

文章编号:1001-4810(2001)02-0196-09

溶蚀高原型岩溶水系统特征与水资源有效开发^①

——以云南省西畴县西洒—蚌谷岩溶区为例

梁 彬, 王 珽, 闫志为, 林玉山
(中国地质科学院岩溶地质研究所, 桂林 541004)

摘 要:在分析西畴县西洒—蚌谷岩溶区的自然地理条件、社会经济概况、地质与水文地质条件的基础上,进行了岩溶水系统划分,然后根据岩溶水系统(或子系统)特征、岩溶水资源分布特点及人畜饮水与岩溶水资源利用现状,对岩溶水的有效开发利用进行了全面规划和合理布局。西畴县西洒—蚌谷一带属一典型的溶蚀高原型岩溶山区,地形起伏大,岩溶水资源分布时空不均,水资源开发利用应以小型而分散的方式为主,因地制宜,蓄、提、引、“栽水”相结合,以就地解决人畜饮水和农田灌溉用水问题,特别是“栽水”工程对改善作物表层生态系统条件有重要意义。

关键词:岩溶水系统; 岩溶水资源; 开发利用; 规划
中图分类号:P641.134;S273.4 **文献标识码:**A

1 地理概况与地质背景

1.1 地理概况

研究区(西畴县西洒—蚌谷岩溶区)地处云南省东南部西畴县,位于红河水系二级支流八嘎河与畴阳河小流域的分水岭地带。总的地势北高南低,海拔高程一般在 1100~1700m 之间,呈北北东转东向的弧形带状分布。属中山、低中山的地形地貌,地貌形态多以峰丛洼地为主,间有峰丛谷地、残丘台地。

研究区位于北回归线附近,隶属低纬度亚热带高原湿润季风气候区。气候温和、雨量充沛,多年平均气温 15.9℃,多年平均降水量 1256.1mm,多年平均蒸发量 1226.8mm。

1.2 社会经济概况

西畴县是文山州、云南省及全国的特困县,人口 23.56 万人,土地总面积 1506km²,其中 75.4% 为峰丛谷地、峰丛洼地发育的岩溶地貌区域。全县多石山、少平坝,连片上百亩的耕地十分稀少。全县耕地中,坡耕地占 61.91%,有效灌溉面积仅为 15.64%,89.22% 为

中、低产田。全县人口的 93.29% 为农业人口,居住分散,多依山而居,人均耕地 0.86 亩,自然条件恶劣,生存条件较差。1995 年人均收入 483 元,人均产粮 250kg,是典型的半自给自足的自然经济条件下的农业县。

研究区主要处于南丘地下河系统流域,属西洒镇、蚌谷乡管辖。这两乡镇全为岩溶石山区,其条件与全县情况十分接近,人均产粮 200kg,农民人均纯收入 494~595 元,仍处于较贫困状态。

1.3 地质背景

研究区位于华南加里东褶皱系滇东南拗折带西畴弧形折断区的西部,褶皱、断裂构造比较发育,构造主要由断裂控制,褶皱多被破坏。构造线主要以北东向、北北东向偏转的压扭性弧形断裂为主,其次是南北、东西、北西向断层(图 1)。这些断裂对岩溶、岩溶水系统的形成与分布有明显的控制作用。

主要地层有泥盆系、石炭系、三叠系。泥盆系:下统坡脚组(D_{1p})为中薄层页岩夹细砂岩,下统芭蕉箐组(D_{1b})薄至厚层灰质白云岩夹灰岩、生物碎屑灰质白云岩夹灰岩;中统古木组(D_{2g})、东岗岭组(D_{2d})、

^① 基金项目:“九五”国家计委项目“滇黔桂湘岩溶贫困区岩溶水有效开发利用规划建议与开发示范”部分成果
作者简介:梁彬(1963—),男,副研究员,1985 年毕业于中国地质大学,长期从事水资源、水文地球化学、岩溶环境地质科研工作。
收稿日期:2001-07-27

