

地质调查项目成果报告：
云南典型地区岩溶地下水调查与
地质环境整治示范流域成果报告

泸西小江流域岩溶水开发与 石漠化综合治理示范

云南省地质调查院
二〇〇五年七月十日

地质调查项目成果报告：

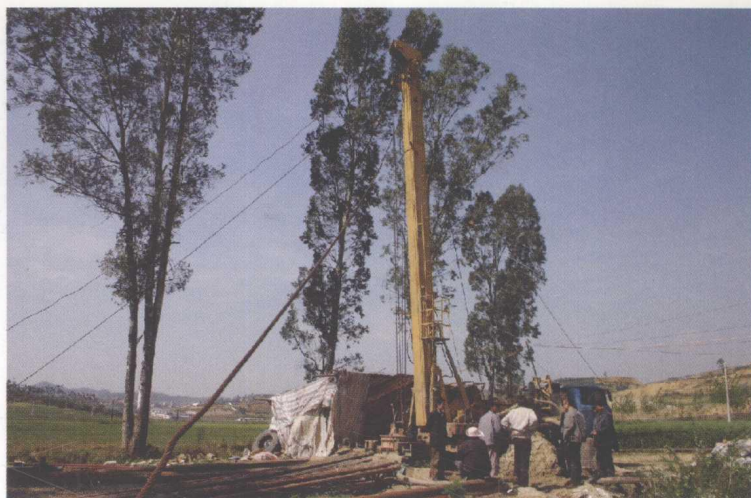
云南典型地区岩溶地下水调查与
地质环境整治示范流域成果报告

泸西小江流域岩溶水开发与 石漠化综合治理示范

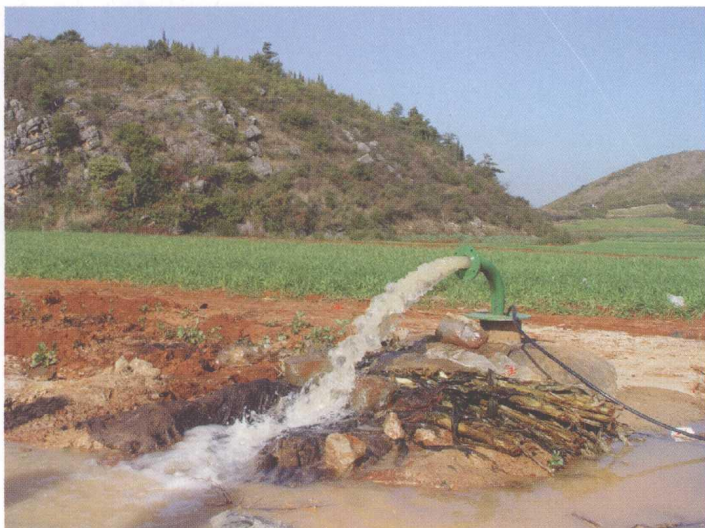


◆ 泸西县人民政府向示范项目管理部门、组织实施和工作单位赠送锦旗

(自左至右: 中国地质调查局岩溶地质研究所所长单海平, 国土资源部副部长汪民, 云南省国土资源厅地质环境管理处副处长任坚, 云南省地质调查院副院长王宇, 中国地质调查局水文地质环境地质部主任殷跃平, 中国地质调查局岩溶地质研究所副所长蒋忠诚)



◆ 丁合村深井施工现场



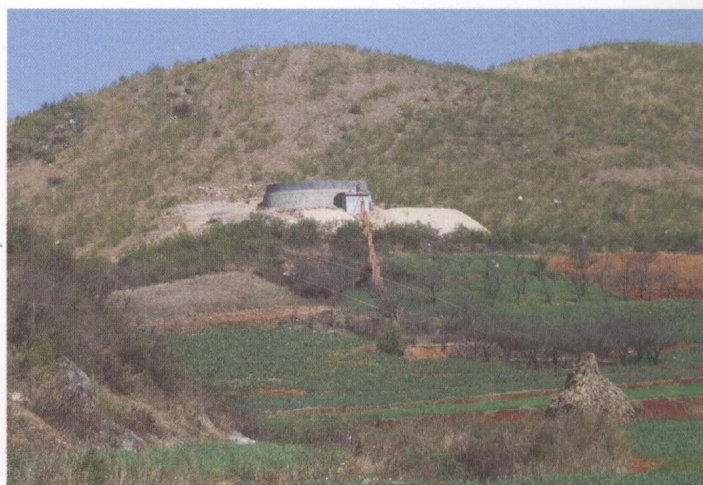
◆ 大兴堡深井抽水试验



◆ 湾半孔表层泉蓄引工程的调蓄水池



◆ 大衣村深井调节水池



◆ 大兴堡深井调节水池



◆ 大兴堡深井泵房



◆ 纳保村浅井抽水试验



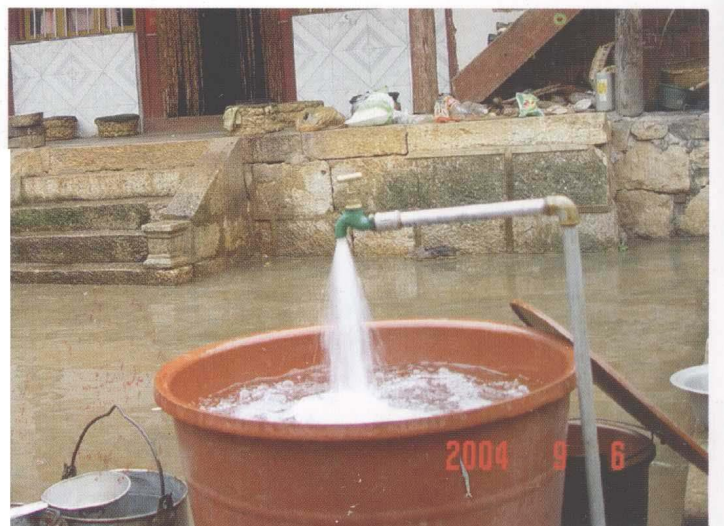
◆ 皮家寨岩溶大泉束流调压壅水工程地上束流调压池 (工程名称由王梓澈书写)



