



# “核雾霾”——雾霾是放射性污染吗？

■陈晓秋

**编者按：**  
一个多月前，互联网上一篇题为《中国煤炭工业的崩溃和核雾霾灾难》的博文推测，华北雾霾经久不散，是因为空气中漂浮的粉尘颗粒是带电的，而带电原因是来自内蒙古自治区大管地区煤矿的放射性轴。随着近日“核雾霾”一词的甚嚣尘上，人们对雾霾的恐慌持续上升。

本文通过介绍辐射环境监管的相关信息，特别是针对人为活动导致天然辐射水平升高的一些研究，与读者共享矿产资源开发利用辐射环境监管的信息。

### 一、“核雾霾”——“雾霾综合症”

多数关心核与辐射安全的人，都看过曾获奥斯卡奖提名的影片——《中国综合症》(The China Syndrome)。片名《中国综合症》意指：如果美国核电厂反应堆堆芯熔化，则会熔穿地球直到对面的中国，这是一个非常滑稽的玩笑。影片于1979年3月16日上映，恰好是美国宾夕法尼亚三哩岛核电站发生核事故的前12天。正是三哩岛事件，使得这部影片一鸣惊人，产生了巨大的轰动效应。

“中国综合症”这个术语首见于1971年，核物理学家拉尔夫·兰普(Ralph Lapp)用这个术语描述：熔穿反应堆压力容器，穿透下层水泥，大量热物料进入反应堆下的地层，熔穿一个洞到中国。实际上，这是不可能的，而且是一种极其不可能的设想。

近日一条突然蹿红的网帖称“空气中含有放射性元素铀是目前国内大范围雾霾的原因”。承蒙好友的推荐，在网上搜索和阅读了关于“核雾霾”的几篇博文——《中国煤炭的崩溃和核雾霾灾难》、《中国核雾霾灾难和肺癌大爆发》和《从海湾战争症候群再谈中国核雾霾灾难》。看后颇有感想，尽管“核雾霾”之说在科学和逻辑错误，正如上述博文作者给中国青年报记者的回复称“有可能最终事实证明我把雾霾归咎于铀辐射是错误的，那没有什么，错了就错了”，但为何“核雾霾”这个新词能够“走红”网络？究其原因，主要是雾霾不利于健康已成为共识，公众对不断出现的雾霾天气忧心忡忡，而这种担忧又不能得到迅速的缓解和根除。此外，公众对于电离辐射的认知远不及非放射性污染物，实在经不起将雾霾归因于“核雾霾”这样的恐吓。因此，将这种现象称为“雾霾综合症”似乎也不为过。

### 二、雾霾中存在着放射性核素不足为奇

人类受到天然辐射源电离辐射照射是持续的、不可避免的。天然(电离)辐射照射主要来自两个方面：进入地球大气层的高能宇宙射线粒子和地壳中原生的、在环境中到处存在的放射性核素，包括土壤、空气、水、食物和人体内存在的放射性核素。因此，在雾霾中存在着放射性核素不足为奇。

联合国原子辐射影响委员会(UNSCEAR)对天然辐射源的照射进行着持续的评估，并定期向联合国大会报告，给出了各种天然辐射成分引起的正常照射范围，世界公众的年平均有效剂量的范围一般预期在1~10mSv(毫西弗)之间，估计的中值是2.4mSv(见UNSCEAR 2000年向联合国大会提交的报告及科学附件)。我国也对天然辐射进行了评估，估算的

铀煤真的是雾霾不散的罪魁祸首吗？近几天来，多位煤炭、原子能、大气等领域的受访学者均表示，博文推断缺乏直接证据支撑，一些关键问题还存在于科学、逻辑错误。  
本报也特别邀请环境保护部核与辐射安全中心研究员陈晓秋撰写了一篇署名文章，为读者解读煤矿开采带来的辐射照射水平究竟如何，同时介绍我国对此类辐射的安全监管情况。

中值约为3.1mSv。(见表1)

在许多情况下，公众还会受到人为活动增加的天然辐射的照射。在建筑物内生活受到的天然辐射一般认为是正常的，像乘坐飞机飞行时受到的附加照射对大多数人来讲，可能涉及到不太重要的份额。