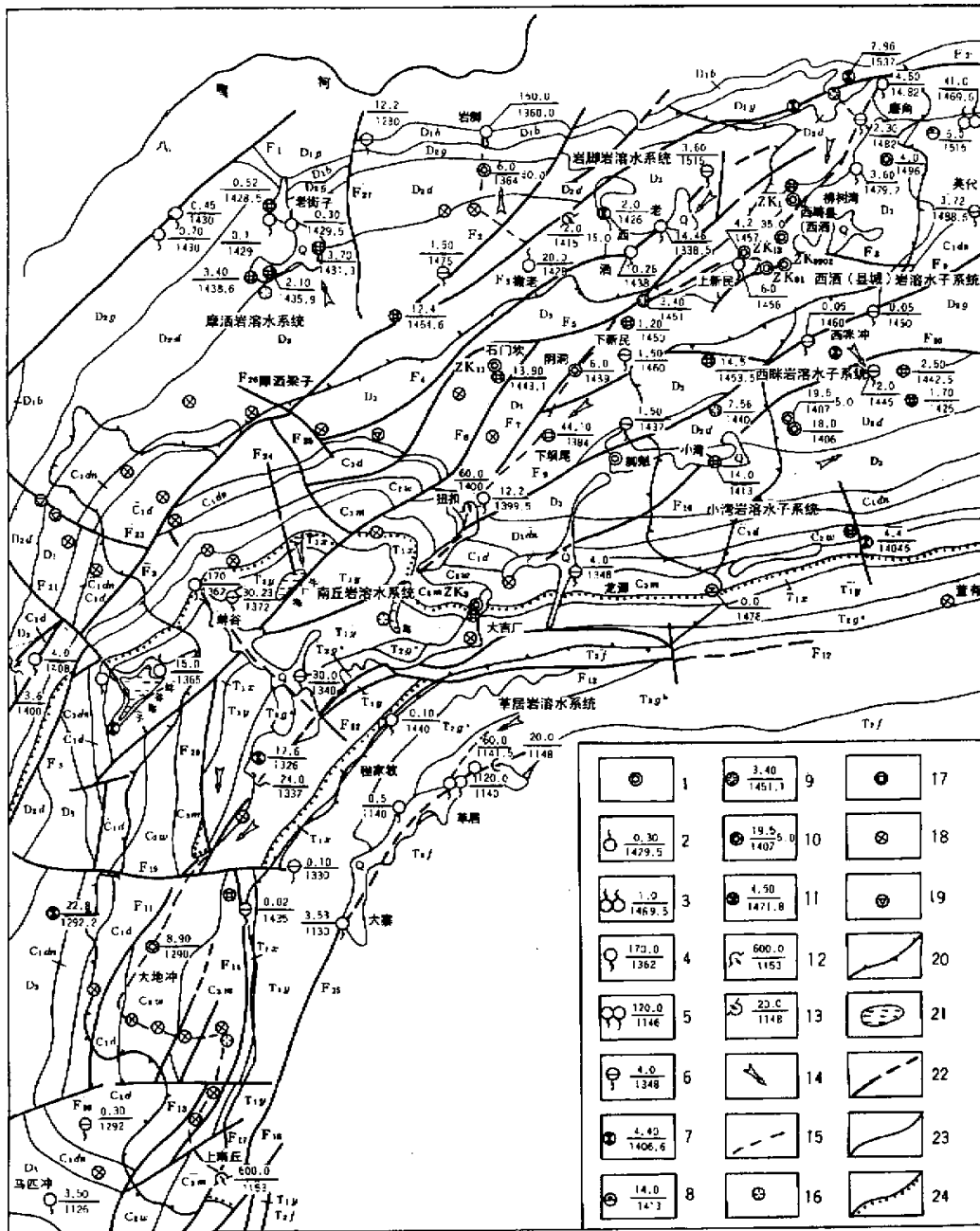


图 1 西洒一蚌谷岩溶水文地质及岩溶水系统划分图

Fig. 1 Karst hydrogeology and karst groundwater system division in Xisa—Banggu

1. 采水机井; 2. 上升泉, 上为流量(l/s), 下为泉口标高(m); 3. 上升泉群, 上为流量(l/s), 下为泉口标高(m); 4. 下降泉, 上为流量(l/s), 下为泉口标高(m); 5. 下降泉群, 上为流量(l/s), 下为泉口标高(m); 6. 季节性下降泉, 上为流量(l/s), 下为泉口标高(m); 7. 充水落水洞, 上为水位埋深(m), 下为水位标高(m); 8. 溶潭, 上为水位埋深(m), 下为水位标高(m); 9. 充水溶洞, 上为水位埋深(m), 下为水位标高(m); 10. 暗河天窗, 上为水位埋深(m), 下为水位标高(m), 右为暗河流量(l/s); 11. 岩溶井, 上为水位埋深(m), 下为水位标高(m); 12. 暗河出口, 上为流量(l/s), 下为出口标高(m); 13. 伏流进口, 上为流量(l/s), 下为进口标高(m); 14. 地下水流向; 15. 暗河管道; 16. 溶洞; 17. 岩溶斜井; 18. 干枯落水洞; 19. 岩溶塌陷; 20. 地下分水岭; 21. 岩溶湖; 22. 断层; 23. 地层界线; 24. 平行不整合地层界线

上统榴江组(D_3)为薄至中厚层深灰色结晶灰质白云岩、灰岩,局部夹泥灰岩、硅质灰岩。石炭系:下统董有组(C_1dn)为厚层深灰色灰岩、结晶灰岩,大塘组(C_1d)为中—厚层浅灰色灰岩、生物碎屑灰岩,底部为黄绿色页岩、灰白色砾状灰岩和黄绿色含铝土质泥岩;中统威宁组(C_2w)为中—厚层浅灰色灰岩、生物碎屑灰岩夹白云岩;上统马平组(C_3m)为中—厚层灰白色、灰色灰岩,局部夹白云岩、生物碎屑灰岩。三叠系:下统洗马塘组(T_{1x})、永宁镇组(T_{1y})为深灰色薄—中层泥质条带灰岩夹云质灰岩;中统个旧组上部(T_{2gb})、下部(T_{2ga})为巨厚层深灰色灰岩夹云质灰岩,局部夹泥灰岩,法郎组(T_{2f})为薄层状钙质砂岩、泥岩。

