

CN8800006

CNIC-00048

SMC-0001

中国核科技报告

CHINA NUCLEAR SCIENCE & TECHNOLOGY REPORT

燃煤电厂气载放射性排除物
对环境的影响



中国核情报中心

China Nuclear Information Centre

CNIC-00048

SMC-0001

燃煤电厂气载放射性排除物 对环境的影响

宋妙发 符荣初 陆治剑

(苏州医学院, 江苏)

中国核情报中心

北京·1987

摘 要

作者对本地区某大型电厂燃煤及烟道灰中天然铀、钍含量进行了测定,对1980年全年的逐时气象资料进行了分析,采用P-T法进行天气稳定度分类,计算了风向、稳定度、风速联合频率 $f_{i,j,k}$ 及降雨的风向频率 $f_{i,r,j}$,估算了该厂气载排出物(烟尘)造成厂区外周围半径60km范围内近地面空气中天然铀、钍的污染浓度,地面沉积量及其分布。计算中对高空风速、烟云抬升、静风及沉积(特别是降雨引起的湿沉积)引起的空气污染浓度降低进行了必要的修正。

计算结果表明,空气最大年平均污染浓度出现在SE方位1km处,该处 $x_{U_{max}} = 1.95 \times 10^{-7} \text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$, $x_{Th_{max}} = 3.45 \times 10^{-7} \text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$ 。在距烟囱10km以内的范围内,地面沉积量主要来自降雨冲洗造成的湿沉积,10km以外则应同时考虑干沉积的贡献。

关键词 燃煤电厂 天然铀 天然钍 P-T法 气载排出物 空气污染浓度

ENVIRONMENTAL ASPECTS OF AIRBORNE RADIOACTIVE EFFLUENT FROM A COAL-FIRED POWER STATION

Song Miaofa Fu Rongchu Lu Zhizhao

(Suzhou Medical College, Jiangsu.)

ABSTRACT

The authors determined the contents of natural uranium and thorium in coal and tunnel ash samples taken from a large coal-fired power station in the nearby area. The hourly climate data in 1980 are analysed and the atmospheric stability is cataloged by pasquill-Turner method. Wind direction-atmospheric stability-wind velocity combined probabilities f_{ijk} and rain-wind direction probabilities f_{ijk} are calculated. The near ground air pollution concentrations, the ground depositions and the distributions of U_{235} and Th_{232} presented in airborne effluent (fly ash) within an area round the station with a radius of 60 km are also estimated. In the calculations, some factors such as wind velocity in the higher atmosphere, plume rise still wind and decrease of air pollution concentration by the ground deposition (especially the wet deposition produced by rain) have been considered. Some corrections necessary for the factors described above are also made.

It is shown that the maximum annual average air pollution concentration ($\bar{X}_{U_{235}} = 1.95 \times 10^{-7} \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$, $\bar{X}_{Th_{232}} = 3.45 \times 10^{-7} \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$) appears at the point 1 km away from the source in the fan SE. In the area round the station with a radius shorter than 10 km, the ground deposition is mainly by the wet deposition, but, where the radius longer than 10 km, the dry deposition must be taken into account.

一、引 言

核电站已在我国兴建，由此可能造成的环境放射性污染及其后果，也为人们所关注。据许多文献⁽¹⁻⁹⁾报道，燃煤电厂气载排出物（烟尘）中所含天然放射性核素对环境的影响远比核电站大。因此可以认为，在正常情况下，核电是安全的、经济的、清洁的能源。本文对本地区某大型电厂燃煤及烟道灰中天然铀、钍含量进行了测定，并结合气象资料，估算了该厂气载排出物造成的空气中天然铀、钍浓度、地面沉积量及其分布。这些资料为进一步作剂量学评价提供了依据。

二、估算方法及结果

1. 近地面空气污染浓度 $\bar{\chi}_i(x)$

计算 $\bar{\chi}_i(x)$ 的基本公式^(10, 11)为：

$$\bar{\chi}_i(x) = \frac{0.127\pi Q}{x} \sum_{j=1}^6 \sum_{k=1}^5 \sum_{q=1}^2 \frac{f_{ijk} \times D_{ijk}(x)}{\sigma_{ij}(x) \times \bar{u}_{ijk} \times 100} \times P_q \exp\left[-\frac{(h + \Delta h_{ijk})^2}{2\sigma_{ij}^2(x)}\right] \quad (1)$$