在过去，联合国原子辐射影响委员会评价了在采矿加工业、磷肥使用以及化石燃料燃烧中，释放出的天然放射性核素引起的辐射照射。地球物质的开采和加工产生的世界平均年有效剂量约为20 $\mu$ Sv(微西弗)。与来自天然源的正常本底照射相比较，这些增高了的照射通常是不重要的。

使天然源照射增加的工业活动涉及到大量的含有天然放射性核素的原材料。这些工业活动向空气和水中的排放，副产品及废弃物的再利用，是使一般公众照射增加的主要贡献途径。工业活动释放出的天然放射性核素可以产生外照射和内照射，但当地居民是不会受到重要意义的照射的。磷酸生产和矿砂加工工业是这些工业活动中对公众照射相对较高的，通常年照射水平在1~10 $\mu$ Sv之间。这个量是来自天然辐射源总的年有效剂量的一个可以忽略的分量。

### 三、煤的开采利用的辐射照射水平

煤的开采：公众受到煤矿排气中存在的钍的照射，所致世界公众的年平均有效剂量约为0.1~2nSv(纳西弗)；  
煤的利用：按照世界平均煤的利用，约有40%用于燃烧发电，10%用于居民，50%用于其它工业。燃煤电厂排放所致公众的有效剂量约为2 $\mu$ Sv；  
燃料灰的利用：煤灰最大的用途是用于制造水泥和混凝土，煤灰还可用于制造道路的稳定剂、公路填料、沥青混合料以及肥料等。当燃料灰用于住宅建材(如混凝土)时，其导致的年外照射剂量约为5 $\mu$ Sv；吸入氧及其衰变子体附加的年有效剂量约为70 $\mu$ Sv。  
上个世纪80年代初，我国就开始了核电机与煤电链的能源与环境的比较评价工作。其中燃煤电厂是关注的一个主要环节。

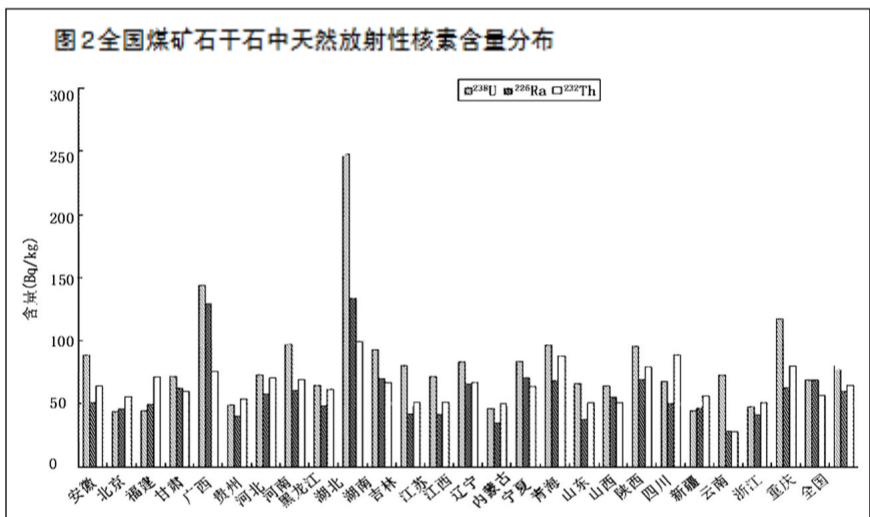
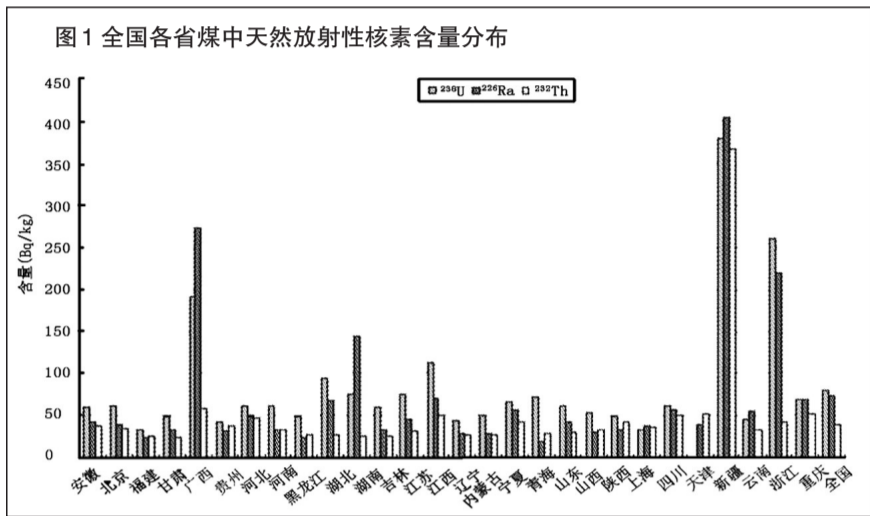
(1)基本摸清了原煤中的天然放射性核素的含量与分布  
到目前为止“全国煤矿放射性核素含量数据库”共搜集和整理了来自各省、直辖市和自治区煤矿中的1014个煤样和879个矿石样的天然放射性核素含量测量结果。通过对数据库数据的统计分析，全国煤矿煤样的放射性核素含量(见图1)按样品数加权的算术平均值：U-238约为79.5 Bq/kg(贝可/千克)，Ra-226约为73.9 Bq/kg，Th-232约为40.3 Bq/kg，K-40约为152.4 Bq/kg；全国煤矿中矿石放射性核素含量(见图2)按样品数加权的算术平均值：U-238约为79.8 Bq/kg，Ra-226约为59.7 Bq/kg，Th-232约为64.5 Bq/kg，K-40约为506.3 Bq/kg。  
(2)燃煤排放的主要污染物的分布特征  
煤的燃烧过程排出烟尘、二氧化硫、氮氧化物、一氧化碳、碳氢化合物及重金

属化合物。按照物理形态，排放的大气污染物可分为颗粒物和气体污染物，两者的主要区别主要是粒径大小不同。气体污染物是以气态分子分散于大气中，粒径约为1 $\times 10^{-4}$  $\mu$ m(微米)；颗粒物(尘粒)则是以多个分子的凝聚态或结合态存在，其粒径约为0.001~1000 $\mu$ m。当尘粒的粒径大于10 $\mu$ m时，由于自重而易于沉降到地面，称为降尘；粒径小于10 $\mu$ m的尘粒可漂浮于大气中，称为飘尘；分散于大气中的固、液微粒大多小于1 $\mu$ m，由于它们具有胶体的性质，故称为气溶胶。燃煤排放的主要污染物的分布特征如下：

1)主要污染物中U(铀)、Th(钍)为天然放射性元素，它们在原煤中含量的80%以上留在了炉渣中，经除尘过滤后，随烟尘排放的仅占原煤含量的1%~2%。煤中的钍含量很低，在燃煤过程中其本身污染并不严重。  
2)大多数金属元素在原煤中含量的50%以上留在炉渣中，随烟尘排出的(仅为原煤含量的1%~2%)。因此，Mn、Cr等污染物在燃煤过程中对环境的影响也是有限的。  
3)朔化物等易挥发元素，在燃煤过程中排出的百分含量相对较高，经除尘

介绍，温排水的综合利用是核电站发展的一个难题。所谓温排水是指核电厂在运行期间将向海域排入一定量的冷却水，会导致局部海域水温升高，影响水的各种物理、化学和生物化学性质，从而间接影响各类水生生物的生长和繁殖活动。如红沿河核电厂排海水域正处于辽宁斑海豹的洄游区。  
对此，辽宁省环保厅要求核电厂对总排水口定期进行水质和水温监测，确保避免对斑海豹洄游造成影响。  
另外，在筹建徐大堡核电厂期间，辽宁省环保厅、葫芦岛市政府和中核辽宁核电有限公司共同组成温排水综合利用课题领导小组，以推进课题的深入开展，力求找到一条减少温排水对环境问题的新路子。在邻国发生核爆时，辽宁环保更是及时监测，确保生态安全，确保人民群众的生产和生活安全不受影响。  
近年来，红沿河核电厂无论是项目设施建设还是建成运行，均未发生过扰民上访事件，也没发生过重大环境问题。

射线源	中国		世界
	现在估算值	20世纪90年代初估算值	
<b>外照射</b>			
宇宙射线	260	260	280
电离成分	100	57	100
中子	540	540	480
陆地 $\gamma$ 辐射			
<b>内照射</b>			
氦及其短寿命子体	1560	916	1150
钍射气及其短寿命子体	185	185	100
$^{40}$ K	170	170	170
其他核素	315	170	120
<b>总计</b>	<b>约3100</b>	<b>约2300</b>	<b>2400</b>



属化合物。按照物理形态，排放的大气污染物可分为颗粒物和气体污染物，两者的主要区别主要是粒径大小不同。气体污染物是以气态分子分散于大气中，粒径约为1 $\times 10^{-4}$  $\mu$ m(微米)；颗粒物(尘粒)则是以多个分子的凝聚态或结合态存在，其粒径约为0.001~1000 $\mu$ m。当尘粒的粒径大于10 $\mu$ m时，由于自重而易于沉降到地面，称为降尘；粒径小于10 $\mu$ m的尘粒可漂浮于大气中，称为飘尘；分散于大气中的固、液微粒大多小于1 $\mu$ m，由于它们具有胶体的性质，故称为气溶胶。燃煤排放的主要污染物的分布特征如下：

1)主要污染物中U(铀)、Th(钍)为天然放射性元素，它们在原煤中含量的80%以上留在了炉渣中，经除尘过滤后，随烟尘排放的仅占原煤含量的1%~2%。煤中的钍含量很低，在燃煤过程中其本身污染并不严重。  
2)大多数金属元素在原煤中含量的50%以上留在炉渣中，随烟尘排出的(仅为原煤含量的1%~2%)。因此，Mn、Cr等污染物在燃煤过程中对环境的影响也是有限的。  
3)朔化物等易挥发元素，在燃煤过程中排出的百分含量相对较高，经除尘

介绍，温排水的综合利用是核电站发展的一个难题。所谓温排水是指核电厂在运行期间将向海域排入一定量的冷却水，会导致局部海域水温升高，影响水的各种物理、化学和生物化学性质，从而间接影响各类水生生物的生长和繁殖活动。如红沿河核电厂排海水域正处于辽宁斑海豹的洄游区。  
对此，辽宁省环保厅要求核电厂对总排水口定期进行水质和水温监测，确保避免对斑海豹洄游造成影响。  
另外，在筹建徐大堡核电厂期间，辽宁省环保厅、葫芦岛市政府和中核辽宁核电有限公司共同组成温排水综合利用课题领导小组，以推进课题的深入开展，力求找到一条减少温排水对环境问题的新路子。在邻国发生核爆时，辽宁环保更是及时监测，确保生态安全，确保人民群众的生产和生活安全不受影响。  
近年来，红沿河核电厂无论是项目设施建设还是建成运行，均未发生过扰民上访事件，也没发生过重大环境问题。

对于核辐射安全是国家安全的重要组成部分且具有高度的社会敏感性，为进一步提高公众对核与辐射的认识，构建政府、媒体、公众间的良性互动关系，前不久，辽宁省环保厅成功举办了“核与辐射专题新闻培训班”，邀请环境保护部核与辐射方面的专家为中央驻辽及省市主流媒体负责环境类宣传报道记者讲授相关知识，并参观了红沿河核电厂。依山傍海，蓝天下，整体浅色并点缀着少许桔红色的红沿河核电厂显得格外静谧。  
据了解，辽宁红沿河核电厂是目前东北地区投资最大的能源项目，也是我国迄今自主化程度和国产化比例最高及每千瓦造价最低的百万千瓦级核电厂，

对燃煤链和核电链的辐射环境影响比较，开展的研究较多，如“中国核工业三十年辐射环境质量评价”、“燃煤排放物中有害物质的测定”、“民用型煤环境影响评价与公众健康危害评价”等。近期的研究多见于《能源环境保护》、《辐射防护》等杂志发表的一些学术论文，如燃煤火电厂粉尘的危害及防治、宝鸡燃煤电厂周围土壤中天然放射性水平调查研究、关于在建材放射性含量标准中增加氡析出率控制指标的建议、燃煤灰渣建材利用产生的辐射影响评价、厦门煤渣与粉煤灰开发应用可行性研讨、新疆伊犁煤中放射性核素铀、钍、镭、钾比活度等。这些研究对于增进燃煤排放的非致癌污染物、化学致癌污染物和放射性污染物的深入了解和制定相关管理决策提供了技术依据。

