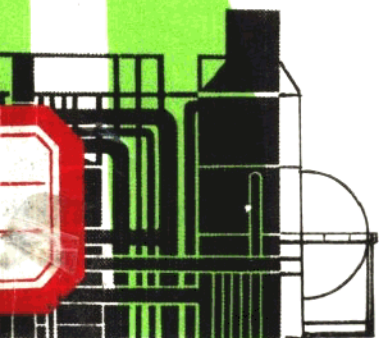
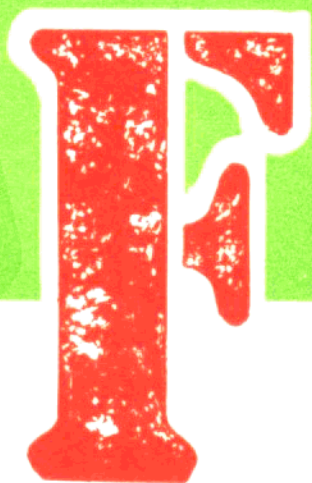


地方性氟中毒及 工业氟污染研究

郑宝山 等著



中国环境科学出版社



目 录

代序	1
前言	12
包头地区氟的环境地球化学研究	16
一、国内外关于氟的环境背景值研究概况	17
二、环境背景值的基本理论	27
三、环境背景值的获取方法	36
四、包头地区氟的环境背景值研究	38
五、包头地区是工业氟污染与地方性氟中毒的叠加区	82
六、苏打盐渍化过程与氟的表生地球化学行为	88
七、地面水与地下水中氟的物质来源	115
八、氟在盐类沉积过程中的位置	125
九、包头地区氟的地球化学史	130
十、包头地区氟的表生地球化学特征	135
附录：对包钢氟污染问题的几点看法	142
我国西南地区生活用煤污染型氟中毒研究	151
一、贵州省织金县外环境样品氟含量及其相关性研究	151
二、高氟粮食成因模拟试验研究	163
三、贵州省织金县煤中氟含量与煤烟污染型氟中毒	169
四、贵州省织金县居民氟中毒氟源定量分析	176
五、我国煤炭中的氟	182
六、生活用煤污染型氟中毒的研究与防治	186

代 序

我国地方性氟病的地球

化学问题

地方性氟病是由于长期饮、食当地高氟水或食物而引起的一种慢性氟中毒病。氟的毒理主要表现在破坏钙、磷的正常代谢，抑制酶的作用，影响内分泌腺的功能。氟中毒的体征，主要为形成斑釉齿和骨骼改变。斑釉齿是齿釉上形成白浊、浅黄至棕黑色的条纹及斑点，随着色的加重，牙齿发生缺损。骨骼的改变主要是骨硬化，少数病人出现骨稀疏，以及韧带和肌肉附着点钙化，肘关节弯曲变形，腰椎僵直。

地方性氟病在世界各地分布很广。亚洲、欧洲、美洲及非洲均有此病流行。如在美国的爱达荷、怀俄明、田纳西等州和加拿大的西南部海相磷矿床地带，是斑釉齿流行较广的地区之一。还有象冰岛的氟病则与火山沉积有关。这都说明地方性氟病与其地球化学环境特征有密切关系。

