

# 云南昭通燃煤型氟病区厨房和烤房空气中氟和SO<sub>2</sub>污染特征<sup>\*</sup>

刘永林<sup>1,2</sup>, 雒昆利<sup>2</sup>, 李 玲<sup>2</sup>

(1. 重庆师范大学 地理与旅游学院, 重庆 401331; 2. 中国科学院 地理科学与资源研究所, 北京 100101)

**摘要:**为评价云南省昭通市典型氟中毒区厨房和烤房空气中气态氟化物和SO<sub>2</sub>污染状况,在昭通市镇雄县余家湾村随机选取14户农户,测定厨房空气中气态氟化物和SO<sub>2</sub>含量;在镇雄县余家湾村和小龙洞乡小米村共选取27间烤房,测定烤房空气中气态氟化物和SO<sub>2</sub>含量。实验数据说明:1)通过降氟炉的使用,厨房空气中气态氟化物日均值含量为3.7 μg·m<sup>-3</sup>,已达到参考值(10 μg·m<sup>-3</sup>)之内;虽然厨房空气中SO<sub>2</sub>1 h均值含量为0.9 mg·m<sup>-3</sup>,已有大幅降低(降幅达93.7%),但依然高于室内SO<sub>2</sub>质量标准值(0.5 mg·m<sup>-3</sup>)。2)镇雄县芒部镇余家湾村和昭阳区小米村烤房空气中气态氟化物日均值含量分别为10.1, 7.2 μg·m<sup>-3</sup>, 接近参考值(10 μg·m<sup>-3</sup>)。镇雄县芒部镇余家湾村和昭阳区小米村烤房空气中SO<sub>2</sub>1 h均值含量分别为14.4, 6.8 mg·m<sup>-3</sup>, 分别为室内SO<sub>2</sub>质量标准值的28.8倍和13.6倍。研究认为烤房空气中气态氟化物和SO<sub>2</sub>的污染程度严重,这会污染烤房中的玉米和辣椒,从而继续危害当地居民健康。因此,要解决昭通地区燃煤型氟中毒问题,必须降低烤房空气中气态氟化物的含量。

**关键词:**燃煤型氟中毒;气态氟化物;SO<sub>2</sub>;烤房;昭通市

中图分类号:X831

文献标志码:A

文章编号:1672-6693(2015)06-0134-06

煤在燃烧过程中,大量的有害物质如硫、氟、砷等被释放出来<sup>[1-3]</sup>。人们暴露于上述物质污染的室内空气中,会患上地方性氟中毒、呼吸系统疾病等多种疾病<sup>[2-3]</sup>。燃煤型氟中毒病区既存在气态氟化物污染<sup>[4-10]</sup>,也存在SO<sub>2</sub>的污染和危害<sup>[11]</sup>。梁超轲等人<sup>[12]</sup>研究表明,高含量的SO<sub>2</sub>与气态氟化物同时存在于空气中,可使氟斑牙病加重。云南省昭通市为中国燃煤型氟中毒病区<sup>[4-10]</sup>,居民所用燃煤为中高硫煤<sup>[13]</sup>。到目前为止,仍缺乏昭通市氟中毒区厨房空气中SO<sub>2</sub>污染程度的具体研究,并且此地区烤房空气中气态氟化物和SO<sub>2</sub>含量污染状况报导也较少<sup>[14-15]</sup>。昭通市于1985年推广和使用降氟炉<sup>[5]</sup>,为此需要了解病区推广使用降氟炉后厨房和烤房环境空气中气态氟化物和SO<sub>2</sub>的污染现状。昭通市镇雄县芒部镇和昭阳区小米村为燃煤型氟中毒重病区,也是降氟炉推广使用最早的地区<sup>[4-9]</sup>。因此,本研究主要就昭通市典型氟中毒地区推广使用降氟炉后的厨房空气中气态氟化物和SO<sub>2</sub>的污染状况展开调查,同时也对该市典型氟中毒地区烤房空气中上述污染物的状况进行了研究,以便为评价降氟炉推广使用效果、评估昭通地区燃煤型氟中毒发病率和改善地氟病区居民生活环境,提供基础数据。