式中， $\bar{\chi}_i(x)$ 为出现 i ($i=1, 2, \dots, 16$) 方位风向时下风向距烟囱中心 x 米处近地面空气中天然铀（钍）污染的年平均浓度， $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ ； Q 为天然铀（钍）的年平均排放率， $\text{mg}\cdot\text{s}^{-1}$ ； π 为扇形数 ($\pi=16$)； j 为帕斯奎尔天气稳定度类型数 ($j=1, 2, \dots, 6$)； k 为风速分组数 ($k=1, 2, \dots, 5$)； q 为烟囱数 ($q=1, 2$)； f_{ijk} 为出现 i 方位风向、 j 稳定度、 k 组风速的频率，%； $\sigma_{ij}(x)$ 为 j 稳定度时烟羽浓度分布沿垂直方向的标准偏差， m ； \bar{u}_{ijk} 为 j 稳定度、 k 组风速时烟囱高度上的平均风速， $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ； $D_{ijk}(x)$ 为 j 稳定度、 k 组风速时沉积过程导致的浓度降低系数； P_q 为烟囱 q 的排放份额， h 为烟囱高度， m ， Δh_{ijk} 为 j 稳定度、 k 组风速时烟云抬升高度， m 。

(1) 排放率 Q 及烟囱的排放份额 P 。该电厂现有汽轮机总装机容量825MW，其中燃煤发电容量为225MW，烟尘通过两个烟囱排入大气。由于两个烟囱间距离不大，为简化计算，假设两个烟囱作为同一点源按算术叠加考虑，当然，这对近距离的估算会带来一定的误差。

两个烟囱的排放参数见表1。

表1 烟囱排放参数

烟囱号	汽轮机容量, kW	烟囱高度 h , m	烟囱出口直径 d , m	烟囱出口流速 V , m·s ⁻¹	除尘器出口烟 气温度, ℃	排放率份额 P
1	12.5万	120	5.5	11.0	160—170	0.56
2*	10.0万	120	7.0	17.0	160—170	0.44

* 2号烟囱同时有燃油锅炉烟气排放。

我们取样分析了该厂所使用的江苏、安徽、河南、山西四省原煤 8 次混合样品及烟道灰样品的天然铀、钍的含量，样品用王水两次浸出后，用乙醚除铁，然后在 8mol/L HCl 介质中用阴离子交换法分离铀、钍，用比色法测定铀、钍的含量。分析结果见表 2。

表2 原煤及烟道灰中天然铀、钍的含量, ppm

	原煤混合样	烟道灰
天然铀	0.9	3.37
天然钍	2.3	5.96

1980年全年用煤量0.87Mt, 燃烧后平均灰分为25%, 年平均灰分排空率为24.6%。估算年平均排放率Q值时用烟道灰中天然铀、钍含量近似代表排放烟尘中天然铀、钍的含量, 由此而得到天然铀的年平均排放率 $Q_U = 5.72\text{mg}\cdot\text{s}^{-1}$, 天然钍的年平均排放率 $Q_{Th} = 10.11\text{mg}\cdot\text{s}^{-1}$ 。

两个烟囱的排放量份额按相应的汽轮机容量之比计算, 计算值列于表1。

(2) 出现*i*方位风向, *j*稳定度, *k*组风速的频率 f_{ijk} , 天气稳定度分类采用常用的P-T法^[10, 11], 结合我们实际得到的气象资料, 为便于实用起见, 我们对帕斯奎尔天气稳定度分类表作了一些变动(详见表3)。

表3 天气稳定度分类表

地面以上10m处风速, $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$	白天云量			夜间云量		浓阴及雨天
	0~2	3~7	8~9	0~4	5~9	
1	A	A	B	F	F	D
2, 3	A	B	C	F	E	D
4, 5	B	B	C	E	D	D
6	C	C	D	D	D	D
>6	C	D	D	D	D	D

我们对本地区气象台提供的1980年全年逐时气象资料进行统计分析, 求得了 f_{ijk} 值的分布(见表4)。

(3) 烟囱高度上的平均风速 \bar{u}_{1h} , 气象资料提供的是地面以上10m处的平均风速。采用下式^[12]求烟囱高度上的平均风速 \bar{u}_{1h} , 即

$$\bar{u}_{1h} = \bar{u}_{0.1h} \left(\frac{h}{h_0} \right)^\alpha \quad (2)$$

式中, $h_0 = 10\text{m}$, $\bar{u}_{0.1h}$ 为气象资料给出的风速, $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, h 为烟囱高度($h = 120\text{m}$), 风速修正指数 α 值^[12]见表5。