1.4 岩溶含水层组划分

根据研究区的地层岩性的组合特征、含水介质特征及地下水富存条件,本研究区的含水岩组划分为三类,即松散岩类孔隙含水岩组(Q)、碎屑岩类裂隙含水岩组(T_{2f})、碳酸盐岩岩溶含水岩组,见图 1。其中碳酸盐岩岩溶含水岩组根据其富水性又划分为:水量丰富的纯碳酸盐岩连续型裂隙溶洞亚含水岩组(由 D_1b 、 D_3 、 C_1dn 、 C_2w 、 C_3m 、 T_{2g} 等地层组成)、水量中等的纯碳酸盐岩夹不纯碳酸盐岩连续型溶洞裂隙亚含水岩组(由 D_2g 、 D_2d 等地层组成)、水量贫乏的不纯碳酸盐岩裂隙岩溶亚含水岩组(由 T_{1x} 、 T_{1y} 等地层

组成)。

2 岩溶水系统特征

2.1 岩溶水系统划分

研究区主要位于红河水系二级支流八嘎河与畴阳河、八豆河等地表水系的分水岭地带和近分水岭地带,地表分水岭与地下水分水岭基本一致,因受北东向、北北东向的压扭性弧形断裂及北西向断层的控制,岩溶发育深度和地下水循环深度均较浅,地下水主要赋存并运移于溶蚀裂隙和集中管道式的岩溶介质中,使得岩溶地下水在区域分布上极不均匀,表现为由多个相对独立的岩溶水补给、径流、排泄组成的基本格局。根据岩溶水补给、径流、排泄特征,西洒—蚌谷岩溶水总体上可划分为 5 个岩溶水系统,即南丘岩溶水系统、岩脚岩溶水系统、摩洒岩溶水系统、革居岩溶水系统、南令岩溶水系统(图 1)。其中:南丘岩溶水系统,根据其水文地质结构特征,可分为 4 个子系统:西洒(县城)岩溶水子系统、纽扣岩溶水子系统、蚌谷岩溶水子系统、上南丘—纽扣岩溶水子系统;南令岩溶水系统在西畴岩溶区仅有部分,即小湾岩溶水子系统、西咪岩溶水子系统。

2.2 岩溶水系统基本特征

各岩溶水系统(或子系统)基本特征见表 1。

表 1 岩溶水系统特征表
Tab.1 Characteristics of karst water systems

编号	岩溶水系统及子系统名称		汇水面积 (km^2)	主要天然 排泄点	含水介质(层)	边界类型	排泄量 (l/s)
1	南丘岩溶水系统	西洒(县城)岩溶水子系统	81.95(其中西洒岩溶水子系统 10.61)	上南丘地下河出口	D_1b 、 D_3 、 C_1d 、 C_1dn 、 C_2w 、 C_3m 、 T_{2g} 地层	北部、东南部为碎屑岩阻水边界,其余为岩溶地下水分水岭边界	180.0 (枯季)
		纽扣岩溶水子系统					
		蚌谷岩溶水子系统					
		上南丘—纽扣岩溶水子系统					
2	南令岩溶水系统(部分)	小湾岩溶水子系统	7.03	经溶蚀管道向东潜流	D_3 、 D_{2g} 、 D_{2d} 、 C_1dn 、 C_1d 、 C_2w 地层	岩溶地下水分水岭边界	
		西咪岩溶水子系统	2.0	向东南侧潜流	D_3 、 D_{2g} 等地层	岩溶地下水分水岭边界	
3	摩洒岩溶水系统		19.53	分散式溢流带	D_3 、 D_{2g} 、 D_{2d} 地层	北部为碎屑岩阻水边界,其余为岩溶地下水分水岭边界	
4	岩脚岩溶水系统		20.29	岩脚泉、六主新发寨泉	D_3 、 D_{2g} 、 D_{2d} 地层	北部为碎屑岩阻水边界,其余为岩溶地下水分水岭边界	163.2 (枯季)
5	革居岩溶水系统		10.82	革居泉	T_{2g} 、 T_{2f} 地层	西部岩溶地下水分水岭边界,北部为碎屑岩阻水边界,南部、东部为碎屑岩地表水分水岭边界	80.85

2.2.1 南丘岩溶水系统

南丘岩溶水系统,是西洒—蚌谷岩溶区主要岩溶水系统,分布于研究区中部,汇水面积 81.95km^2 。地貌上主要为峰丛洼地,以上南丘地下河出口集中排泄,出口高程为 1153m ,最大流量为 11330.55 l/s ,最小流量为 180 l/s 。系统岩溶管道长约 20km 。在坝尾以北上游地段,地下水位埋深相对较浅,一般为 $1\sim 10\text{m}$;在坝尾以南的下游段,地下水水位埋深较大,一般大于 30m 。根据地下水的富水特征,本系统可划分出4个富水块段:西洒(县城)富水块段、下新民—阴洞富水块段、纽扣富水块段、蚌谷富水块段。

