



2023年9月

# 工业园区温室气体核算技术指南 研究报告



# CO<sub>2</sub>



## 中国煤炭消费总量控制方案和政策研究 (煤控研究项目)

中国是世界煤炭生产和消费第一大国。以煤炭为主的能源结构支撑了中国经济的高速发展，但也对生态环境造成了严重的破坏。为了应对气候变化、保护环境和减少空气污染，国际环保组织自然资源保护协会 (NRDC) 作为课题协调单位，与政府智库、科研院所和行业协会等 20 多家有影响力的单位合作，于 2013 年 10 月共同启动了“中国煤炭消费总量控制方案和政策研究”项目（即“煤控研究项目”），为设定全国煤炭消费总量控制目标、实施路线图和行动计划提供政策建议和可操作措施，助力中国实现资源节约、环境保护、气候变化与经济可持续发展的多重目标。



自然资源保护协会 (NRDC) 是一家国际公益环保组织，成立于 1970 年。NRDC 拥有 700 多名员工，以科学、法律、政策方面的专家为主力。NRDC 自上个世纪九十年代中起在中国开展环保工作，中国项目现有成员 40 多名。NRDC 主要通过开展政策研究，介绍和展示最佳实践，以及提供专业支持等方式，促进中国的绿色发展、循环发展和低碳发展。NRDC 在北京市公安局注册并设立北京代表处，业务主管部门为国家林业和草原局。请访问网站了解更多详情 <http://www.nrdc.cn/>



中国环境科学研究院成立于 1978 年 12 月，隶属中华人民共和国生态环境部。中国环境科学研究院共有 16 个主要研究方向和 80 个细分研究方向，形成了比较全面的学科体系，基本涵盖生态环境各研究领域（除核安全领域以外）。全院围绕国家可持续发展战略，开展创新性、基础性重大环境保护科学研究，致力于为国家经济社会发展和环境决策提供战略性、前瞻性和全局性的科技支撑，服务于经济社会发展中重大环境问题的工程技术与咨询需要，为国家可持续发展战略和环境保护事业发挥了重要作用。

封面图片：图片上传从 图虫创意  
所使用的方正字体由方正电子免费公益授权

## 研究报告

- 《工业园区温室气体核算技术指南研究报告》
- 《江苏省工业园区绿色低碳发展路径研究报告》
- 《碳达峰碳中和目标下内蒙古电力低碳发展研究》
- 《山东省中小燃煤电厂低碳高质量发展路径分析》执行摘要
- 《双碳背景下发电侧储能综合价值评估及政策研究》简版
- 《碳中和目标下山西省煤电产业转型发展和定位研究》
- 《碳中和目标下山西省焦化产业转型发展和定位研究》
- 《汾渭平原深入打好污染防治攻坚战煤炭总量控制研究报告》
- 《面向碳中和的氢冶金发展战略研究》执行摘要
- 《碳中和目标下中国火电上市公司低碳转型绩效评价报告 2022》简版
- 《山东省“十四五”重点耗煤行业减煤路径研究》
- 《双碳目标下的五大发电集团发电业务低碳转型研究》
- 《“双碳”与空气质量改善双目标下的安阳市中长期控煤路径研究》
- 《“双碳”背景下河南省电力行业中长期控煤路径研究报告》
- 《碳达峰与碳中和背景下山东电力行业低碳转型路径研究》执行摘要
- 《内蒙古煤炭生产和消费绿色转型研究》摘要报告
- 《霍林郭勒产业园绿色低碳发展研究》（简本）
- 《内蒙古典型城市煤炭消费与大气质量的关联分析及政策建议》
- 《内蒙古采煤沉陷区生态修复与可再生能源利用研究》
- 《“十四五”山西省非煤经济发展研究》
- 《碳达峰碳中和背景下山西煤电行业转型发展研究》
- 《碳达峰碳中和背景下山西焦化行业转型发展研究》
- 《中国典型省份煤电转型优化潜力研究》
- 《碳达峰碳中和目标约束下重点行业的煤炭消费总量控制路线图研究》
- 《中国典型省份煤电转型优化潜力研究执行摘要》
- 《碳达峰碳中和目标约束下重点行业的煤炭消费总量控制路线图研究执行摘要》
- 《碳达峰碳中和目标约束下水泥行业的煤炭消费总量控制路线图研究》
- 《碳达峰碳中和目标约束下电力行业的煤炭消费总量控制路线图研究》
- 《碳达峰碳中和目标约束下钢铁行业的煤炭消费总量控制路线图研究》
- 《碳达峰碳中和目标约束下煤化工行业煤炭消费总量控制路线图研究》
- 《山西省“十四五”煤炭消费总量控制政策研究》
- 《“十四五”电力行业煤炭消费控制政策研究》
- 《新冠疫情后的中国电力战略路径抉择：煤电还是电力新基建》
- 《中国散煤综合治理研究报告 2020》

.....

请访问网站了解更多详情 <http://www.nrdc.cn/>

# 工业园区温室气体核算技术指南 研究报告

中国环境科学研究院  
自然资源保护协会（NRDC）

2023年9月



---

# 目录

---

摘要	iii
1. 项目背景及意义	1
2. 国内外研究进展	3
2.1 国内外温室气体核算方法	
2.2 工业园区温室气体核算方法研究	
3. 工业园区温室气体核算关键问题分析	8
3.1 工业园区特征分析	
3.2 工业园区碳排放核算关键问题	
4. 工业园区温室气体核算技术指南研究	15
4.1 指南原则及主要框架	
4.2 工业园区温室气体核算步骤	
4.3 实证研究	
5. 对地方及国家工业园区温室气体核算建议	33
参考文献	36

## 摘要

工业园区作为我国经济贡献的核心区，也是减污降碳的主战场，科学精准核算碳排放是工业园区摸清家底、科学降碳、绿色低碳发展，全面落实双碳战略的重要基石和首要任务。目前国内外工业园区温室气体核算标准尚处于起步阶段，系统开展工业园区温室气体核算方法学需求迫切且意义重大。

工业园区是城市内相对开放的系统，介于城市与行业之间，非独立统计单元，具有边界模糊、数据不易获取、产业链共生、价值链延伸等不同于区域和行业的特点。本研究针对工业园区核算类型多样、边界模糊、主体复杂、数据甄选困难等重点问题，通过国内外温室气体核算方法学比较分析，从核算主体、边界、范围、数据、方法等方面，系统构建了工业园区温室气体核算方法学体系。

本研究遵循实用性与可操作性、一致性与可比性、准确性与完整性、普遍性与特殊性的原则，按照核算目的识别、核算边界确定、排放源筛选、活动水平获取、各领域温室气体核算等步骤进行工业园区温室气体核算。根据不同的核算目的，选择与核算目的相对应的核算边界（地理边界/数据统计边界/管理边界等）；依据工业园区的主要类型（产业型/产城融合性/物流保税区），细化工业园区的温室气体排放源，按照优先级给出不同数据的活动水平获取方法，并相应给出各个层次的温室气体核算方法。在工业园区温室气体核算过程中，对于处理大量区外废弃物的园区、使用绿电等情况做出特殊说明。

