

桂林漓江流域土壤溶液的水化学特征及其溶蚀能力分析

梁日胜¹, 闫志为¹, 周国清², 潘傲然¹, 覃夏南¹

(1. 桂林理工大学环境科学与工程学院, 广西 桂林 541004;
2. 桂林理工大学广西空间信息与测绘重点实验室, 广西 桂林 541004)

摘要:通过在漓江流域中北部采集浅层土样,提取土壤溶液,测定其水化学成分指标,分析其基本特征及规律,并计算方解石和白云石的饱和指数(SI_C 、 SI_D),探讨土壤溶液对碳酸盐岩的溶蚀能力及其影响因素。结果发现:(1)从漓江流域南部到北部,土壤中各离子含量普遍较低,总体上是南高北低,土壤溶液水化学类型为 HCO_3-Ca 型;(2)土壤溶液的 SI_C 、 SI_D 都呈绝对值较大的负值,表明土壤溶液对碳酸盐岩具有较强的溶蚀能力;(3) SI_C 、 SI_D 由南向北逐渐降低,溶蚀能力逐渐增强,与该区域降雨量由南向北逐渐增大的特征之间表现出较明显的相关性;(4)土壤溶液对碳酸盐岩溶蚀能力随降雨量增大而增强是长期的大量降雨溶滤作用使土壤中的 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 等离子减少、pH 值降低等原因所致。

关键词:土壤溶液;水化学特征;溶蚀能力;降雨量

中图分类号:P641.3

文献标识码:A

文章编号:1000-0852(2018)05-0042-05

岩溶作用是在水-岩- CO_2 三相不平衡开放系统中进行的,是水、钙、碳循环相互耦联的过程^[1]。在覆盖型岩溶地区,土壤中的 CO_2 和水分是驱动溶蚀作用发生的主要因素。研究证明,参与岩溶作用的 CO_2 主要来源于土壤层,雨水中的含量很少^[2]。虽然降雨开初只含有少量的 CO_2 ,随着降雨的增多,加快了水循环速度,使得土壤水得到不断的更新,因此有更多的 CO_2 参与到岩溶作用系统。由于有土壤的存在,使得大气降水与碳酸盐岩之间形成一个“过滤层”,可以起到不断提供 CO_2 气体,调节水的理化性质,影响岩溶作用强度等作用。在碳酸盐岩的溶蚀过程中,降雨起到重要的影响。刘宝臣对不同岩溶地区的降雨量与溶蚀率进行对比,发现年降雨量值越高,溶蚀速率值越大^[3];于爽通过试验研究发现在同等 pH 值条件下,高雨水量时灰岩的溶蚀速率要比低雨水量的大 3~4 倍^[4]。

前人的研究,多用在土中埋溶蚀试片的方法估算溶蚀速率与降雨的关系,笔者从桂林覆盖型岩溶区包气带土层中取浅层土样,以浸提法提取土壤溶液并对

其化学特征进行分析,利用 PHREEQC 软件计算方解石饱和指数(SI_C)和白云石饱和指数(SI_D),探讨土壤溶液对碳酸盐岩溶蚀能力特征,并结合桂林漓江流域年降雨量分布特征,分析溶蚀能力与降雨量分布特征之间的关系。这有助于后期研究土层溶蚀作用的方法进行改进和完善,对提高土地利用和保护具有重要的学术价值和现实意义。

1 研究区概况

桂林地处低纬,属亚热带季风气候。境内气候温和,雨量充沛,无霜期长,光照充足,夏长冬短,四季分明且雨热基本同季,气候条件十分优越,年平均降雨量 1 741.7mm,年平均气温为 $19.02^{\circ}C$ ^[5]。采样点分布于漓江 20km 范围内的两岸,地貌背景主要为峰丛平原。所选取的采样点,周围植被覆盖茂盛,人为污染较少。

桂林市碳酸盐岩的矿物成分主要为方解石和白云石^[6]。组成碳酸盐岩的化学成份主要是 CaO 、 MgO 、 CO_2 及酸不溶物。采样点所在地层类型主要为泥盆

收稿日期:2017-06-05

基金项目:广西高等学校高水平创新团队及卓越学者计划项目(002401013001);广西自然科学基金“岩溶塌陷地表现征要素变化与遥感赋存信息耦联和协同反演的研究”(2015GXNSFDA139032)