### 四、我国对矿产资源开发利用辐射环境的监管

围绕保护人类和环境免于电离辐射有害影响这一基本安全目标，政府负有勤勉管理的义务和谨慎行事的责任。辐射环境管理是环境管理的重要组成部分，为了防治放射性污染，保护环境，保障人体健康，促进核能、核技术的开发利用，通过全面规划和有效监督，对人为活动引起环境辐射水平升高而进行的一项综合性活动。  
根据《中华人民共和国放射性污染防治法》规定，国务院环境保护行政主管部门对全国放射性污染防治工作实施统一监督管理。通过运用法律、法规、标准、以及经济、教育和科学技术手段，协调核能、核技术的开发利用与环境保护之间的关系，处理国民经济各部门、各社会团体和个人有关环境问题的相互关系，使社会经济活动在满足人们生活和文化生活需要的同时，防治放射性污染，保护环境，保障人体健康。

辐射环境管理范围：核设施和辐射设施选址、建造、运行、退役，核技术、铀(钍)矿、伴生放射性矿开发利用过程中发生的放射性污染防治活动，包括引起辐射照射或辐射照射危险增加的活动(实践)和采取减小照射防护的行动(干预)。  
辐射环境管理原则：为防止辐射照射对人和环境的有害影响提出一个适当的防护水平，但不分限制可能与照射相关的有益的人类活动。对所有可能导致公众辐射照射的干预活动均应符合以下辐射防护原则：

1.正当性原则：任何改变照射情况的决定都应当是利大于弊，通过引入新的辐射源，减小现存照射，或减低潜在照射的危险，人们能够取得足够的个人或社会利益以弥补其引起的损害；  
2.防护最优化原则：在考虑了经济和社会因素之后，个人受照射剂量的大小、受照射的人数以及受照射的可能性均保持在可合理达到的尽量低水平，在主要情况下防护水平应当是最佳的，取利弊之差的极大值。为了避免这种优化过程的严重不公平的结果，应当对个人受到特定源的剂量或危险加以限制(采用剂量约束或危险约束以及参考水平)；  
3.剂量限值的应用原则：除了患者的医疗照射之外，任何个人受到来自监管源的计划的照射的剂量之和不能超过国家标准规定的相应限值。此外，在放射性废物管理方面，应采取一切可合理达到的措施实现废物最小化，包括采用最佳可行技术实施对所有废气、废液和固体废物物流的整体控制方案优化和对废物从产生到处置的全过程优化，力求获得最佳的环境、经济和社会效益，并有利于可持续发展；在应急管理方面，必须做出一切实际努力防止和减轻核事故或辐射事故，并为核或辐射事件(事故)的应急准备和响应做出安排。

辐射环境管理制度：国家对放射性污染的防治，实行预防为主、防治结合、严格管理、安全第一的方针，建立了严格的辐射环境管理制度。在核设施的污染防治方面，确立了核设施(选址、建造、装料、运行、退役等)许可制度、环境影响评价制度、“三同时”制度(即放射性污染防治设施应当与主体工程同时设计、同时施工、同时投入使用，并经验收合格后，方可投入生产或使用)、规划限制区制度、实行国家监督性监测和核设施营运单位自行监测相结合的监测制度、核事故应急制度、核设施退役计划和退役费用预提制度；在核技术利用的污染防治方面，确立了核技术利用许可制度、环境影响评价制度、“三同时”制度、废放射源收贮制度、放射源安全保卫制度；在铀(钍)矿、伴生放射性矿开发利用的污染防治方面，确立了开采或者关闭铀(钍)矿和伴生放射性矿的环境影响评价制度、“三同时”制度、铀(钍)矿监测和定期报告制度、铀(钍)矿、伴生放射性矿开采过程中产生的尾矿的贮存和处置制度、铀(钍)矿退役管理制度；在放射性废物的管理方面的应用，包括与涉及或可能涉及辐射或放射性物质照射的应用有关的各种活动；核能的产生，包括核燃料循环中涉及或可能涉及辐射或放射性物质照射的应用有关的各种活动；  
审管部门规定需加以控制的涉及天然源照射的实践；  
审管部门规定的其他实践。  
适用这个标准的干预情况是：要求采取防护行动的应急响应情况，包括已执行应急计划或应急程序的事故情况与紧急情况，审管部门或干预组织确认有正当理由进行干预的其他任何应急响应情况；  
要求采取补救行动的持续照射情况，包括天然源照射，如建筑物和工作场所内氡的照射，以往事件所造成的放射性残余物的照射，以及未受通知与批准制度控制的以往的实践和源的利用所造成的放射性残余物的照射；  
审管部门或干预组织确认有正当理由进行干预的其他任何持续照射情况。  
近年来，人们对于矿产资源利用活动导致天然辐射照射水平升高已经有了进一步的认知，正在逐步纳入监管范围。按照《中华人民共和国环境影响评价法》的授权，环境保护部于2013年发布了《矿产资源开发利用辐射环境监督管理名录(第一批)》的通知(环办[2013]12号)，纳入《矿产资源开发利用辐射环境监督管理名录》，并且原矿、中间产品、尾矿(渣)或者其他残留物中铀(钍)系单个核素含量超过1Bq/g的矿产资源开发利用项目，建设单位应当编制辐射环境影响评价专篇。监管部门通过技术审查来判定其环境影响是否可以接受，成为辐射环境监督管理的一种手段。  
作者单位：环境保护部核与辐射安全中心

