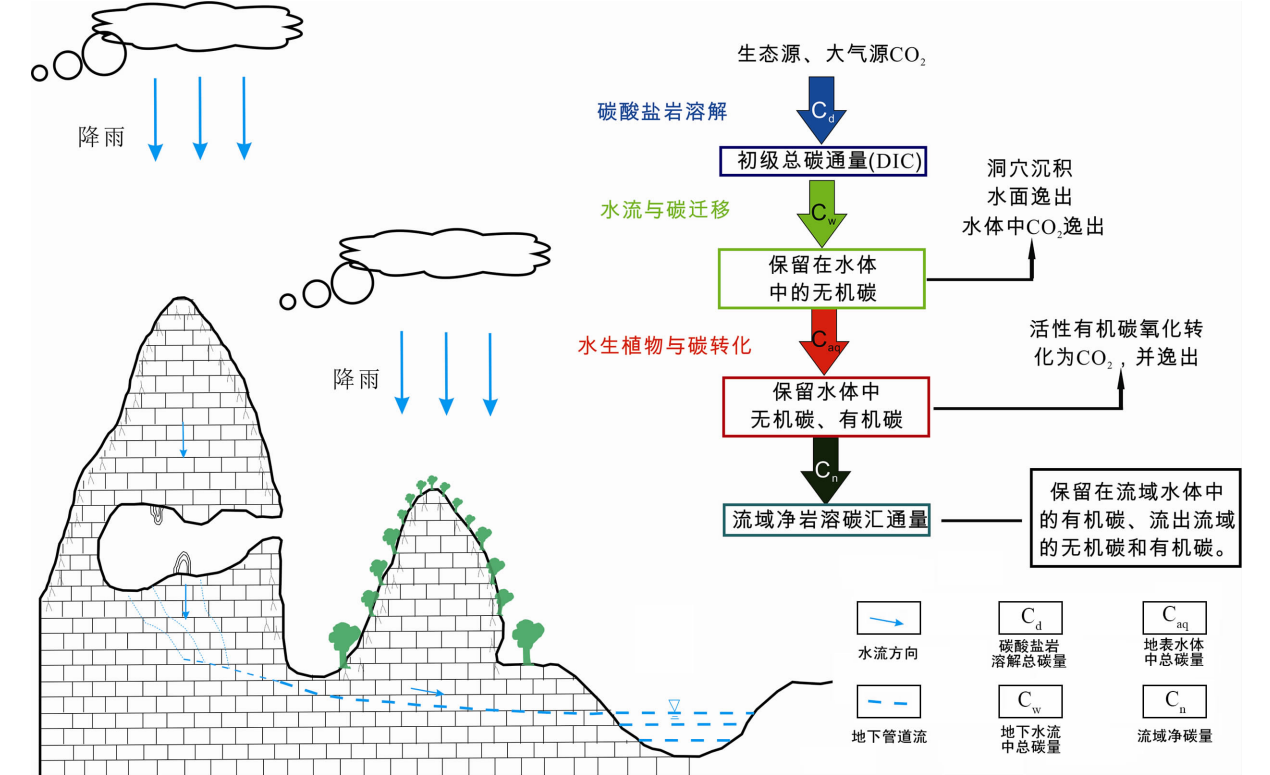


图 1 岩溶碳循环概念模式

Fig. 1 Concept model of Karst carbon cycle

的高密度电法、瞬变电磁法等物探方法。针对岩溶地下水分布特点,本工程研发了大功率、大电流的电磁法找水技术,以及电磁法与微动地震仪组合的定位、定深、定性等多种新型物探找水方法,有效提高了岩溶地下水探测精度。这些新技术新方法的应用,使岩溶区定井的成功率由 30% 提高到 70% 以上;对地下河的连续探测能力最长可达 7 000 m,对充水洞穴的探测深度可达 500 m 以上。

5.3 查明了岩溶地下水资源开发利用潜力

工程建立了岩溶地下水富水模式、成井模式和有效开发利用模式,成井 30 多眼,解决了 5 万多人饮水困难。

调查表明,我国南方云南、贵州、广西、湖南、湖北、重庆、四川、广东 8 省(市、自治区)岩溶地下水资源开发利用潜力为 534 亿 m³/a,现状开采量 66 亿 m³/a,开发利用潜力巨大(图 2)。

