

# 冀西北地区环境背景与生态效应

李红阳<sup>1,2</sup> 牛树银<sup>2</sup>

(1. 中国科学院地球化学研究所矿床地球化学开放室, 贵阳 550002)

(2. 石家庄经济学院资源与环境工程系, 石家庄 050031)

**摘要** 岩(矿)石及水系沉积物地球化学背景值研究表明,冀西北地区 Pb、As、Sb、Cd、Ba、F、Te、Br、In、U、Au、Ag、Zn 等元素含量高于地壳克拉克值,岩浆岩类  $K_2O$  及  $Na_2O$  含量明显高于中国和世界花岗岩化学成分平均值。在中部金矿床集中区, $K_2O$ 、 $Na_2O$  和 Te、Se、Au 含量明显较高;金矿集中区外围的银铅锌多金属矿床集中区,Cd、As、Sb、Br、F、In、U、Mo、Mn、Ag、Pb、Zn 等元素高度富集。中-新生代张宣慢枝构造作用决定了冀西北地区地球化学背景及空间变化,直接制约了元素在岩(矿)石-土壤-水-植物-人体循环过程的迁移与分布,以及张家口-北京地区的农业生态环境与人体健康。

**关键词** 环境背景值 生态效应 地幔热柱 冀西北

**中图分类号**:X141 **文献标识码**:B **文章编号**:1007-1903(2001)01-0031-09

## 1 问题的提出

生物与其所生存的地壳的化学成分有着不可分割的联系,其中人体中各种元素的平均丰度与地壳岩石中的平均丰度的相似性,更好地揭示了生态系统极大地依赖于其所处的原生地球化学环境。但是,由于地球发展过程中不同地区各种地质作用的不同和化学元素本身性质的差异,造成元素在地球表层分布的不均一性,进而对生态系统产生正、负两个方面的影响或“水土问题”。前者主要是指某些地区原生地球化学环境富含生物所需元素或达到某个生态系统所需的多种元素的最佳组合含量,导致某些农作物“优质高产”,或某些人群“健康长寿”。然而,原生地球化学环境对生态系统的负面效应更为突出,表现为原生地球化学环境中生物所需元素的缺乏或过量,导致生物过少或过多地摄入某些元素,致使农作物“劣质低产”或各种地方性疾病肆虐。

横跨燕山西段与太行山北段的张家口地区和北京西北部山区,即是华北地台北缘重要的“内金外银”金银铅锌多金属矿床集中分布区<sup>[1,2]</sup>和高矿化度温泉、永定河、官厅水库、十三陵水库、密云水库等水体的发源地与汇水区<sup>[3,4]</sup>,亦是葡萄、马铃薯、蕃茄、啤酒花等农作物优质高产区和地氟病、克山病、大骨节病、甲状腺肿及各种有害元素中毒症等地方病流行区<sup>[5-10]</sup>。该地区的环境背景值和空间变化规律以及元素在岩(矿)石—土壤—水—植物—人体的循环过程的赋存状态、迁移与分布,已成为张家口—北京地区原生环境质量评价的重要依据,也是制约该区农业生态环境的改善和人体健康水平提高的重要原因所在。与此同时,该区积累了大量岩(矿)石、水系沉积物、温泉、农业及地方病等方面的资料<sup>[7~12]</sup>,为开展环境背景值调查和环境与农业、环境与地方性疾病、环境质量评价和生态环境保护的研究奠定

注:本文为中国科学院王宽城博士后教育基金和国土资源部自由探索项目(编号:B11-4)联合资助。

收稿日期:2000-12-2

了坚实基础。因此,本文着重环境背景值统计分析,并尝试从中—新生代张宣幔枝构造作用对环境背景值空间变化制约关系的角度,探讨原生地球化学环境和地质背景与张家口—北京地区农作物优质高产和地方性疾病的内在联系,为该区环境质量评价和生态环境的改善与保护提供某些依据。

## 2 环境背景值

环境背景值是指未受人为活动影响与污染的环境组成要素基本化学成分,也称自然本底值,是原生(或次生)环境质量评价的主要依据。岩(矿)石、土壤、水体是重要的环境要素,从岩(矿)石—土壤—水—植物—人体循环过程角度分析,富含或缺少某些元素的岩(矿)石在其风化所形成的土壤中,以及流经这些岩(矿)石和土壤的水体中通常富含或缺少相同的元素,在一定区域内形成具有一定代表性的原生地球化学(生态)环境背景值。然而,元素的富集与离散、环境背景值的空间变化又受众多地质因素、环境因素和水文地质条件的制约。因此,环境背景值的研究包括了环境背景值调查和以地质背景为主体的控制因素分析。

