

图B 金华地区主要地氟病区分布图

壤污染,影响了土地利用价值。受污染农田,种植玉米、小麦遭受萎黄病的侵害,种水稻、油菜其产量也受到严重影响。调查表明,武义茭道乡、武阳镇有yAy_uZ_q^{1,3}农田受到氟污染。和水污染相比,土壤污染范围较小。虽然土壤污染不甚严重,但萤石开采对土地资源破坏较大。因为开采萤石的矿井多为竖井,一般井深至少在三四十米以上,最深的可达yzw¹,大量废弃物就地堆置,导致井口附近大片农田、山地被埋,无证采矿点尤为严重o表Ap。

大量废矿石堆置在土地上,短期内又难以生长植物,故易受雨水冲刷,水土流失严重,导致河床抬高,水库淤积。如xZY年建成的农家坑水库,至今沉积物已没过坝顶。

大气氟化物主要来自于工业生产。除化工、陶器、铸造等工业外,由于本地区黄红壤资源丰富,砖瓦厂星罗棋布,故向大气排放出一定量的含氟废气。萤石开采对大气氟污染影响不大,如监测表明,病区和非病区空气中

氟含量基本一致。植物可从大气、土壤、水中吸收氟化物并逐步加以积累。对本地区主要经济作物桔树及广布草本植物车前草取样监测发现o表Bp,污染区植物样品含氟量均显著高于对照区,如武萤车前草含氟量为对照的zB倍;不同植物含氟量有显著差异,如车前草含氟量明显高于桔子叶,这可能和桔子

表B 污染区若干植物氟含量^{1,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32,33,34,35,36,37,38,39,40,41,42,43,44,45,46,47,48,49,50,51,52,53,54,55,56,57,58,59,60,61,62,63,64,65,66,67,68,69,70,71,72,73,74,75,76,77,78,79,80,81,82,83,84,85,86,87,88,89,90,91,92,93,94,95,96,97,98,99,100}

县o市p	取 样 点	植物样品	
		车前草	桔子叶
武义县	溪里乡方宅村	wuBB	wuaB
	武萤	xuZw	wuaB
	武阳镇下陈村	wuax	wuaB
	武阳镇白溪村	wuaΔ	wuay
永康市	永祥乡上范村	wuay	wuax
	前仓镇石角村	wuaB	wuaB
	花街镇项宅村	wuaA	wuax
东阳市	佐村	wuaE	wuaΔ
	忠信堂	wuay	wuaz
	廿里牌	wuaB	wuaA
	朱店	wuaΔ	wuaxΔ
义乌市	埠头	wuaΓ	wuaA
	寺前西	wuEw	wuAε
	塔山	wuZw	wuAE
	大元	wuay	wuaΔ
金华县	华南乡上马山村	wuAx	wuE
	江东乡汪家垅村	wuZA	wuΔΓ
	石桥乡杨梅峡村	wuA	wuayx
浦江县	檀溪镇小■村	wuAΔ	wuay
	对照*	wuaΓ	wuay

* I取于浙师大校园

表A 部分矿产点开采量与废弃物堆积面积

矿产地	木构山	鱼形角	余山头	草马鸟
萤石开采量 _{10⁴ t/a}	xΓw	Δy	ZE	IE
被埋土地面积 _{10⁴ m²}	山地 ywax	xz uΓ	xΓuy	BuΓ
	农田 AuB	y uΔ	y uA	Buε

叶属蜡质，较难从大气环境吸收积累氟有关。

A 对人体健康的影响及地氟病成因

A_{1w} 对人体健康的影响

氟虽是人体必需微量元素之一，但摄入量过多易导致氟斑牙及氟骨症。由于本地区长期以来开发萤石，已形成区域性氟污染，故导致人群患地氟病较为严重。如 $xZEB$ 年调查发现：全市有 ΔE 个村发现有地氟病，这些村分布在 E 个县市的 $z\Delta$ 个乡，病区人口 $A\kappa\tau aav$ 人，其中 E 个村为中等病区， Δv 个为轻病区 o 水氟含量 $x-y_1\ v\ v\ \partial$ 为轻病区， $y-A_1\ v\ v\ \partial$ 为中病区， $A_1\ v\ v\ \partial$ 以上为重病区 p 。对 ΔE 个

