

· 调查与评价 ·

上海市西南郊区表层水体中多氯联苯分布特征与毒性评价

葛元新¹, 喻文熙¹, 潘健民², 朱丽红³, 马慧¹

(1. 上海市闵行区环境监测一站, 上海 201100; 2. 上海工程技术大学, 上海 201620;

3. 上海市医药学校, 上海 200135)

摘要:采用 GC/MS 方法测定了上海市西南郊区 7 条主要河流 13 的断面的多氯联苯(PCBs) 含量, 讨论了 PCBs 在水体中的含量分布、污染现状、组分特征和毒性当量。共有 14 种 PCBs 同系物有不同程度检出, 其中五氯联苯含量最高, PCBs 质量浓度在 143.4 ng/L ~ 201.8 ng/L 之间, 均值 159.1 ng/L, 处于中等污染水平。13 个检测断面的 PCBs 对人类和鱼类毒性当量均值分别为 1.781 pg/g 和 <0.084 pg/g。PCB 126 对毒性当量的贡献值最大。由于 PCBs 具有生态累积效应, 危害不容忽视。

关键词:地表水; 多氯联苯; 毒性当量; 上海市

中图分类号: X824

文献标识码: B

文章编号: 1006-2009(2011) S₀ - 0044 - 05

The Distribution Characteristics and Toxicity Assessment of Polychlorinated Biphenyl at Surface Water of Southwest Suburb of Shanghai

GE Yuan-xin¹, YU Wen-xi¹, PAN Jian-min², ZHU Li-hong³, MA Hui¹

(1. No. 1 Environmental Monitor Center of Minhang District, Shanghai 201100, China; 2. Shanghai University of Engineering Science, Shanghai 201620, China; 3. Shanghai Pharmaceutical School, Shanghai 200135, China)

Abstract: The concentration levels of PCBs in thirteen surface water samples of seven main rivers collected at southwest suburb of Shanghai were analyzed by GC/MS. The spatial distribution, pollution level, composition characteristics and toxic equivalency of PCBs were discussed. The results showed that fourteen PCBs congeners were detected in surface-water, among which the penta-chlorinated biphenyls are abundant in all samples. Values of PCBs were in a range of (143.4 ~ 201.8) ng/L, with an average value of 159.1 ng/L. The content of PCBs in water of Shanghai southwest suburb was on the average pollution level. TEQs of PCBs for human being and fish were 1.781 pg/g and <0.084 pg/g respectively, and the maximum values were contributed by PCB 126. The potential hazards should not be ignored for their accumulative effect in the environment.

Key words: Surface water; PCBs; Toxic equivalency; Shanghai

多氯联苯(Polychlorinated Biphenyls, PCBs) 有 209 种同分异构体和同系物, 其中的 PCB 77、PCB 81、PCB 105、PCB 114、PCB 118、PCB 123、PCB 126、PCB 156、PCB 157、PCB 167、PCB 169 和 PCB 189 等 12 种共平面 PCBs 具有与二噁英物质(TCDD 及 PCDD/Fs) 相似毒性, 被称为类二噁英多氯联苯(Dioxin-Like PCBs, 简称 DL-PCBs)。由于 PCBs 的急性毒性、高残留性、高富集性、高亲脂性、难生物降解性和远距离扩散, 以及对生态系统和人类健康的影响^[1-3], 被《关于持久性有机污染物的斯德哥尔摩公约》列入优先控制的持久性有机污

染物(POPs) 名单^[4]。PCBs 可能造成的危害引起了生态学和环境毒理学研究人员的普遍关注, 为环境科学研究的热点问题之一。

我国 20 世纪 60 年代曾生产 PCBs, 用作电力电容器的浸渍剂、油漆添加剂等。1973 年以后, 陆续减少和停止生产。20 世纪 80 年代初, 从比利

收稿日期: 2011-11-08

基金项目: 上海市闵行区自然科学基金资助项目 (2010MHZ004)

