

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¹, 李保国², 蒋平安³

(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 ⁻	SO ₄ ²⁻	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Sr ²⁺
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 θ_m , 计算土柱填充盐壳质量 M 。 $M = \rho v \times (1 + \theta_m)$ 。

其中, ρ 为土壤容重, 盐壳土壤为 1.40 g/cm³; v 为土柱体积, 内径 5 cm, 高 10 cm, 体积 196.25 cm³; θ_m 为盐壳实测质量含水量。实测盐壳初始含水量 θ_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 $2PV = (1 - 1.4/2.91) \times 196.25 = 192.325 \text{ cm}^3$

(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⁻、SO₄²⁻、Na⁺、Ca²⁺、Mg²⁺、K⁺ 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。

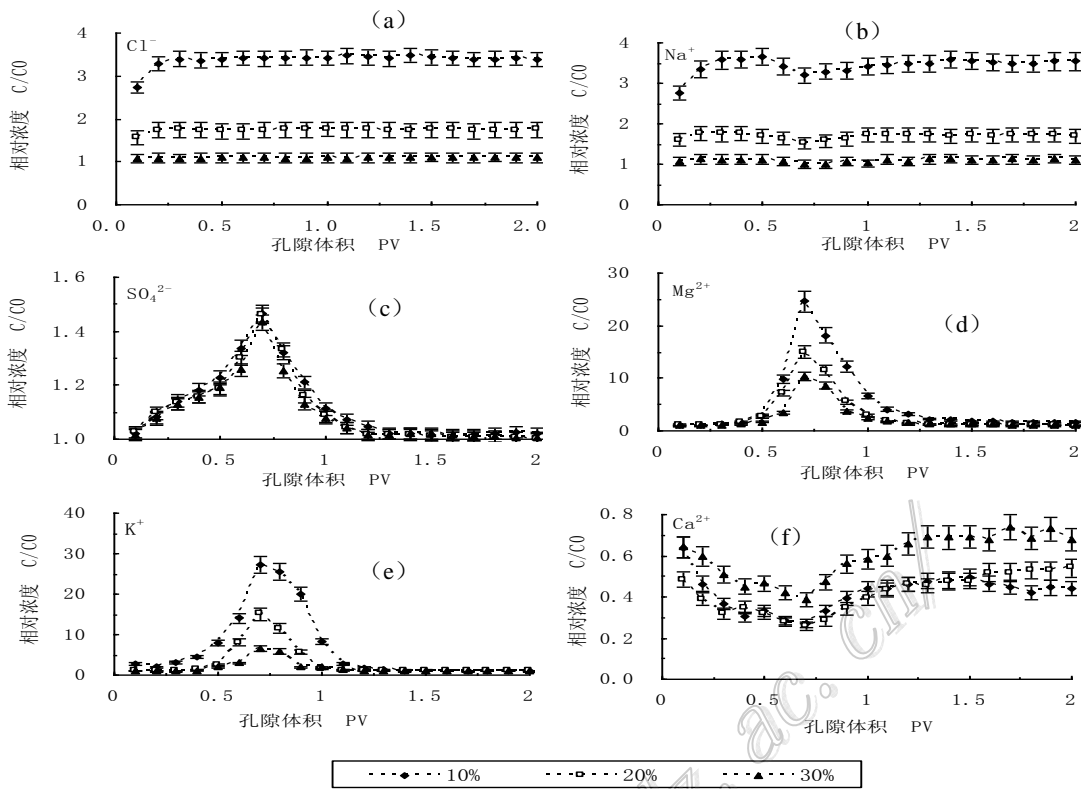


图1 不同浓度卤水淋溶条件下盐壳主要化学元素溶解迁移规律

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 $1\sim 1.6$ 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，此外受侵蚀源岩硫酸盐矿物影响，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）