根据项目研究成果，提出统一工业园区温室气体核算范围及领域、适时更新区域/省级电网平均碳排放因子、单独报告消纳绿色电力的零碳排放、适当披露工业园区承担城市基础设施部分的温室气体排放、规范园区温室气体排放基础数据等政策建议。

# 1

## 项目背景及意义

工业园区作为我国工业发展的重要载体，贡献了全国 50% 以上的工业产出；但同时，工业园区在相对较小的空间内聚集了大量企业，资源能源消耗量大，污染物排放集中，碳排放更是占全国排放的 31% 左右。精准核算工业园区温室气体排放量是工业园区制定碳减排路径的基本前提，是工业领域践行双碳战略的重要支撑。

我国工业园区数量众多，且在国家统计体系中不是独立的统计单元，也并非行政区域，缺乏边界清晰、标准统一、准确可靠的数据基础，由此导致园区温室气体排放核算困难，核算方法多样，排放现状与特征尚不清晰，排放底数不清，不利于园区碳减排方案的制定。

#### 1) 园区的边界范围复杂尚需方法明确

国家发布的省级及以上园区名录明确了工业园区的面积和四至范围，但在园区实际发展中，常常会出现众多扩展区域，园区行政边界、地理边界、实际边界不一致，这为园区碳排放核算和管理带来巨大挑战。

#### 2) 园区基础设施与外界共享，核算主体确定尚待厘清

不同于城市尺度，园区是城市内相对开放的系统，与外界存在着能源、供热、供水、污染治理基础设施共享的情况，主要有共享区外基础设施和基础设施被区外共享两种情况。在核算过程中，准确分割排放主体、准确核算基础设施的直接和间接排放比较困难，但这一工作对园区碳排放的准确性以及减碳措施的制定意义重大。

#### 3) 园区碳排放核算基础数据甄别尚待规范

在国家统计体系中，工业园区并非专门的统计单元，未能像城市一样有较为完备的统计机构和完整的统计数据。园区管委会一般只掌握园区内“五上”企业的数据资料，而园区的居民生活以及三产服务业的能耗数据获取较为困难，因此园区并不完全掌握这两方面数据。

#### 4) 园区碳排放源复杂，核算方法未成体系

工业园区涉及多个企业的价值链、循环链，存在共生关系。工业园区内由于循环经济产业链的搭建，各个行业或者产业之间的互联互通，余热余能等资源能源利用可以有效降碳，但若按照企业主体来核算会忽略这部分效益，因此需要从园区层面统筹考虑。

园区介于城市与行业之间，是区域和行业的重要交叉点，具有边界模糊、数据不易获取、产业链共生、价值链延伸等不同于区域和行业的特点，目前现有的核算方法体系不完全适应工业园区，需要根据园区特点深入探讨，为园区温室气体清单核算提供统一的方法体系。

# 2

## 国内外研究进展



## 2.1 国内外温室气体核算方法

目前，国内外有多种温室气体核算的方法，包括投入产出法、生命周期评价法和清单编制法等，针对不同尺度的温室气体排放进行核算。其中，清单编制法的发展体系相对成熟。各国研究者相继提出了《IPCC 国家温室气体清单指南》、《ICLEI 指南》和《企业温室气体清单指南》等清单编制方法，对世界、国家、城市和产品等进行温室气体排放核算。

作为目前世界应用最广泛的清单核算方法，《IPCC 国家温室气体清单指南》提供了可用于估算国家温室气体人为源排放和汇清除清单的方法，主要分为几个部门：能源，工业过程和产品使用，农业、林业和其他土地利用，以及废弃物。

2009 年，国际地方环境行动理事会（ICLEI）推出《ICLEI 城市温室气体清单指南》。与《IPCC 指南》单纯计算地理边界内排放量不同，《ICLEI 城市温室气体清单指南》提出了城市温室气体三个核算范围，即行政边界内的直接排放（范围 1）、二次能源调入等引起的间接排放（范围 2）和范围 2 以外的其他间接排放（范围 3），指出城市应在核算直接排放的基础上增加对间接排放的核算。

世界资源研究所（World Resources Institute, WRI）和世界可持续发展工商理事会（World Business Council for Sustainable Development, WBCSD）于 2011 年底发布了温室气体核算体系（GHG Protocol），将企业/组织的温室气体排放划分为范围 1 ~ 范围 3：①范围 1 包含企业价值链燃烧过程和化学生产过程产生的直接排放；②范围 2 包含企业购买的电力、蒸汽、供暖或制冷产生的间接排放；③范围 3 是范围 2 之外的企业价值链产生的一切间接排放，包括企业所购买产品的上游排放、运输排放、使用之后的下游排放。

2011 年，国家发展改革委应对气候司组织众多研究单位编写并发布了《省级指南（试行）》，该指南以《IPCC 指南》为理论基础，沿用其核算领域划分原则，采用自上而下的方法对省级地理边界内的“直接排放 + 间接排放”进行核算，并详细列出了各排放源的具体核算公式、数据获取方法和排放因子确定方法，具有较强的操作性和操作性。

在工业园区的适用性方面，《IPCC 国家温室气体清单指南》服务于国家尺度温室气体排放清单编制，提供的排放因子缺省值针对国家尺度且编制角度为单纯的生产模式，直接应用于城市尺度核算时，不能很好地考虑和体现城市内部之间、城市与外部不断发生的能源以及物质流动。《省级温室气体清单编制指南》是针对省级单位的核算方法学，在计算间接碳排放（范围 2）时只考虑了电力，忽略了热力、边界外处理废弃物等间接排放计算。



目前工业园区温室气体核算主要应用清单编制法，理论上该方法能够涵盖范围 1、2、3，但在实际应用在园区上一般只涵盖范围 1 和范围 2，即计算园区内的直接碳排放以及外购电力和热力部分的间接碳排放，若要利用该方法计算范围 3 的碳排放量，则需要收集大量、详细的相关数据，及配套投入规模较大的人力、物力和时间，可操作性不够强。

## 2.2 工业园区温室气体核算方法研究

---

近些年，全国各地掀起了建设碳达峰、碳中和、零碳园区的高潮，出台了各种各样的园区碳达峰碳中和、零碳园区、低碳园区的管理办法及相关标准体系。涉及园区温室气体核算的主要有：

- 四川省生态环境厅办公室《关于开展近零碳排放园区试点工作的通知》
- 《深圳市近零碳排放区试点建设实施方案》
- 《零碳产业园区认定和评价指南》（天津 T/TJSES 003-2022）
- 中国生态学会团体标准《产业园区二氧化碳排放核算与报告指南》（征求意见稿）
- 中国循环经济协会《工业园区碳达峰实施方案编制指南》