西洒(县城)岩溶水子系统是南丘岩溶水系统主要组成部分,汇水面积 10.61km^2 ,岩溶发育强烈。该子系统处于南丘岩溶水系统分水岭上游地带,地下水资源补给有限,岩溶发育深度较浅(小于 20m),出露水点较多,子系统排泄部分以塘房垭口泉(流量一般为 6 l/s)、部分以岩溶管道向下游排泄(一般为 31.5 l/s)。地下水位埋深一般为 $2\sim 11\text{m}$,据钻孔抽水,降深 $4.0\sim 13.72\text{m}$,涌水量 $1.35\sim 17.5\text{ l/s}$ 。

2.2.2 南令岩溶水系统

南令岩溶水系统分布在本岩溶区的东北角,仅有部分分布,即小湾岩溶水子系统、西咪岩溶水子系统。

小湾岩溶水子系统位于小湾一带,汇水面积 7.03km^2 ,属南令岩溶水系统上游的一个极小组成部分。地貌上为峰丛洼地,小湾溶潭位于小湾洼地的中部,受 NE—SW 向断裂控制,地下水在天然状态下向小湾溶潭汇集,并以地下河管道的形式向东径流。小湾溶潭地下水位埋深一般大于 10m ,据抽水试验资料,降深 0.13m ,涌水量 20.8 l/s ;降深 2.1m ,涌水量 22.16 l/s 。

西咪岩溶水子系统位于西洒(县城)的东部,汇水面积仅 2km^2 ,地貌上为溶蚀洼地,岩溶发育中等。地下水在西咪一带主要以岩溶泉或小溶潭的形式出露,并向 SE 径流(南令岩溶水系统的董百、博竹山一带)。地下水埋深一般为 $7\sim 12\text{m}$,据钻孔抽水,降深 4.8m ,涌水量 9.37 l/s 。

2.2.3 摩洒岩溶水系统

摩洒岩溶水系统位于南丘岩溶水系统的西部,汇水面积 19.5km^2 。地貌上为峰丛洼谷地,岩溶发育强烈。地下水补给来源为大气降水,地下水主要以岩溶泉或地下水溢流带的形式出露,最后以地表水形式排入八嘎河。除坝地—摩洒一带地下水位埋深较浅、地下水富集程度较高外,其余地段地下水位埋深较大。

特别是摩洒梁子一带,由于其处于摩洒岩溶水系统与南丘岩溶水系统分水岭地带(土地连片分布区),地下水埋深较大,一般 $>50\text{m}$,地表严重缺水,地下水资源利用非常困难。

2.2.4 岩脚岩溶水系统

岩脚岩溶水系统位于老西洒一带,汇水面积 20.29km^2 ,地貌上为峰丛洼地,岩溶发育中等。地下水补给来源为大气降水,在补给区溶井分布较多,局部有小泉水出露,地下水排泄最后以岩脚泉、六主新发寨泉的形式出露(流量分别为 150 l/s 、 13.2 l/s),最后以地表水形式排入八嘎河。地下水位埋深在补给区(洼地)一般为 $1\sim 2\text{m}$,在径流、排泄区一般大于 $5\sim 10\text{m}$ 。

2.2.5 革居岩溶水系统

革居岩溶水系统位于研究区的东南部,汇水面积 10.82km^2 ,地貌上为溶蚀谷地与构造侵蚀低中山。地下水补给来源为大气降水,地下水主要从东北部、北部和东南部革居岩溶泉一带汇集及沿 NEE 向展布的断层发育的岩溶发育带向革居岩溶泉径流汇集。革居岩溶泉流量 80.85 l/s 。在革居岩溶泉及其附近谷地一带,岩溶地下水的富集程度较高,地下水位埋深较浅,是该岩溶水系统易于开采的主要富水区。

2.3 岩溶水循环特征

西畴县西洒镇—蚌谷乡一带岩溶区连片分布,且岩溶区地形位置较高,岩溶水的补给来源均为大气降水,其补给在时空分布上明显不均。其补给方式主要有二种方式:一是通过地表洼地、谷地中的溶井、天窗、落水洞集中补给;二是通过地表溶蚀裂隙及透过第四系面状分散下渗补给。

研究区地下水不具有统一的地下水流程,而具有高度非连续流和三维流的特点,地下水径流明显受地形、地貌、地层岩性和地质构造的控制,地下水在岩介质中径流主要有两种方式:一是以溶蚀裂隙为主的扩散流;二是以岩溶管道为主的集中径流。岩溶管道型径流分布于泥盆系东岗岭组、石炭系威宁组、三叠系个旧组等地层中,其它地层主要以溶蚀裂隙扩散流型径流。溶蚀裂隙扩散流主要分布于各岩溶水系统的补给区,而岩溶管道流主要分布于各岩溶水系统的集中径流区。

