

中国核设施非放污染物环境影响及公众健康危害评价(续)

AN ASSESSMENT FOR ENVIRONMENTAL IMPACTS
AND PUBLIC HEALTH RISK OF NON-RADIOACTIVE
POLLUTANTS RELEASED FROM NUCLEAR
FACILITIES IN CHINA (CONTINUATION)

主 编 陈竹舟
副主编 刘克强
耿耀东



原子能出版社
Atomic Energy Press

中国核设施非放污染物 环境影响及公众健康危害评价(续)

AN ASSESSMENT FOR ENVIRONMENTAL IMPACTS
AND PUBLIC HEALTH RISK OF NON-RADIOACTIVE
POLLUTANTS RELEASED FROM NUCLEAR
FACILITIES IN CHINA (Continuation)

主 编 陈竹舟
副主编 刘克强
耿耀东

原 子 能 出 版 社
1994 · 北 京

(京)新登字 077 号

图书在版编目(CIP)数据

中国核设施非放污染物环境影响及公众健康危害评价(续)/陈竹舟主编. —北京:原子能出版社, 1994. 10

ISBN 7-5022-1191-8

I. 核… II. 陈… III. ①中国-核设施-排污-环境影响-评价②中国-核设施-排污-健康影响-评价 IV. X591

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (94) 第 05479 号

内 容 简 介

本书介绍了我国核燃料元件生产、铀同位素分离、反应堆与后处理、核武器研制等生产厂、研究院所系统 30 年非放射性污染物的环境影响和健康危害评价。评价中应用实测的源项数据,经模式计算得到了非放污染物在环境介质中的浓度增量分布,并在国内首次应用健康危害评价方法,对各种污染物的环境影响和健康危害做了综合而定量的评价与比较。本书收入了各单位的评价报告,并对国内目前沿用的评价方法与本书应用的健康危害评价方法做了初步比较。本书有助于读者了解我国核设施非放污染物排放所致的环境影响、新评价方法及其实际应用,也可供从事环境保护工作的科技人员和管理人员参考。

©

原子能出版社出版发行

责任编辑:韩国光

社址:北京市海淀区阜成路 43 号 邮政编码:100037

北京市增光印刷厂印刷 内部发行

开本:787×1092mm 1/16 印张 14.0 字数 368 千字

1994 年 10 月北京第 1 版 1994 年 10 月北京第 1 次印刷

印数:1—400

定价:23.00 元

前 言

为全面、客观地评价核工业创建 30 多年来各类核设施运行的环境影响和对公众产生的健康危害,在完成中国核工业 30 年辐射环境质量评价的基础上,中国核工业总公司安防环保卫生局于 1989 年又组织各主要核设施开展了非放射性污染物排放的环境影响和公众健康危害评价。该项工作的完成,对进一步了解我国核工业环境保护工作的历史和现状,对制定环境保护工作的目标和采取强化环境保护管理的措施,对探讨健康危害评价方法在环境影响评价工作中的应用,都具有重要的意义。

本次评价工作所采用的源项数据,多数取自流出物排放的实际采样、监测和分析结果。在评价方法上,除仍沿用国内通常采用的单因子环境污染指数法(即通过各污染物在环境介质中产生的浓度增量与相应的国家标准值的比较,评估核设施非放污染物排放的环境影响)外,还以危险作为评价指标,通过健康危害评价模式,进一步计算各污染物浓度增量所产生的公众个人和群体的年危险,以评估污染物对公众的健康危害。健康危害计算中所考虑的暴露途径包括吸入和食入途径。

本次评价的范围与中国核工业 30 年辐射环境质量评价相同,即以主排放点为圆心,80km 为半径的区域。评价区为 12 个同心圆(半径分别为 1, 2, 3, 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70 和 80km)和 16 个方位扇形截为 192 个子区。

各核设施在环境影响评价中所依据的国家标准主要有:《大气环境质量标准》(GB3095—82)、《锅炉烟尘排放标准》(GB3841—83)、《地面水环境质量标准》(GB3838—88)、《污水综合排放标准》(GB8978—88)、《工业三废排放试行标准》(GBJ4—73)以及《辐射防护规定》(GB8703—88)等。对于上述国家标准未涉及到的某些污染物,其环境质量标准或排放限值参考《工业企业卫生设计标准》(TJ—36—79)或其他国家的有关标准。鉴于对多数污染物的气载排放,国家标准中只给出日均浓度限值,为与年平均浓度增量的计算值进行比较以判断有无超标,以国家标准中的日均值乘以 0.366 作为年均浓度的限值标准。

各单位的评价工作严格按照中国核工业总公司安防环保卫生局非放评价技术组编写的《核工业非放射性环境质量评价质量保证手册》进行。对样品采集、前处理、保管、运输、分析测量和数据处理,都有相应的质保措施,推荐统一的测量分析方法,进行了测量分析样品的考核比对,采样、测量、分析和计算人员也作了上岗前的技术培训。其中,大部分测量分析项目和绝大多数单位的模式计算工作分别是在中国原子能科学研究院和中国辐射防护研究院完成的。上述措施对

保证样品的代表性、分析的准确性和结果的可靠性都起到积极的作用。

考虑到全面评估核设施运行的环境影响和公众健康危害的需要，本次评价计及燃煤排放的放射性污染物的环境影响与健康危害，同时引用了中国核工业 30 年辐射环境质量评价的结果，对各核设施主工艺放射性和非放射性污染物排放的公众健康危险与各核设施燃煤污染物排放的危险作了比较。

对非放射性污染物作全面的健康危害评价，在我国尚属首次，还缺乏经验。收入本专辑的论文虽经过多次审核、修改，但由于水平所限，错误和不妥之处在所难免，恳请广大读者批评指正。

本项工作由中国核工业总公司安防环保卫生局组织与领导，潘自强局长和王志波同志分别参加了全部书稿的审定和审查工作。

编 者

1993 年 12 月

《中国核设施非放污染物环境影响及公众健康危害评价(续)》

编 审 委 员 会

主 编 陈竹舟

副 主 编 刘克强 耿耀东

编 委 (按姓氏笔画)

刁 刃 马天保 马翠翔

王炎明 卢有全 孙维藩

吕振祥 刘克强 江性改

李 喆 李仁友 张忠坤

陈竹舟 姜向阳 胡希先

逢秀兰 高秀玉 袁永泰

耿耀东

目 录

前 言

二〇二厂非放污染物的环境影响与健康危害评价·····	(1)
天然铀元件生产厂非放污染物的环境影响与健康危害评价·····	(16)
核动力堆燃料元件生产厂非放污染物的环境影响与健康危害评价·····	(38)
五〇四厂非放污染物的环境影响与健康危害评价·····	(60)
八一四厂非放污染物的环境影响与健康危害评价·····	(87)
四〇四厂非放污染物的环境影响与健康危害评价·····	(114)
八二一厂非放污染物的环境影响与健康危害评价·····	(132)
二二一厂燃煤电厂非放污染物的环境影响与健康危害评价·····	(153)
九〇三厂燃煤非放污染物的环境影响与健康危害评价·····	(171)
中国工程物理研究院核物理与化学研究所非放污染物的环境影响 与健康危害评价·····	(182)
中国工程物理研究院化工材料研究所非放污染物的环境影响与健康危害评价·····	(200)
附录 用于核工业非放环境影响评价的方法简介·····	(216)

二〇二厂非放污染物的 环境影响与健康危害评价

刁 刃 卢有全 邢兆铮 赵茂成

本文介绍了二〇二厂非放射性气载污染物的环境影响与健康危害评价。评价方法除采用传统的单项环境污染指数法外,还使用了新的公众健康危害评价方法。评价结果说明,大部分气载污染物均属达标排放,所有污染物的单项环境污染指数均低于1,最大值为0.14。代表年(1978年)最大个人年危险为 4.3×10^{-7} ;半径80km范围内所致180多万居民的群体危险为 $3.7 \times 10^{-2} \text{人} \cdot \text{a}^{-1}$,均属可忽略危险水平。

1 概 述

二〇二厂是核燃料元件生产的大型企业。对环境的影响主要是放射性物质和其它有毒有害化学物质的排放。继中国核工业30年辐射环境质量评价之后进行的此次评价,其对象是本厂主工艺及其燃煤辅助设施通过气载途径排放的化学致癌物、非致癌污染物和燃煤锅炉排放的天然放射性核素。污染源项全部是1990年实测数据。回顾性的评价则以历年的产量和燃煤量推算的源项为依据进行计算。

评价范围、子区划分和代表年份与中国核工业30年辐射环境质量评价相一致,即半径80km范围内划分16个方位、12段距离、共192个子区。1978年为代表年。

健康危害评价以 $10^{-5} \sim 10^{-6} \text{a}^{-1}$ 作为可接受水平, 10^{-7}a^{-1} 以下为可忽略的危险水平。

2 厂区周围的环境概况

2.1 自然环境

本厂座落在包头市第二阶梯的内蒙古高原。海拔高度为1110~1200m,坡度5%,属山前平原。

评价区水系主要有五河、一湖和二库,即黄河、梅力更沟、哈德门沟、刘宝窑子沟和昆都仑河,乌梁素海(内陆淡水湖)部分,昆都仑水库和刘宝窑子水库。

包头地区属温带季风气候区,冬季时间长且寒冷,春季风沙大,夏季短而干旱少雨,秋季气候宜人,该地区为典型的大陆性气候。

1951~1983年气象资料记载,年均气温为 6.5°C ,最高气温达 35.9°C ,最低气温为 -27.8°C 。相对湿度为52%,年平均降水量308.9mm,年平均蒸发量234.2mm,年平均雾日数5.3d,烟日数123d,浮尘日数25.7d,无霜期158d。全年日照时数2972h,大风日数19d,沙暴日数7d。常年主导风向为北北西(NNW),风频数为20.06%,平均风速为 $2.3 \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。大气稳定度以B类为主,其频数为39.1%。风玫瑰与降水风玫瑰示于图2.1和图2.2。年风向、风速、稳定度联合频率列于表2.1和表2.2。

表2.1 稳定度的年频率分布

稳定度类别	A	B	C	D	E	F
频率, %	0.68	39.11	26.57	21.89	11.75	0

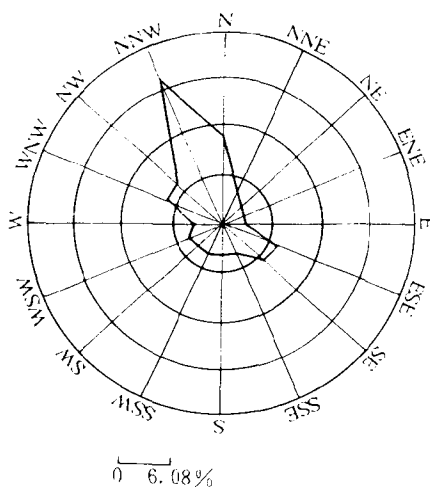


图 2.1 风玫瑰图

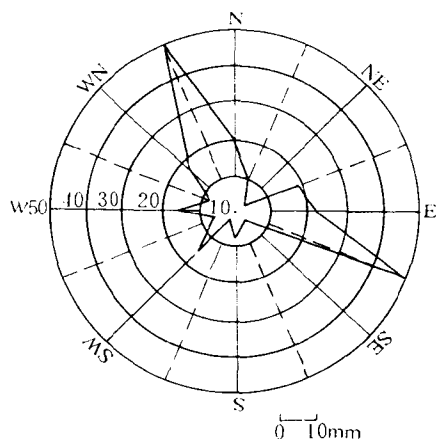


图 2.2 降水风玫瑰图

表 2.2 风向、风速和大气稳定度联合频率 (%)

稳定度	风速级, $m \cdot s^{-1}$	平均风速, $m \cdot s^{-1}$	风 向															
			N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SEE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
A	c	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<2	0.96	0.02	0.01	0.03	0.01	0.01	0.01	0.05	0.07	0.06	0.07	0.03	0.05	0.02	0.05	0.02	0
	2.0~2.9	2.00	0	0	0	0	0.01	0	0.01	0.01	0.05	0.03	0.01	0.01	0.01	0	0.01	0
	3.0~4.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5.0~5.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	≥6.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B	c	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<2	0.82	0.53	0.23	0.23	0.23	0.48	0.64	0.59	0.51	0.55	0.66	0.58	0.54	0.38	0.40	0.50	0.67
	2.0~2.9	2.00	0.47	0.23	0.14	0.25	0.38	0.92	0.81	0.87	0.81	0.88	0.88	0.57	0.29	0.34	0.37	1.08
	3.0~4.9	3.37	1.15	0.49	0.20	0.14	0.18	1.26	1.77	0.86	0.83	0.96	1.05	0.79	0.44	0.81	0.81	2.68
	5.0~5.9	5.00	0.34	0.12	0.05	0.03	0.01	0.23	0.21	0.15	0.06	0.05	0.16	0.21	0.14	0.30	0.26	0.72
	≥6.0	7.41	0.55	0.16	0.01	0.03	0.01	0.15	0.21	0.05	0.11	0.10	0.07	0.26	0.12	1.13	0.62	1.07
C	c	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<2	0.81	0.65	0.29	0.24	0.20	0.22	0.44	0.51	0.38	0.27	0.33	0.31	0.35	0.27	0.43	0.44	0.66
	2.0~2.9	2.00	0.55	0.22	0.10	0.16	0.17	0.60	0.44	0.25	0.19	0.17	0.19	0.11	0.18	0.20	0.24	1.10
	3.0~4.9	3.31	1.40	0.42	0.14	0.15	0.22	0.72	0.73	0.26	0.17	0.10	0.14	0.21	0.23	0.67	0.79	2.80
	5.0~5.9	5.00	0.27	0.10	0.05	0.01	0.01	0.21	0.12	0.07	0.01	0.01	0.03	0.10	0.08	0.25	0.10	0.61
	≥6.0	7.45	0.53	0.16	0.01	0.03	0.01	0.14	0.18	0.05	0.10	0.08	0.07	0.23	0.11	1.07	0.58	1.06
D	c	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<2	0.81	1.05	0.57	0.61	0.51	0.51	0.73	0.64	0.38	0.33	0.31	0.34	0.53	0.48	0.79	0.87	1.46
	2.0~2.9	2.00	1.38	0.43	0.19	0.31	0.29	0.73	0.36	0.36	0.13	0.08	0.16	0.13	0.26	0.34	0.55	2.17
	3.0~4.9	8.26	0.75	0.17	0.04	0.05	0.09	0.25	0.15	0.15	0.04	0.01	0.04	0.10	0.14	0.35	0.39	1.48
	5.0~5.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	≥6.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E	<2	0.82	0.69	0.38	0.48	0.42	0.41	0.49	0.38	0.19	0.19	0.16	0.18	0.31	0.32	0.50	0.56	1.02
	2.0~2.9	2.00	1.01	0.27	0.17	0.22	0.21	0.41	0.18	0.09	0.05	0.03	0.08	0.07	0.13	0.22	0.42	1.48
	3.0~4.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F	<2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2.0~2.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

* 计算联合频率时, 平均风速采用排放口的平均风速, 而确定稳定度类别时采用地面风速。

2.2 社会环境

包头市为评价区政治、经济、文化中心，是以钢铁、煤及化工为主的重工业城市。1991年工业总产值为 84.93 亿元，农业产值为 5.95 亿元。评价区内铁路、公路交通方便，矿产资源丰富。据内蒙古自治区和包头市 1989 年第三次人口普查资料，评价区总人口数为 210 万人。年均人口自然增长率为 11.8‰。评价区域内幼儿、少年、成人各占总人口的 13%，26%，61%，评价区域内人口分布如图 2.3 所示。

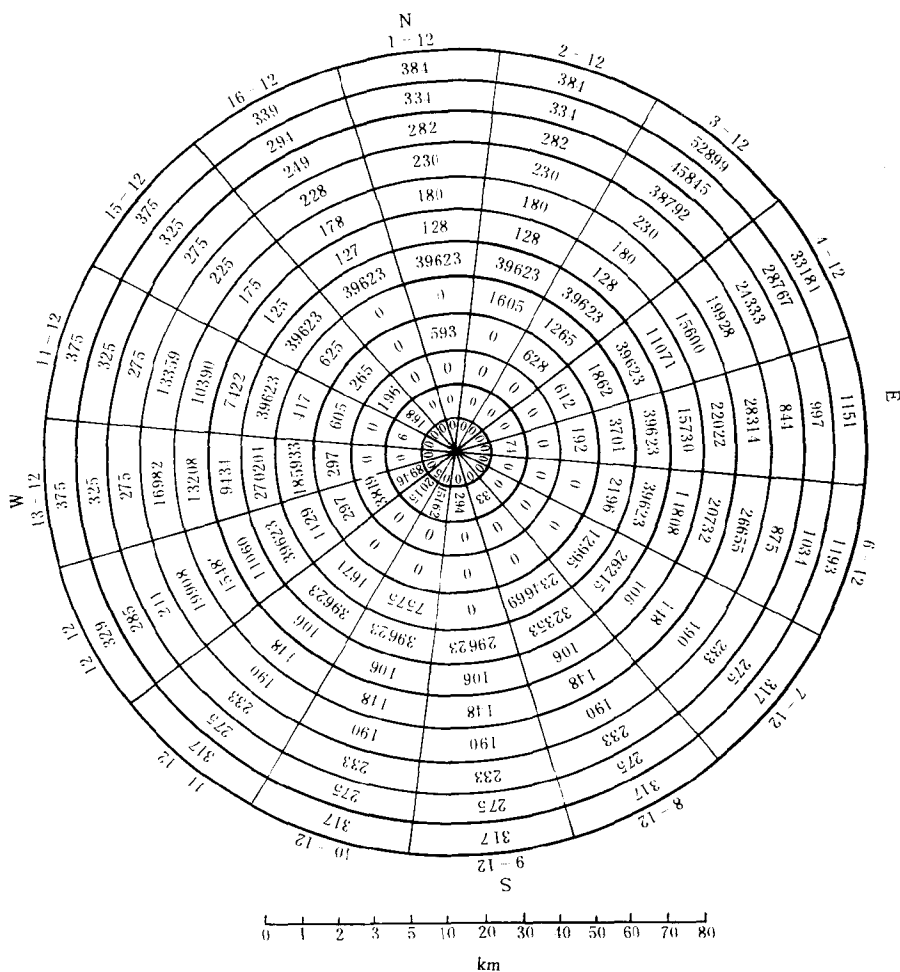


图 2.3 评价区域内人口分布 (1980 年)

居民食谱以及与农作物和动物有关的参数列于表 2.3~2.5。

表 2.3 各年龄组对食物的消费量 ($\text{kg} \cdot \text{a}^{-1}$)

年 龄 组	蔬 菜	粮 食	水果等	奶	牛、羊肉	猪 肉	家 禽	蛋	鱼
幼儿 (<7 岁)	90.2	97.7	39.5	20.1	14.6	25.1	4.2	8.1	1
少年 (7~17 岁)	118.8	151.4	10.6	6.6	22.3	41	2.5	6.0	1
成人 (>18 岁)	200.8	237.0	7.8	4.0	10.5	40.8	2.3	1.4	1

表 2.4 与作物有关的参数

	蔬 菜	粮 食	水 果	牧草、饲料
单位面积年产量, $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$	7.5	0.2	0.3	30
生长期, d	85	95	165	130
由收获到消费时间, d	1~2	30~180	30~180	—

表 2.5 与动物有关的参数

参 数	牛	羊	猪	家禽	奶	蛋
动物每天消耗的饲料量, $\text{kg} \cdot \text{d}^{-1}$	24.7	4.6	2.5	0.12	—	—
动物每天饮水量, $\text{L} \cdot \text{d}^{-1}$	55	8	10	0.3	—	—
平均食用鲜牧草份额, %	50	60	60	60	—	—
贮存饲料由收获到喂养的时间, d	240	634	150	180	—	—
从屠宰到消费的平均时间, d	30	30	90	7	—	—
挤奶、产蛋到消费的时间, d	—	—	—	—	1	30

3 三废处理系统

本厂主工艺所产生的 HF 气体和 UF_6 尘经泡沫洗涤塔的水吸收（吸收率分别为 95% 和 90%）后经 40m 高烟囱向大气排放（泡沫洗涤塔吸收装置见图 3.1）。

各种废渣回收处理时加浓硝酸，所产生的 NO_x 经 40m 高的烟囱向大气直接排放。

厂区生产和生活用锅炉共五台。燃煤为包头石拐和内蒙古乌达煤，所产生的烟气由两个 45m 高的烟囱排放。锅炉类型、除尘器型号、除尘效率及其有关参数列于表 3.1。

主工艺废水直接排入混凝土结构防渗漏的蒸发池，利用天然条件蒸发，不进入环境水体。

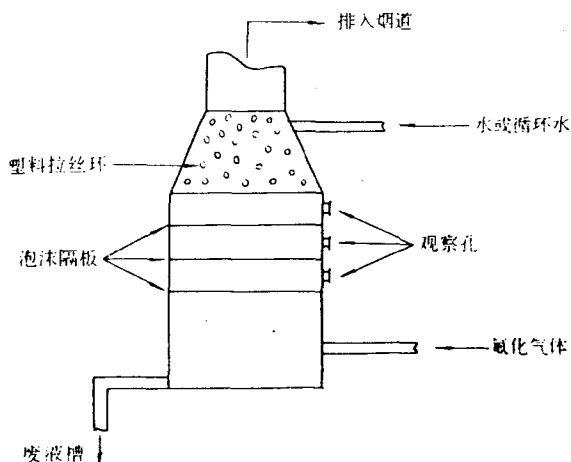


图 3.1 一车间氟化工艺尾气净化图

表 3.1 厂区燃煤锅炉及其参数

安装地址	锅炉型号	额定负荷, t·h ⁻¹	平时运行负荷, t·h ⁻¹	设计压力, MPa·cm ⁻²	使用压力, MPa·cm ⁻²	额定耗煤, t·h ⁻¹	除尘器型号 和效率,%
521 [#]	SHL20-13	20	16~17	1.3	1.0	2.5	DG-20 75
	SHL20-13	20	16~17	1.3	1.0	2.5	DG-20 75
	SES25-13	25	22~24	1.3	1.0	2.8	玻璃管水膜 80
9 [#]	SEP-13/350	10	7~8	1.3	1.0	1.5	DG-10 75
	SEP-13/350	10	7~8	1.3	1.0	1.5	DG-10 75

4 污染源调查与评价

4.1 污染源调查方法

对主工艺和辅助工艺（燃煤系统）的气载污染源均进行了现场监测，所用采样器为 DYP-81 型动压平衡等速烟尘烟气仪。

烟囱和烟道采样点的选择、采样与分析方法皆按《污染源统一监测分析方法——废气部分》（中国标准出版社）实施。所选用的采样和分析方法列于表 4.1。

主工艺排放污染物的监测是在稳定生产条件下，在过滤系统后的烟囱中采样测量的。燃煤系统排放的烟气（尘）的监测是在正常运行稳定燃烧条件下，在除尘器后的烟道或烟囱中采样测量的。

表 4.1 污染物采样、分析方法及灵敏度

污 染 物	采 样 方 式	分析仪器或方法	测量范围或 方法灵敏度
SO ₂	加热式采样管	盐酸副玫瑰苯胺比色法	0.025mg/m ³
NO _x	加热式采样管	盐酸萘乙二胺比色法	0.01mg/m ³
烟尘	超细玻璃纤维采样管	重量法	0.1mg
B(a)p	超细玻璃纤维采样管	荧光分光光度法	0.05×10 ⁻⁷ %
U	超细玻璃纤维采样管	JU-1 型激光荧光法	
²²⁶ Ra, ²³² Th, ⁴⁰ K, ²¹⁰ Pb, ²¹⁰ Po	超细玻璃纤维采样管	γ 谱多道分析	
As, Cr, Hg, Mn	超细玻璃纤维采样管	中子活化分析	
Ni, Cd	超细玻璃纤维采样管	原子吸收	1~1000mg/m ³
F	加热式滤筒采样管	离子选择性电极法	
Hg(气)	高锰酸钾吸收液	冷原子吸收法	

表中 B(a)p 是由中国辐射防护研究院分析的，²²⁶Ra, ²³²Th, ⁴⁰K, ²¹⁰Pb, ²¹⁰Po 以及 As, Cr, Hg 和 Mn 是由中国原子能科学研究院分析的。

4.2 污染源分布与特征

4.2.1 主工艺气载污染源与污染物

污染源共五个。其中1#厂房有两个烟囱，一个排放 HF 和 UF₄，另一个排放 NO_x；2#厂房烟囱排放氯气（氯气因缺少健康评价参数，只作等标负荷计算）；3#厂房烟囱排放汞蒸气；4#厂房烟囱排放金属铀尘。排放烟囱的位置及排放源的几何与物理特征列于表 4.2。

4.2.2 辅助工艺（燃煤系统）气载污染源与污染物

污染源有两个，即 521#锅炉房和 9#锅炉房。其排放烟囱的位置及排放源的几何与物理特征已列于表 4.2。本次评价的主要污染物分三类共 20 种，它们是非致癌污染物 SO₂，NO_x，烟尘，Cr³⁺，Hg，Mn，F，U；化学致癌物 B(a)p，Ni，As，Cd，Cr⁶⁺；天然放射性核素²³⁸U，²³⁴U，²³²Th，²²⁶Ra，²¹⁰Pb，²¹⁰Po，⁴⁰K。

4.3 污染源的排放数据

代表年（1978 年）主工艺污染物年均排放浓度和年排放量列于表 4.3。辅助工艺（燃煤系统）年均排放浓度、年均排放量和归一化排放量列于表 4.4。

燃煤系统历年燃煤量列于表 4.5，由每吨标准煤燃烧的归一化排放量，可推算出逐年的污染物排放量。

表 4.2 气态污染物排放参数

源 项		烟囱位置, km		烟囱出口 内径, m	烟囱高度, m	烟气出口 温度, °C	排气量, m ³ · a ⁻¹	净化设备	
		x	y					型 号	效 率, %
燃煤 锅炉	SHL20-13 (521# 锅炉房)	0.5	-0.03	2.0	45	150	5.58×10 ⁸	DG-20	75
	SEP10-13 (9# 锅炉房)	0.15	-0.15	1.6	45	103	2.78×10 ⁸	DG-10	75
主 工 艺	1# 厂房(NO _x)	0.02	0.09	1.06	40	8	1.46×10 ⁸		
	1# 厂房(F)	0	0	1.78	40	8	1.46×10 ⁸	洗涤塔	90
	2# 厂房(Cl ₂)	-0.04	-0.16	1.7	40	79.1	1.66×10 ⁸	瑞球塔	98
	3# 厂房(Hg)	0.01	-0.02	2.0	60	8	2.02×10 ⁹	软锰矿吸收	78
	4# 厂房(U)	-0.2	0.01	2.5	50	8	1.86×10 ⁹	洗涤塔	80

表 4.3 1978 年主工艺气载污染物年平均排放浓度和排放量

污 染 源	污 染 物	排放浓度, mg · m ⁻³	排放量, kg · a ⁻¹
1# 厂房	NO _x	1.22×10 ³	1.79×10 ⁵
	F	1.90	278
2# 厂房	Cl ₂	111	1.84×10 ⁴
3# 厂房	Hg	0.28	564
4# 厂房	U	0.05	92.9

表 4.4 1978 年锅炉污染物年平均排放浓度、排放量及归一化排放量

污染物	521# 锅炉房			9# 锅炉房		
	排放浓度,	排放量,	归一化排放量,	排放浓度,	排放量,	归一化排放量,
	$\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$ 或 $\text{Bq} \cdot \text{m}^{-3}$	$\text{kg} \cdot \text{a}^{-1}$ 或 $\text{Bq} \cdot \text{a}^{-1}$	$\text{g} \cdot \text{t}^{-1}$ 或 $\text{Bq} \cdot \text{t}^{-1}$ (标准煤)	$\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$ 或 $\text{Bq} \cdot \text{m}^{-3}$	$\text{kg} \cdot \text{a}^{-1}$ 或 $\text{Bq} \cdot \text{a}^{-1}$	$\text{g} \cdot \text{t}^{-1}$ 或 $\text{Bq} \cdot \text{t}^{-1}$ (标准煤)
SO ₂	5.65×10^2	3.16×10^5	1.83×10^4	7.23×10^2	2.00×10^5	2.31×10^4
NO _x	2.82×10^2	1.58×10^5	9.07×10^3	3.07×10^2	8.50×10^4	9.81×10^3
烟尘	8.25×10^2	4.59×10^5	2.65×10^4	1.66×10^3	4.61×10^5	5.33×10^4
Cr	6.78×10^{-2}	3.77×10^1	2.17	8.51×10^{-2}	2.36×10^1	2.72
Hg	3.11×10^{-4}	1.74×10^{-1}	1.01×10^{-2}	4.77×10^{-4}	1.32×10^{-1}	1.52×10^{-2}
Mn	7.57×10^{-2}	4.23×10^1	2.44	4.42×10^{-2}	1.23×10^1	1.41
U	3.46×10^{-3}	1.93	1.11×10^1	3.54×10^{-3}	9.83×10^{-1}	1.13×10^1
B(a)p	6.84×10^{-7}	3.83×10^{-4}	2.21×10^{-5}	6.03×10^{-7}	1.67×10^{-4}	1.93×10^{-5}
Ni	4.11×10^{-3}	2.29	1.32×10^{-1}	4.22×10^{-3}	1.16	1.34×10^{-1}
As	4.29×10^{-2}	2.41×10^1	1.39	6.58×10^{-2}	1.82×10^1	2.10
Cd	2.03×10^{-4}	1.16×10^{-1}	6.66×10^{-3}	2.16×10^{-4}	6.00×10^{-2}	6.93×10^{-3}
Cr ⁶⁺	1.12×10^{-2}	6.28	3.62×10^{-1}	1.42×10^{-2}	3.93	4.53×10^{-1}
²³⁸ U	4.32×10^{-2}	2.41×10^7	1.39×10^3	4.42×10^{-2}	1.23×10^7	1.41×10^3
²³⁴ U	4.32×10^{-2}	2.41×10^7	1.39×10^3	4.42×10^{-2}	1.23×10^7	1.41×10^3
²³² Th	9.66×10^{-2}	5.38×10^7	3.11×10^3	1.20×10^{-1}	3.36×10^7	3.88×10^3
²²⁶ Ra	8.31×10^{-2}	4.63×10^7	2.68×10^3	1.07×10^{-1}	2.97×10^7	3.42×10^3
²¹⁰ Pb	5.38×10^{-1}	3.00×10^8	1.73×10^4	7.35×10^{-1}	2.04×10^8	2.35×10^4
²¹⁰ Po	3.10×10^{-1}	1.73×10^8	9.98×10^3	4.61×10^{-1}	1.28×10^8	1.47×10^4
⁴⁰ K	1.04×10^{-1}	5.80×10^7	3.36×10^3	7.25×10^{-2}	2.01×10^7	2.32×10^3

表 4.5 燃煤系统历年燃烧的标准煤量

年 份	521# 锅炉房燃煤量,t	9# 锅炉房燃煤量,t	年 份	521# 锅炉房燃煤量,t	9# 锅炉房燃煤量,t
1962		12778	1977	15826	7913
1963		12914	1978	17321	8661
1964		15087	1979	10622	5311
1965	10489	6959	1980	19749	9875
1966	14845	3910	1981	18479	9240
1967	15004	6380	1982	17402	8700
1968	14413	5121	1983	19905	9952
1969	15438	5408	1984	17255	8628
1970	14134	6807	1985	24384	—
1971	14926	5948	1986	22003	5908
1972	15437	6055	1987	22118	5144
1973	15098	7686	1988	29493	10282
1974	12286	6434	1989	34337	2037
1975	17347	7612	1990	33455	2504
1976	16319	8082			

4.4 污染源评价

4.4.1 等标污染负荷法

通过等标污染负荷法计算各污染物的等标负荷和分担率,计算结果列于表 4.6。

表 4.6 大气污染等标负荷和分担率(1990 年)

污 染 物	年 均 排 放 量, t	等 标 负 荷, $\text{m}^3 \cdot \text{a}^{-1}$	分 担 率, %	排 序
烟尘	953	3.18×10^{12}	23	3
SO ₂	668	4.45×10^{12}	32	1
NO _x	431	4.31×10^{12}	31	2
B(a)p	7.88×10^{-7}	7.88×10^8	<0.1	11
As	5.20×10^{-2}	1.73×10^{10}	0.13	8
Mn	3.50×10^{-2}	8.50×10^9	<0.1	10
Cd	2.40×10^{-4}	3.40×10^8	<0.1	12
Ni	4.76×10^{-2}	1.28×10^{10}	<0.1	9
Cr	8.00×10^{-2}	5.33×10^{10}	0.39	6
Hg	4.73×10^{-1}	1.46×10^{12}	10.5	4
F	1.33×10^{-1}	1.90×10^{10}	0.14	7
Cl ₂	9.34	3.11×10^{11}	2.2	5
合计		1.38×10^{13}		

4.4.2 达标评断法

气载污染源中的污染物与相应排放标准的比较表明,主工艺汞为超标排放(烟囱实际排放高度为 60m,无对应排放标准,参照 30m 高烟囱排放标准进行计算,超标倍数为 2.9 倍),辅助工艺(燃煤系统)的烟尘排放也均为超标排放,分别超标 2.1 倍和 3.5 倍。其它污染物均为达标排放。

4.4.3 污染源评价结论

等标负荷计算表明,辅助工艺(燃煤系统)的分担率为 79.8%,明显高于主工艺。主工艺 3[#]厂房的汞源分担率为 10.5%,1[#]厂房的 NO_x 源分担率为 7.4%,2[#]厂房的氯源分担率为 2.2%。主要污染物 SO₂ 的分担率为 32%,排在首位,其次是 NO_x 分担率为 31%,烟尘分担率为 23%,汞的分担率为 10.5%,氯的分担率为 2.2%。

5 厂址周围的环境质量现状监测与评价

5.1 监测方案

空气、土壤的监测点主要布置在监测区、生活区和广大居民区。水的监测(包括饮用水及黄河水),以及生物样品(包括粮食、蔬菜和牛奶)的监测项目列于表 5.1,主要项目的分析方法列于表 5.2。

表 5.1 监测项目

项 目	监 测 点 个 数	采 样 周 期	监 测 项 目
大 气	6	半 月	SO ₂ , NO _x , 烟尘, U, Hg, F, Cl ₂ , HCl, B(a)p
水 质	8	半 月	SS, U, Hg, F, COD, pH, 油类, 色度
土 壤	6	季	U
生 物	2	年	U, Hg

表 5.2 分析方法

项 目	分 析 方 法	探 测 下 限
SO ₂	盐酸副玫瑰苯胺分光光度法	0.01mg·m ⁻³
NO _x	盐酸萘乙二胺分光光度法	0.01mg·m ⁻³
U	固体荧光法	0.05μg·L ⁻¹
Hg	冷原子吸收法	0.005μg·m ⁻³
F	离子选择性电极法	0.02μg·ml ⁻¹
Cl ₂	甲基橙比色法	3μg·(7ml) ⁻¹
HCl	硫氰酸汞比色法	1.5μg·(10ml) ⁻¹
SS	重量法	1mg·L ⁻¹

5.2 监测结果

大气监测结果列于表 5.3；水质监测结果列于表 5.4；生物样品监测结果列于表 5.5；土壤中只分析了铀，厂外居民区平均铀含量为 0.78μg·g⁻¹。

表 5.3 1990 年大气监测结果 (mg/m³)

取 样 点	U (x _k), ×10 ⁻⁶	Hg (x _k), ×10 ⁻⁵	SO ₂ (x _k), ×10 ⁻²	NO _x (x _k), ×10 ⁻²	Cl ₂ (x _k), ×10 ⁻²
监 测 区	6.60	8.60	1.06	1.21	3.43
生 活 区	3.88	5.10	1.29	1.21	3.79
居 民 区	3.00				

表 5.4 1990 年水质监测结果 (mg·L⁻¹)

取 样 点	U (x̄), ×10 ⁻³	Hg, ×10 ⁻⁵	F, ×10 ⁻¹	COD	SS, ×10 ²	pH	色 度
饮 用 水	2.48	9.20	8.30	1.24	0.41	8.01	5
黄 河 水	4.66	8.71	4.10	2.48	21.6	8.16	43.3
生 产 用 水	3.11	9.58	8.60	1.24	0.08	8.17	5

表 5.5 1990 年生物样品监测结果 (μg·kg⁻¹)

样 品 种 类	U	Hg
蔬 菜	1.74	4.05
粮 食	0.50	1.40
牛 奶	1.36	1.04
牛 肉		3.42
鱼		38.6

5.3 环境质量现状评价

对 1990 年环境监测结果，用单项污染指数法进行了评价。气、水部分污染物的评价结果分别列于表 5.6 和表 5.7。

表 5.6 大气监测结果及污染指数

污 染 物	监测结果, mg·m ⁻³		污 染 指 数	
	监 测 区	生 活 区	监 测 区	生 活 区
Hg	0.000086	0.000051	0.29	0.17
SO ₂	0.0106	0.0129	0.071	0.086
NO _x	0.0121	0.0121	0.121	0.121
Cl ₂	0.0343	0.0379	1.14	1.26

表 5.7 水监测结果及污染指数

污 染 物	监测结果, $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$			污 染 指 数		
	饮 用 水	黄 河 水	生 产 用 水	饮 用 水	黄 河 水	生 产 用 水
Hg	0.000092	0.000087	0.000096	0.92	0.87	0.96
F	0.83	0.41	0.86	0.83	0.41	0.86
COD	1.24	2.48	1.24	0.083	0.165	0.083
SS	41	2160	8.2	0.164	8.64	0.033

根据上述评价结果,大气中除 Cl_2 外,均低于国家标准, Cl_2 稍微超标,这是由于主工艺二车间作为一个面源氯气外逸所致。水质结果除黄河水总悬浮物超标外,其他各项也在国家标准以下。

需要说明的是,因我厂主工艺废水不排入露天水源,而是排入蒸发、沉淀池处理,所以在本文中对水体(黄河水)未作影响评价。

6 流出物释放的环境影响与健康危害

6.1 气载流出物在环境中产生的浓度增量

本次评价所关心的子区有两个,一是通过模式计算得到的最大浓度增量子区(在 SE 方位 1.5km 处,19 种流出物最大年均地面浓度增量大部分落在该子区,该子区无入居住);二是通过模式计算得到的最大个人危险子区(在 SSE 方位 1.5km 处,称该子区为关键子区)。这两个子区 1978 年和 1990 年的年均地面浓度增量和单项污染指数列于表 6.1。

1991 年向大气释放的 SO_2 和 As 产生的各子区年均浓度增量等值线如图 6.1 和图 6.2 所示。

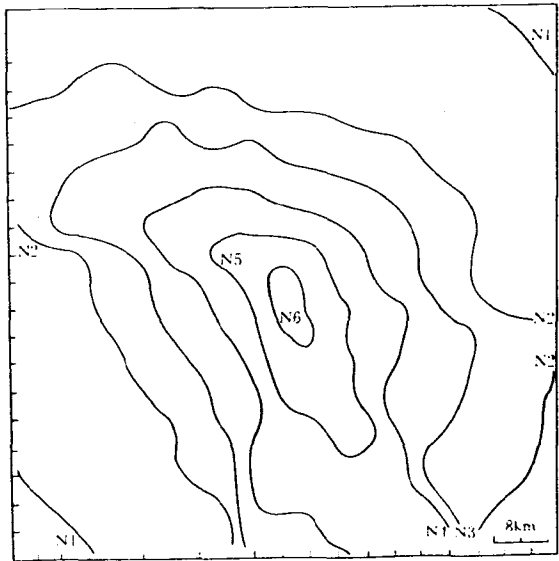


图 6.1 1990 年向大气释放的 SO_2 浓度 (mg/m^3) 增量等值线
N1 2.00×10^{-5} ; N2 4.00×10^{-5} ; N3 6.00×10^{-5} ;
N4 1.00×10^{-4} ; N5 2.00×10^{-4} ; N6 6.00×10^{-4} 。