做好碳达峰碳中和工作,工业园区必须做出贡献

陈吕军

应对气候变化是人类社会面临的共同挑战。2020年9月22日,习近平主席在第七十五届联合国大会一般性辩论上宣布了力度空前且具有雄心的气候目标:中国将提高国家自主贡献力度,采取更加有力的政策和措施,二氧化碳排放力争于2030年前达到峰值,努力争取2060年前实现碳中和。习主席这一庄严承诺改变了全球和中国应对气候变化进程的格局。中国做好碳达峰碳中和工作,对全球实现1.5℃温控目标至关重要,同时也是推动国际合作、提升中国国际影响力的重要议题。同年12月,中央经济工作会议确定了"我国二氧化碳排放力争2030年前达到峰值,力争2060年前实现碳中和。"的目标,将"做好碳达峰、碳中和工作"列为2021年八项重点任务之一。碳达峰碳中和走到了舞台的中央,成为中国现代化建设的核心议题。

当前,尽管因新冠肺炎疫情,国内经济受到严重影响,国际气候谈判进程也被延缓,但要求加大减排力度的国际声势和各国积极实现碳中和的愿望依然强烈。展望未来,在全球气候治理进程和国内现代化高质量发展目标的共同影响下,在实现美丽中国目标的引领下,实现碳达峰碳中和这一愿景,将在我国国内建设和国际交往方面发挥重要引领作用。

碳达峰碳中和目标是统筹国内国际两个大局的重大战略决策

实现碳达峰碳中和是实现社会经济高质量发展的重要推手。自1978年改革开放以来,我国GDP每年以近10%的平均速度增长。然而,我国过去在高能源消耗、高污染排放和廉价劳动力驱动下的经济高增长模式是不可持续的,国际形势和国内需求都要求中国寻求新的经济发展模式和践行新的发展理念,碳达峰碳中和目标将全面推动我国实现经济高质量发展。首先,倒逼产业转型升级,提升国际经济竞争力。在碳达峰碳中和目标的影响下,高耗能、高排放、低附加值的传统产业正在努力通过技术创新和管理创新"破局",谋求绿色发展。同时,我国已逐渐成为全球新兴绿色技术的引领者,尤其是在人工智能和5G领域。这些新兴技术的发展在很大程度上也促进传统产业转型。传统产业的低碳转型和新兴产业的创新发展,都有助于推动国内产业转型并提高长期持续的经济竞争力。其次,促进就业和经济繁荣。我国在实现碳达峰碳中和目标的过程中,产业和经济转型会进一步扩大绿色经济领域的就业机会。我国在绿色能源经济领域的红利已经逐步显现。据测算,全球绿色经济规模与传统能源(石油、天然气)领域相差无几。而我国在这些关键绿色技术领域中的领导地位也将拉动强劲的就业增长。再次,改善空气质量,提高健康水平。温室气体和污染物的减排甚至净零排放,有助于减轻空气污染、改善自然环境和室内空气质量,提高健康水平。最后,优化能源结构,强化能源安全。很长时期内,我国碳达峰碳中和目标的实现,主要依赖于通过提高能源利用效率和可再生能源绿色能源的占比来减少化石能源的消耗,进而减少对进口化石能源的依赖,提升国家能源安全水平。

碳达峰碳中和目标将再一次考验"中国速度",工业部门是重中之重,工业园区必须有所行动

碳达峰碳中和对于我国的绿色发展、科技创新以及大国责任提出了新的时代要求,提供了新的发展机遇,但在这条发展之路上我国仍不可避免地面临着诸多不小的挑战和困难。我国当前在全球经济中所处的地位、自身经济社会所处的发展阶段、现有的产业结构和能源结构共同决定了在实现碳达峰碳中和的进程中挑战巨大、任务艰巨。

碳达峰碳中和的目标再一次考验"中国速度"。碳达峰碳中和目标的提出,意味着我国要用不到10年时间实现碳达峰、用不到30年时间完成从碳达峰向碳中和过渡。与一些发达国家早已实现碳达峰、再经历50年-60年时间从碳达峰向碳中和过渡相比,我国碳达峰碳中和的速度要更快、力度要更大、任务更艰巨。

