

# 罗布泊干盐湖盐壳主要地球化学元素溶解 迁移规律

马黎春<sup>1</sup>, 李保国<sup>2</sup>, 蒋平安<sup>3</sup>

(1 中国地质科学院矿产资源研究所, 北京 100037; 2 中国农业大学资源环境学院, 北京 100094; 3 新疆农业大学资源环境学院, 新疆 乌鲁木齐 830052)

干盐湖发展演化过程中要经历反复的季节性充水, 在湖水频繁交替的区域, 会对前期形成的盐壳进行溶解和淋滤, 而造成某些化学元素的迁移和再分布, 为查清罗布泊盐壳主要地球化学元素溶解和迁移规律, 本研究设置四个处理(淋溶液矿化度分别为 0%、10%、20% 和 30%), 两个平行, 以考察不同浓度淋溶条件下盐壳主要化学元素分异、迁移规律。

## 1 样品制备

将罗布泊“大耳朵”干盐湖表层(0~2 cm)盐壳样品充分混合, 在室内自然风干, 碾磨, 过 1 mm 筛, 装入样品带, 避免吸潮, 进行化学分析。为使淋溶液组分与罗布泊原始湖水化学成分较为接近, 将盐壳样品按土水比 1:10 充分溶解, 过滤, 收集在烧杯中, 此时溶液浓度约 5%, 再分别浓缩至 10%、20%、30%, 不同浓度卤水化学性质实测结果见表 1。

表 1 不同浓度淋溶液化学性质

处理	浓度/%	w(B)/(g/L)						
		Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Sr <sup>2+</sup>
I	0%	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
II	10%	57.698	9.058	0.300	36.563	2.256	0.448	0.043
III	20%	115.343	9.377	0.690	75.313	2.063	0.854	0.029
IV	30%	183.877	9.493	1.355	117.563	1.488	1.281	0.012

## 2 实验过程

(1) 将处理好的表层盐壳样品充分混合, 分层喷洒少量蒸馏水, 放置过夜。次日测定盐壳样品初始含水量  $\theta_m$ , 计算土柱填充盐壳质量  $M$ 。  $M = \rho v \times (1 + \theta_m)$ 。

其中,  $\rho$  为土壤容重, 盐壳土壤为 1.40 g/cm<sup>3</sup>;  $v$  为土柱体积, 内径 5 cm, 高 10 cm, 体积 196.25 cm<sup>3</sup>;  $\theta_m$  为盐壳实测质量含水量。实测盐壳初始含水量  $\theta_m$  为 5.598%, 共需填充盐壳样品 272 g。

(2) 将混合后的盐壳样品分层装入土柱, 上下充填均匀, 加盖(内置砂芯玻璃板)。

(3) 将土柱固定在铁架台上, 用马力奥特瓶(mariotte vessel)饱和, 处理 I、II、III、IV 分别用蒸馏水、10%、20%、30% 浓度的淋溶液分层饱和。

(4) 连接土柱装置, 将蠕动泵流量调节至 0.098 cm/min, 淋出液用自动定量接收器收集, 每一处理淋溶量共消耗两个孔隙体积, 即  $2PV = (1 - 1.4/2.91) \times 196.25 = 192.325$  cm<sup>3</sup>。

(5) 每 5 min 收集一个样品, 每一处理共收集样品 20 个, 将收集好的样品密封, 上离子色谱(IC)和电感耦合等离子体发射光谱(ICP)测定淋出液化学成分。

## 3 结果与讨论

罗布泊盐壳盐类矿物主要由 Cl<sup>-</sup>、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>、Na<sup>+</sup>、Ca<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup>、K<sup>+</sup> 6 种元素组成, 不同浓度卤水淋溶条件下元素溶解迁移