村中的 $AyBav$ 人调查后发现： $A\tau B\kappa$ 人患有氟斑牙，患病率为 $Zi\Delta\%$ 。对近 $x\tau aav$ 疑有氟骨症的人拍片后有 $x\tau\tau$ 人确诊为氟骨症。进一步研究后发现， ΔE 个村中有 xB 个村为继发性病区，即这些村本来环境中水氟含量是正常的，后来由于工厂排放大量含氟废水使环境污染后导致地氟病。 $xZEB$ 年以后，地方政府对某些污染点陆续实施了改水降氟等措施，使某些点地方性氟病有所好转，但由于环境中氟污染依然存在，已有患者短时间内难以逆转，故许多地方仍存在较严重的地氟病，个别村落甚至还有加重趋势，如 $xZZA$ 年调查时仍有 E 个村属中等程度污染 ∂ 表 Γp 。

$xZZ\Delta$ 年我们对武义、永康、东阳、义乌等

表 Γ 金华地区地氟病基本情况调查表 $\partial xZZAp$

病 区 名 称					病 区 名 称						
轻	中	村人口	氟斑牙	氟骨症	轻	中	村人口	氟斑牙	氟骨症		
永康市	麻车头	ϕ	$x\tau xB$	ZZ	Δ	义乌市	东坞	ϕ	$x\Gamma w$	xA	x
	老鸦堰	ϕ	$\Delta\kappa v$	yB	Δ		先塘	ϕ	yEZ	yZ	
	颜库	ϕ	$A\kappa y$	BZ			下金村	ϕ	xyA	Z	
	上港	ϕ	yxA	xy			上贾宅	ϕ	xEZ	Z	
	石角	ϕ	zxx	$y\tau v$			马村	ϕ	$\Gamma B\Delta$	xB	
	法莲	ϕ	$yZ\Delta$	$y\Delta$			东山干	ϕ	ΓEx	κv	
	外木坦	ϕ	EEA	$\Gamma\Gamma$			许宅	ϕ	$B\Delta B$	$B\kappa$	
	里木坦	ϕ	ΓBE	ΓB			后园	ϕ	Δxy	$y\Gamma$	
	大路王	ϕ	BZB	zB			山口	ϕ	EEy	Γw	A
	下安	ϕ	Γw	$x\tau v$			家塘	ϕ	$xyAB$	$E\Delta$	
	椒坑	ϕ	$A\kappa Z$	$y\Delta$			龚大塘	ϕ	EZE	zB	
	塘头应	ϕ	$y\Gamma w$	xA			溪西	ϕ	$A\kappa y$	E	
	溪弯周	ϕ	zzw	yB			上陈	ϕ	$Ax\Delta$	xE	
	上谢	ϕ	$AA\Gamma$	yB			寺口	ϕ	ΔBZ	Δx	
	杨公	ϕ	$A\kappa B$	yz			寺前西	ϕ	$\Gamma\Gamma\Delta$	EE	xy
	上宅口	ϕ	zAy	zy			寺前街	ϕ	$\Gamma\Delta B$	Δy	
	东阳市	廿里牌	ϕ	z 村共	xZ			石麻东	ϕ	$AZ\kappa$	zy
南屏		ϕ		Γ			雅章	ϕ	zxA	zz	
潘坑		ϕ	$xBZY$	Δ			塔山	ϕ	$xx\Gamma E$	$x\Delta\Gamma$	yE
武义县	介首	ϕ	$z\Gamma A$	zZ			磐安县	云山	ϕ	$xwZY$	xBE
	白阳	ϕ	$B\kappa B$	$Z\Delta$		王杏		ϕ	EEy	$Z\Delta$	
	石桥头	ϕ	$A\kappa y$	$\Delta\kappa v$		钟村		ϕ	$A\kappa y$	yB	
	东吴	ϕ	zyA	Ey		陈村		ϕ	BET	zz	
	下石院	ϕ	$z\Delta E$	ΔE		坑口		ϕ	yxx	$x\tau v$	
	千口龙	ϕ	yEB	$\Delta\kappa v$		石北		ϕ	$\Delta\kappa B$	$B\Gamma$	
	蒋马洞	ϕ	$A\kappa B$	zAx		五村口		ϕ	zyx	xB	
	内白	ϕ	zZw	yEw		青口		ϕ	$yxy\Gamma$	$zz\Gamma$	
	金华县 $o\Gamma$ 个村 p	ϕ	$yEAB$	ABZ		磐安 o,y 个村 p		ϕ	ExA	Ey	
	浦江	ϕ	$B\kappa\Gamma$	xBE	x						