工业部门是我国实现碳达峰碳中和的重中之重。自19世纪末工业化进程飞速推进至今,工业部门始终是经济社会发展的重要支柱,也是我国曾经作为"世界工厂"的源动力。全球经济地位和自身发展阶段决定我国仍然有巨大的能源需求,工业部门仍是当前实现碳达峰的重中之重。2008年至今,我国逐渐成为世界生产的中心,在全球产业链中不断升级,世界银行已将我国定位为全球价值链中的先进制造业和服务业提供者。我国正在由"制造大国"向"制造强国"转变,由"世界工厂"向"全球产业链的枢纽"转变。这决定了很长一段时间里,我国的工业以及高端制造业对经济发展至关重要。然而工业的发展必然伴随着对能源的持续消耗和碳排放的增加。除了受新冠肺炎疫情影响的2020年,我国能源消费量一直保持着超过3%的年增长率。另一方面,随着中国城镇化进程的发展,越来越多的人口进入城市生活,必然带来人均能源需求的增加,建筑部门和交通部门不可避免地面临着能源需求持续增长的压力。工业部门要压缩能源消耗和碳排放,与建筑部门和交通部门协同共治。"十四五"规划明确提出单位GDP能耗下降13.5%和二氧化碳排放下降18%的目标。如果如期在2030年之前顺利实现碳达峰,"十四五"就是关键的决战时刻,工业部门必须加大碳减排力度。

工业园区是工业部门实现碳达峰碳中和必须牵住的"牛鼻子"。深入挖掘园区绿色建设和发展的系统作用和集成效应,对实现整体碳达峰碳中和目标贡献巨大。工业园区是全球工业发展的普遍特征。在我国,经历了40年的建设发展,工业园区已成为重要的工业生产空间和主要布局方式,也是工业化和城市化发展的重要载体。伴随着"企业入园"的趋势,国内大部分企业,尤其是生产制造企业大多都落户于各类工业园区和开发区。以前在推进节能减排和绿色发展方面,一些地方更多关注企业和产品本身,而对作为生产企业集合体-园区的绿色发展和建设关注不足。在持续推动企业绿色发展和产品绿色制造的同时,如何能系统、科学地对企业碳排放和绿色科技发展进行管控和引导,园区扮演着非常重要的角色和职能。

我国工业园区数量多、种类广、发展阶段各异。我国各类园区达15000家之多,对全国的经济贡献达30%以上。其中,管理水平和科技水平相对较高的各类国家级园区也只有数百家,相当一部分的园区在科技创新和科学管理等方面仍然存在差距。为落实国家自主贡献和全球温升控制的双重目标,一方面,园区面临着迅速推进能源低碳化转型和工业绿色发展的双重压力;另一方面,园区具有企业集聚性、规模性优势和创新转型动力,产业共生效益的潜力显著,基础设施集约化程度高,行政管理体系相对独立高效,低碳经济势必为园区高质量发展注入新的活力,成为全国乃至全球工业部门低碳发展的领头羊和示范区。工业园区是我国建设绿色制造体系、实施制造业强国战略最重要、最广泛的载体,承担了密集的工业生产活动,也将成为落实我国自主贡献目标和实现精准减排的关键落脚点。工业园区绿色发展是实现美丽中国和碳达峰碳中和目标的内在要求和重要途径。

党中央国务院高度重视园区的绿色发展。"大气十条""水十条""土十条",《中共中央国务院关于全面加强生态环境保护坚决打好污染防治攻坚战的意见》《"十三五"生态环境保护规划》《工业绿色发展规划(2016-2020年)》《打赢蓝天保卫战三年行动计划》等重要文件中,提出了许多与园区生态化/绿色发展相关的内容。《关于促进国家高新技术产业开发区高质量发展的若干意见》《关于推进国家级经济技术开发区创新提升打造改革开放新高地的意见》《关于促进开发区改革和创新发展的若干意见》《国家高新区绿色发展专项行动实施方案》等系列文件更是针对园区提出了更加明确的绿色低碳循环发展要求。

