

浅议贵州省喀斯特地下水资源及其开发利用模式^{*}

苏维词^{1,2}

(1. 重庆师范大学 地理学院, 重庆 400047; 2. 贵州科学院 山地资源研究所, 贵阳 550001)

摘 要: 贵州喀斯特发育典型, 地下水资源丰富。多年天然平均补给量 478.41 亿 m^3/a , 枯季排泄量达 258.68 亿 m^3/a , 已开发利用量仅为 25.031 亿 m^3/a 。本文分析了贵州省喀斯特地下水资源开发利用的优势, 着重以普定县为例, 提出了贵州省喀斯特地下水开发利用的 5 种主要模式, 以及地下水资源开发利用应注意的问题及对策措施。

关键词: 喀斯特地下水资源; 开发利用模式; 贵州省

中图分类号: TV211.1

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2008)06-0267-03

Groundwater Resources and Their Ways of Development in Guizhou Karst Region

SU Weici^{1,2}

(1. Geography Department of Chongqing University, Chongqing 400047, China; 2. Institute of Mountain Resources, Guizhou Academy of Sciences, Guiyang 550001, China)

Abstract: Karst landforms are very typical and distributed widely in Guizhou province where the groundwater resources are abundant, average natural supplement amount of groundwater in karst region is $478.41 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$, drainage amount in dry season amount to $258.68 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$, but the present developed amount of groundwater resources is only $25.031 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$. The paper analyzed the superiority of developing and utilizing groundwater resources in Guizhou karst region, taking Puding county as an example, five models are put forward for developing and utilizing groundwater resources in Guizhou karst region. And finally some problems should be noticed in the proceeding of developing groundwater of karst region and their corresponding countermeasures were suggested.

Key words: karst groundwater resources; exploring and using model; Guizhou province

贵州省地处亚热带季风气候区, 降水充沛, 大部分地区的年均降水量 1 000~1 300 mm, 但由于喀斯特发育强烈, 喀斯特裂隙、漏斗、地下洞系统发育, 地表水漏失严重, 加上降水资源的时空分布不均以及喀斯特地区山多坡陡谷深(河低)的地形地貌条件, 导致贵州喀斯特地区地表干旱严重, “工程性”缺水问题突出^[1-2]。到 2005 年底为止, 贵州省尚有 1 300 万人存在饮水安全问题, 567 万人严重缺水, 2/3 的耕地(约 150 万 hm^2)旱地无水浇灌, 工程性缺水已经成为制约贵州经济社会发展和生态建设的重要“瓶颈”。而省内喀斯特地区地下水资源十分丰富、水量相对稳定, 合理的开发利用喀斯特地下水资源, 配合地表水开发工程, 对解决贵州严重缺水状况、饮水安全问题, 以及构建和谐贵州具有重要的意义。

1 喀斯特地下水资源及开采概况

据贵州省地矿局王明章教授等资料^[1], 贵州省地下水资源多年天然平均补给量 478.411 亿 m^3/a 、枯季排泄量

258.68 亿 m^3/a , 可采量 138.86 亿 m^3/a , 其中地下河与岩溶大泉容允许开采量 94.67 亿 m^3/a (不含零星的裂隙水), 已开发总量约为 25 亿 m^3/a , 利用率仅占枯季排泄量的 10%。全省长度大于 2 万 km 的地下河 1 030 条, 流量大于 50 L/s 的岩溶大泉 1 700 个, 地下河及岩溶大泉主要分布在喀斯特地区。至“十五”期末, 全省地下水开采机井 1 231 口, 年供水能力为 9.01 亿 m^3 。已经开发地下河及岩溶大泉 708 条, 尚未开发的地下河及岩溶大泉 2 302 条。喀斯特地下水开发不仅是贵阳、六盘水等城市生活用水、工矿生产用水的重要来源, 在解决广大农村的人畜饮用及农田灌溉、小水电等也发挥越来越大的作用, 但地下水规模性的开发利用不够, 开发利用方式也比较简单。

2 喀斯特地下水开发利用的优势

2.1 开发利用潜力大

贵州喀斯特地下水目前已开发总量为 25.031 亿 m^3/a ,

^{*} 收稿日期: 2008-01-18

基金项目: 国家 973 计划专题 2006CB403204; 国家科技攻关(支撑)计划(2003BA901A12, 2006BAC01A0905); 国家自然科学基金(40561006); 贵州省重大专项(黔科合重大专项 2006(6014)); 贵州省科技计划项目(黔科合计省合 2006(4001); 黔科合 S 字[2007]1018)

