

文章编号:1001-4810(2011)03-0253-07

云南省岩溶水赋存特征

王 宇,彭淑惠

(云南省地质环境监测院,云南 昆明 650216)

摘 要:云南省岩溶水赋存特征,从宏观到微观层面主要表现为:高原面上总体岩溶含水层的富水性比较均匀,其中的汇水型岩溶断陷盆地内,岩溶含水层特征等同多孔介质。高原面边缘、河谷斜坡地带岩溶含水层的富水性极不均匀,其中在汇水—径流型岩溶断陷盆地内,上游部分富水性比较均匀,靠近下游转换带及其以下溶洞管道区富水性极不均匀。在一个完整的水文地质单元内,饱水带水位埋深基本接近集中排泄点的水位。通常,补给区实质上主要是透水层;径流区基本具备含水层的特征;排泄区方形成了名副其实的含水层。特定的微地貌组合形式,能够反映岩溶水的运动、赋存特征,应注意调查研究。

关键词:地下水;岩溶;水文地质;赋存特征;云南省

中图分类号:P641.6

文献标识码:A

2010 年春,云南省遭遇了百年一遇的大旱,云南省国土资源厅及时组织了抗旱救灾地下找水突击行动,在短短的 3 个多月时间里,钻井 1 005 口,为广大农村群众提供了抗旱水源。本次钻井遍布全省 13 个州(市),钻探工作量和控制面积之大是前所未有的,大量的水文地质钻探工作,丰富了对云南省地下水赋存特征的认识^[1]。本文将这些新的认识和已有的水文地质调查研究成果相结合,系统论述云南省岩溶水的赋存特征,为云南省的水文地质工作提供参考。

1 宏观分布格局

云南高原由于地壳大幅度抬升、断裂作用和强烈的流水侵蚀,塑造成了高原面与深切河谷相间的宏观地貌格局,由此也控制了地下水的宏观分布格局(图 1)。

云南岩溶高原面,主要指曲靖、昆明、玉溪一带的

滇东中部地区。高原面平均海拔 2 000m 左右。地形起伏较小,河谷切割较浅,所以岩溶发育的分异作用弱,总体表现为起伏和缓的低中山和丘陵。其间镶嵌着山间盆地、河谷,地表溶蚀残丘、孤峰、石芽是常见的岩溶微地貌形态。地层产状平缓,碳酸盐岩与碎屑岩相间出露,地层从元古界到中生界均有分布,以古生界碳酸盐岩层面积最广^[2]。地下形成岩溶化网络,整体洞穴规模相对较小,洞穴系统埋深较浅,断陷盆地周围、河谷区多为地下水排泄带。大气降水沿溶隙和落水洞迅速下渗后,经过短途径流,以洞—隙状急变流向附近相对浅切割河谷或盆地排泄,形成岩溶大泉和富水块段,富水性较为均匀。据已有的调查和研究成果,高原面上溶洞及暗河不发育,数量少,规模小。例如抚仙湖、星云湖、杞麓湖“三湖”流域,位于云南省中部,流域面积 2 433.42km²,调查仅发现三条暗河,基本情况见表 1。

基金项目:云南省政府项目(云南省抗旱救灾地下找水突击行动[20100303])

第一作者简介:王宇(1960—),男,教授级高级工程师,博士,主要从事水文、工程、环境地质调查研究,云南省抗旱救灾地下找水突击行动技术总负责。E-mail:ynddywy@163.com。

