limits for selected vegetable dust. Technical report series 684, Geneva: World Health Organization, 1982
2 陆培廉,叶葶葶,龚梓初,等. 棉尘病调查中的几个环节. 中华劳动卫生职业病杂志, 1984, 2: 120
3 马庆晏. 内毒素对有机粉尘的污染及其吸入致肺损伤的机制. 国外医学卫生学分册, 1992, 2: 69
4 Rylander R. The role of endotoxin for reactions after exposure to cotton dust. A J Ind Med, 1987, 12: 687
5 Sandestrom T, Bjermer L, Rylander R. Lipopolisaccaride (LPS) inhalation in health subjects increases neutrophils, lymphocytes and fibronectin levels in bronchoalveolar lavage fluil. Fur Respir J, 1992, 5: 992

# 低浓度己内酰胺对作业工人健康影响的调查

徐贻萍　马伯　王湘苏　王民生　张　琳　李　郑

己内酰胺 (caprolactam), 主要用于制备己内酰胺树脂、聚己内酰胺纤维 (俗称卡普隆) 和人类皮革等, 是一种重要的纺织化工原料。其生产原料主要有氢气, 在苯环上加氢后成为环己烷, 再氧化成环己酮, 经磷酸羟醇化成环己酮肟, 经分子重排, 生成粗制的己内酰胺, 然后用溶剂三氯己烯及水进行萃取, 制成较纯的己内酰胺, 蒸馏、结晶成乳白色片的己内酰胺成品。国内外对己内酰胺的毒性研究表明, 己内酰胺属低毒类, 主要作用于中枢神经, 特别是脑干, 可引起实质脏器的损害。为做好己内酰胺的安全生产, 本文运用现况调查的流行病学研究方法, 作了本次调查。

## 1　材料与方法

### 1. 1　对象

选择南化公司某化工厂己内酰胺作业工人 125名 (男 77名, 女 48名) 为接触组, 平均年龄 29.3±8.4岁 (20~57岁), 平均工龄 9.4±8.7年 (1~36年)。以同公司无毒物、粉尘接触史的工人 120名 (男 56名, 女 64名) 为对照组, 平均年龄 33.1±6.8岁 (20~49岁), 平均工龄 12.6±6.5年 (1~28年)。两组工人均无重大疾病史。

### 1. 2　毒物浓度测定

每个工段设 2个采样点, 用串联 2个各装 5ml水的冲击式吸收液采样, 流量为 3升/分钟, 时间为 5分钟, 采样仪为武汉产 FC-2型粉尘采样器。样品用滤膜称重法于当天测定。

### 1. 3　调查方法

对受检工人进行常规健康检查, 包括问诊、体格检查和化验检查; 生化指标包括 ALT、GGT、ALP、CRE、尿 γ-GT等; 遗传学指标包括外周血淋巴细胞染色体畸变分析和外周血淋巴细胞微核率分析。

### 1. 4　外周血淋巴细胞染色体畸变及微核试验

取外周抗凝血 0.5ml于 PRIM 1640培养基中 (血与培养液之比 1∶10), 加入植物血凝素 (PHA) 0.1ml于 37℃下培养 54小时, 于收获前 4小时加入秋水仙素, 终浓度为 0.15μg/ml, Giemsa染色, 油镜下观察分析染色体数目及结构, 计算细胞畸变率, 微核试验按薛氏报道方法略加修改进行, 每份样品计数 1 000只淋巴细胞, 计算微核率。

## 2　结果

### 2. 1　车间空气己内酰胺监测结果

按照 GB5784-85《作业场所空气中粉尘测定方法》进行, 采样时共测 4个点, 8个样品, 分别为 0、0、0.36、0.37、3.45、4.14、6.21、7.93 (mg/m³)。因工人生产岗位不固定, 4个点轮转, 且有一个点浓度为 0, 故取其中位数, 接触组的己内酰胺暴露浓度为 3.79mg/m³。

### 2. 2　己内酰胺对作业工人健康的影响

2.2.1　对照组与接触组基本情况的比较　接触组和对照组的基本情况, 经 $U$检验, 平均工龄、平均年龄以及男女性别之间均无显著性差异 ($P>0.05$)。接触组男性吸烟率为 43.06%, 对照组男性吸烟率为 55.36%, 略高于接触组, 经统计学检验差异无显著性; 两组女性无一例吸烟。

2.2.2　自觉症状　接触组工人的失眠、食欲不振、恶心等症状的出现率与对照组相比差异有显著意义 ($P<0.05$), 见表 1。

作者单位: 210037南京　江苏省职业病防治研究所 (徐贻萍、马伯、王湘苏、王民生), 南京化学工业公司医院职业病防治所 (张琳、李郑)