◆ 皮家寨岩溶大泉束流调压壅水工程倒虹吸引水管



◆ 万亩果园深井开采岩溶水喷灌抗旱



◆ 小兴堡农家庭院自来水

地质调查项目成果报告：
云南典型地区岩溶地下水调查与
地质环境整治示范流域成果报告

泸西小江流域岩溶水开发与 石漠化综合治理示范

项 目 编 号：200310400024

任 务 书 编 号：水 [2003] 001—27

工作起止年限：2003 年至 2005 年

项 目 负 责 人：王 宇

报 告 主 编：王 宇 张 贵 李丽辉 李继红 吕爱华

报 告 编 写 人：杨双兰 王 劲 何绕生 李 燕 周翠琼

候 丽 彭淑惠 陈定宁 陈朝富

单 位 负 责 人：李建华

提 交 单 位：云南省地质调查院

提 交 时 间：2005 年 7 月 10 日

计划项目名称：严重缺水地区地下水勘查

实 施 单 位：中国地质调查局水文地质工程地质
技术方法研究所

目 录

绪 论	(1)
第一章 自然地理及地质条件	(19)
第一节 地质背景	(19)
第二节 地形地貌	(24)
第三节 土地利用现状及植被	(28)
第四节 气 象	(33)
第五节 水 文	(36)
第六节 社会经济发展状况对水资源的需求	(37)
第二章 岩溶发育特征	(40)
第一节 岩溶发育特征	(40)
第二节 岩溶发育的控制因素	(45)
第三章 岩溶水文地质	(51)
第一节 含水层组类型、赋水特征及均匀性	(51)
第二节 岩溶水文地质条件	(54)
第三节 “三水”转化过程与水均衡分析	(61)
第四节 表层岩溶带水文地质条件及特征	(63)
第五节 水化学特征	(65)
第六节 水源地水文地质及开发利用条件	(68)
第四章 岩溶水资源评价	(77)
第一节 评价原则及资源级别划分	(77)
第二节 水资源量计算方法	(78)
第三节 水资源量计算参数	(79)
第四节 水资源量计算成果	(81)
第五节 水资源量评价	(91)
第六节 水质评价	(94)
第七节 岩溶水资源合理开发与保护建议	(111)
第五章 土壤资源与环境	(114)
第一节 概 述	(114)
第二节 土壤分类、成因及分布	(115)
第三节 土壤地球化学	(119)
第四节 土壤环境质量评价	(126)
第五节 土壤资源农业综合开发利用建议	(135)
第六章 生态地质环境分区评价	(139)
第一节 概 述	(139)
第二节 生态地质环境分区	(141)
第三节 生态地质环境分区评价	(143)
第七章 主要环境地质问题及防治对策	(150)
第一节 石漠化	(150)
第二节 水污染	(157)

第三节	地质环境综合治理对策	(163)
第八章	岩溶水勘查开发示范	(166)
第一节	示范部署	(166)
第二节	技术方法与方案选择	(167)
第三节	地球物理探测技术实验	(194)
第四节	湾半孔表层泉蓄引开发示范	(213)
第五节	李子箐表层泉蓄积开发示范	(221)
第六节	大衣村裸露型饱水带富水块段深井开发示范	(226)
第七节	万亩果园裸露型饱水带富水块段深井开发示范	(232)
第八节	皮家寨岩溶大泉束流调压壅水开发示范	(238)
第九节	纳保表面带富水块段浅井开发示范	(251)
第十节	三家村覆盖型饱水带富水块段深井开发示范	(255)
第十一节	大兴堡覆盖型饱水带富水块段深井开发示范	(259)
第十二节	丁合村埋藏型饱水带富水块段深井开发示范	(264)
第十三节	裸露型岩溶河谷区岩溶水勘查开发示范	(270)
第十四节	岩溶水勘查开发示范取得的认识及经验	(273)
第九章	石漠化综合治理经验总结	(279)
第一节	石漠化综合治理概况	(279)
第二节	石漠化综合治理经验	(295)
第十章	岩溶水有效开发与石漠化综合治理模式	(298)
第一节	岩溶水有效勘查技术方案	(298)
第二节	岩溶水有效开发技术方案	(300)
第三节	石漠化综合治理模式	(302)
结 论		(307)
后 记		(312)
附图:1.	云南省泸西小江流域环境地质图(1: 50000)	
2.	云南省泸西小江流域水文地质图(1: 50000)	
3.	云南省泸西小江流域岩石类型图(1: 50000)	

绪 论

泸西小江流域地处滇东南高原边缘斜坡地带，东经 $103^{\circ}30'$ — $104^{\circ}05'$ ，北纬 $24^{\circ}10'$ — $24^{\circ}45'$ ，系南盘江水系左岸一级支流。流域总面积 1009.28km^2 ，流域呈北东向展布，总体地势东高西低，北高南低。流域内泸西盆地为一山间盆地，呈椭圆形，盆底海拔 1700m 左右，面积 78.1km^2 ，高悬于南盘江左岸。

泸西小江流域行政区划主要属红河哈尼族彝族自治州的泸西县，包括中枢、白水镇、三塘、向阳、永宁乡共 5 个乡镇；北东部小部分属师宗县，南西小部分属弥勒。岩溶面积占 75.2% 。区内交通方便，陆良—泸西—弥勒的省道贯穿整个流域，各县城、乡镇间均有县级及乡村级公路相通，构成了方便的交通网络（图 1）。