岩溶水排泄形式以中($10\sim 15\text{ l/s}$)、大($>50\text{ l/s}$)泉为主,小泉($<10\text{ l/s}$)的分散排泄居次,小泉出露后一般在当地下渗转入地下,而大、中泉往往是各岩溶水系统的主要排泄终端,多发育于岩溶与非岩溶含水

层或强岩溶与弱岩溶含水层分界处。总的来说,各岩溶水系统的地下水主要以岩溶泉、地下河出口及溶潭、溶井等形式出露于地表,并以泉或地下河出口等形式向 SW、SE 和 NW 三个主要方向的较大地表河流排泄。

2.4 岩溶水动态特征

2.4.1 岩溶水动态基本特征

岩溶水的动态变化较大,完全受大气降水控制,岩溶泉和地下河的流量动态对降水反映极为灵敏,

中、大泉丰枯流量比多为 23~103(表 2);动态类型主要表现为降雨骤变型,动态曲线随每年季节性的降雨总体呈季节性的宽缓波起伏状,具季节降雨型尖峰,滞后时间一般为 0.5~3 天;地下水变幅与我国南方峰丛山地型岩溶水动态属同一大类,但程度上有明显差别,水位年变幅、场雨变幅相对较小,补给区 2~20m、径流区 5~40m、排泄带 1~4m,反映了水位变幅是径流带>补给区>排泄带。

表 2 岩溶水系统流量特征值

Tab. 2 The discharge characteristic of karst water systems

岩溶水系统		泉代 号	枯季流量(l/s)	丰季流量(l/s)	流量变幅(倍)	备 注
岩脚岩溶水系统		S8	100	3000	30	
摩洒岩溶水系统						
革居岩溶水系统			60~80	2000	33	(非全排型)
南丘岩溶水系统	上游塘房泉	S28	0.5	8	16	
	中游纽扣泉	S36	40	2000	25	
	下游南丘排泄口	S58	110	11330	103	

2.4.2 岩溶水动态分析

在径流区,岩溶地下水位变幅较大,且大于补给区,是由于径流带(岩溶水地表—地下转换地带)多分布有不纯灰岩,岩溶发育相对较差,地下水径流不通畅;补给区地下水水位变幅相对较小,是由于在补给区有相当一部分溶注在丰水期地下水溢出地表数天,且岩溶高原解体不彻底,岩溶强发育段主要分布于埋深不大的浅部(5~30m),在补给区很大程度上还保留了原高原岩溶水浅埋缓坡降的特征;水位动态曲线对降雨反应灵敏,但丰水期水位动态曲线的总体波峰起伏不大,丰、枯期转化的水位变化较快,而在枯水期水位动态曲线极为平缓,特别是在枯季后期,水位发生质变性跌落,反映水资源已接近枯竭;中、大泉水丰枯流量差别较大,是由于大气降水的时间分配不均,76%的降水量集中在每年的 5~9 月,而且本地区由于岩溶发育深度相对较浅、地下水调节功能相对较弱,从而造成岩溶水流量动态变化幅度较大、岩溶水资源的时间分配极不均。

总的来说,西洒镇—蚌谷乡一带岩溶水,在补给区浅部岩溶比较发育,地下水具有浅埋、变幅较小、分布相对均匀的特点,并具有一定的调节功能,在局部地带往往构成富水块段,是以大口井、机井,或利用已有的岩溶管道天窗、溶井、溶潭开发岩溶水的有利场

所。但由于岩溶水资源的时间分配极不均,产生的水资源“贫乏”是制约当地农业经济的主要因素。

3 岩溶水资源

西洒镇—蚌谷乡岩溶水资源主要有两部分:岩溶地表水资源和岩溶地下水资源。

3.1 岩溶地表水资源

地表水资源主要有:①疯龙潭—阴洞、纽扣—坝尾、蚌谷水库—坝尾的地表河流,其水资源特征如表3;②岩溶湖或小水库。蚌谷水库、小龙滚岩溶湖常年有水,而其余岩溶湖枯季均渗漏干枯,且库容极小(表4)。

表3 地表河流量特征值表

Tab. 3 The discharge characteristic of surface rivers

河流名称	河流长 (km)	枯季流量 (m ³ /s)	丰季流量 (m ³ /s)	备 注
疯龙潭—阴洞	6.8	0	0.1~0.2	污染较重,可供沿河农田灌溉
纽扣—坝尾	6	0.05~0.07	>1	可供周围生活饮用及灌溉
蚌谷水库—坝尾	4	0	>0.1	可供周围生活饮用及灌溉

表 4 地表水库基本特征值表

Tab. 4 The basic characteristic of surface reservoir

水库(塘)名称	库容 (10 ⁴ m ³)	渗漏情况	备 注
蚌谷水库	20. 0	坝段渗漏	可供周围生活饮用及灌溉
小龙滚岩溶湖	4. 0	存在渗漏	
二海岩溶湖	62. 5	枯季渗漏 干枯	丰水期可供周围生活饮用及灌溉
牛厂岩溶湖	37. 5		
摩洒水库	5. 0		
小龙太	<1. 0	偶发生 干枯	有水时可供周围生活饮用及灌溉
老人庆	<1. 0		

表 5 各岩溶水系统(子系统)水资源基本情况表

Tab. 5 The outline of karst water resources in different karst water systems(subsystems)

岩溶水系统及子系统名称	汇水面积(km ²)	年均径流模数 (l/s·km ²)	年均天然资源量 (m ³ /d)	枯季径流模数 (l/s·km ²)	枯季天然资源量 (m ³ /d)
南丘岩溶水系统	81. 95	20. 42	144569. 73	2. 48	17552. 16
西洒(县城)岩溶水子系统	10. 61	20. 42	18719. 10	2. 48	2273. 44
小湾岩溶水子系统	7. 03	20. 42	12402. 94	2. 48	1506. 33
西咪岩溶水子系统	2. 0	20. 42	3528. 58	2. 48	428. 54
岩脚岩溶水系统	20. 29	9. 353	16396. 13	1. 992	3492. 29
摩洒岩溶水系统	19. 53	9. 353	15781. 84	1. 992	3361. 29
革居岩溶水系统	10. 82	7. 80	7293. 21	1. 662	1553. 47

4 岩溶水资源开发利用规划

西洒镇—蚌谷乡岩溶区地势一般较高,一般为 1400~1780m,在较高地势区极少有地表水系发育,岩溶水均由大气降水补给,降水量时空分布极不均,由此造成岩溶水资源时空分布不均。因此,根据西畴岩溶区的岩溶水资源条件、水资源供需状况及经济技术等,提出适宜的水资源有效开发利用规划建议,为岩溶水资源有效开发利用提供可行的运行方案,是 본 工作的主要任务。

4. 1 岩溶水资源开发现状与需水量分析

1954~1988 年,根据区内的自然条件和农田分布情况,修建了小型水库 2 座、坝塘 8 处,引水沟渠较

3. 2 岩溶地下水资源

西洒镇—蚌谷乡岩溶区位于八嘎河、畴阳河和八豆河等水系的分水岭地带或近分水岭地带,汇水面积较小,且岩溶发育深度、地下水循环深度均比较小,含水层调蓄能力较差,储存资源有限,地下水动态明显受降雨控制,表现为速涨速消。岩溶地下水在区域分布上也极不均匀,构成多个相对独立的岩溶地下水系统组成的基本格局,地下水主要赋存于溶蚀裂隙和集中管道式的岩溶空间中,在局部地带上地表水和地下水相互转换频繁。各岩溶水文地质单元的地下水主要以岩溶泉水、地下河出口及溶潭、溶井等形式出露于地表,并以泉或地下河出口等形式向河流排泄。本区各岩溶水系统或子系统的水资源特征见表 5。

少,一、二、三类排灌站 63 座。近十几年来,当地群众又探索出就地“栽水^①”新路子,改善了部分群众的生存条件。但由于水利工程维修不善,建成能正常发挥效益的仅占 50%。1982 年包产到户后,又一批水利设施管理失控而报废,加上西畴岩溶区地势高、土地分散、无外源水补给,降水时空分布极不均匀,人为森林退化和水土流失较严重,已有水利设施对年径流量的利用仅为 3%。到 1995 年全县水利化程度只达 21%,岩溶石山区则低于 17%。人畜饮水和农业灌溉用水问题依然十分突出,春旱夏涝仍很严重。目前仍有 4. 1 万农村人口缺水,若按国农字办(1980)72 号文的规定标准,全县 74. 08%的自然村约 13. 9 万人缺水,占全县农村人口的 55. 4%。有 30 个村公所(办事处)缺

① 栽水,当地方言叫在地下水埋深较大、开发比较困难的干旱地段,选择汇集地表径流较好的地点开挖、修建蓄水池,在雨季集地表水,作为旱季旱地作物用水。

水人口达 90%，其中西洒、蚌谷等乡（镇）有 75% 以上的人口缺水，缺水时间主要分布在每年枯水期的 1~4 月。按生存条件的较低标准 50 l/d 人计，枯季缺水量 $20.5 \times 10^4 \text{m}^3$ 。根据西畴县的水文地质条件，虽枯季水资源量不丰，但通过科学管理，进行岩溶水资源有效开发利用，解决这一问题，从水资源量上仍是有保障的。

4.2 岩溶水资源有效开发利用规划

4.2.1 基本思路

从上述各岩溶水系统分析，西畴西洒—蚌谷乡一带，其岩溶水资源有如下几大特点：

- ①存在地表—地下双层分布，其中地表水较少；
- ②岩溶水资源的空间分布不一，在补、排的纵剖面上有典型的反均衡特点，即岩溶水在补给区（和部分径流带）埋深小、富集程度高、水力坡度小、调节能力相对较好，向径流、排泄区则相反；
- ③时间分配上极不均匀，动态变化大，南丘暗河的流量动态变幅达 103 倍，枯季径流量仅占其年径流量的 2.24%，必然带来丰期涝、枯期旱的环境效应；
- ④水资源分布与社会发展不相适应，在人口和经济相对集中的县城一带，当地枯期岩溶水资源量已不能满足其生活与经济发展的需要，而每年不同程度的春旱对农作物的播种和收成都带来不利影响。

