环保科技创新助力污染防治攻坚战

——两院院士在中国环境科学学会2019年科学技术年会上发言摘登

编者按

中国环境科学学会2019年科学技术年会8月23日-25日在陕西省西安市召开。年会以"环保科技创新助力污染防治攻坚战"为主题,交流学术进展、探讨科技创新、展示绿色技术、共商科技合作,凝心聚力,助力打好污染防治攻坚战,推动生态文明和美丽中国建设。会上,中国工程院、中国科学院院士就生态环保科技创新建言献策。本报今日刊登部分观点,以飨读者。

气候变化与可持续发展

中国科学院院士 秦大河

气候系统包括5个圈层,即大气圈、水圈、冰冻圈、岩石圈和生物圈。气候系统与环境关系密切,保护环境就等于保护气候系统。2015年12月12日巴黎气候大会达成人类历史上第一个全球减排协定《巴黎协定》,提出到本世纪末要把全球气温升幅控制在2℃以内,并向1.5℃的目标努力。

联合国政府间气候变化专门委员会(IPCC)是由联合国世界气象组织和科学家团体组成,IPCC成立以来,共进行了5次评估报告,第六次评估正在进行中。2014年11月在丹麦首都哥本哈根发布的IPCC第五次评估报告的《综合报告》给出了3个结论。一是人类对气候系统的影响是明显的,指人类生产生活排放的各种气体对气候造成的污染。二是人类对气候的干扰越大,面临的风险就越高,受到的影响也更加广泛和不可逆。三是可以采取措施限制气候变化,建立一个更加繁荣、可持续的未来。

五大圈层的变化就是气候的变化,不管是从空间尺度看(全球尺度、半球尺度、洋盆尺度),还是从时间尺度看(1750年以来),气候变暖的趋势都没有变化。

在大气圈方面,IPCC第五次评估报告《综合报告》指出,过去的3个连续十年暖于1850年以来的任何一个十年,我们相信2011年-2020年还会维持这个水平,甚至更高。

2019年3月28日,世界气象组织(WMO)发布题为《WMO 2018年全球气候状况声明》,指出全球变暖仍在加速,创纪录的温室气体浓度将全球温度推向越来越危险的水平,气候变化的社会经济影响正在加剧。2017年末,全球二氧化碳浓度为405.5ppm,是工业化前的146%,是过去80万年以来的最高值,可能是过去400万年以来的最高值。2018年,全球平均气温比1850-1900年高了0.99℃,这是有纪录以来第4个温暖的年份,仅次于发生了超级厄尔尼诺的2015年、2016年和2017年。2018年春夏,欧洲普遍遭遇异常炎热和干旱。世界气象组织认为,极端天气频发与温室气体排放导致的气候变化有关。

再来看水圈,1993年-2018年,全球海平面的上升速度在加快,海洋吸收了温室气体捕获的90%以上能量,2018年是海洋热含量达有记录以来最高值年,海洋生态系统受到巨大影响。

在冰冻圈方面,2018年北极海冰范围远低于平均值,最低值是9月中旬,低到545万平方公里,比平均水平低28%。北极海冰的总面积减少了2/3,冰量大大减少,美国冰雪数据中心的学者提出了"死亡漩涡"这个词,即海冰覆盖范围正在呈螺旋状下滑,一旦越过临界点便无可挽回。

那么,造成以上现象的原因是什么?温室效应起了很重要的作用。最新全球温度记录显示地球大气所积累的碳正在破坏气候系统稳定性,碳排放速度超出科学界预期。根据温室效应造成的原因看,我们做了一个估算,1750年-2011年期间,化石燃料和水泥生产释放到大气中的二氧化碳排放量为375GtC。2011年,中国国内生产总值约占全球10%,但是一次能源消费总量达到了34.8亿吨标准煤,约占全球能源消费总量的20%。不过我们的碳排放在2014年之后有所减少。

未来,21世纪末及其后全球变暖取决于二氧化碳累计排放,如果把1861-1880年以来的人为二氧化碳累积排放控制在1000GtC,人类有66%的可能在2100年将温升控制在2℃(相对1861-1880年)之内;同时,考虑到短寿命周期的温室气体和其他化合物的影响,我们还需要把1000GtC降到790GtC。但是,到2018年(从1870年起计),人类已累计排放了585GtC,我们到2040年怎么办?这是摆在全人类面前的重大课题。