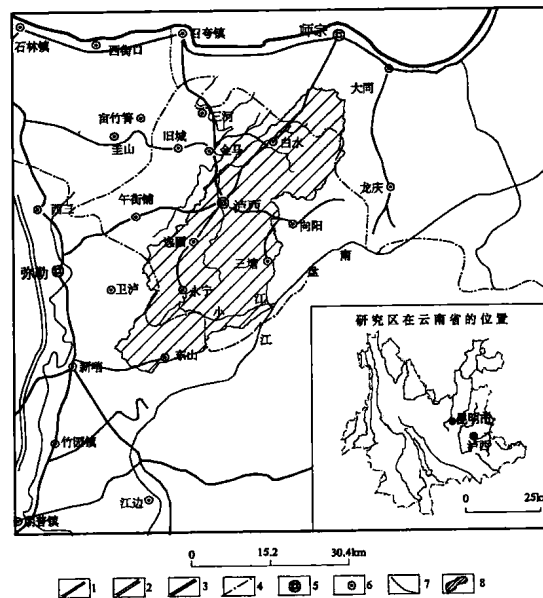


图 1 泸西小江流域交通位置图
1.铁路;2.国道路;3.县乡道路;4.县界;5.县驻地;
6.乡镇驻地;7.河流;8.工作区范围

一、工作意义与目标任务

(一) 工作意义

西南地区位于中国西南部，土地辽阔，喀斯特地貌景观绚丽多姿，矿产、森林、旅游等自然资源十分丰富。人口众多，少数民族聚居。碳酸盐岩分布广泛，岩溶石山区地跨湖北、湖南、广东、广西、云南、贵州、四川、重庆 8 个省、市、自治区，北起秦岭山脉以南，南至广西盆地，西起云贵高原，东抵南岭山脉，涉及区域 62万 km^2 ，岩溶面积约 42万 km^2 。地理坐标为东经 $100^{\circ}34'$ — $114^{\circ}10'$ ，北纬 $22^{\circ}00'$ — $30^{\circ}04'$ （图 2）。

西南岩溶石山区，在中国岩溶分区上属热带、亚热带湿润气候型侵蚀、溶蚀地区，各种岩溶形态发育，地下岩溶洞管密布，其地质环境具有独特的双层结构特征。区内断陷盆地众多，盆底面积大于 50km^2 的共有 69 个，其中以滇东地区分布最为集中，有 54 个，占全区断陷盆地总数的 78.3% [1]。断陷

盆地是这些地区主要的人口聚居区、经济活动区和主要的需水区，也是地下水的主要汇集排泄区，石漠化严重。因而，成为西南岩溶石山地区地下水资源勘查与生态环境地质调查和整治的重点工作区。

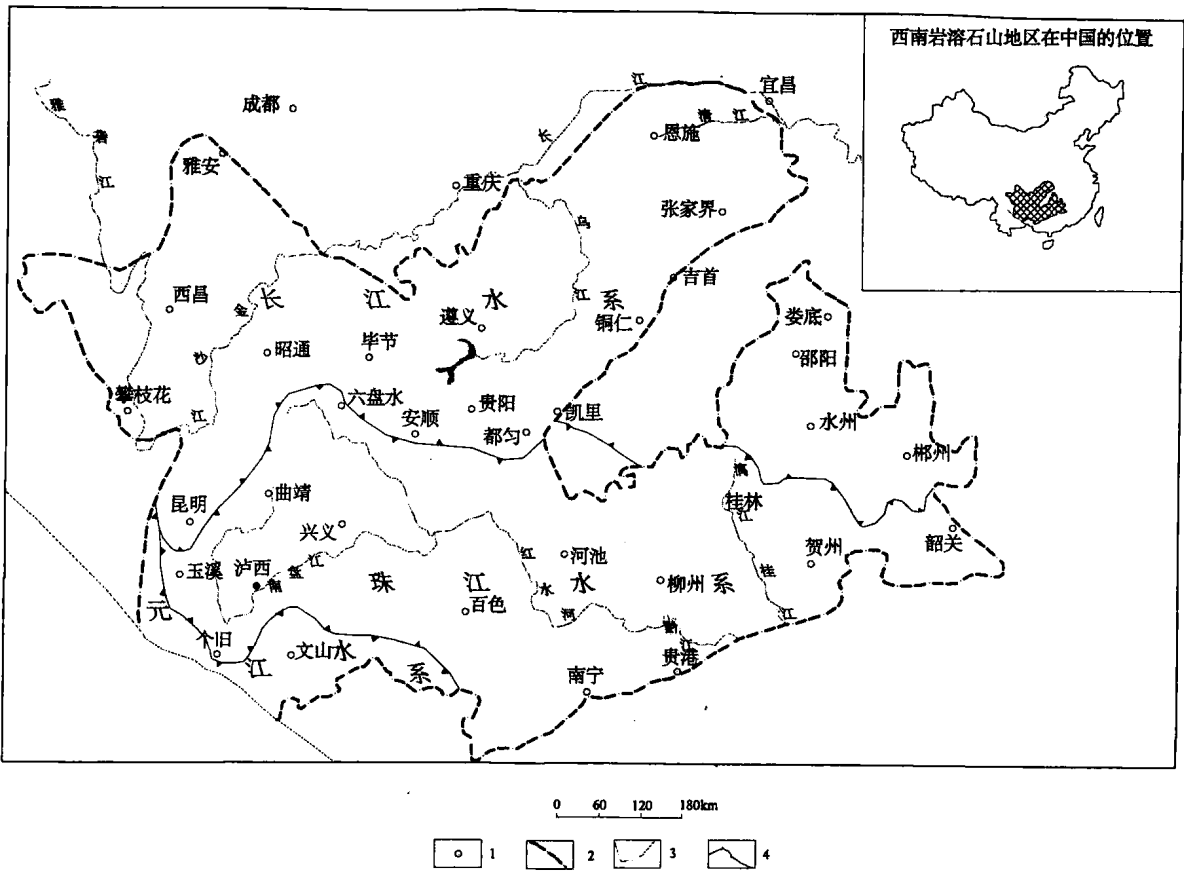


图2 西南岩溶石山地区分布图

1. 省级、地级行政中心； 2. 岩溶石山区范围； 3. 水系； 4. 分水岭

云南省岩溶分布面积 110875.7km²，占全省面积的 28.14%。岩溶区主要分布于东经 102°以东、元江以北的滇东片区，以及滇西北、滇西保山至沧源片区^[2]。滇东地区是云南高原的主体部分，地貌基本轮廓由二级阶梯及斜坡构成。总体地势西北部、北部高，东南低，呈阶梯状向南东递减，表现为大面积起伏的高原面、斜坡、河谷地貌景观。第一阶梯为滇中高原、滇东岩溶高原，海拔 2000—3000m，第二阶梯为滇东南山区，海拔 1000—2000m（图 3）。地势起伏较大，区内最高点马鬃岭，海拔 4344m，最低点为河口县元江出境处水面，海拔 67.4m，相对高差 4276.6m，但地势起伏各地有所不同，一般在梯级的中心部位，地形起伏较小，河流切割浅，相对高差小，普遍小于 200—300m，但在梯级面的转变地带、斜坡地带，各大河流的中下游则地形起伏大，一般大于 500m。

