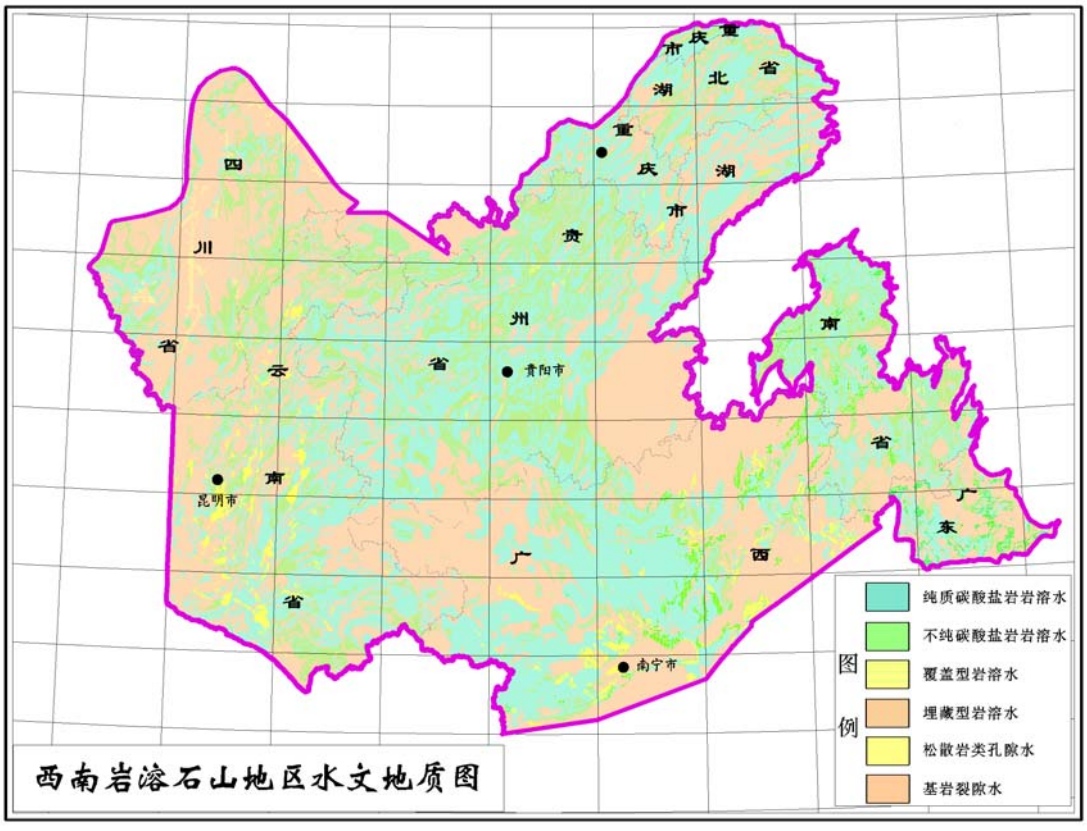
## 一、系统地总结了西南岩溶石山地区地下水赋存规律

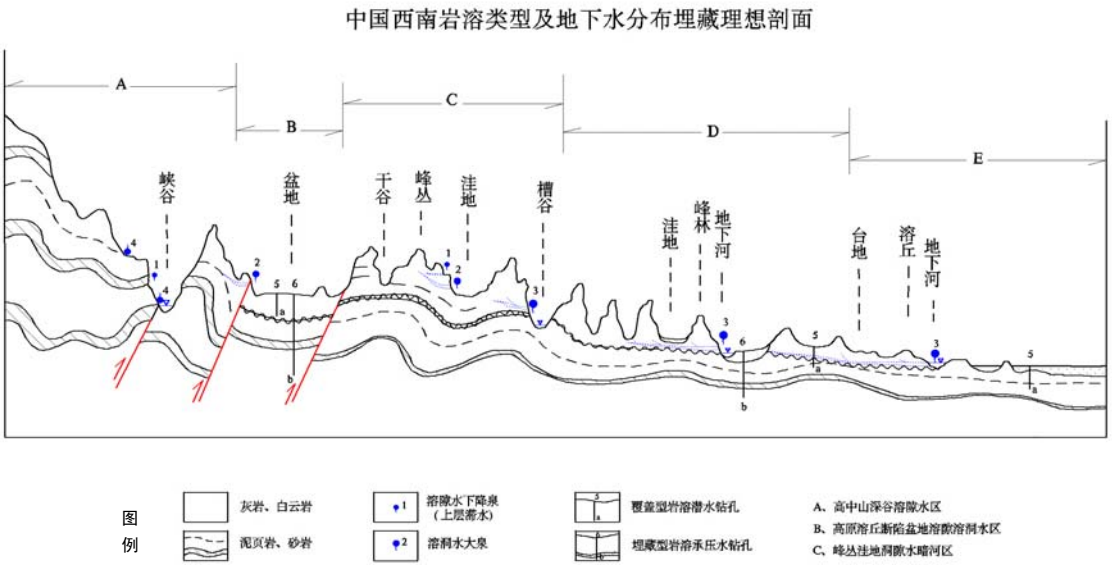
**（一）在岩溶动力系统理论指导下，将西南岩溶石山划分为隆起带裸露岩溶、沉降代边缘褶皱控制岩溶和断陷盆地岩溶三大区**