表 1 义乌、东阳部分村落氟斑牙患病率随机抽样调查表

年龄组	患病程度	义乌市				东阳市				平均
		埠头	寺前西	塔山	大元	佐村	忠信堂	甘里牌	朱店	
≤10岁	一般	10	17	15	15	17	22	17	17	17
	较严重	0	2	17	0	2	0	2	0	2
	严重	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	合计	10	19	15	15	19	22	17	17	19
11—20岁	一般	17	17	17	17	17	22	17	17	17
	较严重	22	22	22	22	22	22	22	22	22
	严重	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	合计	39	39	39	39	39	44	39	39	39
21—30岁	一般	15	15	15	15	15	22	15	15	15
	较严重	22	22	22	22	22	22	22	22	22
	严重	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	合计	37	37	37	37	37	44	37	37	37
31—40岁	一般	15	15	15	15	15	22	15	15	15
	较严重	22	22	22	22	22	22	22	22	22
	严重	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	合计	37	37	37	37	37	44	37	37	37
41—50岁	一般	15	15	15	15	15	22	15	15	15
	较严重	22	22	22	22	22	22	22	22	22
	严重	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	合计	37	37	37	37	37	44	37	37	37
51—60岁	一般	15	15	15	15	15	22	15	15	15
	较严重	22	22	22	22	22	22	22	22	22
	严重	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	合计	37	37	37	37	37	44	37	37	37

注：1 表示一般 2 表示较严重 3 表示严重。表 E 同。

部分地区居民氟斑牙发病率又作了一次调查。表 1、表 2，氟污染区人群氟斑牙患病率仍很高，如武义项宅村，氟斑牙症严重者、较严重者、轻度者分别占 31%、44% 和 19%；东阳、义乌 5 个村氟斑牙的检出率为 31%，对患者年龄结构分析后可知，患氟斑牙比例最高的是开矿期至开始改水这一阶段出生的人群，表明萤石矿的开采是引起地氟病流行的最直接的原因。另外，年龄组越高者氟斑牙比例越高，这可能是由于氟斑牙的形成既和饮用水含氟量又和饮用时间长短有关，高年龄组饮用高氟水时间较长，故患病率较高。从性别上看，男性氟斑牙患病率要高于女性，而且随着年龄增长，这种差异也越显著。

2.2 地氟病的分布与各种氟污染源的关系

2.2.1 分布特点

地氟病区的分布和地质、地形及土质有关。如武义地氟病区集中分布于与永康接壤地段，正处于武义断陷二堑之间的隆起带上，由于村庄均处丘陵高埠，饮用水无外来水源，不能对饮水中氟进行稀释，而且断裂上盘为钙质砂岩，风化土壤的 pH 值 4—

4.5 之间，属碱性土壤，失去对氟的吸附作用。

此外，地氟病病区的分布与各种人为污染源也有很大的相关性，特别是萤石的经久、广泛的开发，大量含氟污水排放到环境中，造成环境氟污染后，易导致周围居民饮用水源受到渗透性氟污染。如金华县 7 个氟病区，其