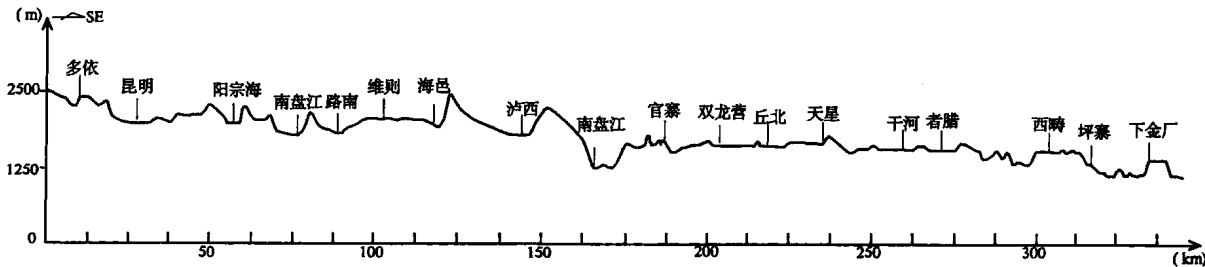


图3 滇东地势图

滇东属亚热带高原季风气候区,具有枯雨季分明,垂直变异显著、气温和降雨随海拔升高而变化,夏季多雨、冬春季干旱,南部热、中部暖、北部寒,河谷热、坝区暖、山区凉、高山寒的立体气候特点。区内大部分地区年均气温 15°C — 19°C 之间,滇东北高原区年均气温 5°C — 12°C 。具有四季温差变化小,昼夜温差变化大的特点。区内降水丰沛,但空间分配不均匀,枯季降水量只占年降水量的15.8%,雨季降水量占年降水量的84.2%,降水量自北向南增加。大部分地区年降水量800—1300mm,罗平盆地,年降水量1500—1800mm,最大年降水量2216mm,属多雨带;滇东北地区,如昭通盆地,年降水量700—800mm,属少雨区。

滇东地质环境条件复杂,大致以师宗—罗平断裂为界,北西部属扬子准地台滇东台褶带,元古界基底普遍出露,以南北向、北东向构造为主,隔档式褶皱发育,受构造控制,不同时代的碳酸盐岩多呈条带状分布;南东部属华南褶皱系滇东南褶皱带,以弧形构造为主,褶皱宽缓,三叠系地层碳酸盐岩厚度大,片状分布广泛(图4)。区内岩溶发育,基岩裸露,生态环境脆弱,森林植被覆盖率低,覆盖率普遍小于30%,水土流失,石漠化严重,石漠化分布面积2.83万 km^2 ,占国土面积的18.99%,自北向南逐渐增多,程度加重,主要分布于滇东南文山州、红河州等地^[3]。总体呈现生态环境恶化的趋势,石漠化范围有逐渐扩大恶化趋势的有4932.79 km^2 。

岩溶区是云南省的最主要经济区,人口集中,2003年有人口2533.6万人,占全省人口的57.9%,其国民生产总值1326.21亿元,占全省的53.8%。大于30 km^2 的岩溶盆地面积仅占岩溶区总面积的5.5%,但29.3%的人口和47.9%的国民生产总值却集中于盆地区。由于地质环境条件复杂,碳酸盐岩分布广泛,岩溶发育,气候类型多样,干湿季节分明,降水时空分布不均,带来水资源分布与人口、土地等生产要素匹配不良,加之投入不足,建设滞后,利用不当,部分地区江河湖泊污染严重,水资源开发利用程度低,资源性缺水、工程性缺水、水质性缺水并存,水的供需矛盾突出。省会城市昆明属严重缺水城市,人均水资源拥有量仅300 m^3 ,水的供需矛盾十分突出,水资源严重短缺已成为昆明发展成为国际著名旅游城市的严重障碍。区内现状缺水量23.45亿 m^3/a ,按现状供水量及需水预测结果进行水量平衡,2010年和2015年的水量缺口分别为40.79亿 m^3/a 和46.07亿 m^3/a 。

云南的岩溶盆地,按其分布及成因类型,可分为高原面上的岩溶盆地及高原斜坡区的岩溶盆地。其形态及水文地质特征差异极大^[1]:

1. 高原面上的岩溶盆地

盆地主要分布于高原面内部,由断裂作用产生下陷并伴随着侵蚀、溶蚀作用形成的山间盆地,这类盆地规模较大,多一侧耸起或为断层崖,盆底盖层厚度一般在百米以上,盆底与周边山地高差多在300—500m。盆地内岩溶发育均匀性好,水位埋藏浅,多具承压性,盆地四周多有大泉、暗河出露或形成富水块段。一般以地表分水岭为汇水边界,在汇水边界内地下水获得的补给量基本上全部在盆地内排泄到地表,如昆明、曲靖、通海等盆地。

2. 高原斜坡区的岩溶盆地

这类盆地主要分布于高原面边缘、河谷斜坡地带,并处于区域径流带上,这类盆地规模一般相对较小,盆缘不规则,以溶蚀、堆积作用为主,松散层厚度一般为数十米,盆底与周边山地高差多大于500m,盆地内常有残丘、落水洞、孤峰分布,断头河发育,岩溶发育均匀性差异极大。盆地上游岩溶发育较均一,有大泉暗河出露,水位埋藏浅,可形成富水地段,盆地下游岩溶发育不均一,水位埋深大,动态变幅大,有落水洞分布,暗河管道发育。一般以地表分水岭为汇水边界,在汇水边界内地下水获得的补给量,其径流、排泄过程可分为两部分:一是盆地底面以上的部分上层径流带的地下水,以盆底为排泄基准,在盆地内排泄;二是盆地底面以下下层径流带的地下水,通过盆地周边存在的某一段透水边界,汇入深、远程径流,流往盆地汇水边界外更低的河流或盆地排泄,如昭通—鲁甸、蒙自、个旧、平远街、弥勒、师宗、泸西等盆地。