**隆起带裸露岩溶分布区：**以桂西地区为代表，纯碳酸盐岩广布，基本无弱溶性或难溶性岩石夹层，岩溶水文地质结构多属均匀状灰岩平缓褶皱型；地表和地下各种岩溶形态均得到较好发育，地下径流强于地表径流，各种形态和规模的地下河系统发育。

**沉降代边缘褶皱控制岩溶分布区：**以四川盆地向云贵高原过渡带的川南地区为代表，岩溶水文地质结构多属互层状碳酸盐岩背斜褶皱型、大型单斜、汇水向斜等类型。在大型单斜、汇水向斜构造控制下，出露的中、上三叠统和下二叠统灰岩以及震旦系白云岩含水岩组下伏形成埋藏型岩溶，常构成向斜或单斜蓄水构造。

**断陷盆地岩溶分布区：**以滇东地区为代表，滇中滇东台褶带山原盆地区断陷盆地发育，碳酸盐岩累计厚度达 3000m，岩溶作用强烈，岩溶含水层以管隙网为主，相对均一。岩溶水系统多为断或褶皱储水沟造控制，常形成各自独立的地下河或泉域。覆盖区岩溶深度大，岩溶多期叠加，发育较均匀，形成深部承压含水层。






**（二）系统总结了岩溶地下水垂向上由表层岩溶带到岩溶水深循环的变化特征**

**1. 深化了新构造运动、岩性、古溶蚀对岩溶水文地质垂向变化的控制意义的认识**

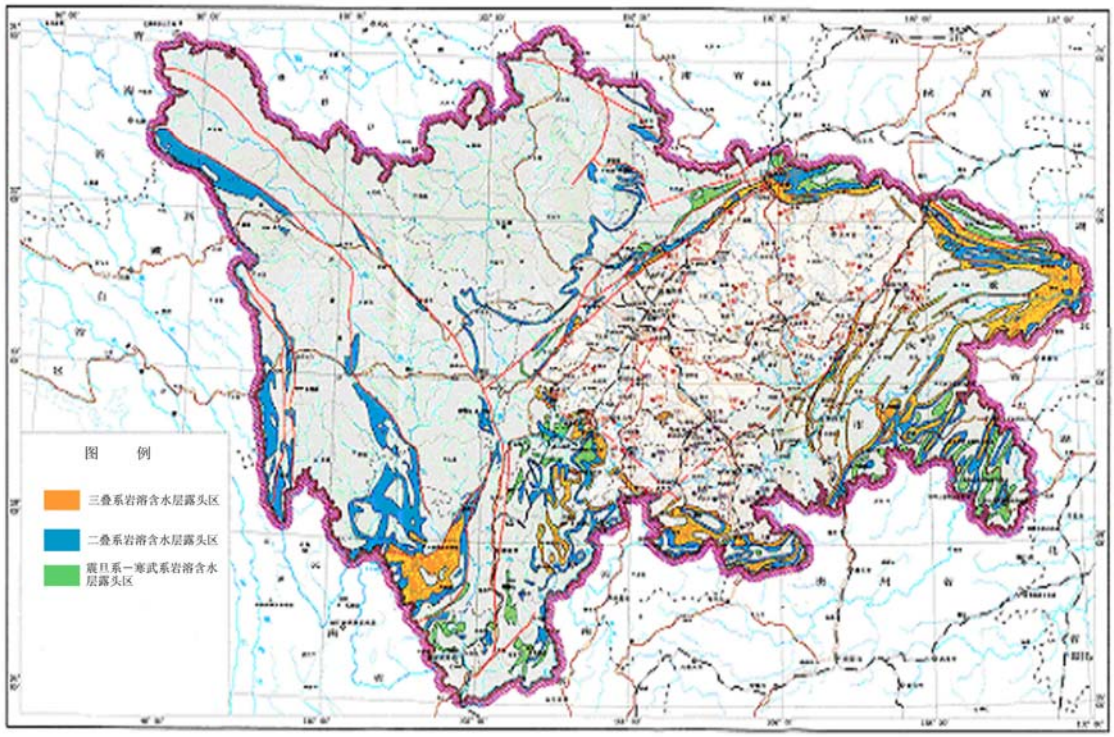
新构造运动为岩溶发育演化提供动力条件，是岩溶发育的主控因素，形成多期多层岩溶发育带；岩性对岩溶地下水的控制主要表现在灰岩越纯，岩溶就越发育，形成的岩溶含水层富水程度高，但地下水分布极不均匀，而白云岩岩溶发育程度较差，溶隙裂隙发育相对均一，富水程度中等，地下水分布相对均一，含水层具有似层状特征；受古溶蚀的控制岩溶地下水的深循深度可超过 3000m，形成经济价值极大的医疗热矿水。因此，研究新构造运动对岩溶发育和地下水迳流规律的控制，可以获得地下水资源及其埋藏分布的一些新认识；研究岩性对地下水赋存特征的影响，发现特殊岩性形成的似层状岩溶含水层，十分有利于地下水的开发利用；研究古溶蚀对岩溶地下水深循环的控制，能够减少对经济价值极高的热矿水进行开发的风险，扩大岩溶地下水的开发利用范围。