### 2.1 岩(矿)石的元素背景值

冀西北地区不同类型岩(矿)石的微量元素含量平均值列入(表 1)。通过大量岩(矿)石微量元素资料的统计分析,得出该区主要岩类中 Pb、Zn、Cu、As、Cd、Mo、Au、Ag、Sb、Ba、Co、Ni、Cr、Mn、Bi、Ga、Se、Te、In、U 等 20 种元素的背景值,其主要特征如下。

#### 1) 冀西北地区某些元素的地壳丰度与浓度克拉克值

在所统计的 20 种元素背景值中,Pb、Zn、Cu、As、Cd、Mo、Au、Ag 等 8 种元素在不同岩石中含量的平均值,可作为冀西北地区的地壳丰度(表 1),其浓度克拉克值多大于 1,特别是 As 和 Cd 可分别达 3.1 和 7.6。Sb、Ba、Co、Ni、Cr、Mn、Bi 等 7 种元素在不同变质岩和火成岩中含量的平均值,可作为冀西北地区的地壳丰度近似值或参考值(表 1),其浓度克拉克值特点在于 Sb 高达 6.5、Ba 2.3、Bi 2.9、Co、Ni、Cr、Mn 均小于 1。

此外,根据王金海等统计的河北省基岩山区岩浆岩及变质岩氟含量计算的浓度克拉克值列入(表 2),岩石的氟浓度克拉克值多大于 1,最大可达 8.7<sup>[1]</sup>。因此,燕山地区和太行山地区作为北京—河北平原地下水补给源地的基岩山区,构成地下水淋溶、输出氟元素的稳定物源区。

#### 2) 不同岩石微量元素的分异特征

冀西北地区不同类型岩石中某些微量元素的含量平均值具有较大的差异,表现出明显的元素分异特征:①砂页岩和碳酸盐岩类,Ag 背景值最高,浓度克拉克值达 6.1,Cd 背景值最低,浓度克拉克值仅为 0.3;②深变质岩类,As、Pb、Bi 背景值最高,浓度克拉克值分别为 4.3、3.5、7.5,Cd 背景值相对较高,浓度克拉克值为 9.75;③火山岩类 Mo 和 U 背景值最高,As 相对较高,浓度克拉克值分别为 4.5 和 5.2 及 3.9;④花岗岩类,Sb 相对较高,浓度克拉克值为 6.9;⑤碱性杂岩类,Pb、Zn、As 背景值最低,浓度克拉克值分别为 1.7、0.6、0.6,但是 Cd、Sb、Ba、Au 背景值最高,浓度克拉克值分别为 25.9、3.3、3.4、1.6。

在区域空间分布上,水泉沟碱性杂岩体位于该区中心地带,构成 Cd、Sb、Ba、An 高背景区和 Pb、Zn、As 低背景区;太古界桑干群及下元古界红旗营子群深变质岩类则环绕碱性杂岩体分布,形成 As、Pb、Bi 及 Cd(较高)高背景区;中上元古界—古生界砂页岩、碳酸盐岩类和中生代火山岩类又主要围绕深变岩类分布在外围区域,表现为 Ag、Mo、U 高背景区(As

表1 冀西北地区不同类型岩(矿)石的微量元素含量( $\times 10^{-5}$ )

