

皖水上游水土流失的地球化学研究

郭范 张巽 蒋姍 夏进 宋仲耆

(中国科学技术大学 安徽水文总站 安徽农学院)

提 要

利用地球化学原理,探索了大别山区安徽省岳西县皖水上游水土流失的状况。该地区土壤侵蚀速率大于成土物质形成速率,河水不仅冲走了难进行化学风化的石英,还带走了含植物营养元素钾的正长石以及第四纪风化残留物,水土流失极为严重。

一、前 言

由于毁林开荒,许多富饶山区水土流失,生态失去平衡,严重影响了农林牧副业的发展,大别山区水土流失越来越严重,岳西县已成为全国水土流失最严重的县份之一。从地球化学角度研究该地区水土流失的规律,以便更好地开展水土保持工作和探索水土流失的防治对策。

地表水同岩石作用是岩石风化的重要作用之一,其化学风化式(岩浆岩和变质岩)归结为:

岩石 + 水 + 空气 \rightarrow 水溶液 + 化学风化固相残余

(次生粘土矿物 + 难进行化学风化的石英 + 化学风化不彻底的长石等原生矿物)

这种反应受到岩石组成和性质、pH、氧化还原等物理化学因素,以及生物、水同矿物接触时间长短以及降雨等自然地理条件的制约。化学风化作用产生的可溶性物质进入河流,构成河水的基本化学成分。当雨水过多地带走化学风化不彻底的原生矿物和难进行化学风化的石英(机械地),过多地带走次生粘土矿物(溶解和机械地),使成土物质减少,导致水在风化层和土壤中保留时间缩短,就表现为水土流失。本文主要研究了大别山山区安徽岳西县岩性较单一的皖水上游河水的水化学和岩石化学风化,探索将地球化学原理应用于水土保持的研究。

二、区域概况

研究区位于大别山东部,安徽西部岳西县县城以北,皖水上游一块面积为131平方公里的地区。

本地区属亚热带大陆湿润季风农业区,年平均气温14.5℃,年平均土温17.1℃,年平均降水量为1,420.9毫米,但年内分布不均,其中6—8月份约占近45%,12—2月份仅占8.9%。皖水上游为海拔400米的低山盆地,风化层较厚,从2米到十几米不等,土壤类型有麻石黄棕壤,砂渍型麻砂泥田、砂泥田,全剖面粘粒含量 $<10\%$,其中约40%属中强度侵蚀区,大部分属强度侵蚀区。抗日战争前,该地区已有水土流失,1958年以来水土流失更加严重,1959—1968年河床淤积升

本研究为国家自然科学基金资助项目。

高29厘米, 1969—1978年又升高71厘米, 1978年后水土流失有增无减。河床泥沙以石英为主, 也有长石等其它矿物。

流域内的基岩87%属前震旦系大别群变质岩(眼球状混合片麻岩和迷雾状混合片麻岩), 约10%的混合花岗岩, 还有少量石英正长斑岩、大理岩。硅酸岩中石英、钾长石、斜长石和黑云母(包括角闪石)的含量比为24:27:36:13。不缺乏能为植物提供钾元素的含钾矿物。该地区工业不发达, 环境受人为污染较轻。

