

核能与可持续发展

潘自强

(中国核工业集团公司科学技术委员会,中国工程院院士 北京 100082)

我国秦山核电站运行的实践再一次表明：核电是一种安全清洁的能源^[1]，它是减小我国能源环境污染的有效途径。我国现有核电厂发电量仅占全国发电量的1%；现在正在建设的6个机组投产后，即2005年后也仅占3%左右。表1列出了中国大陆正在运行的核电站。表2列出了中国大陆正在建设的核电站。从中国工程院1997年完成的“中国可持续发展能源战略研究”^[2]中有关“未来能源供需平衡”的预测看，这离需求还相距很远。本文试图从环境、温室气体排放、安全、外部成本和能源供求等方面，讨论加速发展核电的必要性。

表 1 中国大陆正在运行的核电站			
电站名称	堆型	电功率(MW)	投产日期
秦山一期核电站	压水堆	300	1991.12
大亚湾核电站 1号	压水堆	980	1994.2
大亚湾核电站 2号	压水堆	980	1994.5
秦山二期核电站 1号	压水堆	600	2002.6
岭澳核电站 1号	压水堆	900	2002.6
岭澳核电站 2号	压水堆	900	2002

表 2 中国大陆正在建设的核电站			
电站名称	堆型	电功率(MW)	投产日期
秦山二期核电站 2号	压水堆	600	2003
秦山三期核电站 1号	重水堆	750	2003
秦山三期核电站 2号	重水堆	750	2003
田湾核电站 1号	压水堆	1 000	2004
田湾核电站 2号	压水堆	1 000	2005

一、核能是减小我国环境污染和生态恶化的有效途径^[3]

对我国上世纪90年代中期现有煤电链和核电链对环境的影响，已进行了比较研究。煤电链是指从采煤、洗煤、运输、发电到废渣的利用和处置。核电链是指从铀的开采、水冶、转化、浓缩、元件制造、发电、后处理到废物处置。煤电链是基于90年代中期的全国平均值。对核电链，天然铀开采和提取的数值是基于全国的平均值，浓缩是采用扩散厂的数据，元件制造是根据秦山元件制造的实测数据，核电厂方面则采用了秦山核电厂和大亚湾核电厂的实测数据。比较研究结果如下。

1. 对公众健康的影响 从对公众产生的辐射照射看，煤电链为420人 Sv(Gwa)⁻¹，核电链为8.39人 Sv(Gwa)⁻¹；煤电链约为核电链的50倍。就非辐射而言，采用健康危害评价方法，煤电链为12人(Gwa)⁻¹，核电链为0.67人(Gwa)⁻¹，煤电链比核电

链高1个数量级。

2. 对环境的影响 对煤电链，在正常情况下就可观察到排出SO₂和NO_x等对森林、农作物等的明显影响。根据“我国酸沉降及其生态环境影响研究”课题的研究结果，1993年酸雨和SO₂对江苏等东部七省农作物造成的经济损失为37亿、森林为60亿。估算1995年排放SO₂的酸沉降影响，对全国农作物和森林造成的经济损失为993亿元；加上对人体健康的影响则达1165亿元；如果加上对水体、建筑物、桥梁和设备等造成的危害，损失就更大了。对核电链，除切尔诺贝利事故外，未发现可察觉的影响。固体废物占地面积，煤电链约为2.1×10⁴m²(Gwa)⁻¹；核电链为1×10⁴m²(Gwa)⁻¹。地表塌陷：煤电链为1×10⁶m²(Gwa)⁻¹；核电链要小得多，仅为1.6×10²m²(Gwa)⁻¹。

我国核工业30年辐射环境质量评价表明：核工业对评价范围内居民产生的集体剂量小于同一范围内居民所受天然辐射剂量的1/1万。核设施周围关键居民组（指所受剂量中的最大者）所受剂量基本上均小于天然本底的1/10，即都在各省市平均天然辐射照射年剂量的涨落范围内。秦山核电厂和大亚湾核电厂运行时的环境监测结果表明，没有发现对周围辐射环境产生可察觉的影响，核电厂周围关键居民组所受剂量小于天然本底的1/100。