我国地方性氟病主要分布于北方和南方的十几个省(市)自治区，大致可分为以下四个比较集中的地区：

(1) 从黑龙江省的三肇地区(肇州、肇东、肇源)，经吉林的白城、辽宁的赤峰、河北的阳原、山西的大同、山阴到陕西的三边、宁夏的盐池、灵武，以及甘肃和新疆的一些

地区，大致自东向西，在沙漠外围呈一条宽带状分布。

(2) 北方沿海局部高氟地区，如渤海湾附近（天津），山东沿海及昌潍地区。

(3) 南方主要在鄂西北、黔西至云南东北部，大致呈东北西南方向分布。

(4) 一些零星局部的高氟地区，如陕西的关中地区、四川南部泸州地区、云南的元谋，以及浙江、福建、广东的某些地区，均有程度轻重不等的地方性氟病。

还有一些是由于工业污染造成的局部高氟地区。

为什么会形成这样一种分布上比较有规律的地理格局呢？这首先是与氟物质来源的地质地球化学背景有关。

氟是自然界中广泛分布的元素，在地壳中的平均含量约为650ppm。是地壳中平均含量较高的一种元素。

氟存在于各种不同类型的岩石中，其含量不尽相同。通过食物链摄入人体的氟（除少量在工业区是来自大气外），大部分来自饮水和食物，而食物和水中的氟则来自土壤和地层岩石，所以一个地区的地层岩石中含氟多少，对于这里可供摄入人体的氟是有直接或间接关系的（表1）。许多研究结果表明，地方性氟病区的患病情况，和当地饮水中的氟含量有密切联系，这从表2所列各典型氟病点的患病情况可以看出，但值得注意的是贵州的氟病区饮水中的含氟量并不高。

根据上述我国地方性氟病分布的四个地区的区域地质和地球化学特征，大致可以把我国地方性氟病的背景初步划为两个大的地球化学环境和四个环境地球化学区域。

(1) 干旱、半干旱富钙地球化学环境中苏打盐化氟富集区 这一地区处于大兴安岭及燕山和大青山狼山山脉的南侧，沙漠分布带南缘。这里在地质历史上火山活动频繁，大

兴安岭区侏罗纪、白垩纪中酸性火山岩及侵入岩十分发育。

表 1 不同类型岩石中的含氟量

岩石类型	含氟量(ppm)	岩石类型	含氟量(ppm)
石灰石	28	碱性岩(碱性辉长岩)	1000
超基性岩(纯橄岩)	110	沉积岩(粘土、页岩、板岩)	500
基性岩(玄武岩)	370	沉积岩(石灰岩、白云岩)	330
中性岩(安山岩)	500	沉积岩(砂岩)	240
酸性岩(花岗岩)	800		

表 2 各典型氟病点饮水中的氟含量与患病情况

地 区	饮水中氟含量(ppm)	患病情况(%)	资料来源
黑龙江省 肇东县、安达县	1.5—16	氟骨症 50	1)
吉林省 农安县	1.5—9.3	斑齿 74.14	2)
辽宁省 昭乌达盟	1.5—10	氟骨症 43.12	
		斑牙 49.7	3)
河北省 阳原县	1.5—17.5	氟骨症 54.2	
		斑齿 84.4	4)
北京市 小汤山	0.2—8.8	斑齿 99.3	3)
河南省 封丘	1.0—1.5	斑齿 33.2	3)
山西省 东莱庄	8.1	“黑牙症”普遍	3)
山东省 昌潍地区	4.0—9.0	有氟骨症	
		斑牙 99.0	5)
陕西省 大荔县	4.3—9.5	氟骨症 5.0	3)
定边县	4—26	氟骨症严重	6)
宁夏回族自治区 盐池县	2.6—21.8	氟骨症 7.7	3)
灵武县		斑牙 100	
天津市 宜兴埠			

续表

地 区	饮水中含氟量(ppm)	患病情况(%)	资料来源
北 塘	2.6—4.8	斑齿(7—16岁) 100	7)
大毕庄			
新 疆	8	氟骨症严重	
贵 州 省 纳雍县	0.05—1.02	氟骨症 19.4	3)
毕节地区	0.1—0.5	氟骨症 25.5	
		斑齿 98.2	8)
织金县	0.1	氟骨症 28.7	
		斑齿 99.5	9)

- 1) 黑龙江省地方性氟中毒的卫生学调查 哈尔滨医大卫生系环境卫生教研组 (1979.1);
- 2) 防治地方性氟病的观察报告 长春市卫生防疫站、农安县卫生防疫站 (1979.4);
- 3) 慢性氟危害及其防治 (之一) 贵阳医学院 (1976年);
- 4) 地方性氟中毒防治研究总结材料 河北省地方病防治所 (1978年);
- 5) 关于高密县康庄公社五个大队氟病调查报告 山东昌潍地区防疫站 (1977年);
- 6) 地区调查报告 定边卫生防疫站 (1977年);
- 7) 含氟饮水对牙齿的影响 天津市卫生防疫站 (1979年);
- 8) 慢性氟危害及其防治 (之三) 贵阳医学院 (1979年);
- 9) 慢性氟危害及其防治 (之二) 贵阳医学院 (1977年).