收稿日期:2011-05-24

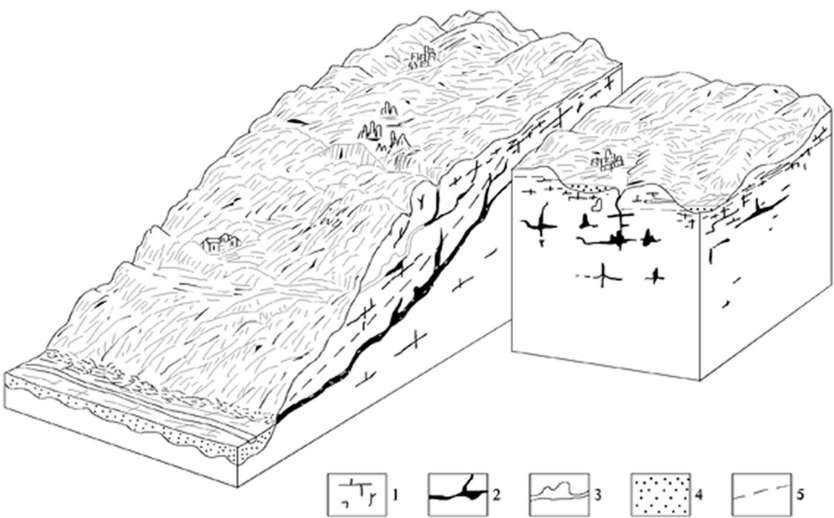


图 1 岩溶高原水文地质概化图

Fig. 1 Hydrogeologic sketch map of karst plateau

1. 岩溶裂隙;2. 充水岩溶洞管;3. 无水岩溶洞管;4. 松散土层;5. 岩溶水位线

表 1 抚仙湖、星云湖、杞麓湖三湖流域暗河基本情况表

Tab. 1 Basic situation of the subterranean streams in the Fuxian Lake, Xing Yun Lake and Qi Lu Lake Basins

名称	出口标高 /m	含水层代号	流域面积 /km ²	主流长度 /km	暗河坡降 /‰	渗入 系数	枯季流量/L/s
禄充暗河	1 740	P ₁ y		不能进入		0.400	505.20
受因寨暗河	1 891	D ₁ g		不能进入		0.424	3.11
高寨暗河	1 640	C _h +C ₂ m	345.95	23.89	0.014	0.496	499.08

高原面边缘、河谷斜坡地带,以中生界和古生界碳酸盐岩地层分布面积最广。地势起伏较大,切割较深,地下水循环交替快,岩溶作用强烈,地表主要岩溶形态为峰丛洼地、溶丘洼地和岩溶峡谷等,漏斗、落水洞,溶洞、暗河发育^[3]。由于碳酸盐岩呈片状分布和新构造运动的间歇性上升,常形成峰线整齐的多级岩溶山原。据已有的调查和研究成果,金沙江及其支流河谷斜坡地带,已初步调查暗河 17 条,补给总面积 3 278.53 km²,平均补给面积 136.61 km²,方差 234.79,变异系数为 1.72,暗河枯季总流量达 19 455.4 L/s,年平均总流量为 41 229 L/s;大泉 132 个,枯季总流量为 56 906 L/s,平均值 431.11 L/s,方差 2 932.83,变异系数为 2.16。南盘江及其支流河谷斜坡地带,规模较大的暗河有泸西阿庐古洞、弥勒白龙洞、建水燕子洞和开远南洞。已初步查明暗河 82 条,补给总面积 12 477.7 km²,平均值 152.17 km²,方差 291.28,变异系数 1.96,暗河枯季总流量达 75 850.16 L/s,年平均总流量为 227 441.19 L/s;172 个大泉枯季总流量为 44 953.64 L/s,平均值为 261.36 L/s,方差为 628.45,变异系数 2.4。从以上统

计数据可看出,高原面边缘及河谷斜坡地带的溶洞规模及数量均较大,岩溶水主要为快速管道流。

岩溶断陷盆地俗称为“坝子”,是云南最突出的自然景观特征。在全省 39.4 万 km² 的省域内,盆底平坦面积大于 1 km² 的盆地共有 1 442 个。岩溶断陷盆地是这些地区主要的耕地分布区、人口聚居区、经济活动区,也是地下水的主要汇集排泄区。断陷盆地一般以周围山地分水岭为边界,形成一个相对独立的汇水单元。因所处的宏观地貌位置不同,岩溶断陷盆地的岩溶水循环交替过程存在一定的差异,导致含水层的富水性差异非常明显。主要表现为两类^[4]:

第一类是分布于高原面内地的汇水型岩溶断陷盆地。规模较大的有昆明、曲靖、宣威、玉溪、通海、建水等盆地。大多数一侧耸起或为断层崖,盆底覆盖层厚度一般在百米以上,盆底与周边山地高差多在 300~500 m。盆地内岩溶发育均匀性好,水位埋藏浅,多具承压性,盆地四周多有大泉、暗河出露或形成富水块段。一般以地表分水岭为汇水边界,在汇水边界内地下水获得的补给量基本上全部在盆地内排泄到地表。最典型的如昆明盆地(图 2),盆地碳酸盐岩出露

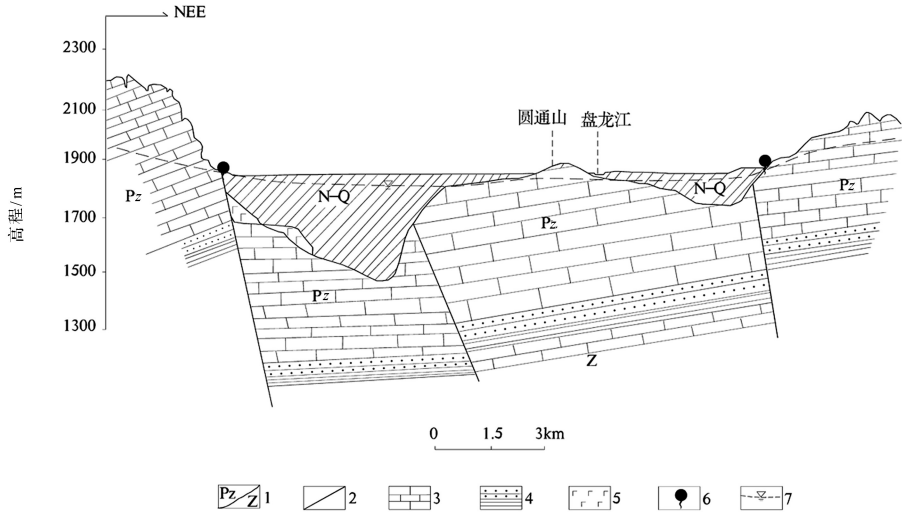


图 2 昆明盆地水文地质概化图

Fig. 2 Hydrogeologic sketch map of Kunming basin

1. 地层代号及界线;2. 断层;3. 碳酸盐岩;4. 碎屑岩;5. 玄武岩;6. 岩溶泉;7. 岩溶水位线

面积约占总面积的 32%。第三系、第四系堆积物主要分布在冲(洪)积谷地、山前洪(坡)积台地以及冲湖积盆地底部平坝区,面积约占盆地总面积的 28%。盆地周围山区地表主要是玄武岩与碳酸盐岩相间分布。盆底松散覆盖层厚度一般 200~1 000m,草海拗陷带在 1 000m 以上,盆底与周围山地高差多在 200~500m^[5]。盆地无深切割的河谷排泄基准,水文地质边界完整,地表和地下分水岭基本一致,明确的排泄口只有人工掏深了的海口河一处。岩溶含水层分布于盆地周围山区及盆地底部沉积平坝区的基底,岩溶水在接受盆地周围山区大气降水的入渗补给后,向滇池径流,大部分在山区与平坝区的转折带(断裂带)上形成大泉、暗河等集中排泄点。如呈贡吴家营岩溶系统中的黑龙潭和白龙潭暗河,黑龙潭流量 200.61~1 008.45L/s,白龙潭流量 198.48~869.09L/s,流量动态为波态型,暗河排泄量占系统总径流量的 85%^[6]。昆明盆底覆盖区岩溶含水层岩溶发育较为均匀,富水性强,水位埋藏浅,多具承压性,地下水位年变化幅度一般不超过 2m,形成诸多富水块段。至今,盆地内所打的 3 000 多口勘探孔和开采井,涌水量大于 200m³/d 的比率高于 85%。

第二类是分布于高原面边缘、河谷斜坡上的汇水—径流型岩溶断陷盆地。如:昭通—鲁甸、蒙自、个旧、平远街、弥勒、罗平、师宗、泸西等盆地。总体上这类盆地整个都处在区域径流带上,盆地汇水边界内地下水获得的补给量,其径流、排泄过程可分为两部分:一是盆地底面以上的部分上层径流带的地下水,以盆