岩类 (样品数)	地壳克拉克值	砂页岩 碳酸盐 岩类(72)	深变质 岩类 (398)	火山岩 类(215)	花岗岩 类(167)	碱性杂 岩类 (156)	金矿石 (38)	铅锌银多 金属矿石 (24)	冀西北地区 岩石平均值 (地壳丰度)	冀西北地 区浓度克 拉克值	序号	
Pb	平均值	12.5	36.07	43.51	21.83	32.99	21.4	431	8734.5	31.17	2.5	1
	浓度值		2.9	3.5	1.7	2.6	1.7	34.5	539			
Zn	平均值	70	85.74	84.45	75.56	82.50	46.0	95	5484.8	74.85	1.1	2
	浓度值		1.2	1.2	1.1	1.2	0.6	1.4	85			
Cu	平均值	55	7.60	56.69	30.87	17.68	12.0	294.5	550.2	24.97	0.5	3
	浓度值		0.1	1.0	0.5	0.3	0.2	5.4	10.0			
As	平均值	1.8	5.36	7.76	7.13	6.43	1.05	8.66	1254.5	5.55	3.1	4
	浓度值		2.0	4.3	3.9	3.6	0.6	4.8	697			
Cd	平均值	0.2	0.06	1.95	0.30	0.29	5.0	3.23	273.5	1.52	7.6	5
	浓度值		0.3	9.75	1.5	1.1	35	16	1367			
Mo	平均值	1.5	0.8	3.26	6.70	2.06	0.2	13.51	45.0	2.72	1.8	6
	浓度值		0.5	2.2	4.5	1.4	0.5	9	30			
Au	平均值	4	2.16	4.14	5.12	5.81	6.81	10760	720.0	4.73	1.2	7
	浓度值		0.5	1.0	1.3	1.4	1.6	2690	180			
Ag	平均值	0.07	0.43	0.22	0.23	0.31	0.25	12.15	365.3	0.29	4.1	8
	浓度值		6.1	3.1	3.3	4.4	3.6	174	5218			
Sb	平均值	0.2		1.01	0.9	1.39	1.87	2.34	148	1.29	6.5	9
	浓度值			5.1	4.5	6.9	9.3	11.7	740			
Ba	平均值	425		779	705.5	1010	1426.8	378.8	395.1	980.33	2.3	10
	浓度值			1.8	1.6	2.4	3.4	0.9	0.9			
Co	平均值	25		17.25	6.0	3.89	2.75	26.28	22.0	7.47	0.3	11
	浓度值			0.7	0.2	0.2	0.1	1.1	0.9			
Ni	平均值	75		41.5	14.0	5.28	3.40	33.95	14.0	16.05	0.2	12
	浓度值			0.5	0.2	0.1	0.1	0.5	0.2			
Cr	平均值	100		86.75	39.0	12.5	6.40		21.0	36.16	0.4	13
	浓度值			0.9	0.4	0.1	0.1		0.2			
Mn	平均值	950		785.75	340.5	390.0	572	5700	12950	522.06	0.5	14
	浓度值			0.8	0.4	0.4	0.6	6	13.6			
Bi	平均值	0.17		1.28		0.01	0.17		100.0	0.49	2.9	15
	浓度值			7.5		0.1	1		588			
Ga	平均值	15				12.80		10.12	7.75			16
	浓度值					0.8		0.7	0.5			
Se	平均值	0.05						0.1	0.07			17
	浓度值							2.0	1.4			
Te	平均值	0.001						2.5	0.11			18
	浓度值							2500	110			
In	平均值	0.1							10.15			19
	浓度值								101			
U	平均值	2.7		5.12	14.1							20
	浓度值			1.9	5.2							

注:地壳克拉克值据泰勒,1964;Au( $\times 10^{-3}$ ),统计数据主要引自李红阳等,1994,冀西北银金多金属矿化集中区控矿因素矿床类型与成矿预测,地矿部“八五”科技攻关项目专题报告;李红阳等,1994,河北省赤城县火石沟—彭家沟一带银矿地质特征与找矿靶区预测,科研报告;王金锁,1992,冀北西部银矿成矿地质条件及找矿方向科研报告;宋瑞先等,1991,张家口地区水泉沟—大南山二长杂岩体特征、金矿成矿作用及找矿方向,科研报告;河北地矿局,1989,下两间房—镇宁堡测区1/5万区域地质调查报告;黄典豪等,1992,蔡家营铅锌银矿床,地质出版社。-无数据

相对较高区):花岗岩类也主要是环绕水泉沟碱性杂岩体分布,呈现出 Sb 相对较高的背景区:从而构成以水泉沟碱性杂岩体为中心的 Cd、Sb、Ba、Au→(Cd、Sb)As、Pb、Bi→(As、Sb)Ag、Mo、U 微量元素分异模式,揭示了冀西北地区以碱性杂岩体为中心的统一的微量元素分异与演化特征。

### 3)不同矿石微量元素的分异特征

冀西北地区是我国重要的金、银铅锌多金属矿产资源基地之一,中部崇礼—宣化—赤城三县交界地区因富产金矿而称之为“金三角”,外围地区因富产银铅锌多金属矿产而称之为“银镶边”。虽然,“金三角”区金矿石与“银镶边”区银铅锌多金属矿石的 20 种微量元素含量平均值几乎全部高于地壳克拉克值,但金矿石与银铅锌多金属矿石微量元素含量平均值又有明显的差别,在区域空间上表现出明显的微量元素分异特征。

“金三角”区金矿石、Au、Te、Se、Co 等 4 种元素含量平均值相对较高,分别是地壳克拉克值的 2690 倍、2500 倍、2 倍和 1.1 倍。Te 和 Se 的异常具有重要指示意义。

“银镶边”区银铅锌多金属矿石 Ag、Cd、Sb、As、Bi、Pb、In、Zn、Mo、Mn 等 10 种元素含量平均值相对较高,分别是地壳克拉克值的 5218 倍、1367 倍、740 倍、697 倍、588 倍、539 倍、101 倍、85 倍、30 倍、13.6 倍。Cd、Sb、As、In、Mo、Mn 异常较为突出。

因此,在区域空间上,矿石微量元素分异规律是从中心向外,由 Au(Te-Se-Co)到 Ag-Pb-Zn-Cd-In(Sb-As-Bi)至(Mo)Mn。其中,An(Te-Se-Co)为典型的中—高温内生金矿床元素地球化学共生组合,Ag-Pb-Zn-Cd-In(Sb-As-Bi)为典型的中—低温多金属硫化物矿床元素地球化学共生组合,(Mo)Mn 则为多金属硫化物矿床近地表锰氧化物的元素地球化学共生组合,三者空间上构成典型的由中心向外、由高温向低温、由金矿到银铅锌多金属矿床的 Au(Te-Se-Co)→Ag-Pb-Zn-Cd-In(Sb-As-Bi)→(Mo)Mn 硫化物矿床的元素地球化学共生组合。更好地揭示了冀西北地区统一的地球化学元素迁移、富集活动中心,以及主要受温度和元素地球化学活动性质所决定的元素空间分异演化规律。

此外,冀西北中低温热液金银多金属矿床多发育萤石化,而且该区还分布着萤石和云母等小型矿床与矿化点,其中,萤石(CaF<sub>2</sub>)含氟 48.8%,云母中含氟量达 10340·10<sup>-6</sup>。这些岩(矿)石中的含氟矿物是水中氟元素的基本物源,其对周围地下水氟含量的影响是显而易见的。

表 2 太行山与燕山地区岩石中氟的丰度

岩类 时代	岩浆岩类											变质岩类				
	五台期		燕山期	华力西晚期								前震旦纪				
岩性	钾长花 岗岩	黑云花 岗岩	钾长花 岗岩	花岗岩 长岩	花岗岩	辉绿玢 岩脉	辉绿岩 脉	正长岩 脉	流纹岩 脉	玄武岩 脉	细碧岩 脉	斜长片 麻岩	大理岩 组	斜长片 麻岩组	二长片 麻岩变 粒岩组	片麻岩 磁铁矿 英组
氟含量(10 <sup>-2</sup> )	1.0	155.1	85.1	1750	304	5400	1680	10.3	540	645	110	1013	1698	984	808	406
氟浓度克拉克值	0.2	2.5	1.4	3.8	0.5	8.7	2.7	0.2	0.9	1.0	0.2	1.6	2.7	1.5	1.3	0.7

\* 氟浓度克拉克值=氟含量/地壳氟克拉克值(620);(氟含量引自王金海等,1981,河北省地下高氟水分布规律及形成问题)。

## 2.2 水系沉积物中某些元素的背景值

冀西北地区不同岩(矿)类分布区水系沉积物中的 8 种元素含量平均值列入(表 3)。水系沉积物中微量元素含量平均值与相对应的岩(矿)石中的微量元素含量平均值密切相关。Ba、Mn 元素在不同岩类分布区的水系沉积物中明显富集,在金、银铅锌多金属矿床分布区

水系沉积物中 Pb、Cu 等元素显著富集,形成水系沉积物地球化学异常。与世界土壤相应元素的含量对比,该区水系沉积物中 Pb、Ba、Co、Mn 等元素含量平均值相对较高,Cu、Ni、Cr 等元素相对较低;与中国土壤对比,Cr 相对较高。

此外,冀西北地区赤城—宣化(—怀来)—化稍营(—西合营)—阳原(—蔚县)—一带分布一系列高矿化度温泉,多为含 F 富 Cl、Na、Ca、Mg 的  $\text{SO}_4$  型或  $\text{HCO}_3$  型<sup>[3,4]</sup>。

表 3 冀西北地区水系沉积物中某些元素的含量( $\times 10^{-6}$ )

岩类 元素	土壤		深变质岩 分布区	火山岩 分布区	花岗岩 分布区	碱性杂岩 分布区	金矿床 分布区	银铅锌矿床 分布区
	世界	中国						
Pb	10	23.6	20.0	22.0	19.0	20.0	55.66	121.1
Cu	20	20	17.0	12.0	15.0	16.0	65.2	36.1
Au · 10 <sup>-9</sup>	500	450	0.52	0.37	0.33	0.57	5.3	2.0
Ba	8	11.2	642	651	622	654		
Co	40	23.4	15.0	12.0	13.0	13.0		
Ni	200	53.9	30.0	22.0	24.0	26.0		
Cr	850	482	88.0	67.0	70.0	75.0		
Mn			862.0	967.0	1121.0	1004.0		

