

# 云南普者黑成景水文地质条件及岩溶特征

马铭嘉, 张 兵, 赵晶晶, 殷桂仙, 越 圆

(昆明理工大学国土资源学院地球科学系, 云南 昆明 650093)

**摘 要:** 认为普者黑景区具有独特的亚热带高原岩溶地貌特征, 指出持久保存、保护普者黑岩溶水文系统必须遵循的原则。

**关键词:** 覆盖型岩溶水; 松散保护层; 排泄基准面; 高原岩溶地貌; 云南普者黑

**中图分类号:** P641.134 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-1885(2010)01-074-05

普者黑位于云南省东南部文山壮族苗族自治州丘北县中部, 距县城 13km, 处广西、云南交界处。中心景区为典型的中国南方亚热带岩溶峰林地貌, 总面积  $165\text{km}^2$ , 被誉为中国独一无二的喀斯特山水田园风光。

研究区属于中国华南褶皱系中的滇东南褶皱带下的丘北广南褶皱束, 地貌区划属中国热带—亚热带湿润气候型、侵蚀溶蚀及溶蚀地区的华南褶皱系、晚古生代及中生代碳酸盐岩系岩溶区、滇东南溶原—峰林高原亚区。

普者黑峰林孤峰湖盆是典型的断陷盆地, 具有独特的水文地质结构。研究区内地下水主要赋存在浅部, 水资源丰富, 尤其是碳酸盐岩类裂隙溶洞水, 占枯期总资源的 68.29%。由于地形起伏大, 高差显著, 地下水循环交替强烈, 属低矿化的重碳酸盐型水。其北面有石汪向斜山汇水区, 南面有高枳槽背斜山汇水区以及 12 号暗河补给, 东北和西部均有暗河和地表水补给, 是一个相对封闭的山间湖盆, 内部有弯曲河流自北向东南流出, 沿途有丰富的地下孔隙—溶隙水、溶洞水补给, 是一个水源结构独特、水量丰富的峰林断陷盆地, 而其深部则是岩溶化程度低的碳酸盐岩, 厚度大, 该层位的下部地层有不透水的泥岩、粉砂岩等。这对地下水保存运动有特殊作用。

## 1 岩溶地下水分布与埋藏特点

研究区地下水分为松散岩类孔隙水、砂泥质碎屑岩类裂隙水和碳酸盐岩类裂隙溶洞水 3 大类型。碎屑岩裂隙水分布广泛, 面积  $5\,565\text{km}^2$ , 占总面积的 74.21%; 碳酸盐岩岩溶水主要分布在西部与南部地区, 面积  $1\,934\text{km}^2$ , 占总面积的 25.7%。松散岩类孔隙水断续散布于沟谷、主要河流沿岸及岩溶谷地、盆地之内, 厚度小而且多是弱含水或不含水或者成为相对隔水层, 面积  $108\text{km}^2$ , 不是总面积的 1%。

### (1) 补给系统

研究区内河系发育, 为地下水排泄的归宿, 根据各具完整的补径排基准分成各大小不一的单元系统。地下水补排单元系统的形成和分布, 主要决定于地貌和水文网分布, 南盘江、清水江、沱粮江及大河构成 4 个自然流域单元 (表 1)。

每个流域单元又由多个次级河流与沟谷为基准的小单元组成, 地下水逐级向各自的主干河流排泄。研究区岩溶地下水运动由于边界条件而形成多个相对控制基准, 几经转化方能汇入各自的主干河流。

### (2) 赋存条件与主要控制因素

地层与构造不但控制了区内地下水的赋存、埋藏和地下水类型的展布格局, 也间接地控制了地下水补排系统的形成与演变。风化带发育厚度与地形地貌密切相关。分水岭地区有强风化带; 河谷区已被强力侵蚀而风化带厚度变薄。裂隙富水性的变化趋势, 也反映了分水岭地区富水性较强的特征。此外, 局部地