作者简介:梁日胜(1989-),男,广西崇左人,研究生,主要从事岩溶、水文地球化学等方面的研究。E-mail:549925385@qq.com

通讯作者:闫志为(1963-),男,教授,长期从事岩溶、水文地球化学等方面的教学和科研工作。E-mail:407186680@qq.com

系-石炭系碳酸盐岩,上覆第四系松散层,为覆盖型岩溶地区。地下水主要赋存于第四系孔隙水、岩溶水含水层中,主要接受大气降水的入渗补给并由东、西两侧向漓江径流排泄。

2 研究方法

2.1 土样的采集与处理

于2016年9月12~29日期间进行土样采集,处于干旱少雨的季节,采样点主要分布于漓江两岸,从阳朔县往北至兴安县,共布置7个取样点,取土样7组,取样深度在25~150cm之间,采用口径为5cm的人工压力取样器,取出的土样立即使用密封袋装好备用^[7]。采样点的分布及基本情况如图1和表1。

土壤浸提液的制备,根据《森林土壤水溶性盐分析》(LY/T 1251-1999)^[8]进行,以湿土样制备土壤溶液,取50g湿土样,用量筒准确量取250ml无CO₂的纯水,以1:5土水比例一同放入500ml的锥形瓶,震荡3min,使用布氏漏斗以7cm直径的两层滤纸进行过滤,直至滤液为清晰透明为止。

土壤含水量的测定,以《土工试验方法标准》(GB/T 50123-1999)^[9]为标准,使用称量为100g,最小分度值为0.1g的天平准确称取湿土30g,置于铝盒内,称量铝盒加湿土的质量。将铝盒置于烘箱内,在108℃的恒温下连续烘9.5h至恒量。取出铝盒放置干燥器内冷却至室温,称盒加干土的质量。以公式(1)计算含水量 w ,准确至0.1%。

$$w = \left(\frac{m_0}{m_d} - 1 \right) \times 100 \quad (1)$$

式中: w 为含水量(%); m_0 为湿土质量(g); m_d 为干土质量(g)。



图1 漓江流域采样点位置及多年降水量等值线图^[14]

Fig.1 The location of the sampling sites and isoline of precipitation in the Lijiang River basin^[14]

2.2 土壤溶液主要离子的分析方法

土壤溶液的离子成分分析在中国地质科学院岩溶地质研究所化验室完成,分析了K⁺、Na⁺、Ca²⁺、Mg²⁺、Cl⁻、SO₄²⁻、HCO₃⁻的离子含量及pH值。

2.3 土壤溶液SI_C和SI_D的计算

SI_C和SI_D的计算使用PHREEQC软件进行。该软件是Plummer^[10]和Parkhurst^[11]等开发出来的,用于低温水文地球化学计算的计算机程序。PHREEQC最简单的应用就是计算溶液中各种化学物质的分布,以及溶

表1 各取样点的基本情况

Table1 The basic conditions of the sampling sites

编号	深度/cm	地理位置	描述
T01	32~51	葡萄镇南西西250°约1.5km荒地	可塑状粘土,黄红色,稍湿。该处为山前倾斜坡状平原,西高东低,地面坡度约10°,地层岩性为D _{3r} (融县组)的山体;东侧约30m处有小河,水面低于改取点约8m,洪水不能淹没。取样处茅草茂密,草高约0.5m,该处多年未耕种。
T02	26~37	桂林理工大学博文管理学院南西400m土坡边松树林内	可塑状红粘土,红黄色,稍湿。该处在松树林内,地势东高西低,植被茂盛,西边5m处为人工开挖土坡,坡度约15°。
T03	29~52	雁山镇玉圭园西侧约1.3km松树林内	红粘土,红色,硬塑状,稍湿,土质较均匀。韧性差,干强度中等,切面光滑。该点处在松树林内,地势平坦,东侧5m为一开挖的人工边坡周围植被茂盛,地势较高,洪水期不能被淹到,受人为污染小。
T04	18~34	大圩镇南西侧1.7km处松树林内	粉质粘土,黄红色,硬塑状,稍湿。取样点在人工种植的松树林内,多年未进行耕种,杂草丛生,南侧700m为漓江,水面低于取点,洪水期不能被淹没。
T05	120~150	灵田乡梅田村西侧约800m处	尧山冲洪积粘土,红色,稍湿,硬塑状。该处的地貌背景为低山丘陵地貌,此处四周植被茂盛,主要以松树为主,树林内杂草丛生,人为污染较少。
T06	70~75	临川县潭下镇南西侧1.1km丘陵山脚处	红粘土,红色,少部分夹灰白色,稍湿,硬塑状。该处为山前斜坡底下,有人工开挖的切坡,坡面不久前被开发种植柑橘,坡边为松树林,受人为污染较小。
T07	130~150	金石乡砚田村北西约1.5km山坡	松散状的粉质粘土,黄红色,稍湿,硬塑,该处为山地地貌,西侧200m有河流经过,河水面低于该取点,洪水不能淹没。周围植被茂盛,人为污染较小。