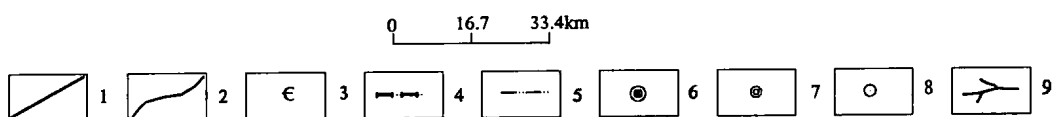


图 4 滇东区域地质图

1.性质不明断层; 2.地层界线; 3.地层代号; 4.国界; 5.省界; 6.省会; 7.地州驻地; 8.县级驻地; 9.河流

(二) 小江流域的典型性

1. 流域规模适中、具典型的岩溶盆地特征

目前我国开展的小流域综合治理和示范的流域面积规定为 1—50km², 欧洲和日本定为 50—100km², 美国为 1000km²。我国目前各地所建立的示范模式主要是从部门的专业特长出发, 为指导部门工作而建立的比较专门的示范基地, 空间尺度上也主要局限在数平方千米至数十平方千米的小谷地或洼地流域, 每个模式所涉及的地质环境类型及条件相对比较简单。因此这些模式很难在面积数百至数千平方千米、生态地质环境条件变化很大的岩溶盆地地区全面推广应用, 难以成为岩溶盆地地区石漠化综合治理规划的技术支撑和实施的样板。特别是对岩溶石山地区极为重要的岩溶水资源在石漠化治理中的有效开发缺乏实验研究, 其勘查开发技术研究水平还难以满足因地制宜、有效解决干旱缺水困难、开展岩溶盆地地区石漠化综合整治规划和实施的需要。就我国的岩溶分布面积和地质环境特征的多样性而言, 示范选择面积 1000km² 左右的流域, 才能体现示范的综合性, 示范成果也才有较广泛的推广意义。

云南省的岩溶区共有盆底面积大于 30km² 的盆地 82 个 (图 5、表 1), 其中三分之二分布于滇东。据水循环条件将盆地划分为两类水文地质类型, 一类为汇水型盆地 (35 个), 另一类为汇水—径流型盆地 (47 个), 小江流域处于高原斜坡区, 其水文地质特征在滇东南地区具有很强的典型性。泸西盆地是汇水—径流型盆地的典型代表之一, 对其进行勘查示范具有很强的代表性。盆地区耕地分布集中、水资源汇集、交通便利, 是主要的人口聚居区和经济发展区。泸西盆地面积 78.1km², 为西南岩溶地区岩溶盆地面积大小所占比例最高的一类盆地。水文地质类型为一汇水—径流型盆地, 盆地分布区地质环境条件复杂, 其岩溶发育和岩溶水赋存情况也很复杂。虽然建国以来开展了大量的调查和勘探工作, 但对断陷盆地岩溶水赋存规律的认识水平离经济社会发展的要求仍存在较大的差距, 理论的系统性也不够。为了系统地总结我国在断陷盆地地区水文地质勘查研究的经验, 提高对断陷盆地岩溶发育特征及岩溶水赋存规律的认识水平, 开展泸西盆地岩溶水赋存规律的研究具有重要意义。

2. 岩溶生态地质环境类型多样

小江流域岩溶生态地质环境类型复杂多样, 由岩溶平坝、岩溶山地、岩溶峡谷、岩溶槽谷、峰丛洼地、岩溶丘陵等不同类型的岩溶生态地质环境构成。岩溶平坝分布于流域中部, 地势平坦, 气候温和, 以水稻土为主, 土壤肥沃, 水资源较丰富, 灌溉条件好, 交通方便, 人口稠密, 适宜种植水稻、小麦、烤烟等。岩溶山地主要分布于盆地周边, 地势起伏较大, 沟谷发育, 基岩裸露, 土层浅薄, 水资源缺乏, 交通条件较差, 土壤类型主要是碳酸盐岩红壤, 多为旱地, 主要种植玉米。岩溶峡谷分布于流域南部小江河谷, 河谷纵坡降大, 切割深度 300—500m, 两岸谷坡陡峻, 坡度 20—45°, 气候温热, 植被稀少, 基岩裸露, 土层浅薄, 水土流失强烈, 石漠化严重, 交通极差, 人口稀少, 土壤类型主要是碳酸盐岩红壤、碎屑岩褐红壤, 上游适宜种小麦、玉米, 下游种植柑桔、黄竹等。岩溶槽谷、岩溶丘陵分布于流域北部, 气候温和, 地势起伏较小, 地形坡度一般小于 15°, 土层深厚, 水资源较缺乏, 灌溉条件较差, 交通方便, 人口稠密, 土壤类型主要是碳酸盐岩红壤、碎屑岩褐红壤, 以旱地为主, 水稻较少, 适宜种植小麦、玉米、烤烟、梨等。峰丛洼地集中分布于盆地东部, 气候冷凉, 洼地发育, 地形破碎, 植被覆盖率 20%—30%, 主要为灌丛、云南松, 基岩裸露, 土层浅薄, 水土流失强烈, 石漠化严重, 交通不便, 人口稀少, 土壤类型主要是碳酸盐岩红壤、灰泡土, 土壤肥力差, 水资源奇缺, 以旱地为主, 主要种植玉米、荞、土豆等。

3. 岩溶流域完整、水文地质功能分异复杂

小江流域岩溶水, 各部分之间存在着密切的水力联系, 调查未发现明显的自然边界, 因此, 总体上为一个具有完整的补给、径流、排泄过程的岩溶水系统。但根据地质环境条件的不同, 不同区段含水层组的埋藏分布、岩溶水赋存条件、赋水空间类型及特征、岩溶水动力特征、岩溶水系统功能差异明显, 根据这些区间差异, 可进一步划分为: 泸西盆地周围裸露型岩溶补给—径流区、泸西盆地底部覆盖型岩溶排泄—径流区、小江河谷裸露型岩溶伏流汇集排泄带 3 个区 (带)。