2019年8月8日,IPCC发布了《气候变化与陆地》特别报告,指出陆地是人类赖以生存的支柱,提供粮食、淡水、林产品、生态系统服务。目前面临的压力很大,大约1/3的陆地有不同程度的退化。此外,农业用地增加和毁林也是气候变化的重要驱动之一。

第五次评估有一个特点,就是要求融合多学科和跨学科交叉,同时要整合气候变化分析,以解决问题为导向,围绕如何实现全球气温升幅控制在1.5℃的目标,以及联合国2030年可持续发展目标。1.5℃的目标和2℃之间的差别非常大,比如说热浪事件,如果差0.5℃,次数和强度要增加2.5倍,还会造成海平面上升的差别,珊瑚生态系统也会受到影响。

我们不仅要关心科学问题,还要关心管理问题、社会问题,以及气候变化对人类的安全、生计、文化、冲突和移民之间的相互作用。我们应当坚持低碳发展、绿色发展,践行可持续发展的理念,共同采取行动应对气候变化。

实现煤炭开采与矿区生态安全协调发展

中国工程院院士 王双明

在我国,煤炭的主体能源地位在短期内是难以改变的。我国能源资源禀赋是缺油少气相对富煤,2016年公布了国家煤炭资源储量情况,根据这个资料及按照现在的规模,石油可以维持17.5年的时间。天然气剩余可采5.4万亿立方米,可维持39年的时间,煤炭量查明15980亿吨,可维持160年。我国能源消费结构以煤为主体,长期未变。1978年-2017年,煤炭消费占比平均下降仅0.25%,2018年煤炭消费占比下降1.2%,但销售量增加了1%。2018年油气的消费占18.9%,对外依存度达到71%。可以设想一下,每年有这么多要靠进口,对国家安全隐患会产生重大影响。

在燃煤发电方面,低成本超低排放技术取得突破。比如,三河电厂改造后,4台机组的排放远远低于燃气发电机组的大气污染物排放标准,而且发电成本仅为天然气发电成本的1/2。

在煤制油技术方面,煤间接液化实现了规模化工业生产。2016年12月,神华宁煤集团年400万吨煤炭间接液化项目在宁夏开工建设。从煤制油来看,油品质量高,使用领域广,可以用于航空领域喷气燃料、航天领域火箭煤油等。煤炭直接制油的油品在喷气燃料完成首次试飞并取得圆满成功,标志着中国在煤基燃料研究领域已经进入世界领先水平。而且间接液化油品能有效降低城市空气污染。

综上所述,对于我国的煤炭发展,可以得出这样的结论:资源总量相对丰富,加工利用技术成熟,绿色低碳,煤炭资源经济安全、清洁高效、储运便利,主动权可牢牢掌握在自己手里。

中国工程院有50多名能源方面的院士和100多名能源方面的专家进行了研究,提出了推动能源生产和消费革命战略研究三步走的理念。2020年以前是能源结构优化期,到2030年是能源变革期,煤炭消费占比将达到50%以上。到2050年是能源革命定型期,这时候煤炭仍然是我国能源资源的老大,这个地位是改变不了的。

全球煤炭消费目前尚处转型上升通道,煤炭消费峰值大概在2040年才能出现。美国能源发展重点是页岩气,我们对煤的注意力不要分散,要做好煤炭这篇文章,煤炭作为我国主要能源的地位和作用是难以改变的。

开发西部煤炭是保障国家能源安全的重大需求。煤炭资源是西多东少,东部趋于枯竭,西南地区的云贵川三省自己管自己。鄂尔多斯盆地有2.5万亿吨,对保障煤炭安全有重要作用。从煤炭资源来看,山清水秀的地方煤炭资源就很少,资源富集区主要是位于沙漠黄土广覆盖区。煤炭大量开采以后容易出现地表开裂塌陷,地表植被受损,草本退化,乔木枯死。我们对开采两年、5年、10年的地区进行了对比,煤炭开采以后在第二年度地表土壤的影响最明显,到第5年会得到初步改善,第10年得到明显改善,但是仍然达不到被开采以前的状况。