## 1 样品采集和分析方法

### 1.1 研究区概况

研究区选择昭通市镇雄县芒部镇余家湾村(简称余家湾)和昭通市昭阳区小龙洞乡小米村22组(简称小米村22组)(图1)。余家湾村位于芒部镇中心西北1 km,平均海拔1 625 m,年平均气温10.8 °C,年降水量1 388 mm。小龙洞乡位于昭阳区东部,距离昭通市区10.3 km。最高海拔3 152 m,最低海拔1 910 m;年平均气温11 °C,年降水量约750 mm。小米村22组位于小米村东北向约4 km。这两个地区都是降氟炉重点推广地区<sup>[4-8]</sup>。两地区多数农户平时做饭、取暖使用降氟炉,炉火常年不熄灭。由于个别农户经济条件差,无力承担降

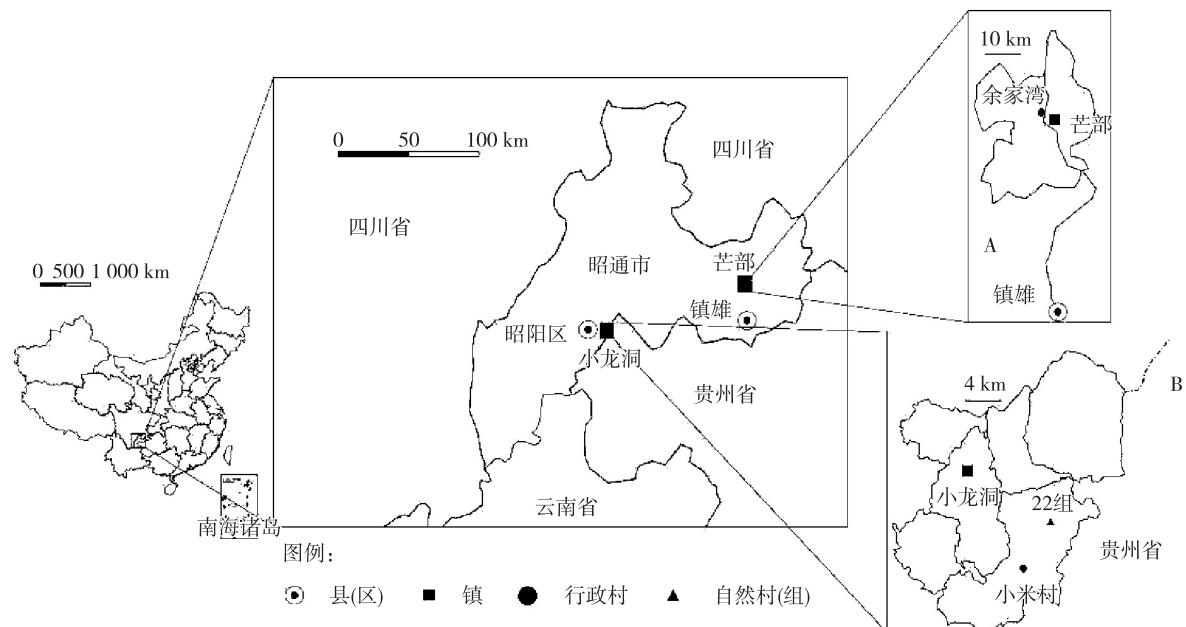
\* 收稿日期:2014-10-11 修回日期:2015-03-18 网络出版时间:2015-9-28 12:01

资助项目:国家重点基础发展研究计划(973计划)(No. 2014CB238906);国家自然科学基金(No. 41172310; No. 41472322)

作者简介:刘永林,男,博士,研究方向为地质环境与健康,E-mail: liu3986130@163.com;通信作者:雒昆利,研究员,E-mail:kunliu@sohu.com

网络出版地址:<http://www.cnki.net/kcms/detail/50.1165.n.20150928.1201.004.html>

氟炉的维修费用,因此当降氟炉坏掉后,改用传统的敞炉做饭和取暖<sup>[9-10]</sup>。烘烤粮食时,在特定的烤房内烘烤,但均使用敞炉烘烤粮食。当地农户厨房和烤房高约 3 m, 面积大约 10~20 m<sup>2</sup>。厨房与卧室、客厅相连通。烤房独立,与其他房间不相连通。



注:A—余家湾;B—小米村 22 组。

图 1 研究区域位置

## 1.2 采样方法

2010 年 10 月 30 日至 2010 年 12 月 4 日在余家湾和小米村 22 组测定厨房和烤房空气中气态氟化物和 SO<sub>2</sub> 含量。为评价降氟炉对降低厨房空气中气态氟化物和 SO<sub>2</sub> 含量的效果, 在余家湾随机选取 7 户使用降氟炉农户和 7 户未使用降氟炉农户作为实验对象。选取余家湾烤房 19 间和小米村 22 组烤房 8 间, 用以评价烘烤玉米和辣椒时, 烤房空气中气态氟化物和 SO<sub>2</sub> 污染状况。

选择实验农户原则: 1) 选择实验农户的房屋结构比较相近并且厨房和烤房房屋材质必须为砖瓦房; 2) 厨房和烤房之间不具有连通性, 即无气体之间的流通, 以免相互影响; 3) 厨房和烤房密闭性良好; 4) 烘烤的玉米量相近。

厨房和烤房空气中气态氟化物的采集采用石灰滤纸法(LTP 法)<sup>[16-17]</sup>。采样时, 采样盒至少距炉子 1.5 m, 高于炉子 1.5 m, 每个房间同时布设 2 个采样点, 取平均值。氟离子选择电极法用于测定气态氟化物含量。具体测定方法与步骤参考《空气与废气监测分析方法(第四版)》<sup>[17]</sup>。SO<sub>2</sub> 含量的测定使用北京新华劳科贸有限公司生产的 HL-2X 便携式气体检测仪进行。现场测定前, 对仪器进行零点校正和量程校正。零点校正: 在洁净空气中开机待数字显示稳定, 调节调零电位器使仪器显示为“000”。零点即调好。量程校正: 将装满标准 SO<sub>2</sub> 气袋通过导气管接到仪器吸入口, 待仪器显示值稳定后调整校正电位器“S”, 使显示值于标样含量值一致, 然后断气。在洁净空气中再观察仪器是否回零, 重复 1 次, 若相差在误差范围内, 则标定结束; 若误差大, 重复以上操作。现场测定 SO<sub>2</sub> 含量时, 进气口距炉灶 1 m, 距地面 1 m, 开启仪器, 使仪器在室内抽气 45 min 后, 记录 SO<sub>2</sub> 读数, 同时记录温度和压强。

## 1.3 计算方法

为更好的理解并与现行的室内空气质量标准进行对比分析, 需要将 LTP 法所测的气态氟化物含量单位  $\mu\text{g} \cdot \text{dm}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$  换算为  $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ 。LTP 法与采样器法结果之间的换算, 已被多数学者广泛研究<sup>[16, 18-19]</sup>。室内换算采用公式<sup>[16]</sup>为:

$$Q = 3.1 + 0.23 \times C (r = 0.9815)$$

其中, C 代表石灰滤纸法测定值(单位:  $\mu\text{g} \cdot \text{dm}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ ), Q 代表采样器法测定值(单位:  $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ )。

由于便携式测硫仪测出的 SO<sub>2</sub> 含量单位为 ppm, 需要换算为  $\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$ 。换算公式为:

$$C_2 = (M/22.4) \times C_1 \times [273/(273+T)] \times (P/101325)$$

其中: $C_1$ 为换算前的  $\text{SO}_2$  测定值(单位:ppm), $C_2$  为换算后的  $\text{SO}_2$  含量值(单位: $\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$ ), $M$  为  $\text{SO}_2$  分子量,即 64; $T$  为对应测点所测温度(单位: $^{\circ}\text{C}$ ); $P$  为对应测点所测大气压强(单位:Pa)。

采用 Excel 2010 软件用于分析数据,Origin Lab 8.0 软件用于绘制箱形图。

## 2 结果与分析

### 2.1 厨房空气中气态氟化物和 $\text{SO}_2$ 含量

降氟炉的作用是将燃煤燃烧生成的煤烟、煤灰等有害物质排出室内,从而达到降低室内空气中有害物质含量的目的。改炉改灶降氟已取得许多较好的成果<sup>[6,14]</sup>。通过测定昭通氟中毒区居民使用改灶降氟炉前后室内空气中气态氟化物含量与  $\text{SO}_2$  含量,以评价降氟炉的除氟和除硫效果。