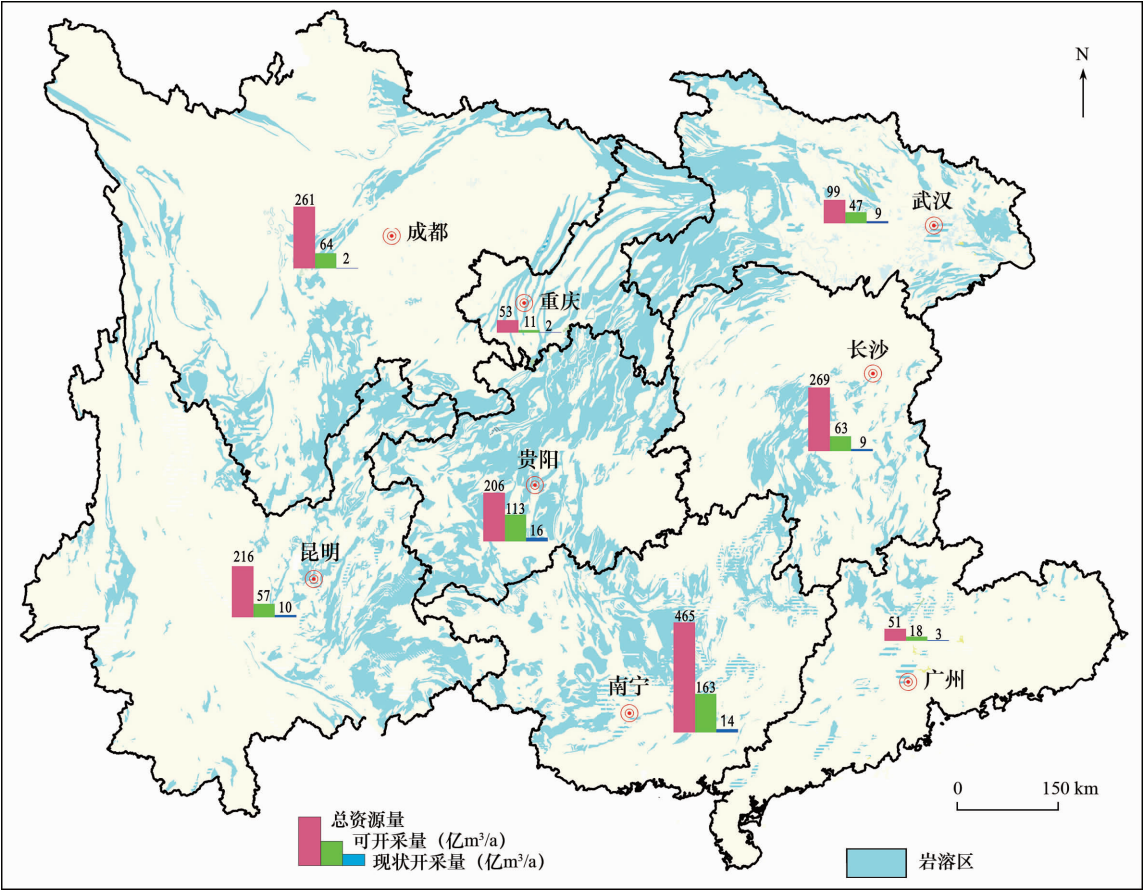


图 2 南方 8 省(市、自治区)岩溶地区水资源开发利用潜力分布图

Fig.2 Potential distribution of exploitation and utilization of water resources in southwestern Karst region

岩溶发育主要受岩石性质、层组结构类型、地质构造格局、地形地貌条件和水动力条件等 5 方面因素控制。岩溶地下河分布具有极强的非均一性,平面分布具有单支状、树枝状和网络状多种类型;垂向分布则具有单层型、阶梯型、多层型等类型。岩溶地下水系统含水介质的构成具有多重性,水流运动具有多相性,而不同含水介质之间的水循环转化以非线性运动规律为主^[7]。工程在红水河上游建立了高原斜坡区厚层灰岩网状地下河系统富水模式、宽缓峰林谷地区脉络状地下河系统富水模式