基于上述条件，岩溶水资源有效开发规划的基本思路为：

- ①除摩洒梁子就地蓄集降水外，其余均进行岩溶地下水开发；
- ②开发重点放在补给区和局部径流区富水带；
- ③开发方式以提引为主；
- ④对存在较大供需缺口而又有重要社会—经济效益的地方（如西洒镇）以跨流域调配方式解决。

4.2.2 规划的原则

关于岩溶水资源有效开发利用规划原则问题，人们根据岩溶水资源有效开发利用目的，对规划原则作了较详细的规定^[1,2]，本文主要是根据西洒—蚌谷岩溶区各岩溶水系统的特点，对规划方案的制定采取如下原则：

- ①资源保障——水资源的设计开发量应有 75% 的保证率；
- ②工程措施——因地制宜，以蓄、引和自流为主，蓄、引、提、排相结合，地表水和地下水综合开发利用；
- ③工程效益——以解决人畜饮水为先，农业用水居次，获取较好的社会效益；

- ④环境效应——无明显环境负效应；
- ⑤工程设计起点——局部服从全局，近期与远景相结合，充分利用、合理改造现有工程，不仅能有效解决当前缺水状况，还适应社会发展，为当地社会文明进步创造良好条件；
- ⑥运行管理——全面系统规划，科学合理布局，有利于开发设施运行的管理维护；
- ⑦典型性和可操作性——对西畴不同条件地区有典型示范作用，推广普及有较好可操作性。

4.2.3 规划方案

西畴在西南岩溶水资源有效开发利用规划中，一级分区属滇东南褶皱带中山峰丛盆（洼）地谷地岩溶裂隙水开发规划区^[1]。本文根据研究区的自然条件、社会经济状况、岩溶水系统的结构特征及水资源的分布与变化规律，并考虑岩溶水的开发方式，对岩溶水的有效开发利用规划进行详细分区，根据规划方案的基本思路与原则，将研究区划分为 4 个规划区（图 2）。

4.2.4 规划方案简述

4.2.4.1 岩溶洼地谷地集中大口井、机井提引区

主要分布于老街子—老西洒—西洒一带，地貌以峰丛洼地、谷地为主，地势相对较高，属岩溶水的补给区，土地、居民相对集中，如县城所在地西洒镇。区内岩溶水水位埋深一般小于 10m，水位变幅小，地下水以中、小泉和众多溶井（管道天窗）形式出露，水资源较丰富。地下水开发方式主要以大口井、机井提引为主，并充分利用现有的溶潭、溶井。

4.2.4.2 岩溶洼地机井提灌及溶洼成库区

该区也处于地势较高的岩溶水补给—径流区，除大吉厂—蚌谷大寨有集中的条带土地分布外，其余为峰丛洼地区，土地和居民点分散，岩溶水出露较少，水位埋深一般为 10~30m，水位变幅相对较大。蚌谷乡部周围有季节性地表水体（海子）存在。地下水开发方式以机井提灌为主，对季节性的“海子”可溶洼成库。

4.2.4.3 岩溶洼地深机井分散提灌区

位于岩溶水径流区（带）的峰丛洼地区，地形起伏大，土地和居民点分散，岩溶水水位埋深较大，一般为 30~50m。开发方式以深机井分散开采和利用管道天窗提水为主，同时注意蓄集上层滞水和季节性地表片流。