图 2 显示,未使用降氟炉的厨房空气中气态氟化物含量日均值为  $11.5 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ ,超过参考值( $10 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ )<sup>[20]</sup>, $\text{SO}_2$  1 h 均值含量为  $14.8 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ ,超过室内空气  $\text{SO}_2$  质量标准值( $0.5 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ )<sup>[21]</sup>。当地居民使用降氟炉后,厨房空气中气态氟化物含量日均值为  $3.7 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ , $\text{SO}_2$  1 h 均值含量为  $0.9 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ 。比较改炉改灶前后可知,气态氟化物含量平均降低 68.3%,达到参考值之内; $\text{SO}_2$  含量平

均降低 93.7%,虽未达到质量标准值内,但厨房空气中  $\text{SO}_2$  含量已大幅度的降低,接近室内  $\text{SO}_2$  质量标准值。因此,改炉改灶取得了相当好的效果,但  $\text{SO}_2$  的含量依然高于室内  $\text{SO}_2$  质量标准值。降低燃煤型氟中毒区厨房空气中  $\text{SO}_2$  含量是今后改炉改灶的方向之一。综上所述,降氟炉的使用极大改善了燃煤型氟中毒地区厨房空气质量。

### 2.2 烤房空气中气态氟化物和 $\text{SO}_2$ 含量

昭通氟中毒区,玉米收获的季节,正值秋雨连绵,气候潮湿阴冷。需将收获的鲜玉米和鲜辣椒迅速烘干,以防粮食发霉变质,但由于降氟炉火力小,无法在 10~15 d 内迅速烘干粮食<sup>[22]</sup>,因此当地居民选择使用方便、易手工制作、火力大的敞炉烘烤鲜玉米和鲜辣椒。这样必然会污染烤房内空气,被烘烤的玉米和辣椒也因此会吸附和吸收空气中的有害物质。为此,在快速烘烤鲜玉米和鲜辣椒的时间段中,需评价烤房空气中气态氟化物和  $\text{SO}_2$  污染程度。

图 3 说明,昭通市典型氟中毒区烤房空气中气态氟化物与  $\text{SO}_2$  污染非常严重。余家湾烤房空气中气态氟化物日均值为  $10.1 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ ,最大值为  $28.0 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ ; $\text{SO}_2$  1 h 均值含量为  $14.4 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ ,最大值为  $57.3 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ 。小米村 22 组烤房空气中气态氟化物日均值为  $7.2 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ ,最大值为  $20.7 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ ; $\text{SO}_2$  1 h 均值含量为  $6.8 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ ,最大值为