项目来源: 昆明理工大学博士科研启动基金资助项目, 项目号: 14118054

收稿日期: 2009-10-10

作者简介: 马铭嘉 (1986~), 女, 内蒙古牙克石市人, 在读硕士研究生。研究方向: 旅游地质。

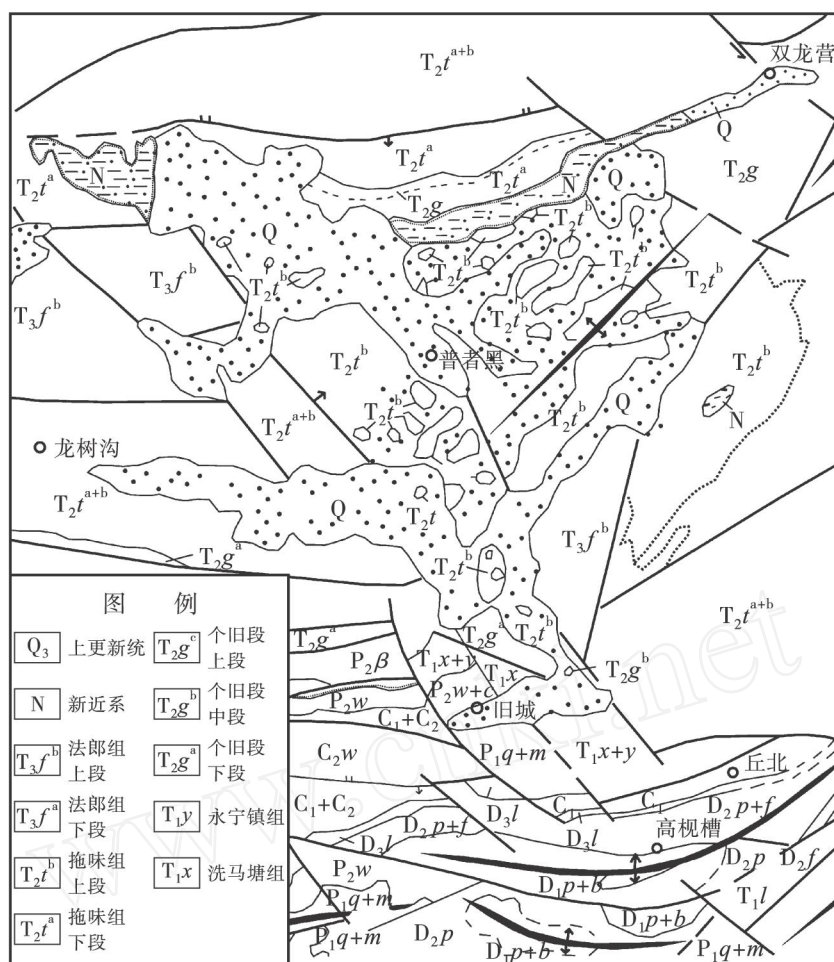


图 1 普者黑地区地质简图

**Fig. 1 Geological Sketch Map of Puzhehei Area**

区风化深度、程度又与地层岩性、构造有关。

区内植被覆盖良好，有利于地下水的渗入补给，对裂隙水尤为明显。岩溶区地层构造条件及岩溶发育程度，决定了蓄水、导水条件及其富水性。大体上，峰丛洼地区富水强于岩丘溶斗区。由于地下水主要赋存于浅部以及地形地貌特点，且补给来源主要为大气降水，故区内地下水循环交替强烈，而且动态变化具明显的季节性。

表 1 流域单元控制面积与水量统计表

**Tab. 1 Statistics of Unit Control Area and Water Capacity in Drainage Area**

流域单元	基准标高 (m)	控制面积 (km <sup>2</sup> )	枯期地下水排泄量 (m <sup>3</sup> /日)	百分率
				面积 / 水量
南盘江	793 ~ 682	2 989	895 713	39.8 / 49.9
清水江	1450 ~ 717	2 862	668 742	38.2 / 37.3
沱粮江	804 ~ 708	1 052	120 194	14.0 / 6.7
大河	1390 ~ 1154	597	110 042	8.0 / 6.1

