

化学地理研究文集

中国地理学会化学地理专业委员会 编

科学出版社

1985

内 容 简 介

本书系第二次全国化学地理会议文集。共选编17篇文章。本书一方面反映了近二十年来化学地理学在综合和部门化学地理、环境保护和污染化学地理、医学和生态化学地理方面的研究成果;一方面鉴于化学地理学是一门新的正在成长的分支学科,对化学地理学的方向 and 任务进行简要概述并综述了化学地理的发展现状及展望。

本书供自然地理学、地球化学、水化学、土壤学、环境保护等专业有关的科研人员参考。

化 学 地 理 研 究 文 集

中国地理学会化学地理专业委员会 编

责任编辑 刘卓澄

科学出版社 出版

北京朝阳门内大街137号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1985年1月第 一 版 开本:787×1092 1/16
1985年1月第一次印刷 印张:9
印数:0001—2,200 字数:203,000

统一书号:13031·2774

本社书号:3861·13—13

定 价: 1.45 元

前 言

1980年10月13日至19日,中国地理学会在浙江省杭州市召开了第二届化学地理学术会议。会议主要有二项任务:一是进行学术交流,一是就化学地理学的发展交换意见。

第一届化学地理专业会议是1964年在北京召开的。尽管那次会议未出版有关的学术论文集,但会议还是很成功的,因为我国在50年代末才提出发展化学地理学,只数年时间就能召开这样的会议,表明当时我国化学地理学做为地理学的一门新兴的分支学科,其发展是相当快的。其研究所涉及的内容包括了化学地理大部分领域,会议所收到的论文中有1/3以上属于化学元素水迁移和水文化学地理方面,1/4左右的论文属于地区盐份迁移和盐碱土改良方面,约1/6论文属于生物化学地理方面,其余1/6属于景观地球化学和风化壳、黄土等化学地理。显然,当时的化学地理工作主要是揭示我国地理环境中大量元素的化学地理规律,并用以探讨解决盐份平衡和盐碱土改良问题、盐湖形成问题,以及农业区划和农业生产中的有关问题。

这次会议有来自全国53个有关单位的72名代表,提交会议的学术论文和报告108篇。其中综合和部门化学地理42篇,医学和生态化学地理27篇,环保和污染化学地理29篇,其它10篇。这次会议与上届会议相比,无论从论文内容或出席代表,均有更大的广泛性。既有综合和区域化学地理的论文,也有水文、土壤、风化壳、大气、生物等部门化学地理的文章;既有化学地理理论和方法的探讨,又有为生产实际服务的应用研究。既有涉及人民卫生保健和环境保护的问题,也有涉及为农牧业生产服务的任务。与会人员,除本门学科者外,还有来自相邻学科或交叉学科土壤、土肥、林业土壤、地球化学、环境化学、水土保持、植物、水生生物、畜牧、兽医、医学、环境保护等方面的代表,体现了跨学科、泛系统进行学术交流讨论的特点,也反映了化学地理学具广泛的联系性。再者,本届会议的论文也反映了对地理环境中化学元素研究的重点由大量元素转到微量元素,特别是生命有关元素和污染元素,这种转变既反映了研究向纵深发展,同时也标志着研究手段的改进和提高。

会议就化学地理的发展问题进行了讨论,其中特别就化学地理的性质和任务广泛地交换了意见和见解。化学地理作为一个新兴的地理学分支学科的发展,在我国只有20多年的历史。虽早在本世纪30年代苏联地理学家格里高也夫(А. А. Григорьев)首倡化学地理,但在苏联也未得到系统发展,而且有许多研究与地球化学交织在一起。在其他国家,虽然有些化学地理性质的研究在分散进行,但并没有意识到做为一个地理学的分支学科体系来发展。因此,会议就化学地理的性质、作用和任务交换意见,对进一步加深理解和促进发展是有益的,同时也有助于相邻学科对它的了解。另一方面也将有利于与外国地理同行对化学地理学的发展特点进行交流。为此,本文集将在最后部分用不大的篇幅简要反映有关意见和见解。

显然,化学地理学做为地理学一个分支学科体系在我国所取得的进展,无论对地理学本身的发展,或对地理学为社会生产实践服务所产生的作用和意义都是十分重要的,难怪

在 60 年初把化学地理定为我国地理学发展的三个新方向之一。虽然目前不同学者对化学地理的性质和任务的某方面仍有不同理解,但是总的方向还是一致的。毫无疑问,都认为化学地理是地理学的一个新的分支学科,它主要是研究地理环境系统的化学的组成、结构、元素迁移转化和地域分异规律及其对人类的影响和人类活动的反馈作用。而其间研究地理环境中化学元素(物质)的分布和地域分异规律及阐明影响这种分布和地域分异规律的现象和过程是化学地理所要研究的核心,只要把握住了这个核心,它将始终富有特色,有它自己独特的研究领域和独到的实际应用价值,而有别于相邻的、研究自然化学的其他学科。

会议还讨论了化学地理如何为“四化”做贡献,以及自身如何现代化的问题。会议论文在一定程度上反映了化学地理近期以来在理论方法上和为生产实际服务上所取得的可喜成绩和进展,反映了化学地理作为一门年轻的学科,确实朝气蓬勃,很有希望。现选出其中一部分编成本论文集。但是也应该指出,还有部分反映该学科近期发展的论著,由于已经发表或别的原因未列入本文集。

本文集根据其论文性质分为:综合、区域和部门化学地理,环境保护和污染化学地理,医学和生态化学地理,以及化学地理性质、方向和任务四个部分进行编辑。本文集的编辑出版,期望能对化学地理学的发展壮大起到某种促进作用,并为我国四个现代化做出它应有的贡献。