底为排泄基准,在盆地内排泄;二是盆地底面以下下层径流带的地下水,通过盆地周边存在的某一段透水边界,侧向径流,汇入深、远程径流,流往盆地汇水边界外更低的河谷或盆地排泄。因此,断陷盆地岩溶水系统的排泄区边界,既有由弱透水的新生界沉积土体或其他岩体构成的相对隔水边界,也有向河流或盆地外径流的透水或越流边界。盆地上游岩溶发育较均一,有大泉暗河出露,水位埋藏浅,可形成富水块段。盆地下游岩溶发育不均一,水位埋深大,动态变幅大,有落水洞分布,暗河管道发育。典型的如泸西盆地(图 3),盆地位于南盘江水系一级支流小江的河谷斜坡顶部,盆底沉积平坝区与下游小江河谷高差为 500~1 639m^[7]。盆地由上游到下游,岩溶山地是岩溶水的主要补给区,地下岩溶发育极不均匀,岩溶饱水带埋深大于 100m,岩溶水主要为溶洞管道流,水位流量季节变化剧烈。盆地上游岩溶槽谷、岩溶丘陵、峰丛洼地主要分布于盆地外围山区与盆底平坝之间,地下岩溶发育不均匀,岩溶饱水带埋藏较深,导储水空间以洞管隙构成网络,岩溶水为溶洞管道流及溶隙扩散流并存,沟谷、洼地内泉点较多,如皮家寨大泉流量 1 072.75~1 957.5L/s^[8],流量动态为波态型。盆底沉积平坝地势平坦,岩溶水主要是来自周围裸露型岩溶山区的侧向径流,其次有少量的大气降水通过松散覆盖层孔隙的垂向渗透补给。在侧向径流中,一部份来自盆地底面以上上层径流带的岩溶水,以盆地底面为排泄基准,沿盆地边缘出露大泉、暗河出口。盆地底面以下下层径流带的岩溶水,继续向深部呈近水

平二维溶隙扩散流向盆地下游径流,通过盆地南部存在的落水洞和岩溶洞管,向小江峡谷区汇集排泄。以2003年为均衡年,通过水均衡计算,上层径流量为6 917.89万 m³/a,下层径流量为6 124.51万 m³/a,下层径流量占年补给量的44%。大兴堡一带是岩溶

水由浅变深,由较均匀的水平二维溶隙扩散流向不均匀的三维溶洞管道流过渡的转换地带,岩溶水埋深逐渐增大,由水位埋深小于20m陡变到大于100m,径流也逐渐集中成为溶洞管道流。

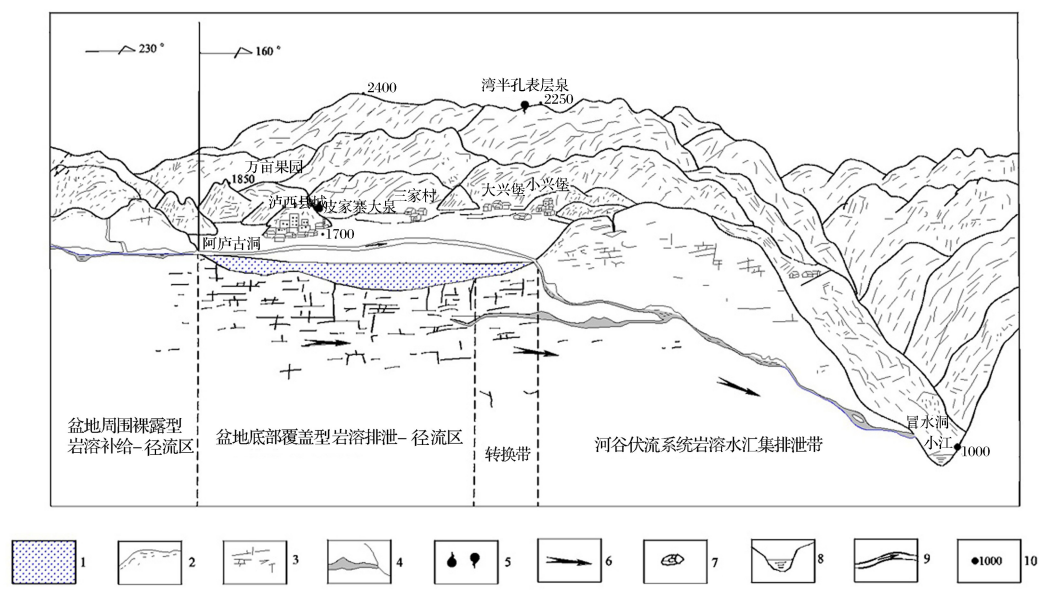


图3 泸西盆地水文地质概化图

Fig. 3 Hydrogeologic sketch map of Luxi basin

1. 松散土覆盖层;2. 表层岩溶带;3. 岩溶空隙;4. 导水溶洞管道;5. 岩溶上升和下降泉;6. 岩溶水流向;7. 落水洞;
8. 地表河流及水位;9. 地表河流及流向;10. 高程点

2 径流分区间的差异

云南高原由于强烈的构造运动,断裂交错发育,各个时代的地层被切割成不同形态的断块,由于断块间的差异升降运动,使同一时代的岩溶含水层与非岩溶相对隔水层错落分布于不同的高程上^[9],导致水平方向上岩溶含水层与非岩溶相对隔水层形成断裂接触,加之岩溶含水层与非岩溶相对隔水层在垂向上的相间分布,以及地表流域地形的分割,形成了诸多相对独立的岩溶水补给、径流、排泄单元。因此,岩溶区地下水的赋存特征不同于松散层孔隙水和碎屑岩层间裂隙水,不仅仅受层位的控制,更重要的还受控于补给、径流、排泄分区,单元内的饱水带水位埋深基本接近大泉、暗河出口等集中排泄点的水位。通常,就同一的碳酸盐岩地层而言,在岩溶山地补给区,分异溶蚀作用强烈,地表洼地、漏斗、落水洞密集,地下以垂向管道为主,在深部向下游转折后,落差仍然很大,所以饱水带深埋,储存调节能力弱,水位流量季节变化剧烈,到旱季储存量和径流量均很小。从全年来

看,补给区的地下水主要是过路水,所谓岩溶含水层实质上主要是透水层。因此,岩溶山地补给区钻井的成井率长期未能超越40%。在岩溶槽谷、溶丘台地等径流区,岩溶导储水空间过渡为洞管隙构成的树形系统,较为平缓的溶洞管道流及溶隙扩散流并存,基本具备含水层的特征,此类地区往往存在诸多受蓄水构造控制的富水块段。比如昆明白邑、泸西白水、砚山的马槽冲等盆地上游岩溶槽谷中,钻井成井率可达70%以上。到了盆地底部、谷地底部等径流、排泄区,可溶岩地层长期处于饱水带中,地下水溶蚀作用持续时间长,岩溶发育相对均匀,且深度大,主要为岩溶管隙构成的网络体系,连通性好,其水文地质特征等效于多孔介质,地下径流主要为慢速的二维扩散流,而且有一定的储水空间和储存量,形成了名副其实的含水层。如西畴县城位于北东向溶蚀谷地中,谷地周围峰丛洼地区,海拔1 500~1 650m,峰洼高差50~100m,洼地密布,其底部或边缘多有溶井、落水洞发育。谷地底部海拔1 466~1 480m,宽度0.2~0.5km,长度2~5km。地形平坦,覆盖第四系松散土

层,厚度一般为 2~10m,局部大于 20m,主要为粘土夹砂砾石层,透水性弱。谷地外围峰丛洼地区为岩溶水补给区,底部为岩溶水的径流区。谷地底部岩溶水比较丰富,水位埋深较浅。岩溶水位埋深 0.5~4m,岩溶含水层富水性较强,钻井单井涌水量 24.68~1 511.91m³/d,民井、溶井单井涌水量一般为 12.10~120.96m³/d。钻井成井率超过了 90%。

3 微地貌组合特征

岩溶地貌是地质背景条件、内外动力地质作用、以及新构造运动的综合表现。在不同的地貌组合条件下,岩溶发育特征是不同的。因为岩溶发育在很大程度上受地表水及其下渗的渗透率、地下径流的水动力强度影响,而这些因素又常常为地貌条件所控制,如:地面坡度、切割密度和深度、水系分布、水流排泄基准情况等。因此,地貌特征控制了岩溶水的形成、运动和赋存的一般特征。岩溶地貌形态组合,对其中岩溶水的补给、径流、排泄及其水动力特性,以及生态环境的基本特征具有规律性的反映^[10]。譬如:在岩溶谷地的出口段,若存在孤峰或残丘,围绕孤峰或残丘附近,往往岩溶水较为富集。即所谓:“沟口孤峰下,打井潜流大”。云南广南县珠琳镇为一典型的实

例,珠琳镇位于滇东南高原斜坡地带,处于一岩溶谷地中,谷地大致呈东西向展布,长 3km 左右,宽 0.3~0.8km,面积约 3km²。沟底起伏平缓,切割深小于 20m。沟谷内第四系松散覆盖层厚 8~15m。沟谷出口前端矗立一孤峰,高 20 余米,处于沟口中央(图 4)。谷地北部、东部和南部为峰丛洼地地貌,是沟谷岩溶水的主要补给区,碳酸盐岩裸露,洼地、漏斗、落水洞等垂直岩溶形态常见,降水以灌入方式补给为主,入渗系数 0.2~0.6,径流模数 5.30~15.82L/s·km²,谷地接受这些地区的侧向径流补给。由于沟前的孤峰先前为较完整岩体,犹如谷中存在一道天然的潜坝,阻碍了下泄水的径流,使得其上方的谷底壅水形成岩溶水的富集地带。加之这样的孤峰或残丘底部,往往脚洞发育,是枯雨季地表水灌入与溢出的通道,所以,其周围岩溶较为发育,岩溶水易于富集。紧邻沟口孤峰下所打的珠琳镇供水井,井口高程 1 406.59m,井深 150.13m,表层为厚 6.80m 的第四系粘土,其下揭露含水层为灰岩、白云质灰岩层,溶隙、溶孔十分发育,并见高数十厘米的岩溶管道。100m 以上岩溶发育且连通性好,以下溶隙、溶孔发育相对较差。静止水位埋深 0.1m,最大降深涌水量 641.78m³/d。

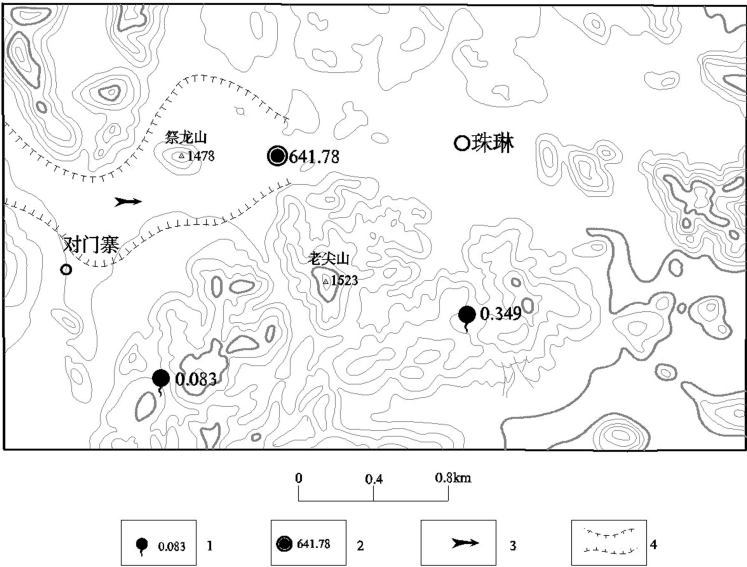


图 4 广南县珠琳镇岩溶地貌图

Fig. 4 Karst morphologic map of Zhulin Town in Guangnan County

1. 下降泉,右为流量(L/s);2. 钻孔,右为最大降深涌水量(m³/d);3. 地下水流向;4. 岩溶谷地边界

类似的规律性特征组合还有:在岩溶盆地、谷地、大型洼地的底部沉积平坝区,往往有利于岩溶水聚

集,且岩溶含水层富水性一般比较均匀;沿洼地、谷地中古地表径流的遗迹线,地下往往岩溶管道发育,形

成岩溶水强径流带;两条沟谷交汇的地带,往往岩溶水汇水面积较大,也常是断裂交汇处,岩溶发育强烈,岩溶水径流量较大;在岩溶谷地中凹形谷湾相对的宽缓地带,往往是在分布较宽的构造破裂带或易溶蚀岩体的基础上,由强烈的溶蚀作用所形成,故岩溶发育强烈且较为均匀,含水层富水性较强,相应也比较均匀;岩溶山区线状分布的陡崖,往往是沿断层发育的溶洞发生垮塌的产物,其下往往岩溶径流管道发育,岩体破碎,是岩溶水的汇集排泄带,常常出露泉和暗河出口;在岩层平缓、面积较大的缓坡或浅缓的洼地边缘,表层岩溶带发育较广泛,保存也较为完好。降水渗入补给条件较好,含水层储存水量较大,径流较缓慢,在植被覆盖率较高的条件下,往往能够形成表层岩溶泉,而且水流延续时间较长;在浅缓的岩溶丘陵、垄岗、台地上,表层岩溶带发育较广泛,保存也较为完好,含水层富水性较均匀,展布平缓,常常储存着较丰富的表层岩溶水等等。

4 地质构造影响

对于一个透水的岩层(带),即使有充分的地下水补给条件,也还需要在其周围和底面有相对隔水层(带)与之相互组合,使地下水不致完全流失,才能形成含水层。因此,要掌握岩溶水赋存特征,找到可供开发的井位,除了寻找有利的地貌组合,还必须研究透水层和隔水层(带)所组成的各种地质构造^[11]。一般而言,在断层、断层交汇部位、背斜轴部、背斜和向斜的转折端、特别是倾伏背斜和向斜的倾伏端和仰起端、碳酸盐岩与非可溶岩断层接触带等构造应力集中的部位,岩体破碎,裂隙发育,岩溶作用较强烈,形成地下水径流和储存的良好空间,为岩溶水的富集创造了条件^[12]。

高原间歇性隆升导致垂向上岩溶成层发育,比如南盘江中游石林段内,在不同标高发育了7层溶洞。第一层(竹园街龙潭哨暗河)标高950~1200m;第二层(里方镇小窝旧龙潭、弥勒白龙洞等)标高1350~1600m;第三层(路美邑天生桥村暗河、路美邑白龙潭暗河等)标高1600~1700m;第四层(北大村大龙潭、舞街铺喷泉暗河等)标高1700~1800m;第五层(葵山菠萝村溶洞、石林镇北小村伏流等)标高1800~2000m;第六层(纳章龙洞村伏流、宜良狗街岩子脚暗河)标高2000~2200m;第七层(天竹寺前后风洞溶洞)标高2200~2500m^[13]。这对于岩溶水的赋

存影响也很大。位于区域饱水带之下的岩溶层,含水量稳定而丰富,水质优良;之上具有上层滞水性质的古岩溶含水层,集水面积则很有限,储存水量较小。如位于高原面边缘的石林县普豆村抗旱井,深度200.16m,揭露的均为P₁m地层。岩性除在117.49~128.79m处为泥灰岩和细粒砂岩外,均为灰色中厚层状灰岩。钻孔内岩溶发育分为三层,上层埋深53.97~61.33m,溶蚀裂隙发育,隙宽小于2mm,水位埋深15m左右,抽水延续30分钟左右断流,水浑浊;中层埋深140~150m,灰岩,灰色中厚层状,溶蚀现象发育,见溶蚀裂隙及溶蚀小孔,隙宽小于2mm,溶孔直径小于2mm,无充填,岩心破碎,水位埋深56m,抽水延续时间变化不大,水中含泥量减少;下层埋深154~158m,标高与下游暗河出口基本一致,溶蚀裂隙发育,隙宽度1~5mm,溶蚀小孔发育,直径一般2~5mm,裂隙及溶孔无充填物,岩心破碎,泥浆漏失明显,水位埋深56.79m。采用二次降深抽水(降深83.24m、91.24m),获得稳定涌水量分别为24m³/d和36m³/d,发挥了抗旱救灾作用。