作者简介: 苏维词(1965-), 男, 湖南绥宁人, 研究员, 主要从事生态环境与可持续发展等方面的研究。E-mail: suweici@sina.com

利用率仅占枯季排泄量的 10%, 地下河及岩溶大泉开发条数也不足 1/4, 开发利用潜力大。

2.2 喀斯特地下水量相对稳定

贵州喀斯特地区地表主要河流流量的年际变化为 0.22 ~ 0.35, 如乌江下游 C_v 为 0.26、北盘江为 0.26、红水河 0.31, 而喀斯特地下水流量变化相对稳定, 如流域面积只有 67 km² 的乌江二级支流——普定后寨河(冒水坑观测站)的 C_v 仅为 0.12, 开发喀斯特地下水具有供水相对稳定、保证程度高的特点。

2.3 喀斯特地下水水源点多、分布广

贵州是典型的喀斯特地貌发育区, 地表崎岖破碎, “素无地无三尺平”之称, 山多坡陡、河谷深切, 田(土)高水低、村(寨)高水低——耕地和村庄大多分布在山坡或高原面上, 取水困难; 除人口集中的城镇和规模较大的独立工矿点外, 对于分散分布的耕地和村寨而言, 采用高扬程、远距离的地表水(深切河谷的河水)集中供水方式既不经济, 也不利于管理, 而且供水成本高、农民难以承受。而喀斯特地下水尤其是山坡或高原面上出露的裂隙水、层间水(俗称的水井)具有水源点多面广、与耕地和村寨高差相对较小的优势, 易于分散取水、可就地开发和就近利用, 投资省、见效快, 便于农户接受和管理。

2.4 保护耕地资源, 减轻移民安置带来的压力

喀斯特地下水开发可充分利用喀斯特地下空间蓄集的地下水, 有效地避免地表水库建设可能造成的农田淹没、库区移民搬迁和安置的问题。这有利于保护贵州山区有限的耕地资源、减轻移民安置带来的经济压力。

2.5 喀斯特地下水水质较好

由于埋藏在地下, 相对地表水而言, 地下水受污染的几率小, 喀斯特地下水水质普遍好于地表水, 根据抽样^[1]: 地下水的 pH, NH_4^+ , NO_3^- , NO_2^- , SO_4^{2-} , Cl, F, Pb, Cd, Mn, Fe, As, 耗氧量、总硬度、溶解性总固物等 19 个指标达到优良级别占 70.1%、良好级 21.5%、较好级 2.3%, 属于极差和较差一级的仅占抽样的 6%, 地下水的饮水安全性相对较高。

2.6 具有建设周期短、投资较少的优势

相对地表水工程, 喀斯特地下水工程可利用地下天然洞腔蓄水保水, 周期短, 工程方量小, 投资少, 如普定县马官喀斯特地下水库仅三个月时间, 就建成库容 120 万 m³ 地下水库一座^[3], 单位蓄水投资不到 2 元/m³; 再如平塘县巨木地下河库容 260 万 m³, 估算投资约 672 万(含水库提水泵站等配套设施), 平均单位蓄水投资成本 2.5 元/m³。

3 喀斯特地下水开发利用的主要模式

3.1 钻井取水, 开发喀斯特管道承压水

在有隔水层(如碳酸盐岩与页岩互层)出现的喀斯特盆地或洼地, 由于管道承压水的压力大, 只要打通承压水的上部隔水层, 地下承压水就会自动溢出, 如普定县马官镇玉官屯水井。

3.2 筑坝引水(地下河出口引水)

在地下河出口处修筑堤坝, 提高喀斯特地下水位, 再通

过明渠或管道引水, 如平塘县巨木地下河的开发等。巨木地下河流域面积 110 km², 丰水期流量 6.88 m³/s, 枯季流量 0.2 m³/s, 概算喀斯特地下水允许开采资源为 1 688.69 万 m³/a, 通过将地下河出口处水位从 815 m 抬升至 830 m 高程, 形成库容 260 万 m³ 的喀斯特地下水库一座, 基本解决了 800 hm² 农田的灌溉用水、1.6 万余人和 1 万余头大牲畜的饮水问题, 每年可为当地直接增加收入 1 267 万元, 工程投入较少, 经济和社会效益好。

