

# 滇东南弥勒盆地蓄水构造特征分析及找水方向

杨红<sup>1</sup>, 许模<sup>1</sup>, 张劲松<sup>2</sup>

(1. 成都理工大学 地质灾害防治与地质环境保护国家重点实验室, 成都 610059; 2. 云南省交通规划设计研究院, 昆明 650011)

**摘要:**蓄水构造是富集地下水的地质构造形式,它是地下水形成、运动和蓄存的场所。在干旱地区寻找地下水主要是寻找有利的蓄水构造。通过分析弥勒盆地及其周边蓄水构造的特征,能为今后弥勒地区干旱年份寻找地下水提供水文地质依据。该文在对区域地质条件、地下水系统资料进行详尽分析并结合野外现场调查的基础上,基于蓄水构造的三要素,对滇东南弥勒盆地蓄水构造类型及其特征进行了分析,认为区内主要有汇水型蓄水构造、阻水型蓄水构造和风化带型蓄水构造三类,在干旱年份岩性分界面阻水型蓄水构造、断裂型蓄水构造和风化带型蓄水构造中的地下水具有供水意义。

**关键词:**地下水; 弥勒盆地; 蓄水构造; 找水方向

中图分类号:TV211.1

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2012)06-0254-05

## Analysis of the Characteristics of Groundwater Storage Structure and Groundwater Exploration in Mile Basin, Southeast Yunnan Province

YANG Hong<sup>1</sup>, XU Mo<sup>1</sup>, ZHANG Jin-song<sup>2</sup>

(1. State Key Laboratory of Geo-hazard Prevention and Geo-environment Protection, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China;

2. Traffic Planning and Design Institute of Yunnan Province, Kunming 650011, China)

**Abstract:** Geological structure is important for controlling the formation, movement and accumulation of groundwater. Analysis of water storage structure is a useful method for groundwater exploration in arid area. Analyzing characteristics of water storage structure in Mile basin and its peripheral area can provide hydrogeological basis for groundwater exploration of Mile in future drought year. Base on the regional geological conditions, groundwater system data were analyzed in detailed, and this paper analyzed the type and characteristics of water storage structure in Mile basin according to the field survey and the critically examination of the three elements of water storage structure. According to the geological analysis, the main water storage structure types were catchment, water resisting structure and weathered zone in Mile basin, suggesting that the main direction of groundwater exploration in drought year was to find the water in the lithologic boundary as water resisting structure, as well as in fault and weathered zone.

**Key words:** groundwater; Mile basin; water storage structure; water exploration

近年来云南气候持续干旱,严重影响了人民群众的生产生活,制约了社会经济的可持续发展。抗大旱保民生的关键是要在干旱地区找到可供人畜饮用的地下水。滇东南弥勒盆地虽然降水量适中,但由于水资源时空分布不均匀,蒸发量较大,致使地下水资源极度紧张。

本文基于蓄水构造的三要素,对区内蓄水构造特征进行分析,尝试明确弥勒盆地的找水方向,为持续

干旱年份弥勒盆地寻找地下水、缩小找水工作的靶区面积<sup>[1]</sup>提供参考。

### 1 盆地地质环境

弥勒盆地位于云南省东南部,红河哈尼族彝族自治州北端。盆地属滇东高原的一部分,地形高差大,地貌复杂,北部较平坦,东西多山,中部低凹,中南部被切割成低山缓坡地形,地势总体北高南低。

弥勒盆地发育于昆明山字型东翼褶皱断裂带上,是多条性质不同的褶皱断裂长期活动的结果,盆地具有断拗性质。由于区域内构造活动强烈,断裂、皱褶极为发育,多呈 NE—SW 向展布。盆地北端及中段西侧发育有当甸断层,该断层为张性断层,使盆地具有断陷性质(图 1)。

弥勒盆地在第三纪以前已形成,但后来的构造运动使盆地中心变迁,造成某些层位缺失,盆地范围逐渐缩小,因此只在盆地北部、西部、东部和南部的局部地段进行第四系沉积。

弥勒盆地为典型的亚热带气候,受印度洋温暖气流影响,气候温和,雨量适中,日照充足,蒸发量大。甸溪河及其支流为盆地内的主要地表河流,源自师宗县,自北向南流动,在岭岗附近汇入南盘江,河流流量受季节影响较大,多年平均流量 30 m<sup>3</sup>/s,自然落差 1 025 m,上游流经石灰岩地区,多溶洞、伏流。