谭见安

目 录

前言	(iii)
天山托木尔峰地区景观地球化学的某些特征	严蔚芸、彭补拙等 (1)
阿拉善荒漠天然水中氟的化学地理	韩 清 (9)
京津渤地区河流水文化学	刘永可 (19)
我国淡水湖矿化度和水型的初步探讨	胡文英 (28)
四川盆地土壤中锌、硼的含量分布及其农业化学地理分区	温琰茂等 (37)
广东部分地区水稻土的微量元素含量特点	曾水泉等 (49)
一个典型污染区水体中汞的迁移与转化	唐以剑等 (53)
我国亚热带地区某河流水体中镉、铜、铅的形态和转化过程初探	张立成等 (66)
铬在土壤-水稻系统中的迁移累积规律的研究	穆从如等 (72)
我国粮食中 Cu, Zn, Fe, Mn, Mo 含量的地理特征与克山病	中国科学院地理研究所化学地理研究室环境与地方病组 (79)
西藏克山病、大骨节病地理流行病学研究	王五一、王明远等 (85)
长江三角洲及其毗邻地区水土粮中微量元素钼铜锌与肝癌的关系	陈家其 (92)
我国克山病、动物白肌病的地理分布特点及其与环境硒的关系	李日邦等 (100)
我国部分省(市)猪肝中主要微量元素的含量	翟旭久等 (108)
我国化学地理发展的现状及其展望	(112)
化学地理学的内涵与外延	刘培桐 (117)
化学地理学几个关键问题的探讨	唐永奎 (126)
关于化学地理学性质和任务的讨论意见	(134)

天山托木尔峰地区景观地球化学的某些特征

严蔚芸 彭补拙 赵培道 李春华 陆根法

(南京大学 地理系)

新疆托木尔峰(以下简称托峰)海拔 7435.3 米,位于天山山脉西端,它是矗立于温带内陆干旱地区的山体,大陆性气候特征显著,虽然本区山地垂直景观带谱建立在温带的基础之上,但由于托峰地处西风带内,高、低气压系统活动频繁,环流季节变化明显。冬季高空为高压脊控制,当北冰洋气团和极地冷空气南下侵入本区时,导致天山北坡阴湿多雾雪,但由于天山的阻挡,南坡则少雪而较干。夏季,天山北坡常有一支自西而来的反气旋经过,并伴有冷锋,由于高空锋区和地形的抬升,可造成阵性降水;而天山南坡由于高空锋区中小扰动,气流东移时,虽然也产生降水,但降水量显著减少。气候因素决定景观中能量和水量的收入,它对植被的类型分布、活质的组成,以及景观内部物质的迁移转化有很大的影响。根据自然带谱的类型划分,托峰南坡属温带大陆性半干旱型,北坡则属温带大陆性半湿润型,其垂直自然景观带谱见图 1。托峰的每一个垂直自然景观带就是一个独特的元素表生地球化学带,它们的出现是与一定的水热条件及其相应的化学环境条件密切相关。

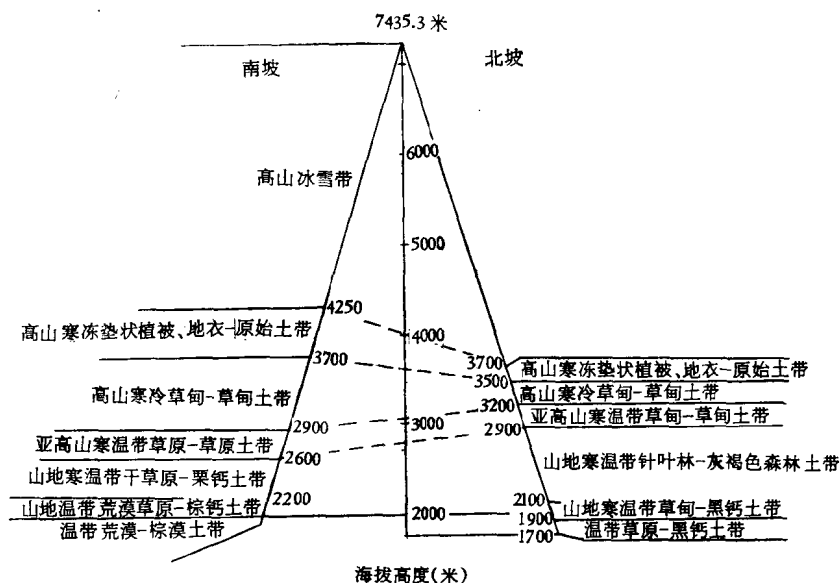


图 1 托峰地区南、北坡垂直自然景观带示意图

景观地球化学的任务,在于把景观作为一个整体,探讨化学元素在景观中的迁移转化规律,研究景观各要素(岩石、风化壳、土壤、天然水、动植物有机体等)之间的地球化学联系。各景观要素中所表现出来的元素迁移特点,一方面决定于各景观要素本身的化学组

成,同时又决定于该景观的表生条件(温度、水、酸碱度、氧化还原条件等),托峰在不同的高度与坡向,由于水热条件、岩石、风化壳、土壤、植被的差异,使各景观带中化学元素的迁移特性有显著差别。我们应用联合分析法将景观中各要素的化学元素作综合性的对比分析,确定元素的不同迁移能力,特别是着重讨论岩石与风化壳的元素迁移系列和元素的水迁移系列,同时也涉及到化学元素的生物累积问题。通过这些分析以探求托峰地区各景观带的某些表生地球化学规律。下面我们就某些大量元素在不同景观带的地球化学行为作初步探讨。

一、高山草甸景观

该景观带在托峰南坡分布于 2900—3700 米,北坡分布于 3100—3500 米,南北坡生物和气候特点也稍有差异,南坡以线叶嵩草 (*Kobresia capillifolia*) 为建群种,草高 10—13 厘米,覆盖度 50—60%。最热月平均温度 5—10℃,降水量 400 毫米以下。而北坡则以苔草 (*Carex atrata*) 和嵩草 (*Kobresia pamiroalaica*) 占优势,草高 20—30 厘米,覆盖度 20—30%。最热月平均温度 3—5℃,降水量约 700—800 毫米,为南坡的二倍,由于水热条件和有机质来源的数量不同,南坡的有机质分解强度大于北坡,北坡高山草甸土表层有机质含量高达 28.32%,南坡为 9.6%,南、北坡土壤中钙的淋洗均不强烈,碳酸盐出现在土体表层,且南坡土壤碳酸盐含量高于北坡。由于风化和成土作用较弱,土层及风化壳的总厚度仅 60 厘米左右。高山草甸景观一年中只在夏季季节性冻层解冻时,元素的迁移才活跃起来。根据岩石和土壤的全量化学分析资料,高山草甸景观的风化壳属于硅铝-富钙化残积型。现以片麻岩及其风化壳的化学分析资料,计算大量元素的迁移系数,以求出该景观风化壳的元素迁移系列。