注:实际控制面积 7 500km<sup>2</sup>比总面积少 35km<sup>2</sup>,系水资源计算分块总误差 0.46%造成。

### 1.1 埋藏特点

(1) 松散岩组孔隙水一般埋藏浅。据钻井及民井资料, 水位在 0.58m ~ 8.55m 之间。盆地内孔隙水

埋深 0.58m ~ 3.4m, 盆地中心比边缘浅, 且自北向南、自西向东埋深有逐渐变浅的趋势。

(2) 风化带裂隙水赋存于基岩表层, 埋深浅, 一般在 25m 以内。由分水岭至河谷, 埋深逐渐变浅, 且以溪沟为其排泄基准。

(3) 盆地及外围岩溶水赋存于溶洞、溶隙及溶孔之中, 其埋藏既与区域岩溶水有共性, 又有差异。碳酸盐岩含水岩组从地表往深部可分出: 包气带 (垂直渗透带) · 溶丘溶斗 (洼地) 区深度可达 100m ~ 150m, 孤峰湖盆区 0 ~ 10m, 峰丛洼地区为 20m ~ 50m; 季节变动带厚度约在 0 ~ 50m, 在径流区较厚, 可达 31.5m, 在排泄区厚度变薄, 为 0.5m ~ 1m, 也可达 15m; 水平径流带厚度 10m ~ 50m, 泉水和暗河与此带有关; 深部滞留带深度可达基岩之下至 200m 左右。

岩溶水的埋藏深度受岩溶地貌和岩溶发育阶段控制。由岩丘溶斗——峰丛洼地——溶盆孤峰区, 其埋深由深至浅成规律变化。

## 2 岩溶地下水含水岩组

(1) 松散岩类孔隙水含水岩组为第四系和上新统, 分别有砂质粘土和铁锰质结核含水岩组与粘土、砂质粘土含水岩组, 前者涌水量为 14.7 吨/日, 后者涌水量 1 ~ 4.5 吨/日, 水量贫乏。

(2) 风化带裂隙水存在于各类基岩, 包括寒武系、泥盆系、二叠系、三叠系的碎屑岩层的表层风化带中。其中, 三叠系泥岩、粉砂质泥岩夹粉砂岩层的水量低, 在 (0.14 ~ 1.05) 升/秒, 枯期径流模量为 (0.37 ~ 1.29) 升/秒 · 平方千米, 平均 0.71 升/秒 · 平方千米, 为水量贫乏岩组; 在钙质泥岩、夹粉砂岩、灰岩与泥灰岩夹层的岩组风化带 (三叠系) 中, 泉流量在 1.60 升/秒, 枯期径流模量为 (0.87 ~ 2.17) 升/秒 · 平方千米, 平均 1.41 升/秒 · 平方千米, 属水量中等者。

(3) 岩溶水因碳酸盐岩类和其他岩类组合的差异, 可分出:

碳酸盐岩夹碎屑岩裂隙溶洞水岩组: 为中三叠统个旧组与泥盆系岩石, 岩类为白云岩、灰岩夹泥岩、粉砂岩和硅质岩, 泉流量为 (0.02 ~ 22.40) 升/秒, 枯期径流模量为 (1.73 ~ 4.71) 升/秒 · 平方千米, 水量属中等到贫乏。碳酸盐岩裂隙溶洞水。为石炭系、二叠系、三叠系中、下统岩层, 主要是灰岩和白云岩。泉、暗河流量在 (0.14 ~ 918) 升/秒, 枯期泉流量为 39.5 升/秒, 枯期径流模量为 (1.16 ~ 6.84) 升/秒 · 平方千米, 包含了水量贫乏岩组到水量丰富岩组。

上述各类地下水埋藏的特点:

松散岩组孔隙水埋藏浅, 水位在 0.58m ~ 8.55m。盆地中心比边缘浅, 且自北向南、自西向东埋深有逐渐变浅的趋势;

风化带裂隙水赋存于基岩的表层, 埋深在 25m 以内, 并有从分水岭向河谷、盆地内逐渐变浅的特点;

盆地及外围岩溶水赋存于溶洞、溶隙及溶孔之中, 其埋藏既与区域岩溶水有共性, 又有差异。岩溶水的埋藏深度受岩溶地貌和岩溶发育阶段的控制。由岩丘溶斗——峰丛洼地——溶盆孤峰区, 其埋深由深至浅呈规律变化。

