

中国工业园区低碳发展路径研究

郭扬¹，吕一铮¹，严坤¹，田金平^{1,2,3}，陈吕军^{1,2,3*}

[1. 清华大学环境学院，北京 100084；2. 清华大学生态文明研究中心，北京 100084；3. 国家环境保护生态工业重点实验室（清华大学），北京 100084]

【摘要】 中国政府承诺CO₂排放力争于2030年前达到峰值，努力争取2060年前实现碳中和。在工业部门深化应对气候变化和全面推进绿色转型的背景下，数量庞大的工业园区已然成为“十四五”乃至今后一个时期工业领域实现科学、精准碳减排的关键靶点。本研究首先剖析了中国工业园区低碳发展面临的挑战与机遇；进而以2015年为基准年，面向2035和2050年美丽中国建设两阶段战略目标，研究提出了工业园区碳减排的目标、路径和潜力，以期为园区深化低碳发展提供决策参考。研究显示，2015年中国工业园区CO₂排放总量约为28亿吨，占全国总排放量的31%。通过产业结构调整、能效提升、能源结构优化、碳捕集等低碳路径，2015—2050年全国园区预期可减排CO₂18亿吨，在2015年基础上减排60%以上；其中，2015—2035年减排8亿吨，2035—2050年减排10亿吨。

【关键词】 工业园区；碳减排；能源系统；低碳发展路径；产业生态学

【中图分类号】 F113.3；F120.4；X321

【文章编号】 1674-6252 (2021) 01-0049-10

【文献标识码】 A

【DOI】 10.16868/j.cnki.1674-6252.2021.01.049

引言

《巴黎协定》确立的2℃温控目标为全球经济体的低碳发展提出了迫切要求，全球气候变化已成为威胁人类可持续发展的重大挑战之一，新冠疫情的冲击更强调了重新思考人类发展与生态系统和谐共处的必要性。自19世纪末工业化进程飞速推进至今，工业系统始终是经济社会发展的重要支柱。中国作为全球最大的碳排放国，在应对气候变化中责任重大。2020年9月，中国政府承诺将提高国家自主贡献力度，采取更加有力的政策和措施，CO₂排放力争于2030年前达到峰值，努力争取2060年前实现碳中和^[1]。实现碳达峰、碳中和的中长期气候目标已成为中国重大战略^[2]。

2017年，中国工业增加值占国内生产总值（GDP）的34%，工业能源消费占全国能源消费总量的66%^[3]，可见工业是落实温室气体减排的重点领域，工业节能减碳对于缓解气候变化具有重要作用。工业园区是中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，是中国双循环发展的重要源动力，也将成为落实中国自主贡献目标和实现精准减排的关键落脚点。尤

其在当前至2035年大力推进生态文明建设的大战略下，工业园区低碳发展也是实现国家“生态环境根本好转，美丽中国目标基本实现”宏伟目标的内在要求和重要途径。

建设工业园区是全球工业发展的普遍现象，工业园区以企业集聚和基础设施共享为重要共性特征^[4]。中国工业园区建设始于1979年，是改革开放的一项重大创举，经过40多年由点到面、由沿海向内地的推进式发展，工业园区已遍布全国各地，成为重要的工业生产空间和布局方式，也是工业化和城市化发展的重要载体^[5]。根据工业园区所属级别不同，可分为国家级工业园区、省级工业园区和其他工业园区。目前，我国共有国家级和省级工业园区2543家^[6]，多数位于环渤海、长三角、珠三角一带，贡献了全国工业产值的50%以上^[7]。工业园区通过低碳转型实现碳达峰，既是园区高质量发展的内在要求，又将在工业领域应对全球气候变化、落实全球温升控制目标中发挥关键效能。因而，在工业园区发展迈入“不惑之年”的当下，低碳转型有望破局“中年危机”。

中国工业园区的低碳发展始于“十一五”时期，

资助项目： 国家自然科学基金面上项目（ 41971267 ）；国家社会科学基金重大项目（ 18ZDA046 ）；国家自然科学基金面上项目（ 41671530 ）；能源基金会项目（ G-1907-30006 ）。

作者简介： 郭扬（ 1990— ），男，博士，研究方向为生态工业发展与可持续基础设施系统， Email: guoyang14@tsinghua.org.cn。

* 责任作者： 陈吕军（ 1965— ），男，教授，博导，研究方向为工业园区绿色发展、清洁生产技术与产业生态学， Email: chenlj@tsinghua.edu.cn。

• 49 •

自 2006 年以来,中国陆续出台并实施了一系列工业园区低碳政策。2009 年原环境保护部下发《关于在国家生态工业园区中加强发展低碳经济的通知》,决定自 2010 年起将发展低碳经济作为重点纳入生态工业园区建设内容^[8]。2011 年起,中国政府开始着重关注工业园区的低碳发展^[9],在“十二五”规划等纲领性政策推动下,采取了若干重大举措落实碳政策和能源政策。2013 年,工信部和发展改革委联合推进低碳工业园区试点建设^[10];2014 年,《国家应对气候变化规划(2014—2020 年)》提出到 2020 年建成 150 家左右低碳示范园区^[2];2016 年,工信部发布《工业绿色发展规划(2016—2020 年)》,再次强调了工业园区低碳化转型,并要求部分园区率先达到碳排放峰值^[11]。