液中矿物质与气体的饱和状态。同时,可进行正向模拟和反向模拟,几乎能解决水、气、岩土相互作用系统中所有平衡热力学和化学动力学问题,包括水溶物配合、吸附-解吸、离子交换、溶解-沉淀、氧化-还原^[12]。

3 结果分析

以公式(1)计算各土样含水量和室内实验分析的土壤溶液的离子含量见表2。

表2 原状土的含水量与土壤溶液的各离子含量

Table2 The water content of the undisturbed soil and ion content of soil solution

土样 编号	原状土含 水量/%	pH 值	土壤浸提液离子含量/mg·L ⁻¹						
			K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻
T01	33.58	6.87	0.24	1.94	5.38	0.52	2.69	2.49	24.61
T02	27.84	6.98	0.22	1.27	2.02	0.19	2.32	3.01	14.06
T03	28.19	6.80	0.40	0.58	3.00	0.28	1.24	6.26	14.06
T04	20.46	6.72	0.16	0.61	3.04	0.18	1.11	3.87	10.55
T05	24.56	6.57	0.093	0.42	1.68	0.12	1.23	1.45	10.55
T06	26.56	6.56	0.31	0.97	1.74	0.16	1.32	2.00	10.55
T07	21.30	6.76	0.32	0.52	1.59	0.18	1.27	1.99	10.55

表3 不同含水量条件下的土壤溶液pH值和方解石、白云石的饱和指数

Table3 The pH value and saturation index of the calcite and dolomite under different water content of soil

样号	浸提原液			浓缩至原状土含水量			含水量为 40%时			含水量为 50%时			含水量为 60%时		
	pH	SI _c	SI _b	pH	SI _c	SI _b	pH	SI _c	SI _b	pH	SI _c	SI _b	pH	SI _c	SI _b
T01	6.87	-2.23	-5.12	6.820	0.14	-0.39	6.825	0.01	-0.64	6.831	-0.15	-0.96	6.836	-0.28	-1.23
T02	6.98	-2.77	-6.22	6.941	-0.24	-1.16	6.949	-0.51	-1.70	6.953	-0.68	-2.04	6.957	-0.82	-2.32
T03	6.80	-2.79	-6.26	6.758	-0.29	-1.28	6.766	-0.55	-1.79	6.770	-0.72	-2.12	6.774	-0.85	-2.40
T04	6.72	-2.98	-6.84	6.674	-0.27	-1.43	6.689	-0.77	-2.43	6.693	-0.94	-2.77	6.696	-1.08	-3.05
T05	6.57	-3.37	-7.55	6.535	-0.73	-2.25	6.544	-1.10	-3.01	6.547	-1.28	-3.35	6.550	-1.42	-3.64
T06	6.56	-3.37	-7.43	6.525	-0.78	-2.26	6.532	-1.10	-2.88	6.536	-1.27	-3.23	6.539	-1.41	-3.51
T07	6.76	-3.21	-7.02	6.722	-0.49	-1.58	6.734	-0.97	-2.54	6.738	-1.14	-2.89	6.74	-1.29	-3.17

含量都较低。SO₄²⁻离子呈现出先升后降的变化,在 T03 处偏高,可能是由于该处 SO₄²⁻氧化性强,发生氧化还原反应。总体上看,无机盐类离子浓度偏低,呈现出南高北低的现象。

由于桂林漓江流域覆盖型岩溶区长期处于湿润多雨和酸性的土壤条件,造成土壤中钙、镁离子含量低,这是该区域土壤溶液对碳酸盐岩具有较强溶蚀能力的一个重要因素。

4.1.2 土壤溶液的 pH 值

土壤溶液的 pH 值为 6.56~6.98,为中性溶液,但都

对土壤浸提液采用 PHREEQC 软件在考虑了氧化还原、溶解沉淀、络合作用等各种可能的化学反应情况下,先把土壤浸提液浓缩到原状土时的含水量条件后,以逐渐往土中加水的方法,将土壤含水量分别浓缩为 40%、50%和 60%(对于粘性土而言,孔隙度多为 40%~60%之间,一般情况下土壤含水量在 40%~60%时,其饱和度能达到 80%以上,甚至达到过饱和的状态)时,计算浓缩溶液的 pH 值和方解石和白云石的饱和指数(SI_c、SI_b),分析土壤溶液在不同含水量条件下对碳酸盐岩的溶蚀能力。浓缩后计算结果如表 3。

