

吉林炭素厂环境多环芳烃 污染评价报告书

劳动人事部劳动保护科学研究所 吉林炭素厂

一九八五年十一月

吉林炭素厂环境 多环芳烃污染评价报告书

1 前言

吉林炭素厂位于吉林市哈达湾地区，东邻松花江水泥厂，北接吉林铁合金厂。全厂占地面积为0.95平方公里，其中：厂区为0.6平方公里；生活区为0.35平方公里。该厂建成于1955年，是我国最大的独立炭素厂，现有职工6800多名，主要生产石墨电极，石墨阳极炭块，糊类产品，畅销国内外，年产量近十万吨。

该厂劳动作业环境存在尘毒污染：粉尘已有逐月监测数据；毒物主要是沥青烟，属多环芳烃（PAH）污染，以往未做过作业岗位的PAH检测。

众所周知，多环芳烃是数量最多，分布最广，对人的威胁很大的环境致癌物，从而引起政府、学术界和公众的极大关注。国际上，从1975年起，每年召开一次国际多环芳烃会议（ISPAH）。84年在夏威夷召开的一次，称“作业环境多环芳烃会议”。我国学者程元恺、钱引林等应邀参加了会议。这些会议推动了各国科技人员对多环芳烃的毒理学进行了广泛深入的研究和探讨以及开展作业环境多环芳烃评价工作。我国自81年5月，赵总理对总工会的报告作了要认真研究和治理工业多环芳烃的重要批示以后，各有关部门引起充分重视，近几年来在基础研究和检测技术方面取得了较大的进展。根据国家及劳动人事部关于在劳动保护方面的要求和规定，在评价研究方面也有所开展。

评价是治理的依据和前提,通过评价工作可以摸清 PAH 污染水平以及对职工健康的危害程度,进而探讨治理技术和防护对策。

吉林省冶金厅、环保局十分重视炭素厂的 PAH 污染问题,定了这个研究专题,由劳动人事部劳动保护科学研究所和吉林炭厂组成专题组,进行该厂作业环境 PAH 污染评价工作,冶金工业部对本专题给予了很大的支持和指导。

中国预防医学中心卫生研究所线引林付研究员和鞍钢劳动卫生研究所程元恺付主任医师是本专题组的顾问。

自 1984 年以来,专题组完成了以下工作:

(1) 作业环境 PAH 检测 (附件 1)

· 26 个检测点的四季粉尘浓度、苯溶物 (BSO)、苯并

(a) 芘 (Bap) 检测

· 7 个代表性岗位的样品的 PAH 组分分析

(2) 7 个代表性岗位的样品的 Ames 致突变检验 (附件 2)

(3) 抑制煤焦沥青致突致癌作用的研究 (附件 3)

(4) 作业环境多环芳烃评价研究进展综述 (附件 4)

(5) 污染源调查及尘毒治理技术探讨 (附件 5)

作为评价研究,我们还引用了以下研究成果和数据 (见主要参考资料收编):

(1) 炭素厂癌症死亡调查研究 (吉炭厂、上炭厂)

(2) 吉林炭素厂职工外周血淋巴细胞姐妹染色

单体互换 (SCE) 观察 (吉林市肿瘤防治所、吉炭厂)

(3) 煤焦沥青诱发大鼠肺癌的实验研究 (鞍钢劳动卫生研究所

程元恺)

(4) 本钢劳动卫生研究所、中国预防医学中心卫生所对兰州炭素厂、上海炭素厂若干作业岗位测定的 BaP 浓度数据。

我们根据以上材料编写了本报告书，在格式上参考了世界卫生组织 (WHO) 所属国际肿瘤研究机构 (IARC) 拟订的评价报告基本程序，但增加了有关治理技术方面的评价内容和建议。此外，粉尘污染也是炭素生产过程中的主要危害因素，且炭尘吸附能力强，因此又成为空气中多环芳烃的载体。作为多环芳烃传播媒介物的炭尘被吸入后，将对人体产生双重危害，所以本报告中也含有评价粉尘污染的内容。

2. 生产工艺过程简述

吉炭厂的工艺流程的简单描绘见示意图。炭素生产的主要原料是石油焦、沥青焦、冶金焦、无烟煤、煤沥青、葱油等。生产中根据产品用途和技术条件来选配原料。块状焦要预碎，经罐式炉或回转窑进行煅烧，除去水份和挥发物后，再经中碎、筛分和磨粉成为供配料使用的粉粒料。煤沥青是炭素制品的粘结剂，至 85 年吉炭厂用的是中温沥青，先在熔化槽内用蒸汽间接加热，使之熔化、脱水、沉渣，然后经管道输送到混捏工序的高位槽，配好的干料和液态沥青先后加入混捏锅，经拌合均匀后即为糊料，运到水压机的晾料台，经晾料后挤压成型为坯料。坯料被装入密闭式焙烧炉，周围加填充料后进行焙烧，使粘结剂炭化后就是普通炭素制品。如果生产石墨化产品，还要通过浸焙，再经石墨化炉进行处理；倘若是生产高密、高强的石墨化产品，则坯料要经过多次浸焙——焙烧工序后，再进行石墨化处理。普通炭素产品和石墨化产品最后均经机械加工而成为成品。

3. 主要生产工序中散发的污染物及治理措施调查

吉炭厂有6个主要生产车间：

301车间，包括原料库、沥青库、罐式煅烧炉、配料和混捏成型等工序；302车间是焙烧车间，有五台带盖焙烧炉，一个浸焙部；303车间是石墨化车间，有配备多台石墨化炉的三个工段；304车间是加工车间；305车间专门生产糊类产品，包括原料库、沥青库、回转窑、配料和混捏、成型等工序；306车间是一个完整的炭素石墨制品体系，从原料煅烧到石墨化加工应有具有（加工部现为314车间）。

3·1 主要工序散发的污染物及治理措施调查（表1）

表1 主要生产工序及污染物和治理措施

生 产 工 序	主要污染物	治 理 措 施
1. 301 车间		
(1) 露天贮场：石油焦、沥青焦、沥青等刮风扬尘	炭尘、 沥青尘	无
(2) 室内料库：火车卸料、抓斗放料、齿辊破碎、皮带转送	炭尘、 沥青尘	非冻结期沥青料堆洒水
(3) 沥青库：皮带向专用火车厢卸料，专用火车厢向熔化槽卸料	沥青尘 PAH	无

生 产 工 序	主要污染物	治 理 措 施
(4) 罐式煅烧炉：炉顶加料，底部放料	炭尘、PAH、 SO ₂ 、CO 炭 尘	料槽上设自然排风，排料。 为多管除尘
(5) 配料：提升机、对 靛破碎、球磨、振 动筛、皮带运输、 螺旋运输、风送、 配料等	炭 尘	袋式除尘系统
(6) 混捏：加料、翻锅 出料、糊料吊送	炭 尘 PAH	机械排风，无净化设备。
(7) 水压机晾料台 2. 302 车间	PAH 炭尘	同 上
(1) 填充料系统：冷却 窑、皮带破碎机、 提升机、配料车、	炭 尘 PAH	袋式除尘系统
(2) 装炉下料：料斗	炭尘、PAH	无
(3) 出炉：抓斗抓料、 清炉底	炭尘、PAH	无
(4) 焙烧：煤气加热	炭尘、PAH	干式电捕焦油系统
(5) 浸焙罐：高压快浸	PAH	机械、自然排风
3. 303 车间		

生 产 工 序	主要污染物	治 理 措 施
(1) 填充料系统：抓斗配料、 皮带运输、园筒筛、提 升机、破碎机等	炭尘、矽尘	多管除尘
(2) 装炉：填充料等辅料	炭尘、矽尘	无
(3) 石墨化过程：电加热	炭尘、PAH CO	无
(4) 出炉清理、返料	炭尘、PAH CO	无
4. 304 车间		
(1) 石墨制品加工	炭尘	袋式除尘系统、效果好
(2) 高炉块加工	炭尘	风力输送系统、效果好
5. 305 车间		
(1) 原料库、沥青库、配料 混捏等	炭尘、PAH	与301车间类似
(2) 阳极糊类成型、成型机、	炭尘、PAH	机械排风
(3) 煅烧、回转窑	烟尘、PAH SO ₂	旋风除尘系统
(4) 冷却、冷却筒	烟尘、PAH	同 上
6. 306 车间		
(1) 焙烧：带盖焙烧炉	炭尘 PAH	干式电捕焦油系统
(2) 浸焙罐出罐及沥青槽	PAH	无
(3) 其它工序，从原料到混 捏成型及焙烧	炭尘、PAH	与301、302车间 类似

3·2 大气污染调查

据附件5数据表明,吉炭厂对大气环境的污染相当严重。每年排放炉窑烟气29亿立方米,只治理11亿立方米;每年排放通风排尘废气45亿立方米,经除尘处理只有25亿立方米。此外,由表1可见,尚有许多尘毒污染源没有防护,及治理措施。

初步计算出(84年资料)每年排入大气的污染物排放量为:

炭尘:1500吨;沥青烟(PAH):178吨; SO_2 :523吨;
HCN:0.39吨,(HCN的材料参看附件5)。

3·3 岗位粉尘污染情况

据附件5列举的数据,自78年至84年,岗位粉尘合格率由23.3%提高到57.3%;岗位粉尘平均浓度由 $57.9\text{mg}/\text{m}^3$ 下降到 $25.2\text{mg}/\text{M}^3$ 。国家卫生标准 $10\text{mg}/\text{M}^3$;含 SiO_2 10%以上的石墨化车间粉尘标准是 $2.0\text{mg}/\text{M}^3$ 。超标率很高,表明岗位粉尘污染仍属严重。

据岗位粉尘取样分析,303车间的粉尘中游离 SiO_2 含量波动在17.08~19.89%,中值为18.5%。这是因为填充料中配有硅砂,据83年逐月测尘资料,粉尘污染严重的岗位如下:

岗 位	粉尘浓度
原料仓库抓斗槽平台	298—374
焙烧炉装炉下料	210—517
焙烧炉出炉清底	43—167
焙烧车间清理场	69—262
石墨化车间清理场	115—123

上列粉尘污染严重的岗位都没有治理措施。且除原料仓库外，岗位粉尘中均吸附有 PAH，303 车间粉尘还含 10 % 以上的 SiO_2 ，对人危害比纯炭尘更为严重。

4. 作业环境 PAH 检测

1984 年分四个季度对吉炭厂 17 个生产岗位，5 个厂区测定，4 个厂外测点进行 PAH 检测，测点分布、检测方法和检测结果详见附件 1。以下是检测数据的汇总与分析讨论。

4.1 各测定的四季 BSO、BaP 浓度波动范围及相关性分析（表 2）。

（表 2 见下页）

通过对吉林炭素厂的检测评价结果，我们认为，吉炭厂的几种不同岗位的 BSO 和 BaP 之间存在着一定的相关性。该方面的工作今后应进一步的加强检测和研究，为今后在炭素厂从测定 BSO 浓度就可推算出 BaP 的含量提供出可靠的数据。

表 2

分 类	测 点	样 品 数	BSO 浓度 mg/M^3		BaP 浓度 $\mu\text{g}/\text{M}^3$		BSO / BaP ($\bar{X}/\bar{Y}$) 相关性分析
			范 围	均 值	范 围	均 值	
全 厂 接 触 沥 青 岗 位	1. 305 沥青库	10	1.22—9.48	5.53	5.97—84.3	29.84	$Y = 0.108 +$
	2. 305 沥青库皮带送料	6	8.73—12.00	9.97	17.7—88.5	48.2	
	3. 305 沥青糊平台	6	0.12—0.93	0.53	0.44—4.75	2.07	4.82 $\bar{X}$ $\mu\text{g}/\text{M}^3$
	4. 301 混捏平台	8	0.16—0.48	0.29	0.86—2.70	1.54	
	5. 301 混捏平台下	8	0.13—1.42	0.60	0.95—1.76	1.27	$r = 0.806$
	6. 301 晾料台	8	0.16—2.46	0.96	0.65—1.84	1.42	
	7. 301 沥青高位槽	8	0.064—0.2	0.13	0.31—0.53	0.41	BSO 平均浓度
	8. 302 浸焙罐前	4	0.079—0.21	0.14	0.38—1.82	0.93	
	9. 306 浸焙罐下	8	0.12—0.49	0.25	0.83—7.8	2.5	BaP 平均浓度
	10. 306 浸焙罐平台	8	0.038—0.91	0.35	0.80—2.18	1.33	
							$\bar{Y} = 9.00 \mu\text{g}/\text{M}^3$ $P \text{ 值} < 0.01$

分类	测 点	样品数	BSO 浓度 mg/M ³		BaP 浓度 $\mu\text{g}/\text{M}^3$		BSO/BaP (X/Y) 相关性分析
			范 围	均 值	范 围	均 值	
罐式煅烧炉岗位	11. 301 煅烧炉顶	8	1.24-6.36	4.17	14.3-72.9	33.02	Y = -23.37 + 19.64X $\mu\text{g}/\text{M}^3$ r = 0.834 n = 24 — X = 3.462 $\mu\text{g}/\text{M}^3$ — Y = 44.62 mg/M^3 P < 0.01
	12. 301 煅烧炉排烟机	8	0.045-1.64	0.50	0.036-1104	2.56	
	13. 306 煅烧炉顶	8	0.29-13.84	5.72	2.22-376.8	98.26	
石墨化岗位	14. 303 石墨化炉旁	8	0.087-3.27	1.55	0.15-49.64	26.87	Y = -0.0296 + 16.66X $\mu\text{g}/\text{M}^3$ r = 0.9636 n = 16 — X = 0.91 mg/M^3 — Y = 15.13 $\mu\text{g}/\text{M}^3$ P < 0.01
	15. 303 天车	8	0.05-0.81	0.266	0.091-25.30	3.91	

分类	测 点	样品数	BSO 浓度 mg/M ³		BaP 浓度 μg/M ³		BSO/BaP (X/Y) 相关性分析
			范 围	均值	范 围	均值	
焙 烧 岗 位	16. 302 2# 焙烧炉	8	0.048—0.26	0.118	0.16—1.36	0.63	Y=0.131+ 4.062Xμg/M ³ r=0.501 n=16 X=0.108mg/M ³ Y=0.568μg/M ³ P<0.05
	17. 302 3# 焙烧炉	8	0.044—0.16	0.098	0.20—1.94	0.50	
厂 区 环 境	18. 301 沥青库外北头	8	0.074—0.28	0.127	0.21—5.99	1.38	Y=-0.245+ 8.107Xμg/M ³ r=0.573 n=40 X=0.0984mg/M ³ Y=0.553μg/M ³ P<0.05
	19. 305 沥青库旁	8	0.032—0.25	0.102	0.2—0.64	0.38	
	20. 302 车间外马路	8	0.051—0.29	0.184	0.13—0.47	0.24	
	21. 306 车间中门外	8	0.034—0.22	0.106	0.13—1.7	0.56	
	22. 309 车间办公室外	8	0.027—0.10	0.052	0.084—0.32	0.194	

分 类	测 点	样 品 数	BSO 浓度 mg/M ³		BaP 浓度 $\mu\text{g}/\text{M}^3$		BSO/BaP (X/Y) 相关性分析
			范 围	均 值	范 围	均 值	
厂 外 环 境	23. 铁合金厂环保楼前	4	0.02-0.054	0.038	0.061-0.44	0.195	
	24. 哈达湾车站	2	0.032-0.048	0.04	0.12-0.13	0.125	
	25. 厂南门外自行车棚	6	0.032-0.13	0.07	0.051-0.43	0.193	
	26. 厂门外托儿所	4	0.033-0.13	0.077	0.08-0.15	0.11	

4·2 作业环境 PAH 污染水平分级

我国尚未制定作业环境 PAH 卫生标准。欧美趋势是以 BSO 浓度评价 PAH 污染水平, 美国、加拿大等国规定: 岗位 BSO 允许浓度为 $0.15\text{mg}/\text{M}^3$; 英国、澳大利亚、比利时、意大利、荷兰、瑞士、南斯拉夫等国则规定为 $0.20\text{mg}/\text{M}^3$; 苏联则以 BaP 浓度评价 PAH 污染水平, 规定岗位 BaP 允许浓度为 $15\mu\text{g}/100\text{M}^3$, 生活区为 $0.1\mu\text{g}/100\text{M}^3$ 。

我们提出, 根据实测的 BSO 平均浓度将吉炭厂的岗位 PAH 污染水平分为三级。

(1) 一级污染岗位, 指 BSO 平均浓度超过 $2\text{mg}/\text{M}^3$ 的严重污染岗位, 计有: 沥青库、沥青库皮带上料、煅烧炉顶。BSO 平均浓度均在 $4\text{mg}/\text{M}^3$ 以上。

(2) 二级污染岗位: 指 BSO 平均浓度为 $0.2-2\text{mg}/\text{M}^3$ 的较严重污染岗位, 计有: 沥青糊平台、混捏平台上下、晾料台、浸焙罐平台上下、煅烧排烟机、石墨化炉周围及天车等岗位, 其 BSO 平均浓度为 $0.25-1.55\text{mg}/\text{M}^3$ 。

(3) 三级污染岗位: 指 BSO 平均浓度在 $0.2\text{mg}/\text{M}^3$ 以下的污染岗位, 计有: 沥青高位槽、浸焙罐前、焙烧炉作业区, 其 BSO 平均浓度为 $0.098-0.14\text{mg}/\text{M}^3$ 。

从厂区环境 5 个测点的实测数据表明, BSO 平均浓度波动在 $0.052-0.184\text{mg}/\text{M}^3$ 之间, 相当于三级污染岗位的污染水平, 若以 40 个样品的 BaP 平均浓度 $\bar{Y} = 0.553\mu\text{g}/\text{M}^3$ 衡量, 全部超出苏联标准, 超标 3.69 倍。

厂外环境 4 个测点, 16 个样品的分析数据表明, BSO 平均浓

度为 $\bar{X} = 0.06 \text{ mg/M}^3$, BaP 平均浓度 $\bar{Y} = 0.177 \mu\text{g/M}^3$ 。吉林炭素厂的生活区紧连厂区, 其托儿所 BaP 平均浓度为 $0.11 \mu\text{g/M}^3$, 若按苏联生活区标准衡量, 超标 110 倍。

4.3 气相 BSO 的检出

用大流量采样器采集样品, 滤膜上收集的是高分子量的 PAH, 一般以颗粒物形态存在, 即固相 BSO。以气相形态存在的低分子量 PAH 能漏过滤膜。我们用苯吸收——荧光检测法, 对七个代表性岗位, 共 25 个样品作了气相 BSO 的测定 (详见附件 1), 并与同样品的固相 BSO 对比, 如表 3。

(表 3 见下页)

通过抽样检测表明, 接触沥青烟岗位都存在着气相 PAH, 在多数情况下相当于固相 PAH 的存在量, 尽管欧美国家以颗粒形态的 BSO 为考核标准, 但也不能忽视气相 BSO 部分对作业环境的影响, 所以今后应加强这方面的检测研究。

4.4 作业环境 PAH 的组分分析

(1) 七个岗位 HPLC 组分分析, (详见附件 1), 组分分析结果见表 4。

(2) 306 车间浸焙罐平台样品 GC/MS 测定结果

i) 检出谱图

(见 18、19 页)

表3

七岗位气/固相BSO含量比较

No	采 样 地 点	样品数	气相BSO mg/M ³		固相BSO mg/M ³		气相/固相
			范 围	均值	范 围	均值	
1	301 混捏平台下	4	0.27—1.42	0.705	0.17—0.44	0.295	2.39
2	301 晾料台	4	0.36—1.66	0.92	0.16—2.4	0.92	1.0
3	302 浸焙罐前	2	0.086—0.25	0.168	0.084—0.20	0.142	1.18
4	303 石墨化炉前	4	0.26—1.51	0.687	1.03—3.17	1.788	0.38
5	305 沥青库	4	0.38—3.78	1.79	1.30—6.09	4.50	0.397
6	305 沥青糊平台	3	0.26—0.36	0.33	0.13—0.88	0.53	0.62
7	306 浸焙罐平台	4	0.23—0.79	0.425	0.18—0.89	0.43	0.988
总 体		25	0.086—3.78	0.777	0.084—6.09	1.345	0.578