和紧密褶皱带单支管道地下河系统富水模式;通过对云南革香河流域白龙洞地下河系统发育条件的调查(图 3),建立了地下河分布结构模式。这些理论模型的建立为地下水资源开发利用和内涝灾害治理提供了科学依据。

通过对岩溶峰林平原区地下水富集特征的总结,本工程建立了 5 种成井模式,即压扭性断裂旁侧成井模式、向斜轴部成井模式、方解石脉阻水成井模式、地表干沟成井模式和红层盆地砾岩层成井模式。研究显示,压扭性断裂两侧的张性断裂为地

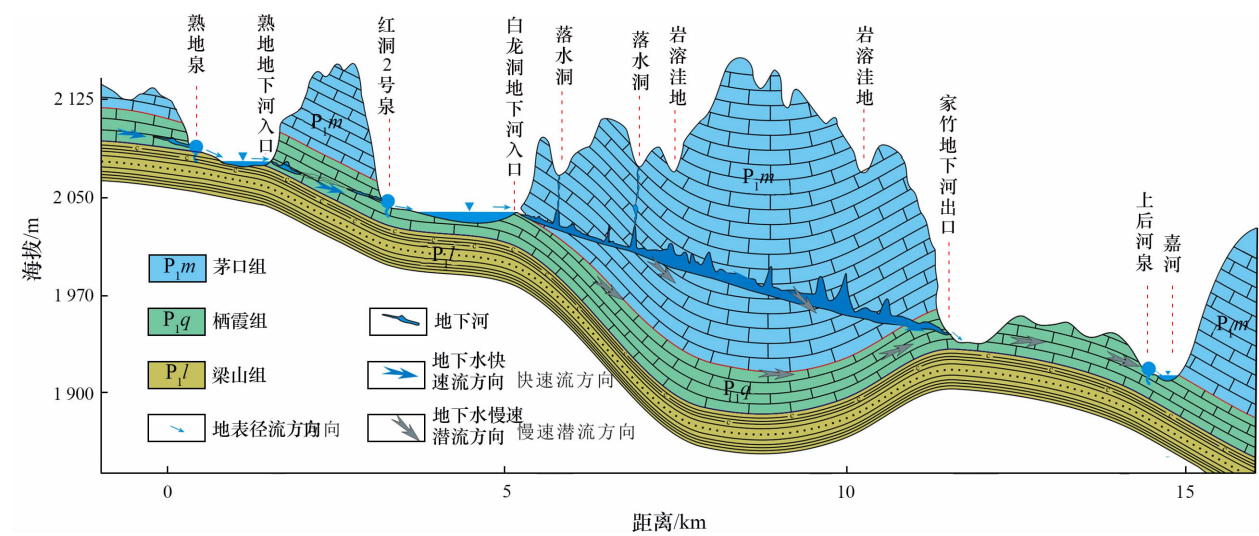


图 3 云南革香河流域白龙洞地下河系统结构模式
Fig.3 Structural model of Bailongdong underground river system in Gexiang river of Yunnan Province

下水富集场所,尤其在断裂的主动盘(上盘)^[8]。调查发现,左江流域方解石脉致密不透水,但在其与碳酸盐岩接触带地下水富集,钻井涌水量高达 1 200 m³/d。广西左江流域白垩系找水取得了重大突破,提出了有效的找水成井模式(图 4)。首先确

定砾岩含水层位,砾岩中节理和小型裂隙含水介质经过泥岩阻水形成含水层;然后顺着地层倾向结合微地貌寻找储水构造,确定找水靶区。经钻探验证,单井涌水量达 408 m³/d,结束了该区长期缺水的历史。

