

峰林平原区含水层特征与地下水开发*

——以广西来宾峰林平原区为例

Characteristics of Karst Aquifers and Groundwater Exploration in Peak Forest-Plain Area An Example in Laibin County, Guangxi

陈伟海

Chen Weihai

(中国地质科学院岩溶地质研究所 广西桂林市七星路 50号 541004)

(Institute of Karst Geology, Chinese Academy of Geological Science,
50 Qixinglu, Guilin, Guangxi, 541004, China)

摘要 广西来宾峰林平原区的岩溶含水层具有较成熟的三元垂直分带,即浅层岩溶带、中层和深层溶洞带;浅层带岩溶发育强烈且相对均匀,管道多呈网络状发育;含水层给水度大,透水性好,疏干和补给易于实现,具有较强的调蓄水资源能力。地下水开发构想是在枯水季节抽取超过天然径流量的地下水,获得需要的灌溉水资源量;雨季通过天然回灌,把含水层重新充满。开发地下水的关键是定井技术,主要有地质分析、蓄水构造分析、物探、核技术等方法,建议地质—物探—勘探方法综合定井。平原区常用的地下水开发工程有机井、大口井、辐射井、集水槽等,建议根据不同水文地质条件合理采用。

关键词 峰林平原 岩溶含水层 地下水开发 定井技术

中图法分类号 P 641.5

Abstract There are well-developed vertical zones in the karst aquifers in the peak forest-plain system of Laibin County, middle of Guangxi. They are epikarst zone, middle and deep cave zones. In the epikarst zone, the karstification is strong and homogeneous relatively, and the reticulated conduits are quite developed. As the characteristics of the largely effective porosity and well permeability as well as easy drainage and recharge of the drawdown cone, karst aquifers possesses a great potential of regulation capability to groundwater resources. The proposal for groundwater exploitation is to over-pump groundwater from aquifers to irrigate in the dry season, where can be refilled by natural recharge in the next wet season. One of the major technical problems in groundwater exploitation is borehole location, which contains many measures such as hydrogeological analysis, groundwater-storage structures analysis, geophysical prospection, nuclear technique. The multi-methods combining hydrogeology, geophysical and drilling is suggested to borehole location. The main means for groundwater exploitation and utilization are drilled well, dug well, radial well, groundwater-collection trough, and they should be used in the projects according to the local hydrogeological conditions.

Key words peak forest-plain, karst aquifer, groundwater exploration, borehole location techniques

桂中岩溶区普遍存在干旱缺水、生态恶化、耕作粗放等问题,严重制约着农业生产的发展。这里,农田灌溉主要依靠地表水,由于存在严重的岩溶渗漏问题,修建地表水库的条件较差;在远离河流的地区提取河水灌溉亦存在一系列难度,干旱问题没有得到根

本解决。然而,岩溶平原区地下水资源相对丰富,开发的技术经济条件比较优越,有效地开发利用地下水是治理干旱的途径之一。

岩溶区根据地貌特征可分为峰丛洼地(山区)和峰林平原两大地貌单元,它们具有不同的水文地质结构和蓄水条件,开发治理形式也很不相同。来宾县位于广西盆地中心,是桂中有名的岩溶干旱县,属典型的峰林平原岩溶发育区。本文结合该区情况,对峰林

2000-02-01收稿,2000-04-21修回。

* 广西留学回国人员科学基金项目资助(桂科回9661010)

平原区含水层特征及地下水开发等问题进行系统的分析,以期对类似地区治旱有所借鉴。

1 岩溶含水层特征

来宾峰林平原岩溶系统经过长期发育演化,内部结构有序度已达到最佳状态^[1],岩溶发育强烈且相对均匀。岩溶含水层有以下明显特征

1.1 具有成熟的三元垂直分带

即浅层(表生)岩溶带、中层溶洞带和深层溶洞带,其深度界线大致在地面以下30 m和100 m处。

(1)浅层岩溶带:厚约30 m,以溶沟、石芽、漏斗为主,溶隙宽大,多与浅部风化裂隙重叠,特点是总岩溶率高,但充填强烈,有效孔隙率0.025; (2)中层溶洞带:厚约70 m,岩溶形态以溶洞为主,充填程度低,管道连通性好,有效孔隙率0.015; (3)深层溶洞带(>100 m段):洞穴管道主要沿大型近直立的结构面(岩性或构造)发育,管道的孤立性表现渐趋明显,岩溶发育不均一性加强,地下水开发利用的难度增大。