3.3 堵洞成库

利用喀斯特地下洞腔发育的特点, 在洞穴出口修坝拦堵, 把喀斯特地下水蓄积起来, 进行丰枯水调配, 如普定龙场乡磨雄落水岩喀斯特地下水库开发利用、马官镇母猪洞地下河堵洞成库、马官镇喀斯特地下水库的开发利用等。马官喀斯特地下水库是利用地下河管道和地下河源头的冲头洼地联合蓄水的地表——喀斯特地下水库, 大坝筑在喀斯特地下水洞洞腔内, 为一全封闭的圆筒拱坝, 水洞地下河向冲头洼地延伸, 灭尖于洼地内, 并与洼地中的落水洞、竖井相通, 接纳洼地及附近集雨区的地表水, 地下河与洼地形成统一的蓄水库盆, 库容达 120 万 m³, 有效解决了马官镇 5 000 人、1 200 头大牲畜的饮水问题以及乡镇企业的用水; 解决了历年来的农灌用水问题, 粮食单产增加 20% 左右; 人均纯收入从 20 世纪 90 年代初未修水库时的 980 元增加到目前的 2 400 多元; 库周的石漠化面积明显减少, 取得了良好的生态环境治理效果。

3.4 围泉引水

利用地形落差, 在裂隙水(泉水)出口附近修建积水池, 通过水渠或管道(铁管、橡塑管、混凝土管)自流把水引到海拔相对较低的村庄的调节水池, 供生活生产之用^[4], 如普定县坪上乡喇叭岩村人畜饮水工程等, 该村是一个水源极为匮乏、石漠化极为严重的村庄, 利用村庄(海拔约 1 280~ 1 310 m)与出水点——九头坡泉眼(海拔 1 310~ 1 330 m)的高差, 通过架设 1 000 余米长引水铁管, 把隔河谷(石旧河)山头的浅层裂隙水引入村寨的调节水池, 再通过橡塑管引入各农户, 基本解决了村寨 1 013 人和近 400 头牛及 800 多头猪的生活用水^[4]。

3.5 地下河天窗机电提水

在地下河天窗、溶裂、漏斗处安装提水泵站, 提取地下水, 这在遵义、安顺等全省大部分喀斯特地区都很普遍, 特别是在地下河发育、地势比较低平的农田集中分布区很普遍。如普定县后寨地下河流域, 分布有母猪洞、陈旗堡和长冲三条地下河, 地下河总长 48.85 km, 枯季总流量 459 L/s, 地下河埋深一般在 1~ 10 m 不等, 最大埋深不足 30 m, 其中 20 多处建有提水站, 年提水约 2 000 m³^[3]。根据不同岩层、岩组、构造、喀斯特地下水富集程度、埋深和用水要求, 机电提水有以下几种形式^[3]: (1) 流动式提水。适用于喀斯特地下水埋深浅、储水量小、零星分布的地区, 采用汽油泵和潜水泵流动提水, 如马官镇的部分农户就采用这种方式。(2) 轨道式提水。在地下河洪枯水位变化大的地区适用, 水涨泵高, 保障水泵和机电的安全, 如白岩镇的薛加坝提水泵站, 可灌

溉稻田 100 hm², 解决了该村的温饱问题。(3) 梯级式提水。在喀斯特地下水量比较稳定、扬程比较大的地区, 可采用梯级式提水, 如普定仙人洞地下河上游, 建立三级提水, 扬程 187 m, 灌溉稻田 26 hm², 并解决了播改村的人畜用水。(4) 封闭式提水。在地下河变幅极大、洪水季节洪峰暴涨的地下河天窗, 为保障机房的安全, 常采用封闭式提水, 如一棵树龙潭提水站, 现灌田 33 hm² 多, 洪枯水位相差 48 m, 洪峰季节, 封闭提水泵站不受水淹, 保障了泵站的正常运行。(5) 深井泵站提水。对于有泥沙淤积的地下河或有淤积物下降的天窗、或在落水洞内提水, 地下河水埋深大、洞口小的地区一般采用该方法, 如 2005 年刚刚建成的普定县龙场乡磨雄两级提水泵站, 提水泵站安排在距离路面地表下约 70 m 深的地下深水潭, 为防治抽水泵被泥沙淤埋, 置于地下深水潭的抽水泵用水泥围成封闭的水池, 进水口有盖板, 该抽水泵站为二级提水, 扬程高达 100 余米, 每两天提水一次, 每一次抽水三个小时, 解决了磨雄全村 1 200 多人、500 多头大畜和一个年产 5 万 t 级的私营煤矿的生活生产用水。