由此可见，核能是一种环境友好的绿色能源。

二、核电链是排放温室气体最小的电能链，也是减小温室气体排放的经济有效手段

已采用生命循环的方法研究了我国煤电链和核电链的温室气体排放系数。生命循环方法是指不仅计算设施本身排放的温室气体，而且计算在生产这些设施所用原材料时排放的温室气体。煤电链是基于90年代中期现有燃料链设施的平均值。对核电链，电厂采用秦山核电厂的有关数据，元件制造采用宜宾核元件制造厂的数据，天然铀开采和提取是基于全国平均值，铀浓缩是采用扩散厂的数据。在计算中有些原材料制造的温室气体排放数据采用的是国外数据。

表3和表4分别列出了我国煤电链和核电链的温室气体排放系数。表5列出了国外不同电能链的温室气体排放系数，与表3和表4不同，它是针对某一技术而言的，所用排放系数单位不同。如果换算为等效碳，我国煤电链温室气体排放系数355g/

kWh,接近表 5 中的最大值;核电链为 3.7g/ kWh,位于表 5 中的中值。通过上述数据可见:在各种能源链中核能是排放温室气体最小的。就我国煤电链而言,更处于最大值的边缘。我国核电链温室气体排放系数约为煤电链的 1 %。以现有燃煤电厂为基线,采用先进的燃煤技术的电厂降低碳排放量的价格为每吨碳 85 美元;采用核电厂的途径则价格仅为每吨碳 29.5 美元^[6]。可见核电厂是降低温室气体的有效途径之一。

表 3 我国煤电链温室气体排放系数(g - CO₂/ kWh)^[4]

	CH ₄	N ₂ O	CO ₂	合计
开采	132.4	3.1	72.4	207.9
选煤			0.54	0.54
运输			6.24	6.24
自然		2.7	65.2	67.9
电厂建设			1.32	1.32
供电运行		40.4	978	1 018.4
				1 302.3

表 4 我国核电链温室气体排放系数(g - CO₂/ kWh)^[5]

材料名称	建设期间			生产运行期间			总计
	核电链其它设施	核电站	合计	核电链其它设施	核电站	合计	
水泥	1.22	1.92	3.14	3.52 ×10 ⁻³		3.52 ×10 ⁻³	3.14
碳钢	1.01	2.10	3.11	2.20 ×10 ⁻¹		2.20 ×10 ⁻¹	3.33
不锈钢	4.65 ×10 ⁻²	1.39 ×10 ⁻¹	1.86 ×10 ⁻¹	1.43 ×10 ⁻²		1.43 ×10 ⁻²	0.20
(合金钢)		1.26 ×10 ⁻²					
铜	1.94 ×10 ⁻²	8.93 ×10 ⁻³	2.07 ×10 ⁻¹				0.21
铝	1.12 ×10 ⁻²		2.10 ×10 ⁻²				0.02
硝酸				8.32 ×10 ⁻¹		8.32 ×10 ⁻¹	0.83
工艺用煤	6.02 ×10 ⁻²		6.02 ×10 ⁻²	8.53 ×10 ⁻¹		8.53 ×10 ⁻¹	0.91
石灰	6.63 ×10 ⁻⁵		6.63 ×10 ⁻⁵	9.42 ×10 ⁻⁴		9.42 ×10 ⁻⁴	1.01 ×10 ⁻³
火电	4.87 ×10 ⁻³		4.87 ×10 ⁻³	3.07	1.99	5.06	5.06
合计	2.546	4.180	6.726	4.993	1.99	6.983	13.71

表 5 不同能源链温室气体排放系数
【等效碳(g) / kWh】^[6]

	90年代技术		新技术
	最大	最小	
褐煤	336	261	228(2005 ~ 2020技术)
煤	357	264	206(2005 ~ 2020)
石油	246	219	149(2005 ~ 2020)
太阳能	76.4	27.3	8.2(2010 ~ 2020)
水力	64.4	1.1	
生物质	16.6	8.4	
风	13.1	2.5	
核	5.7	2.5	