西部煤炭开发和生态环境保护矛盾尖锐。保障国家能源安全必须开发西部煤炭,煤炭开采必然产生采动损害,如何实现煤炭开发与生态环境保护协同推进是关键。

对此,我们提出了一个理念,以煤水空间组合特征研究为基础,以采动地质条件变化分区为途径,以减损地质工程为支撑,以防止隔水岩组破坏为目标,以保护生态水位为核心,实现采煤与生态环境保护协调发展。研究煤水空间组合特征,就要研究含水层、隔水层、土层厚度变化大,地形坡向与岩层产状相反,隔水岩组总体呈楔状体。随着厚度的增加,生态保护的作用也越来越强。这是采空区和没有开采地区地质的变化特点,从土上可以看出,隔水层在没有扰动的情况下是越来越小,在采空区达到这个位置以后,隔水层就被破坏掉。

通过这些揭示了这样一个变化规律,按采动隔水性变化分区,可以分为隔水性稳定区、隔水性变化区、隔水性损害区、隔水性无水区,现在无论采取哪一种采动方式,隔水层都会被破坏。针对这些地质类型,提出了一个绿色开采的理念,即减沉、减损、保水、防崩。稳定区采取减沉开采,大型特大型矿井采取综采或综采放顶的方式,可以实现高产高效,防控水位上升。变化区采用减损开采,通过分层限高或隔水层工程加固,防控隔水下降。损害区采用保水开采,富水区充填开采,防止损害。无水区是防崩塌开采。

通过工程实践,大型煤矿限高分层开采,中小型煤矿进行局部充填开采,这两个都取得了比较好的实践效果,取得了理想的成果。

开发西部煤炭是保障国家能源安全的重大需求,实现煤炭开采与矿区生态安全协调发展,是我国西部煤炭资源开发必须破解的重大科学问题。西部水资源匮乏,生态环境脆弱,煤炭开采必须做到生态环境保护优先,隔水岩组保护是生态环境保护的基础,生态水位保护是生态环境保护的核心。以开采地质条件分区为手段,以保护生态水位为核心的采煤保水技术,可以实现对生态环境的良好保护。

本版发言由本报记者刘蔚、宋杨整理,未经审阅,标题为编者所加。

蓝天保卫战:进程与展望

中国工程院院士 贺克斌

我分3个方面进行报告。

一,治理进程。

说到蓝天保卫战,有两个大的政府行动,一是"大气十条",二是蓝天保卫战三年行动计划。可以看到,这6年多的时间我们做了大量的事情,包括工业污染治理、产业结构调整、能源结构优化、机动车统筹、面源治理等。

可以看到一些典型的例子,比如煤电超低排放,从20世纪70年代的技术水准,经过几十年的发展,目前二氧化硫随着技术的推进已经达到了全世界最严格的标准。2016年开始,当年全国49%的火电完成超低排放改造,2017年累计到了71%,2018年累计达到了80%,2020年完成百分之百,可以有序达到指标。

在非电工业超低排放领域,比如钢铁、水泥,技术指标也已经达到了国际水准技术支撑的体系。机动车从2000年前后的国一开始现在已经到了国六,氮氧化物从国一到国五,排放指标已经非常低了,现在进入到国六,在排放指标上与美国、日本、欧洲可以比拟,有一些指标甚至更低。

从减排效果可以看到,全国污染物的排放总量迅速下降。仅2013年到2017年,二氧化硫减排约60%,$PM_{2.5}$减排约33%,长三角、珠三角也是相似的发展态势。全国三大区污染物浓度平均下降30%-40%,卫星反演上可以看到东部地区6年时间下降了38%。

从2013年到2018年的卫星图形可以看到,污染物通过减排后,主要大气污染物排放量显著降低。最近6年时间,二氧化硫是非常典型的例子。2006年之前排放量快速上升,随着总量控制和雾霾治理,二氧化硫排放量急剧下降。2017年火电的二氧化硫排放量是1991年的1/7。美国宇航局卫星显示,中国和印度的二氧化硫排放情况对比,中国在这些年中二氧化硫下降非常明显,印度上升非常明显。在1993年,中国超过美国成为当时世界上排放二氧化硫最多的国家。而在2016年,印度已经超过中国,成为二氧化硫排放第一大国。

同时,在酸雨治理上也有明显的进步,现在酸雨面积在国土面积的5%以下。过去6年中,重污染明显缓解,京津冀地区13个城市$PM_{2.5}$污染显著改善,这个趋势也得到了老百姓的认可。