注:地壳克拉克值据泰勒,1964。

### 2.3 主要岩浆岩的化学成分背景值

冀西北地区主要岩浆岩的化学成分背景值列入(表 4)。该区岩浆类化学成分的特点在于  $\text{K}_2\text{O}$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$  或  $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$  含量明显高于中国和世界花岗岩类化学成分的平均值。在区域空间上,位于崇礼—宣化—赤城“金三角”金矿床集中区的水泉沟碱性杂岩, $\text{K}_2\text{O}$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$  含量最高,分别为 6.32 和 5.72, $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$  总量达 12.04;而分布于金矿集中区外围“银镶边”银铅锌矿床集中区的花岗岩和火山岩, $\text{K}_2\text{O}$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$  含量也相对较高,分别为 5.16~6.32 和 3.23~3.74, $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$  总量达 8.67~8.90。与此同时,冀西北地区岩浆岩,特别是火山岩类的  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  平均含量相对较高,为 1.53~2.12,揭示冀西北地区以水泉沟碱性杂岩体为中心的统一的  $\text{K}_2\text{O}$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$  及  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  的高背景区,以及从中心向外围的分异与演化。它从另一侧面反映了冀西北地区存在着以水泉沟碱性杂岩体为中心的统一的地球化学场和从中心向外的地球化学分异与演化过程。

表 4 冀西北地区火山岩、碱性杂岩、花岗岩化学成分(%)

	$\text{SiO}_2$	$\text{TiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{FeO}$	$\text{MnO}$	$\text{MgO}$	$\text{CaO}$	$\text{Na}_2\text{O}$	$\text{K}_2\text{O}$	$\text{P}_2\text{O}_5$
火山岩类(24)	69.14	0.50	13.23	2.12	1.89	0.08	0.39	1.04	3.23	5.44	0.13
碱性杂岩(30)	62.88	0.28	18.28	1.70	1.26	0.10	0.52	2.29	5.72	6.32	0.07
花岗岩类(71)	71.65	0.31	13.7	1.53	1.65	0.08	0.40	1.16	3.74	5.16	0.09
南岭花岗岩	71.56	0.32	13.65	0.90	2.24	0.06	0.96	1.30	2.63	4.46	0.20
中国花岗岩	71.27	0.25	11.25	1.24	1.61	0.08	0.80	1.62	3.79	4.03	0.16
世界花岗岩	71.30	0.31	14.57	1.21	1.64	0.05	0.71	1.84	3.68	4.07	0.12

注:南岭花岗岩平均值引自南岭花岗岩组,1985;中国花岗岩平均值据黎彤等,1963;世界花岗岩平均值据 Lemaitre,1976。统计数据主要引自李红阳等,1994,冀西北银金多金属矿化集中区控矿因素矿床类型与成矿预测、地矿部“八五”科技攻关项目专题报告。(24):样品数

### 2.4 环境背景值地质因素分析

中—新生代张(家口)宣(化)慢枝构造或化学柱构造作用在冀西北地区浅部地壳形成了

直径约 200km 的巨大热穹隆构造或变质核杂岩构造,其中心为水泉沟碱性杂岩和宣化片麻岩穹隆构造或变质杂岩核<sup>[1-2]</sup>。幔枝构造导致区内各种地层、构造、岩体、金—银铅锌多金属矿床、温泉等总体以崇礼为中心呈环形分布。从中心向边缘,地层由太古宙到元古宙至中生代,构造由韧性到韧脆性至脆性;岩浆活动由碱性到酸性,由深成到浅成至喷出;交代作用由碱交代(钾钠交代)到酸交代(硅交代);成矿作用“内金外银”,成矿温度由中高温到中低温;成矿时代由印支末—燕山早期到燕山中—晚期<sup>[2]</sup>。因此,张宣幔枝构造或化学柱深部作用导致了冀西北地区巨大热穹隆构造和其中的地层、构造、岩浆、变质、成矿、地热等各种地质作用以及时空分布与演化。从地球化学的角度,张宣幔枝构造或化学柱,实质上是一个地幔热化学物质柱。浅部各种地质作用实质上是深部化学物质运动的浅部表现。因此,中—新生代张宣幔枝构造或化学柱深部作用决定了冀西北地区的地球化学场的空间分布与变化,导致了该区各地质体的时空分布和中—新生代各地质作用及其时空分布与演化,进而制约了地球化学元素在岩(矿)石—土壤—水—植物—人体的循环过程的迁移与分布规律,以及该区的生态系统。

此外,我国著名的宣龙式铁矿分布在该区中部,矿石主要为赤铁矿,对该区中部地区 Fe 元素的环境背景值起着重要制约作用。

### 3 生态效应

原生地球化学环境中生物所需化学成分的富集程度与多寡对生态系统产生的正、负两个方面的影响或控制作用,称之为生态效应。它主要是指在岩(矿)石遭受表生风化淋滤过程中释放出某些化学元素,参与岩(矿)石—土壤—水—植物—人体的系统循环过程,导致某些农作物“优质高产”或“劣质低产”,或某些人群“健康长寿”或地方病等的出现。研究资料表明,Cu、Zn、V、Cr、Fe、Mo、Sr、Mn、Al、Na、Mg、K、B、P、Co、Se 等元素即是人体所必需的,亦是对农作物有益的;Ca、Si 等元素是人体所必需的,但对农作物的作用尚不清楚;F、Li、Ni 等元素是人体所必需的,但对农作物是有害的;As、Sb、Hg、Cd、Be、Pb、Ba、U、Th 等元素则对人体和农作物均是有害的;Au、Ag 等元素对人体和农作物总体是非必需的。与此同时,对人体和农作物所必需的或有益的元素,由于其缺乏或过量对人体和农作物及其它生物均可产生负面效应。