三、核电链是安全的工业

对90年代中期我国现有煤电链和核电链安全比较的结果如下^[3]。(1)对工作人员健康的影响。从辐射照射看,煤电链为90人 Sv(Gwa)⁻¹,核电链约为8.91人 Sv(Gwa)⁻¹,煤电链约为核电链的10倍。从尘肺看,煤矿为21.6人(Gwa)⁻¹,铀矿为4.4人(Gwa)⁻¹,煤矿为铀矿的5倍。(2)急性事故死亡率。煤电链为35人(Gwa)⁻¹,核电链为0.6人(Gwa)⁻¹,煤电链约为核电链的 60 倍。可见核电链是一种安全的工业。

核电链是安全的工业。切尔诺贝利事故并不能改变“核能是安全的能源”这一结论。但切尔诺贝利事故的影响被极大地夸大了,在广大公众中造成了深刻的影响。研究和澄清这些影响将是一项长期艰巨的任务。联合国原子辐射效应科学委员会综合研究和分析了有关切尔诺贝利事故的资料,在其给联合国的 2000 年报告书中专门论述了这个问题^[7]。其主要结论引述如下。

“切尔诺贝利事故几乎立即造成了很多严重辐射影响。在 1986 年 4 月 26 日早晨出现在事故现场的 600 名工作人员中,134 人受到高剂量照射(0.7 ~ 13.4Gy)并患放射病。在这些人当中,有 28 人

在头 3 个月中死亡,另外有两人在事故中因其它原因立即死亡。此外,在 1986 和 1987 年间,约 200 000 名恢复工作人员受到的剂量为 0.01 ~ 0.5Gy。这个群体存在潜在的晚期后果的风险(如癌症和其他疾病),他们的健康问题受到密切的跟踪研究”。

“除儿童时期受到照射之后出现甲状腺癌症增加外,没有观察到可归因于电离辐射的各种癌症发生率或死亡率的上升。人们主要关心的疾病之一——白血病(白血病是辐射照射后癌症发生潜伏期最短的病症,潜伏期一般为 2 ~ 10 年)的危险没有表现出增加,甚至在恢复工作人员中也是如此。同时,也没有发现一些其他的非恶性疾病与电离辐射有关的证据。但是事故对人们的心理影响是广泛存在的,这主要是惧怕辐射,而不是由于实际受到的辐射剂量”。

切尔诺贝利事故引起的急性辐射死亡为 28 人,慢性效应也很小,却为何常常在报刊上出现“死亡 7 000 人”的报道呢?俄罗斯资深防护专家 L. A. 伊连在所著的《切尔诺贝利:神秘与真相》一书中阐明了这一数据的来源:“1991 年国外多个出版物声称 7 000 名应急人员业已因辐射死亡。按国家统计委员会数据,1989 年全苏 20 ~ 49 岁段的年死亡率为 455/ 10 万,此值在 2 ~ 3 年内无明显涨落,对于 20 ~ 49 岁段内 30 万人的群体每年死亡 1 326 人,5 ~ 6 年间合计当在 6 800 ~ 8 200 之间,此值与媒体报道的参与消除事故影响的人员中已因辐射死亡的人数(6 000 ~ 8 000)几乎一致……事实上这是该年龄段的自然死亡数。”值得指出的是,切尔诺贝利事故引起的辐射急性死亡人员均系工作人员,至今尚未在居民中发现急性死亡病例。

切尔诺贝利事故后尚无有关某一物种的局部种群由于辐射照射而灭绝的报告。在所有的地区,种群均在长期慢性照射条件下生存。在随后的 2 ~ 2.5 年里,种群得到了恢复。没有观察到对动物种群

或生态系统的持续严重影响。

作为核电历史上发生的一次最大的事故，切尔诺贝利核事故是在特定堆型和条件下发生的，这种类型反应堆设计上原本的安全性缺陷，和各类人员安全文化素养差等因素组合起来，使得反应堆在几秒内完全被破坏。而美国三哩岛事故时堆芯也被严重损坏，但由于有较好的安全系统，所有只有微量放射性核素释放到环境中。此后，人们吸取了事故的教训，不断地改进核电站的安全性。20年来，核电站的安全性有了明显的提高。世界核电厂营运者联合会统计的核电厂平均容量因子从1980年的62.7%增加到1997年的81.6%。反应堆机组事件次数从1985年的2.38/机组降到1998年的0.04/机组。美国100个反应堆的容量因子1980年为58%，1990年为66%，1999年提高到85%^[8]。美国核电站非计划停堆到2000年底已连续4年为零^[9]。下一代的反应堆，如先进压水堆、高温气冷堆等，将比现有反应堆的安全性更高。