## 提高公众认识 实现良性互动 辽宁环保为绿色核电保驾护航

◆本报记者丁冬

相对1994年建成的广东大亚湾核电站而言，辽宁核电虽发展较晚但进展神速，并已进入我国核电大省之列。

位于辽宁省大连市瓦房店的红沿河核电厂，是我国东北地区首座大型商用核电站，规划建设6台百万千瓦级压水堆核电机组。一期工程建设4台单机容量为111.8万千瓦核电机组，去年已先后有两台机组正式并网发电。若一期全部建成后，年上网电量将达300亿千瓦时，可同时满足1200万个家庭的基本用电需求。另外，辽宁还在葫芦岛市兴城海滨乡筹建徐大堡核电厂，

将为优化辽宁电力供应结构、促进节能减排、改善大气环境发挥积极作用。其环保效益显著，仅以一期工程全部建成运行后为例，与同等规模的燃煤电厂相比，每年可减少标煤消耗1364万吨，减少二氧化碳2412万吨，还能实现二氧化硫和氮氧化物的减排。不仅发电量相当于大连和沈阳2012年全社会用电量的1.04倍和1.1倍，其减排效应也相当于大连森林面积增加15%。  
同时，记者了解到，无论是在红沿河核电厂的建设还是在徐大堡核电厂的筹建过程中，为打造绿色和生态核电，辽宁省环保厅坚持第一时间介入，并于2008年就进厂实施了全过程环境监管。据辽宁省环保厅核安全局局长高魁

### 核课堂

## 在核电厂工作安全吗？

核电厂工作人员一年所受的辐射量，仅相当于成人做一次X光的辐射量。若每天抽20支烟，一年下来就“消耗”掉了1毫西弗的个人剂量限值；若每天抽30支烟，全年受到的辐射量相当于抽了300次X光胸透。而核电站周围居民的辐射剂量为每年0.01~0.02毫西弗，两者相差50倍左右。  
值得一提的是，与成人相比，儿童更易受二手烟的辐射，因为核辐射的影响主要是引起基因和分子结构变异，而婴幼儿细胞分裂速度最快，受影响程度也最高。  
此外，烟民也会受到“烟辐射”。有试验证明，香烟中含有较高

高的放射性核素钍210，它随着烟雾被吸入人体肺部并沉积在肺细胞中。若每天抽20支烟，一年下来就“消耗”掉了1毫西弗的个人剂量限值；若每天抽30支烟，全年受到的辐射量相当于抽了300次X光胸透。而核电站周围居民的辐射剂量为每年0.01~0.02毫西弗，两者相差50倍左右。  
值得一提的是，与成人相比，儿童更易受二手烟的辐射，因为核辐射的影响主要是引起基因和分子结构变异，而婴幼儿细胞分裂速度最快，受影响程度也最高。  
此外，烟民也会受到“烟辐射”。有试验证明，香烟中含有较高