#### 3.1 冀西北地区原生地球化学环境对人体健康的影响

根据环境背景值分析,结合不同元素对人体健康的影响,冀西北地区人体所需的某些元素总体是丰富的。但是,对人体有害的 As、Sb、Cd、Pb、Ba、U、Th 等多种元素明显富集,而且,地下水与温泉中生命所需元素 F 含量过高,生命元素 Se 含量相对较低;加之该区富含多种有害元素的铅锌多金属矿床的广泛出露与开采,原生地球化学环境对张家口—北京地区人体健康的影响是显而易见的。

冀西北张家口—北京地区已发现的地方病主要有地氟病、克山病、大骨节病、甲状腺肿及各种有害元素中毒症等<sup>[5-10]</sup>,其中地氟病最为普遍并容易发现。但是,该区 Cd、As、Pb、K、Hg、Be 等有害元素与癌症的相关性研究尚未引起人们的足够重视。

##### 3.1.1 地氟病

根据林年丰(1991)、杨忠芳等(1999)、王明远等(1985)及任福弘等(1995)研究资料,张家口—北京地区为我国典型的饮水型氟中毒流行区之一,是与含氟岩(矿)石和高氟温泉有

关的氟病区。例如,北京地区的小汤山高氟温泉区和张家口赤城—宣化—怀来—阳原一带高氟温泉区地氟病,因饮水含氟过高而发病。虽然,氟是一种重要的生命必需的微量元素,但是,人体长期摄入过量的氟,在机体内可形成  $\text{CaF}_2$ , 导致牙齿钙化不全与釉牙受损(氟斑牙),抑制酶的活动性,影响内分泌功能,引起神经中毒,发病者肢体麻木、反应迟钝、嗜睡不醒等。严重者为氟骨症,表现为肌肉萎缩、腰腿关节疼痛、弯腰驼背、四肢畸形,乃至瘫痪残废。

冀西北地区含氟量高的岩(矿)石是地下水淋溶富集氟的基础,是形成高氟地下水的的原因之一;赤城—宣化—怀来—阳原富氟温泉也是形成高氟地下水的重要因素。含氟岩(矿)石和富氟温泉以及地下水淋溶、迁移、富集氟的水动力条件,主要受该区巨大的热穹隆构造控制。从环境地球化学的角度分析,该区地氟病的根本原因在于原生环境地球化学物质中氟的富集在起主导作用或控制作用,或者说地氟病是原生地球化学环境元素氟富集之生态效应在人体健康程度上的体现。而张宣慢枝构造或化学柱所导致的该区热穹隆构造与地球化学物质的时空分布与分异演化特征,决定了该区不同地带地氟病成因类型的分化。比如,中部主要为高氟岩(矿)石成因的地氟病,而外围明显为高氟温泉成因的地氟病。

### 3.1.2 克山病、大骨节病及甲状腺肿

根据谭见安等(1979,1995)、张虎才(1997)及林年丰(1991)研究资料,冀西北张家口—北京地区是克山病与大骨节病区;据王明远等(1985)研究(转引戎秋涛等,1990),该区亦是缺 I 缺 Se 引发甲状腺肿的地区。其中,克山病是一种病因未明的地方性心肌病,与 Ba 含量高(Ba 中毒)、饮水中 Ca、Mg 含量低或环境中 Se、Mo 等微量元素缺乏有关。大骨节病是一种地方性畸形骨关节病,多与克山病区相复合,与环境中 Pb、Zn、Cu、Ni、Mo 等元素含量高和 Se、Ca、S 等元素缺乏有关。显然,克山病、大骨节病及甲状腺肿等地方病与环境中 Se、Ca 等元素缺乏和 Pb、Zn、Ba 等元素含量高密切相关。这与冀西北地区 Se 背景值相对较低<sup>[10,12]</sup>、铅锌矿床广泛分布密切相关。而且,与中部金矿床集中区相对比,边部铅锌多金属矿床集中区硒背景值明显较低,导致该区克山病、大骨节病及甲状腺肿等地方病多集中在铅锌矿床分布区,特别是北部蔡家营大型—特大型铅锌银多金属矿床分布区域。

因此,从环境地球化学的角度分析,该区克山病、大骨节病及甲状腺肿等地方病的重要原因在于原生环境地球化学物质中 Se 等元素的缺乏和 Pb、Zn、Ba 等元素的富集在起主导控制作用,而该区统一的“内金外银”金银铅锌多金属地球化学物质时空分异与演化,又进一步控制了该区不同地带克山病、大骨节病及甲状腺肿等疾病的具体分布或发病率的不同,更好地揭示了原生地球化学环境之重要的人类生态效应。