四、核电链放射性废物管理是安全的

我国和世界发展核电的实践表明，核电链放射性废物的管理是安全的。核电链产生的放射性废物没有发生过一次对环境产生明显影响的事故。我国在发展核电的初期就制定了严格的放射性废物管理政策，制定了“辐射防护规定”和“放射性废物管理”等标准，国务院国家环境保护总局发布了“中低放废物处置的方针与政策”等规章。

我国所有核设施都设有放射性废水贮存和处理设备、固体放射性废物暂存库；秦山和大亚湾核电厂都建立了水泥固化车间，用于废水固化和固定其它固体废物，以便最终送废物处置场处置。为了执行“中低放废物处置的方针与政策”，中国核工业总公司（现中国核工业集团公司）在1995年1月成立了专门从事放射性废物处置的清原环境工程公司。国家环境保护总局分别在1994年和1995年批准了在西北和广东建设中低放废物处置场。西北处置场设计容量20万米³，第一期建成容量2万米³，1999年投入运行并开始处置废物。北龙处置场处置设计容量24万米³，第一期建成容量8800米³，2000年建成。

我国高放废物处置研究开始于1985年，设想在2040年左右建成深地层处置库。计划分4个阶段：选址和场址评价阶段；地下实验室阶段；现场实验和示范处置阶段；处置库建设阶段。1985年以来，经过全国筛选、地区筛选和地段筛选，初步选定西北的甘肃北山作为处置库的重点预选区，并在北山旧井地段开展了高放废物地质处置的初步评价，首次施工了2个钻孔，终孔孔深502米，2001年5月完工；还开展了地质水文研究，获得了深部地质环境的重要参数^[10]。

五、核电链是外部成本最低的电能链，
核电的价格与其他能源
相比是有竞争力的

能源链的外部成本是指在能源生产和消费过程中没有考虑的对社会和环境影响而产生的代价，也就是说，这种损害在市场价格中没有反映出来，因而在市场过程中也没有得到补偿。其中包括对自然和人造环境的物质损伤以及对休闲、娱乐、美学和对个人利益的其他影响。传统的经济评价是忽略这些影响的。从可持续发展的观点看，这些成本是应考虑在内的，并应尽可能地内部化。

表6列出了欧洲委员会能源外部成本第一阶段的研究结果。表7列出了德国不同燃料链的内部和外部成本。美国对东南部参考点西屋压水堆，计算的核燃料循环危害外部成本为0.0003美元/kWe·h；加拿大安大略水电公司核能工厂（含燃料循环）的外部成本范围为0.0019~0.101加元/kWe·h，平均值为0.005加元/kWe·h。由表中及上述数据可见：核燃料循环危害外部成本是最低的，与内部成本相比较要小得多；核电链外部成本为内部成本的0.42%~8.2%，煤电链为3.2%~17%。表8列出了我国煤电链归一化伤害成本的研究结果。由于条件限制，有不少因素现在尚未考虑。

表6 不同能源链的外部成本^[11]

	成本(m欧元/千瓦时)	等效生命损失(1/兆瓦年)
煤	15	37
褐煤	10	27
油	12	32
气	0.6	2
风	2.2	0.3
水	2.2	0.8
核	0.4	1

表7 德国燃料链内部和外部成本

(马克/100千瓦时,7000满负荷小时)^[12]

	内部成本	外部成本
核	7.12	0.03~0.68
煤	13.84	0.44~2.35
风	23.29	0.03~0.41
太阳能	157.82	0.07~1.35

表8 我国煤电燃料链归一化伤害成本(元)^[13]

问题	伤害成本	
	自愿支付法 ⁽¹⁾	人力资本法 ⁽²⁾
农业和森林(酸雨)	4.72 ×10 ⁻²	1.7 ×10 ⁻²
材料(酸雨)	3 ×10 ^{-3*}	1.1 ×10 ⁻³
生态系统(酸雨)	4.5 ×10 ^{-3*}	1.6 ×10 ⁻³
健康(酸雨)	8.2 ×10 ⁻³	
(空气污染)		2.03 ×10 ⁻²
总计	6.29 ×10 ⁻²	4 ×10 ⁻²