**2. 岩溶地下水深循环研究取得重要认识成果**

专题研究成果系统地总结了岩溶地下水深循环的水文地质模式，揭示了岩溶深循环地下水的形成以及补给径流埋藏特征、水质变化，提出了古溶蚀在岩溶地下水深循环中的控制意义，具有十分重要的水文地质学意义。该项成果统计四川大型沉降盆地边缘区埋深 200～3500m的埋藏型岩溶约 10.89 万$km^2$，其中具有开发前景的热水含水层分布面积约 2.89 万$km^2$，热水储量逾 1000 亿$m^3$，可指导贫困岩溶石山地区地热水资源开发利用，为贫困岩溶石山地区的产业结构调整提供新的思路。

如四川大邑花水湾由于医疗热矿水井的开发而由十分偏僻、经济贫困的小镇变成一个生气蓬勃、热闹非凡的温泉疗养集镇，年税利约 1000 万元。又如四川雅安周公山地区一口医疗热矿水井开发引进投资达 17 亿元，将建成比花水湾温泉镇规模更大，设施更为高档的温泉生态旅游度假区。

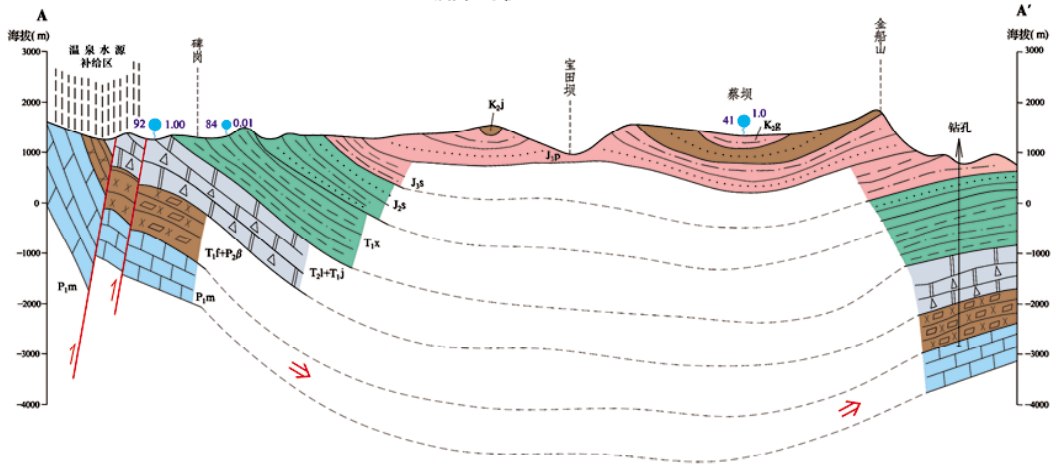
**四川省重庆市深循环岩溶水埋藏分布图**




**四川雅安周公山热矿泉井水文地质剖面图**

横向比例尺　1：150000

纵向比例尺　1：75000





四川雅安周公山温泉井：井深 3475m·水量 5300m$^3$/d ·水温 81℃·水质为含碘的溴、锂、锶、氟、偏硼酸、硫化氢、偏硅酸、镭医疗热矿水·含水层为$P_1$灰岩·照片为水源勘查评价期间的放喷试验