我国自1999年开始试点生态工业园区建设,生态环境部、科技部、发改委、工信部、国土资源部等多个部门先后实施了ISO14000国家示范区、国家生态工业示范园区、可持续发展实验区、园区循环化改造、低碳工业园区、园区土地集约利用评价、绿色园区等一系列绿色发展试点项目。截至2019年7月,已有305家工业园区至少入选了其中一类试点项目,占国家级和省级园区总数的12%:93个园区开展了国家生态工业示范园区创建工作,其中55个园区通过了国家生态工业示范园区考核;121家园区被列为国家循环化改造示范试点园区;67家园区入选低碳工业园区试点名单;111家园区入选绿色园区试点名单。这些试点示范为全面推进工业园区做好碳达峰碳中和工作奠定了良好的基础。

陈吕军,清华大学环境学院教授,博士生导师。现任清华大学生态文明研究中心副主任,清华大学循环经济研究院副院长,环境学院清洁生产与生态工业研究中心主任,兼任中国循环经济协会工业园区绿色发展分会主任委员,中国高校生态文明教育联盟秘书长,中国环境科学学会生态产业分会常务副主任委员,中国环保联合会绿色技术发展专业委员会副主任委员,全国部级联席会议循环经济专家咨询委员会委员,国家经济技术开发区绿色发展联盟专家委员会主任,中华全国青年联合会第十届委员会委员。入选国家百千万人才工程,授予有突出贡献中青年专家,享受国务院特殊津贴,入选国家环境保护专业技术领军人才。

他领导完成了数百项环保工程项目,承担完成了多项国家和地方科研项目。获得国家技术发明三等奖1项、省部级科技进步一等奖3项、二等奖7项、三等奖4项,其他奖项多项,共取得国家专利百余项,发表了百余篇学术论文。是第一届、第三届中国环境科学学会青年科技奖获得者。

近十几年来,一直致力于工业园区绿色低碳循环生态化发展研究与实践,全力推进我国产业生态化研究,为我国工业园区绿色发展提供方法与案例。针对工业园区碳达峰和碳中和,研究提出解决方案。

园区生态化发展取得了明显的成效。比较国家生态工业示范园区验收基准年与规划基准年的经济发展,以及资源能源消耗、污染物排放的总量与强度变化发现,国家生态工业示范园区建设前后其COD和SO_2排放总量分别下降25%和51%,排放强度下降52%和69%;能耗、新鲜水耗、废水排放量、固废产生量分别增加了20%、18%、12%和6%,但其强度下降22%、25%、28%和32%。从业人数和工业用地面积分别增加了23%和30%,人均工业增加值和单位土地面积工业增加值产出分别增加27%和20%。国家生态工业示范园区以较小的土地占有和人力投入,对所在地区的经济发展产生了巨大的贡献,以较小的环境负荷产生了显著的经济贡献,可有效缓解区域经济发展面临的资源环境压力。这些绩效对碳达峰碳中和同样有效,完全可以借鉴。

工业园区应成为做好碳达峰碳中和工作的"领头羊"

科学认识工业园区能源消费结构和碳排放特征。我们分析了210多家国家级经开区的分品种能源消费,限于数据可得性,基于2015年的数据分析这些园区的总体情况:燃煤在园区能源消费总量中占74%,这个值高于同年我国工业部门的燃煤消费比例(56%),其后是原油和天然气,分别为36%和8%。我们观察到园区能源消费品种多样化特征很明显,非常规能源如余热、生物质、生活垃圾、工业固废等得到了积极应用。这些非常规能源的占比2015年虽只有2%,但有很大提升空间。许多园区还建设了太阳能光伏屋顶,这也是园区能源结构优化中一个亮点。