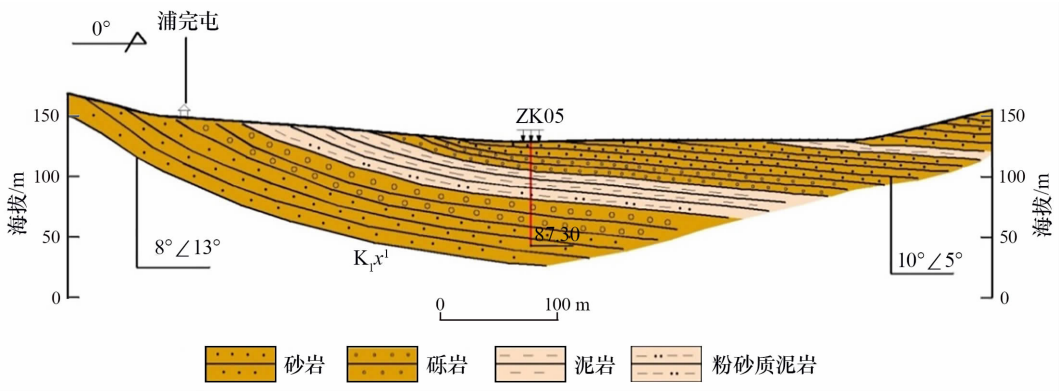


图 4 广西左江流域白垩系含水层成井模式
Fig.4 Well - formed model of Cretaceous aquifer in Zuojiang of Guangxi Province

针对我国南方岩溶区不同地貌类型、水文地质条件背景,提出了堵洞成库、建柜蓄水、抽水调节和束流壅水 4 种岩溶地下水有效开发利用模式^[9],并在南方岩溶区进行了推广应用。如岩溶丘陵洼地区,地下河从上游补给区到下游排泄区形成多级台地,在地下水补给区的高位洼地,选择岩溶管道集中发育的部位,堵洞形成地表—地下联合水库;径流区开凿隧洞,拦截地下河,引水灌溉和发电;在

位置较高的山地和坡度较陡地区,优选当地优势树种和引进速生树种,营造生态林、用材林、薪炭林和经济林,恢复生态环境^[10]。兴建沼气池,解决村民燃料问题,减少对植被的破坏,实现生态经济的良性循环。在贵州省平塘县巨木地下河实施了拦蓄和提引工程^[11],在巨木地下河出口处筑坝拦蓄地下水(图 5),形成库容 63 万 m³的地下水库,抬高水位 20 m,建设水电站 1 座,解决了塘边镇 5 000 多

人和 10 000 头大牲畜的饮用水以及 6 000 亩^①农田的灌溉用水问题,获得了水稻增收 90.0 万 kg/a、油

菜增产 8.82 万 kg/a,年经济收入增加了 145 万元。



图 5 贵州省平塘县巨木地下河筑坝拦蓄工程

Fig. 5 Dam – retaining project of Jumu underground river in Pingtang County of Guizhou Province

5.4 建立了岩溶地区精准扶贫新模式

在湖南省新田县扶贫区发现了大型富锶矿集水田,为该县打造富锶矿泉水产业、脱贫致富提供了重要技术支撑。通过 1:5 万水文地质调查和钻探试验,查明了富锶地下水主要分布于泥盆系余天桥组中薄层泥灰岩中(图 6),面积 176.7 km²,钻孔涌水量 45.36 ~ 379.2 t/d,地下水锶元素平均含量 1.42 mg/l,是国家饮用天然矿泉水锶元素限值的 7.1 倍,可开采资源量达 1 193 万 m³/a,年经济效益达 477 亿元。新田县的地质调查工作与当地扶贫攻坚紧密结合,总结出“调查地质背景 – 调整产业结构、开发岩溶水源 – 解决缺水问题、评价特色资源 – 发展富锶产业、发现环境问题 – 制订治理规划”的地调扶贫模式。在国土资源部召开的扶贫会议上,肯定了利用岩溶水文地质调查成果服务精准扶贫的经验,认为在南方岩溶地区具有辐射带动作用,可在岩溶贫困地区推广应用。

5.5 建立了典型石漠化区综合治理模式

工程对工作区石漠化、地下水污染、内涝灾害等环境地质问题现状和动态趋势的调查发现,南方 8 省(市、自治区)岩溶区石漠化面积由 2005 年的 13 万 km²减少到 2015 年的 9.2 万 km²,年均减少约 3%。在广西平果县、马山县,贵州普定县、平塘县

和云南泸西县等建立了 10 处石漠化综合治理示范区,取得的经验已在 60 多个县成功推广应用,获得年经济效益约 600 亿元。总结出地表水地下水联合调度、土地整理与生态产业协调、土地流转与生态旅游开发以及流域尺度综合治理等 4 种石漠化综合治理模式。示范区的实践表明,这些模式可在岩溶区 300 个县的石漠化治理中推广应用。