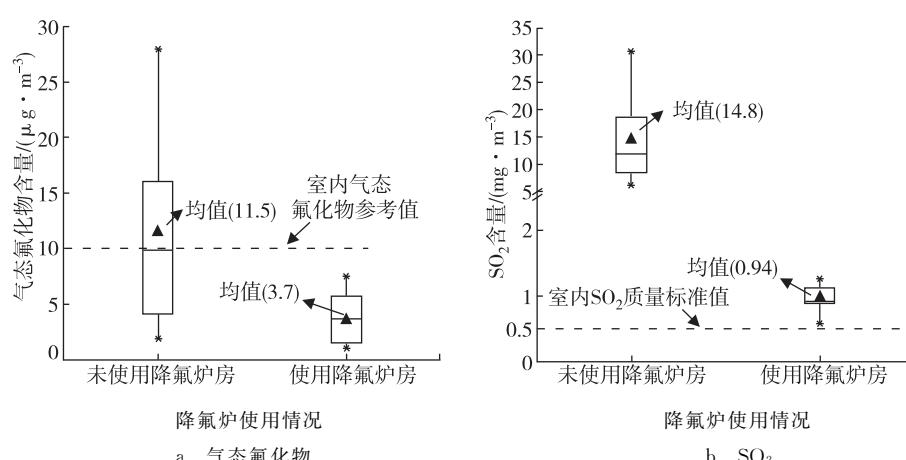


图 2 改造降氟炉前后厨房空气中气态氟化物和  $\text{SO}_2$  含量

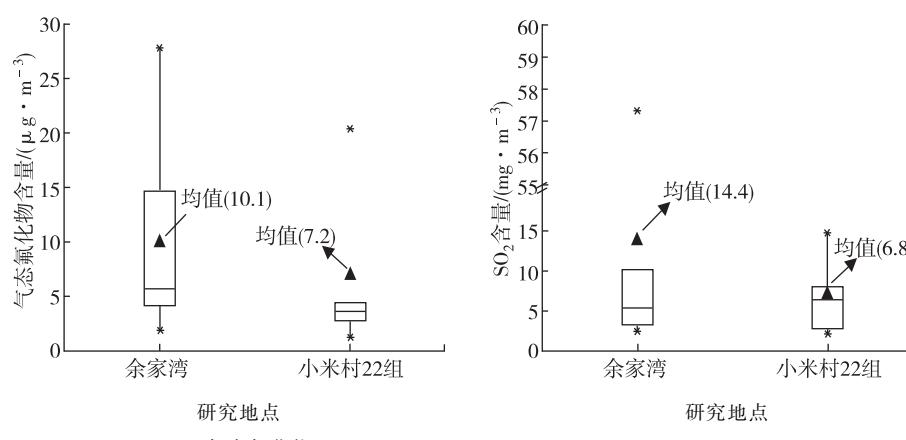


图 3 烤房内空气中氟化物和  $\text{SO}_2$  含量

14.8 mg · m<sup>-3</sup>。余家湾和小米村 22 组烤房空气中 SO<sub>2</sub> 1 h 均值含量分别是室内 SO<sub>2</sub> 质量标准值 (0.5 mg · m<sup>-3</sup>) 的 28.8 倍和 13.6 倍。因此,烤房空气中高含量的气态氟化物和 SO<sub>2</sub> 将会污染玉米和辣椒。

### 3 讨论

云南省昭通市是中国典型的燃煤型氟中毒地区,当地于 1985 年推广和使用降氟炉以改善室内空气环境。由研究结果可知,降氟炉可以明显降低厨房空气中气态氟化物含量,这与前人研究结果相同<sup>[4-8]</sup>。昭通市氟中毒区居民所用燃煤含硫量较高<sup>[13,15]</sup>,而有研究表明高含量的 SO<sub>2</sub> 与气态氟化物同时存在于空气中,可使氟斑牙的病变加重<sup>[12]</sup>;因此昭通市氟中毒区燃煤燃烧释放的 SO<sub>2</sub> 可能会加重昭通地区氟中毒的流行与发生。相对于未使用降氟炉的厨房,已使用降氟炉的厨房空气中 SO<sub>2</sub> 1 h 均值含量虽未达到室内 SO<sub>2</sub> 质量标准<sup>[21]</sup>,但已大幅度降低,这表明降氟炉还可以明显降低厨房空气中 SO<sub>2</sub> 含量(图 2)。

叶枫等人<sup>[6,8]</sup>于 2004 年和 2005 年分别调查了昭通市镇雄县和昭阳区氟中毒患病率,结果表明两地氟斑牙和氟骨症患病率并没有明显降低,并认为可能是降氟炉推广使用率低缘故。雒昆利等人<sup>[22-23]</sup>也发现在使用改灶降氟炉病区和未使用降氟炉病区,烘烤粮食的氟含量全部超标,他们认为主要是当地居民依然使用敞炉烘烤玉米和辣椒的缘故。本研究还显示,虽然降氟炉可以明显降低厨房空气中气态氟化物和 SO<sub>2</sub> 含量,但烤房空气中气态氟化物和 SO<sub>2</sub> 含量并没有得到显著改善(图 3)。这主要是因为当地居民烘烤玉米和辣椒时多使用易手工制作、火力大的敞炉,而不使用火力小、成本高的降氟炉。这也是造成当前使用降氟炉地区氟斑牙和氟骨症患病率没有明显降低、烘干的玉米和辣椒中氟含量依然较高的一个原因。为此,要解决昭通地区燃煤型氟中毒问题,必须从降低烤房空气中气态氟化物和 SO<sub>2</sub> 含量着手,即应在保证快速烘干玉米和降低农民成本的前提下,考虑如何减少敞炉的使用率或如何正确使用敞炉烘烤玉米和辣椒。