在燕山地区东部, 中酸性岩浆岩及基性火山岩也相当发育。在长期的风化剥蚀过程中, 含氟的岩石为其南部平原地区的第四纪沉积物提供了氟的物质来源。因而使区内的地下水中, 特别是浅层地下水, 在一定的条件下富含氟。

这一地区为干旱、半干旱气候区, 部分地区属半湿润气候, 其干燥度在东北和华北平原为1.0至2.0, 在黄河中游及内蒙为2.0至4.0, 由于气候的控制, 使这里成为(第四纪沉积和土壤及地表水、地下水)富钙的地球化学环境。地方性氟病区则发生于这一环境中盐类地球化学分异的苏打盐化带

内。

区内地表水、潜水及土壤的一般特征如表3。

在华北地区、太行山、燕山一带，河水矿化度在200—300毫克/升，为重碳酸-钙组水。在山西、陕西以及大兴安岭西侧内蒙草原地区，河水矿化度在300—500毫克/升，属重碳酸-钙组水。东北中部松辽平原风沙地区，河水矿化度超过500毫克/升，亦属重碳酸-钙组水。

潜水化学特点一般多属重碳酸盐型的淡水。并且在石灰岩和石灰质岩石区，一般都为重碳酸-钙-镁型水，在火成岩区则为重碳酸-钠型水。

区内土壤常形成盐渍化，在东北和内蒙草原及湿草原地区内陆低地和河湖阶地，盐渍土的面积广大，多为苏打、氯化物-苏打或硫酸盐-苏打盐土型草甸土，草甸盐土和草甸碱土可划为苏打盐类聚集区。在西北宁夏和陕西、华北苏打盐土分布很广。黄河三角洲大部分地下水的矿化度不超过3—5克/升，为含有碱金属重碳酸盐的氯化物-硫酸盐水。土壤的pH值在8.5以上，有时达到9或9.5。这些地区可划为碱性氯化物硫酸盐类聚集区。氟在平原上的迁移与富集状况，随着苏打盐渍化的轻重显出有弱、强的差异，如在北京东南郊冲积平原的浅色草甸土上（表4）。

在通县麦庄，有的土壤样品中水浸氟量可达十几个ppm。为此造成本区内一些民用浅井水中含氟量较高，并引起地方性氟病。

在自然界中，钙和氟是一对拮抗体，钙对氟的迁移起着障碍的作用。我国北方盐渍土中地区，由于上升的水盐溶液与沉积物或土壤发生代换反应，使环境中存在较高的水溶性钙盐。如在盐化较轻的土壤中，有 CaCl_2 存在。在这样的环

表 3 我國北方氫富集區河水、潛水及土壤地球化學特征簡表

地 点	河 水		潛 水		土 壤			地球化 學區
	矿化度 (毫克/升)	水 型	水 型	pH	水溶盐中 Na ⁺ 总量 (毫克当量)	碳酸盐中 HCO ₃ ⁻ 总量 (毫克当量)	土壤类型	
1. 大兴安岭西侧 内蒙草原	300—500	HCO ₃ ⁻ -Ca ²⁺	HCO ₃ ⁻ -Na ⁺ (火成岩地区)	>9.0	30—50%	50%	硫酸盐——苏打 盐土到草甸土	苏打盐 类聚集 区
2. 松辽平原	>500	HCO ₃ ⁻ -Ca ²⁺	HCO ₃ ⁻ -Ca ²⁺ - Mg ²⁺				苏打、 ¹ 氯化物— 苏打盐土型草甸土	
3. 华北平原、太 行山、燕山一带	200—300	HCO ₃ ⁻ -Ca ²⁺	HCO ₃ ⁻ -Ca ²⁺ - Mg ²⁺ (石灰岩 地区)				苏打盐渍化 草甸土	碱性氮 化物硫 酸盐类 聚集区
4. 山西、陕西	300—500	HCO ₃ ⁻ -Ca ²⁺	HCO ₃ ⁻ -Ca ²⁺	>8.5	20—50%	50—60%		
5. 黄河三角洲	300—500	HCO ₃ ⁻ -Cl ⁻ SO ₄ ²⁻ -K ⁺ -Na ⁺	HCO ₃ ⁻ -Na ⁺ -Ca ²⁺					