工程也查明了广西左江流域岩溶内涝形成机理,总结出 3 种基本模式: ①封闭洼地内涝,主要特点为洼地封闭,均有与地下河管道相连通的天窗或消溢洞,由于地下河管道较小,排水能力有限,大量进入地下河管道的水不能及时排泄,使地下水位迅速抬高,通过天窗或消溢洞溢出地表,在洼地中积水形成内涝。②平缓谷地内涝,大都发生在明、暗相间的地下河流域,谷地较为平缓,地下河上游无天窗;中游地下河大量出露,形成明流,后又进入地下,但入口很小,不利于消水而导致内涝;下游有与地下河管道相连通的多个天窗,地下河管道较小;中游至下游有较大干沟。③江河两岸内涝,江河两岸溶潭、地下河发育带是地下水排泄区,但因地下河管道排水能力有限而形成内涝。近年左江修建的多级电站,拦坝蓄水,又进一步加剧了灾情。因此,该类内涝与人为建坝、抬高地下水位有很大关系,内涝主要发生在两岸的低洼地带,常在每年的 7—9 月发生,每年 2~3 次,每次持续半个月到 1 个月。

① 1 亩 约 666.7 m²

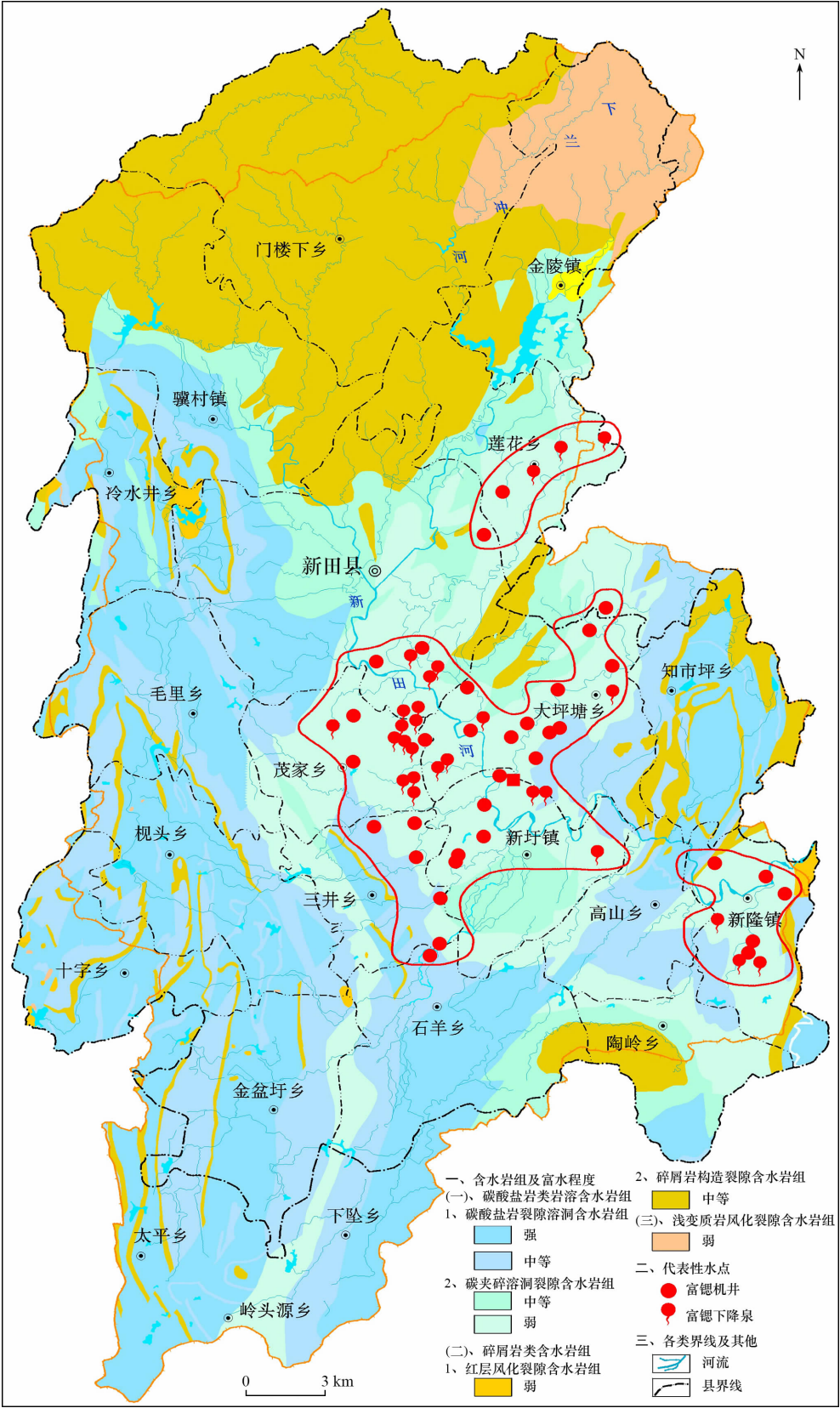


图 6 湖南新田大型富锶矿泉水田分布

Fig. 6 Distribution of large strontium – rich mineral spring fields in Xintian of Hunan Province

万方数据

根据岩溶区的地下水特征,工程建立了 2 种地下水污染模式:①渗入性污染,主要在透水性较弱的孔隙含水层分布区,污染水经过细小空隙渗入含水层中,造成地下水污染。根据污染水的形成动态,分为间歇性和持续性,前者如固体废渣受降雨淋滤下渗污染地下水,后者如污水塘污水持续下渗污染地下水。②突发性灌入污染,污染水通过岩溶