规律见图1。

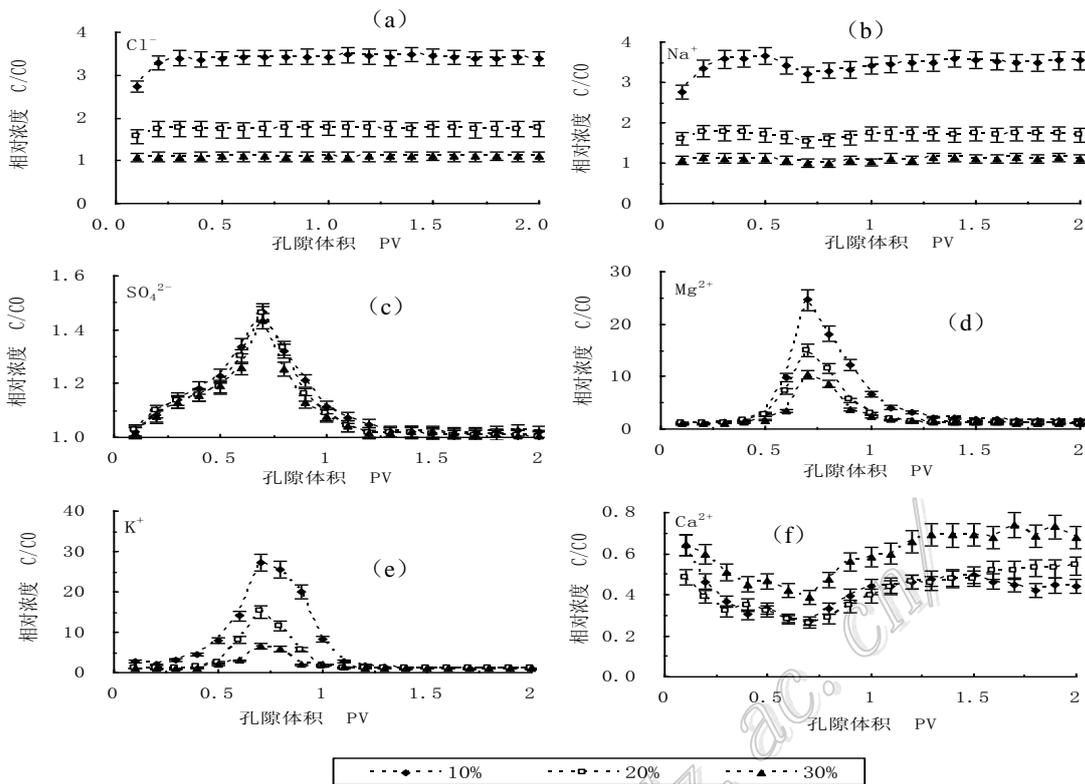


图1 不同浓度卤水淋溶条件下盐壳主要化学元素溶解迁移规律

计算结果以标准穿透曲线给出,即表示流出液与流入液离子浓度之比  $C/C_0$ ,随孔隙体积  $PV$  变化的曲线。孔隙体积指流出液体积与柱内盐壳溶液所占体积之比,表征每一时刻有多少百分比的盐壳溶液被置换出来, $PV$  为1时,即所有盐壳溶液完全被淋洗液置换出来,本实验淋溶量设置两个孔隙体积(2PV),即柱内盐壳溶液被置换两次。

由图1可知,罗布泊盐壳易溶盐组分  $Cl^-$ 、 $SO_4^{2-}$ 、 $Na^+$ 、 $Mg^{2+}$ 、 $K^+$  在不同浓度卤水处理条件下都存在不同程度的淋溶,淋出液离子浓度与流入液离子浓度之比  $C/C_0$  均 $>1$ ,且在各个浓度处理下,随淋溶液浓度升高,淋溶强度呈降低趋势。而  $Ca^{2+}$  在盐壳中有富集现象,淋出液离子浓度与流入液离子浓度之比  $C/C_0 < 1$ 。而且随淋溶液浓度升高,吸附强度减弱,且不同浓度卤水处理,  $Ca^{2+}$  吸附性能均表现出一致的规律性,初期吸附较弱,继而开始增强,在0.7 PV处达到最大,之后逐渐减弱,至1.3 PV时趋于稳定,  $Ca^{2+}$  吸附曲线见图1(f)。从各离子溶解曲线来看,  $Cl^-$ 、 $Na^+$  呈抛物线型,没有明显淋溶峰,在0.3 PV处达到最大值后,一直维持此浓度至2 PV,说明土柱内盐壳仍有大量  $NaCl$  未被溶解。而  $SO_4^{2-}$ 、 $Mg^{2+}$ 、 $K^+$  溶解曲线均存在明显峰值,说明  $SO_4^{2-}$ 、 $Mg^{2+}$ 、 $K^+$  随淋溶液输入,不断被淋溶出土体,在0.7 PV处达到最大值,继而开始减小,至2PV时浓度降到最低,  $C/C_0$  值均接近1,说明土柱内盐壳  $SO_4^{2-}$ 、 $Mg^{2+}$ 、 $K^+$  已基本被洗脱。其中  $K^+$ 、 $Mg^{2+}$  在淋溶过程中,淋洗强度较大,  $C/C_0$  值高达30,而  $SO_4^{2-}$  淋溶强度相对较弱,  $C/C_0$  变化于1~1.6之间(图1c)。

不同浓度卤水处理  $Cl^-$ 、 $SO_4^{2-}$ 、 $Na^+$ 、 $Mg^{2+}$ 、 $K^+$  溶解和迁移规律与淡水处理溶解趋势类似,但  $Ca^{2+}$  有所不同,同样存在淋失(图略)。在  $K^+$ 、 $Mg^{2+}$  达到顶峰之后,  $Ca^{2+}$  才逐渐达到最大值,且在2PV时仍保持较高浓度  $1.1 g L^{-1}$ ,说明钙盐溶解度较低,释放缓慢,迁移性低于  $K^+$ 、 $Mg^{2+}$  和  $Na^+$ 。而阴离子也表现出不同迁移速度,  $Cl^-$  在0.2 PV时就已达到顶峰,而  $SO_4^{2-}$  在0.7 PV时才达到顶峰,说明  $Cl^-$  迁移性要远大于  $SO_4^{2-}$ ,因此罗布泊干盐湖盐壳在经历充水事件后,会造成  $Cl^-$ 、 $K^+$ 、 $Mg^{2+}$ 、 $Na^+$  等强迁移元素的大量淋洗,而造成  $SO_4^{2-}$ 、 $Ca^{2+}$  等弱迁移元素的相对富集,此外受侵蚀源硫酸盐矿物影响,罗布泊入湖河水  $\rho(SO_4^{2-})/\rho(Cl^-)$  比值要偏高,比同纬度的柴达木盆地主要补给河流要高3倍以上,因此入湖河流从上游带来的丰富  $SO_4^{2-}$  在进入湖区后,会促使硫酸盐矿物在湖区的再次沉积,这与我们对罗布泊“大耳朵”干盐湖实地调查结果一致,在孔雀河口地区(新湖区),盐壳主要由难溶的方解石和石膏矿物组成。

参考文献(略)