表 4 北京东南郊土壤中的含氮量

地 点	通县麦庄	通县永乐店	通县马驹桥	朝阳区十八里店	大兴县南苑	大 兴 县
土壤全氮量平均值(ppm)	909	703	731	694	431	518
土壤水浸氮量平均值(ppm)	8.7	7.04	8.07	6.8	3.95	5.5
环境条件(苏打盐渍化程度)	苏打碱化严重区,有砂碱、马尿碱分布					
	苏打碱化轻或非苏打碱化区					

境中，随钙离子活度的增加，氟以 CaF_2 形式沉积于环境中。例如北京平原地区，1976年丰水期地表水的平均pH值为8.0左右，含 Ca^{2+} 为40—120毫克/升，氟进入水中后，形成 CaF_2 沉积于底泥之中，因而水中氟含量平均在0.5ppm左右。但在施用河泥或污泥作肥料时，土壤中全氟量可达1000ppm左右，但水浸氟量却低，平均仅为5ppm。然而随着环境中pH的增高，钙离子以 CaCO_3 形式沉积下来，则其活动大大降低。这时，氟的活性随钙的活性降低而增强，以氟离子态随水迁移，或活动于土层中，或补给地下水和地表水。

国外有人提出，地方性氟病的发病率受地下水中氟与钙的离子活度的比值所制约。当比值小于0.25时，居民未患氟骨症，比值在0.25—1.25时，发病率一般小于5%，比值在1.25—2.0时，发病率增到50—70%，而比值大于2.0时，发病率可高于70%。这表明了氟的活性和钙的关系与氟病出现呈相关性。是否在我国北方亦具有这样的规律性，是一个值得研究的问题。

在北方还有大片的黄土分布，黄土多含碳酸盐，呈碱性反应，根据黄土物质成分的研究，在黄土和黄土的古土层中，含有云母、角闪石类、电气石、磷灰石等含氟矿物。据陈庆沐、袁芷云分析，陕西洛川地区马兰黄土含氟490—520ppm，年代较老的离石黄土含氟平均为550ppm，黄土层中的古土壤含氟平均为560ppm，黄土中结核层含氟为285—500ppm之间。因此居住于不同层位的黄土环境中的人们，长期饮用富氟的水后，也会有斑釉齿的发生。此外，在黄土高原的边缘地区，如宁夏的雅布赖、陕西定边的罗泊滩等，有严重的氟病，这是由于当地富氟盐类堆积中的氟进入地下水而引起的。

(2) 半干旱富盐的地球化学环境中, 海陆交替相地层的氟聚集地带 在渤海沿岸的一些地方, 如天津的深井水中含氟量最高可达7ppm。山东昌潍等地由于古代滞留的含盐分高的地下水层以及由于大量开采淡水, 改变了地质环境条件, 使海水侵入地下水层而形成的潜水及地下水的高氟地区。

(3) 半湿润富铁地球化学环境, 中酸性土壤氟聚集区 在我国南方, 地方性氟病区呈东北西南向分布。该区的主要特征是在富铁铝风化壳上形成的土壤中氟含量较高, 而地下水及地表水中含氟量并不一定高。基岩大致分为三类: 一是二迭系的玄武岩及煤系地层。如贵州开阳、黔西、织金及云南镇雄等氟病区。二是海相和浅海相石灰岩和白云岩, 广泛分布于贵州西部(毕节、大方、织金等地)。三是含磷地层, 如贵州开阳磷矿, 云南昆阳磷矿以及其他局部的含磷地层。上述岩层中赋存的含氟矿物有萤石、磷灰石、斜长石以及火山物质等。它们风化后, 释放出来的氟被粘土所吸附, 聚集于土壤中, 从而使作物中氟含量增高, 当地的氟病可能与从作物中摄取的氟有关。