落水洞、天窗等通道迅速灌入地下河,造成地下水污染。这种污染通道规模大,水流集中、快速,造成污染速度快、影响广、危害大。

5.6 开发了岩溶水文地质环境地质信息系统

按相关技术标准的规定,建立了南方 8 省(市、自治区)岩溶区水文地质环境地质调查数据库,提供了一系列岩溶信息数据服务产品(表 1)。

表 1 岩溶水文地质环境地质数据服务产品				
Tab.1 Geological data service products of Karst hydrogeological environment				
系列	专业类别	产品名称	服务对象	数据量
岩溶地质数据库	数据库	岩溶地区 1:5 万水文地质环境地质调查数据集	社会公众	43 个
岩溶地质图件	综合研究类	岩溶地质综合研究图件	社会公众	8 幅
	片区调查类	岩溶地区 1:5 万水文地质环境地质调查相关图件	社会公众	134 幅
技术方法	方法	岩溶地质数据管理服务软件	社会公众	3 个
技术标准	标准	岩溶地质数据库相关标准规范	社会公众	2 个

建立了工作区岩溶地质基础和岩溶专业数据库,包括野外调查卡片、样品测试分析数据、物探与钻探数据、监测数据、洞穴测量数据以及调查影像数据等;完

成的 81 个典型流域岩溶水文地质环境地质调查数据库数据量达 500 GB,编制成果图件 300 余幅(图 7),存储地质碳汇、地质记录和 CO₂ 地质数据约 50 GB。