为了说明元素在表生地球化学过程中的迁移能力,我们选定在该地区中不活跃的(或弱迁移的)元素——铝作为基准,来计算各个元素的淋出量、淋出程度(%)、以及迁移系数(P)。

从表 1、2 的计算结果可以看出,托峰高山草甸景观风化壳元素迁移系列在南、北坡的表现各有异同。

北坡: $\text{Na} > \text{Ca} > \text{Si} > \text{K} > \text{Al} > \text{Mn} > \text{Ti} > \text{Fe} > \text{Mg}$

南坡: $\text{Na} > \text{K} > \text{Si} > \text{Al} > \text{Mn} > \text{Fe} > \text{Ti} > \text{Ca} > \text{Mg}$

由于我们用 Al_2O_3 作为基准计算元素迁移系列的,故分析上面二个系列时,可以把铝作为分界,凡是迁移系数(P)小于铝的则表明它们从风化壳中被淋洗,其强度是自左至右减小, P 值大于铝的则表明它们在风化壳中累积,其累积强度也是自左向右增大。从北坡的高山草甸景观的风化壳元素迁移系列可以看出,钠的淋洗最强,依次为钙、硅和钾,且钠的淋洗强度分别相当于钾的四倍和钙、硅的两倍,而锰、铁、钛、钙、镁为累积元素,说明它们在该风化壳中是稳定的,镁的累积可能是参与了次生矿物的形成,而进入了矿物晶格,因此,镁经历了原生矿物风化和次生粘土矿物形成两个过程,从而体现了表生条件下的物质转化。托峰南、北坡高山草甸景观的风化壳元素迁移系列大致相类似,首尾的钠和镁两个元素是完全一致的,但由于南坡较北坡干旱,因此钙不但没有出现在铝之前,反而表现出累积程度仅次于镁。根据土壤理化分析资料,南坡土体中碳酸钙含量可达 10—14%,也

表 1 托峰北坡高山草甸景观岩石、风化壳的分析资料

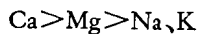
氧化物	100 克岩石 灼烧后氧 化物含量 (克)	100 克风化 壳灼烧后 的氧化物 含量(克)	以 Al_2O_3 为 基准的风化 壳的氧化物 含量(克)	风化过程 中氧化物的 淋出量 (克)	氧化物的 相对淋出 率(%)	迁移系数
	a	b	c	$a-c$	$\frac{a-c}{a} \cdot 100\%$	$P = \ln \frac{c}{a}$
SiO_2	70.28	58.03	39.67	30.61	43.55	-0.57
Fe_2O_3	3.63	7.95	5.43	-1.8	-49.58	0.4
Al_2O_3	13.05	19.09	13.05	0.00	0.00	0.00
TiO_2	0.53	0.87	0.59	-0.06	-11.32	0.1
CaO	2.91	2.4	1.64	1.27	43.64	-0.57
MgO	1.64	4.44	3.04	-1.40	-85.36	0.62
K_2O	2.88	3.31	2.26	0.62	21.53	-0.24
Na_2O	3.42	1.84	1.26	2.16	63.15	-1.0
MnO	0.08	0.13	0.089	-0.009	-7.5	0.07

表 2 托峰南坡高山草甸景观岩石、风化壳的分析资料

氧化物	100 克岩石 灼烧后氧 化物含量 (克)	100 克风化 壳灼烧后 的氧化物 含量(克)	以 Al_2O_3 为 基准的风化 壳的氧化物 含量(克)	风化过程 中氧化物的 淋出量 (克)	氧化物的 相对淋出 率(%)	迁移系数
	a	b	c	$a-c$	$\frac{a-c}{a} \cdot 100\%$	$P = \ln \frac{c}{a}$
SiO_2	66.38	62.84	62.45	3.93	5.33	-0.06
Fe_2O_3	4.74	4.80	4.77	-0.03	-0.633	0.006
Al_2O_3	14.54	14.63	14.54	0.00	0.00	0.00
TiO_2	0.44	0.61	0.61	-0.17	-38.6	0.31
CaO	2.65	8.17	8.12	-5.47	-206.4	1.13
MgO	0.88	3.51	3.49	-2.61	-296.6	1.37
K_2O	4.13	3.45	3.43	0.70	16.95	-0.186
Na_2O	3.62	2.12	2.11	1.51	41.72	-0.54
MnO	0.08	0.08	0.08	0.00	0.00	0.0

证明钙是处于累积过程。无论是北坡或南坡,铁均表现出累积的趋向。但从它们在迁移系列中所处的位置可发现北坡铁的累积较南坡强。

托峰南、北坡高山草甸景观地表水的化学组成差别不大,均属重碳酸硫酸钙型水,元素的水迁移系列为:



二、亚高山草甸景观

该景观带只出现于北坡海拔 2900—3100 米处,气候寒冷而湿润,最冷月平均温度较高山草甸景观高 2—6℃,最热月也相应高 2℃ 左右,降水量约 700 毫米。亚高山草甸植被较丰富,以糙苏 (*Phlomis pratensis*),羽衣草 (*Alchemilla gracilis*) 分布最广,地带性土壤为亚高山草甸土。由于有机质分解缓慢,腐殖质累积过程明显,表层有机质含量达

15—20%，土体中没有游离碳酸钙累积，pH 为 7.7—8.1。由于风化与成土作用较弱，全剖面厚度约 60—70 厘米，该景观带黑云母石英片岩分布较广，也发育着硅铝-富钙化残积型风化壳，根据该风化壳的化学分析资料，计算出大量元素的迁移系数列于表3，其先后顺序为：

$$\text{Na} > \text{K} > \text{Si} > \text{Al} > \text{Ca} > \text{Mn} > \text{Fe} > \text{Ti} > \text{Mg}$$

表 3 托峰北坡亚高山草甸景观岩石、风化壳的分析资料

氧化 物	100 克岩石 灼烧后氧 化物含量 (克)	100 克风化 壳灼烧后 的氧化物 含量(克)	以 Al_2O_3 为 基准的风化 壳的氧化物 含量(克)	风化过程 中氧化物的 淋出量 (克)	氧化物的 相对淋出 率(%)	迁移系数
	a	b	c	$a-c$	$\frac{a-c}{a} \cdot 100\%$	$P = \ln \frac{c}{a}$
SiO_2	68.69	61.05	55.74	12.95	18.85	-0.21
Fe_2O_3	3.69	7.48	6.83	-3.14	-85.1	0.62
Al_2O_3	15.13	16.57	15.13	0.00	0.00	0.00
TiO_2	0.32	0.80	0.73	-0.41	-128	0.82
CaO	3.23	3.80	3.47	-0.24	-7.43	0.07
MgO	1.36	4.14	3.78	-2.42	-177.94	1.02
K_2O	3.49	2.57	2.35	1.14	32.66	-0.395
Na_2O	3.46	1.97	1.80	1.66	48	-0.65
MnO	0.08	0.13	0.119	-0.039	-48.75	0.397

托峰北坡亚高山草甸景观风化壳的元素迁移系列与高山草甸景观风化壳的元素迁移系列很相近，其中首尾两元素仍为钠、镁。钠、钾、硅为明显迁移元素，而镁为累积元素，锰、铁、钛为稳定元素。北坡亚高山草甸景观风化壳中钙的活动性大于南坡的高山草甸景观，土体没有测出游离碳酸钙也证实了这一点。

亚高山草甸景观水化学类型也属于重碳酸硫酸钙型水，元素的水迁移系列与高山草甸景观也相同，钙仍占第一位，而钾远小于钙，其顺序如下：

$$\text{Ca} > \text{Mg} > \text{Na}, \text{K}$$

为了说明高山与亚高山草甸景观中这些元素的行为，我们进行了生物累积的系数的计算，其系列为：

$$\text{K} > \text{Si} > \text{Mg} > \text{Al} > \text{Mn} > \text{Na} > \text{Ca} > \text{Fe}$$

从生物累积系数看钾与硅均大于其他元素，表明它们从岩石风化出来后，便部分地参与了生物小循环，而进入到植物体中。分析资料证明，禾本科植物体内 SiO_2 及 K_2O 含量都有明显累积；相反，钙在草甸景观中的生物累积不显著，它从岩石风化出来以后，便受到淋溶而转入水迁移过程中，故钙在水迁移系列中占了首位。

三、山地针叶林景观

山地针叶林景观主要分布于托峰北坡海拔 2100—2900 米，平均气温 1—3℃，最热月平均温度为 7—13℃，最冷月平均温度在 -12℃ 以上，年降水量约 700 毫米。托峰山地针叶林的主要树种为雪岭云杉 (*Picea schrenkiana*)，其下发育的土壤为灰褐色森林土，具

有明显的A层,腐殖质含量高达16.76%,从淀积层开始出现碳酸盐的淀积,含量约3%,土壤呈中性至微碱性反应,土体为盐基所饱和。

从表4的计算结果看出,托峰针叶林景观的风化壳元素迁移系列为:

$Mg > Na > Ca > K > Mn > Ti > Fe > Al > Si$

表4 托峰北坡山地针叶林景观岩石、风化壳的分析资料

氧化物	100克岩石灼烧后氧化物含量(克)	100克风化壳灼烧后的氧化物含量(克)	以 Al_2O_3 为基准的风化壳的氧化物含量(克)	风化过程中氧化物的淋出量(克)	氧化物的相对淋出率(%)	迁移系数
	a	b	c	$a-c$	$\frac{a-c}{a} \cdot 100\%$	$P = \ln \frac{c}{a}$
SiO_2	59.86	65.21	62.00	-2.14	-3.58	0.035
Fe_2O_3	7.36	6.65	6.63	0.73	9.9	-0.1
Al_2O_3	17.10	17.16	17.10	0.00	0.00	0.00
TiO_2	0.81	0.7	0.7	0.11	13.58	-0.146
CaO	2.79	2.23	2.22	0.57	20.40	-0.23
MgO	4.28	2.62	2.59	1.69	39.48	-0.5
K_2O	3.25	2.72	2.71	0.54	16.6	-0.17
Na_2O	3.08	1.90	1.89	1.19	38.6	-0.48
MnO	0.15	0.13	0.13	0.02	26.6	-0.14

在这个系列中只有铝和硅是累积元素,其余七个元素都程度不同的受到了淋洗,特别是碱金属和碱土金属首先被淋洗,其次是锰、钛、铁也有微弱的移动,虽然移动的量是不大的,其次该风化壳中的粘土矿物以水云母为主,钾离子在该类粘土矿物中起着主要作用,而镁的含量是不大的,因此镁在风化过程中更易被释放。但由于森林景观水热条件与草甸景观不同,因此其风化壳元素迁移系列也有差别,特别是镁最为突出,它在草甸景观为累积元素,而在针叶林景观则成为明显迁移元素,它的迁移系数与钠相当。

托峰针叶林景观的河水属重碳酸硫酸钙型水,元素的水迁移系列为:

$Ca > K, Na > Mg$ 。

四、亚高山草原景观

托峰南坡2600—2900米,针叶林景观已被草原景观所代替。这里年平均温度在0℃以下,最冷月平均温度-18℃左右,最热月平均温度约10—12℃,年降水量约300—350毫米,夏暖冬寒而干燥。植被的建群种为羊茅(*Festuca ovina*),克氏针茅(*F. kryloviana*)等。草高10—35厘米,总覆盖度可达70%,亚高山草原土的腐殖质层厚度约15—20厘米,呈棕灰色,有机质含量6.5—7.5%,该层不显碳酸盐发泡反应,向下过渡到淀积层,有强烈碳酸盐发泡反应,在土壤剖面50厘米处可见碳酸盐的新生体,全剖面呈碱性反应,碳酸盐含量达21.5—25.5%。

亚高山草原景观发育于流纹岩风化壳的元素迁移系列为:

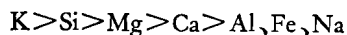
$K > Na > Si > Al > Fe > Mg > Mn > Ti > Ca$

与同一高度北坡针叶林景观风化壳的迁移系列相比有很大差别,后者除了硅以外,其它元

表 5 托峰南坡亚高山草原景观岩石、风化壳的分析资料

氧化物	100 克岩石 灼烧后氧 化物含量 (克)	100 克风化 壳灼烧后 的氧化物 含量(克)	以 Al_2O_3 为 基准的风化 壳的氧化物 含量(克)	风化过程 中氧化物的 淋出量 (克)	氧化物的 相对淋出 率(%)	迁移系数
	a	b	c	$a-c$	$\frac{a-c}{a} \cdot 100\%$	$P = \ln \frac{c}{a}$
SiO_2	72.7	58.7	50.4	22.3	30.67	-0.37
Fe_2O_3	3.64	5.44	4.67	-1.03	-28.30	0.25
Al_2O_3	12.64	14.72	12.64	0.00	0.00	0
TiO_2	0.12	0.66	0.57	-0.45	-375	1.56
CaO	1.01	11.24	9.65	-8.64	-855	2.26
MgO	1.57	3.64	3.13	-1.56	-99	0.69
K_2O	5.22	3.15	2.70	2.52	48.3	-0.66
Na_2O	3.05	2.06	1.77	1.28	41.97	-0.54
MnO	0.03	0.10	0.08	-0.05	-1.66	0.98

素都受到程度不同的淋洗,而草原景观风化壳中铁、锰、镁、钛都属于活动性小的元素,特别是钙有明显的累积,说明由于水热状况影响了植被类型,也影响到元素的迁移。草原景观代表种(针茅和狐茅)的元素生物累积系列为:



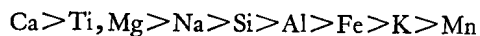
表明岩石风化出来的钾和硅参加到生物循环中,当植物残体分解后这些元素可被淋洗或参加到次生粘土矿物的形成,成为水云母和蒙脱石的组分。

亚高山草原景观地表水属重碳酸钠钙型水,该景观带的地表水中钠与钾的总量高于钙,元素的水迁移系列为: $\text{Na, K} > \text{Ca} > \text{Mg}$ 。这和风化壳的元素迁移系列是一致的,钙的活动性已小于钠。

五、山地草原景观

托峰北坡 1900—2100 米为山地草原景观,气候温寒湿润,最热月平均温度约 13—14℃,最冷月平均温度 -12℃,年平均温度约 1—2℃,年降水量 500—600 毫米。山地草原植被组成较复杂,它是由鸭茅 (*Dactylis glomerata*) 及杂草类等组成的中亚山地特有的植被类型。土壤为山地黑钙土,腐殖质层厚 40—50 厘米,有机质含量 8—10%,呈粒状结构,碳酸钙淀积层在 60 厘米以下出现,土体盐基饱和。由于山地草原景观广泛分布着富含碳酸钙的黄土型物质,其化学成分与岩浆岩有显著差别,风化壳的元素迁移特点也不同于亚高山草原景观。

从表 6 的数据可以得出托峰北坡山地草原景观的风化壳元素迁移系列为:



这是由于黄土母质中钙的含量很高(14.16%),在草原景观条件下植物残体分解时放出大量二氧化碳,从而促使碳酸钙溶解,因此土壤上层的碳酸钙随着土壤的形成过程而被淋洗下移,在土壤剖面 60 厘米左右出现碳酸钙淀积层,恰恰证明了这点。

山地草原景观的地表水属重碳酸硫酸钙型水,元素的水迁移系列为: $\text{Ca} > \text{Mg} > \text{Na}$,

表 6 托峰北坡山地草原景观岩石、风化壳的分析资料

氧化物	100 克岩石 灼烧后氧化 物含量 (克)	100 克风化 壳灼烧后 的氧化物 含量(克)	以 Al_2O_3 为 基准的风化 壳的氧化物 含量(克)	风化过程 中氧化物的 淋出量 (克)	氧化物的 相对淋出 率(%)	迁移系数
	a	b	c	$a-c$	$\frac{a-c}{a} \cdot 100\%$	$P = \ln \frac{c}{a}$
SiO_2	57.68	63.5	57.56	0.12	0.2	-0.002
Fe_2O_3	5.44	6.17	5.59	-0.15	-2.8	0.02
Al_2O_3	14.63	16.14	14.63	0.00	0.00	0.00
TiO_2	0.73	0.68	0.62	0.11	15.1	-0.16
CaO	13.65	4.24	3.84	9.81	71.87	-1.27
MgO	2.97	2.95	2.67	0.30	10.1	-0.106
K_2O	2.50	3.08	2.79	-0.29	-11.6	0.11
Na_2O	1.77	1.89	1.71	0.06	3.39	-0.03
MnO	0.09	0.12	0.11	-0.02	-20.11	0.18

K, 它们和风化壳的元素迁移系列也是相一致的。因此, 无论是风化壳元素迁移和水迁移系列, 钙在迁移和累积中都表现为最活跃, 并影响到其它元素的迁移, 这充分证明了钙是山地草原景观中的标型元素。

六、山地荒漠草原景观

托峰南坡 1900—2200 米的山麓及河谷的下部属于山地荒漠景观。最热月平均温度 15—19℃, 最冷月平均温度约 -17℃ 左右, 年降水仅 150—250 毫米。在这种温带干旱气候条件下, 植被已过渡到以戈壁针茅 (*Stipa gobica*) 砂生针茅 (*S. glareasa*) 等半荒漠的旱生丛生禾草群落。地带性土壤为棕钙土, 土层总厚度只有 40—50 厘米, 有机质累积较弱, 腐殖质层 15 厘米左右, 土表有弱结皮, 表层开始即有强烈碳酸盐发泡反应, 剖面底部有时有石膏淀积。山地棕钙土已有弱盐渍化现象, 0—15 厘米可溶性盐为 0.9%, 剖面中