该氟富集区是较凉爽的亚热带温湿气候地带, 其干燥度为1.0左右, 形成以富铝风化壳为母质的黄壤。它与红壤、砖红壤相比, 其胶体以及铁、铝、腐殖质含量, 吸附能力及pH值都较高。每百克黄壤一般含2—7毫克当量的活性铝, 其代换性阳离子80%以上为代换性氢, 而代换性镁占第二位。因此, 在这样的环境条件中, 岩石风化后, 氟以氟铝络合物形式迁移和富集于土壤中, 并被粘土和胶体所吸附着, 使环境中富氟。黄壤中被吸附的氟, 易被生物所利用, 形成地方性氟病。如贵州的环境地质背景为二迭系峨眉山玄武岩及其

上覆煤系。岩层中含氟均在266—1473ppm之间。在玄武岩风化壳上发育的黄壤，含氟量平均为439ppm。在煤系地层上发育的土壤，含氟量平均为1142ppm。土壤中 $<2\mu\text{m}$ 的粒级中含氟可高达1805ppm，而 $>2\mu\text{m}$ 的粒级部分含氟量只达893ppm。相比可为2—3倍。由于粘土的吸附和环境条件所限，水浸氟量平均仅为0.74ppm，因此，区内地表水中的含氟量仅为0.1ppm。

由于土壤中含氟量过多，通过食物为介质，引起人们慢性地方性氟病。氟的食物链的重要一环是栽培作物。在此，水稻、玉米、小麦等含氟量平均可达10ppm左右。以食物计算成人日摄入量，可达到7—8毫克（超过一般允许的3—4毫克）。所以在这样的地区出现地方性氟病是由于食物中富氟而引起的，与饮水中的氟关系不大。

（4）局部富氟地区 可分为两类：

一类，在国内还有着若干局部的富氟地点，与当地有较高的含氟地质背景，并同时具备氟富集和活化的环境地球化学条件有关。如云南元谋的苴林，居民居住在龙川江近山麓的二级阶地上，而饮用水大部分来自花岗岩类的裂隙，在干旱气候条件下，氟在潜水层中富集。又如广东的氟病点，则与含氟较高的温泉有关，如汤坑泉水的含氟量可高达二十几个ppm。

另一类，工业三废造成的局部高氟地区，虽然不属于地方性氟病，但也可以作为一种类型列入讨论，如冶炼工业（钢、铁、铝）、化肥工业（钙镁磷肥）、玻璃工业造成的污染等等，实际上已形成一种局部氟富集区。

综上所述，造成地区性含氟量高，引起地方性氟病的原因是：

1. 富氟地层岩石和富氟矿床的不断风化和被开采，氟被带到另一种沉积物中或地表，有的则被淋滤和溶解于地下水中。

2. 在干旱和半干旱气候条件下，由于蒸发作用有利于氟的聚集，形成富氟地层和富氟盐渍土。

以上两种富氟地质环境，在地球化学条件为碱性、苏打(NaHCO_3)化时，在地表及潜水中适于氟的活性增大引起氟病。

3. 离子吸附和交换作用，例如粘土和亚粘土对氟的吸附，氢氧化铝、氢氧化铁等胶体也可以吸附氟离子，使局部地区氟富集。

4. 含氟工业的三废污染，通过大气(HF 及 SiF_4) (有时含氟气体通过空气可以直接影响人体健康)及废水，以及含氟化肥和农药的施用，使地下水和土壤中含有较高的氟。近年来，若干工业排放含氟的废气，对人体健康和牲畜、农作物均有一定影响。