表5 风速修正指数 α 值^[12]

稳定度	A	B	C	D	E	F
α	(0.12)	(0.15)	0.20	0.25	0.33	0.40

注: 文献[12]只列出C、D、E、F四种稳定度下的 α 值, 表中A、B稳定度下的 α 值为作者所选定。

表4 风向、稳定度、风速联合频率表, %

风速, m·s ⁻¹	稳定度	风 向																	
		N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	静风	
1	A	0.21	0.14	0.14	—	—	0.07	0.07	0.07	0.21	—	—	0.07	0.07	0.07	0.14	0.07	0.07	1.93
	B	0.14	—	0.14	0.07	0.07	—	—	0.14	0.14	0.14	—	—	—	—	0.07	0.07	0.14	1.98
	D	0.07	0.14	0.34	0.14	0.28	0.07	0.14	0.07	0.07	0.07	—	—	—	—	0.07	0.14	0.21	3.98
	F	0.07	0.14	0.35	0.21	0.27	0.41	0.21	0.27	0.21	0.21	0.21	0.07	0.07	0.21	0.14	0.41	0.14	9.73
2, 3	A	0.21	0.27	0.34	0.48	0.21	0.21	0.34	0.48	0.34	0.27	0.07	0.14	0.07	0.14	0.41	0.34	—	—
	B	0.07	0.21	0.21	0.34	0.21	0.07	0.41	0.27	0.14	0.21	—	0.07	0.07	0.07	0.07	0.14	0.14	—
	C	0.48	0.21	0.61	0.88	0.55	0.82	0.68	0.62	0.55	0.35	0.14	—	0.34	0.14	1.50	0.55	0.55	—
	D	0.39	0.36	1.24	0.84	1.65	1.17	0.96	0.89	0.82	0.75	0.34	0.07	—	—	1.17	1.10	1.10	—
	E	0.55	0.48	0.68	0.61	0.88	1.10	0.68	0.59	0.55	0.27	0.21	0.07	—	—	0.62	0.41	0.41	—
	F	0.34	0.27	0.27	0.62	1.23	0.48	0.89	0.75	0.75	0.34	0.14	0.07	0.07	0.07	0.62	0.62	0.62	—
4, 5	B	—	0.07	0.27	0.07	0.14	0.21	0.48	0.48	0.82	0.34	0.21	—	0.14	0.21	0.89	0.21	—	—
	C	0.37	0.14	0.55	0.34	0.61	0.48	0.61	0.61	0.48	0.48	0.21	0.07	—	0.35	0.41	0.28	0.28	—
	D	0.37	0.48	1.37	0.82	1.10	0.82	0.82	0.76	0.34	0.28	0.21	0.07	—	0.68	1.10	0.82	0.82	—
	E	—	0.07	—	0.07	0.14	0.14	0.34	0.34	0.14	0.07	—	—	0.07	0.07	0.42	0.14	0.14	—
	C	—	—	—	—	0.07	0.07	0.07	0.07	—	0.07	—	—	—	0.21	0.07	0.21	0.21	—
6	D	0.14	—	0.27	0.14	0.48	0.21	0.34	0.48	—	0.14	—	—	—	0.14	0.49	0.49	0.49	—
	C	0.07	—	—	0.07	—	—	0.21	—	0.14	—	—	—	0.07	0.48	0.07	0.07	0.07	—
>6	D	0.07	0.07	0.07	0.14	0.21	0.14	0.55	0.34	0.14	0.14	—	—	—	0.62	0.21	0.21	0.21	—
	合计	3.85	3.65	6.85	6.04	8.10	6.47	7.87	7.19	5.64	4.13	1.60	0.84	1.11	3.60	9.53	6.15	17.40	—

(4) 沉积过程导致的浓度降低系数 $D_{i,k}(x)$ 严格地说, $D_{i,k}(x)$ 应针对干沉积及降雨导致的湿沉积两种过程分别计算, 为简化, 作者在计算年平均污染浓度时均按干沉积过程考虑, 参照Isaac, Van der Hoven 推荐的方法^[10] 计算 $D_{i,k}(x)$ 值。

(5) 烟云抬升高度 $\Delta h_{i,k}$ 烟云抬升高度按戴维森-布赖恩特公式^[11] 计算。

$$\Delta h_{i,k} = d \left(\frac{v}{\bar{u}_{i,k}} \right)^{1.4} \left(1 + \frac{\Delta T}{T_s} \right) \quad (3)$$

