

• 专题研究 •

电解铝作业工人尿氟对健康监护作用的研究*

沈凌汛 黄安斌 张海谋 陈荣安 王 胜 石行军 甘宏俐 朱宝玉

在电解铝过程中有气态氟化物(HF)和粉尘状氟化物(Na_3AlF_6 等)散发到生产环境空气中,可通过工人呼吸道或消化道进入体内,并很快从尿排出,但若氟化物摄入过多,则可对机体产生影响。本文拟结合铝厂氟接触工人20年的健康监护资料,对尿氟的排泄规律、尿氟与空气氟的关系及健康监护的作用进行探讨。

1 内容与与方法

各铝厂电解车间厂房结构及生产规模相近似,电解铝采用溶盐电解法,为连续旁插自焙槽生产,电解槽双排列,计24个槽。生产过程中,各工序以手工操作为主,机械操作为辅,防护措施以自然通风为主,机械通风为辅。电解生产的工种有电解工、阳极工、天车工和出铝工等,实际工作班时间分别为6、3、2小时。

1.1 工作班定点采样

电解车间中走道中间6号槽呼吸带,上午7点到下午3点用纤维滤膜连续采样,每小时检测1次,观察2天,获工作班空气氟浓度变动曲线。

1.2 不同工种个体工作班采样

选电解工、阳极工、天车工各1人,佩带个体采样器,从上班开始到下班截止,跟班连续采样分析,获平均空气氟浓度和工作班氟接触量。

1.3 尿氟测定

第一次观察电解工21名,采集班前尿(晨尿),上班后分别采集班中、班末和下班后4小时的全部尿样以及次日班前尿,分别检测其尿氟含量和24小时混合后尿氟含量;第二次观察电解工22名,经观察24小时尿氟排出情况后,立即脱离氟接触3天,分别采集检测各天班前尿氟含量变化。

以上空气氟和尿氟浓度测定均采用氟离子选择电极法。

* 湖北省教委资助课题

作者单位: 430022 武汉 同济医科大学附属协和医院(沈凌汛、黄安斌、张海谋、陈荣安), 铝厂协作组(王胜、石行军), 湖北省劳动厅(甘宏俐、朱宝玉)

2 结果

2.1 氟吸收与排泄规律

第一次21名工人尿氟检测结果(图1)表明,尿氟平均水平明显高于正常人群尿氟上限(1.5mg/L)。24小时内不同时段尿氟变动情况显示,上班后尿氟很快上升,上班4小时尿氟(2.23mg/L)比班前尿氟(1.62mg/L)增加37.6%,班末尿氟最高(2.42mg/L),下班后4小时仍持续在较高水平,而后开始下降,次日班前尿氟(1.67mg/L)降至与前一天班前尿氟相近。各时段尿氟均值升降呈抛物线规律,抛物线方程为 $\hat{Y} = 1.7020 + 0.1225X - 0.0052X^2$,经 χ^2 检验, $\chi^2 = 0.0221$,理论分布与实际分布无显著差异。

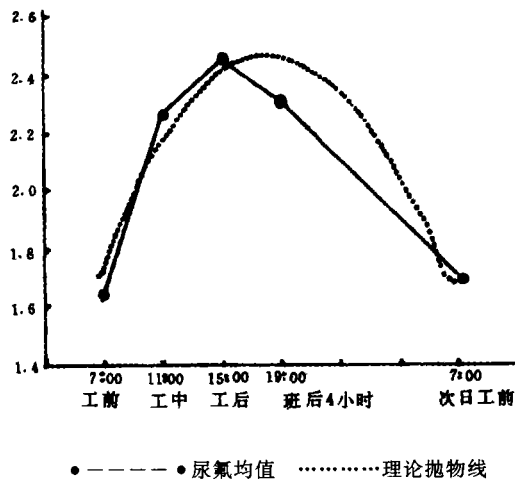


图1 电解工人24小时尿氟变动曲线

第二次22名电解工人24小时尿氟变动同上,脱离氟作业3天的尿氟变动情况见图2,第二天晨尿尿氟(1.75mg/L)稍低于前一天晨尿尿氟(1.82mg/L),第三天和第四天分别为1.90与1.62mg/L,经分析,各天晨尿尿氟均无显著性差异。