已获得17亿元投资正在建设中的周公山温泉旅游区

**岩溶地下水深循环的形成机制（以四川重庆为例）:**

（1）岩性、岩性组合及分布

四川的碳酸盐岩分布在扬子准地台西部盆周山地（盆地内深埋地下），震旦系至三叠系都有，其中震旦、寒武、石炭、二叠系以碳酸盐岩为主（奥陶系大都缺失），但各系顶、底大都有非碳酸盐岩上覆或下伏。志留、泥盆、三叠系岩性复杂，为碳酸盐岩与碎屑岩互层或夹层。沉积总厚度可达数千米。盆地周边三叠系出露最广，沉积厚度可达 2500m，裸露分布区主要在盆周山地、川西南山地、川南、川东一部分，并沿构造倾伏方向成为埋藏型碳酸盐岩。这些岩性、岩性组合及分布特征岩溶地下水深循环物质基础。

（2）地质构造

研究区在大地构造上跨经向构造体系的川黔、川滇、南北构造带之北段，华夏构造体系龙门山

隆褶断带之南、中、北段，大巴山弧形构造以及新华夏构造体系四川沉降带之川西褶带、川中褶带、川东褶带等几个构造单元，构造体系类型多样，形成了若干

个向斜汇水构造、单斜蓄水构造。这是岩溶地下水深循环的控制条件。

（3）古溶蚀

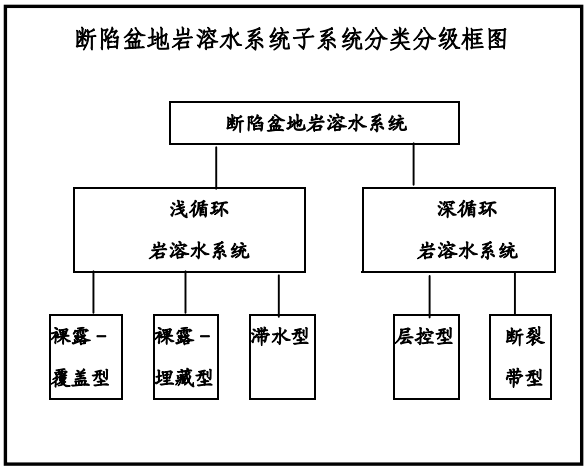
四川盆地位于扬子准地台西边，从震旦系至三叠系主要以碳酸盐岩台地沉积为主，厚达数千米之碳酸盐岩系中，历经地质历史发展和变迁，或长或短有多个沉积间断时期，屡次遭受剥蚀并伴生岩溶化作用，保留了不少古岩溶遗（痕）迹。除了海相沉积碳酸盐岩地层外，少部分陆相沉积淡水灰岩及由石灰质砾石被钙质胶结成碎屑岩，也历经各自的古岩溶化作用时期，同样保留了古岩溶遗（痕）迹。尽管它们都被裸露或者埋在地下不同的深处，但就是这些古岩溶遗（痕）迹成为深循环的岩溶地下水的蓄水空间和径流运移通道，是岩溶地下水深循环至关重要的条件。

综上所述，四川重庆海相沉积碳酸盐岩有三个深循环岩溶水含水层，受构造作用所制约，含水断时间一即岩溶时期的长短有关，长则深、短则浅，因此出现震旦一寒武系＞二叠系＞三叠系。

**3. 系统研究了岩溶断陷盆地和岩溶盆地**



通昭盆地永丰探采结合井，出水产量 2424.38m³/d，解决 6000 余人生活用水




全区圈定出断陷盆地和岩溶盆地盆底面积大于 1km²的 1442 个，其中＞400 km²的有 8 个、200～400 km²的有 11 个、100～200 km²的有 31 个、50～100 km²的有 42 个、30～50 km²的有 50 个、1～30km²的有 1300 个。本项专题系统研究了岩溶断陷盆地赋水特征，总结了岩溶断陷盆地地下水补给、径流、排泄模式和富水规律，查明断陷盆地区地下水资源潜力为 35.50×108m³/a。为该地区经济结构调整和可持续发展提供了充足水源保障。

**4. 首次开展了表层岩溶带的调查与研究**

（1）表层岩溶带是碳酸盐岩近地表层由于强烈的岩溶结果，通常表现为近地表或地表以下，由一定规模的、不同的岩溶形态组合而成的强岩溶化层(带)，其下部常常存在由弱可溶或非可溶岩夹层形成的相对弱透水或不透水的岩溶弱发育带;