式中, d 为烟囱的出口直径, 由表1可知, $d_1 = 5.5\text{m}$, $d_2 = 7.0\text{m}$, v 为烟气出口速度, 由表1可知, $v_1 = 11.0\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, $v_2 = 17.0\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, T_i 为烟气出口温度, 根据厂方提供的经验公式, 对两个烟囱的 T_i 值均取为426K (即153℃); ΔT 为烟气与周围空气的温度差, K。

(6) 静风的处理 本地区静风 ($\bar{u}_0 < 1\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$) 年频率达17.40% (见表4), 不可忽略。静风时天气稳定度分类按第1风速组考虑。根据文献[11]的建议, 取 $\bar{u}_{i,k} = 0.5\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, 求得的浓度值除以扇形数16后, 在16个扇形中均计入。

(7) 估算结果 根据以上所列公式及假设条件, 求得1980年该厂周围半径60km 范围内近地面空气中天然铀、钍年平均污染浓度的分布, 结果示于图1, 图2。

图3, 图4给出1980年1月与7月 (分别代表冬、夏两季) 天然铀污染浓度的分布。在计算月平均污染浓度时, 沉积过程导致的浓度降低系数 $D_{i,k}(x)$ 是按干沉积及湿沉积两种过程分别计算的。

2. 地面沉积量 $W_i(x)$

计算 $W_i(x)$ 的基本公式为

$$W_i(x) = W_{i,w}(x) + W_{i,d}(x) \quad (4)$$

式中, $W_i(x)$ 为 i 方位风吹向的扇形内距烟囱中心 x 米处地面天然铀 (钍) 的年沉积量, $\text{mg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$; $W_{i,w}(x)$ 为降雨过程导致的湿沉积量, $\text{mg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$; $W_{i,d}(x)$ 为干沉积量, $\text{mg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$ 。



图1 空气中天然铀年平均污染浓度等值线 (单位, $\text{mg}\cdot\text{m}^{-2}$)

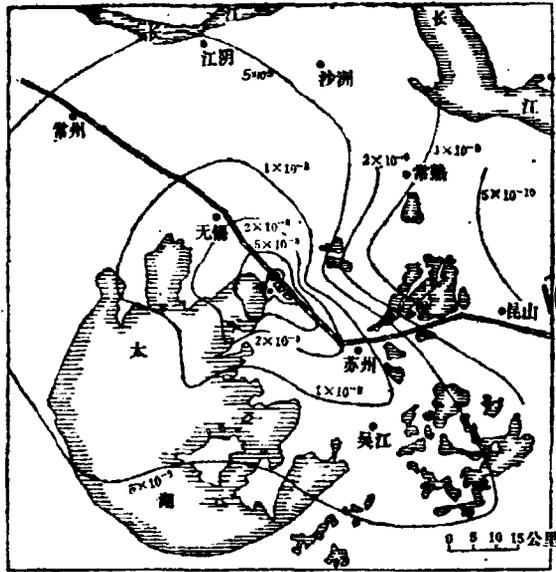


图2 空气中天然钍年平均污染浓度等值线 (单位: $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$)

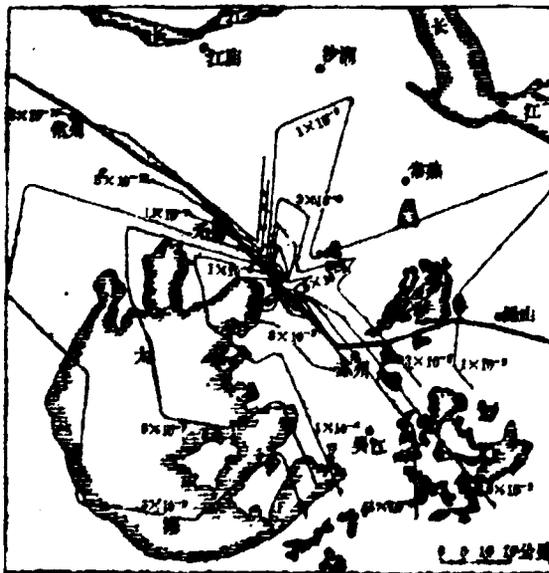


图3 1980年1月空气中天然钍月平均污染浓度等值线 (单位: $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$)