弥勒盆地四周碳酸盐岩分布广泛,受南盘江切割影响,盆地地形高差较大,岩溶极为发育;盆地凹陷区、河流阶地及河谷内沉积有新生界第四系(Q)、上第三系(N)、下第三系(E)的砂岩、砾岩、砂砾岩等松散沉积物;盆地东南侧为三叠系(T)基岩,岩性主要为页岩、粉砂岩、细砂岩等。

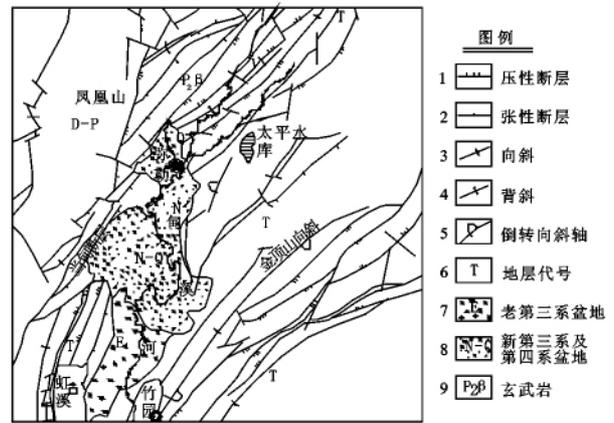


图 1 弥勒盆地构造简图

## 2 水文地质单元

弥勒盆地主要地表河流为南盘江支流甸溪河。根据弥勒盆地地质构造、地层岩性和地下水补径排规律,将盆地地下水径流系统划分为一个一级单元即甸溪河水系统 II,一级系统又可划分为 5 个二级子系统。甸溪河水系统北侧接受高原区降雨补给,东西两侧以南盘江与甸溪河的地下水分水岭为界,地下水向南排泄,最终汇至南盘江。水文地质单元划分见图 2,各单元基本特征见表 1。

表 1 甸溪河水系统基本特征

岩溶水系统划分		地下水补、径、排特征
一级系统	二级系统	
甸溪河水系统(II)	II—1	单元东西两面有玄武岩为隔水边界,补给区为西侧地势较高地区,接受大气降水补给,从岩溶高原向弥勒盆地西部玄武岩一侧汇流富集,受 NW 向断裂错移,从错移带中溢出,出露疯龙潭、大树龙潭等岩溶大泉
	II—2	单元东西两面分别以碎屑岩和玄武岩为隔水边界,南端伸入弥勒盆地被埋藏。补给区为东侧地势较高地区,接受大气降水补给,单元内碎屑岩和灰岩相间分布,地下水互为平行的向弥勒盆地排泄
	II—3	单元东西两面有碎屑岩形成良好的隔水边界,北东有断层形成的碎屑岩阻水层与 II—2 区相隔,补给区为北东侧分水岭附近地势较高地区,接受大气降水补给,向竹园盆地径流排泄,以泉点形式排泄至甸溪河
	II—4	单元东侧以地表分水岭为界,补给区在地势较高处接受大气降雨补给后多以溪流及季节性溪流形式向甸溪河排泄
	II—5	单元东西面有碎屑岩和玄武岩为隔水边界,含水层组为 T <sub>2g</sub> ,补给区为南北面岩溶山区,地下水向盆地汇流

从图 2、表 1 可以看出盆地 NW 部为 II<sub>1</sub> 单元排泄区,由于有玄武岩形成隔水边界,使地下水至玄武岩西侧汇流富集,形成富水块段,受 NW 向断裂错移以及地下切割,富水带中溢出许多大泉。盆地 NE 部为 II<sub>2</sub> 单元排泄区,亦形成一富水块段。盆地基底受断层切割和玄武岩侵入,地层复杂,北部为 II<sub>2</sub> 单元地层延入盆地,富水性较弱。南部为 II<sub>3</sub> 单元补给径流区,无泉水溢出,富水性弱。盆地上第三系(N)、下第三系(E)地层,据钻孔资料,富水性弱。盆地西,由于受 NE 向断层控制,沿断层分布有热异常带,温泉广

泛分布(表 2),其围岩由玄武岩及碎屑岩组成封闭层,上部有 N<sub>1-2h</sub> 黏土为盖层。

## 3 蓄水构造

地质构造控水理论认为,地质构造是控制地下水埋藏、分布和运移的主导因素,在一定有利的地质构造组合形式下,就会形成有利于地下水形成、运动和蓄存的蓄水构造<sup>[2-4]</sup>。蓄水构造便是富集地下水的地质构造形式。蓄水构造的三个基本组成要素是:透水岩层、隔水岩层、透水边界。在严重干旱地区寻找地