作者简介: 葛元新(1971—), 男, 河南博爱人, 高级工程师, 博士, 从事环境监测与管理工。

时、法国、德国等国家进口过大量装有 PCBs 的电力电容器。通过国内生产和国外进口, PCBs 在我国的总量约 2 万 t^[5]。

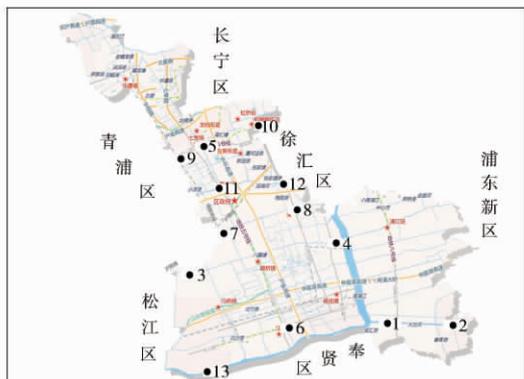
上海作为全国经济发达地区之一, 工业发展较早, 在 20 世纪 80 年代前曾经生产和使用了大量 PCBs, 但对环境水体中 PCBs 的污染现状研究较少。现调查研究上海市西南郊区主要河流水体中的 PCBs 含量分布, 探讨了 PCBs 污染水平和毒性当量, 并分析了其污染的可能来源, 旨在了解该区域的 PCBs 污染水平和相对毒性, 为保护当地水生生态系统和人体健康提供理论依据。

1 研究方法

1.1 样品采集与处理

2011 年 4 月的枯水期, 在上海市西南郊区的黄浦江、大治河、北横泾、六磊塘、淀浦河、春申塘和浦汇塘等 7 条主要河流的 13 个断面取样, 取样位置为河流中泓线水面下 0.5 m 处。

水样置于棕色磨口玻璃瓶中, 用 0.7 μm 的 Whatman 玻璃纤维滤膜(用前在 450℃ 下焙烧 4 h) 过滤后, 用固相萃取法以 2 mL/min ~ 3 mL/min 的流量萃取水样。随后, 用 15 mL 二氯甲烷和正己烷以 V(二氯甲烷):V(正己烷) = 3:7 混合的洗脱液洗脱 SPE 小柱。洗脱液经无水硫酸钠干燥后, 使用 Dry Vap 全自动定量浓缩仪(Lab Tech) 浓缩至约 2 mL 后, 加入 15 mL 正己烷进行溶剂转换, 浓缩并加入内标物十氯联苯后, 最后准确定量至 1 mL, GC/MS 分析 PCBs 含量。断面采样位置见图 1。



1—大治河闸港; 2—大治河汇东; 3—六磊塘曙光路; 4—六磊塘龙吴路; 5—北横泾漕宝路; 6—北横泾江川路; 7—春申塘中春路; 8—春申塘虹梅南路; 9—浦汇塘中春路; 10—浦汇塘虹许路; 11—淀浦河七莘路; 12—淀浦河虹梅路; 13—黄浦江彭渡。

图 1 河流采样位置分布

Fig. 1 Sampling sites on the rivers

1.2 色谱条件

分析采用配有 Aglient IO 谱库的 HP 7890A - 5975C 气相色谱/质谱联用仪。色谱柱为 30 m × 0.25 mm × 0.25 μm 的 HP-5 MS 毛细管柱。仪器设置参数: 载气 He 流量为 1 mL/min; 进样口温度 300 °C; 色谱/质谱接口温度 280 °C; 不分流进样; 色谱柱升温程序: 150 °C 保持 3 min, 以 10 °C/min 升温至 300 °C, 恒温 2 min。定性分析以全扫描方式, 扫描范围 35 m/z ~ 300 m/z, 定量分析使用选择离子检测 SIM 方式, 使用保留时间和内标法定量。

2 结果与讨论

2.1 PCBs 含量及分布特征

在上海市西南郊区 7 条主要河流的 13 个断面中共检出 14 种 PCBs, 其中包括 12 种 DL-PCBs。各检测水体的总 PCBs 为 143.4 ng/L ~ 201.8 ng/L, 均值 159.1 ng/L, 见表 1。

由表 1 可见, 六磊塘龙吴路断面 PCBs 在所测水体中污染最重, 高出该河流上游曙光路桥断面 16.2 ng/L。北横泾的江川路断面也高出上游漕宝路断面 18.8 ng/L。这可能与六磊塘和北横泾流经一个市级工业区有一定关系。已有研究表明^[3, 6-7] 20 世纪 70 年代以前, PCBs 进入环境大气、土壤、水体和沉积物的方式主要来自 PCBs 的生产和使用; 20 世纪 70 年代以后, 工业排污、航运、PCBs 废旧设施非法处置或封存不当等是 PCBs 污染的几大原因。此外, 河流中 PCBs 污染还与大气传输和沉降、河流底层沉积物中吸附的污染物扩散进入水体、环境中的 PCBs 通过降雨与地表径流等进入水体等因素有关^[3, 7-8]。

大治河闸港的 PCBs 质量浓度最低, 为 143.4 ng/L, 与黄浦江彭渡的 145.7 ng/L 相近, 这与大治河闸港距离黄浦江较近, 河水来自黄浦江的情况相吻合, 也表明黄浦江 PCBs 污染相对较轻。大治河汇东的 PCBs 质量浓度为 165.5 ng/L, 比上游的闸港断面增加了 15.3%, 这与大治河两岸地区污水收集管道尚未建成, 部分企业废水经处理后直接排放河道等因素有关。PCBs 作为一种工业副产品, 在多种工业过程中都有可能产生, 如无特别措施控制, 就有可能随废水排入河道, 进而造成污染^[4]。

淀浦河下游虹梅南路断面的 PCBs 污染略轻于上游的七莘路断面, 可能是由于位于七莘路断面

表 1 上海西南郊区地表水体中 PCBs 质量浓度
Table 1 Concentration of PCBs in surface water of southwest suburb in Shanghai

PCB 类别	大治河 闸港	大治河 汇东	六磊塘 曙光路	六磊塘 龙吴路	北横泾 漕宝路	北横泾 江川路	春申塘 中春路	春申塘 虹梅南路	浦汇塘 中春路	浦汇塘 虹许路	淀浦河 七莘路	淀浦河 虹梅路	黄浦江 彭渡
PCB 77	8.6	8.6	8.7	8.6	8.6	8.6	8.7	8.6	8.6	8.7	8.6	8.6	8.6
PCB 81	—	—	—	9.4	—	9.4	—	—	9.4	—	9.4	—	—
PCB 105	8.1	12.3	17.0	18.2	8.1	8.5	8.7	8.8	8.6	8.3	8.1	8.3	8.4
PCB 114	8.8	12.2	16.2	17.2	8.8	9.1	9.2	9.3	9.1	8.9	8.8	8.9	9.0
PCB 118	8.9	12.7	16.9	18.0	8.9	9.3	9.4	9.5	9.3	9.1	8.9	9.1	9.1
PCB 123	9.4	13.3	17.5	18.6	9.4	9.4	9.4	9.5	9.5	9.4	9.4	9.4	9.4
PCB 126	11.8	17.6	17.6	18.2	13.6	20.4	16.4	17.2	17.9	15.0	16.8	14.6	13.1
PCB 156	11.6	11.6	11.6	11.6	11.5	11.5	11.5	11.6	11.6	11.5	11.5	11.6	11.5
PCB 157	12.3	12.3	13.3	13.9	12.3	13.6	12.3	12.7	13.3	12.3	13.5	12.3	12.5
PCB 167	12.5	12.5	13.4	14.0	12.5	12.6	12.5	12.5	12.7	12.5	13.6	12.5	12.5
PCB 169	13.5	14.5	15.6	15.9	13.5	13.6	13.7	13.7	13.7	13.5	13.5	13.6	13.6
PCB 170	12.5	12.6	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5
PCB 180	11.4	11.4	11.4	11.4	11.4	11.4	11.4	11.4	11.4	11.4	11.4	11.4	11.4
PCB 189	13.9	13.9	13.9	14.2	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9
Σ PCBs	143.4	165.5	185.6	201.8	145.2	164.0	149.7	151.3	161.5	147.3	159.9	146.9	145.7

下游的一个污水处理厂排放口排入大量 PCBs 含量较低的生活污水,稀释了上游来水中的 PCBs 浓度。

黄浦江、淀浦河河流较宽,发挥着重要的航运功能,水体中的 PCBs 污染可能主要来自于船舶停靠、货物装卸、中转、船舶维修、清洗等作业过程产生的工业废水、固体废弃物、包括润滑油及燃油等多种油性污染物、有毒液体或化学试剂等。

春申塘的中春路、虹梅路断面水体中 PCBs 含量接近,是由于该河道相对较窄,没有船只通航,两个断面之间也没有污废水排入。浦汇塘下游虹许路断面的 PCBs 含量略低于上游中春路断面,是由于浦汇塘流经地区污废水全部纳入排污管道,沿途没有含 PCBs 的工业废水排入,而且浦汇塘与华星港、北横泾、新泾港等多条河道纵横交错,几条河流的河水交汇在一定程度上起到了稀释上游来水中 PCBs 含量的作用。

2.2 PCBs 组分特征

在检出的 14 中 PCBs 中,五氯联苯(PCB 105、PCB 114、PCB 118、PCB 123、PCB 126)含量相对最高,占 PCBs 总量的 32.5%~45.9%,平均 36.7%。其次为六氯联苯(PCB 156、PCB 157、PCB 167、PCB 169),占 PCBs 总量的 27.4%~34.8%,均值 32.2%。七氯联苯(PCB 170、PCB 180、PCB 189)含量为 18.9%~26.4%,平均 23.8%。这 3 类多氯联苯占 PCBs 总量的 88.7%~94.8%,均值

92.8%。而四氯联苯(PCB 77、PCB 81)含量最低,仅占 PCBs 总量的 4.3%~6.0%。

从单种 PCB 来看,以五氯联苯 PCB 126 含量最高,占 PCBs 总量的 8.3%~11.3%。四氯联苯 PCB 81 含量最低,占 PCBs 总量的最大比值为 5.9%,均值仅为 1.7%。含四氯以下的低氯联苯未检出,可能是我国生产的 PCBs 以高氯同系物为主,占 PCBs 产量的 80%的缘故^[9],同时也与低氯联苯在环境中易于降解有关^[10]。

被列入优先控制黑名单的 12 种 DL-PCBs 含量较高,占 PCBs 总量的比重较大,在检测水体中为 119.5 ng/L~177.8 ng/L,均值 135.1 ng/L,占 PCBs 总量的 83.3%~88.1%,平均 84.9%。

2.3 PCBs 污染评价

北美地区依据 PCBs 含量,将地表水划分为未受污染、中等污染和重度污染 3 个等级^[3]。未受污染的淡水中 PCBs 质量浓度 <5 ng/L,中等污染的河流与港湾的 PCBs 质量浓度为 50 ng/L~500 ng/L,重度污染河流中 PCBs 质量浓度 >500 ng/L。上海西南郊区主要河流中的 PCBs 质量浓度在 143.4 ng/L~201.9 ng/L,均值 159.1 ng/L,处于中等污染水平。

国内外许多地方的水体都受到了 PCBs 不同程度的污染^[3,5,7-15]。上海西南郊区的地表水中 PCBs 污染程度轻于法国塞纳河(500 ng/L)、太湖(631 ng/L)、闽江口(985 ng/L)和福建九龙江口

(355 ng/L), 但明显重于北京官厅三家店水库 (9.72 ng/L)、厦门港 (0.12 ng/L ~ 1.69 ng/L)、黄河内蒙古段 (1.51 ng/L)、黄河山东东营段 (50 ng/L) 和第二松花江 (13 ng/L)。

2.4 PCBs 毒性评价

采用毒性当量因子 (Toxic Equivalency Factors, 简称 TEFs) 进行 PCBs 的生态风险评价。TEFs 方法使用污染物的 TEF 值与其质量分数的乘积表示其毒性当量 (Toxic Equivalency, 简称 TEQ) 浓度。

$$TEQ = \sum PCB_i \times TEF_i$$

式中: TEQ——毒性当量;

TEF_i ——毒性当量因子;

PCB_i ——样品 i PCB 质量比, $\mu\text{g/g}$ 。

TEFs 自 1988 年提出后, 已被美国、加拿大、英国、荷兰等国采用, 可用来表示 DL-PCBs 的毒性。虽然二噁英类物质为 TEQ 的主要贡献物, 但 PCBs 的贡献亦不能忽视^[14]。根据世界卫生组织 (WHO) 1998 年公布的 TEFs 值^[16-17], 计算了上海市西南郊区地表水体中的 PCBs 毒性当量, 见表 2。

表 2 上海市西南郊区地表水体中多氯联苯的毒性当量

Table 2 TEQs of PCBs in surface water of southwest suburb in Shanghai

项目	大治河 闸港	大治河 汇东	六磊塘 曙光路	六磊塘 龙吴路	北横泾 漕宝路	北横泾 江川路	春申塘 中春路	春申塘 虹梅南路	浦汇塘 中春路	浦汇塘 虹许路	淀浦河 七莘路	淀浦河 虹梅路	黄浦江 彭渡
人类 $w(\text{TEQ})$ $/(\text{pg} \cdot \text{g}^{-1})$	1.341	1.928	1.946	2.013	1.515	2.201	1.797	1.876	1.946	1.661	1.834	1.622	1.467
PCB 126 所 占比率/%	88.3	91.2	90.5	90.6	89.6	92.8	91.2	91.5	91.8	90.6	91.4	90.3	89.3
鱼类 $w(\text{TEQ})$ $/(\text{pg} \cdot \text{g}^{-1})$	<0.061	<0.090	<0.090	<0.098	<0.070	<0.109	<0.084	<0.088	<0.096	<0.077	<0.090	<0.075	<0.067
PCB 126 所 占比率/%	>96.8	>97.7	>97.5	>92.9	>97.2	>93.8	>97.6	>97.7	>93.0	>97.4	>92.6	>97.4	>97.1