工业园区贡献了全国二氧化碳排放的31%。园区实现碳达峰,首先要摸清碳排放家底。对园区温室气体排放的核算,要坚持系统观,从生命周期视角,既要看直接排放(园区边界内燃料燃烧产生的排放),也要重视间接排放(园区所用燃料的上游生产运输过程排放和外购二次能源的生产运输过程排放)。我们对上面提到的210多家国家级经开区的温室气体直接排放和间接排放做了研究,发现其分别为10.4亿吨和1.8亿吨CO_2当量,各占总排放的85%和15%。间接排放占比不能被忽略,园区碳达峰、低碳化发展中对间接排放的责任和减排义务同样需要加以关注。

我们用这些国家级经开区单位工业增加值二氧化碳排放量(也称为排放强度,平均值为2.4吨/万元)为参考,对全国工业园区的碳排放强度做了同质化假设,并参考工信部《工业转型升级规划(2011-2015年)》关于"十一五"期间中国工业园区贡献了全国工业产出的50%以上"这一判断,估算出2015年全国工业园区的二氧化碳排放量约为28.2亿吨。再参考国际能源署相关数据,由此初步判断工业园区贡献了全国二氧化碳排放的31%,这个比例相当巨大。随着近10余年来工业企业入园率逐步提升,工业园区的碳排放在全国的贡献率将持续攀升,因此明确园区碳减排路径并推广行之有效的碳减排措施已刻不容缓。

基础设施温室气体排放在园区直接排放中具有锁定效应。我们历时5年多,在国际上首次建立了涵盖1600多家国家级和省级工业园区的大样本、高分辨基础数据库。我们发现,这1600多家园区在役能源基础设施总装机容量为515GW,占2014年全国总发电装机容量的38%;这些基础设施的温室气体排放量占全国的21%,二氧化硫排放占12%,氮氧化物排放占15%,淡水消耗占全国工业用水量的5%。我们发现园区能源基础设施患了"三高"症,就是燃煤机组多(装机容量占87%)、小机组多(50MW以下数量占62%)、温室气体排放量在园区占比高(平均75%)。

基础设施因为服役时间长,排放占比高,排放有锁定效应,同时基础设施也是金属材料、水资源使用的重要节点。仅从园区的能源基础设施着手,我们把能源-水-材料进行耦合,从全生命周期的角度,开发了温室气体减排的"年份-存量(Vintage-Stock)"模型,仔细研究了园区温室气体和其他污染物协同减排的途径、潜力和成本。我们提出了基础设施的5种主要减排技术,燃煤锅炉改造为燃气锅炉;垃圾焚烧炉替代燃煤锅炉;抽凝/纯凝汽轮机升级为背压汽轮机;大容量燃煤机组替代小容量燃煤机组;天然气联合循环机组替代小容量燃煤机组。这5种技术综合作用,能实现温室气体减排8%~16%,并协同减排二氧化硫24%~31%、减排氮氧化物10%~14%,节水34%~39%。同时,减排具有一定经济效益,综合情景下单位减排成本为-519元/吨CO_2当量(2015年可比价)。

四大战略路径推动园区实现2050年碳减排51%

产业结构调整、能效提升、能源结构优化、碳捕集,推动我国工业园区深度碳减排。我们研究了两种经济增速下,我国工业园区2035年和2050年的排放量,提出了四种碳减排途径及其各自的减排潜力。总体来看,未来园区经济增长带来的碳排放新增量仍将十分显著,但通过四种减排途径有望将其抵消并实现净减排,即实现2015年-2035年和2035年-2050年分别减排28%和51%的目标。

具体来看,2015年-2035年期间,产业结构调整与能效提升(即单位工业增加值产出的能耗下降)的碳减排潜力尤为显著,提高非化石能源占比和增加CCUS(Carbon Capture, Utilization and Storage碳捕集、利用与封存)应用也可带来可观的碳减排潜力。电网碳强度下降也可带来一定的减排效果。从时间跨度来看,产业结构优化、能效提升、能源结构优化在2035年-2050年期间的减排潜力将明显减小,表明至2035年的碳减排潜力基本能充分释放,远期的深度减排需主要依靠持续推进工业生产活动中的系统优化、区域层面的产业布局优化和末端针对性的CCUS来进一步实现总体碳减排目标。