## 3 地下水水化学特征

研究区地下水化学特征受围岩化学成分、埋藏与运移条件影响。平面分布上 90% 面积的水化学类型为  $\text{HCO}_3 - \text{Ca}$  型, 固形物一般小于 0.336 克/升, 个别达到 0.517 克/升, 极特殊的可达 1.98 克/升, 普遍为低矿化度淡水。硬度绝大部分小于 16.8 德度, 属微硬水和软水。

碎屑岩类风化裂隙水, 水化学类型也单一, 主要是  $\text{HCO}_3 - \text{Ca}$  型, 个别地段出现  $\text{HCO}_3 - \text{Ca} \cdot \text{Mg}$  型、 $\text{HCO}_3 \cdot \text{SO}_4 - \text{Ca} \cdot \text{Na}$  型。岩溶水化学类型也以  $\text{HCO}_3 - \text{Ca}$  型为主。普者黑盆地主要为  $\text{HCO}_3 - \text{Ca} \cdot \text{Mg}$  型。松散岩组地下水的水化学类型为  $\text{HCO}_3 - \text{Ca}$  型, 为低矿化度淡水。

风化裂隙水具有浅层补给和就地排泄的特点, 矿化度较岩溶水稍低, (150 ~ 300) 毫克/升者占 54%, 其他各占 23%。孔隙水仅局部地段赋存, 其水质依附于基岩裂隙水和岩溶水。碎屑岩类裂隙水主要赋存于较浅的风化带, 在较深部位地下水运动相对缓慢, 离子交替微弱, 水化学成分也随深度的增加而由量变到质变<sup>[6]</sup>。

表 2 普者黑风景区岩溶地貌景观类型及特征

Tab. 2 Karst Geomorphologic Classification of Puzhehei Scenic Spot

岩溶地貌类型	景观特征
石牙（林）原野	岩溶坡地和谷地，三叠系碳酸盐岩区，高可达 6m，一般 1m ~ 3m，节理发育断层带附近多。
溶丘洼地（溶井）	高原夷平面上，溶丘形态独特，相对高差 50m ~ 80m，馒头型和矮丘状，洼地直径大小不一，可达 100m，少数竖井状，称溶井。
峰丛洼地（漏斗）	高原夷平面上，锥状体，相对高差 60m ~ 100m，向夷平面边缘高差增加，一般呈圆形，也有长条形，底部有时可见地表水下渗口。
峰丛谷地	高原夷平面向湖盆和河流的过渡带，线性排列，谷底长度几百米至上千米，峰丛形态锥状，有断层三角面峰锥。
峰林盆地	断陷盆地边缘，峰体边坡陡峻，高度超过 100m，如被断层切割，则出现断层三角面，盆地面平坦或微向盆地中河谷方向倾斜。
孤峰湖盆	湖盆中心，峰体形态以直立塔状为主，高度在 80m ~ 150m，有被断层切割现象，出现断层三角面，湖水面积约 10km <sup>2</sup> 。
天坑群	峰丛洼地区，大型构造溶蚀塌陷，长方形或圆形，深度 60m ~ 120m，底部有暗河和洞穴分布，附近可见交叉节理组或小型断层。
洞穴景观	可见三层洞穴，高原夷平面峰丛洼地出的洞穴，溶洞短小，洞口形态多样，旱洞和水洞。
洞穴沉积景观	洞穴沉积景观丰富，各类滴石景观和流石景观：钟乳石、石笋、石柱、石幔、鹅毛管等。
暗河	发现两条暗河，分别在盆地北缘 9号暗河和湖盆南缘 12号暗河。前者为补党河河源，后者是从高视槽背斜流入湖盆的补给北门河。
岩溶泉	湖盆内泉水众多，分别有上升泉和下降泉，出现在盆地边缘处、峰林和孤峰脚，也有出现在湖盆河床中，流量规模不一。

4 普者黑岩溶地貌分类

研究区地貌按动力过程可分 3类。

（1）构造侵蚀地貌

为构造侵蚀中低山，分布于普者黑风景区东边和北边，发育于碎屑岩夹泥质碳酸盐岩区，地形和缓，似丘陵状，山岭呈馒头形，山脊呈波状，海拔 1700m ~ 2000m。

（2）构造溶蚀地貌

在碳酸盐岩分布区。受断裂构造和褶皱构造控制，分别形成断陷盆地和断块山地。普者黑峰林湖盆就是断陷盆地，呈三角形状，周边分别是断块隆升山地隆升，隆升强度是北边山地和西边山地高于东边山地，形成西高北高东低南低的地形，河流往东南方向流出。该类地貌区是普者黑风景区各类岩溶地貌的集中分布区，有峰丛、峰林、孤峰、岩溶湖泊、洞穴、泉水暗河、漏斗、洼地、天坑（塌陷漏斗）等。