?1994-2017 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnk

61mg/m³ 浓度下和实验室工作人员在 16~ 17mg/m³ 浓度下工作，可出现鼻干、鼻衄、上呼吸道炎症、胃烧灼等症状；本次调查接触组的自觉症状阳性率较对照组高，以失眠、食欲不振、恶心症状较为突出。有报道职业性暴露己内酰胺可致妇女受孕能力下降、月经紊乱、妊娠及分娩并发症发病率增多，本文调查结果除痛经率较高（$P < 0.01$）外，其他无明显异常，在妊娠结局方面也无异常发现，这可能与接触浓度较低、样本量较少有关。

3.2　本次调查提示接触组和对照组在生化指标上无明显差异，仅接触组的 BUN 与工龄有一定的相关性。提示己内酰胺对血清酶影响不大。

3.3　己内酰胺的遗传毒性很少见报道，由于生产己内酰胺的原料及生产的中间体（主要有苯、环己酮、环己烯等）均为有毒的有机化合物，其中苯等具有明显的遗传毒性，故本次调查进行了外周血淋巴细胞染色体畸变细胞率和微核率的检查。结果表明在己内酰胺空气浓度为 3.79mg/m³ 下，接触组和对照组的外周血淋巴细胞染色体细胞畸变率和微核率无明显差别，但在与吸烟的关系分析中发现，吸烟与己内酰胺之间在对机体遗传效应方面可能存在协同作用，所以应做好对生产工人的卫生宣教，己内酰胺作业工人应戒烟，以防止吸烟增强毒物对职业人群的危害。并提示接触己内酰胺的吸烟人群可能为高危人群，应重点加强健康监护工作。通过本次调查，认为现行的己内酰胺国家卫生标准（10mg/m³）是可行的。

（收稿：1996-12-16　修回：1997-02-17）

# 硅藻土尘肺发病研究

江华丰　陈培兴　赵强华　许天培　梁云生

硅藻土是单细胞水生植物硅藻的残骸沉积物。它的形体极为微小，一般只有十几微米到几十微米，最小的不足 1微米[1]。硅藻土是生产石油、化工、食品及医药等液体过滤助滤剂的原料，并广泛用作为吸附剂、保温及耐火材料等。关于硅藻土粉尘对人体的危害，国内报道不多，仅有硅藻土粉尘致大白鼠肺纤维化作用的病理资料及车间空气卫生标准的研究[2,3]，我们从 1991年开始，对腾冲县助滤剂厂的劳动卫生状况和硅藻土尘肺发病进行了研究，现报告如下。

## 1　基本情况

腾冲县助滤剂厂始建于 1986年，1987年 5月建成投产。以硅藻土为原料，生产助滤剂，年生产能力为 300吨。有一线生产工人 31人，其中接触熟硅藻土 25人。1992年底，对老生产线进行技术改造，扩建成一条年产 5 000吨硅藻土助滤剂的现代化生产线，1993年 5月建成投产，第一线生产工人增至 120人。

## 2　劳动卫生学调查

### 2.1　硅藻土矿化学组成

腾冲县助滤剂厂使用的硅藻土矿含 $SiO_2$ 81.2% ~ 94%，$TiO_2$ 0.21% ~ 0.28%，$Al_2O_3$ 4.15% ~ 14.1%，$Fe_2O_3$ 0.63% ~ 1.86%，MnO 0~ 0.02%，MgO 0.14% ~ 0.31%，CaO 0.32% ~ 0.33%，$Na_2O$ 0.17% ~ 0.45%。

### 2.2　车间粉尘浓度及游离 $SiO_2$ 含量，分散度测定结果

见下表。

车间粉尘浓度、游离 $SiO_2$ 含量、分散度测定结果

| | 游离 $SiO_2$ 含量 (%) | 粉尘浓度 (mg/m³) | 分散度 (μm) (%) | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | < 2 | ~ 2 | ~ 5 | ~ 10以上 |
| 原　土 | 4.03 | | | | | |
| 烘干车间 | | 26.7 | 5 | 28 | 42 | 25 |
| 风选车间 | 30.5 | 10.9 | 7 | 27 | 47 | 19 |
| 混料车间 | 38 | 35.6 | 8 | 32 | 41 | 19 |
| 成品车间 | 52.7 | 88.1 | 13 | 39 | 28 | 20 |

## 3　体检资料及 X线诊断结果分析

至 1995年底，在 109名生产人员中，确诊尘肺 10例（患病率为 9.17%），其中Ⅰ期 4例，Ⅱ期 5例，Ⅲ期 1例。患者均为隧道窑生产线的成品粉碎工和过筛