能源结构优化重点可放在生活垃圾、生物质和污泥、余热、风、光、氢等六种能源。我们研究发现,预期碳减排贡献最显著的依次为氢能、风电、光伏,这三种能源到2050年的减排贡献率总计可达73%-81%,尤其氢能在2015年-2035年可贡献36%-37%的减排潜力,在2035年-2050年可贡献46%-50%,是深度减排最有潜力的措施。垃圾、生物质和污泥、余热这三类非常规能源目前在园区能源结构中的占比还较小,而园区则是其最重要的归宿,需要进一步挖掘其潜力,通过大力提升此三类能源的回收利用率,并改进焚烧炉技术以提升掺烧比,其带来的碳减排贡献可望进一步增加。

现阶段还应充分利用园区产业集聚优势,挖掘园区内部和园区间的产业共生潜力,将生产过程中的副产品及废物等回收利用,从源头削减资源消耗和碳排放,例如城市生活垃圾、污水处理厂剩余污泥的焚烧产能,以及化学反应余热的再利用等。

做好我国工业园区碳达峰碳中和工作的几点思考

推动工业园区在2030年前碳排放达峰行动方案中发挥更大作用。我国省级及以上工业园区有2500余家,其他各级园区达上万家,为落实国家自主减排贡献和全球温升控制的双重目标,园区要充分发挥产业链供应链集聚、基础设施集约、行政管理高效等优势,成为工业部门乃至全国低碳发展的领头羊和示范区。

各部门和地方政府在推动园区碳达峰工作中宜科学施策,制定工业园区低碳发展分类指导路线图。碳达峰碳中和是国家"一盘棋"的总体部署,是一项系统工程。做好碳达峰碳中和工作,工业部门是重中之重,但要避免工业载体"一刀切"。因此,要研究制定"中国工业园区温室气体及多污染物协同控制行动路线图",将园区按照绿色发展水平、经济规模、主导产业、基础设施建设状况等属性进行分级分类,明确各类各级园区低碳化转型的行动重点。研判园区未来碳排放演化路径,结合国家自主减排贡献和《巴黎协定》提出的2℃和1.5℃温控目标下全球碳预算区间,识别园区排放达峰关键时间节点,建立深度减排动态优化方案,支撑园区深入打好污染防治攻坚战和绿色低碳转型攻坚战。

科学核算园区碳排放,摸清家底。要充分认识园区的特点,建议基于生命周期方法开发并编制工业园区温室气体核算框架与实施细则,开发系统、规范、标准的工业园区温室气体排放核算方法与工具包,解决核算方法的可行性、核算范围的一致性、核算结果的可比性等问题,科学支撑工业园区碳达峰决策,为后续全面深化工业园区温室气体减排工作提供基础和手段。

开展碳达峰示范试点园区建设。结合当前正在实施的国家生态工业示范园区、国家高新区绿色发展示范园区等项目,建议主管部门间深化协作,选择一批绿色发展基础好、产业体系优势足、低碳达峰意愿强、经济实力有保障的园区,从全生命周期温室气体核算、制定碳达峰路径规划等方面开展示范试点,并争取给予专项预算资金支持,在"十四五"期间形成一批在国内可引领、在国际上有影响的碳达峰示范试点园区。

上下四十年:我国工业园区闯出一条绿色道路

我国工业园区发展是改革开放的伟大创举和成功实践之一。改革开放之初,先建蛇口工业区,进而带动深圳特区全面发展;1984年沿海城市扩大开放,建立开发区亦为关键行动,园区人走出了我国园区创新发展之路。过去四十年园区成功地肩负起了快速实现工业化、城镇化的重要历史使命,开发区人铸就了创新和担当精神;未来四十年,我国工业园区主动拥抱新时代、新使命、新担当,戮力前行,实现碳达峰碳中和,闯出一条绿色道路。

风好正是扬帆时,不待扬鞭自奋蹄。做好碳达峰碳中和工作,我国工业园区必须做出贡献。

后记摄