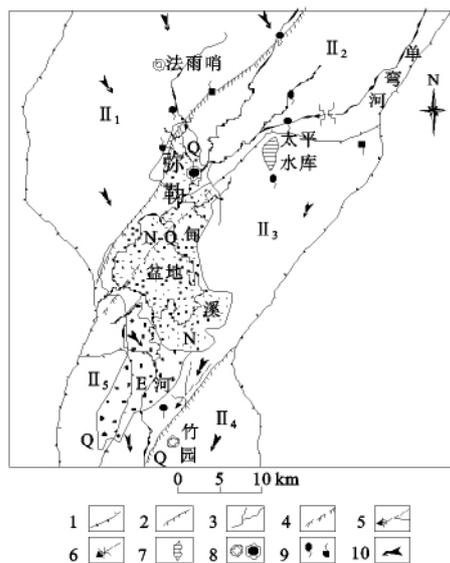
下水,就是要寻找有利的蓄水构造<sup>[2]</sup>。根据盆地构造、岩性及地下水补径排等特征,将盆地及其四周蓄水构造类型主要分为汇水型蓄水构造、阻水型蓄水构造和风化带型蓄水构造三类。

### 3.1 汇水型蓄水构造

汇水型蓄水构造是在有利的岩性组合、构造、地形等条件下地下水易在其中汇集的地质构造,常见的有岩溶暗河型和断裂型蓄水构造。这类蓄水构造其储水空间往往呈线状分布。

(1) 岩溶暗河型蓄水构造<sup>[5]</sup>。盆地四周外缘广泛分布厚层的三叠系、二叠系、石炭系和泥盆系碳酸盐岩,由于地壳强烈上升,河谷深切,断裂构造极其发育,在分水岭地段、断裂带附近,地表岩溶漏斗、落水洞、溶洞十分发育,其接受降雨和地表水补给,大部分地下水储存在低级别的岩溶溶隙、溶孔中,并源源不断的向暗河管道汇集,暗河管道往往成为一线状的汇水管道,本区岩溶往往沿断裂发育,四周有地下水分水岭及碎屑岩、玄武岩形成隔水边界,更有利于地下水的汇集。如盆地南侧外缘龙潭哨暗河系第三岩溶

时期形成的并正在发展中的壮年期暗河,其沿断裂谷地发育而成,具体出露特征见表 3。



注:1 为地下水分水岭及分区界线;2 为隔水边界;3 为河流;4 为推测隔水边界;5 为地下暗河出口;6 为伏流进出口;7 为水库;8 为公社县城;9 为下降泉上升泉;10 为地下水流向

图 2 弥勒盆地水文地质单元

表 2 温泉特征统计

构造	位置	高程/m	岩层	流量/(L·s <sup>-1</sup> )	水温/°C	备注
山字型构造体系	弥勒城西	1420	Q <sub>n</sub> <sup>sl</sup>	40	54	成井作澡塘
	弥勒山豆棚村	1450	P <sub>1</sub> q+m	10.39	31	供水
	弥勒热水塘	1600	P <sub>2</sub> x, P <sub>2</sub> β	13.72	64	已利用作澡塘
经向构造体系	龙潭村	1449	S <sub>3</sub> y	683.4	24.5	

表 3 龙潭哨暗河特征

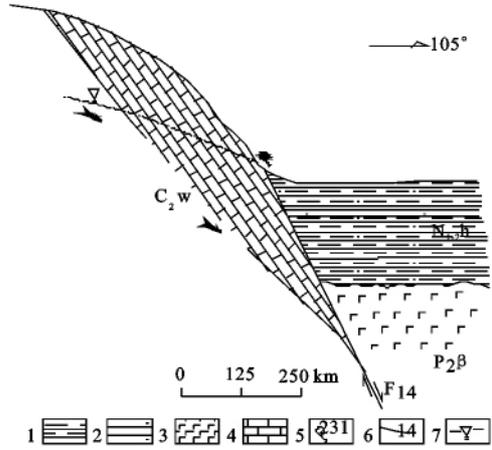
暗河名称	岩层	暗河长度/km	汇水面积/km <sup>2</sup>	出口高程/m	流量/(L·s <sup>-1</sup> )	水化学类型	暗河出露条件	水动力单元	所属水系统
龙潭哨暗河	三叠系个旧组厚层一块状灰岩及白云岩	8	521.2	1168	619.2~1066.8	HCO <sub>3</sub> -Ca, Mg	出露于 NE 向一未命名断层上盘三叠系 T <sub>2</sub> g 中高山向竹园盆地过渡斜坡地带	断陷盆地型水动力单元	II-3