4 讨论

4.1 漓江流域土壤溶液水化学特征

4.1.1 主要离子组分变化特征

漓江流域从南到北(按照采样号 T01~T07 的顺序,见表 2)的离子组分变化趋势可以看出 Ca²⁺和 HCO₃⁻离子浓度的变化趋势基本一致,呈现南高北低,但浓度后者相对偏高。Na⁺和 Cl⁻的变化趋势也基本一致,但两者的浓度都较低,主要原因是采样点受人为干扰较少。Mg²⁺和 K⁺离子的浓度由南向北变化不大且

小于 7。另外,土壤溶液按不同含水量浓缩后,pH 值有所下降,但都相差不大,并有随着含水量的不断增加,pH 值不断减小的规律,这主要是水的稀释效应的结果。根据相关文献以及桂林的自然条件,该区土壤由于长期的雨水淋滤作用,其 pH 值不会太高,多数为酸性土^[13]。

4.1.3 土壤溶液水化学类型

研究区内土壤溶液 pH 的平均值为 6.75,各种离子浓度均较低,以 Ca²⁺和 HCO₃⁻离子为主。碳酸盐硬度超过 50%,土壤水溶液的水化学类型为 HCO₃-Ca 型(见图 2)。

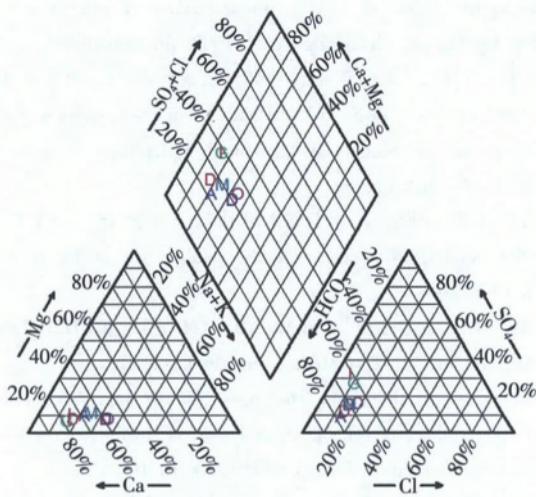


图2 土壤溶液水化学类型图

Fig.2 Hydrochemical type of soil solution

4.2 土壤溶液对方解石、白云石的溶蚀能力特征

不管是原土壤溶液还是按不同土壤含水量进行模拟浓缩的溶液,所计算得到的方解石饱和指数(SI_C)和白云石饱和指数(SI_D)基本为负值(见表3),且绝对值较大,反映出土壤溶液对方解石和白云石具有较强的溶蚀能力。 SI_C 和 SI_D 都随着浓缩程度的增加而增大,但仍为负值,对碳酸盐的溶蚀能力还是较强。将原土壤按不同含水量进行模拟浓缩时, SI_C 和 SI_D 从漓江流域南部到北部的变化可以看出,饱和指数有逐渐降低的趋势。T06和T07两点的饱和指数有上升的趋势,T06点可能是由于在采集的土样中含有未完全风化的碳酸盐岩,造成土中含有较多的 Ca^{2+} 和 Mg^{2+} ;而T07点可能是土壤母岩有关,该点位于非石灰岩地区,而是花岗岩区,风化速度慢,钙长石含量较多,因此造成饱和指数相对偏高。但从总体上看,方解石和白云石的饱和指数呈南高北低的现象。

4.2.1 漓江流域多年降雨量分布特征

桂林漓江属山区雨源性河流,河川径流主要由降雨形成。流域内雨量丰沛,多年平均降雨量由源头的2600mm向下游逐渐减少到1700mm^[4]。从图1可以看出漓江流域的多年降雨量从南到北不断增加。

4.2.2 降雨量与土壤溶液对碳酸盐溶蚀能力关系

在只考虑方解石和白云石的饱和指数与降雨量的关系时,结合以上结论可以发现,方解石和白云石的饱和指数(SI_C 、 SI_D)随着降雨量的增加而减小,对碳酸盐岩的溶蚀能力不断加强,呈现出从漓江南部到漓江北部不断增强的趋势。