1.2 地下水位动态变化平缓

地下水位长期观测表明:从峰林平原补给区到排泄区水位抬升在降雨开始后1 d~3 d渐次开始,水位急剧抬升多数在3 d~5 d内完成。地下水位过程曲线主要反映降雨的季节性变化,上升支很陡,下降支相对平缓(图1)。这与峰丛洼地区反映场雨变化的尖峰型过程曲线形成鲜明对比^[2,3]。它与岩溶含水层性质有关,也说明峰林平原含水层具有较快的补给速度和较高的给水度,对水资源有较强的调节能力。

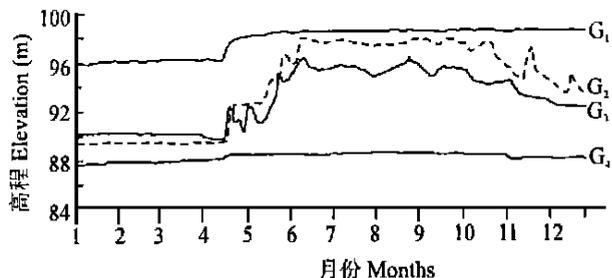


图1 来宾小平阳1993年代表性水点水位动态曲线

Fig. 1 Groundwater level versus time curves for Xiaoping, Laibin in 1993

G₁: 上莫机井; G₂: 平塘大口井; G₃: 水泡机井; G₄: 岜土大口井。G₁: Shangmo drilled well; G₂: Pingtang dug well; G₃: Shuipao drilled well; G₄: Bashi dug well.

1.3 含水层有效孔隙度(给水度)较大

利用地下水动态观测法(根据衰减期泉水流量与流域地下水位降深,用衰减方程^[4]求算给水度)和钻孔岩芯统计法(统计研究区钻孔岩芯的岩溶率,折算

为给水度)求得浅层、中层岩溶带平均给水度分别为:0.025、0.015。对浅层岩溶带而言,相当于每米厚度有25 mm水柱的调蓄能力,30 m厚的浅层带调蓄能力相应为750 mm(75万 m³/km²),约为年均降雨量(1336 mm)的56.1%,表明具有较强的调蓄径流资源的能力和开发利用前景。

1.4 含水层疏干和地下水回灌补给易于实现

从上面的分析可知,本区浅层带岩溶发育强烈,给水度大,岩溶通道多呈网络状分布,地下水位的动态变化属于整体同步上升与回落类型,说明井(孔)抽水时比较容易形成相对均匀的降落漏斗,释放地下水储量。

区内地下水以大气降水为主要补给来源。在峰林平原区,第四系松散物覆盖较薄,下伏基岩岩溶发育;加之地势平坦,有利于降水入渗。根据多年地下水位、流量、降雨观测资料,求得平原区年降水入渗系数为0.411,说明地下水有充足的补给来源。

2 地下水开发利用

2.1 技术方案

目前,地下水开发利用的主要形式有“堵水型”和“抽水型”。“堵水型”即在地下河的主管道上堵洞成库,利用洞穴空间和上游洼地蓄水。“堵水型”适合峰丛洼地区地质条件,因为峰丛洼地区相对孤立的树枝状洞穴系统发育,通道分岔少,堵洞成功率较高。“抽水型”则适合于峰林平原区地质条件。

通过对岩溶含水层特征的分析可知,平原区岩溶发育强烈,浅层带岩溶管道相互连通性好,通过修建地表水库或堵洞成库调节径流,成功率极低。相反,由于含水层的给水度较大,具有良好的透水性和储水性,开发利用前景很好。技术方案是通过有计划地布置取水工程,枯水季节抽取超过流域天然径流量的地下水,在浅层岩溶带形成疏干漏斗(即地下调节水库容),以获得需要的灌溉水资源量;雨季通过天然回灌,把含水层重新充满。这种地下水开发利用形式,需要规模性的工程把地下水抽出来,故称为“抽水型地下水库”^[5]。

以来宾小平阳地下水开发区为例,面积约50 km²的平原中部示范区有耕地1800 hm²,枯水年灌溉总需水量约3000万 m³,通过蓄、引、提等措施可供应1000万 m³,尚有2000万 m³的缺口需要通过开发地下水解决。根据上面分析,平原区浅层岩溶带含水层给水度为0.025,求得枯水年平均降深16 m即可获得所需的灌溉水资源调节量,通过采水井的合理布设完全可以实现。

开发利用地下水,关键是定井技术,还要做好合理的开发规划,选取适当的取水工程。

2.2 定井技术

开发平原区岩溶水的关键是如何把取水工程布置在能够最大限度地揭露含水地质体的位置上,为此需要一套专门的定井技术方法,用来寻找地下水富集地段,确定裂隙发育带和溶洞的空间位置。目前主要有地质分析方法、蓄水构造方法、物探方法、核技术方法等。