(2) 张性断裂充水型蓄水构造。盆地西山区和东山区广泛分布厚层碳酸盐岩,在构造活动的影响下张性断层极为发育,并发育有次级 NW 向和 NE 向两组扭裂面,由于两盘均为可溶性碳酸盐岩或脆性的碎屑岩,断层上盘破碎带裂隙和岩溶较发育。在不同方向断层交汇的复合部位,因岩石受力迭加造成岩石破碎剧烈,节理、裂隙非常发育,断层影响范围更宽,与未受影响岩石相比,其含水性和透水性明显增强,断层未受影响岩石作为相对隔水岩层,地下水容易在影响带内富集,形成旁侧裂隙含水带,地下水在一定条件下以泉的形式排泄,如楼房寨断裂(图 3)。又如弥勒盆地西部的当甸断层,为一张性活动断裂带,二叠系玄武岩沿断裂喷发,形成隔水边界,使地下水在灰

岩一侧运移和储存,成为一侧充水,另一侧阻水的断陷盆地断裂充水带,赤黑泉群中有两个泉点便出露于当甸断层上(图 4)。

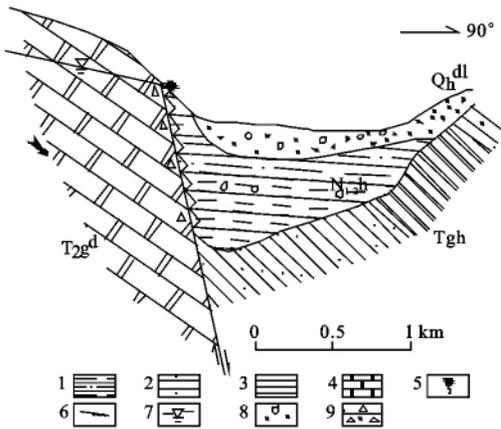
(3) 单斜汇水型蓄水构造。凤凰山单斜断块(图 1)位于弥勒盆地的西部,西以法雨哨断层为界,东以大麦地至蚂蚁哨断层为界,近东西向的小断层将两大边界断层切割呈多段,破坏了其连续性。断块中构造相对简单,为单斜构造,主要分布地层为泥盆系纯碳酸盐岩地层,含水岩组 D<sub>3</sub> 地层较 D<sub>2q</sub> 地层灰岩纯,富水性相对 D<sub>2q</sub> 较好。由于压扭性构造所形成的断裂构造岩的透水性远比两盘岩石的透水性小,形成相对隔水边界,在有利地形条件下地下水易于富集。岩层整体产状 N5°—45°E/SE,倾向很缓,一般 10°左右,靠近

断层处,受断层影响,产状混乱,且倾角变陡。岩溶发育强烈,地表岩溶漏斗洼地普遍发育,富水性强,位于地下水补给—径流区,所以基本没有泉点出露。



注:1 为砂质黏土岩;2 为砾石层;3 为玄武岩;4 为灰岩;5 为岩溶大泉;6 为断裂及编号;7 为地下水位。

图 3 楼房寨充水断裂剖面



注:1 为质黏土岩;2 为砂岩;3 为页岩;4 为白云岩;5 为泉;6 为断裂;7 为地下水位;8 为第四系堆积;9 为断裂破碎带

图 4 当甸断裂充水型蓄水构造

### 3.2 阻水型蓄水构造

阻水型蓄水构造是当地下水在径流途中岩层岩性发生突变或遇某障碍物阻挡其向前径流时,地下水便在障碍物或岩性分界面来水方向汇集形成的蓄水构造。常见的有岩性分界面阻水型蓄水构造、压性断层组成的蓄水构造和风化带型蓄水构造。这类蓄水构造其储水空间往往呈区域面状分布。

(1) 岩性分界面阻水型蓄水构造。盆地 NW 侧外缘属于甸溪河 II<sub>1</sub> 水系统,其接受西部岩溶高原区的降雨补给,在垂直运动或向河谷、盆地排泄的过程中,受到弥勒盆地 NW 侧和沿 NE 向断层分布的玄武岩的阻隔作用,岩溶水在接触带富集,地下水位逐渐上升,形成岩性分界面阻水型蓄水构造,并以接触泉的形式排泄;又由于区内断裂极其发育,若在接触带附近有断层作用,地下水易沿断层径流,在区内高原