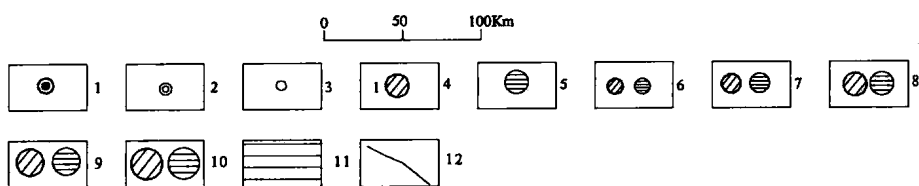
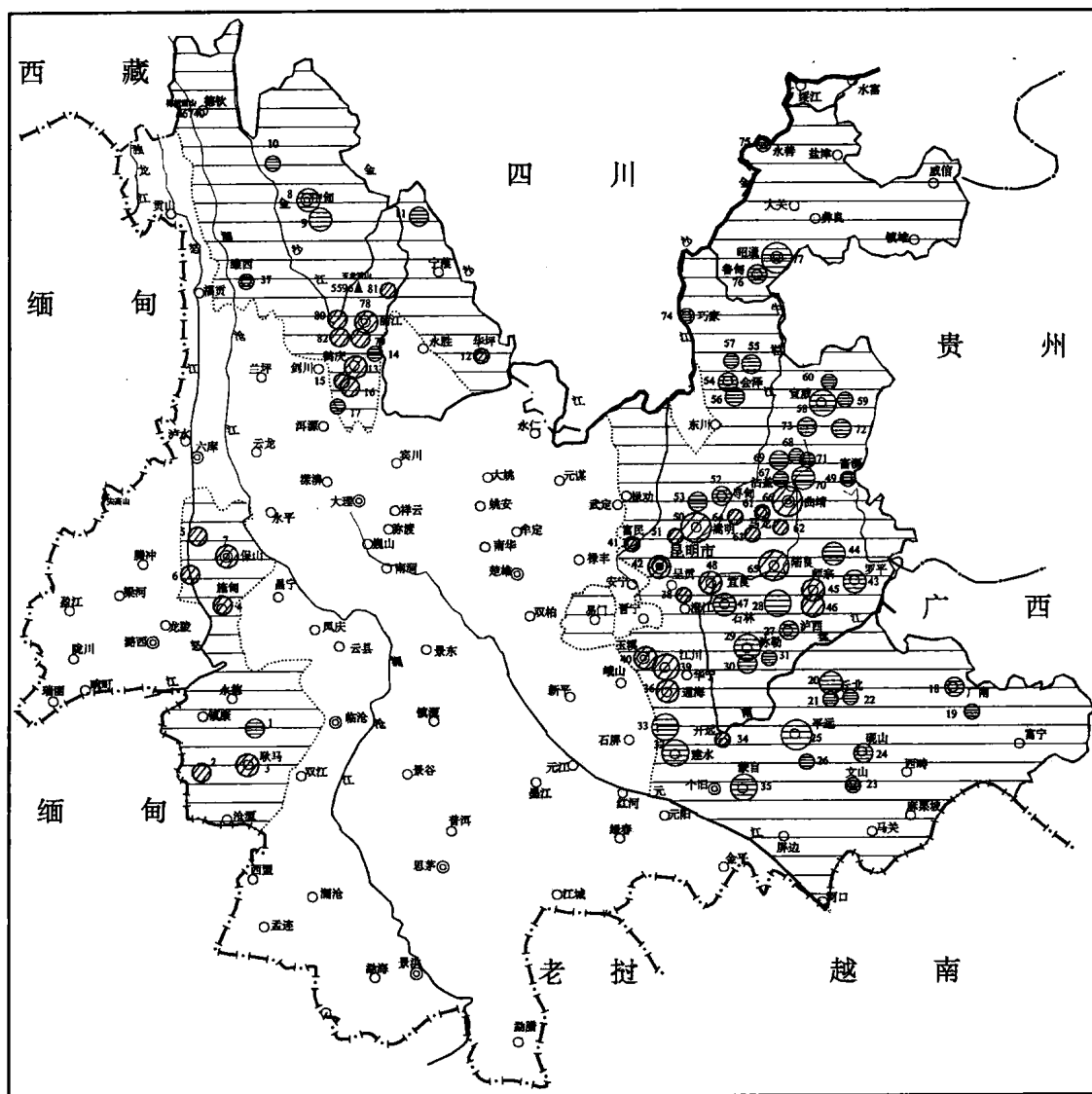


图 5 云南省岩溶盆地分布图

1.省会; 2.地州市驻地; 3.县驻地; 4.汇水型盆地(数字为盆地编号); 5.汇水径流型盆地;
6. 30-50km² 盆地; 7. 50-100km² 盆地; 8. 100-200km² 盆地; 9. 200-400km² 盆地;
10. >400km² 盆地; 11. 岩溶面积大于 30% 的县; 12. 河流

表1 云南省岩溶区主要岩溶盆地(面积>30km²)概况表

水文地质类型	序号	县（市）	盆地名称	海拔高程 （m）	盆底平坝 面积（km ² ）	人口 （万人）	GDP （万元）
汇 水 型 盆 地	40	玉溪	玉溪坝	1623	147.7	32.0	1786547.3
	48	宜良	宜良坝	1510	152.6	27.7	200146.4
	24	砚山	砚山坝	1539	84.2	5.2	9686.6
	58	宣威	宣威坝	1961	264.1	12.0	27224.4
	36	通海	通海坝	1794	158.3	23.8	143337.9
	50	嵩明	嵩明坝	1961	414.6	23.3	79175.7
	51		白邑村坝	1960	31.5	1.5	5097.2
	4	施甸	施甸坝	1484	59	14.0	33667.2
	45	师宗	师宗坝	1890	177.2	5.8	17028.2
	46		亮龙滩	1827	132.7	3.0	10016.3
	66	曲靖	沾曲坝	1863	435.8	33.9	488172.4
	29	弥勒	弥勒坝	1440	230.5	14.4	95522.4
	61	马龙	马龙坝	2023	46.5	2.8	6653.0
	65	陆良	陆良坝	1834	772	49.7	173785.9
	78	丽江	丽江坝	2466	198.6	11.6	46390.7
	79		拉市坝	2450	56.6	1.2	4799.0
	80		太安坝	2800	50.3	0.7	2799.4
	82		石鼓坝	1805	66.4	1.5	5998.8
	81		白汉场	2303	34.2	1.2	4799.0
	42	昆明	昆明坝	1887	1071.4	172.1	1257379.8
	34	开远	开远坝	1062	42.1	12.4	974506.0
	39	江川	江川坝	1729	286.8	11.5	54980.4
	32	建水	建水坝	1303	206.6	20.3	63092.3
	12	华坪	华坪坝	1155	36.2	6.1	2227.5
	13	鹤庆	鹤庆坝	2193	183.8	8.5	1995.4
	16		朵美坝	1181	72.5	1.3	3398.9
	15		松桂坝	1937	35.7	2.8	6586.7
	18	广南	广南坝	1230	55.5	6.0	8369.3
	3	耿马	耿马坝	1100	115.5	5.6	19327.2
	2		孟定坝	464	98.4	4.6	15876.0
	41	富民	富民坝	1685	30.5	2.6	10132.0
	38	澄江	阳宗坝	1765	44.3	2.1	10329.9
	7	保山	保山坝	1646	173	30.2	102997.1
	5		潞江坝	636	73.6	4.7	16029.3
	6		芒宽坝	805	58.8	3.5	11936.8
		小计				6097.5	559.6