由于目的不同，不同的标准对于工业园区核算的温室气体种类、核算领域、核算方法也各不相同。主要区别如下：

表 2-1：现有工业园区核算标准对比分析

标准名称	四川省生态环境厅办公室《关于开展近零碳排放园区试点工作的通知》	《深圳市近零碳排放区试点建设实施方案》	零碳产业园区认定和评价指南（天津 T/JSES 003-2022）	中国生态学学会团体标准《产业园区二氧化碳排放核算与报告指南》（征求意见稿）	中国循环经济协会《工业园区碳达峰实施方案编制指南》
<b>主要目的</b>	用于四川省开展近零碳排放园区试点园区的碳核算	用于深圳市开展近零碳排放园区的碳核算	服务于零碳产业园区的认定和评价	产业园区二氧化碳排放的核算和报告	工业园区管理委员会、咨询机构、工业园区上级管理机构开展工业园区碳达峰实施方案研究、编制、评审工作。
<b>核算边界</b>	物理边界：园区用地红线边界以及各细分领域的边界	物理边界	核算边界以实际坐落于园区范围内的企事业单位和公共设施为边界	产业园区行政区划	地理边界
<b>核算气体</b>	能源消耗主要为二氧化碳排放计算，工业过程包含 6 种温室气体	二氧化碳	七种温室气体	二氧化碳	二氧化碳
<b>核算气体产生来源</b>	各企业运营过程中能源活动产生的碳排放，包括固定燃烧源产生的直接排放和外购电力、热力的间接排放； <b>工业生产过程产生的范围三碳排放</b> （如试点园区内企业自有车辆的直接、间接碳排放，购买第三方运输服务的直接、间接碳排放等）。	<b>物理边界内</b> 能源活动产生的碳排放，包括固定燃烧源产生的直接排放和外购电力、热力的间接排放； <b>工业生产过程产生的碳排放</b> ；项目可管控的 <b>范围三碳排放</b> （如试点园区内企业自有车辆的直接、间接碳排放，购买第三方运输服务的直接、间接碳排放等）	以独立法人和视同法人的 <b>独立核算单位</b> 为排放源，参照《温室气体核算体系》（GHG Protocol）范围 1 和范围 2，以及范围 3 废物处理相关活动	四至范围内化石燃料燃烧排放量、工业过程排放量、净调入电力、热力导致的间接排放量。	化石燃料燃烧二氧化碳排放、过程二氧化碳排放、购入的电力和热力二氧化碳排放、输出的电力和热力二氧化碳间接排放。 <b>废弃物焚烧的二氧化碳排放</b>
<b>核算范围</b>	试点园区范围内，各类建筑、工业设施、交通运输等能源活动产生的碳排放，工业生产过程的碳排放。	试点园区项目范围内的各类建筑、工业设施、交通运输等能源活动产生的碳排放，以及工业生产过程的碳排放	耗能设施、企业、交通、废弃物处理		
<b>碳吸收</b>	森林固碳系数 3.8096tC/hm <sup>2</sup> 、草原固碳系数 0.9482tC/hm <sup>2</sup> 。 <b>计算的为碳储量，而非年度碳储量变化量。</b>	单位林地（含绿地）面积平均二氧化碳固定量 1.95tCO <sub>2</sub> /公顷。 <b>计算的为碳储量，而非年度碳储量变化量。</b>	二氧化碳回收利用，购入和自产绿电、碳汇产生的碳减排量，以及通过二氧化碳捕集、利用与封存清除的二氧化碳量等	调入非化石能源电量不计入调入电量总量	



中国生态学学会《产业园区二氧化碳排放核算与报告指南》（征求意见稿）仅核算了园区内最容易计算的二氧化碳排放，只考虑了能源活动、工业活动、外调电力和热力的碳排放，没有给出外调电力和热力的缺省值因子，未提供本地化因子核算方法。核算方法简单，便于应用。

四川和深圳在零碳园区建设中给出了各自的零碳园区中碳排放核算方法参考。核算的主要气体为二氧化碳，但是在工业过程中也考虑了其他的温室气体。核算领域为能源活动、工业活动、外调电热，以及碳汇活动。由于是地方性的适用方法，给出的排放因子只适用于本地，给出的碳储量的排放因子为碳储量的存量，而非碳储量年度变化量，概念混淆，与年度碳排放量不在一个层面上。

《零碳产业园区认定和评价指南（天津）》（征求意见稿）将目前园区内所有温室气体都纳入核算领域，除了能源活动、工业过程、电、热外，还有废弃物领域、绿电、碳汇、CCUS等，符合园区的发展方向。核算对象是园区内的企业主体，企业主体加和为园区的排放量。另外，该标准主要还是关于零碳园区的认定和评价，所以提供的温室气体核算方法缺少细节，对数据来源、报告方式和报告格式也未做详细说明，还需要进一步细化和完善。

由此可见，目前关于工业园区碳（温室气体）的核算方法各有利弊，不能完全适用于园区基础设施共享情况下的碳核算。关于碳储量变化量的核算，部分标准概念混淆。另外，目前标准针对园区核算的数据获取来源未做详细说明，针对园区的核算种类、核算领域、核算方法还有待进一步研究和完善。

# 3

## 工业园区温室气体核算 关键问题分析

## 3.1 工业园区特征分析

### 3.1.1 工业园区类型多样

工业园区是国家制造业的重要载体，是区域和工业企业的重要交叉点，具有园区、行业、企业三个层面的属性。工业园区也是城市内一开放区域，集聚了大量的工业企业、三产服务业和居民生活，污染物与温室气体排放源复杂多样。按照工业园区里面的活动类型，可以把园区分为工业主导型、产城融合性、物流型、静脉型园区等类型。

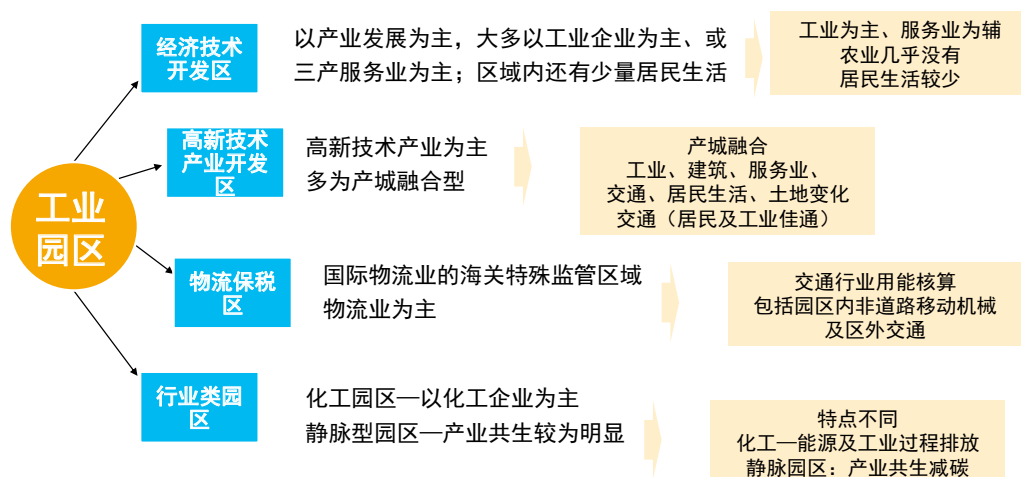


图 3-1：工业园区类型及其排放特点

### 3.1.2 工业园区边界复杂

因规划范围、面积界定的不同，工业园区系统边界划定各异，这也为温室气体核算带来复杂性。国家发布的园区名录明确了工业园区的面积和四至范围，但此部分通常指实践中所称的核心区部分，而在实际发展过程中，常常会面临园区核心区土地无法满足继续发展要求的问题，因而出现了众多的扩展区域，“一园多区”现象普遍，园区实际管辖的范围名称多样且变化较快，有核心区、拓展区、委托代管区、“飞地”等多种提法，园区实际面积及边界界定往往语焉不详。