(1) 根据“中国酸沉降及其生态环境影响研究”报告(1997)和有关统计资料计算的。

(2) 根据世界银行出版的《碧水·蓝天》(1997)一书中的数据及有关统计资料计算的。

* 此数据是从《碧水·蓝天》中相应数据的比例外推的。

设煤电链内部成本为0.14元/kWe·h，则由表8两种不同成本法计算得出，我国煤电链外部成本分别为内部成本的44.9%和28.6%，与国外相比显然要高得多。因为：(1)我国燃煤电厂没有安装脱硫装置，发达国家一般均装有脱硫装置，脱硫装置的脱硫率一般高于80%，故我国SO₂的归一化排放量比发达国家约高5倍；(2)我国气载流出物过滤效率

平均约为 90%，发达国家一般高于 98%，故气载流出物归一化排放量可能要高约一个量级；(3) 我国煤电链事故死亡率比国外平均值要高得多，国外煤电链归一化死亡率为 0.39/ (GWe · a)，我国仅考虑采煤就达 25/ (GWe · a)，如果考虑运输则这一数值约达 37/ (GWe · a)；(4) 我国燃煤电厂的能量转换率平均值低于发达国家。

综上所述可见，从可持续发展的观点看，把以外部成本基本上没有内部化的煤电内部成本为基础的电价，与外部成本基本上已经内部化的核电内部成本为基础的电价相比较显然是不恰当的。对于我国能源链外部成本的研究现在还刚刚开始，但从煤电链的初步研究看，在还有许多因素没有考虑的情况下，煤电链外部成本已达内部成本的 28.6% ~ 44%，显然核电链的外部成本是最低的。

近年来，核电价格不断降低。1999 年美国核电的平均价格已下降到每度 1.9 美分，而天然气为每度 3.4 美分^[8]。我国大亚湾核电站在 2014 年合营期后的 30 ~ 40 年运行期，单位成本预计可达到每度 1.8 美分。随着技术的进步，核电厂的建造费用将下降；而煤电厂因需要装静电除尘、烟气除硫和选择性催化还原等设施以降低外部成本，建造费用还将增加。两者的建造费用和建造周期将逐渐趋于相同。由此可见核电从经济上看也是有竞争力的。

六、核电是我国可持续发展中不可替代的重要能源^[2,13]

能源的可持续发展是我国现代化面临的严峻问题。我国发电量和装机容量已居世界第二位，但到 2000 年底人均装机容量仅 0.24 千瓦，远低于世界平均水平。世界各国达到中等发达水平之前，人均装机容量通常均超 1kW。我国居民家庭人均用电量仅为美国的 2.4%。根据中国工程院 1997 年完成的“中国可持续发展能源战略研究”报告，我国未来可能面临严重的能源短缺。

我国人均能源资源严重不足。我国人均石油探明剩余可采储量只相当于世界平均值的 1/10，人均煤炭可采储量仅为世界平均值的 1/2。石油和煤是重要的化工原料，合理开发和保有一定储量是十分重要的。核电开拓了天然铀的应用领域，使铀矿石转化为生产性应用。当前铀矿石的储量足以满足核电几十年的需要，而且潜力很大。与煤和石油相比，铀未经过持续不断的勘探。我国已探明天然铀地质储量，绝大部分是在我国核军工发展时期取得的，已有储量可以满足近期核发电的需要。80 年代末，铀矿地质部门根据铀矿地质理论推断我国低成本铀矿资源可达 100 ~ 200 万吨，找到储量的潜力很大。通过将乏燃料再循环为 MOX 燃料，可使铀的利用率提高 1 倍，应用快中子堆则可提高 60 倍。钍资源的利用、海水中提铀及核聚变，则可使得核电的燃料变得几乎是无限的。可见，从资源的可持续发展看，发展核电是十分必要的。