表 7 托峰南坡荒漠草原景观岩石、风化壳的分析资料

氧化物	100 克岩石 灼烧后氧化 物含量 (克)	100 克风化 壳灼烧后 的氧化物 含量(克)	以 Al_2O_3 为 基准的风化 壳的氧化物 含量(克)	风化过程 中氧化物的 淋出量 (克)	氧化物的 相对淋出 率(%)	迁移系数
	a	b	c	$a-c$	$\frac{a-c}{a} \cdot 100\%$	$P = \ln \frac{c}{a}$
SiO_2	63.76	59.81	59.32	4.44	6.96	-0.07
Fe_2O_3	4.96	5.82	5.77	-0.81	-16.33	0.15
Al_2O_3	14.64	14.76	14.64	0.00	0.00	0.00
TiO_2	0.65	0.67	0.66	-0.01	-1.5	0.02
CaO	2.60	11.42	11.33	8.73	-335.8	1.47
MgO	3.96	3.81	3.78	0.18	4.55	-0.05
K_2O	3.50	3.30	3.27	0.23	6.57	-0.07
Na_2O	1.53	1.51	1.50	0.03	1.96	-0.02
MnO	0.09	0.10	0.10	-0.01	11	0.11

部为 1.04%，底层为 0.86%，全剖面 pH 值均在 8.6 以上。

荒漠草原景观岩石及风化壳的分析资料列于表 7。

根据计算的结果，该景观的风化壳元素迁移系列为：

$K, Si > Mg, Na > Al > Ti > Mn > Fe > Ca$

从钾、硅、镁、钠四个元素的迁移系数来看都是在一个量级内，其绝对值都很小，说明它们在风化壳中只有极微弱的移动，其余的自铝至钙五个元素都表现为不同程度的累积，特别是钙的累积最为显著。土壤表层即有强烈的碳酸盐发泡反应，表土含有可溶性盐分等现象都是元素微弱迁移的佐证。

山地荒漠草原景观的地表水属重碳酸硫酸钠钙型水，元素的水迁移系列为： $Na, K > Mg > Ca$ ，说明该景观中钠的活动性已超过镁钙，而且在干旱条件下，蒸发大于降水，河流流量小，地表径流携带的可溶性物质含量较高，离子总量高于托峰上述各景观带，这是干旱地带河流水化学的显著特征。

结 语

托峰地区大量元素在各景观带中迁移转化的特点表现为：

1. 在温带内陆干旱地区，垂直景观带中的岩石风化壳都属于硅铝-富钙化残积型。各景观带风化壳的厚度随地形变化受侵蚀堆积的影响而厚薄不同，山地荒漠草原景观的风化壳较薄，山地森林景观风化壳最厚，其富钙化程度：山地荒漠草原景观 > 亚高山草原景观 > 高山草甸景观 > 山地森林景观。

2. 从各景观带的风化壳大量元素迁移系列来看，在山地荒漠草原景观中，钾、硅、镁、钠为迁移元素，钙是累积元素，钛、锰、铁为稳定元素。亚高山草原景观风化壳元素迁移系列与山地荒漠草原景观相近似，但镁与钙一起变成了累积元素。高山及亚高山草甸景观风化壳的迁移元素仍为钠、钾、硅，稳定元素为锰、铁、钛，而明显累积的元素则为镁所代替，这是草甸景观与草原景观风化壳元素迁移系列的主要差别。山地针叶林景观风化壳的元素迁移系列完全不同于上述三个景观带，除了硅之外，其余八个元素均有不同程度的迁移。

3. 各景观带元素的水迁移系列也存在一定的差异，山地荒漠草原景观及亚高山草原景观最活跃的元素为钾、钠，其次为钙、镁。高山及亚高山草甸景观最活跃的元素为钙，镁处于第二位，其余则为钾、钠。山地针叶林景观最活跃的元素为钙，而镁则在系列的末端。

4. 生命元素钾、硅自岩石中风化出来后，部分地参加到生物循环中，而生物累积的强度取决于不同类型植物对钾、硅的吸收能力以及它们在风化壳和土壤中的含量。

阿拉善荒漠天然水中氟的化学地理*

韩 清

(中国科学院兰州沙漠研究所)

阿拉善荒漠位于中蒙边境以南,河西走廊以北,弱水以东,贺兰山以西。大部分地区的天然水中富含氟,且在雅布赖、艾肯呼都克、额济纳旗温社、拐子湖、巴音温都、莎尔台等地区造成人畜乏力、骨折、牙斑釉等慢性中毒。在阿拉善右旗的被测水样中氟量超过国家饮水标准指数的约占 97.4%。为认识本区天然水中氟的来源、数量、迁移及分布特征,笔者收集、对比氟的分析数据六百余个,显示出氟的富集与本区的地质、气候、地形等自然条件密切相关。母岩的含氟水平是氟来源的背景,而生物气候,地貌条件则决定了氟迁移、积累及地理分异的特点。

一、影响氟在本区水中富集的自然条件

元素的迁移富集过程除决定于本身的物理、化学性质外还决定于复杂的外界自然环境,环境以它的水热条件决定元素所存在的形态,同时还以它的地质、地貌因素控制着元素在整个地区中的重分配和迁移、积累途径。阿拉善荒漠地处远离海洋的我国西北,海拔多在千米以上,因受蒙古高压气流之影响,气候异常干燥,全区的年降雨量 30—200 毫米之间,年蒸发量却为 3086—4021 毫米。年平均温度 7—8℃,年温差达 60℃。表明各种化学物质存在于冬严寒、夏酷热,风大,蒸发、日照均强烈的气候条件下。从大地构造看,本区处于祁连山地槽及阿拉善台块中的凹陷带及贺兰山台向斜,周围有高峻山岭又有古老岩系所构成的剥蚀低山,这些起伏的剥蚀丘陵和山地伸展把高平原分割成许多低洼的内陆盆地,如嘎顺诺尔盆地、银根盆地、哈那毛滩洼地、素海图、腾格里盆地等,各盆地边缘有侏罗纪、白垩纪及第三纪地层出露。主要地形类型有:

1. 构造山地

山势陡峻,大气降水潜入地下通过泉水形式形成径流。如长岭山、贺兰山、狼山等,成为水文地质单元的天然分水岭。

2. 剥蚀低山及丘陵

山体大部由古老致密的花岗片麻岩构成,如阿尔腾山、宗乃山、莎尔明山,雅布赖山、巴音诺格公梁、巴音乌拉等,山势比较平缓,为积极循环的基岩裂隙水地带。上述两类型为氟的化学剥蚀地带。

* 本文曾得到中国科学院地理研究所谭见安、章申两位同志指导及审阅,特此感谢。

3. 洪积、冲积倾斜平原

分布在各山前下部,由第三纪砂岩、页岩、砾石组成。受切割后形成缓坡起伏地形,其地形及地下组成物质有利于地下径流的排泄。且潜水埋藏较深,蒸发浓缩过程弱,即有地下径流的排泄作用,又有径流的补给作用。因此既有氟的化学剥蚀作用,也有氟的化学积累作用。

4. 冲积、湖积平原及湖盆

地势相对较低,地表组成物质细,潜水位高水分条件较好,水面、土面蒸发强烈,盐渍化过程较普遍,冲积湖积平原有吉兰泰盆地,弱水流域。湖盆有古日乃、拐子湖、长湖、庙湖等。本类型以化学积累为特征。有些湖盆由于长期盐分积累,在湖盆中心形成可供开采的化学沉积物(盐、碱及芒硝),为氟的化学积累区。

5. 风成沙丘

沙丘的分布是阿拉善荒漠主要特色之一,大部座落在相对低的大型盆地中,组成物质为松散的河、湖相沉积物,丘间地因地势较低为地下及地表径流集中的地区,潜水位较高为1—3米,有时形成丘间湖盆。风成沙丘的形态有新月形,金字塔形,沙垅及灌丛沙堆,除密集高大沙山区外,本类型也为化学物质积累区。

本区普遍极端干旱,水系发育具有荒漠景观特色,除黄河流经的东缘外均属内陆水系,在低洼地区常分布许多湖泊,主要补给来源是山区融雪和降水,少数为沙漠凝结水。弱水、石洋河、山前水溪都为间歇性水流,沿途潜入地下消失于沙漠或归宿于湖盆,由于强烈蒸发,盐分浓缩,大都成为矿化度较高的盐湖或碱湖,而在大沙区的腹地,尚有不少矿化度较低的小湖泊。

地下水是本地区化学元素迁移的主要因素,其方向是以由高地到低地的水平迁移为主,地下水的各种特征在这里呈由高山到盆地最低处有规律的变化。其水文地质类型由积极循环的裂隙水至比较滞流、盐分开始富集的山前平原的孔隙潜水、层间水、承压水,再到滞流盐分更为富集的冲积、湖积孔隙水,相应其埋深由10—30米到1.5—3.0米至1米

表1 本区地下含水层的时代及分布

地质时代	含水层岩性	分布地区
白垩纪,侏罗纪,三叠纪 石炭一二叠纪	砂岩、砾岩、泥质页岩 硬砂岩、砾岩、片页岩、各种火成岩 侵入体	山前丘陵 狼山,阿尔腾山,贺兰山, 单梁山
志留系—前震旦系	正负变质岩、花岗片麻岩、黑云母、角闪 石片麻岩、石英、大理岩千枚岩石灰岩	宋乃山、雅布赖山,贺兰山、 巴音乌拉山,北大山
海西期,加里东期,吕梁期	花岗岩、花岗片麻岩	阿尔腾山、宋乃山、雅布赖山
第三系	砂岩、砾岩	银根、巴拜嘎休、素海图盆地
上更新统一全新统	中细砂或粗砂、砂砾石	黄河、弱水
中更新统一全新统	砾卵石、粗中细砂	各山前戈壁及旱谷
全新统	细砂	巴丹吉林、雅玛利克、腾格里、 乌兰布和、
全新统	粉、细砂及亚砂土	古日乃湖,拐子湖,长湖

或出露地表。其矿化度则由 < 0.5 克/升至 $3-10$ 克/升, 升至大于 10 克/升。化学类型由 $\text{HCO}_3\text{-Na}$ 、 Ca 到 $\text{SO}_4\cdot\text{HCO}_3\text{-Na}$ 型, 转化为 Cl-Na 型, 均呈现了由山地到盆地的递变趋势。此外本区潜水分布于下更新统冲积湖积层, 上更新统洪积冲积层, 全新统风积沙层中。这些含水层的岩性因能决定地下潜水的埋藏条件而对潜水的化学性质及成分有重要影响。