定井程序一般为,首先进行岩溶水系统结构特征分析,包括岩溶水文地质调查、构造找水分析,找出区内潜在的断裂富水构造和蓄水构造;然后进行物探等方法测量,最后在地质分析和物探取得的各种信息基础上进行综合判读,确定井位。

2.2.1 地质分析方法

重点是分析断裂富水构造,其中以地质力学和新构造方法为代表。60~70年代,应用地质力学研究断裂带水文地质特征及富水性取得较大进展,重点是分析断层性质与富水性关系。80年代以来,有的专家则将研究的重点放在新构造上^[6],它具有年代新、开启性好、透水性强以及方向性、等距性等特点,对地下水的形成、分布、运移具有重要的控制作用。

2.2.2 蓄水构造方法

在岩溶地块中发育有一些强富水水文地质体(蓄水构造),它们汇集和排泄弱含水介质中的地下水,在宏观范围内起着汇聚和储存地下水的作用。蓄水构造在空间上只占岩溶地块的1/10~1/100,找出蓄水构造可把找水的靶区缩小1~2个数量级;分析蓄水构造能够预测富水地质体的几何形状和内部介质结构,为选择物探找水方法和解释物探异常提供地质依据,从而提高找水的精度和速度。

在来宾峰林平原区定井找水的实践中,我们归纳出断裂带型、埋藏漏斗型、白云岩风化囊型、古风化壳白云岩风化层、红层底砾型、负基底松散堆积型等6种岩溶蓄水构造,在找水勘探实践中有较好的指导作用。

2.2.3 物探方法

电法勘探是寻找基岩地下水最有效的物探方法,主要有直流电法、交流电法以及激发极化法等。最近,日益成熟的声频大地电场法(电磁法)在找水方面取得了较大进展,它对寻找基岩中带状低电阻蓄水构造效果尤为明显,非常适于岩溶地区找水定井。

2.2.4 核技术方法

主要利用富水地质体与围岩的放射性差异找水,它具有仪器轻便、操作简单、不受地形限制、工作周

期短和成本低等优点。比较成熟的方法有 γ 射线测量、 ^{210}Po 测量、活性碳测氦、 α 卡、 α 径迹等方法。该法结合其它方法,找水效果很好。

2.3 地下水开发利用规划分区

根据地下水的补径排、富集和埋藏条件,采用不同的开发利用形式。

2.3.1 补给-径流区

峰丛山区与岩溶平原的过渡地带,水力坡度较陡,水位和流量具有暴涨暴落的特点。洪水期水位到达地表,常有泉水溢出,给人以水源丰富的假象;枯水期泉水干涸,水位埋深较大。这类地区含水层调蓄能力弱,地下水资源以动储量为重,打井的成功率不高,单井出水量低。开发利用方向应充分利用山塘水库、水柜调蓄雨季水资源,以供枯季使用。局部适宜地段可打一定量的机井补充枯季水源不足。

2.3.2 径流区

平原中部径流区地下水主要赋存和运移于受断裂控制的地下水富集带上,枯水位埋深一般10 m~20 m,年水位动态变化10余米,若加上所需要的抽水降深漏斗,取水工程深度应大于30 m,用大口井开发有一定难度,适宜用机井开发为主。

2.3.3 排泄区

峰林平原地下水的排泄区有不少溶潭、天窗、泉水等天然露头,水位埋深较浅,一般小于10 m,水位动态变化平缓,年变幅5 m之内;地下水、地表水交换活跃,岩溶发育强烈,开采资源应以静储量为主,适宜大口井开发。同时地表河网密度加大,地表水资源相对丰富;因此,应注意地表水、地下水的综合利用。

2.4 地下水开发工程

岩溶地区常用的地下水开发工程有机井、大口井、集水槽、辐射井、溶潭天窗提水等等,适合不同的自然、经济条件。

2.4.1 机井

机井亦称为管井,是目前主要采水工程之一,具有使用简便、水源保证程度高等优点。在岩溶平原区一般孔深100 m,要求钻孔垂直,装泵段孔斜不得超过 1° 。施工中要有一套专门的设备和技术,须由专门的施工队伍承担。

2.4.2 大口井

大口井是群众性开发利用地下水的主要形式,一般沿地表有明显露头的洼地、漏斗往下挖,挖在地下水径流带、蓄水构造上的大口井容易获得较大的出水量。大口井建设成本低,约为机井的一半,比较适合当前农村的经济条件。

2.4.3 集水槽

集水槽一般长数十米至数百米,宽度和深度约5 m,抽水时地下水从两侧流出,集水槽本身也可蓄存一定的水量。这是排泄区开发浅层地下水的另一形式,其优点是可吸收更多的劳动力同时施工,由于其深度浅,可避免井壁支护、水下爆破和排水等难题;缺点是费力费时占耕地,水源保证程度差,只适合于排泄区水源丰富、水位埋深浅且动态平缓的地段。