作者单位：650216昆明　云南省职业病防治研究所（江华丰、陈培兴、许天培、梁云生），云南省腾冲县卫生防疫站（赵强华）

?1994-2017 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnk

表 1　己内酰胺接触组工人与对照组工人自觉症状出现率比较

| 组别 | 人数 | 头痛 | | 失眠 | | 多梦 | | 食欲不振 | | 恶心 | | 腹痛 | | 腰痛 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 例数 | % | 例数 | % | 例数 | % | 例数 | % | 例数 | % | 例数 | % | 例数 | % |
| 接触组 | 125 | 13 | 10.7 | 11 | 8.1* | 7 | 5.4 | 5 | 3.6* | 7 | 5.4* | 16 | 12.5 | 10 | 8.0 |
| 对照组 | 120 | 6 | 5.0 | 2 | 1.7 | 2 | 1.7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 11 | 9.2 | 6 | 5.0 |

* $P < 0.05$

2.2.3 生化指标检测结果　比较两组各项生化指标(表 2),差异无显著意义 ($P > 0.05$)。生化指标与接触时间 (工龄) 之间的相关分析表明,仅 BUN 与工龄之间呈现一定的相关性 ($Y = 2.793 + 1.315X$, $r = 0.22$, $P < 0.05$),这种相关性在对照组人群中则未见到。

表 2　己内酰胺对两组工人的生化指标影响 ($\bar{x} \pm s$)

| 组别 | 人数 | ALT (U/L) | GGT (U/L) | ALP (U/L) | CRE (μmol/L) | BUN (mmol/L) | 尿γ-GT (U) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 接触组 | 125 | 25.23±16.80 | 21.30±43.10 | 68.94±24.54 | 85.19±14.84 | 4.96±1.47 | 69.60±48.38 |
| 对照组 | 108 | 27.53±23.47 | 21.45±20.88 | 80.83±24.92 | 82.63±18.02 | 5.24±1.42 | 66.95±35.39 |

2.2.4 己内酰胺对女工月经状况及妊娠结局的影响　表 3列出了两组女工的月经状况情况,接触组痛经出现率 (37.5%),明显高于对照组 (12.5%),差异有显著意义 ($P < 0.01$)。两组均未发现自然流产。

表 3　两组女工的月经状况比较

| 组别 | 人数 | 平均初潮年龄 | 平均月经周期 (天) | 平均行经期 (天) | 痛经出现率 (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| 接触组 | 48 | 14.63±1.28 | 28.98±2.79 | 5.13±0.91 | 37.5* |
| 对照组 | 64 | 15.30±1.77 | 29.33±4.90 | 5.38±1.85 | 12.5 |

* $P < 0.01$

2.2.5 外周血淋巴细胞染色体畸变细胞率的检测结果　己内酰胺接触工人平均外周血染色体畸变细胞率为 1.54%,与对照组人群 (1.24%) 相比,无统计学差异 ($P > 0.05$)。接触组中男性和女性工人平均染色体畸变细胞率分别为 1.62%和 1.41%,与对照组人群相比 (1.24%和 1.23%) 差异也无显著性意义 ($P > 0.05$),但接触组吸烟工人平均染色体畸变细胞率为 2.50%,高于对照组吸烟者的染色体畸变细胞率 (1.36%, $P < 0.05$),而接触组非吸烟者的平均染色体畸变细胞率 (1.13%) 与对照组人群中不吸烟者 (1.03%) 相近 ($P > 0.05$),提示吸烟与己内酰胺之间在对机体遗传效应方面可能存在协同作用。分析染色体畸变类型未发现己内酰胺引起染色体数目的改变,接触组作业工人染色体核型均为正常的二倍体核型,染色体结构畸变类型以染色体断裂和染色单体断裂为主,其他偶见末端缺失、微小体等。

2.2.6 外周血淋巴细胞微核率的检测结果　对照组人群微核率为 36.7%,未检出率为 63.3%;94.1%的对照人群其微核率在 2‰的正常判断值以内,仅 5.8%的对照人群微核率在 2‰以上,这一结果与文献报道相近。己内酰胺接触的微核检出率为 39.2%,未检出率为 60.8%,与对照组人群相比差异无显著性 ($P > 0.05$);微核率 < 2‰者占 89.6%,与对照组相比,差异无显著意义 ($P > 0.05$);10.4%的人微核率 > 2‰,但与对照组相比,差异也无显著意义 ($P > 0.05$),与外周血淋巴细胞染色体畸变检测结果相一致 (表 4)。

表 4　外周血淋巴细胞微核率检测结果

| 微核率 (‰) | 对照组 | | 接触组 | |
|---|---|---|---|---|
| | 人数 | % | 人数 | % |
| 0 | 76 | 63.3 | 76 | 60.8 |
| 1 | 26 | 20.8 | 22 | 17.6 |
| 2 | 11 | 10.0 | 14 | 11.2 |
| ≥ 3 | 7 | 5.8 | 13 | 10.4 |
| 合计 | 120 | 100.0 | 125 | 100.0 |

## 3　讨论

3.1　职业性接触己内酰胺的工人可有头昏、乏力、失眠、多梦、记忆力下降等神经系统症状表现。工人在

?1994-2017 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnk