

四川珙县干旱缺水打井取水实录

鲍志言 邓太平 柯 强

(四川省地质调查院)

1. 示范区和同类型地区缺水状况

四川省碳酸盐岩地区多属老、少、边、穷地区，山地面积占幅员面积的绝大部分，且多处于地形复杂、山高谷深、交通闭塞的地域，人挑马驮仍是这些地区的主要运输手段，这些地区生态环境十分脆弱，大部分地区基岩裸露、耕地少、土层薄、土壤贫瘠、水土保持差，降水年内分配不均，地表调节能力差，地表水资源极为短缺，在很大程度上靠天吃饭，供水不足的矛盾严重影响了区内的发展。一到干旱季节则严重缺水，当地只要连续十几天不降雨，则人畜饮水困难，人畜用水靠人挑马牛驮到几公里外去取水，更谈不上正常的工农业生产用水了，缺水问题严重制约当地经济发展。

珙县地区位于四川省南部，自然条件较为优越，光、热、水、土、生物资源丰富，是资源开发具有较大潜力的地区。区内矿产资源富集，主要有煤炭、石灰石、硫铁矿等。该地区水资源供需矛盾日益突出，已成为实现“八七”扶贫攻坚计划和未来社会经济发展的重要制约因素。

该县境内以岩溶低、中山为主，山地面积占 80% 以上，多为坡度 25 度以上的斜坡，不利于开垦种植。山间多岩溶槽谷，岩溶盆地，除沿河地带外，地表水资源匮乏。根据当地社会经济发展规划对水资源的需求，巡场镇现有城镇人口 8 万人，至 2010 年城镇人口将达到 16 万人，城镇的生活用水和生产需水将达到 $10 \times 10^4 \text{m}^3 / \text{d}$ 。目前城镇的用水主要依赖于几个单位的分散供水，日供水能力在 $2.5 \times 10^4 \text{m}^3$ 左右，均取自地下水。而巡场镇的生活、生产日需水量在 $4 \times 10^4 \text{m}^3$ 左右，巡场镇所在的巡场河受采矿等的影响污染严重，现有的供水设施难以满足生活生产需水及场镇发展的需求，城镇供水面临的压力也越来越大，特别是用水高峰期，缺水现象十分明显。

根据原地矿部《西南贫困岩溶石山地区扶贫找水计划》和《四川省贫困岩溶石山地区扶贫找水工作布置》，1999 年四川省地矿厅组织实施了宜宾市珙县巡场镇地区的地下水勘查示范工程。其目的是在岩溶石山严重缺水的川南地区开展地下水勘查，建立供水示范点，为解决贫困岩溶石山地区人畜用水、农田供水和岩

溶地区生态环境保护提供科学的依据。通过一年的找水工作，取得了一些成果和认识。

2. 岩溶水文地质条件

四川岩溶水的形成与分布，受区域构造和自然条件控制明显。不同区域构造、不同自然区内，碳酸盐岩的岩性、厚度、分布面积、出露条件以及岩溶化程度均有很大差异。1999年在珙县开展的打井供水工作，就是根据这一特点，结合碳酸盐岩地下水的分布埋藏及富水性特征，即岩溶水丰富、但分布极不均一，受构造控制的特点相结合。选择了缺水严重的巡场镇，开展打井供水示范，无偿为当地打供水井7口，其中无水报废2口，实际成井5口。解决了3万人的生活饮用水问题。通过实践证明，在广大碳酸盐岩地区以打井的方法，解决城镇缺水、农村人畜饮用水从技术条件、成井工艺上看均是可行的。

2.1 岩溶及岩溶水受岩性、构造的影响明显

本区二叠系茅口组、栖霞组的碳酸盐岩质纯、层厚、溶解度高，是地表水和地下水的良好溶蚀介质，岩溶强烈发育；三叠系嘉陵江组、雷口坡组碳酸盐岩，因其间夹有10%左右的碎屑岩，故地表洼地、漏斗、落水洞多沿碳酸盐岩与碎屑岩之接触部位发育。