向盆地过渡的斜坡地带出露很多泉点,最大泉流量为 482 L/s,最小泉流量为 0.33 L/s。盆地 NE 侧,三叠统个旧组可溶岩,法郎组、鸟格组、永宁镇组非可溶岩,由于受 NE 向压性逆冲断层的影响,呈互层状相互平行的出露,其位于甸溪河 II<sub>2</sub> 水系统中,由于岩层抗水流溶蚀的能力不同,岩溶沿断裂带发育,遇碎屑岩或阻水断层起隔水边界作用,地下水便容易在可溶岩与非可溶岩分界带富集,因此在盆地的 NE 侧出露很多泉点,最大泉流量为 42.4 L/s,最小泉流量为 0.01 L/s。

盆地四周褶皱均被走向断层破坏,褶皱核部多为非可溶岩,主要起隔水边界或阻水的作用,如金顶山向斜,位于盆地东侧,其岩层紧密倒转,核部均由碎屑岩组成,SW 翼岩层为中三叠统个旧组灰岩,两翼被走向断层破坏形成相对隔水边界,在可溶岩与非可溶岩交界面处地下水富集并出露成泉(图 5)。

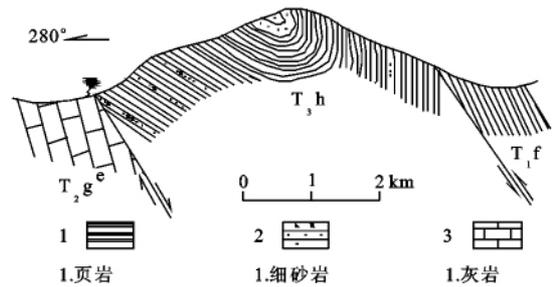


图 5 金顶山向斜阻水型蓄水构造

(2) 压性断裂阻水型蓄水构造。断裂控制着区域地下水富集、径流和排泄的主要条件,且断层两盘的岩性和力学性质对断裂蓄水构造的形成有很大的影响<sup>[6]</sup>。盆地所处区域压性或压扭性断裂发育,由于压性断裂构造岩的透水性远比两盘岩石的透水性小,造成断裂带一侧阻水,来水方向一侧充水。如盆地 NE 向小龙潭断层、妈平断层、饶家湾—清河村断层、路茨断层、老寺坡—尖山断层、瓦舍—火木龙断层等,主体为逆冲性质,断裂带中断裂构造岩主要起阻水作用。

### 3.3 风化带型蓄水构造

区内形成风化带型蓄水构造的岩石有:三叠系飞仙关组、法郎组、鸟格组砂页岩,二叠系峨眉山玄武岩等。在一定的气候条件下,岩层经受后期构造运动的影响,风化带破碎,裂隙发育。风化带一般深 10~50 m,风化带接受大气降雨补给,以破碎带下未风化的新鲜岩石作为隔水边界,阻挡地下水下渗,在一些洼地、河流谷地等地形低洼易汇水的地方,构成蓄水构造,形成风化裂隙水,地下水呈散状排泄。

盆地东南侧碎屑岩分布区由于地形高差大,大气降水后,多迅速形成地表径流,泉流量一般小于 1 L/s。

盆地中部被  $Q_4$  和  $N_{1-2}$  沉积物覆盖,其富水性弱。二叠系玄武岩,呈条带状展布于盆地 NW 侧,受断裂及后期风化作用影响,风化裂隙发育。以风化裂隙带为透水层,下部未风化岩石作为隔水层,富集少量风化裂隙水,泉流量一般小于  $1\text{ L/s}$ 。

## 4 找水方向

弥勒盆地内用作生活生产的供水水源目前主要有盆地东北侧的太平水库库水、盆地西部大龙潭水及甸溪河水。由于近年来盆地气候持续干旱,降雨量大幅减少,加之盆地外缘水资源时空分布不均匀,地下水埋藏很深,造成地表严重缺水。对于不同缺水地区的地下水寻找方向和开发模式应根据其所含蓄水构造地下水的分布规律,因地制宜地确定<sup>[7]</sup>。严重干旱年份弥勒盆地地下水的寻找方向主要为岩性分界面阻水型蓄水构造、断裂型蓄水构造、风化带型蓄水构造。