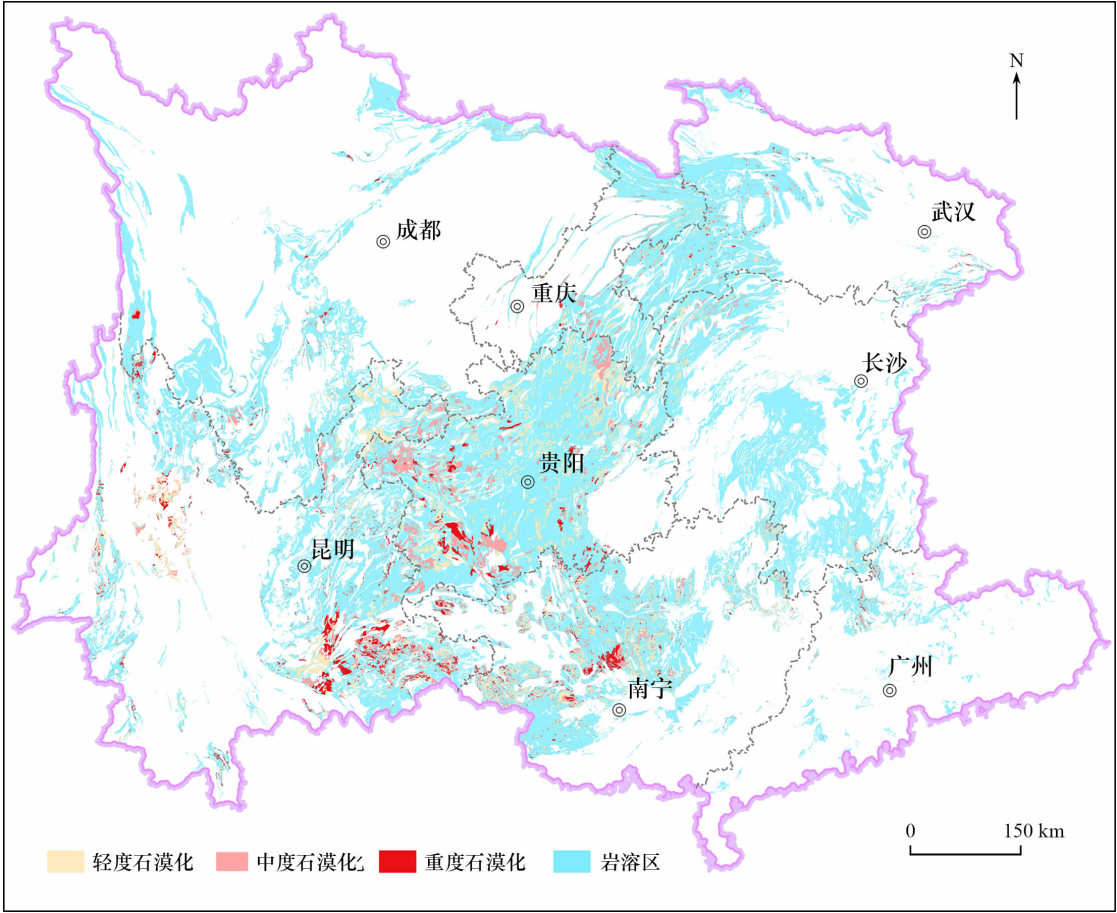


图 7 南方 8 省(市、自治区)岩溶石漠化分布(2015 年)

Fig.7 Distribution of Karst rocky desertification in southwestern of China(2015)

6 未来工作部署

2017—2018年,本工程将继续在我国南方岩溶生态脆弱区开展1:5万岩溶水文地质环境地质调查工作,设计调查面积2.5万km²,主要部署于珠江流域红水河上游典型岩溶地下河流域、西江中下游岩溶峰林区、渝东鄂西岩溶峡谷区、湘江上游岩溶丘陵陵区等。岩溶碳循环调查主要部署于长江、珠江、黄河的典型流域,在纳木错等湖泊开展全球气候变化沉积记录地质调查,在准噶尔等盆地开展CO₂地质储存综合地质调查。将进一步发展岩溶动力学理论,有效解决岩溶区重大资源环境问题;创新流域尺度岩溶碳循环研究方法,进一步研发人工干预固碳增汇技术;探索多重介质岩溶地下水资源评价新方法,合理开发利用岩溶水资源;揭示岩溶地下水污染防治机制,提出矿山环境治理新途径。

2019—2021年,主要在云贵岩溶斜坡区、桂粤岩溶峰林区、川东鄂西岩溶峡谷区、湘南岩溶丘陵陵区、湖北漳河岩溶流域、南盘江岩溶断陷盆地等地开展1:5万水文地质调查,调查面积5万km²。岩溶碳循环调查部署于长江、珠江、黄河的典型流域,同时开展不同季风区湿地泥炭的气候变化记录及碳汇潜力调查评价和典型盆地CO₂地质储存综合地质调查。

“岩溶地区水文地质环境地质综合调查”工程将支撑联合国教科文组织国际岩溶研究中心、岩溶动力系统与全球变化国际联合研究中心、“全球岩溶”国际大科学计划和岩溶动力学国家重点实验室4大平台,培育岩溶碳循环与应对全球气候变化、岩溶水资源开发与利用、岩溶生态与石漠化治理、岩溶塌陷地质灾害、岩溶景观与洞穴、碳酸盐岩油气储层等6个业务团队,建设岩溶水文地质—广西桂林丫吉试验场、岩溶石漠化—广西果化、岩溶地下河系统—广西海洋—寨底、岩溶生态与水生态—广