5 结 语

以上述及的云南省岩溶水赋存特征,在找水与分析水文地质问题时,有利于从宏观到微观层面,全面了解工作的侧重点。高原面上岩溶含水层的富水性比较均匀,普遍适宜钻井取水,而高原面边缘、河谷斜坡地带岩溶含水层的富水性极不均匀,主要宜以引、提、堵、蓄等多方式有效开发利用天然出露的岩溶大泉、暗河,这在地下水开发利用的区域规划上应予区别对待;在选择宜井靶区时,则要综合考虑汇水型与汇水—径流型岩溶断陷盆地、岩溶水文地质单元补给、径流、排泄分区间岩溶水赋存特征的差异;具体的井位确定尚需寻找有利于岩溶水富集的微地貌组合及蓄水构造。

参考文献

- [1] 蒋忠诚,裴建国,夏日元,等.我国“十一五”期间的岩溶研究进展与重要活动[J].中国岩溶,2010,29(4):352—353.
- [2] 中国科学院地质研究所.中国岩溶研究[M].北京:科学出版社,1979:73—83.
- [3] 袁道先.对南方岩溶石山地区地下水资源及生态环境地质调查的一些意见[J].中国岩溶,2000,19(2):103—107.
- [4] 王宇,李燕,谭继中,等.断陷盆地岩溶水赋存规律[M].昆明:云南科技出版社,2003:32—35.

[5] 彭淑惠,王宇,张世涛. 昆明岩溶断陷盆地的环境地质问题及治理对策[J]. 地质灾害与环境保护,2000,19(2):103—107.

[6] 云南省地矿局第一水文地质工程地质大队. 云南省昆明市吴家营水源地供水详查报告[R]. 地质矿产部,1991.

[7] 王宇,张贵,李丽辉,等. 泸西小江流域岩溶水开发与石漠化综合治理示范[R]. 昆明:云南大学出版社,2005.

[8] 王宇. 云南泸西皮家寨岩溶大泉束流调压壅水开发示范[J]. 中国岩溶,2008,27(1):1—5.

[9] 王宇. 西南岩溶石山区断陷盆地岩溶水系统分类及供水意义[J]. 中国地质,2003,30(2):220—224.

[10] 王宇主编. 岩溶找水与开发技术研究[M]. 北京:地质出版社,2007:10—22.

[11] 沈照理,刘光亚,杨成田,等. 水文地质学[M]. 北京:科学出版社,1985:15—16.

[12] 邓自强,林玉石,张美良,等. 桂林岩溶与地质构造[M]. 重庆:重庆出版社,1988:1—2.

[13] 云南省地质调查院. 云南重点岩溶流域水文地质与环境地质调查报告(南盘江石林段、甸溪河流域)[R]. 中国地质科学院岩溶地质研究所,2007.

Distribution features of karst water in Yunnan

WANG Yu, PENG Shu-hui

(Yunnan Institute of Geo-Environment Monitoring, Kunming, Yunnan 650216, China)

Abstract: Distribution features of karst water in Yunnan Province is summarized as follows. The karst aquifer is the comparatively homogeneous medium in the karst plateau plain. While it is the comparatively inhomogeneous medium on the edge of the karst plateau plain and the slopes of river valley. The aquifer characteristic of the karst catchment basin is same to the porous medium. In the catchment-runoff karst graben basin, water content is comparatively homogeneous in the upstream section but quite inhomogeneous in the karst cave and conduit in the downstream section. Furthermore, the water table of the saturated zone is nearly equivalent to the drainage spring in the identical hydrogeologic unit. Generally, the karst stratum is mainly similar to the permeable bed in the recharge area and is nearly equal to aquifer in the runoff area and real aquifer in the discharge area. The features of the karst geomorphologic landscape could open out the enrichment situation of karst water. Moreover, the enrichment effects of water-storing structure are more important.

Key words: groundwater; karst; hydrogeology; distribution features; Yunnan Province