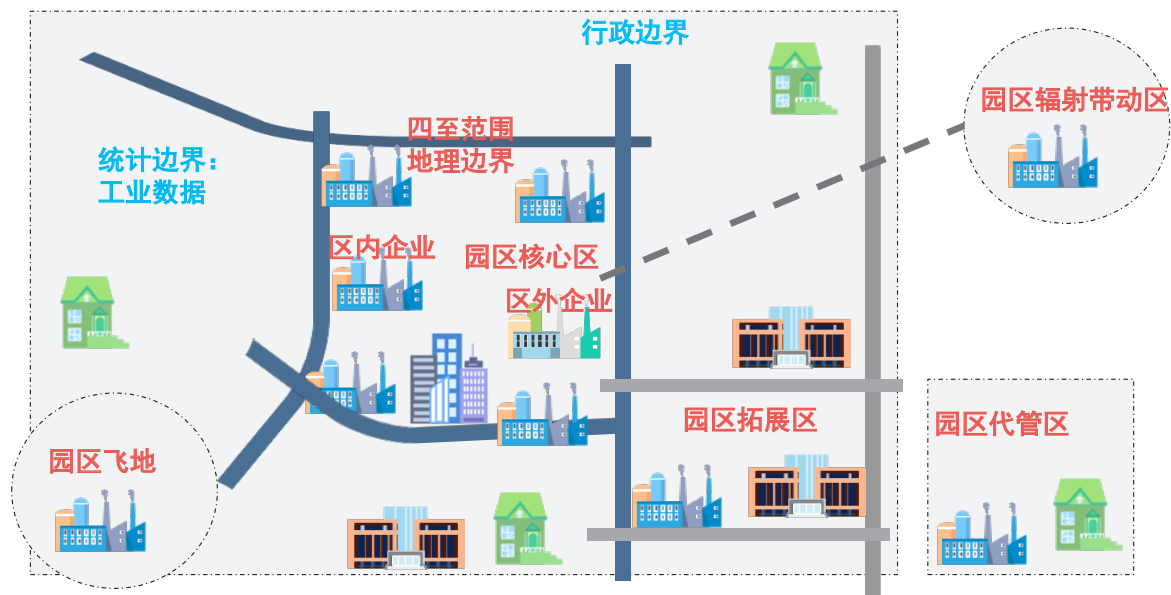


图 3-2：工业园区边界

### 3.1.3 工业园区存在基础设施共享及产业共生，核算体系复杂

对于工业园区来说，由于地域范围相对较小，能源消费部分往往存在跨界消费和跨界排放等问题。同时，由于园区内工业生产活动相对集中，能源消费量一般都比较大，多数园区的大量能源消耗（电、热）来自园区外；有些园区内有发电厂和供热厂，主要供园区内企业以及区外企业使用。园区内的废弃物处理设施主要有废水及垃圾处理厂，情况较为复杂，核算时需根据工业园区温室气体核算目的、核算标准的不同区别处理。

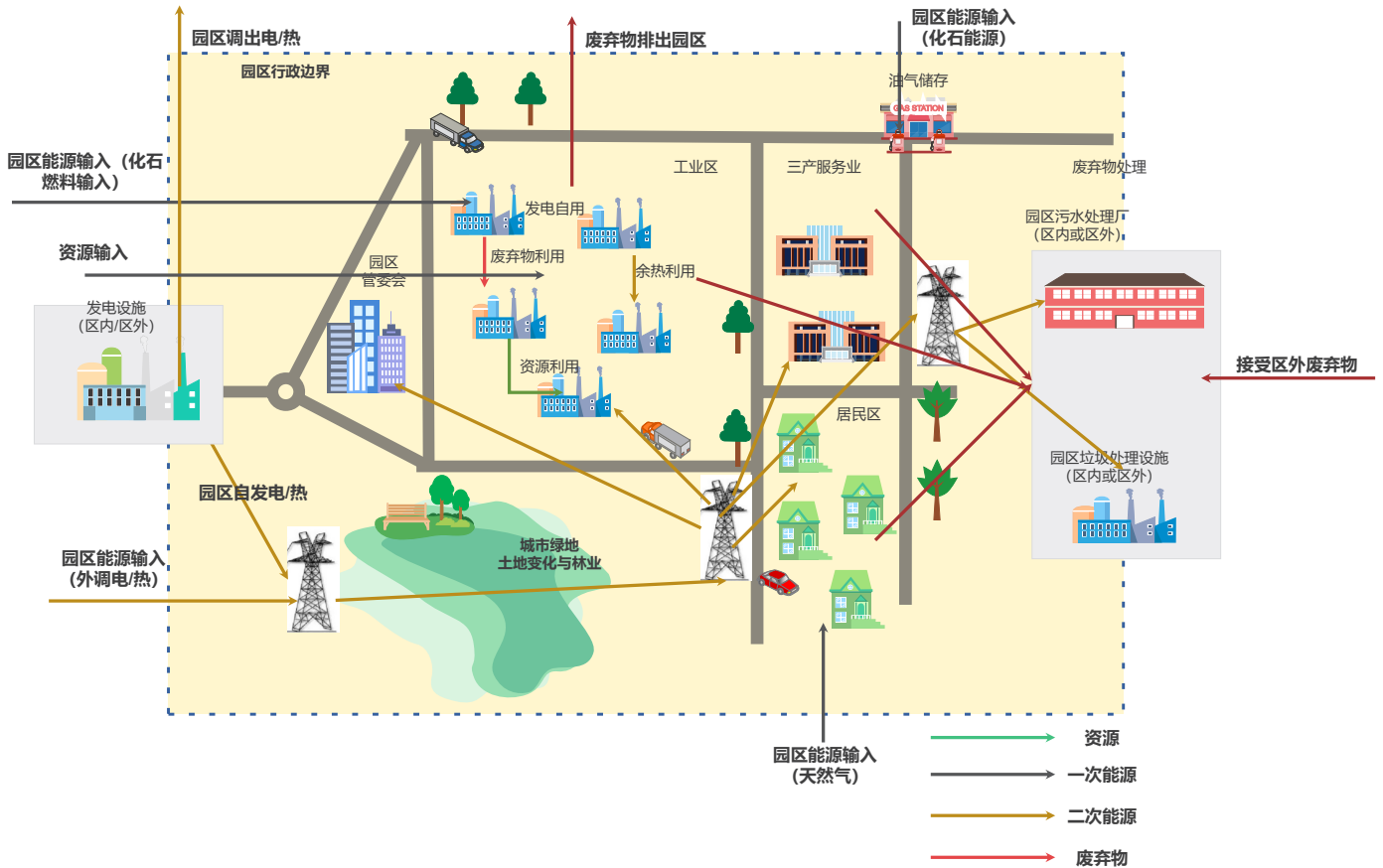


图 3-3：工业园区基础设施共享情况

## 3.2 工业园区碳排放核算关键问题

### 3.2.1 核算边界确定

不同园区进行温室气体排放结果比较时，边界一致性是核算难题之一。园区温室气体核算边界主要有地理边界、统计边界和管理边界。因工业园区大多具有明确的行政区



划，现有研究较少讨论地理边界。然而，实践中发现大量园区实际管辖面积已与公告目录存在较大差异，需对园区边界进行明确界定，以确保温室气体核算结果的准确性与完整性。对于数据统计边界，不同部门日常管理可能会采用不同的核算边界，统计口径并不一致。例如园区经济数据统计通常涵盖园区内注册的所有“五上”企业，包含区内注册区外经营部分，而环保数据则通常为属地原则，仅统计园区内经营企业，两者存在显著差异。