桂林地区长期的大量降雨溶滤作用使土壤中主要

的离子组分减少,特别是 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 离子的减少以及pH值的降低等。桂林漓江流域的土壤多数为酸性土,土壤的酸性是由于土壤胶体吸附的可交换性氢离子(H^+)和铝离子(Al^{3+})所致。随着降雨的增多,使得致酸离子不断的通过离子交换作用进入土壤溶液产生氢离子,使得土壤中方解石和白云石的饱和指数(SI_C 、 SI_D)降低,土壤溶液对碳酸盐岩的溶蚀能力增强。同时,在降雨量较多的情况下,土壤的湿度增加,水岩作用时间延长,再者,生物活动增强,使得土壤中含有更多的 CO_2 ,当这种具有较强侵蚀能力的土壤水遇到碳酸盐岩时,原有的平衡被打破,使得更多的碳酸盐岩被溶解。

笔者认为,在覆盖型岩溶地区,降雨量的多寡是影响该流域内土壤溶液溶蚀能力的重要因素。一来,使得土壤溶液中无机盐类离子含量降低;二来,使得更多致酸离子发生离子交换进入到土壤水中,增加了土壤水的酸性。这些过程都是在雨水进入土壤后才发生的,并且在量变上引起了质的变化,而质变的结果就是促进了碳酸盐岩的溶解,这就使得这种降雨量大,土壤酸性条件下的土壤水对碳酸盐岩具有较强的溶蚀能力。

5 结论

(1) 桂林漓江流域岩溶覆盖区上覆土层主要为黏性土,由于长期的大量降雨,造成土壤中无机盐类离子含量普遍偏低,且呈现出漓江流域南高北低的现象。

(2) 按土壤不同含水量进行计算的方解石和白云石的饱和指数(SI_C 、 SI_D)均为绝对值较大的负值,对碳酸盐岩具有较强的溶解能力,且呈现出在漓江流域内南高北低的现象。

(3) 结合漓江流域多年降雨量分布特征,可以发现方解石和白云石的饱和指数随着降雨量的增加而减小,对碳酸盐岩的溶蚀能力不断加强,呈现出从漓江南部到漓江北部不断增强的趋势。

(4) 土壤溶液对碳酸盐岩溶蚀能力随着降雨量的增大而增强,主要原因是土壤在长期的大量降雨溶滤作用下,使土壤中的 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 等离子减少,pH值降低。

(5) 降雨量的多寡是影响土壤溶液溶蚀能力的重要因素。

虽然本次试验所计算得到的方解石和白云石的饱和指数结果相对于实际的有所偏高,但即使这样的数值,其对碳酸盐岩的溶蚀能力已经较强,表明在自然状态下,土壤溶液对碳酸盐岩的溶蚀能力更强。本

次只研究降雨量这一因素对土壤溶液、对碳酸盐岩的溶蚀能力的影响,但也可以发现降雨量的多寡确实对其影响较大,表明降雨在岩溶作用系统中的重要作用,但许多问题还有待进一步完善,值得深入探索。

致谢:肖楠,江凯明,邢梦龙,孙立群,杨子杰等同志在采样、实验等工作中的帮助,在此表示由衷感谢!

参考文献:

- [1] 袁道先. 碳循环与全球岩溶[J]. 第四纪研究, 1993,13(1):1-6. (YUAN Daoxian. Carbon cycle and global Karst [J]. Quaternary Sciences, 1993,13(1):1-6. (in Chinese))
- [2] 任美铎. 岩溶学概论 [M]. 北京: 商务印书馆, 1983. (REN Meie. An Outline to Karst Science [M]. Beijing: Commercial Press, 1983. (in Chinese))
- [3] 刘宝臣,肖适德,郑元,等. 桂林市碳酸盐岩溶蚀基本特征分析[J]. 路基工程, 2016(3):31-35. (LIU Baochen, XIAO Shide, ZHENG Yuan, et al. Impact analysis of key design parameters of chair-shaped pile-board structure in steep slope subgrade [J]. Subgrade Engineering, 2016,(3):31-35. (in Chinese))
- [4] 于爽,严毅萍,张春来,等. 酸雨对碳酸盐岩溶蚀速率影响的试验研究[J]. 桂林理工大学学报, 2011,31(4):539-544. (YU Shi, YAN Yiping, ZHANG Chunlai, et al. Experimental study on carbonate dissolution rate influenced by acid rain [J]. Journal of Guilin University of Technology, 2011,31(4): 539-544. (in Chinese))
- [5] 刘绍华,郭芳,姜光辉,等. 桂林市峰林平原区岩溶水文地球化学特征[J]. 地球与环境, 2015,43(1):55-65. (LIU Shaohua, GUO Fang, JIANG Guanghui, et al. Hydrogeochemical characteristics of peak forest plain in Guilin city, China [J]. Earth and Environment, 2015,43(1):55-65. (in Chinese))
- [6] 中国地质科学院岩溶地质研究所. 桂林环境工程地质[M].重庆: 重庆出版社,1988. (Institute of Karst Geology, Chinese Academy of Geological Sciences. Guilin, Environmental Engineering Geology [M]. Chongqing: Chongqing Press, 1988. (in Chinese))
- [7] 何迅, 巩细民. 土壤样品的采集与制备技术 [J]. 湖北农业科学, 2003,(3):47-48. (HE Xun, GONG Ximin. Soil samples collection and preparation technology [J]. Hubei Agricultural Sciences, 2003, (3):47-48. (in Chinese))
- [8] LY/T 1251-1999, 森林土壤水溶性盐分分析 [S]. (LY/T 1251-1999, Analysis Methods of Water Soluble Salt of Forest Soil [S]. (in Chinese))
- [9] GB/T50123-1999, 土工试验方法标准 [S]. (GB/T50123-1999, Standard for Soil Test Method [S]. (in Chinese))
- [10] Plummer L N, Back W. The mass balance approach: application to interpreting the chemical evolution of hydrologic systems [J]. American Journal of Science, 1980,280(2):130-142.
- [11] Parkhurst D L. User's guide to PHREEQC a computer program for speciation, batch-reaction, one-dimensional transport, and inverse geochemical calculations [R]. U.S. Geological Survey Water Resources Investigations Report, 1999:99.
- [12] 徐乐昌. 地下水模拟常用软件介绍[J]. 铀矿冶, 2002,21(1):33-38. (XU Lechang. Common software for groundwater simulation [J]. Uranium Mining and Metallurgy, 2002,21(1):33-38. (in Chinese))
- [13] 闫志为,曾召田,刘辉利,等. 桂林覆盖型岩溶区土壤溶液对碳酸盐岩的溶蚀能力探讨[J]. 水文地质工程地质, 2015,42(2):132-139. (YAN Zhiwei, ZENG Zhaotian, LIU Huili, et al. Discussion of the soil solution corrosion of carbonates in the covered Karst area of Guilin [J]. Hydrogeology & Engineering Geology, 2015,42(2):132-139. (in Chinese))
- [14] 蒋亚萍. 漓江枯水、功能性断流与水利工程的关系[J]. 桂林理工大学学报, 2005,25(4):426-431. (JIANG Yaping. Low water and functional cutoff and reservoirs of Lijiang River [J]. Journal of Guilin University of Technology, 2005,(4):426-431. (in Chinese))

Hydrochemical Characteristics of Soil Solution and Dissolution in Lijiang River Basin of Guilin, China

LIANG Risheng¹, YAN Zhiwei¹, ZHOU Guoqing², PAN Aoran¹, QIN Xianan¹

(1. College of Environmental Science and Engineering, Guilin University of Technology, Guilin 541004, China;

2. College of Geomatic Engineering and Geoinformation, Guilin University of Technology, Guilin 541004, China)

Abstract: By sampling shallow soil in the north central part of the Lijiang River basin, extracting soil solution, determining the chemical composition of the water indexes, this paper analyzed the basic characteristics and rules, calculated the saturation index of calcite and dolomite (SI_C , SI_D), and investigated the soil solution of the carbonate dissolution ability. It was found that: (1) The ion contents in soil are generally high in the southern watershed, low in the northern watershed, and both are low in concentration, and the type of the hydrochemistry of soil solution is HCO_3-Ca ; (2) The SI_C and SI_D of the soil solution showed a negative value of the absolute value, which indicated that the soil solution has strong dissolution ability to the carbonate rock; (3) SI_C , SI_D decreased gradually from south to north, and the dissolution ability gradually increased, and there was a significant correlation between the characteristics of rainfall in the region from south to north; (4) The reason for the enhancement of soil solution to the dissolution of carbonate rock with the increase of rainfall is that the long-term large amount of rainfall filtration can cause the decrease of Ca^{2+} , Mg^{2+} and low pH.

Key words: soil solution; hydrochemical characteristics; corrosion capacity; rainfall