4.2.4.4 溶丘台地和峰丛深洼地分散蓄水区

分布于摩洒凉子与蚌谷—上南丘地带，地下水出露点极少，可直接利用的水资源极少。其中，溶丘台地

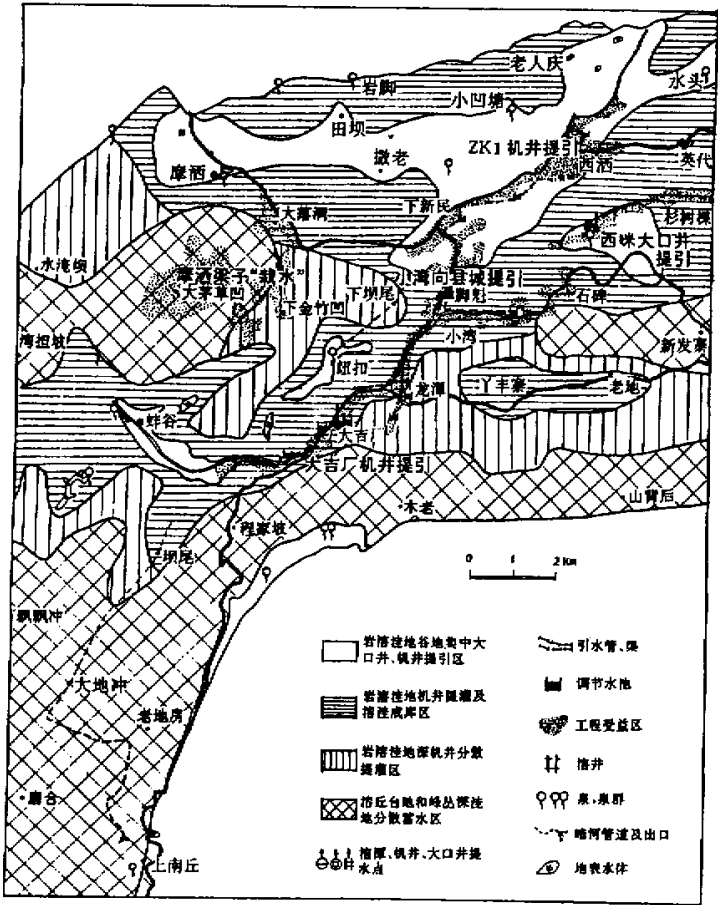


图 2 西洒—蚌谷岩溶水有效开发利用规划图

Fig. 2 The plan of efficient development and use of karst groundwater in Xisa—Banggu

属岩溶水补给区,土地连片,居民分散,地下水埋深大,一般大于 100m;峰丛洼地属岩溶水径流、排泄区,地形破碎、起伏大,土地和居民分散,地下水埋深一般大于 40~50m。开发方式以分散蓄集大气降水(“栽水”)为主,同时注意蓄集上层滞水或表层岩溶带水。

4. 2. 5 岩溶水有效开发利用规划工程

根据研究区的岩溶水文地质条件及西畴的社会经济发展状况所制订的岩溶水有效开发利用规划工程如表 6 所示。表中各项工程实施后,不但不会产生明显的负面环境效应,而且可解决大部分人畜用水、

表 6 岩溶水有效开发利用规划工程一览表

Tab. 6 The table of the projects of efficient exploitation and utilization of karst water

工程名称	开采方式	引提水量 (m ³ /d)	改善水田 (ha)	耕地旱浇 (ha)	饮用人口 (人)	备 注
县城补水工程	县城机井提引水 小湾溶潭提引水	2300		90	9480	新建
大吉厂提水工程	机井提引水	800	16	20	600	新建
西咪提水工程	大口井提引水	240		33.3	850	新建
摩洒梁子“栽水”工程 万万数据	建立水柜,接受大气降水	蓄水量 10800m ³ /a		66.7	450	新建

农田灌溉与耕地旱浇用水,保证了人的基本生存条件,为社会的稳定和繁荣提供了最基本的保障。

5 结 语

西畴岩溶水开发利用程度相对较低,仍然处于天然状态下的补径排关系,岩溶水系统具有多块、多层结构和高度非连续水流以及动态变化大的特征。在岩溶水径流、排泄区,地下水埋深较大,开发难度较高,应因地制宜,以“栽水”、提引为主;在补给区(如西洒镇),地下水位埋深较浅,溶井、溶潭相对比较发育,地下水开发应以提为主,但水资源有限,应加大引水力度。

总的来说,本研究对西畴岩溶区(西洒—上南丘)

的岩溶水的有效开发利用进行了全面规划和合理布局,提出重点工程 4 项,其中引水和提水量为 3340m³/d,可改善水田灌溉 240ha,旱地浇灌约 3150 ha,解决了 1.2 万人的生活用水,效益是显著的。这些规划工程的特点是规模小、投资少、工期短、运行成本低,且工程的实施和建成运营不会产生明显的负面环境效应,对以农业为支柱而耕地又较分散的当地经济是一次大的促进,特别是摩洒梁子旱浇水还可改善作物表层生态系统条件。

参考文献:

[1] 张卫等. 西南岩溶区岩溶水有效开发利用规划分区[J]. 中国岩溶. 2000,20(1):27—34.
[2] 裴建国等. 湖南新化县桑梓镇岩溶水系统特征及开发利用刍议[J]. 中国岩溶. 1999,18(1):29—37.

CHARACTERISTICS OF A KARST WATER SYSTEM ON CORROSIONAL PLATEAU AND EFFICIENT EXPLOITATION OF WATER RESOURCES —— A typical case in the Xisa—Banggu karst area of Xichou county, Yunnan province

LIANG Bin, WANG Ting, YAN Zhi-wei, LIN Yu-shan
(Institute of Karst Geology, CAGS, Guilin 541004, China)

Abstract: The karst water systems are divided on the basis of analyzing the natural geographic conditions, general social economic situations, and geologic and hydrogeologic conditions. Then based on the characteristics of the karst water systems (or subsystem) and the distribution of karst water resources and the use of man—livestock drinking water and karst water resources, efficient exploitation of karst water is carried out by an overall layout and reasonable distribution. At last, four measures are put forward. The Xisa—Banggu karst area (in Xichou county) is typical of the karst mountainous land of corrosional—plateau type. The main exploitation manner of karst water resources should be small and separate because of larger topographic relief, and uneven distribution of karst water resources in time and space. Adjustment measures to local conditions, and exploitation manners of storing, lifting, leading and intercepting water are brought forward for the use for man—livestock drinking water and irrigation of farmland, the project of intercepting water has an important significance for improving the surface ecosystem conditions of crops.

Key words: Karst water system; Karst water resources; Exploitation; Layout