本研究根据工业园区温室气体核算目的选择相应的核算边界。如果核算目的是为了国家和省级的考评，应严格按照国家和省级批复的工业园区四至范围的地理边界来核算。如果工业园区的核算目的为摸清园区底数，可根据园区所在管委会的园区管理边界和统计边界来核算。总体来说，核算的范围应与核算的目的紧密结合，根据核算目的要求的边界定需核算的边界，并对边界做出说明。

### 3.2.2 气体种类确定

《京都议定书》及《多哈修正案》规定了7种主要的温室气体：二氧化碳(CO<sub>2</sub>)、甲烷(CH<sub>4</sub>)、氧化亚氮(N<sub>2</sub>O)、氢氟碳化合物(HFCs)、全氟碳化合物(PFCs)、六氟化硫(SF<sub>6</sub>)和三氟化氮(NF<sub>3</sub>)。我国生态环境部发布的《碳排放权交易管理办法(试行)》也明确将温室气体定义为这7种气体。本报告核算的工业园区温室气体包含上述7种温室气体。

### 3.2.3 温室气体核算方法的确定

目前温室气体核算主要有两套体系：一是由IPCC发布的国家温室气体清单指南体系，主要是针对计算边界内温室气体的直接排放。二是世界资源研究所(WRI)和世界可持续发展工商理事会(WBCSD)共同编制的温室气体核算体系，将企业/组织的温室气体排放划分为范围1~范围3，有效避免了同一碳排放在不同主体间的重复计算。

园区兼具生产端与消费端的特点，企业购入原材料，输出产品和服务，园区内外基础设施共同为周边地区提供基础保障，导致园区边界物质能量通量巨大、组成复杂。从园区排放来看，范围1和2是多数工业园区碳排放的主要来源，且计算相对清晰明确，核算时必须考虑。范围3在不同园区涵盖内容存在显著差异，主要涉及固体废物委外处理、能源和大宗原料生产运输等。

本研究主要考虑基于边界的温室气体核算方法，主要核算园区管理边界范围内范围1直接排放和范围2电热带来的间接排放。若园区有大量的固体废物委托区外企业处理或园区处理区外大量废弃物、能源和大宗原料生产运输等，可核算范围3，仅作为信息项列出。

### 3.2.4 各领域核算方法的确定

根据工业园区各个领域的排放特点，结合国内外调研方法，根据数据可获得性和核算结果差异，选取各领域合适的温室气体核算方法。各领域核算方法如下：

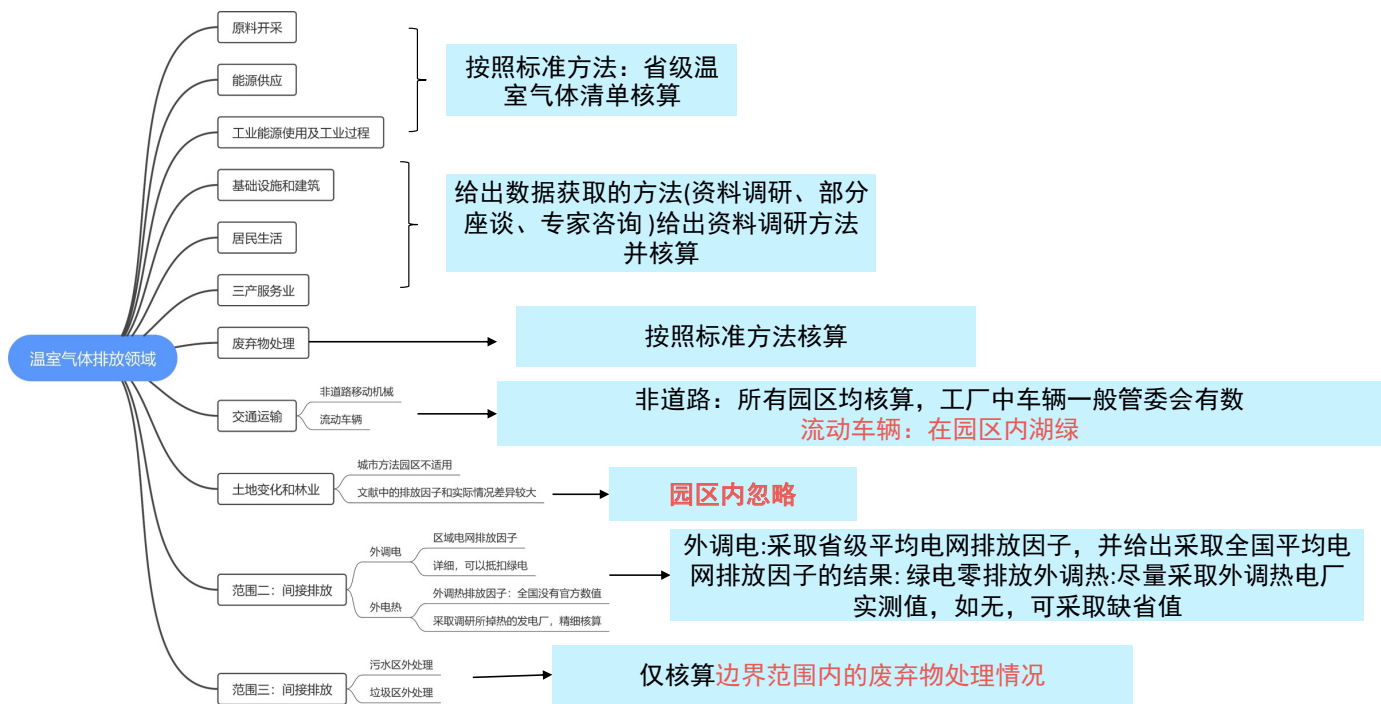


图 3-4：各领域温室气体核算方法筛选

- 针对园区内以产业为主的基础设施及工业企业，主要根据其年度上报的能源数据、行业类型判断其个体内所有的温室气体排放活动，按照 IPCC 的方法，核算原料开采、能源供应、工业过程的温室气体排放。
- 针对园区内有污水处理及垃圾处理等基础设施的，按照园区边界内的废水及垃圾处理标准方法进行核算。
- 园区内土地变化和林业由于面积小，数据获取困难，年度碳储量变化量与排放量相比占比很小，在园区核算中忽略不计。
- 针对没有数据统计的生活、建筑、以及三产服务业，可以通过现场调研、专家咨询、与所在市年鉴中数据折算等方法获取活动水平数据。
- 园区外调热力：优先选取热力来源热电厂的实测因子，如没有，可采取缺省值 0.11 tCO<sub>2</sub>/GJ。