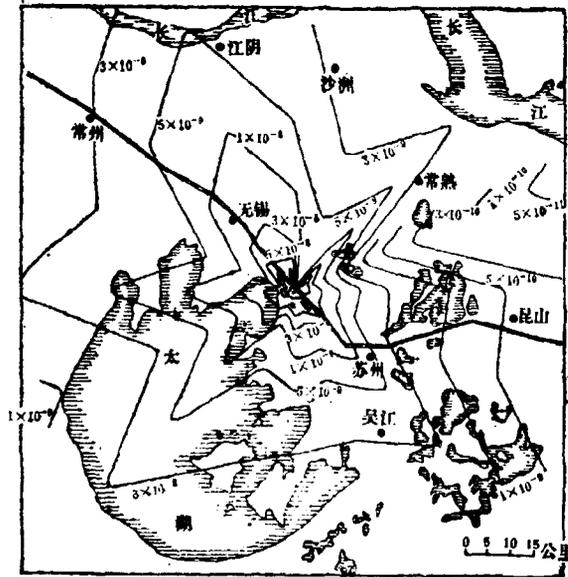


图4 1980年7月空气中天然铀月平均污染浓度等值线 (单位: $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$)

(1) 降雨过程导致的湿沉积量 $W_{i,r}(x)$ 采用下式公式^[11, 12] 计算 $W_{i,r}(x)$

$$W_{i,r}(x) = \frac{8Q \times 365 \times 86400}{\pi x} \times \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^m \frac{\bar{\Lambda}_{i,j,k} \times f_{R,j,k}}{\bar{u}_{j,k} \times 100} \times \exp\left(\frac{-\bar{\Lambda}_{i,j,k} x}{\bar{u}_{j,k}}\right) \quad (5)$$

式中, 与 $f_{R,j,k}$ 为与 $f_{i,j,k}$ 相应的降雨时的风向频率, %, 其值见表6; $\bar{\Lambda}_{i,j,k}$ 为相应条件下的降雨冲洗系数, s^{-1} , 其值可由下式求得^[11, 13]

$$\bar{\Lambda}_{i,j,k} = 1.2 \times 10^{-4} \bar{I}_{i,j,k}^2 \quad (6)$$

式中, $\bar{I}_{i,j,k}$ 为相应于 $f_{i,j,k}$ 的平均降雨强度, $\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}$, 1.2×10^{-4} 为对气溶胶颗粒冲洗实验得出的经验系数。

式(5)中的 $\exp\left(\frac{-\bar{\Lambda}_{i,j,k} x}{\bar{u}_{j,k}}\right)$ 即为降雨湿沉积导致的空气浓度降低系数。

静风条件下, 按式(5)求得的 $W_{i,r}(x)$ 值除以16, 各个扇形中均计入。

(2) 干沉积量 $W_{i,d}(x)$ 文献[11, 15]所推荐的计算降雨冲洗系数 $\bar{\Lambda}$ 的经验公式[即式(6)]是归纳了野外实验数据求得的, 其中实际上包含有干沉积过程对地面沉积量的贡献, 因此, 凡遇降雨天气, 不应再计入干沉积量, 否则, 地面沉积量估算值将偏高。为此, 采用如下公式计算干沉积量 $W_{i,d}(x)$

$$W_{i,d}(x) = 365 \times 86400 \times v_d \times \bar{X}_i'(x) = 3.15 \times 10^7 \times v_d \times \bar{X}_i'(x) \quad (7)$$