一般来说，在排放氟地区全可以局部的、短时间的造成对区域地球化学环境的影响(如对水、土壤中的氟富集)。

根据全国各地气候条件，考虑到氟的降解作用，万国江等把全国划分为若干分级的氟容量区(污染物的环境容量是它的释放或存在于环境中不致造成环境危害的容许量)。全国氟的容量分布情况基本如下：在我国西北为容量低的地区；斜贯我国自东北而西南有一条基本上为中等的容量地区；在东南沿海为高容量地区。氟的容量自西北向东南形成自低而高的环境梯度。值得注意的是如果把自然环境第一环境中的氟分布图式(在某种程度上是很好的自然环境中的氟耐受力分布图式)和容量分布相比较。或者说是把二者

叠覆在一起，从第一环境和第二环境氟分布可以看出，在我国自东北到西南一带为氟的富集作用叠加区，因而无论自然界及人为的环境中氟的作用都较高，两个较高的地区，也正是我国氟病分布较多的地区。

在西北地区，氟的容量（自然耐受力）低，但氟的自然富集不太高，因而氟病点出现的密度低。

在东南沿海地区，氟的容量高，氟的富集低，所以除个别氟高的点有氟病外，不仅不致于大面积的造成氟富集，而且，相反的会造成氟缺乏的地球化学环境。

从上述我国区域环境地质特点，可以简单地总结为：

1. 从第一环境看，氟的富集区域分布的格局，是从西北向东南由高而低的一种梯度趋势，这在西南各省向东南沿海表现得更为明显。

从第二环境看，氟的容量区域分布的格局，是自西北而东南由低而高的分布。

2. 第一环境中氟的分布格局，和第二环境中氟容量的分布格局，是受控于环境地质和地球化学条件，及大气条件和工业分布，这几种因素的叠加，使氟的作用有的加强了，有的减弱了。综合分析我国第一环境和第二环境的诸因素，对研究氟的来源和氟病的发生有一定意义。

刘东生 陈庆沐 余志成 袁芷云

前 言

本书是作者1979年以来对地方性氟中毒和工业氟污染问题进行环境地球化学研究的部分成果。

地方性氟中毒是目前危害我国人民身体健康最为严重的地方性疾病。现在已经查明，全国有氟斑牙患者4021.03万人，氟骨症患者173.07万人。受氟威胁的病区人口2.6亿人。在一些地方性氟中毒的特重病点，病区居民贫病交加，境况十分严重。随着工业的发展，人为活动排放的氟也已大大增加，在相当多的地区，大气降水中的氟含量已明显升高。人类的活动已经明显地改变了全球氟的自然循环状况。目前引起世界关注的温室效应与全球气候变暖问题，南极上空臭氧空洞问题，酸雨问题等，都与人为排放的氟化物有密切的关系。因此氟的环境地球化学研究有重大的理论和实际意义。

本书与已出版的几本关于氟的专著不同，收入的论文全部是作者对中国氟的问题进行第一手研究的结果。十几年来，我们针对在地方性氟中毒和工业氟污染防治中的实际问题，运用我们掌握的地球化学知识，对这些问题进行了研究。我们希望在解决问题过程中使用的理论和方法，在工作中积累的实际资料，将有助于对类似问题的研究。

70年代中，包钢氟污染问题曾是我国环境保护领域内一个引人注目的问题。在包头地区不仅有严重的工业氟污染，也有严重的地方性氟中毒。在已经污染的地区取得环境背景值是相当困难的课题。我们在研究中，丰富了环境背景值

的概念,建立了氟的环境背景地球化学的观点。在大量实际调查分析资料和理论分析的基础上,我们得出结论,包头地区牲畜的氟中毒是工业污染造成的,人的氟中毒是地方性氟中毒。这一结论在开始时不为某些部门接受,但在今天,已被认为是不言而喻的了。