2.4.4 辐射井

辐射井是一种特殊的井型,由大口井和若干水平集水管构成。水平集水管(辐射孔)在大口井的下部向各个方向呈辐射状延伸,以揭穿不同含水地质体,增大与含水层的接触面积,扩大井的影响范围,增大出水量。

2.4.5 溶潭、天窗提水

地下水的天然露头一般出露于地下水流域的径流、排泄区,与地下河或地下水集中径流带直接有关。作简单的工程处理后,便可以直接装泵抽水,出水量一般较大。

3 结语

(1)来宾峰林平原系统发育有较成熟的三元垂直分带;岩溶发育强烈且相对均匀,含水层给水度大,透水性好,疏干和补给相对易于实现,具有较强的调蓄水资源能力和开发利用前景。

(2)地下水开发的技术方案是在枯水季节抽取超过流域天然径流量的地下水,在浅层岩溶带形成疏干漏斗,以获得需要的水资源量;雨季通过天然回灌,把含水层重新充满。

(3)开发地下水的关键是提高定井技术,目前主要有地质分析、蓄水构造分析、物探、核技术等方法。我们提倡地质—物探—勘探综合定井找水。

(4)岩溶区常用的地下水开发工程有机井、大口井、集水槽、辐射井、溶潭天窗提水等,应根据地下水的补径排、富集和埋藏条件,采用不同的开发利用形式。

参考文献

- 1 朱学稳. 峰林喀斯特的性质及其发育和演化的新思考. 中国岩溶, 1991, 10 (1): 51~ 62.
- 2 邹成杰. 岩溶地区地下水位动态分析. 中国岩溶, 1995, 14 (3): 261~ 269.
- 3 袁道先, 戴爱德, 蔡五田等. 中国南方裸露型岩溶峰丛山区岩溶水系统及其数学模型的研究——以桂林丫吉村为例. 桂林: 广西师范大学出版社, 1996. 18~ 44.
- 4 任美镔, 刘振中. 岩溶学概论. 北京: 商务印书馆, 1983. 130~ 153.
- 5 张之淦, 李大通. 来宾县人地系统与干旱治理. 见: 人类活动与岩溶环境论文集, 北京: 北京科学技术出版社, 1994. 19~ 26.
- 6 肖楠森. 新构造分析及其在地下水勘察中的应用. 北京: 地质出版社, 1986. 10~ 58.

(责任编辑: 邓大玉)

桂林植物园

桂林植物园位于桂林市南郊雁山之麓,距桂林市城区24 km,占地67 hm²,是中国10大植物园之一。

桂林植物园建于1958年,由植物学家陈焕镛教授和钟济新教授创建。其地理位置为北纬25°01',东经110°17',海拔180 m~ 1300 m,属亚热带季风气候,年平均气温18.8℃,极端最高温38℃,极端最低温-3.3℃,年降雨量1800 mm。该园主要收集南方的亚热带植物,特别是广西特有植物和岩溶石山植物、珍稀濒危植物、经济植物和观赏植物。目前收集有2700多种植物,其中181种为国家保护植物,是国家植物资源战略储备的“活体基因库”和“活体银行”。

桂林植物园目前已建成裸子植物园、棕榈苏铁园、杜鹃园、木兰园、经济植物园、珍稀濒危植物园、药用植物园、花卉盆景园8个专类园区,以及银杏、猕猴桃、金花茶、罗汉果、乌桕等种质资源圃和品种园。正在建设中的还有“奇珍植物精品园”、“桂花园”、“竹园”、“水生植物园”。结合大桂林旅游景区建设的规划,桂林植物园计划在未来5年,将扩建改造原有植物专类园,新建1个广西最大、集植物种质保存和旅游观赏为一体的展览温室群,引种收集和迁地保护亚热带植物特别是岩溶植物2500种以上,桂林植物园内储备的植物物种数将增加至5000种,这是一个十分诱人和值得赞赏的计划。桂林植物园以其丰富的树种和各式奇异的花卉和正好处于桂林—阳朔旅游热线上的地理位置,将成为游客喜爱的旅游胜地。

桂林植物园不仅是植物研究的基地,而且还是科学知识普及教育的场所,该园已建立了一个植物博览馆,以标本、图片、文字相结合的形式进行生物多样性和趣味植物科普展。1999年,桂林植物园被中国科协授予首批“国家科普教育基地”,2000年,广西壮族自治区党委宣传部、科技厅、教育厅、区科协联合授予该园“广西青少年科技教育基地”称号。

(本刊编辑部)