### 4 结论

基于云南省昭通市典型氟中毒重病区厨房和烤房空气中气态氟化物和 SO<sub>2</sub> 含量的系统调查和分析,本研究主要得出以下结论:

1) 使用降氟炉后,厨房空气中气态氟化物和 SO<sub>2</sub> 含量明显降低。使用降氟炉的厨房空气中气态氟化物日均值含量为 3.7 μg · m<sup>-3</sup>,平均降低 68.3%,已达到参考值之内(10 μg · m<sup>-3</sup>)。使用降氟炉的厨房空气中 SO<sub>2</sub> 1 h 均值含量 0.9 mg · m<sup>-3</sup>,降低了 93.7%,但依然高于室内 SO<sub>2</sub> 质量标准值(0.5 mg · m<sup>-3</sup>)。

2) 烤房空气中气态氟化物与 SO<sub>2</sub> 污染严重。余家湾烤房空气中气态氟化物日均值和 SO<sub>2</sub> 1 h 均值含量分别为 10.1, 14.4 mg · m<sup>-3</sup>。小米村 22 组烤房空气中气态氟化物日均值和 SO<sub>2</sub> 1 h 均值含量分别为 7.2, 6.8 mg · m<sup>-3</sup>。余家湾和小米村 22 组烤房空气中气态氟化物日均值含量接近参考值,而 SO<sub>2</sub> 1 h 均值含量均超过室内 SO<sub>2</sub> 质量标准值。因此,烤房空气中高含量的气态氟化物和 SO<sub>2</sub> 会污染烘烤的玉米和辣椒。

3) 要解决昭通地区燃煤型氟中毒问题,必须从根本上降低燃煤中氟的释放量,即降低烤房空气中气态氟化物的含量。

### 参考文献:

- [1] Ando M, Tadano M, Asanuma S, et al. Health effects of indoor fluoride pollution from coal burning in China[J]. Environmental Health Perspectives, 1998, 106(5): 239-244.
- [2] Dai S F, Ren D Y, Ma S M. The cause of endemic fluorosis in western Guizhou province, Southwest China[J]. Fuel, 2004, 83(4): 2095-2098.
- [3] Jin Y L, Ma X, Chen X N, et al. Exposure to indoor air pollution from household energy use in rural China: the interactions of technology, behavior, and knowledge in health risk management[J]. Social Science & Medicine, 2006, 62(1): 3161-3176.
- [4] 张永富. 云南地方性氟中毒病区类型的形成特征与环境氟之关系[J]. 云南医药, 1990, 11(3): 167-169.  
Zhang Y F. The formation characteristics of endemic fluorosis and the relationship with fluoride in environment in Yunnan province[J]. Yunnan Medicine, 1990, 11(3): 167-169.
- [5] 叶枫, 杨桂荣, 彭何碧, 等. 2002 年云南省昭通市燃煤型氟中毒调查结果分析[J]. 地方病通报, 2004, 19(2): 63-64.  
Ye F, Yang G R, Peng H B, et al. Investigation result and analysis of endemic coal-burning fluorosis in Zhaotong city, Yunnan province in 2002 [J]. Endemic Disease Bulletin,