本区在构造上为长宁大背斜转折端，碳酸盐岩呈环带状分布，在这一特定的构造条件下，侧向溶蚀受到严格制约，岩溶多沿转折端及两翼纵向发育，地表溶蚀边界多呈长条形。

断层、裂隙对岩溶管道的生成、延伸方向的控制作用明显，特别是在裂隙发育、岩石破碎的褶皱断裂带内地下水径流通畅，交替积极，溶蚀作用进展顺利，大型溶洞和岩溶管道都十分发育，岩溶水十分丰富。如鱼孔地下洞即沿枯塘凹断层发育，溶蚀洼地长轴方向一般近南北向，主要受北 $15 - 25^\circ$ 西及北 $12 - 20^\circ$ 东方向裂隙的控制。

本区在东吴运动末期曾有过海退，二叠纪的碳酸盐岩曾露出水面，经受过长时间的溶蚀和侵蚀，发育有规模不等的古岩溶洞隙。这些古岩溶洞隙，在煤田勘探中都得到过证实，钻进中曾出现过钻具放空、涌水等。在煤矿开采中，当玄武岩底板被揭穿时，即有大量岩溶水涌水，如巡场煤矿矿坑内出露的泉水。古岩溶发育深度一般在50m范围内，多沿层面分布在顶部古剥蚀面上，与现代岩溶多无水力联系。

2.2 岩溶水的补给、径流、排泄特征

岩溶水的补给主要是露头区的大气降水，其次是地表水体，上覆非岩溶层

中的裂隙水和矿坑水的补给。

在石灰岩裸露区，岩溶地貌发育，大气降水是岩溶水的主要补给源，大气降水直接通过溶沟、溶槽、漏斗、落水洞等直接补给地下水。地表水体流经石灰岩区也大量漏失。裂隙水和矿坑水也是区内岩溶水的主要补给来源，特别是煤矿坑的地下水也以分散流形式渗入岩溶地层内。因此，本区的岩溶水的补给来源充足。

岩溶水的运动与循环，受构造条件和水文网的控制，以纵向径流为主，径流途径短，一般为就地接受补给而向下游低洼地带排泄。

区内岩溶水的排泄主要受水文网的控制，一般在河流、溪沟或低洼地带集中排泄。在金沙湾洼地、巡场洼地一带地下水呈放射状在洼地周边排泄；而塘坝一带地下水通过地下河径流在珙县鱼孔排泄。

2.3 岩溶水丰富，但分布极不均一

区内岩溶水主要赋存于地下暗河水系和溶蚀裂隙中，具有汇流、散流、管道流形式。

茅口组、栖霞组石灰岩主要分布在长宁大背斜两翼及倾没端。在溶蚀洼地内岩溶水十分丰富，以大型管道流为主，也有沿溶隙排泄的岩溶泉，大泉暗河流量在 30 - 184L/s。据钻孔资料，地下溶洞发育深度在 50m 以上，当钻孔未揭露地下溶洞时，其涌水量很小，单位涌水量在 0 - 2.455L/(s·m)，显示出地下水分布的极不均一。

雷口坡组、嘉陵江组主要呈条带状分布于珙长背斜翼部。因其间夹有 10%左右的碎屑岩，岩溶发育程度为中等发育，至发育岩溶地貌形态主要为洼地、漏斗、落水洞等。岩溶水丰富，埋藏浅，主要为汇流、散流性质，泉流量多在 0.1 - 10L/s，单位涌水量在 0.107 - 0.58L/(s·m)。

区内不同的岩溶地貌较明显地反映了岩溶地下水的埋深。由分水岭到河谷，岩溶发育强度由弱到强，岩溶水由深到浅，一般河谷地带岩溶水埋深 < 25m，岩溶槽谷地带埋深 < 50m，峰丛洼地、低山峡谷埋深 > 100m。

2.4 水质较好，适宜人畜饮用

三叠系岩溶水的水质类型为 $\text{HCO}_3 - \text{Ca}$ 、 $\text{HCO}_3 - \text{Ca} \cdot \text{Mg}$ 型水，矿化度在 0.1 - 0.3g/L 间，pH 值界于 7.4 - 8.1。由于水循环交替强烈，水质优良，适于作生活、农灌、工业用水。