综合上述, 气候水热条件对氟在本区迁移强度具有直接影响, 而地质、地形条件则对氟的来源、迁移方向及重分配起着决定性作用。

二、氟在本地区天然水中的分布特征

氟在本地区的水迁移是和水流方向相一致, 由于氟随水迁移的结果造成景观内的重

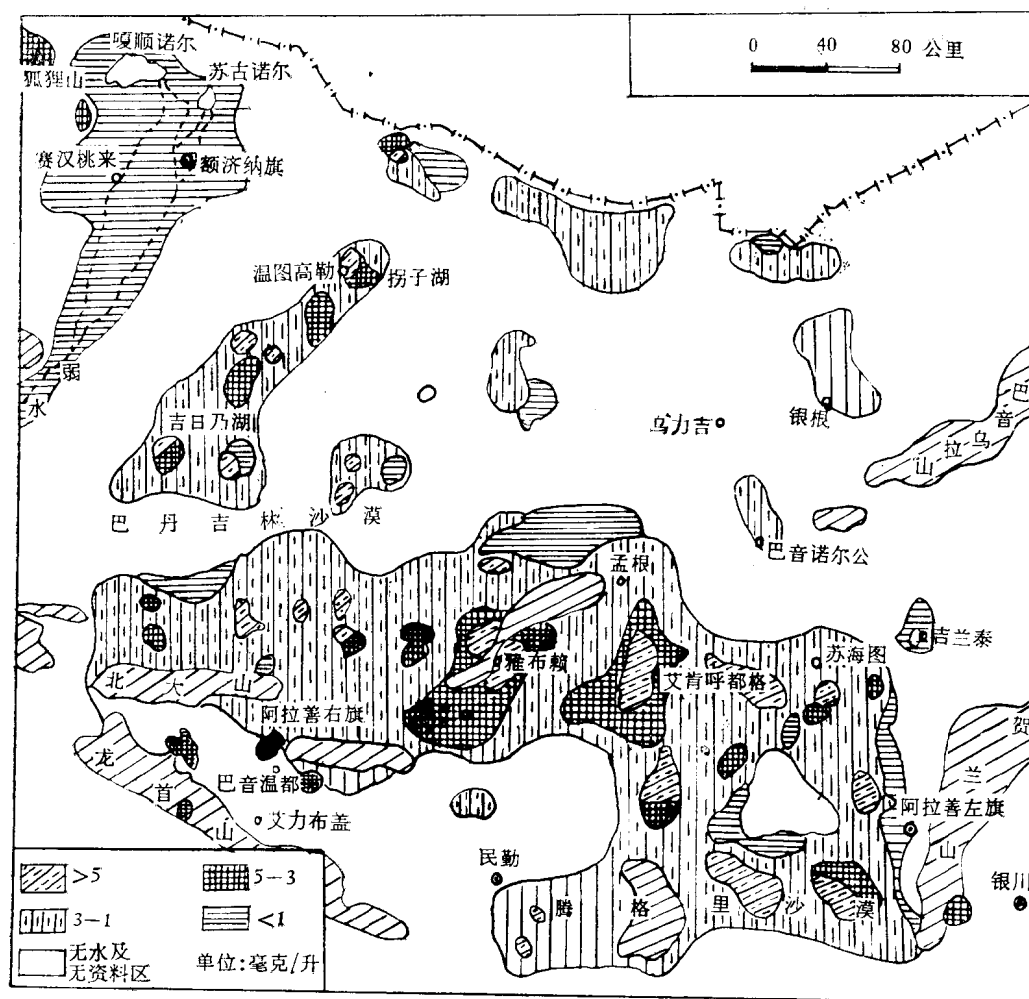


图1 阿拉善荒漠地区天然水氟化学分布图

注: 本图编绘过程中曾使用了甘肃省水文地质大队、兰州军区卫生防检所、甘肃省卫生防疫站、额济纳旗卫生防疫站等单位的分析数据。

分配,表现出明显的地带性分异。愈是盆地低洼地区,地下水氟含量因浓缩作用而增高。据现有资料,阿拉善荒漠的高氟地区有:额济纳旗的拐子湖一带(温社)、古日乃湖区、狐狸山山前、雅干地区;阿拉善右旗的阿朝、努日盖;雅布赖山前及盐池附近;孟根盆地、腾格里沙漠的湖盆区,素苏海图盆地等。均处于盆地中心地带,以地形封闭较好的中心地区最高(图1)。

居延海盆地是全区最低地区之一,但因主要水源弱水的补给来源为祁连山积雪溶化及降水,氟的来源少,含氟量很低,如苏古诺尔为0.15毫克/升,沿弱水(东西河)流域如建国营、苏社,老军庙地区受河水补给,潜水中含氟量均很低(0.2—0.8毫克/升)。

阿拉善荒漠的泉水、潜水、湖水、河水各水体其水化学特征(如矿化度、离子组成)各有差异。一般泉水矿化度较低0.3—1.2克/升、pH为7.5—8.0,水化学相 $\text{HCO}_3\text{-Na}$ 型,氟的含量1.5—4.0毫克/升。湖水矿化度较高,由潜水向湖水演变过程中,离子组成中出现一定数量的 CO_3^{2-} ,使湖水的pH增高多在9.0—10之间,因蒸发浓缩作用强烈,个别湖的湖水氟含量较高(如黄羊湖6.2毫克/升,吉格德诺尔为9.1毫克/升,诺尔湖为10.0毫克/升)。潜水因处在不同的地形部位,情况比较复杂,在溶滤、浓缩、变质过程中造成了差异。例如在低山及宽阔的洪积-冲积倾斜平原,水力坡度较大,组成物质粗,径流条件好,潜水埋藏较深,蒸发浓缩影响不大,加之潜水对于母岩的溶滤过程短,氟的含量相对较低(1.5—5.5毫克/升)。到盆地中心,冲积-湖积平原,组成物质较细,径流条件变坏,潜水面壅高,蒸发浓缩过程加强,含氟量相应增高(为2.5—15.5毫克/升)。在大沙丘的丘间低地潜水矿化度只有0.9—2.5克/升,含氟则为4.0—6.5毫克/升。河水是本区低氟水源,东河达镇处为0.9毫克/升,西河赛社处为0.7毫克/升。然而各水体都不是孤立的,每种水体是整个天然水循环的各个阶段和分支,它们彼此之间都保持着不可分割的联系。

阿拉善荒漠在自然地理特征及化学地理过程上存在着共同性,但也由于内部差异而引起内部分异。尽管本区天然水中普遍富氟,但不是所有的泉、井、湖含氟都高,据现有资料,在东、西河流域,巴丹吉林沙漠东南部至树贵湖一带、乌力吉向北至温都尔毛道一带、乌兰布和沙漠地区其含氟量均较低(0.25—0.95毫克/升),在个别地区相距较近的潜水、湖水显示出含氟量悬殊的情况,例如在白土井盐湖区十几个样品中,其含氟量变动于1.2—8.1毫克/升之间¹⁾。

除氟之外,碘、锶、锂三种元素在本地区的天然水中呈现出明显的化学地理异常。例如碘在一般天然水中为2—8微克/升,而本区天然水中根据一百余个样品测定多变化于8—18微克/升之间,个别为20—28微克/升,苏古诺尔高达130微克/升²⁾。锶为0.4—5毫克/升。锂为0.8—8毫克/升。此外硼、铅、钛、锰、铬、铜、银、钼等元素在圆形物半定量光谱分析中有显示。

三、本区天然水中氟的来源及迁移

从本区天然水(泉、潜水、湖、河)中普遍含氟及迁移富集规律来看,氟的主要来源首先是山间盆地周围的低山,残丘区的古老变质花岗片麻岩及花岗岩中含氟的多种矿物被

1) 甘肃省地质局水文地质大队资料。

2) 额济纳旗卫生防疫站资料。