- 2004,19(2):63-64.
- [6] 叶枫,杨桂荣,彭何碧,等.镇雄县燃煤型氟中毒重点调查结果分析[J].地方病通报,2004,19(1):41-42.  
Ye F, Yang G R, Peng H B, et al. Key-point investigation result and analysis of endemic coal-burning fluorosis in Zhenxiong county [J]. Endemic Disease Bulletin, 2004, 19 (1):41-42.
- [7] 叶枫,王伟安,杨春光,等.2002、2003年云南省昭通市昭阳区地方性氟中毒重点监测汇总分析[J].中国地方病学杂志,2005,24(5):561-563.  
Ye F, Wang A W, Yang C G, et al. Summary of the surveillance of endemic coal-burning fluorosis in Zhaoyang district in 2002 and 2003 [J]. Chinese Journal of Endemiology, 2005, 24(5):561-563.
- [8] 叶枫,王伟安,彭何碧,等.2003年昭通市昭阳区燃煤型地方性氟中毒监测报告[J].中国地方病学杂志,2005,24(1):109.  
Ye F, Wang A W, Peng H B, et al. Monitoring report of endemic coal-burning fluorosis in Zhaoyang district, Zhaotong city in 2003 [J]. Chinese Journal of Endemiology, 2005, 24 (1):109.
- [9] 雉昆利,李会杰,冯福建,等.云南昭通氟中毒区煤、土和水中氟的含量与分布[J].煤炭学报,2007,32(4):363-368.  
Luo K L, Li H J, Feng F J, et al. Content and distribution of fluorine in rock, clay and water in fluorosis area Zhaotong, Yunnan province [J]. Journal of China Coal Society, 2007, 32(4): 363-368.
- [10] 雉昆利,李会杰,陈同斌,等.云南昭通氟中毒区煤、烘烤粮食、黏土和饮用水中砷、硒、汞的含量[J].煤炭学报,2008,33(3):289-294.  
Luo K L, Li H J, Chen T B, et al. Content of arsenic, selenium, mercury in the coal, food, clay and drinking water in the Zhaotong fluorosis area, Eastern Yunnan province [J]. Journal of China Coal Society, 2008, 33(3):289-294.
- [11] 安冬,何光媛,王泉弟,等.室内敞灶燃煤所致二氧化硫、砷、氟污染及其危害[J].环境与健康杂志,1995,12(4):167-169.  
An D, He G H, Wang Q D, et al. Indoor pollution by coal smoke containing sulphur, arsenic and fluorine and their influence on human's health [J]. Journal of Environment and Health, 1995, 12(4):167-169.
- [12] 梁超柯,何兆龙,曹和赣,等.煤烟型氟中毒模拟实验及二氧化硫对氟中毒的影响[J].卫生研究,1993,22(3):148-151.  
Liang C K, He Z L, Cao H G, et al. Study on the joint effect of fluoride and sulphur dioxide from indoor coal burning on experimental animal through natural inhalation [J]. Journal of Hygiene Research, 1993, 22(3):148-151.
- [13] 李会杰.云南昭通氟中毒区燃煤氟、硫、砷等污染的综合防治技术研究[D].北京:中国科学院研究生院,2008.  
Li H J. Research on the integrative technologies of preventing and curing the fluorine, sulfur, and arsenic pollution caused by coal combustion in Zhaotong Fluorosis [D]. Beijing: Graduate University of Chinese Academy of Sciences, 2008.
- [14] 汪梅,王希荣,贾茂.青岗岭村2000年燃煤污染型氟中毒监测结果分析[J].中国地方病杂志,2001,16(6):361-362.  
Wang M, Wang X R, Jia M. Monitoring results and analysis of endemic fluorosis in Qinggangling village in 2000 [J]. Chinese Journal of Endemiology, 2001, 16 (6): 361-362.
- [15] 刘玉玲,罗开林,李玲,等.氟化物和二氧化硫室内污染情况及控制[J].大气环境科学,2013,77(5):725-737.  
Liu Y L, Luo K L, Li L, et al. Fluoride and sulphur dioxide indoor pollution situation and control in coal-burning endemic area in Zhaotong, Yunnan, China [J]. Atmospheric environment, 2013, 77(5):725-737.
- [16] 李华兵,冬新华,饶绍权,等.石灰滤纸法监测室内空气氟的适用性[J].中国地方病杂志,1989,4(6):377-382.  
Li H B, Dong X H, Rao S Q, et al. Applicability of lime filter paper method for monitoring fluoride in air [J]. Chinese Journal of Endemiology, 1989, 4(6):377-382.
- [17] 国家环境保护总局,空气和废气监测分析方法编委会.空气与废气监测分析方法[M].4版.北京:科学出版社,2003.  
Ministry of Environmental Protection of the People's Republic of China. Methods for chemical analysis of air and exhausted gas [M]. 4th edition. Beijing: Science Press, 2003.
- [18] 武夏萍.大气中氟化物浓度的测定—石灰滤纸法[J].中国环境监测,1982,1(2):301-304.  
Wu X P. Determination of the fluoride content in air-lime filter paper method [J]. Environmental Monitoring of China, 1982, 1(2):301-304.
- [19] 刘超,吴方正,汤良玉,等.大气氟污染对蚕桑生产环境影响评价研究[J].农业环境科学学报,1991,10(2):52-55.  
Liu C, Wu F Z, Tang L Y, et al. The Study on evaluation of the effects for air pollution of fluorine on production environment of mulberry and silkworm [J]. Journal of Agro-environmental Science, 1991, 10(2):52-55.
- [20] 梁超柯,李文华,马凤.煤烟型氟中毒地区室内空气氟卫生标准的研究[J].中国公共卫生学报,1992,11(6):325-327.  
Liang C K, Li W H, Ma F. Study on hygienic standard of fluoride in indoor air for coal smoke fluorosis areas [J]. China Journal of Public Health, 1992, 11(6):325-327.
- [21] 国家质量监督检验检疫总局.GB/T 18883-2002,室内空气质量标准[S].北京:中国标准出版社,2003.  
General Administration of quality supervision: GB/T