二叠系的岩溶水水质类型为 $\text{SO}_4 \cdot \text{HCO}_3 - \text{Ca} \cdot \text{Na}$ 和 $\text{HCO}_3 \cdot \text{SO}_4 - \text{Ca}$ 型水，矿化度在 0.5 - 1.5g/L 间，总硬度 300 - 600mg/L，pH 值 7.1 - 7.7。除硫酸盐普遍超

标外，其它化学性、毒性指标一般未超限，水质较好，基本适宜作为饮用、灌溉和工业用水。受矿坑水的补给所致，其水质较 60 年代明显变差，硫酸盐从 4.8 - 182.5mg/L 增大到 80.0 - 588.0mg/L，矿化度从 131.0 - 548.0mg/L 增大到 332.8 - 1504mg/L。

2.5 示范区岩溶水的富集

碳酸盐岩岩性的不同，对岩溶发育强度有很大影响。质纯的灰岩易于形成地下管道、溶蚀裂隙。在碎屑岩与碳酸盐岩接触部位，受碎屑岩的限制，溶蚀裂隙和岩溶管道易在此接触面形成。相应岩溶强烈发育的地方，多易形成大规模的地下管道，是岩溶水聚集的良好场所，这是本区岩溶水富集的一般规律。而在岩溶发育微弱的地方，地下多形成溶蚀裂隙。

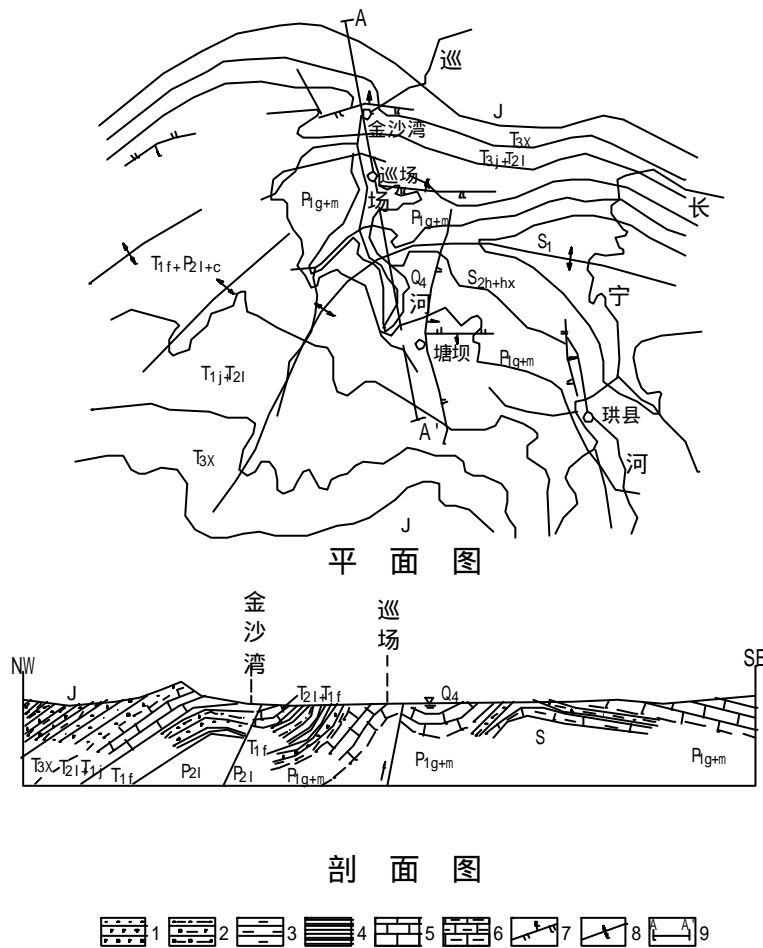


图1 长宁大背斜弧形转折带示意图

- 1.砂岩 2.砂质泥岩 3.泥岩 4.页岩 5.石灰岩 6.泥灰岩 7.压扭性断层
8.背斜轴 9.剖面线

在低洼地带有利于岩溶水的富集，这是由于有优越汇水条件的缘故，如金

沙湾洼地、巡场洼地等，均为地下水的集中排泄区。横向河谷地带，一般为当地侵蚀基准面，当切过岩溶含水层时，岩溶水在这些地方汇集向河谷排泄，如鱼孔地下河则向长宁河排泄。