式中, v_d 为干沉积速度, 烟尘中较大颗粒的重力沉降过程多发生于较小距离范围, 故根据文

表6 降雨的风向频率 $f_{r,i}$, %

风速, mm·s ⁻¹	稳定度	风 向																
		N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	阵风
1	D	0.07 (1.29)	0.14 (1.81)	0.34 (0.64)	0.14 (0.55)	0.28 (0.36)	0.07 (2.32)	0.14 (0.6)	0.07 (0.03)	0.07 (0.23)	0.07 (0.78)	—	—	—	0.07 (0.18)	0.14 (0.18)	0.21 (0.63)	3.96 (0.62)
2, 3	D	0.89 (0.22)	0.96 (0.38)	1.24 (1.07)	0.84 (0.4)	1.65 (0.32)	1.17 (0.37)	0.96 (0.39)	0.89 (0.63)	0.82 (0.45)	0.75 (0.25)	0.34 (0.75)	0.07 (0.025)	—	0.69 (0.4)	1.17 (0.36)	1.10 (0.22)	
4, 5	D	0.21 (0.22)	0.14 (0.13)	0.75 (0.47)	0.68 (0.61)	0.82 (0.49)	0.48 (0.71)	0.28 (0.87)	0.42 (0.22)	0.34 (0.34)	0.28 (0.07)	0.14 (1.95)	0.07 (0.2)	—	0.54 (0.63)	0.86 (0.16)	0.61 (0.22)	
6	D	0.14 (0.41)	—	0.14 (0.83)	0.14 (0.89)	0.27 (0.46)	0.07 (0.31)	0.07 (0.17)	0.14 (0.21)	—	—	—	—	—	0.14 (0.34)	0.34 (0.24)	0.28 (0.36)	
>6	D	0.07 (0.53)	—	0.07 (0.03)	0.14 (0.87)	0.21 (0.81)	0.07 (1.61)	0.21 (0.3)	0.07 (0.33)	—	0.07 (0.2)	—	—	—	0.14 (0.01)	0.21 (0.24)	0.21 (0.43)	
合计		1.38	1.24	2.54	1.94	3.23	1.86	1.66	1.59	1.23	1.17	0.48	0.14	0	1.57	2.82	2.41	3.96

注: 括号内为与 $f_{r,i}$ 相应的平均降雨强度 I_i , mm·h⁻¹.

献[14]的推荐,按气溶胶颗粒的干沉积实验结果,取 $v_d = 0.01\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,用 $(f_{1,1k} - f_{2,1k})$ 取代式(1)中的 $f_{1,1k}$,即求得 $\bar{\lambda}'_1(x)$ 。

静风条件处理原则同上。

(3) 估算结果 根据以上所列公式及假设条件,求得1980年该厂周围半径60km范围内地面天然铀、钍年沉积量的分布。图5、图6所示为天然铀年湿沉积量及干沉积量的等值

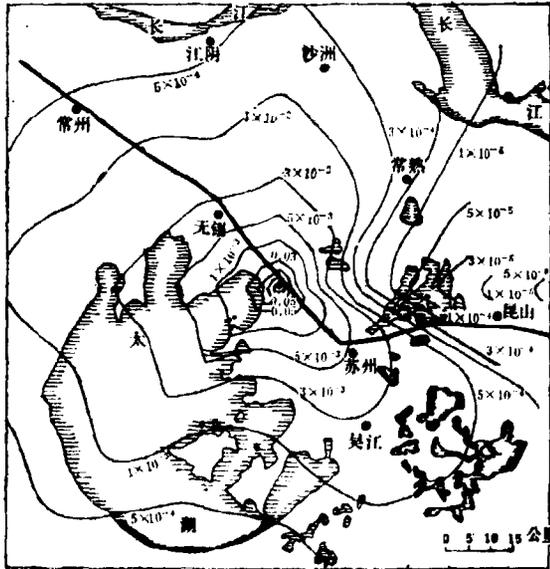


图5 地面天然铀年湿沉积量等值线 (单位: $\text{mg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$, 图5—图6同)

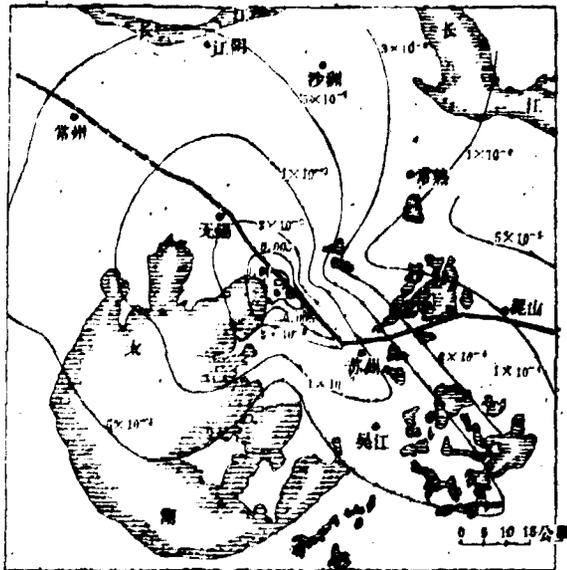


图6 地面天然铀年干沉积量等值线

线图。图7、图8所示为天然铀及天然钍年沉积量（干、湿沉积量之和）的等值线图。为直观起见，图9示出SE方位扇形内距烟囱不同距离处空气中天然铀、钍污染浓度 $X_U(x)$ 、 $X_{Th}(x)$ ，天然铀年湿沉积量 $W_{RU}(x)$ 、年干沉积量 $W_{DU}(x)$ 及年沉积量 $W_U(x)$ 的变化。