2.2 氟接触量的估算

根据不同工种个体工作班跟班采样检测结果,电

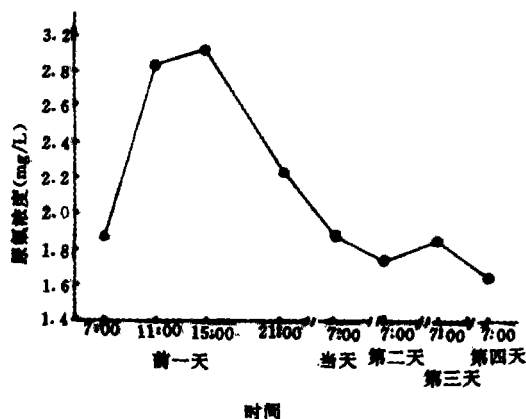


图2 电解工人24小时及脱离作业三天尿氟变动情况

解工的接氟平均浓度为 $0.72\text{mg}/\text{m}^3$, 工作班总接触量为 4.2mg ; 阳极工的接氟平均浓度为 $0.96\text{mg}/\text{m}^3$, 工作班总接触量为 2.9mg ; 天车工的接氟平均浓度为 $1.14\text{mg}/\text{m}^3$, 工作班总接触量为 2.3mg ; 厂内机修工人(对照组)的总接氟量为 0.4mg ($0.06\text{mg}/\text{m}^3$, 6h)。同时对电解工24小时尿氟的检测表明, 24小时尿氟平均含量为 $2.1\text{mg}/\text{L}$, 日平均排出量 3.4mg , 提示以上水平的工作班接氟量, 24小时内基本上可随尿排出。

2.3 空气氟与尿氟关系

对工作班定点连续采样及分段空气氟浓度测定结果(图3)表明, 上班1小时后空气氟明显上升, 且升高较快, 到上班3小时达最高峰, 而后随生产过程结束, 空气氟很快下降。比较电解工人工作班空气中氟水平和24小时尿氟变动情况(图3)可见, 工人尿氟与空气氟及接触时间有密切的关系, 脱离接触后, 工人尿氟很快下降。

3 讨论

Raja 等^[1,2]认为尿氟资料不能作为工业性氟病的惟一诊断依据, 但可反映氟接触状况, 是进行氟作业工人健康监护和管理的重要指标之一。Czarnowski^[3]用大鼠作氟药代动力学实验发现, 尿氟的排泄规律呈两相: $0\sim 48$ 小时为快相, $72\sim 168$ 小时为慢相, 其中第三天($48\sim 72$ 小时)尿氟有一个升高期。Yang 等^[4,5,6]的研究表明, 尿氟水平的高低与空气氟浓度有密切的关系, 班前尿氟排泄率可反映骨氟蓄积情况, 班中尿氟排泄量和氟接触量有显著相关性, 而班后尿氟可反映群

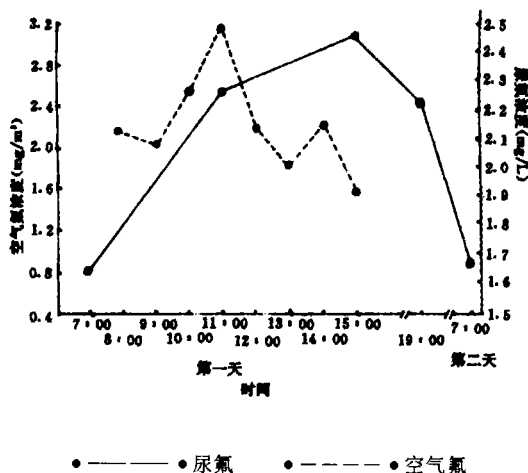


图3 工作班氟暴露与尿氟连续观察结果

体接氟量而有助于评估氟接触程度。Spencer^[7]监测氟作业工人平均每天氟接触量为 4.3mg , 而体内仅存留约 1mg 。Harold^[8]认为当空气氟 $< 2.5\text{mg}/\text{m}^3$ 、尿氟 $< 4\text{mg}/\text{L}$ 时不会引起氟骨症, 若尿氟 $> 4\text{mg}/\text{L}$ 则表示氟接触过量。

20年的动态观察资料分析表明, 由于综合性防治措施的实施, 各铝厂电解车间空气氟平均浓度波动在 $1.5\sim 2.0\text{mg}/\text{m}^3$, 低于美国NIOSH制订的 $2.5\text{mg}/\text{m}^3$ 标准^[9], 工人尿氟 $< 2.0\text{mg}/\text{L}$, 个体尿氟虽有超过 $4\text{mg}/\text{L}$ 者, 但未呈持续性, 且多见于班末尿氟, 即使日平均空气氟浓度 $2.0\text{mg}/\text{m}^3$ 左右, 或工作班氟接触量达 4mg 上下, 并引起尿氟明显升高, 但24小时内仍可基本排出, 未表现出机体氟负荷明显升高或氟蓄积。在从事氟作业15~20年的工人中未见工业氟病患者。观察结果认为: (1) 定点采样检测空气氟浓度可用来评价工作环境中氟危害性及防护措施的效果; (2) 班末尿氟可反映氟接触程度及劳动条件优劣; (3) 班前尿氟可反映体内氟负荷, 有助于评估对工人健康的影响程度; (4) 班后班前尿氟之差或个体工作班采样则有助于估算氟接触量。这些指标对氟作业工人健康监护及管理可能具有实际意义, 在我国电解铝业及其他氟作业行业的推广是可行的。