本区在构造上位于长宁大背斜西转折端（图 1），次一级褶皱发育，垂直层面的张裂隙发育，同时还伴生几组压扭性及张性断裂，因而地下水易于富集。由于构造和地形条件有利，在金沙湾和巡场溶蚀洼地内，岩溶强烈发育，岩溶水具有埋藏浅、水量大的特点。

巡场地区主要分为三个岩溶地下水系统。

2.5.1 沙湾岩溶地下水系统

出露的为三叠系碳酸盐岩，构造上位于长宁大背斜北翼，实测泉水总流量 3.34L/s。该区为芙蓉矿务局的主要供水水源地，日开采地下水达 $1.6 \times 10^4 \text{m}^3$ 。钻孔揭露的赋水通道直径多小于 1m，仍以溶孔、溶隙为主，未形成较大的管道系统。

2.5.2 巡场地下水系统

出露的为二叠系碳酸盐岩，构造上处于长宁大背斜转折端。与北部金沙湾间为砂泥岩阻隔，与南部塘坝为志留系泥岩阻隔，四周地下水在巡场洼地周边排泄。受采煤的影响，各岩溶大泉目前的水量已较 70 年代前大幅减少，部份泉甚至干枯，泉水总流量在 30L/s。洼地内岩溶水具埋深浅，水量大的特点，溶蚀裂隙和岩溶管道均较发育，含水层埋深在 60m 以上。

2.5.3 鱼孔地下河系统

发育在栖霞组、茅口组灰岩中，位于长宁大背斜南翼。地下河出口位于珙泉镇长宁河边，地下河径流长度 7.5 公里，水力坡度 5.7‰，最大流量 2441L/s，最枯流量 184 L/s，年平均流量 784 L/s。此地下河贯穿了长宁河和巡场河间的地表分水岭，塘坝地区为地下河的上游径流区，由于地表为第四系所覆盖，地下河在此未有显示。据施工的 4 号钻孔，岩溶发育深度在 60m 以上，孔深 30.76 - 34.0m、36.54 - 37.29m、43.10 - 44.20m 及 54.30 - 55.45m 均为含水溶洞，洞中充填了大量砂卵石和粘土。塘坝地区施工的其它钻孔，地下水位埋深一般在 50m，显示其赋水性极不均一。

3. 示范区探采结合孔的确定及成井工艺

3.1 探采结合孔的确定

通过 1:5 万水文地质调查，对示范区岩溶地下水的赋存、分布、埋藏特征的初步认识，圈定了富水块段。由于示范区为城镇，结合城镇规划发展的要求，考

虑岩溶区抽取地下水可能发生岩溶塌陷等的影响,确定的初步井孔位置避开了对城镇的影响。

在初步确定的井孔位置采用电测深、激电测深、音频电场等物探方法进行分析对比,结合示范区的地质构造,确定了探采结合孔。金沙湾洼地已有芙蓉矿务局的供水井,选定的井位在次级向斜的翼部;巡场洼地确定的孔位在巡场、白象岩-狮子滩背斜间的向斜地带;塘坝洼地确定在枯塘坳断层以及任家沟正断层的交汇处。

3.2 成井工艺

为提高钻进的台效,采用了空气潜孔锤钻进方法,极大地提高了成井速度。单孔成井时间由原来的1~2月提高到1~2周。共施工探采结合孔7个,其中5个钻孔获得水量 $6825\text{m}^3/\text{d}$,达到了本次勘查的预期目的。施工钻孔的止水深度在浅表层岩溶发育带之下,避免抽水可能引起的岩溶塌陷。各钻孔取水层位、抽水试验资料见表1。

表1 钻孔抽水成果简表

地区	钻孔编号	取水层位	孔深(m)	静止水位(m)	降深(m)	涌水量($\text{m}^3/\text{日}$)	单位涌水量(升/秒·m)
金沙湾	ZJ99-1	T_{1j}	100.97	0.74	12.80	628.99	0.580
	ZJ99-2	T_{1j}	100.43	1.55	22.25	205.55	0.107
巡场镇	ZJ99-3	P_{1q+m}	78.80	8.60	16.40	2163.7	1.527
	ZJ99-6	P_{1q+m}	100.43	10.20	10.2	2163.7	2.455
	ZJ99-7	P_{1q+m}	102.08				0
塘坝	ZJ99-4		238.29	1.40	31.5	1662.85	0.611
	ZJ99-5		101.12				0

4. 岩溶石山地下水勘查示范的意义及认识

在严重缺水的岩溶石山地区开展地下水勘查示范工程,意义重大,社会效益显著。通过上述工作对不同地形地貌、不同构造部位、不同类型碳酸盐岩地下水的埋藏分布,补给径流,富集因素等有了更进一步的认识和了解。采用多种手段,通过示范工程凿井取水,为严重缺水的岩溶石山地区开发利用地下水,解决人畜饮用水及部分农业灌溉开辟了一条可行的道路。

4.1 取得的认识

川南地区构造体系多样,地质构造复杂,以地质构造因素为主而形成的富水地区形式各异。区内储水构造主要包括褶曲型和断裂型储水构造,按地质构造因素划分的岩溶水文地质单元有以下几类:

4.1.1 鼻状背斜型

轴线延伸短,两翼倾角相对比较平缓,各含水岩组相间呈半环带状展布,并与高序次背斜翼部呈“T”字型或“V”字型衔接,裂隙发育。主要有筠连鼻状背斜、巡司场鼻状背斜等。

4.1.2 转折翼部型

背斜翼部弧型转折部位和倾没端,垂直层面的张裂隙和层面裂隙比较发育,易于地下水富集。主要有长宁双河背斜之金沙湾、巡场条形溶蚀洼地等。

4.1.3 开阔向斜型

核部产状平缓,翼部倾角稍陡,不同含水岩组相间呈环形条状展布,利于地下水以环向径流的方式向核部运移而富集,常形成富水性较强的封闭或半封闭的自流盆地。有筠连县双河场龙宫坡向斜、沐爱向斜、天宇寺向斜、大田坝向斜等。

4.1.4 短轴背斜型

轴部开阔、两翼产状比较平缓,含水岩组沿翼部呈环带状分布,或呈片在核部出露,外围有相对隔水泥岩圈闭。典型的有五角堡背斜。

4.1.5 一侧阻水、一侧充水断裂型

区内压性、压扭性断裂带,一般比较紧密,破碎带规模较小,在岩性和地貌条件有利时,特别是可溶岩与非可溶岩接触时,可溶岩一侧相对富集,另一侧阻水。此类有阴家湾垭口断层、猪槽井断层。

4.1.6 导水断裂型

区内部分横向平推断层和斜交走向的断层,常导致相邻含水层发生水力联系,产生越层补给而导水。如筠连御风亭断层、登坛坝平推断层。

4.1.7 断裂密集带型

不同构造体系的复合部位和高背斜的核部,常形成范围较大的断裂破碎带,泉点密集,流量较大。如长宁双河背斜轴部的双河、梅河-兴文等地带。

4.2 社会效益和政治影响

在 99 年示范工作中,自始至终得到了上级主管部门、当地各级政府、有关部门和当地群众的大力支持和帮助。从规划选点开始,当地政府就派专人负责,协助解决工作中遇到的困难,施工中政府及有关部门领导多次深入现场关心和慰

问现场工程技术人员的生产和生活。成井后及时筹集资金完善水井的配套设施，马上解决人民群众的生活生产用水。当地报纸、电视台对找水打井工程进行了专门的采访和报导，得到了当地政府、群众对示范工程的肯定和评价。在巡场地区共成井 5 口，出水量 6825 m³/d，可解决 30000 余人的饮用水，极大地缓解了巡场镇的缺水问题。可视为四川省碳酸盐岩缺水地区地下水勘查示范工程的成功试点，产生了巨大的社会影响和轰动效应。