### 3.1.3 镉、砷、铅、钾等有害元素与癌症

冀西北地区原生地球化学环境中 As、Sb、Cd、Pb、Ba、U、Th 等多种有害元素明显富集,但其与地方性癌症的相关性尚待进一步揭示。不过,早在 20 世纪 80 年代(简称 80 年代,下同)初期,国际癌症研究机构即将 As、Cd、Cr、Ni、Be 等元素列为致癌元素。90 年代,我国开展了癌症与生命元素关系的研究工作<sup>[13,14]</sup>,取得了以下几个方面的初步认识:(1)Pb、K、As、Cr、Ca 等元素与肿瘤死亡率水平呈正相关,Fe、Cu、Co、Se、Mo、Mn 等元素与肿瘤死亡率水平呈负相关;(2)肺癌和淋巴癌与 Pb、K 的含量呈正相关,与 Se、Fe 含量呈负相关;胃癌和食管癌与 K 呈显著的正相关;鼻咽癌与 As、Ba 呈正相关;(3)Se 不足与胃癌及多种癌症有关系,Se、Zn、Cu、Mo 和 Mn 等具有一定的抗癌作用<sup>[15]</sup>。

因此,从国内外研究资料分析,Pb、K、As、Ba、Cd 及 Sb 元素含量与癌症呈正相关,Se、Mo、Zn 等元素含量与癌症为负相关。冀西北地区岩石(矿)中 Pb、K、As、Ba、Cd 及 Sb 元素含量明显较高,而且,以水泉沟碱性杂岩体为中心的地球化学物质分异与演化又控制了 Pb、K、As、Ba、Cd 及 Sb 等元素在不同地带的分布。这些有害元素进入土壤、地下水、河流、湖泊、温泉及动植物体内,进而给该区不同地区人体健康带来不同的影响。特别是金矿集中区外围众多铅锌矿床的开采,矿山排出的废水中 Pb、K、As、Ba、Cd、Sb 元素将在土壤中进一步积累,而后进入农作物,将导致该区生态环境的进一步恶化。因此,在冀西北地区原生环境地球化学条件较差的情况下,控制铅锌多金属矿产的开采,针对性使用微量元素(硒、钼、锌等)化肥以改良土壤,补硒、补钼预防癌症已迫在眉睫。

### 3.2 冀西北地区原生地球化学环境对农作物的影响

根据环境背景值分析,结合农业部门现行的土壤微量元素养分分级标准,冀西北地区  $K_2O$ 、 $Fe_2O_3$  和 Mn、Zn、Mo 等元素总体是丰富的,特别是  $K_2O$  含量很高,形成了该区的特殊农业地质背景。

冀西北张家口地区以葡萄、马铃薯、蕃茄、啤酒花等农作物优质高产而闻名,特别是宣化“牛奶”葡萄已是闻名中外。这些名优土特产与该区独特的原生地球化学环境(丰富的 K、Fe、Zn 及 Mo 元素)具有密切的内在成因关系。例如,钾是植物必需的营养元素,它既是植物体许多酶的活化剂,亦能促进呼吸作用、光合作用以及提高植物对病虫、干旱和霜冻不良环境的抵抗力。比如,钾不仅使啤酒花产量提高,而且还可明显改善其品质;钾亦可使蕃茄产量提高,并可促进维生素 C 和还原糖含量的明显增加;钾还是马铃薯优质高产的重要营养元素。而该区主要为山盆地貌、气候干燥、风大雨少的温带荒漠境地,土壤钾素主要来源于成土母质的含钾矿物分解,钾的储量很高,有效态钾的供应较为充足。因此,从农业地球化学角度分析,冀西北张家口地区葡萄、马铃薯、蕃茄、啤酒花等农作物优质高产的根本原因是该区原生环境地球化学物质( $K_2O$ 、 $Fe_2O_3$  和 Mn、Zn、Mo 等元素)在起主导作用。