4 参考文献

- 1 Raja RD, et al. Urinary fluoride excretion in skeletal fluorosis. *Fluoride*, 1984, 17: 243
- 2 Waldbott GL. Editorial-The value of urinary fluoride Determinations. *Fluoride*, 1982, 15: 109
- 3 Czarnowski W, et al. Urinary fluoride in workers and rats

- exposed to phosphorites. Fluoride 1987, 20: 79
- 4 Yang Z, et al. Industrial fluoride pollution in the metallurgical industry in China. Fluoride, 1987, 20: 118
 - 5 Ehrnebo M, et al. Occupational fluoride exposure and plasma fluoride levels in man. Int Arch Occup Environ Health, 1986, 58: 179
 - 6 Humio T, et al. Health survey of workers of an aluminum plant in China. Fluoride, 1991, 24: 62
 - 7 Spencer H, et al. Studies of fluoride metabolism in man.

Sci Total Environ, 1981, 17: 1

- 8 Harold C, et al. Occupational fluoride exposure. JOM, 1977, 19 (1): 12
- 9 U. S. NIOSH, Criteria for a recommended ... occupational exposure to inorganic fluoride. 1975. U. S. Department of Health, Education, and Welfare, Public Health Service, Center for Disease Control

(收稿: 1996-05-06 修回: 1996-10-21)

矿山粉尘游离二氧化硅测定的采样及处理方法问题研究

刘占元 邓虹 高树贵

粉尘中的游离二氧化硅是引起尘肺的主要病因,是评价粉尘危害性质的主要指标,多数国家、组织的粉尘卫生标准是以游离二氧化硅含量多少而分档的。我国粉尘卫生标准亦是根据游离二氧化硅含量而制定的,游离二氧化硅含量分别为 $>80\%$, $50\% \sim 80\%$, $10\% \sim 50\%$, $<10\%$;则最高容许浓度依次为 $1\text{mg}/\text{m}^3$, $1.5\text{mg}/\text{m}^3$, $2\text{mg}/\text{m}^3$, $10\text{mg}/\text{m}^3$ 。因此测定粉尘中游离二氧化硅含量就成为粉尘监测工作中一项重要内容。但在采样和处理方法上尚存在一些问题。在工厂由于原料相对稳定,采样的时空代表性尚好解决,但在矿山由于地质情况复杂,作业场所空气中粉尘组分变化较大,因此采样和处理问题就更为突出。通过对Y矿多年来累积的比较完整的监测资料的分析,对矿山粉尘游离二氧化硅标本的采样及处理方法问题讨论如下。

1 材料与方法

1.1 资料来源

Y矿1956~1984年作业场所粉尘监测中游离二氧化硅测定资料。Y矿1986~1991年粉尘卫生标准研制课题中累积的二氧化硅分析资料。

1.2 采样方法

有计划地按生产进度在不同时期、不同作业场所采集(吸出式)局部通风进风口过滤网上新鲜积尘。

根据地质部门提供的资料和主要围岩样品,经粉碎、取样、分析后按围岩构成比计算围岩中游离二氧化硅加权平均含量。

1.3 分析方法

作者单位:110005沈阳 辽宁省劳动卫生职业病防治所(刘占元、邓虹),杨家杖子矿务局职业病防治所(高树贵)

统一用焦磷酸重量法,分析时用平行样品,合格样品取平均值。

2 结果

2.1 1956~1984年间,按计划于不同作业场所共采集游离二氧化硅分析样品617份,测定结果见图及表1。

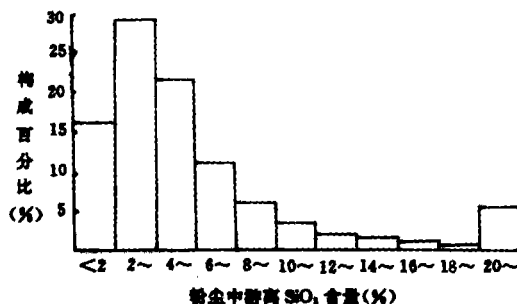


图 Y矿617份粉尘样品游离SiO₂含量(%)分布图

表1 617份SiO₂分析样品测定结果

SiO ₂ 含量(%)	样品数(n)	构成百分比(%)
~5	417	67.6
~10	107	17.4
~20	59	9.6
>20	34	5.5
总计	617	100

2.2 从图可见样品中SiO₂含量呈偏态分布,据此以下所有平均值的计算均为几何平均数。全矿617份样品总平均值及各年平均值计算结果如表2。

2.3 将采样地点按距地表深度进行整理,不同深度作业面粉尘中游离SiO₂含量分布见表3。