- 园区外调电力：优先根据园区调入电力结构，使用省级的平均电网排放因子来核算外调电间接温室气体排放。但也应当给出采取生态环境部的全国电网平均排放因子的碳排放量。针对风电、光伏等绿色电力的使用企业，由于绿色电力的外部性，为了鼓励园区内企业购买并使用绿电，可认为绿电的碳排放为零，但是要严格查验其绿色电力证书，必要时辅以交易合同、交易结算依据、绿色电力消费凭证、外购电力账单等存证。

# 4

## 工业园区温室气体核算 技术指南研究

## 4.1 指南原则及主要框架

### 4.1.1 工业园区温室气体核算的主要原则

(1) 实用性与可操作性。实用性是指核算方法和过程简单、易操作，核算结果对园区摸清碳排放底数具有参考作用。此外，由于园区的数据基础较为薄弱，核算方法应充分考虑所需数据的可获得性，制定切实可行的操作规程。

(2) 一致性与可比性。温室气体核算的种类、边界、范围以及活动水平和排放因子的确定方法均应保持一致性。核算结果应既能反映园区现有状态，也能反映潜力和差距，满足园区的纵向和横向对比要求。

(3) 准确性与完整性。工业园区内温室气体排放源较多，在核算过程中应尽量保持温室气体核算源及温室气体核算种类的完整性。在确定排放因子、活动水平等重要参数时，应确保数据科学有效，活动水平数据要有权威的统计来源，做到数据准确。

(4) 普遍性与特殊性。方法应具有普遍性，首先需要满足大部分园区的温室气体核算，对于一些情况特殊的工业园区，也应该给出相应的核算方法。

### 4.1.2 主要框架

工业园区温室气体核算步骤为：

1、目的确定：理清工业园区温室气体核算的目的，一般分为下面几种：为了园区考评核算、为编制园区特定规划核算、为摸清园区家底核算、为制定园区减排路径核算等。

2、边界确定：根据园区核算的目的，选择园区核算的边界。如果核算目的为园区考评，则需要严格按照考评条件中的边界，一般为国家和省市批复的地理边界（四至范围）来核算。如果园区核算的目的为园区特定规划的编制，应按照特定规划中的规划面积来核算。摸清家底的话应核算园区统计边界（管理边界）内的所有温室气体排放；减排路径的制定一般需要核算统一范围内多年的温室气体排放；时间边界以一个自然年为周期。

3、排放源分类：根据工业园区的特点，依据《城市温室气体核算国际标准》(GPC)里面的温室气体边界和排放源的分类，列出所有温室气体排放源，对照给出工业园区需要核算的排放源的种类。结果如下表所示：

表 4-1：工业园区核算清单表

工业园区内温室气体排放种类	范围内所有排放			是否本次核算范围	
	范围 1	范围 2	范围 3	本次是否核算（范围 1 与范围 2）	可做补充（可补充范围 3）
农林牧副渔	√	√		√	
居民住宅	√	√		√	
商业和公共建筑及设施	√	√		√	
建筑业	√	√		√	
能源工业	√	√		√	
其他制造业	√	√		√	
生物质燃料	√			√	
煤炭开采、加工、存储和运输过程的逃逸排放	√			√	
石油和天然气系统的逃逸排放	√			√	
交通	道路交通	√	√	√	×
	轨道交通	√	√	√	×
	水运	√	√	√	×
	空运	√	√	√	×
	非道路移动机械	√	√		√
工业生产过程和产品使用 <sup>1</sup>	工业生产过程	√			√
	产品使用	√		√	×
废弃物	固体废弃物填埋	√	√	√	√
	生物处理	√	√	√	√
	固体废弃物焚烧	√	√	√	√
	污水处理	√	√	√	√
					√ 如处理大量区外废弃物，可做出说明

1 《城市温室气体核算国际标准》（GPC）边界外废弃物和污水处理、边界外交通核算范围三

工业园区内温室气体排放种类		范围内所有排放			是否本次核算范围	
		范围 1	范围 2	范围 3	本次是否核算（范围 1 与范围 2）	可做补充（可补充范围 3）
农业、林业和土地利用	牲畜	√			×	
	土地利用	√			×	
	其他农业	√			×	
其他	技术碳吸收	√			√	

注：√ 表示有则核算；× 表示不核算

根据园区的实际情况，按照上表选择合适的排放源，并核算排放源的温室气体排放。

4、温室气体排放核算：根据工业园区特定的排放源，核算其温室气体排放。目前园区内的企业有多种划分方法，按照经济划分为规模以上企业和规模以下企业，按照环保重点企业划分为排放前 80% 的重点企业和非重点企业。在园区核算过程中，根据园区数据的精度来核算园区企业的排放。

①如果园区统计范围内有园区所有企业的经济数据及能源消耗数据，则核算结果应包含所有企业的温室气体排放。

②如果园区没有完整的统计数据，则必须核算规模以上企业和环保重点企业的温室气体排放。并采取调研、座谈等手段获取其他企业的活动水平。

总而言之，工业园区温室气体核算应尽量包含工业园区内所有企业的温室气体排放。如果不能获取相关数据，则至少包含规模以上企业及环保重点企业的温室气体排放，并做出相应说明。

## 4.2 工业园区温室气体核算步骤

### 4.2.1 工业园区主要排放源确定

工业园区由于类型多样，主要的温室气体排放源也各有差异。以工业行业为主导的工业园区主要核算园区内产业为主的温室气体排放。产城融合类园区则不能忽视三产、

居民因能源消耗引起的温室气体排放，在数据不可获取的情况下，可采取数据调研法获取相关数据。本技术指南主要针对园区边界内的范围1直接排放及范围2电热引起的间接排放。对于大量处理区外废弃物造成该园区内温室气体排放量较高的园区，可以做出特殊说明。