图 1 饮用水含氟量与氟斑牙患病率的相关性

注：x 氟斑牙症患病率分值计算方法：按患病程度一般、较严重、严重分别作 x 分、y 分、z 分计，然后乘以各自的患病比例，相加后再乘以被调查人总数，即得下陈、内白、蒋马洞三村分值 x、y、z。

y 由于改水时间不足 10 年，故若除去 10 岁以下年龄组，则可将改水前饮用水中氟含量作纵坐标来分析氟斑牙患病率的相关性，即下陈、内白、蒋马洞三村的饮用水氟含量 0.1、0.2、0.3 分别为 x、y、z。

表E 武义、永康部分村落氟斑牙随机抽样患病率调查表_{0xZZΔuAp}

年龄组	性别	程度	武 义 县					永 康 市			平均
			方宅村	蒋马洞	内白	下陈	白溪	上范	石角	项宅	
≤10岁	男	1	100	100	100	100	100	100	100	100	100
		2	—	100	—	100	—	—	—	100	100
		2 2 2	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		合计	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	女	1	100	100	100	100	100	100	100	100	100
		2	—	—	100	—	—	—	—	—	100
		2 2 2	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		合计	100	100	100	100	100	100	100	100	100
11—20岁	男	1	100	100	100	100	100	100	100	100	100
		2	—	100	100	100	—	—	—	100	100
		2 2 2	—	100	—	—	—	—	—	—	100
		合计	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	女	1	100	100	100	100	100	100	100	100	100
		2	—	100	100	100	—	—	—	—	100
		2 2 2	—	—	100	—	—	—	—	—	100
		合计	100	100	100	100	100	100	100	100	100
21—30岁	男	1	100	100	100	100	100	100	100	100	100
		2	100	100	100	100	100	100	100	100	100
		2 2 2	100	100	—	—	—	—	100	100	100
		合计	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	女	1	100	100	100	100	100	100	100	100	100
		2	—	100	100	100	—	—	—	—	100
		2 2 2	—	—	100	—	—	—	—	—	100
		合计	100	100	100	100	100	100	100	100	100
31—40岁	男	1	100	100	100	100	100	100	100	100	100
		2	100	100	100	100	100	100	100	100	100
		2 2 2	100	100	—	—	—	—	100	100	100
		合计	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	女	1	100	100	100	100	100	100	100	100	100
		2	—	100	100	100	—	—	—	—	100
		2 2 2	—	100	—	—	—	—	—	—	100
		合计	100	100	100	100	100	100	100	100	100
41—50岁	男	1	100	100	100	100	100	100	100	100	100
		2	100	100	100	100	100	100	100	100	100
		2 2 2	100	100	—	—	—	—	—	—	100
		合计	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	女	1	100	100	100	100	100	100	100	100	100
		2	—	100	100	100	—	—	—	—	100
		2 2 2	—	100	—	—	—	—	—	—	100
		合计	100	100	100	100	100	100	100	100	100
51—60岁	男	1	100	100	100	100	100	100	100	100	100
		2	100	100	100	100	100	100	100	100	100
		2 2 2	100	100	—	—	—	—	—	—	100
		合计	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	女	1	100	100	100	100	100	100	100	100	100
		2	—	100	100	100	—	—	—	—	100
		2 2 2	—	100	—	—	—	—	—	—	100
		合计	100	100	100	100	100	100	100	100	100

注：表中 p 内数字为调查样本数

中有B个病区为萤石矿开采所造成的水源污染而形成，武义境内小白溪受工业含氟污水影响，造成沿岸居民不同程度发生慢性氟中毒。

Ачыгыш 与 饮用水关系

众多证据表明,本地区地氟病属饮水型地氟病,饮水含氟量和地氟病有密切关系。如通过对氟斑牙症较典型的武义县蒋马洞村、内白村、下陈村作饮用水含氟量和氟斑牙患病率的相关性分析,结果发现 ρ 图 $1p$:饮用水含氟量高低和氟斑牙患病率呈显著相关

性,说明饮用高氟水是本地患氟斑牙症的主要原因。

B 地氟病区改水降氟效果及存在问题

改水降氟是控制饮水型地方性氟中毒的根本性措施。地方政府部门根据国家有关规定,结合区域氟污染现状,于80年代中期采取了改水降氟措施,取得了较大成效,但也存在一些问题。我们选择性地对若干病区改水降氟的效果及问题作了调查统计分析,并作了初步评价。