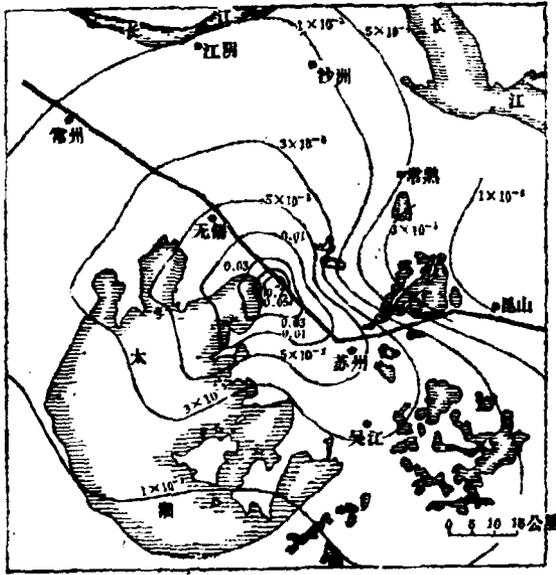


图7 地面天然铀年沉积量等值线

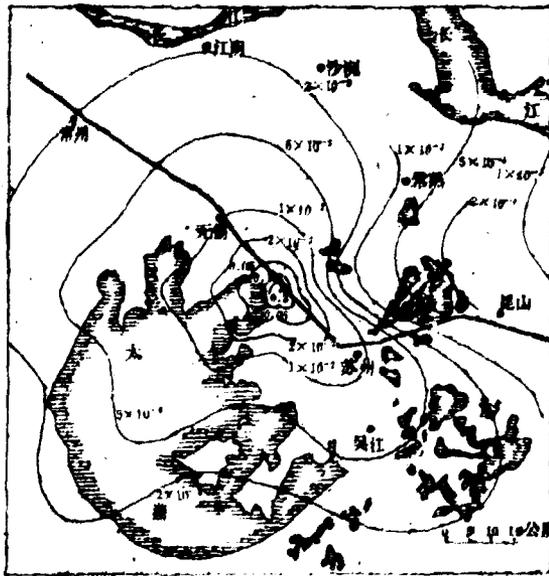


图8 地面天然钍年沉积量等值线

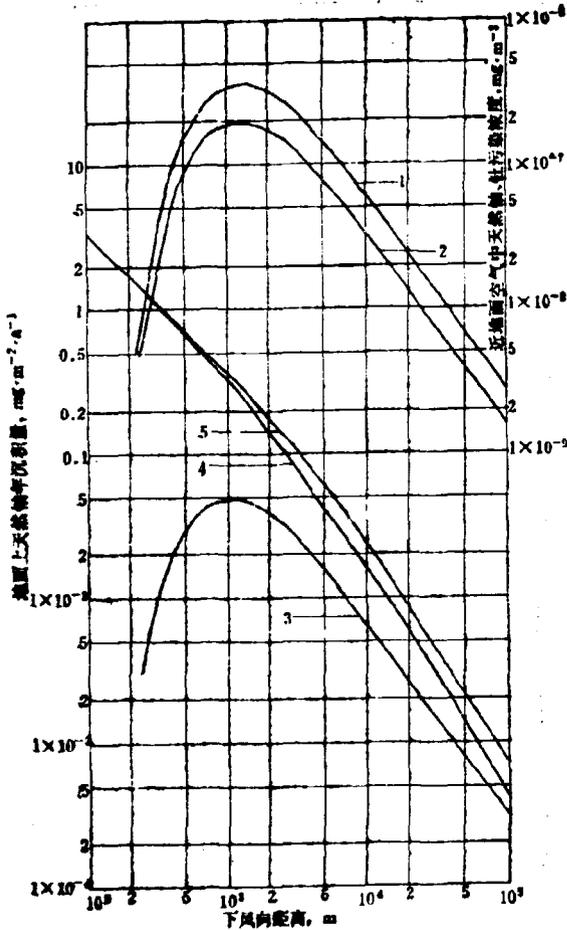


图9 SE方位扇形内距烟囱不同距离处空气中天然铀、钍污染浓度 $\bar{X}_U(x)$ 、 $\bar{X}_{Th}(x)$ ，地面天然铀沉积量 $W_U(x)$ 、 $W_{RU}(x)$ 及 $W_{DU}(x)$ 的变化
 1— $\bar{X}_{Th}(x)$ ；2— $\bar{X}_U(x)$ ；3— $W_{DU}(x)$ ；4— $W_{RU}(x)$ ；5— $W_U(x)$ 。