续表 1

水文地质类型	序号	县(市)	盆地名称	海拔高程 (m)	盆底平坝 面积 (km ²)	人口 (万人)	GDP (万元)
汇 水 径 流 型 盆 地	77	昭通	昭鲁坝	1907	524.8	43.8	242138.4
	76	鲁甸	龙树坝	2125	53.2	2.8	3411.2
	75	永善	永善坝	800	46.1	1.9	2757.9
	74	巧家	巧家坝	627	36.6	5.7	7492.9
	67	沾益	大坡坝	2023	45.2	2.1	9067.5
	68		卡朗坝	2040	34	3.2	13816.9
	69		棱角塘坝	1945	75.4	2.6	11226.3
	71		刘麦地坝	2088	36.5	1.6	6908.5
	70		松林	1935	100.6	3.6	36300.7
	72	曲靖	永安坝	2090	63.4	3.0	6806.1
	73		色卡坝	2155	74.4	3.2	7259.8
	60	宣威	述迤坝	2048	39.6	2.0	4537.4
	59		海岱坝	1860	31.4	3.0	6806.1
	62	马龙	小海子坝	2087	41.4	0.9	2138.5
	63		马鸣坝	2019	37.3	0.8	1900.9
	64		高寨	2137	32.5	0.6	1425.7
	55	会泽	者海坝	2036	70.4	5.8	12719.3
	54		会泽坝	2130	71.1	9.1	19956.1
	56		鹧鸪坝	2161	53.2	2.5	5482.3
	57		树角	890	35.5	2.0	4385.8
	52	寻甸	寻甸坝	1867	85.9	3.0	5781.4
	53		鸡街坝	2034	52.4	2.0	3854.2
	49	富源	寨子口坝	2057	31.7	3.5	10826.5
	47	石林	路南坝	1683	111.7	13.4	60129.9
	43	罗平	罗平坝	1495	147.8	26.2	96081.9
	44		干得	1928	105	3.0	11001.6
	35	蒙自	蒙自坝	1293	369.4	18.9	63048.6
	33	建水	曲溪坝	1335	72.4	3.4	10567.2
	30	弥勒	竹园坝	1158	95.6	4.5	29850.8
	31		虹溪坝	1455	41.3	3.1	20563.9
	27	泸西	泸西坝	1704	78.1	10.7	26205.4
	28		金马坝	1836	248.7	5.0	12245.5
	25	砚山	平远街坝	1483	406.9	7.3	13598.4
	26		红舍克坝	1545	40	1.0	1862.8
	23	文山	文山坝	1241	33.6	5.0	18420.7
	20	丘北	丘北坝	1460	184.8	3.5	4707.9
	21		树皮坝	1600	33.6	2.8	3766.3

续表 1

水文地质类型	序号	县(市)	盆地名称	海拔高程(m)	盆底平坝面积(km ²)	人口(万人)	GDP(万元)
汇水—径流型盆地	22	丘北	天星坝	1530	31.3	2.7	3631.8
	19	广南	八宝坝	1131	30.1	6.3	8787.9
	17	鹤庆	七坪坝	2200	38.2	8.0	18819.2
	14		新街	1330	42.3	2.8	6586.7
	37	维西	维西坝	2168	35.6	2.5	7441.5
	11	宁蒗	永宁坝	2644	56.5	1.3	1971.7
	8	中甸	中甸坝	3288	162.5	1.5	4654.8
	9		小中甸坝	3267	128.7	0.8	2482.6
	10		打芝	1840	48.8	1.5	4654.8
	1	耿马	猛撒坝	1283	52	3.2	11044.2
	小计				4267.5	183.4	632306.9

4. 岩溶赋水空间形态多变、不均匀性突出

流域内岩溶发育在平面和垂向上极不均匀,富水性差异极大。峰丛洼地区、岩溶峡谷区、岩溶山地区,暗河溶洞发育,暗河规模较大,均匀性差,是最主要的径流通道,地下水埋藏深,在地下暗河之上,由于生物和表层风化作用,常形成以网脉状溶隙、溶孔为主要赋水空间的表层岩溶带,如湾半孔一带。盆地、岩溶槽谷区总体上岩溶发育相对均匀,但上下游地段差异性仍十分明显,通常在盆地的上游地段,以较细小的溶孔、溶隙为主要的赋水空间,富水性相对较均匀,如白水一带;而在盆地下游段则以较粗大的溶隙、溶洞为主要的赋水空间,富水均匀性差,成为地下水由浅变深的转换地带,如大兴堡一带,据调查多为干井,成井率在20%左右,一般单井涌水量在每日数十立方米,但最大涌水量则可达1000m³/d。盆地边缘上层岩溶水集中排泄带,岩溶发育均匀性亦较差,如皮家寨大泉系统,在上游补给径流区的白水塘水库一带,普遍发育落水洞、竖井、溶洞,并在标高1760—1740m以上的不同标高上形成多层岩溶水,上部岩溶水多处于季节变动带中,富水性较弱。而处于排泄区的皮家寨一带,则岩溶发育以网脉状溶隙、溶孔为主,均匀性、连通性相对较好。