表 Z 金华县 7 个氟病区改水前后水氟、患病率及氟斑牙调查数据

村 名	总人口	改水前				改水年份	改水后			
		水氟	调查人数	患病数	患病率 %		水氟	调查人数	患病数	患病率 %
杨梅峡	117	1.2	120	15	12.5%	2002	0.4	110	5	4.5%
孔 坑	130	1.5	130	20	15.4%	2002	0.5	120	10	8.3%
汪家垅	110	1.8	110	18	16.4%	2002	0.6	100	12	12%
方 山	120	1.6	120	22	18.3%	2002	0.5	110	8	7.3%
山 南	100	1.7	100	16	16%	2002	0.4	90	6	6.7%
上马山	140	1.9	140	24	17.1%	2002	0.5	130	14	10.8%
合 计	617	1.7	610	95	15.6%		0.5	560	55	9.8%

金华县有地方性氟中毒病区村 7 个，均属饮水型氟中毒，于 2002 年完成改水工作后，居民尿氟含量明显下降，由改水前的 1.7 $\pm$ 0.1 降至 0.5 $\pm$ 0.1，居民氟斑牙患病率大幅度下降，见表 Z，改水效果明显。

本地区某些病区的改水降氟措施由于缺乏科学指导或投入不足等原因还存在一些问题。一些村落改水后的饮用水氟含量仍然超标，效果不明显，如东阳、义乌 7 个村落改水前后饮用水含氟量及氟斑牙发病率的调查分析表明，见表 Z、表 1，改水后仍有 2 个村落的饮用水氟含量超标。义乌信磊乡埠头村周围有两个浮选厂，排放的污水使地表水污染，属环境污染造成的高氟环境。该村原饮用水为村内井水，氟含量为 1.2 $\pm$ 0.1，改水后水源为离村 1000 米左右农田中的井水，由于井水大部分为农田灌溉水渗透而来，而农田灌溉水又来自于受污染的小溪，故基本上未显改水效果。东阳吴宁镇甘里牌村虽然无萤石矿开采，也无氟工业污染，但村中多口井水氟含量超标，最高达 1.8 $\pm$ 0.1，推测这是由于该村村中轴线存在氟矿，所以很多居民打井较深含氟较高。对于这种状况应判定矿带分布范围，科学引导居民在矿带两侧打井，以达到改水降氟目的。

7 对策与措施

7.1 统一管理，严格执行《环境保护法》

萤石的开采和浮选必须严格执行《环境保护法》，浮选厂应经环保部门审批后方可建

设，污染治理设施要执行“三同时”制度，对布局不合理、选址不当的浮选厂要限期治理或搬迁，以加强对萤石生产的统一领导和管理。

7.2 加强宣传工作，提高居民自我防护意识，积极实施改水方案

在调查研究中，我们发现有些居民对氟污染的来源和对健康的影响认识不足，在有能力改水的情况下仍饮用高氟水，或虽知高氟水对人类的危害，但缺乏必要的科学知识，在矿脉带打深井取高氟水饮用而不喝地表低氟水，从而造成了危害，今后应加强宣传和科学指导。

7.3 及时、有效处理浮选厂废水

浮选厂所排废水是造成区域环境氟污染的主要因子，是诱发地氟病的重要因素之一。各浮选厂必须将含氟废水治理达标后才能排放，以确保环境质量和人体健康。

7.4 妥善处置废矿，及时绿化废矿区

矿井采完矿石后应及时把含氟废矿全部填回矿井，以防废矿散落地表后发生二次氟污染及水土流失，无氟废石可用于公路建设和作为建筑物基础填充物。经处置的矿区，应迅速绿化，以改善和保护生态环境。

作者简介

申秀英，女，1978 年生，2002 年浙江农业大学环保系硕士研究生毕业，2003 年评为工程师，2004 年转评为讲师，主要从事环境生物学、流行病学、环境污染与防治等领域研究，参与多项省科委、省教委课题研究，迄今已公开发表学术论文 10 余篇。