- 18883-2002, indoor air quality standard [S]. Beijing: China Standard Press, 2003.
- [22] 雍昆利, 李会杰, 牛彩香. 滇黔“燃煤污染型”氟中毒重症区粮食氟和砷污染的主要途径 [J]. 地质论评, 2010, 56 (2): 289-298.
- Luo K L, Li H J, Niu C X. Fluorine and arsenic pollution route of grain in Yunnan-Guizhou "coal-burning" endemic fluorosis area [J]. Geological Review, 2010, 56 (2): 289-298.
- [23] Luo K L, Li L, Zhang S X. Coal-burning roasted corn and chili as the cause of dental fluorosis for children in southwestern China [J]. Journal of Hazardous Materials, 2011, 185(10): 1340-1347.

## Pollution Characteristics of Gaseous Fluoride and SO<sub>2</sub> in the Kitchen and Baking Room in the Coal-burning Fluorosis Area in Zhaotong City, Yunnan Province

LIU Yonglin<sup>1,2</sup>, LUO Kunli<sup>2</sup>, LI Ling<sup>2</sup>

(1. Geography and Tourism College, Chongqing Normal University, Chongqing 401331;

2. Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China)

**Abstract:** To investigate the pollution status of the gaseous fluorides and sulfur dioxide (SO<sub>2</sub>) in the kitchen and the baking room in the coal-burning fluorosis area in Zhaotong city, Yunnan Province, 14 households were chosen to determine the gaseous fluorides and sulfur dioxide in the kitchen in Yujiawan village, Mangbu township, Zhenxiong County. And 27 households were chosen to determine the gaseous fluorides and sulfur dioxide in the baking room in Yujiawan village, Mangbu township and Group 22, Xiaomi village, Xiaolongdong township, Zhaoyang city. The result showed that: 1) the gaseous fluoride concentration ( $3.7 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ ) in the kitchen using improved coal stove was within the reference value ( $10 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ ). The SO<sub>2</sub> concentration ( $0.9 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ ) in the kitchen using improved coal stove had a greater decrease (93.7% decreasing amplitude), but it was still higher than indoor air quality standard ( $0.5 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ ). 2) The average concentration of gaseous fluoride in the baking room in the Yujiawan ( $10.1 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ ) and Group 22, Xiaomi village ( $7.2 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ ) was closed to the reference value ( $10 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ ). And the average concentration of SO<sub>2</sub> in the baking room in the Yujiawan ( $14.4 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ ) and Group 22, Xiaomi village ( $6.8 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ ) was exceeded indoor air quality standard ( $0.5 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ ). The pollution level of gaseous fluoride and SO<sub>2</sub> in the baking room was serious. And the gaseous fluoride and SO<sub>2</sub> in the baking room would pollute the corn and chillies. Therefore, for solving the coal-burning fluorosis in Yunnan, the fluoride release quantity of coal must fundamentally be reduced.

**Key words:** coal-burning fluorosis; gaseous fluorides; sulfur dioxide; baking room; Zhaotong city

(责任编辑 方 兴)