核电是我国能源结构中不可替代的重要组成部分。我国要在 2050 年达到基本实现现代化的目标，GDP 应当比现在增加 10 倍以上。1999 年我国能

源消耗总量约为 15 亿吨标准煤。假设经过 50 年的努力，把能源强度下降到现在的 20%，则到 2050 年能源消耗总量约需 30 亿吨标准煤。假设，煤的年产量达到极限供应量 19 亿吨标准煤；经济可开发的水电 260GW 开发完毕；石油年产量达 1 亿吨；天然气年产量达 1 200 亿 m³；生物质能、太阳能、风能等可替代 4.6 亿吨标准煤，则即使在这样比较乐观的情况下，还需要核能发展到 120GW，才有可能满足未来能源的需求。

七、核电的可接受性

从科学上和工程上看，核电是一种安全、清洁的能源，但在相当多的国家和地区，核电尚未被大多数公众所接受。这种认识上的差异是影响核能发展的重要因素。为了提高公众的可接受性，当然首先要进一步提高核能的安全性；任何较大的事故均可能严重影响核能的可接受性。日本 1999 年 9 月 30 日发生的东海村 JCO 核燃料后处理公司发生的“临界事故”，使认为核设施安全和比较安全的公众比例从 62.6% 下降到 13.5%，支持政府核电政策的公众从 81.9% 下降到 32.2%^[14]。在此情况下，核能界也有必要反思自己的工作和行为，开展核能可接受性的研究。核能界应增加自身的透明度，加强与社会和媒体的沟通，研究和改善沟通的方式和渠道。核电链与煤电链相比，具有风险非自愿、不了解、有恐惧感和控制能力小等特征，而这些特征均可能导致对核能风险的过高估计。可见提高公众可接受性的关键在于改善核能的风险特征。应通过沟通和研究，变“不了解”为“了解”，变“恐惧”为“平静”；从而导致“非自愿”变为“自愿”。

总之，我国大气污染严重，能源是大气污染的主要来源，发展核能是减小大气污染和改善生态环境的有效途径；我国温室气体排放量位居世界第二位，能源链是排放温室气体重要来源，发展核能是减小温室气体排放量的经济有效手段；我国能源链归一化事故伤亡人数和职业损伤人数远高于发达国家，发展核能可显著地降低归一化事故伤亡人数和职业损伤人数；从经济上看，核电链是外部成本最低的，是有竞争力的。综上所述，核能应是我国未来能源结构中不可替代的重要组成部分，加速和积极发展核电是十分必要的。为了达到这一目的，还必须重视核电可接受性的研究。

参考文献

- [1] 赵明华. 秦山核电厂辐射环境十年监测历程回眸. 秦山核电站运行 10 周年经验报告会, 2001
- [2] 中国工程院. 中国可持续发展能源战略研究. 中国工程院咨询报告 97-00-01-0, 1998
- [3] 潘自强等. 我国煤电链和核电链对健康、环境和气候影响的比较. 辐射防护, 2001, 21(3): 129
- [4] 马忠海, 潘自强, 贺惠民等. 中国煤电链温室气体排放系数及其与核电链的比较. 核科学与工程, 1999, 19(3): 268
- [5] 马忠海, 潘自强, 谢建伦等. 我国核电链温室气体排放系数研究. 辐射防护, 2001, 21(1): 19
- [6] Joseph V. Spadaro, Lucille Lamglois, and Bruce Hamilton. Assessing the difference IAEA Bulletin 2000, 4(2): 19
- [7] 联合国原子辐射效应科学委员会, 联合国原子辐射效

大气污染正破坏我国夏季风活动规律

徐 群

(江苏省气象科学研究所 南京 210008)

长年气候资料表明,我国夏季风活动虽有相当的年际变化,但多年平均显示,我国夏季风雨带约在7月上旬末越过长江中下游区北上(出梅),7月中下旬~8月上旬雨带进至黄河流域及以北地区,形成这里的主要雨季;然而1980年以来,上述活动规律在相当程度上被破坏了,从而给我国国民经济造成很大的损失。其原因和对策应予深入研讨。