（3）堆积地貌

主要在断陷盆地内的第四纪和新近纪地层分布区。堆积物是细砂、粘土层，表现为堆积台地，分布于普者黑湖泊东北一带，海拔在 1480m ~ 1520m，地形微向西南倾斜，堆积地貌区内发育有与地面平行的水平溶洞，及出现暗河出口，其下为中三叠统拖味组白云岩、灰岩类。

5 结论及建议

（1）普者黑湖盆地下水含水层系典型的覆盖型岩溶水，水量丰富。松散岩层下白云岩岩溶水涌水量大于松散岩层，松散岩层对下伏岩溶水起保护作用，一旦松散岩层裂开或被侵蚀形成沟谷，下伏岩溶水会上涌，形成良好的水源补给。而在降水时节，则是松散岩层水下渗补给岩溶水过程，对普者黑峰林湖盆与河流共存是良性循环机制。

(2) 普者黑湖盆接受周边山地的汇水补给, 同时受深入湖盆的地下暗河和地表河流的影响。从普者黑的水文地质结构和碳酸盐岩岩溶发育程度看, 垂直渗透带约 10m 厚, 季节变动带和水平流动带不甚发育。岩溶发育较强的深度约在深度 53m 左右范围, 滞留性状突出, 盆地垂直渗漏过程较弱, 湖盆周边渗入补给较强, 使得盆地含水层充盈, 这是普者黑断陷盆地蓄水的重要原因<sup>[8]</sup>。

(3) 普者黑岩溶地貌形成, 经历了漫长、强烈的地质作用。由于其排泄基准始终没有改变, 处于长期相对稳定的条件下, 所以才形成今天这种峰林湖盆地貌。但是, 如果不对其岩溶湖和地下水加以保护, 或者地下水的开采破坏了天然状态, 平衡一经打破, 导致漏斗塌陷, 水体排泄露出, 那么普者黑的特殊地质景观也就不存在了。因此, 维护和保持普者黑湖盆的湖泊河流水体, 必须要保护和维持地表水补给地下水、地下水补给湖泊河流的自然过程和持续性。

## 参 考 文 献

- [1] 赵廷跃. 解读普者黑 [M]. 中国文史出版社. 2007. 6.
- [2] 袁道先. 中国岩溶学 [M]. 北京: 地质出版社. 1993.
- [3] 云南省地质局水文工程地质公司. 中华人民共和国区域水文地质普查报告 (1: 200000) 丘北幅. 7 - 48 - (33) [R]. 1981.
- [4] 云南省国土资源厅. 国家地质公园申报书 [R]. 2007. 7.
- [5] 云南省丘北县普者黑风景名胜区管理局. 云南普者黑峰林湖泊地质公园综合考察报告 [R]. 2007. 4.
- [6] 王宇. 岩溶找水与开发技术研究 [M]. 北京: 地质出版社. 2003.
- [7] 云南省地质局. 云南区域地质志 [M]. 北京: 地质出版社. 1990.
- [8] 王宇. 断陷盆地岩溶水赋存规律 [M]. 昆明: 云南科技出版社. 2003.

# THE PUZHEHEI KARST CHARACTERISTICS AND SCENERY - FORMING HYDROGEOLOGIC CONDITION, YUNNAN

MA Ming-jia, ZHANG Bing, ZHAO Jing-jing, YN Gui-xian, YUE Yuan

(Department of Geoscience Resources, Kunming University of Science & Technology, Kunming 650093)

**Abstract:** We think that there are the distinct characteristics of subtropical plateau karst geomorphology in Puzhehei scenic spot. In this paper, we put forward the necessary principles in lasting preservation and protection of Puzhehei karst hydrologic system.

**Key Words:** Covering Karst Water; Loose Protection Bed; Drainage Base Level; Plateau Karst Geomorphology; Puzhehei, Yunnan