中国工业园区数量多、种类广、发展阶段各异,工业园区低碳发展对于缓解全球气候变化具有重要作用。然而,目前绝大多数工业园区碳排放底数不清,减排路径不明。由于中国工业园区在国家统计体系中不是独立的统计单元,缺乏边界清晰、标准统一、准备可靠的数据基础,导致工业园区温室气体排放核算方法不统一,排放现状与特征尚不清晰。碳排放底数不清进而导致工业园区共性和针对性的温室气体减排路径、减排潜力、成本效益以及在应对全球气候变化中的预期贡献尚不明确。本研究旨在定量揭示中国工业园区碳减排路径,为实现全球气候目标和中国工业绿色发展提供决策支撑。

1 方法与数据

1.1 基于生命周期视角的园区温室气体核算方法

温室气体排放核算在国家层面^[12,13]、区域层面^[14,15]和城市层面^[16-18]已十分广泛。然而在园区层面,仅有为数不多的工业园区温室气体排放与减排案例研究,如苏州工业园区^[19,20]、北京经济技术开发区^[21]、沈阳经济技术开发区^[22]。目前,园区相关研究所采用的温室气体核算方法主要从消费端视角出发^[23],大多遵循世界资源研究所发布的核算导则,该导则按照温室气体排放来源的不同,将排放划分为范围 1~3^[24]。对于工业园区而言,范围 1 排放指园区边界内的温室气体排放,如燃料燃烧和工业过程的排放,是园区的直接排放;范围 2 排放指外购电力和热力等二次能源的加工转换过程排放,是园区的间接排放;范围 3 排放指除范围 1 和范围 2 的所有间接排放,包括价值链上游和下游的排放,如外购原材料的生产

过程排放,热力、电力生产上游的煤炭开采运输过程排放、废弃物园区外处理处置排放。

为分析大样本工业园区的温室气体排放特征,划定统一的核算对象和范围是开展研究的重要基础。能源消费导致的温室气体排放约占全球总排放的 60%^[25],相关研究显示能源利用是工业园区碳排放的关键环节^[26,27]。能源相关温室气体排放包括燃料燃烧产生的直接排放,以及燃料生产运输,外购电力、热力的生产和传输等上游过程产生的间接排放。上述苏州工业园区、北京经济技术开发区和沈阳经济技术开发区的能源相关温室气体排放分别占总排放的 94%、97% 和 62%^[20-22]。此外,其他研究也显示能源相关温室气体排放占工业园区总排放中占主导地位^[28]。上述结论均表明能源相关温室气体排放是工业园区排放的最主要组成部分。工业园区其他排放,特别是工业过程的直接排放和外购原材料的间接排放,由于不同工业园区主导产业的差异性,使得开展生命周期温室气体排放核算所必要的基础数据搜集存在复杂度高、耗时长、数据不可获得等实际困难。因此,在核算大样本工业园区的温室气体排放时,为保证核算范围的一致性和排放量的可比性,能源相关温室气体排放宜作为主要考察对象。

近年来,从生命周期视角追溯产业链的上下游环节,识别间接温室气体排放已成为研究热点,例如能源生产、材料制造、区域贸易的隐含温室气体排放受到越来越多的关注^[29-31]。同时将直接和间接排放纳入温室气体核算范围,有利于客观地厘清园区的排放责任和未来削减空间。本研究基于生命周期视角核算工业园区能源相关温室气体排放,将调研所得的工业园区实景能耗数据与生命周期评价背景数据进行结合,核算方法细节可参见本研究团队的前期工作^[32]。背景数据取自中国生命周期基础数据库(Chinese Life Cycle Database),该数据库是面向中国实际生产过程的本土化数据库,已广泛应用于中国环境问题的相关研究^[33,34]。工业园区直接排放为地理边界内燃料燃烧产生的排放,对应世界资源研究所核算导则中范围 1 排放的主要部分;间接排放为工业园区能源消费相关的燃料生产和运输、外购二次能源生产和运输等过程的温室气体排放,涵盖范围 2 和部分范围 3 排放^[35]。工业园区加工转换产出的二次能源相关排放将从园区排放中扣除,即核算范围是工业园区负有实际责任的净排放^[32]。温室气体考虑 CO₂、CH₄ 和 N₂O 共 3 种主要温室气体,按各自的 100 年全球变暖潜势(1, 28, 265)折算为 CO₂ 当量^[36]。温室气体核算中,CO₂ 排放包括矿物源排放和生物源排放,前者是将脱离全球

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：

[https://d.book118.com/30615012312301014](https://d.book118.com/306150123123010141)

[1](https://d.book118.com/306150123123010141)