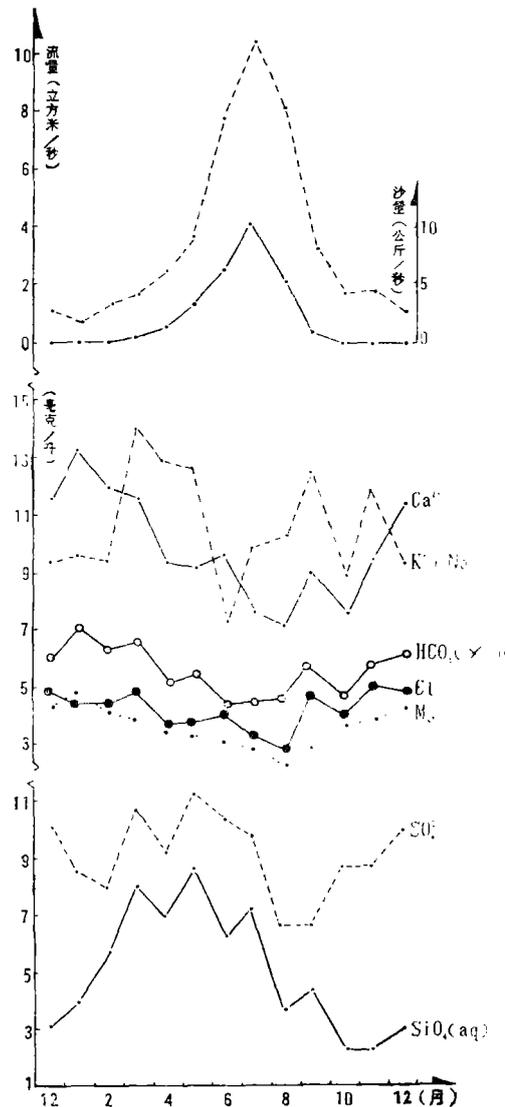
三、河水的化学组成

根据安徽省水文站1974—1984年逐月测定的河水水化学数据, 加权平均结果见下图和表1。主要溶解组分可分成四组: 1、Cl⁻年内变化幅度较小; 2、Ca²⁺、Mg²⁺、HCO₃⁻与流量成负相关; 3、SiO₂(aq)与流量成正相关;

4、K⁺+Na⁺、SO₄²⁻较离散。

Cl⁻的浓度低于世界河水的平均浓度, 夏季接近布拉斯(Brass)估计的世界雨水平均值, 但当地居民生活用盐会增加河水中Cl⁻的浓度, 由每升0.1毫克(夏季)至每升0.8毫克(冬季)。该地区距海洋约400公里, 降雨受东南季风影响较大, 大气降水量是Cl⁻的主要来源。Ca²⁺、Mg²⁺、HCO₃⁻浓度最高值是最低值的约1.8倍, Ca²⁺、Mg²⁺主要来自含Ca、Mg矿物的化学风化HCO₃⁻主要是大气中CO₂溶于水同岩石作用的结果, 它们夏季的浓度低, 主要是降雨稀释的结果。水溶性SiO₂浓度的年内变化最大, 最高值与最低值之比接近4, 一方面硅酸盐矿物化学风化会产生水溶性SiO₂, 另一方面粘土矿物溶解也能导致水溶性SiO₂浓度上升, SiO₂(aq)/(K⁺+Na⁺+Ca²⁺+Mg²⁺)的比值, 春夏高于秋冬, 水溶性SiO₂春夏较高, 反映了春夏存在粘土矿物脱硅反应强于秋冬。K⁺、Na⁺虽有来自岩石和粘土矿物的溶解, K⁺受生物作用影响, 春夏高于秋冬, 同时也有部分Na⁺来自雨水和居民用盐, 受到的影响因素较多, 表现为规律性较差SO₄²⁻的讨论见下节。

从右图中还可看出, 多数组分在8月份接近或达到最低浓度, 与流量和输沙量的最高值相差一个月。这种时间差是因为在前几个月损失较多的可溶性化学风化物之后, 整个风化层需时间再获得新的溶解物和形成新的次生粘土矿物, 同时复硅作用开始大于脱硅作用。



皖水上游流量、沙量和水的化学组成图

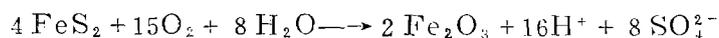
表1

河水流量(立方米/秒)、输沙量(公斤/秒)及化学组成(毫克/升)