### 4.1 岩性分界面阻水型蓄水构造

盆地由于受到断层切割和玄武岩侵入,在碳酸盐岩与玄武岩的接触地带地下水容易富集,而不能从西山区向盆地排泄,使里方镇及火木龙一带干旱。在这种蓄水构造中寻找地下水,主要是要寻找可溶岩与非可溶岩分界的地带、寻找构造变动影响的地段、寻找汇水条件较好的地形,如斜坡、洼地等<sup>[8]</sup>。在里方镇及火木龙一带,可通过从小窝旧至红石岩以西的山脚,沿玄武岩和西部灰岩接触带打井,或往西打斜井,开采接触带蓄积的地下水。

### 4.2 断裂型蓄水构造

盆地及其四周受制于地下水埋藏、分布和运移,弥勒盆地地下水发育严格受断裂构造的影响<sup>[9]</sup>。在经向、纬向构造体系和山字型构造体系的影响,主要发育压性和压扭性断层。从这种蓄水构造中寻找地下水,主要是要寻找断层的影响带,判断断层性质确定断层上下盘、判断断层两盘岩层的岩性,确定是否有可溶性岩层、寻找不同方向断裂交汇的部位<sup>[6]</sup>。在断层上盘、交汇、可溶岩部位以小口径集中式打井,供人畜饮用<sup>[8]</sup>。另外盆地沿断裂带分布有大大小小的漏斗、洼地、落水洞也可作为寻找地下水较有意义的标志,可沿裂隙落洞方向布井打水。

### 4.3 风化带型蓄水构造

岩体风化带的富水性取决于岩石性质、裂隙发育情况、蓄水条件等因素。岩石颗粒越粗、风化带厚度越大,蓄水条件越好,蓄积的地下水越多。在这种蓄

水构造中寻找地下水,主要是要寻找汇水条件较好的地形、构造影响的范围、原生及次生裂隙发育的坚硬岩体。盆地风化带型蓄水构造富水性不是很强,但在持续干旱的年份,由于风化裂隙水在本区主要分布在盆地及东山区碎屑岩分布区,埋藏较浅,便于开采用,虽然水量不大,但作为分散的居民生活用水和农业用水的水源还是很有价值的<sup>[10]</sup>。

## 5 结论

(1) 地质构造是控制地下水埋藏、分布和运移的主导因素,在一定有利的地质构造组合形式下,就会形成有利于地下水形成、运动和蓄存的蓄水构造。在严重干旱地区寻找地下水,就是要寻找蓄水构造。

(2) 在构造和岩性的控制下,盆地及其四周蓄水构造主要发育有:汇水型蓄水构造、阻水型蓄水构造和风化带型蓄水构造三类。其中本区汇水型蓄水构造主要有岩溶暗河型蓄水构造、断裂充水型蓄水构造和单斜断块蓄水构造,阻水型蓄水构造主要有岩性分界面阻水型蓄水构造、压性断裂阻水型蓄水构造。

(3) 盆地在持续干旱年份地下水的寻找方向主要为岩性分界面阻水型蓄水构造、断裂型蓄水构造、风化带型蓄水构造。其中风化带型蓄水构造中蓄存的地下水虽然水量不大,但作为分散的居民生活用水和农业用水的水源还是很有价值的。

### 参考文献:

- [1] 张之淦,陈伟海. 岩溶蓄水构造与找水:以广西来宾小平阳为例[J]. 水文地质工程地质,2000(6):1-5.
- [2] 刘光亚. 基岩蓄水构造[M]. 北京:地质出版社,1979.
- [3] 钱学溥. 中国蓄水构造类型[M]. 北京:科学出版社,1990.
- [4] 沈照理,刘光亚,杨成田,等. 水文地质学[M]. 北京:科学出版社,1985.
- [5] 李希文,刘广培. 个旧矿区及其外围的几种蓄水构造[J]. 云南地质,1986,5(3):235-240.
- [6] 宋照光. 利用断层蓄水构造在山区找水定井的探讨[J]. 水利科技,2007(12):27-29.
- [7] 刘新号. 基于蓄水构造类型的山区综合找水技术[J]. 水文地质工程地质,2011,38(6):8-12.
- [8] 邱志强,金洪涛,苗英,等. 辽西蓄水构造及找水方向[J]. 地质与资源,2007,16(2):112-115.
- [9] 胡海涛,许贵森. 论构造体系与地下水网络[J]. 水文地质工程地质,1980,7(3):1-5.
- [10] 毛相义. 遵义地区地下水控制条件分析及找水方向[J]. 贵州地质,1995,12(1):78-83.