西会仙、广西弄拉岩溶生态修复、广州岩溶塌陷地质灾害、重庆武隆岩溶研究和桂林毛村岩溶碳循环及碳汇效应8个野外研究基地,全面建成岩溶科技创新业务体系,为实施“全球岩溶动力系统资源环境效应”国际大科学计划和建立“岩溶地球”大数据平台服务,在破解岩溶水资源开发利用和环境治理难题方面取得新的突破。

参考文献:

- [1] 袁道先. 西南岩溶石山地区重大环境地质问题及对策研究[M]. 北京: 科学出版社, 2014: 3-8.
- [2] 陈梦熊. 西南岩溶石山地区岩溶水资源与石漠化治理[M]//中国地质调查局. 中国岩溶地下水与石漠化研究. 南宁: 广西科学技术出版社, 2003: 1-12.
- [3] 曹建华, 袁道先, 裴建国, 等. 受地质条件制约的中国西南岩溶生态系统[M]. 北京: 地质出版社, 2005: 36-45.
- [4] 袁道先, 曹建华. 岩溶动力学的理论与实践[M]. 北京: 科学出版社, 2008: 23-35.
- [5] Yu S, He S Y, Sun P A, et al. Impacts of anthropogenic activities on weathering and carbon fluxes: A case study in the Xijiang River basin, southwest China[J]. Environmental Earth Sciences, 2016, 75(7): 589.
- [6] Cao J H, Hu B, Groves C, et al. Karst dynamic system and the carbon cycle[J]. Zeitschrift Für Geomorphologie Supplementary Issues, 2016, 60(2): 35-55.
- [7] Yi L X, Xia R Y, Tang J S, et al. Karst conduit hydro - gradient nonlinear variation feature study: Case study of Zhaidi Karst underground river[J]. Environmental Earth Sciences, 2015, 74(2): 1071-1078.
- [8] 王宇, 李燕, 谭继中, 等. 断陷盆地岩溶水赋存规律[M]. 昆明: 云南科技出版社, 2003: 4-22.
- [9] Xia R Y. Groundwater resources in Karst area in Southern China and sustainable utilization pattern[J]. Journal of Groundwater Science and Engineering, 2016, 4(4): 301-309.
- [10] 蒋忠诚, 李先琨, 曾履平. 岩溶峰丛洼地生态重建[M]. 北京: 地质出版社, 2007: 1-20.
- [11] 王明章, 张林, 王伟, 等. 贵州省岩溶区地下水与地质环境[M]. 北京: 地质出版社, 2015: 163-257.

Progress of hydrogeology and environmental geology comprehensive survey in Karst area

XIA Riyuan, JIANG Zhongcheng, ZOU Shengzhang, CAO Jianhua, QIN Xiaoqun,

SU Chuntian, LUO Weiqun, ZHOU Lixin

(*Key Laboratory of Karst Dynamics, Ministry of Land and Resources & Guangxi, Institute of Karst Geology,
Chinese Academy of Geological Sciences, Guilin 541004, China*)

Abstract: Through the comprehensive investigation of hydrogeology and environmental geology in Karst area conducted by the China Geological Survey, the distribution regularity and development potential of Karst groundwater resources are identified. The environmental geological problems such as rocky desertification, groundwater pollution and waterlogging are discovered, and the control mechanism of karstification to oil and gas resources, mineral resources, Karst tourism resources, carbon cycle and environmental geological problems are revealed. The international big science program, *Global Karst Dynamic System Resources and Environmental Effects*, was launched. It has achieved significant scientific and technological innovation in Karst kinetics theory, Karst stalagmite high resolution dating, artificial carbon sequestration and Karst groundwater exploration. The water – rich model, well – formed model, effective development and utilization model and integrated management model in rocky desertification areas with different types of Karst groundwater are established and after practical tests they show a high value in application. The above results provide technical support for sustainable development and utilization of Karst water resources, comprehensive control of rocky desertification, prevention and control of groundwater pollution and poverty alleviation in Karst areas.

Key words: Karst area; water resources; Karst dynamics; rocky desertification; carbon cycle

(责任编辑: 刁淑娟)