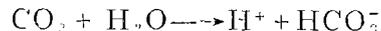
月份	流量	输沙量	SiO ₂ (aq)	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺ +Na ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻
12	1.068	0.03367	3.19	11.56	4.38	9.33	4.85	10.12	61.17
1	0.755	0.00175	3.96	13.42	4.89	9.66	4.50	8.65	72.79
2	1.143	0.03725	5.79	11.83	4.25	9.57	4.43	8.03	64.72
3	1.752	0.4651	8.19	11.52	3.96	14.21	4.98	10.82	66.64
4	2.542	1.3622	6.88	9.44	3.54	12.95	3.72	9.21	51.50
5	3.755	3.3063	8.76	9.27	3.43	12.74	3.72	11.42	54.63
6	7.976	6.4167	6.26	9.74	3.20	7.43	4.10	10.46	44.19
7	10.795	11.0183	7.22	7.65	2.92	9.55	3.42	9.85	45.83
8	8.343	5.4200	3.69	7.28	2.33	10.39	2.97	6.81	55.74
9	3.344	1.2185	4.62	9.16	3.03	12.70	4.91	6.71	48.15
10	1.870	0.16795	2.35	7.60	3.83	8.98	4.01	8.84	47.41
11	1.918	0.08010	2.30	9.61	3.92	12.10	5.12	8.83	58.58

四、化学风化和固相残余

该地区水化学受岩性控制。岩石化学风化的天然途径是岩石同硫酸和碳酸接触，前者由岩石中黄铁矿等硫化物氧化形成：



后者由大气和风化层中CO₂溶于水产生：



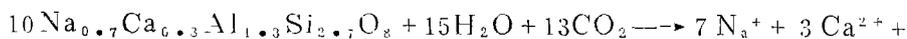
结合当地情况，其它化学风化式可归结为：

硅酸盐化学风化式：

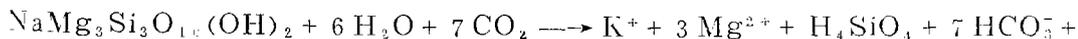
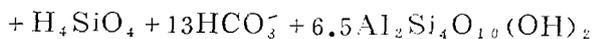


(正长石)

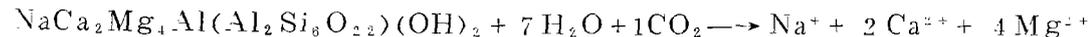
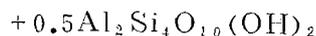
(似蒙脱石)



(斜长石Ab₇₀An₃₀)



(黑云母)

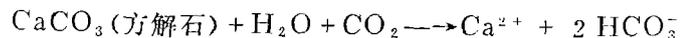


(角闪石)



为处理方便，黑云母中的Na、Ca，角闪石中K以及Fe置还Al、Mg等均忽略不计。蛭石、伊利石、蒙脱石等粘土矿物皆用似蒙脱石代表。

碳酸盐化学风化式：



英、正长石和斜长石的含量，计算难进行化学风化的石英和化学风化不彻底的正长石的量，结果见表3。

表3 输沙率和化学风化固相残余 (公斤/秒)

	输沙率	破坏原生 矿物量	脱复硅 微摩尔/升 摩尔/秒	化学风化固相残余					输沙率 固相残余
				固相残余 (狭义)			长石	总量	
				粘土	石英	合计			
冬	0.0242	0.1277	$\frac{0}{0}$	0.0897	0.0458	0.1355	0.0405	0.1760	0.11
春	1.7112	0.4639	$\frac{脱22}{0.059}$	0.3686	0.2242	0.5928	0.2083	0.8011	2.14
夏	7.6183	1.1015	$\frac{脱21}{0.190}$	0.8513	0.4989	1.3502	0.4555	1.8057	4.22
秋	0.4888	0.3387	$\frac{复26}{0.062}$	0.0265	0.1565	0.1830	0.1483	0.3313	1.18
年平均	2.4606	0.5080	$\frac{脱}{0.047}$	0.3340	0.2314	0.5654	0.2132	0.7785	3.16