二,动因分析。

内因是排放,外因是气象。关于排放,在过去几十年中,我们经历了污染物快速增长和逐渐下降的过程。通过对京津冀及周边28个城市的排放分布、排放特征,以及28个城市形成的京津冀地区观测信息的大量分析,在世界范围内形成了最集中的卫星和地面移动的综合分析,把国内主要单位以及国内外的优势集中起来形成结果,未来的预报水平有了明显的提升。

当我们前面获得了一些成绩之后,有人提出了质疑。是不是气象条件变好了,造成这几年的效果,并不一定是节能减排。以北京为例,5年的变化气象贡献在12%,2017和2018这两年的变化气象贡献也小于30%,主要是北京的减排和周边地区减排的结果,这些减排始终保持在70%-90%的贡献,都是靠人做到的。

有人讲是不是因为经济放缓了,才有这样的成绩?答案是否定的。如果没有减排,在经济中高速继续发展的情况下,污染物排放的情况不容乐观。由于这些年采取了措施,大部分污染物呈现了下降的趋势,这样至少稳住了增量,因此,大量的减排工作是核心。

$PM_{2.5}$减排改善幅度为40%,其中,末端减排约占40%,产业结构调整约占17%,能源结构调整约占20%。我们经常说"双散"的治理在最终完成任务上发挥了非常重要的作用。贡献最大的是燃煤锅炉整治、工业提升改造等。"散乱污"企业和散煤治理从2016年开始发力,2017年到2018年见效,主要集中在京津冀地区。

三,未来展望。

治理进程是明显的,科技支撑是实实在在的,这是最关键的贡献,里面有很强的科技在支撑着我们的工作。现在很多地方都在晒蓝天,有人甚至讲大气的问题基本上就这样了,国家是有办法的。我现在给大家说一下未来展望,还远远没有到庆功的时候,未来的路还很长。

我们以$PM_{2.5}$的状况来看,全国338个城市的平均浓度,2017年的数据是43微克/立方米,美国主要城市2016年的平均值是7.8,欧洲是15左右。2018年我们进步到了39,但是和欧美国家相比还是有明显的差距,现行国家标准我们是35,还有很多城市没有达到。美国现在达到了10,欧洲达到15,其中还有很大的差距。从臭氧也可以看到,特别是8小时的平均数据已经明显高于美国、日本、欧洲的数值,所以$PM_{2.5}$还要大幅度下降,这是大气面临的两个最明显的挑战。

根本问题还是地面的排放,以2016年和2017年的数据来看,根据美国、中国、欧盟来进行对比,因为这3个国家和地区的面积体量接近。五大污染物的排放量,中国是欧盟、美国之和的两倍到5倍。美国的排放量集中在东西海岸,中国的排放量集中在东部。如果按照每平方公里的强度来看,我们比5倍还要高。如果再集中在京津冀地区会更高一些,所以减排是硬道理,还是要继续减排。

减排要形成一定的协同,大量的科学证明我们要协同进行。2016年到2017年可以看到,二氧化硫的排放量有所减少,氮氧化物也有所减少。和其他污染物相比,VOC要配合氮氧化物的减少,所以它们的协同减排力度是未来最重要的挑战。从2010年到2017年这7年时间中,主要的氮氧化物下降是靠火电厂的超低排放,下降的幅度总是不理想。VOC有上升的因素,下降的仅仅是在民用和工业里做了一些工作。但下降的量太少,增加的量多,形成了略有净增的局面,未来这方面是要进行破局。

VOC排放有一些地方是收窄的,但有一些方面在大量增加。如果分析它对臭氧生成潜力最大的这30种主要的VOC物种,可以看到贡献最大的隐患还在。烯烃、芳香烃是主要物种。如果把芳香烃单独拿出来,从1990年开始,从38涨到了99。2010年之后我们有了一些治理措施,还是涨得快减得少。现在要拿到减排量,把中高速社会经济发展产生的增量,拿掉一部分存量,才能形成所谓的减排量。这个过程是非常辛苦的,所以在其他污染物上实现是非常难的。

VOC不仅是臭氧的前提物,还是$PM_{2.5}$的前提物,越来越多的证据证明,秋冬季$PM_{2.5}$高是由于有机物的成分和VOC关联。可以看到它的贡献从1990年占21%已经到了目前的64%。现在把这两个合起来,看臭氧和二次有机气溶胶,未来需要进行重点的研究和控制。看看它是从什么行业来的,都有什么样的治理方法。

未来会怎么样?未来到底什么时候能把环境治理好?