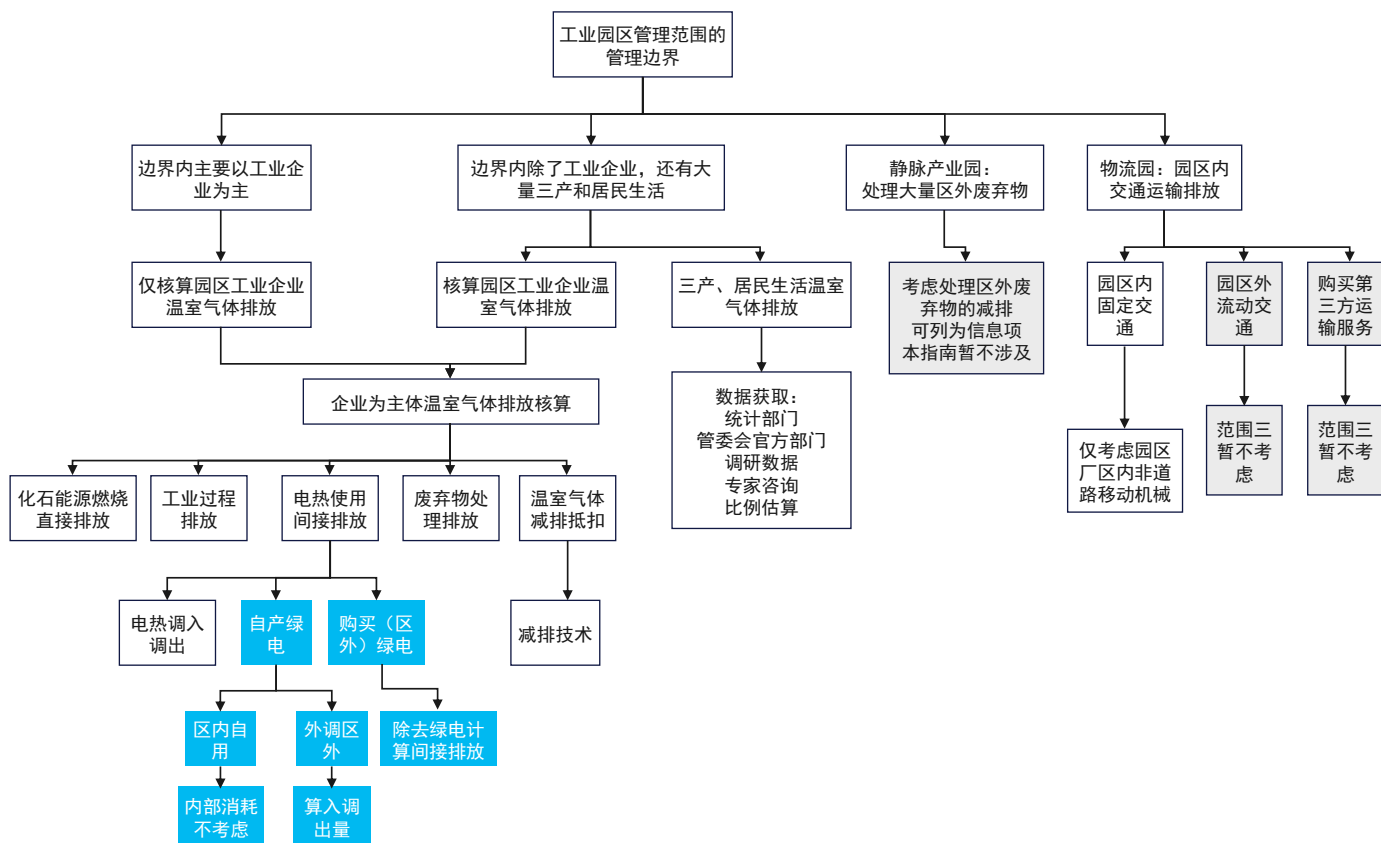


图 4-1：温室气体核算排放源确定

## 4.2.2 工业园区主要温室气体核算范围及种类确定

按照该技术指南中规定的核算范围，园区中温室气体核算范围主要包括能源活动、工业生产过程、废弃物排放、间接排放、碳吸收等。主要核算温室气体有七种，根据园区产业类型的不同，温室气体核算种类差异较大。



工业园区温室气体核算范围如下表所示：

表 4-2：工业园区温室气体核算范围

排放源与吸收汇种类 (万吨当量)	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	HFCs	PFCs	SF <sub>6</sub>	NF <sub>3</sub>	GHG
总排放量（净排放）	×	×	×	×	×	×		×
<b>能源活动总计</b>	×	×	×					×
1. 化石燃料燃烧小计	×	×	×					×
能源工业	×		×					×
工业	×							×
园区内固定交通行业	×	×	×					×
建筑业能源活动	×							×
服务业能源活动	×							×
居民生活能源活动	×							×
农林牧副渔能源活动	×							×
2. 生物质燃烧		×	×					×
3. 煤炭开采逃逸		×						×
4. 油气系统逃逸		×						×
<b>工业生产过程总计</b>	×		×	×	×	×		×
1. 水泥生产过程	×							×
2. 石灰生产过程	×							×
3. 钢铁生产过程	×							×
4. 电石生产过程	×							×
5. 己二酸生产过程		×						×
6. 硝酸生产过程		×						×
7. 铝生产过程					×			×



排放源与吸收汇种类 (万吨当量)	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	HFCs	PFCs	SF <sub>6</sub>	NF <sub>3</sub>	GHG
8. 镁生产过程						×		×
9. 电力设备生产过程						×		×
10. 其他生产过程	×	×	×	×	×	×	×	×
<b>废弃物处理总计</b>	×	×	×					×
1. 固体废弃物	×	×						×
2. 废水		×	×					×
<b>间接排放</b>	×							×
净电力调入	×							×
净热力调入	×							×
<b>碳吸收</b>	×							×
碳捕集碳封存等技术碳吸收量	×							×

### 4.2.3 活动水平获取

该技术指南主要用于园区管委会、科研工作者针对园区整体层面的温室气体核算，主要获取数据渠道为园区的官方渠道。主要数据来自有园区统计年鉴或统计局提供的能源表、工业分行业终端能源消费量及其他能源统计资料等。其他的数据来源根据实际情况而定，但需遵照以下总体原则：

(1) 优先从园区层面获取活动水平数据，其中可以补充企业相关数据，若采取园区层面和企业层面数据相结合的方式，应避免在核算过程中的重复计算。

(2) 若园区层面能源统计数据中没有各行业能源终端消费量，按照国民经济分类对应至各个行业中。

(3) 若园区层面能源统计表中只有规模以上企业数据，可按规上工业占全园区经济的比重进行能源消费总量的分摊，可通过问卷调研、现场调研等方式获取规下行业的主要结果类型及能源消耗。