表3从三个方面反映了该地区水土流失状况：1、春夏两季的脱硅反应量超过秋季的复硅反应量，全年表现为脱硅的趋势；2、由于水在土壤和风化层中保留时间太短，化学风化不彻底的正长石量较多；3、冬季输沙量（包括悬移质，下同）低于化学风化固相残余，秋季与化学风化固相残余相当，夏季输沙量是化学风化固相残余的4倍多，占全年输沙总量的80%，夏季是土壤侵蚀的主要季节。年平均输沙量大于化学风化残余的3倍，当年产生的化学风化固相残余不足以补充损失的成土物质，风化层中每年还要损失较多的第四纪产生的化学风化残余。故得出结论：研究地区水土流失严重。

单位面积上每年化学风化剥蚀岩石中原生矿物的物质量，称为化学风化速率（ R_{cw} ），单位为每年平方公里吨，或每年毫米数（岩石比重以2.7计）。定义单位面积上每年形成的化学风化固相残余为成土速率 $R_{fs}(w, n)$ ，单位同上。w为广义的成土速率（粘土+石英+化学风化不完全矿物），n为狭义的成土速率。定义单位面积上地表风化层物质被以物理剥蚀为主地带带走的物质量为土壤（或风化层）侵蚀速率 R_{es} 。皖水上游三种速率计算结果见表4。

表4 皖水上游的化学风化和物理风化有关的年速率

化学风化速率 R_{cw}	122吨/平方公里	0.045毫米（比重2.7）
成土速率（广义） $R_{fs}(w)$	187吨/平方公里	0.078毫米（比重2.1）
成土速率（狭义） $R_{fs}(w)$	136吨/平方公里	0.057毫米（比重2.4）
土壤侵蚀速率 R_{es}	592吨/平方公里	0.247毫米（比重2.1）

注：仅以输沙率计算，未计风蚀。

该地区化学风化速率低于岩溶地貌发育，出露有石灰岩、大理岩、白云岩较多的黔中地区（每年为0.06—0.18毫米）。但由于植被破坏严重，土壤侵蚀速率是相当惊人的，大大超过成土速

率, 地表成土物质处在不断亏损的过程中。

五、结 论

通过从地球化学角度对皖水上游化学风化和水土流失状况的讨论, 我们初步认为:

皖水上游, 春夏季存在着严重的脱硅现象, 化学风化不彻底的原生矿物含量较多。夏季土壤侵蚀量是夏季化学风化固相残余的 4 倍多, 是全年化学风化固相残余的 2 倍多; 夏季是土壤侵蚀的主要季节。年平均土壤侵蚀速率是成土速率的 3 倍多。以上均反映了该地区水土流失严重, 土壤和风化层处在不断亏损的过程中, 属亟待加强水土保持的地区。

同时我们还认为, 地球化学的方法和原理可以并且应当用于水土保持的研究。

参 考 文 献

- [1] 李永基: 皖西大别山区水土流失现状和治理途径, 《水土保持通报》, 1987年第5期。
- [2] 赵国余: 大别山区水土流失特点及防治, 《中国水土保持》, 1987年第5期。
- [3] 陈从宏: 安徽大别山区水土流失危害及防治意见, 《中国水土保持》, 1987年第5期。
- [4] Brass, G.W. 1978: *Geochim. et Cosmochim. Acta.* V. 42, p. 1459—1462
- [5] 南京大学地质系: 《地球化学》, 1979年, 科学出版社。
- [6] Brownlow, A.H., 1979: *Geochemistry.*

The Geo-chemistry Study of Soil and Water Loss on the Upper Reaches of Wanshui River

*Guo Fan Zhang Xun Jiang Shan
Xia Jin Song Zhongqi*

*(University of Sciences and Technology of China ;Hydrologic Station of
Anhui Province; Agriculture College of Anhui)*

Abstract

Using the principle of geo-chemistry study the present state of water and soil loss on the upper reaches of Wanshui River in Dabieshan Mountains in Yuexi County in western Anhui Province. Rate of soil formation is less than the rate of soil loss, the river water not only transports quartz but also carries orthoclase and chemical weathering solid residual of Quarternary. The study area is a serious soil and water loss place.