在我国西南地区流行着严重的地方性氟中毒,但在这个地区饮水中的氟含量却非常低。这对于传统上认为只有高氟饮水才会引起氟中毒的观点是一个强烈的冲击。在我们着手对这个问题进行研究的时候,存在着两种尖锐对立的看法。一些人认为在病区高氟岩石和土壤上长出的粮食含氟高导致氟中毒,主张通过土壤改良解决氟中毒的防治问题。另外一些人认为煤烟污染造成粮食中氟含量高并引起氟中毒。在这项研究中,我们首先使用地球化学的基本方法,采集了病区不同时期、不同岩性的岩石样品,测定它们的含氟量,计算出氟的区域地球化学克拉克值。这一工作证实西南氟病区岩石平均含氟量低于地壳的平均含氟量。我们又研究了在含氟量不同的岩石上生长的粮食作物的含氟量,工作证实岩石土壤含氟量与粮食中含氟量间没有相关性。这样高氟岩石、土壤引起氟中毒的观点就被否定了。在对工业氟污染进行研究中,我们熟悉了氟的一个重要性质,植物可以强烈地吸收富集空气中的氟。我们猜测收获后的粮食也可能有这样的性质。在病区现场进行的玉米烘烤试验证实了我们的猜测。我们最终解决了这种氟中毒的致病机制问题。

十几年研究工作的实践证明,环境地球化学在地方病和工业污染的研究和防治上是大有可为的。正如地球化学不能代替医学和环境污染控制技术一样,这些科学也代替不了地球化学。

在我国氟与健康关系的研究实际开始得很早。国际上直到1931年才确定了氟与斑釉齿的关系。1930年和1932年Anderson报告了在我国北京、太原和河北省廊坊村居民的斑釉齿。1935年英国人报道了我国天津地区地下水的氟含量与当地斑釉齿流行情况。1936年王调馨报告了福州市地下水氟状况与斑釉齿发病情况。这是中国人关于氟与健康研究的第一篇论文。

朱兆良先生1957年对中国土壤中的氟和氯进行了研究。20多年以后，我国某些研究者对土壤中氟的测定结果，在精确度和精密密度上仍达不到朱兆良先生的水平。王华东和王明远先生分别在1963年、1974年对氟的化学地理和疾病地理问题做了论述，其中也涉及了我国的地方性氟中毒问题。

在对全国的地方性氟中毒病区进行了大量现场考察之后，刘东生教授与陈庆沐、余志成、袁芷云合作写出了“我国地方性氟病的地球化学”一文（1980年），此文做为代序收入本书。这是从地球化学角度对我国地方性氟中毒进行系统研究的第一篇论文。

我们的研究工作是在以上这些先行者们工作的基础上进行的。对他们辛勤的劳动，我们表示衷心的感谢。

作者感谢指引作者走上氟的环境地球化学研究这一道路的刘东生教授和郭承基教授。在他们的指导下，作者才初步掌握了环境地球化学的基本思想和工作方法。他们在学术研究上高瞻远瞩的远见卓识，积而后发的治学精神，给作者的教益是非常宝贵的。在多次交谈中，作者从北京大学陈静生教授处获益非浅，对陈教授多年来的宝贵指导，表示衷心的感谢。

作者不是专业医学工作者，这些年来能在地方病的领域

内做些工作，多亏了许多从事这方面研究的专家的帮助和指导。他们是王云钊、陈清、刘昌汉、戴国钧、上官存民、翟其善、陈德浪、许国璋等各位教授、副教授。

作者感谢曾经给予大量具体教导的陈庆沐、裘愉卓、王一先、钱志鑫各位老师。中国科学院地球化学研究所的领导和科技处等有关部门对作者的研究工作给了热情的支持。

作者也感谢多年来在地化所内和地化所外的合作者们。他们是黄荣贵、富月征、张文礼、张锦波、李邦禄、王爱民、高茹青等同志。曾为本书中的研究工作付出过辛勤劳动的还有包头市环保所和织金县卫生防疫站的许多分析人员。

作者尤其要感谢原中共中央地方病防治领导小组办公室和贵州省地方病防治领导小组办公室的大力支持。没有他们的宝贵支持，本书中的研究工作的开展和本书的出版都是不可能的。

最后，我要特别感谢王学同志，由于她的理解和支持，才使我集中精力完成本书中的研究工作。