由表 2 可见, 13 个检测断面的 PCBs 对人类的 TEQs 为 1.341 pg/g ~ 2.201 pg/g , 均值为 1.781 pg/g 。对鱼类的 TEQs 最大值 < 0.109 pg/g , 均值 < 0.084 pg/g 。北横泾江川路断面的 TEQs 最大, 其次为六磊塘龙吴路断面; 大治河闸港断面的 TEQs 最低。PCB 126 对 TEQs 的贡献值最大, 对人类的 TEQ 占各检测断面 TEQs 的 88.3% ~ 92.8%, 均值 90.7%。对鱼类等水生生物的 TEQ 占各检测断面 TEQs 最小比值 > 92.6%, 最大比值 > 97.7%, 均值 > 96.1%。

3 结论

(1) 在上海西南郊区的地表水中检出包括 12 种 DL-PCBs 在内的 14 种 PCBs, PCBs 质量浓度为 143.4 ng/L ~ 201.8 ng/L , 均值 159.1 ng/L , 为中等污染水平。7 条河流的 13 个断面中, 大治河闸港的 PCBs 含量最低, 六磊塘龙吴路的 PCBs 污染最重。

(2) 含 5 氯、6 氯和 7 氯的 PCBs 含量较高, 这 3 类多氯联苯在 PCBs 总量中达到了 88.7% ~

94.8%。单种 PCB 中, 以五氯联苯 PCB 126 含量最高, 占 PCBs 总量 8.3% ~ 11.3%。12 种 DL-PCBs 的质量浓度为 119.5 ng/L ~ 177.8 ng/L , 均值 135.1 ng/L , 占 PCBs 总量的 83.3% ~ 88.1%, 均值为 84.9%。

(3) 上海西南郊区地表水中 PCBs 对人类和鱼类的毒性当量均值分别为 1.781 pg/g 和 < 0.084 pg/g 。北横泾江川路断面的 PCBs 毒性当量最大, 大治河闸港的毒性当量最小。PCB 126 对毒性当量贡献最大, 分别占对人类和鱼类等水生生物总毒性当量均值的 90.7% 和 > 96.1%。

[参考文献]

- [1] 黎晓霞, 张珞平, 蔡河山. 厦门西海域拟疏浚物中多氯联苯含量分布及生态风险评价[J]. 环境监测管理与技术, 2008, 20(6): 30-32.
- [2] FAROON O M, KEITH S, JONES D, et al. Carcinogenic effects of polychlorinated biphenyls [J]. Toxicol & Ind Health, 2001(17): 41-62.
- [3] 杜瑞雪, 范仲学, 郭笃发, 等. 中国水体环境中多氯联苯的存在水平研究[J]. 中国安全科学学报, 2008, 18(9): 16-21.