第一步是打赢蓝天保卫战。至少要达到现行的国家标准。现在看到的国家标准从"十三五"开始算起,将近要用15年的时间。珠三角会短一年,京津冀要到2035年才可能实现,所以还有很长的路。

未来不仅仅是盯着VOC和臭氧,蓝天保卫战里$PM_{2.5}$和臭氧协同作战治理,治霾与低碳发展协同。同时还签了一批国际公约,比如国际汞公约等,这些都是非常规大气污染物,会成为未来蓝天保卫战里越来越重要的任务。要把这些做好,就要持续提升大气复合污染防治科学技术水平,环境工作者责无旁贷。

利用地球大数据服务可持续发展目标实现

中国科学院院士 郭华东

我讲3方面内容。

第一,从科学大数据到地球大数据。

近年来我们一直在做科学大数据的概念研究。大数据时代的到来把地球数据研究推向了一个新的高度,形成了新一代数据平台。

我在国际科技数据委员会(CODATA)做了几年的主席。2014年我们召开了一个会议,就是CODATA大数据与科学发现。不仅是CODATA,还有其他的国际组织联合在一起,大家都深刻认识到大数据确实能为科学发现带来新的东西。会议有几个产出,其中一个产出就是提出了大数据服务国际科学计划的声明,这个声明有7项建议和4项行动纲领。可以概括为大数据、大科学、大发现。此外,在CODATA成立45周年时也达成了共识,大数据本身能带来科学方法的创新,能够让它持续走向科学发现的路径,数据密集型科学与发现将成为最终和最美丽的一个方向。

科学大数据和很多的数据有不同的特征,包括外部特征和内部特征。数据、数据体、数据速率可以分析外部特征,从它的高度计算复杂性、不可重复性、不确定性、高维特性来阐述内部特征。2013年之前我们做大数据分析的时候,印度在国际上比我们做得要活跃,但后来不一样了。国家将大数据列为国家战略,促进大数据发展行动纲要文件特别提出了构建大数据国家重大基础设施、发展科学大数据应用服务中心等内容。

大数据为科学研究带来了新的方法论,大数据正在催生人们用全新的模式实现科学发现,地球大数据正在成为认识地球的新钥匙。

第二,地球大数据科学工程专项。

按照国务院第105次常务会议精神,中国科学院设立了地球大数据科学工程,用更高项目和成果的支持形成一个数字地球科学平台。成果有几个走向:一是服务决策支持;二是服务科学发现;三是实施技术创新;四是实施知识传播。专项要建立一个国际地球大数据科学中心,有3个核心的构成:一是地球大数据的基础设施;二是地球大数据学科驱动平台;三是服务政府高层的决策支持系统,这是目标和方向。

第三,地球大数据促进可持续发展。

联合国的可持续发展目标之一就是要实现全球的大数据发展,让联合国的成员国和利益相关方协同合作,用可持续的方式来进行生产和消费,让人和自然实现和谐相处。为实现这个目标,经过长期的研究提出了17个大目标、169个具体目标,同时还有230多个指标。这些目标和指标实现起来要用15年的时间。放眼看全球,这17个目标里面可以分为20多个指标。一是有方法、有数据;二是有方法、无数据;三是无数据、无方法。193个成员国怎么做是最大的挑战。现在是数据缺失、技术方法缺失,所以联合国提出来一个技术促进机制,目标就是用技术来带动、驱动、支撑实现这些工作。

2015年9月联合国大会通过了这个驱动机制,机制有3个平台:一是跨领域小组;二是平台技术创新会议;三是网上平台。

我们已经做了一些工作,17个目标全部做了一些分解。在科学分析基础之上有六大目标,分成3个尺度来做:一是全球尺度;二是"一带一路"尺度;三是国家尺度。比如,我们研究发现,中亚五国的地表水变化整体上是减少的趋势。还研究分析了"一带一路"1500个城市的变化、"一带一路"国家气候变化中灾害的指标监测与分析、中国近海典型的营养化评估,以及利用数字大数据服务全球生物的退化等问题。

利用地球大数据促进可持续发展,这是中国为联合国目标做出的巨大贡献,我们应该一起向前推进。