5. 岩溶水源地类型齐全

流域内存在天然出露的岩溶水源地及隐伏的岩溶水源地两大类,以及暗河、泉、表层泉、饱水带富水块段、表层带富水块段五个亚类。天然出露的岩溶水源地常采用地质调查、观测、试验等方法进行勘查评价,隐伏的岩溶水源地适宜采用多种物探、钻探、地质调查等方法进行勘查评价。

天然出露的岩溶水源地中,暗河水源地主要有阿庐古洞暗河、冒水洞暗河、永宁暗河、下寨暗河,多分布于岩溶峡谷区,流量一般100—1400l/s,是山区人畜饮水、农业用水、生态建设用水、发电等供水的主要水源,适宜在出口或下游地段截堵建库或引流开采。泉流水源地主要有皮家寨大泉、阿路发大泉等,多分布在盆地边缘、岩溶槽谷中,流量一般20—1200l/s,是流域内人畜饮水、工农业用水、生态建设用水等供水的主要水源,适宜在出口引流开采或提引开采。表层泉水源地主要有湾半孔表层泉、李子箐表层泉等,多分布在峰丛洼地区、盆地边缘、岩溶山地区,流量一般0.5—15l/s,但枯雨季节变化大,枯季多断流,是山区人畜饮水的主要水源,适宜用小水窖、水池积蓄、小水沟、水管引泉开发。隐伏的岩溶水源地中,饱水带富水块段主要有泸西、白水富水块段,面积80.46km²,允许开采量4474.9万m³/a,适宜采用钻井开采。表层带富水块段主要有纳堡富水块段、山白富水块段,面积14.89km²,适宜采用浅井开采。

6. 生存与可持续发展对岩溶水开发的需求迫切

流域内碳酸盐岩分布面积广泛, 占总面积的 75.2%。因处在高原面边缘斜坡地带, 降水流失快, 碳酸盐岩裸露区溶隙、落水洞、暗河等岩溶通道发育, 地表植被稀少, 降水极易快速渗入地下深处, 渗入系数较大, 渗漏强烈, 地表河流稀少, 病害水库数量多, 多因渗漏严重难以正常蓄水, 因此地表严重干旱缺水, 部分地区旱季要到 3—5km 外拉水来饮用、保苗。旱灾频率不断增加, 自 1958 年以来, 旱灾由 6—9 年一次, 到 1973 年以后增加到平均 3 年一次, 80 年代前期则发生过三年两遇的严重干旱事件, 与 80 年代相比, 90 年代以来的旱灾发生频率增长了 7.5%; 2005 年还出现了 25 年一遇的春旱。伴随旱灾的是洪涝灾害频繁, 平均 3 年一次, 1976 年由于工农隧洞、者红坡隧洞等疏导水利工程建设, 涝灾得到一定程度的控制。

泸西盆地内人口密度大, 工厂集中。主要有氮肥厂、烟叶复烤厂、焦化厂等。盆地下游成为生产、生活污水的汇集地带, 污染严重。盆地内唯一的河流在小兴堡一带细菌总数超标 40 倍, 总大肠菌群超标 800 倍, 亚硝酸盐超标 2925 倍, 氨氮超标 2767 倍, 地表水和浅层孔隙水污染严重, 造成水质性缺水。因此, 该流域同时存在盆地上游的工程性缺水问题、盆地中下游的水质性缺水问题和分水岭地带及盆地周围岩溶中山区、溶丘洼(谷)地、溶蚀台地区的资源性缺水问题。目前, 流域内农村缺水人口 5.17 万人, 占总人口的 25.8%, 缺水大牲畜 2.4 万头。预计到 2010 年, 工农业及生活用水量将增加 2.7 亿 m^3 。由于缺水, 盆地内相当一部分村民以水质严重受污染的地表水作为饮用水源, 生存条件恶劣。处于泸西盆地与南盘江分水岭地带的三塘乡, 与南盘江水面最大高差达 1630m, 干旱缺水问题特别突出。干旱缺水和生态环境恶化, 造成当地经济发展缓慢, 农民人均年收入仅 688 元, 远远落后于全县平均水平。

(三) 研究目的与任务

该项目的总体目标:

选择典型岩溶流域, 详细查明岩溶地质条件和岩溶发育特征、地下河空间分布、水文地质条件, 以及石漠化等环境地质问题; 进行岩溶水开发和地质环境综合整治示范, 为实现地质环境合理调控、岩溶石山地区生态环境改善和区域经济发展提供基础地质资料和整治示范经验。

具体任务:

1. 开展泸西县小江流域碳酸盐岩岩石类型填图、岩溶水文地质条件调查, 查明:

岩溶地质条件: 碳酸盐岩岩石特征及分布规律, 区域环境地球化学背景及岩—土—水的元素组合特征, 地质构造及岩溶含水介质结构特征。

岩溶发育规律: 地下岩溶管道及洞穴特征、空间分布规律; 似层状岩溶含水层组(带)的埋藏分布特征和岩溶发育规律; 表层岩溶带的分布、类型及岩溶发育特征。

岩溶水系统: 岩溶水系统的类型及特征, 岩溶水系统边界、结构和功能, 岩溶水补给、径流、排泄特征及动态, 水化学特征。

暗河、泉、富水地段、表层岩溶泉等水源地的水资源特征: 岩溶水的富集条件及规律, 各类岩溶水资源与土地利用的关系, 允许开采量和开发利用条件。

2. 查明石漠化的分布特征与程度, 石漠化对资源和环境的影响, 石漠化发生的条件及成因, 石漠化的演化趋势与控制因素, 石漠化整治的经验。

3. 在详细调查的基础上, 与地方政府配合, 利用地下水引、提、堵、蓄等地质工程措施, 开发岩溶水资源, 解决人畜饮水、生态建设和发展名特优农副业的缺水困难, 并以此为基础进行石漠化综合治理。

二、国内外研究现状

岩溶地貌是碳酸盐岩在大气、水、生物长期综合作用下形成的水文现象和地貌现象。其最主要的