一、必须正视 1980 年以来气候的明显变化

我国西、北两面背靠亚洲大陆,尤其西部隆起了世界屋脊——青藏高原,东和东南面濒临太平洋,西南方也接近印度洋。这种特殊的海陆分布使我国盛行季风气候:冬半年盛行来自西北方的干冷冬季风,夏半年盛行来自印度洋和太平洋的西南季风和东南季风。我国东半部淮河流域以北的北方年雨量中6~7成集中于盛夏7、8两月,该时期夏季风最为强盛,季风雨带能挺进并稳定于黄河流域及以北地区。国家科委于1990年公布的中国科学技术兰皮书中(第5号)“气候”一节对夏季风雨带进退有如下描述:夏季风雨带通常5月中旬开始于华南沿海,并一直维持到6月中旬,此后季风雨带北上,6月下旬到7月上旬移到30~31°N的长江中下游北部地区,开始了这里的梅雨季节;7月中旬雨带继续北上,华北和东北地区进入了全年雨季最盛期,一直持续到8月上旬;夏季风雨带在9月上旬撤到35°N(黄河中下游)处,9月中旬到10月上旬在淮河附近停滞。此文是应用1988年以前的30余年资料统计得出的结论,和一般气候概念相一致。可是如依据1980年至今的23年记录统计资料,就会得出很不相同的气候事实。近23年中大多数年份广大华北地区雨季明显减弱甚至基本消失,而长江中下游

—江南地区则频繁出现雨涝。笔者(1997)曾指出:受严重大气污染影响,1980年以来我国频繁出现北旱南涝现象,使我国原本水资源分布北少南多现象进一步加剧。论文发表的当年至今近6年中,出现1997、1999年和2002年3个北旱南涝年,其中1997年的旱区从华北直延伸至淮河,涝区退缩至两湖流域以南。华北许多地区实际上出现了近几年的连旱,这又为来年冬春季沙尘暴肆虐提供了条件。上述变化和不良影响必须予以正视。

二、我国煤烟释放状况及其气候影响

我国能源消耗中7成以上是煤炭。1978年全国产煤仅6.17亿t;由于此后我国经济高速发展,用煤量剧增,1989年突破10亿t;1997年更达到创记录的13.25亿t,是1978年的2.15倍,更是1960年的7.8倍!我国上空愈益密集的大量煤烟减弱了抵达地面的太阳辐射。从1959~1960年冬到1999~2000年冬,我国9站(黑河、哈尔滨、北京、济南、南京、昆明、西宁、格尔木和拉萨)冬季晴空太阳总辐射量下降达16.4%!其中近25年冬季即下降13.8%。煤烟中含有大量SO₂气体,1992~1998年我国排出的SO₂均在2000万t以上。排放于大气中的SO₂气体在阳光和水汽作用下会变成白亮的硫酸盐微粒,反射和散射太阳辐射,从而明显减弱我国大陆夏季的加热量,迫使西太平洋副高压及其北侧的季风雨带在盛夏(7~8月)明显南移东撤。1980年以来尤其进入90年代,我国因此频繁出现北旱南涝特征。1989~2001年间,笔者在国内外曾发表多篇论文阐述此问题。2002年8月联合国环境计划署发表了一篇专题报告“亚洲褐云对气候及其它环境的影响”,指出严重的大气污染已使印度、东南亚和我国中部的地面入射太阳辐射下降15%~20%,从而使大气环境和

应科学委员会,2000年向联合国大会提交的报告

- [8] Richard Rhodes and Denis Beller the Need for Nuclear Power IAEA Bulletin 2000,42(2):43
- [9] Report of the National Energy Policy Development Group Reliable, Affordable, and Environmentally Sound Energy for America's Future 2001
- [10] 王驹,陈伟明,苏锐. 我国高放废物地质处置研究. 中国核学会 2001 学术年会论文集,439
- [11] European Commission Externalities of Energy V01.3

EUR 16522EN. 1995

- [12] King F K Nuclear Versus Non - Nuclear Risk, Special Scientific Programme on Nuclear Safety for Senior, Regulators 1993
- [13] 郑健超. 核电在我国可持续发展中的作用. 中国核学会 2001 学术年会论文集,33
- [14] 张作义,时振刚,曲静原. 核能的安全与公众接受性. 中国核学会 2001 学术年会论文集,49

(责任编辑 王宏章)