三、小结和讨论

1. 表7所示为该电厂与美国Thomas, A. Allen电厂⁽¹⁴⁾煤耗量及标准排放率的对比。

表7 两个电厂的煤耗及标准排放率对比

电 厂	发电容量, MW	标准煤耗 1000kg· (MW·a) ⁻¹	天然放射性矿物含量, ppm		烟尘排放率, %	标准排放率, g·(MW·a) ⁻¹	
			天然铀	天然钍		天然铀	天然钍
Thomas, A. Allen	290	2320	1	2	1	23.2	46.4
本厂	226	3867	0.9	2.3	24.6	801.5	1437.4

注: Thomas, A. Allen工厂按原煤中U、Th含量计算标准排放率, 而本厂则根据烟道灰中U、Th含量计算标准排放率。

由表7可见,本厂天然铀、钍的标准排放率比Thomas, A. Allen电厂高出30多倍,显然,在同样发电容量下,本厂对环境的放射性影响要大得多。加之本厂周围人口比前者稠密,故影响会更大。

由表7还可见,降低燃煤电厂对环境的放射性影响,关键在于降低煤耗,选用铀、钍含量较低的煤种,采用大型高效机组,使用包含静电除尘在内的先进除尘设备,逐步淘汰低效能机组及除尘效率低的锅炉,以降低烟尘排空率。当然,这只是针对烟尘对环境的影响而言。另一方面,由于煤渣及粉煤灰堆积,造成周围地区空气、地面及水源的污染更应引起重视。

2. 由估算结果可知,空气最大污染浓度出现在SE方位1km处,该处空气中天然铀年平均污染浓度 $\bar{X}_{U_{\dots}} = 1.95 \times 10^{-7} \text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$,天然钍年平均污染浓度 $\bar{X}_{Th_{\dots}} = 3.45 \times 10^{-7} \text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$ (见图9)。这些数据表明,该厂周围空气中天然铀(钍)年平均浓度并不太高,但是,从辐射防护的最优化原则^[16]考虑,仍应十分重视对燃煤电厂烟尘的治理。

3. 从图9可见,对于距烟囱10km以内的范围内,地面沉积量主要是降雨冲洗造成的湿沉积,10km以外的范围内,则应同时考虑干沉积的贡献。作者同时认为,距烟囱500m以内范围为厂区,其地面一般为水泥或沥青路面,地面沉积无任何实际意义,可不作考虑。

地面沉积量计算中,没有考虑雨水对地面的冲刷作用及风的扬起作用,实际上这两个过程是不可忽略的。

参加本工作的还有章仲侯、王惠玉、滕维芳同志。

参 考 文 献

- [1] M. Eisenbad et al., *Science*, 144 (3616), 288—289 (1964).
- [2] A. P. Hull, *Nucl. Saf.*, 12(3), 185—199 (1971).
- [3] L. B. Lave et al., *Nucl. Saf.*, 14(5), 409—428 (1973).
- [4] P. H. Klein et al., *Environ. Sci. and Technol.*, 9, 973 (1975).
- [5] S. K. Chakar Varti et al., *Heat. Phys.*, 39(2), 358—362 (1980).
- [6] J. P. McBride et al., *Science*, 202 (4372), 1045—1050 (1978).
- [7] H. A. Das, *J. Radioanal. Chem.*, 79(2), 325—328 (1983).
- [8] B. L. Cohen, *Heat. Phys.*, 42(5), 725—727 (1982).
- [9] 中冏章, *Radioisotopes*, 31(6), 369 (1982).
- [10] 张永兴, 核工业大气污染的剂量学评价(内部资料), 1976.
- [11] 二机部环保教材编写组, 核工业环境保护(上册), (内部讲义), 1982.
- [12] 中国医学科学院环境卫生监测站—江苏省大气污染调查协作组, 苏州硫酸厂二氧化硫对大气污染的综合调查报告, (内部资料), 1976.
- [13] D. H. Slade 著, 张永兴等译, 气象学与原子能, 原子能出版社, 1979.
- [14] J. P. McBride et al., ORNL-5315 (1977).
- [15] H. D. Brenk et al., *Nucl. Saf.*, 22(3), 362—371 (1981).
- [16] ICRP Publication 26, *Annals of the ICRP*, 1(3) (1977).

CHINA NUCLEAR SCIENCE & TECHNOLOGY REPORT



China Nuclear Information Centre