- [4] 邢颖,吕永龙,刘文彬,等. 中国部分水域沉积物中多氯联苯污染物的空间分布、污染评价及影响因素分析[J]. 环境科学,2006,27(2):228-234.
- [5] 阙明学,温青,刘广民,等. 多氯联苯在自然水体中的分布现状与处理工艺[J]. 中国给水排水,2006,22(24):10-14.
- [6] BREMLE G, OKLAK L, LARSSON P. Uptake of PCBs in fish in contaminated river systems: bioconcentration factors measured in field[J]. Environmental Science & Technology, 1995, 29(8):2010-2015.
- [7] ZHOU J L, HONG H S, ZHANG Z L, et al. Multiphase distribution of organic micropollutants in Xiamen harbour, China[J]. Water Research, 2000, 34(7):2132-2150.
- [8] 李敏学,岳贵春,高福民,等. 第二松花江中 PCBs 与有机氯农药的迁移和分布[J]. 环境化学,1989,8(2):49-54.
- [9] 申荣艳,骆永明,章钢娅,等. 长江三角洲地区城市污泥中多氯联苯和有机氯农药含量与组分研究[J]. 土壤,2006,38(5):539-546.
- [10] 张祖麟,洪华生,哈里德,等. 厦门港表层水体中有机氯农药和多氯联苯的研究[J]. 海洋环境科学,2000,19(3):48-51.
- [11] 张祖麟,陈伟琪,哈里德,等. 九龙江口水体中多氯联苯的研究[J]. 云南环境科学,2000,19(增刊):124-126.
- [12] 习志群,徐晓白,等. 东湖水体中多氯联苯的研究[J]. 海洋与湖沼,1998,29(4):436-440.
- [13] 裴国霞,张岩,马太玲,等. 黄河内蒙古古段水体中六六六和多氯联苯的分布特征[J]. 水资源与水工工程学报,2010,21(4):25-27.
- [14] 魏中青,刘丛强,梁小兵,等. 贵州红枫湖地区水稻土多氯联苯和有机氯农药的残留[J]. 环境科学,2007,28(2):255-260.
- [15] 祝心如,王怡中,王大力,等. 白洋淀地区的多氯联苯污染研究[J]. 环境科学学报,1995,15(1):87-91.
- [16] VAN DEN BERG M, BIMBAUM L, BOSVELD A T C, et al. Toxic equivalent factors (TEFs) for PCBs, PCDDs, PCDFs for humans and wildlife [J]. Environmental Health Perspectives, 1998(106):775-792.
- [17] VAN DER BERG M, BIRNBAUM L S, DENISON M, et al. The 2005 World Health Organization reevaluation of human and mammalian toxic equivalency factors for dioxins and dioxin-like compounds [J]. Toxicol. Sci. 2006(93):223-241.

· 简讯 ·

英国发布“碳计划”有望超额完成减排量

人民网消息 英国政府日前发布了一份“碳计划”其中表示 英国目前的减排工作已上轨道 即将超额完成 2020 年的减排目标 如果坚持优化能源结构和技术应用 还有望实现到 2050 年时人均能源消耗量减半的目标。

据路透社报道 英国的 2020 年目标是将排放量降低 34% 这一目标是根据 2008 年到 2022 年的 3 个 5 年碳预算所制定的。

英国能源和气候变化大臣克里斯·休恩(Chris Huhne)在发布会上表示 英国“全心全意致力于(减排)目标”并朝着超额完成 2020 年目标的方向前进 即使不把经济放缓拉低的排放量考虑在内。

作为英国代表团成员 休恩参加了 11 月 28 日—12 月 9 日在南非德班举行的联合国气候峰会。来自 190 多个国家的代表正在就建立一个具有全球约束力的减排协议进行谈判。

英国能源和气候变化部表示 要实现 2050 年最佳节能目标 需要综合发展核电以及风能、生物质能等可再生能源 以及碳捕获和碳储存。按照最具成本效益的减排路径 英国到 2050 年可削减 80% 的排放量 其能源结构将由 330 亿 W 的核能、450 亿 W 的可再生能源和 280 亿 W 的化石燃料组成。化石燃料发电厂需配备碳捕获和碳储存技术装置处理废气。

该部还表示 若按照成本最优的方式实现气候目标 英国每年的人均能源成本将降低到 4 682 英镑(1 英镑约合人民币 9.89 元,下同) 人均减少 84 英镑。

休恩说:“我们的每一点进步都帮助我们进一步摆脱进口依赖和价格波动,以及威胁着我们生活方式的碳排放。”他向记者们表示“由核电、清洁化石燃料和可再生能源组成的平衡的能源结构会通过蓬勃发展的绿色技术为我们提供更多的工作机会 还会为我们提供更好的能源安全。”

英国最大的商业游说团体、英国工业联盟(CBI)认为 政府的碳计划给投资者们提供了一份更清晰的国家向低碳经济过渡的路线图。但英国工业联盟的能源和气候变化政策负责人马修·布朗(Matthew Brown)也表示“我们现在需要长期的、持续的政策支持 以避免任何突然的政策转向令投资者破产。”

根据这份碳计划 如果不采取行动应对气候变化 英国化石燃料净进口费用将从现在的 100 亿英镑左右上升到 2050 年的 860 亿英镑。但是 如果实现了 2050 年的能源目标 费用将降低至 80 亿至 240 亿英镑。

根据英国今年 6 月份制定的第四个 5 年碳预算(2023 年至 2027 年) 2027 年英国的碳排放需要降低到 1990 年的 50%。此外 英国计划在 2014 年对碳预算进行审查。

摘自 www.jshb.gov.cn 2011-12-06