4 喀斯特地下水资源开发利用应注意的问题及对策

4.1 开展喀斯特地下水资源的调查与评价

对喀斯特地区地下水资源的类型、赋存特点、开发利用潜力、开发利用的经济技术条件及效益等进行调查、分析、评价, 划分地下水环境功能区, 为确定喀斯特地区地下水资源开发利用的优先顺序、开发利用与保护的最优模式和途径提供依据。

4.2 开展喀斯特地下水开发利用的一些关键技术研究

主要包括: (1) 喀斯特地区含水介质特性与浅层地下水赋存的关系、不同典型喀斯特地貌区地下水与地表水、雨水之间的转换规律研究^[5]; (2) 喀斯特地下水资源开发利用与保护的优化模式研究; (3) 喀斯特地下水库的成库条件、库容估算方法研究; (4) 喀斯特地下洞腔蓄水渗漏及防渗技术、防渗材料研究; (5) 喀斯特采矿区地下水污染的扩散规律及其阻隔技术; (6) 小水池、小水窖储存地下水后的水质保护技术; (7) 地下水、地表水、雨水开发利用的合理配置与调度技术; (8) 基于 3S 技术的喀斯特地下水资源勘察、动态监测研究及喀斯特地下水资源信息管理系统的研制等。

4.3 加大喀斯特地区地下水资源开发利用的示范力度, 建立精品工程

在贵州选择不同喀斯特地貌类型区、不同地下水类型

(如裂隙水、管道水等) 进行地下水资源合理开发利用试验示范, 总结提炼不同类型区地下水资源合理开发利用的经验、模式及地下水开发利用的实用技术体系, 加大推广力度。

4.4 多渠道增加喀斯特地区地下水资源开发的资金投入

针对贵州喀斯特地区工程性缺水问题的严重性, 除水利部门的专项资金外, 还应考虑从国债资金、山区农业综合开发资金、新农村建设专项资金、西部开发生态建设(退耕还林还草) 资金、烟水配套工程资金、基本农田建设资金等方面增加喀斯特地区水资源开发资金的划拨比例, 积极争取国际组织的贷款、赠款(如涉及西部地区扶贫的世行贷款项目等)。对地下水资源开发资金要专款专用、严格核算成本, 以提高资金的使用效率。

4.5 加强管理、管护

一是加强地下水、地表水、雨水资源开发利用的管理调配, 喀斯特地区缺水季节主要集中在每年的 1—4 月, 尤其是 3 月中下旬至 4 月既是贵州一年当中降水最少的时期, 又是育苗期, 用水量大, 用水最为紧张, 因此水池或其它水利工程收集的水资源应得到合理调配, 以保证 3 月中下旬至 4 月期间的居民生活、生产与生态用水。二是加强地下水工程(如提水泵站、蓄水池、地下河出口拦河坝等) 及其配套水利设施的管护与维修, 受喀斯特地区特殊的水文地质地貌特性的影响, 贵州喀斯特地区水池等小微型蓄水设施极易产生渗漏, 管护不好, 水利设施二、三年就报废了, 因此应加强水利设施的管护和维修: 如在最干旱的季节, 水池低部应至少留有 5 cm 厚的水、水池墙体的细微裂缝可用高分子材料进行补漏处理等, 以提高水利设施的使用寿命。

参考文献:

- [1] 王明章, 王尚彦, 杨秀忠, 等. 贵州岩溶石山生态地质环境研究[M]. 北京: 地质出版社, 2005: 37-69.
- [2] 苏维词. 贵州喀斯特山区“三水”资源开发利用途径及对策[J]. 灌溉排水学报, 2003, 22(2): 29-32.
- [3] 俞锦标, 杨立铮, 章海生, 等. 中国喀斯特发育规律典型研究[M]. 北京: 科学出版社, 1990: 229-233.
- [4] 贺卫, 李坡, 朱文孝. 普定哪叭岩表层喀斯特水资源特征及合理开发利用[J]. 贵州科学, 2006, 24(1): 37-42.
- [5] 苏维词. 贵州花江喀斯特峡谷石漠化治理区水资源赋存特点及开发利用评价[J]. 中国农村水利水电, 2007(2): 129-132.