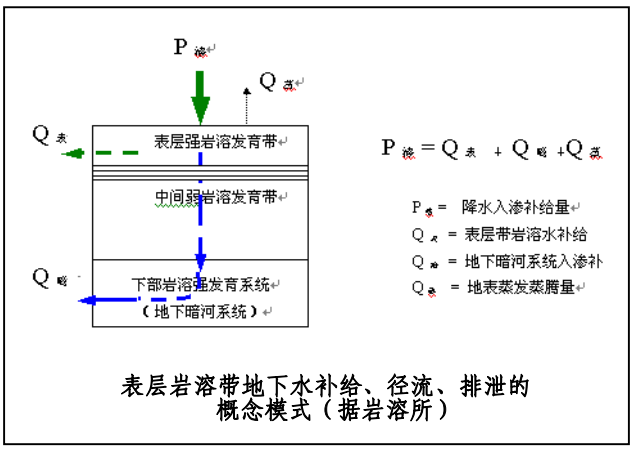
（2）表层岩溶带是相对稳定的潜水含水层以上岩溶强烈发育的可溶岩段，所形成的含水层没有统一的潜水位，地下水就近补给就近排泄或补给下部潜水含水层。据初步总结，表层岩溶带含水层有以下三种成因:

一是处于某一升降运动相对稳定地质历史时期，岩溶的溶蚀侵蚀下切能力与区域抬升强度相平衡，岩溶在垂向上基本停止向下溶蚀，地下水在垂直向下运移中，淋滤与淀积作用同时发生，形成表层岩溶带含水层与不透水底板;

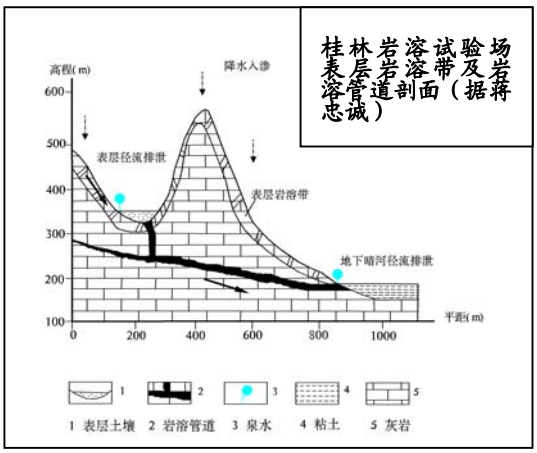
二是在区域强烈抬升地质时期，溶蚀侵蚀加剧，形成新的一期岩溶，其上部残留的岩溶也是一种表层岩溶;

三是在表层可溶性岩层部分地段含有溶解性相对较弱的或不溶性岩性段，强烈发育的岩溶以此为下界，也形成表层岩溶带。

（3）尽管表层岩溶带在西南石山碳酸岩盐地区普遍存在，但在平面上空间上具有不连续且厚度不稳定的特征。




表层岩溶带地下水补给、径流、排泄的概念模式（据岩溶所）




桂林岩溶试验场表层岩溶带及岩溶管道剖面（据蒋忠诚）

（4）表层岩溶带地下水的供水和生态环境意义。表层岩溶带含水层富水性弱，出水量小，但分布普遍，在适当的地貌部位是可以获得一定水量满足岩溶石山区地下水深埋、干旱缺水的分散农户人畜饮用水需求。西南岩溶石山地区表层岩溶带具备调地下水蓄能力的面积在 $24.5\times10^{4}km^{2}$左右，表层岩溶带含水层所具备的地下水资源调蓄能力总量概算为 $247.4\times10^{8}m^{3}/a$。

**5. 富水构造专题研究获得成果**

通过系统收集全区资料和重点调查，研究了岩溶储水构造的不同类型，以及地质构造对岩溶发育及地下水富集的控制作用;总结不同类型储水构造岩溶发育及地下水赋存规律与岩溶水系统特征;探讨不同类型岩溶储水构造岩溶水开发的有利地段及利用方式，为合理评价和开发利用地下水资源，促进地方经济的可持续发展提供基础资料。全区共有富水构造 180 余处，其中湘南地区 71 处，天然排泄量 $24.55\times10^{8}m^{3}/a$，占该地区岩溶水总量的三分之二。富水构造含水丰富而又集中，在国民经济建设和水资源开发中起着重要作用。



重庆彭水、武隆、和南川在富水构造上打井 5 口，出水 3058m$^3$/d，解决了 4.2 万人用水困难




湘西保靖打一口井，单井出水量达 5500m$^3$/d，自流量 1700 m$^3$/d，水位高出地表 100m，满足了县城 5 万人的供水需求