然而,该区统一的以水泉沟碱性杂岩体为中心的地球化学物质空间分异演化特征,又决定了该区不同地带不同农作物的优质高产与劣质低产的分化。例如,宣化“牛奶”葡萄优质高产产区位于冀西北金矿床集中区南缘边部太古宙混合岩化片麻岩类与中—上元古宙钙质砂页岩、碳酸盐岩、宣龙式沉积赤铁( $Fe_2O_3$ )矿床等多种有益成土母岩的接触复合地带。该区对葡萄的生长和品质起促进作用的 Ca、K、P、N、Mg、Fe、Zn、Cu、B、Mo 等有益营养化学元素适中,而不利的或有害作用的 Cd、As、Sb、Pb、Na 等化学元素明显较低,从而构成了张家口地区宣化“牛奶”葡萄优质高产产区独特的农作物生态地球化学区域。因此,特殊的地质背景、最优的岩土(混源土壤)条件、最佳的有益营养元素组合、独特的地形地貌和水文地质条件是宣化“牛奶”葡萄品质极佳的奥秘所在。显然,在金矿集中区外围广阔的铅锌银多金属矿床分布区,不具备宣化“牛奶”葡萄的特殊地质地球化学—土壤—水文地貌自然条件。因此,在农业区划与结构调整中,保护优质高产区农业生态环境,改善劣质低产区自然农业生态条件,对促进农业生态与社会效益具有重要意义。

最后,本文是在广大地质、环境工作者几十年辛勤工作和潜心研究所获大量资料基础上完成的。以地幔热柱或化学柱理论为指导,对冀西北张家口—北京地区原生地球化学环境背景值与生态效应进行综合分析研究,实属一种尝试,欢迎环境地球化学同仁批评和指导。

## 参 考 文 献

1. 牛树银,李红阳,孙爱群等. 地幔热柱的多级演化及其成矿作用[J]. 矿床地质,1996,15(4): 298~307
2. 李红阳,闫升好,王金锁等. 初论地幔热柱与成矿—以冀西北金铜多金属成矿区为例[J]. 矿床地质,1996,15(3): 249~256.
3. 张正山,孙伯益,孙德佩. 张家口坝下地区地下热水的特征及成因[J]. 石家庄:河北地质学院学报,1993,16(5):459~465.
4. 仝福弘,刘文生. 华北平原水文地球化学图-环境地球化学应用研究论文集[C]. 北京:地质出版社,1995:26~30.
5. 杨忠芳,朱立,陈岳龙. 现代环境地球化学[M]. 北京:地质出版社,1999:154~206.
6. 林年丰. 医学环境地球化学[J]. 吉林:吉林科学出版社,1991.
7. 谭见安. 我国克山病的地理流行病学规律[J]. 北京:地理学报,1979,34(2)
8. 谭见安,赵远维,宋文郁等. 食管癌与地理生态系生命元素关系研究,环境地球化学应用研究论文集.地质出版社,1995:93~98.
9. 张虎才. 元素表生地球化学特征及理论基础[M]. 甘肃:兰州大学出版社,1997.
10. 戎秋涛,翁焕新. 环境地球化学[M]. 北京:地质出版社,1990,243~264.
11. 李红阳,杨竹森,丁振举等. 金家庄超基性岩型金矿围岩蚀变地球化学研究[J]. 北京:地质论评,2000,46(5):535~542.
12. 黄典豪,丁孝石,吴澄宇等. 蔡家营铜-锌-银矿床[M]. 北京:地质出版社,1992,42~65.
13. 朱文郁. 人发中生命元素与食管癌胃癌肝癌关系的初步研究,环境地球化学应用研究论文集[J]. 北京地质出版社,1995:72~84.
14. 卫生部卫生统计信息中心. 我国前十位恶性肿瘤死亡率的聚集性及其地区分布与相关因素的分析,环境地球化学应用研究论文集[C]. 北京:地质出版社,1995:85~92.
15. 林年丰,杨洁. 中国主要肝癌高发区生态环境地质类型及综合防治对策研究,环境地球化学应用研究论文集[C]. 北京:地质出版社,1995:29~31.

## ENVIRONMENTAL BACKGROUND VALUES AND ECOLOGICAL EFFECTS IN NORTHWEST HEBEI

Li Hongyang<sup>1,2</sup> Niu Shuyin<sup>2</sup>

(1. *Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guiyang, 550002* 2. *Shijiazhuang University of Economics, Shijiazhuang, 050031*)

### Abstract

Studies on geochemical background values of rocks(ores), stream sediments in Northwest Hebei show that Pb, As, Sb, Cd, Ba, F, Te, Bi, In, U, Au, Ag, Zn contents are higher than crustal abundance (Clarke),  $K_2O$  and  $Na_2O$  contents of magmatites are higher than those of granitoid in both China and the World.  $K_2O$ ,  $Na_2O$  and Te, Se, Au contents are higher in Au enriched area. around the area Cd, As, Sb, Bi, F, In, U, Mo, Mn, Ag, Pb, Zn elements are highly enriched in Ag-polymetallic area. Mesozoic-Cenozoic Zhanjiako-Xuanhua mantle branch controls the background geochemistry and its change in space, the transferring and distribution of the elements in cycle of rocks(ores)-soils-water-plants human, the agro-ecological environment and human healthy in Zhanjiako-Beijing region.

**Key words** environmental background value, ecological effect, mantle plume, northwest Hebei