(4) 若园区层面没有相关数据，则可通过园区各个领域相关管理部门获取数据，相关数据也可通过问卷调查、专家咨询以及相关研究成果或推算途径整理获得。

(5) 针对园区中已编制温室气体排放清单的企业，可获取企业的温室气体排放清单。

(6) 问卷调查、专家咨询、部门调研以及相关研究成果或推算途径整理获得的活动水平。

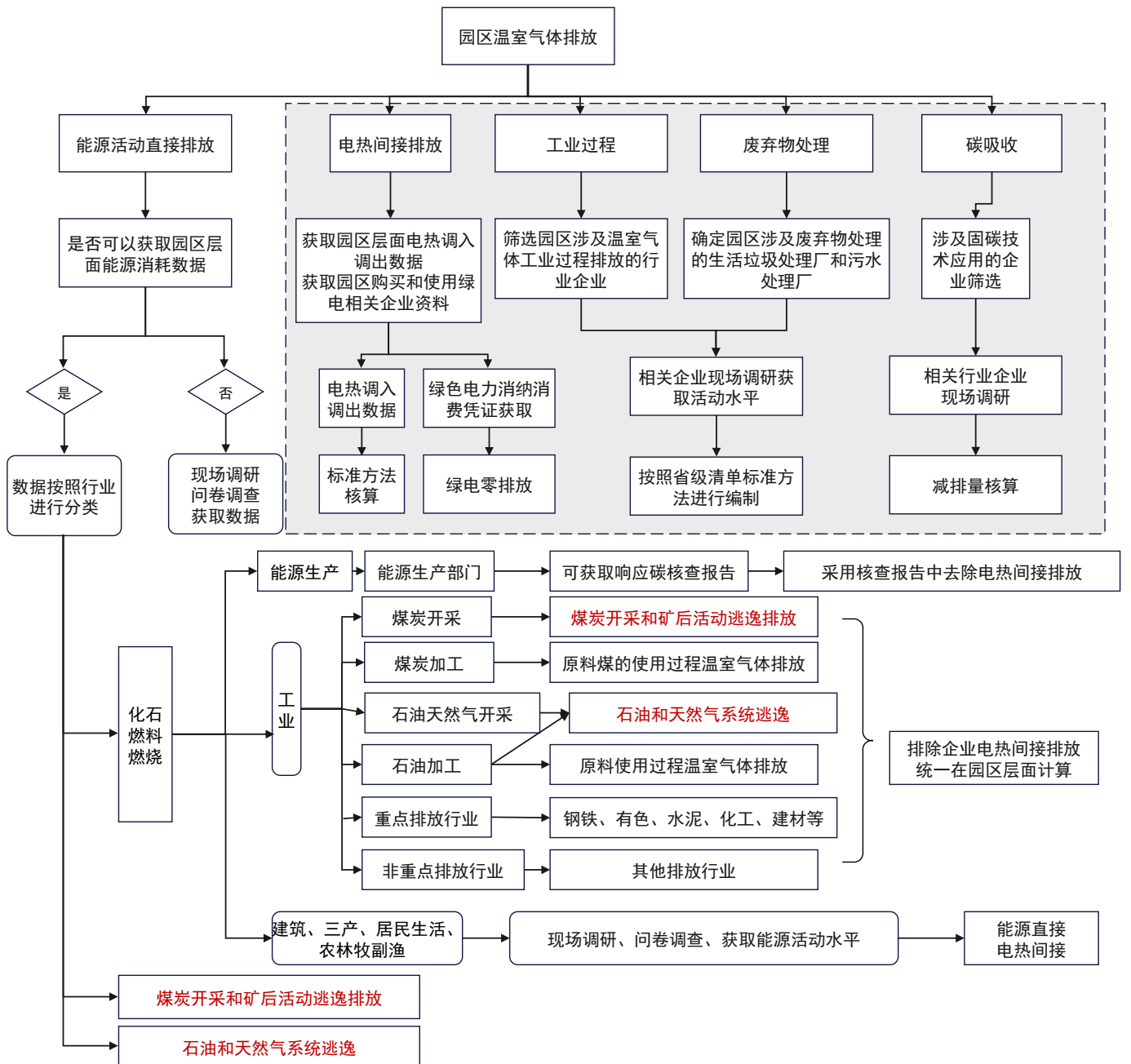


图 4-2：工业园区温室气体核算活动水平及核算初步方法

## 4.2.4 核算方法

### (1) 总体核算方法

应按照《省级温室气体清单编制指南》中的技术文件，结合园区涉及的核算范围、行业类别等核算园区温室气体排放量。在此过程中，可以利用园区内企事业单位已有的温室气体清单、碳盘查报告、碳核查报告等现有资料。

工业园区的温室气体排放总量等于核算边界内化石燃料燃烧排放量、过程排放量、净调入的电力/热力、废弃物排放对应的温室气体排放量之和，减去碳减排技术温室气体排放。

$$E = \sum_j GWP_j \times E_j \quad (1)$$

$E$ : 核算期内（一般以年计）工业园区各排放源温室气体排放，单位为  $tCO_2e$ ；

$GWP_j$ : 全球增温潜势，由《政府间气候变化专门委员会》（IPCC）的 2014 年发表的第五次评估报告（AR5）中 100 年全球增温潜势来计算，其中甲烷 28、氧化亚氮 265、AR5 中没有的温室气体可采取 AR2 的数值来计算；

$E_j$ : 不同种类的温室气体排放量，单位为  $t$ ；

$j$ : 温室气体种类，根据园区行业类型确定，包括二氧化碳 ( $CO_2$ )、甲烷 ( $CH_4$ )、氧化亚氮 ( $N_2O$ )、氢氟碳化合物 (HFCs)、全氟碳化合物 (PFCs)、六氟化硫 ( $SF_6$ ) 和三氟化氮 ( $NF_3$ )。

$$E = \sum_i E_{\text{排放},i} - \sum_i E_{\text{吸收},i}$$
$$= \sum_i (E_{\text{能源活动直接排放},i} + E_{\text{过程排放},i} + E_{\text{废物处理},i} + E_{\text{净购入电力},i} + E_{\text{净购入热力},i}) - \sum_i (E_{\text{固碳技术减排},i}) \quad (2)$$

$E_{\text{排放}}$ : 核算期内工业园区排放源的温室气体排放，单位为  $tCO_2e$ ；

$E_{\text{吸收}}$ : 核算期内工业园区温室气体减排量，单位为  $tCO_2e$ ；

$E_{\text{能源活动直接排放}}$ : 园区边界内因能源活动引起的直接温室气体排放量，单位为  $tCO_2e$ ；包括化石燃料燃烧、生物质燃烧、煤炭开采逃逸和油气系统逃逸。

$E_{\text{过程排放}}$ : 园区边界内企业工业生产过程产生的温室气体排放量，单位为  $tCO_2e$ ；

$E_{\text{废物处理}}$ ：园区边界内废弃物处理厂的温室气体排放量，单位为  $tCO_2e$ ；

$E_{\text{净购入电力}}$ ：园区层面净购入电力产生的二氧化碳排放，单位为  $tCO_2e$ ；

$E_{\text{净购入热力}}$ ：园区层面净购入热力产生的二氧化碳排放，单位为  $tCO_2e$ ；

$E_{\text{固碳技术碳减排}}$ ：园区内企业因使用固碳技术而减少的温室气体排放，单位为  $tCO_2e$ ；

## (2) 各部分核算方法

工业园区温室气体核算方法主要参考《省级温室气体清单编制指南》（试行）（2011 国家发改委），工业企业除能源活动、电热净使用量引起的温室气体排放外，其余排放可参考《工业企业温室气体排放核算和报告通则》GB/T32150 和《温室气体排放核算与报告要求》GB/T 32151 系列标准。

该指南针对《省级温室气体清单编制指南》（试行）（2011 国家发改委）中已明确的计算方法，不做过多描述，仅针对园区排放量的化石燃料燃烧，净购入电力排放，及标准中不涉及的净购入热力、绿电零排放、固碳技术减排量做出说明。

### ◎ 能源活动直接排放

能源活动直接排放主要包括化石燃料燃烧、生物质燃烧、煤炭开采逃逸、油气系统逃逸等。

$$E_{\text{能源活动直接排放},i} = \sum E_{\text{化石燃料燃烧},i} + \sum E_{\text{生物质燃烧},i} + \sum E_{\text{煤炭开采逃逸},i} + \sum E_{\text{油气系统逃逸},i} \quad (3)$$

工业园区能源活动直接排放主要为化石燃料燃烧的温室气体排放。在工业园区中，化石燃料燃烧主要包括能源工业、其他工业、建筑、三产、居民生活和农林牧副渔消耗化石能源引起的直接碳排放。

$$E_{\text{化石燃料燃烧},i} = \sum E_{\text{能源工业},i} + \sum E_{\text{工业},i} + \sum E_{\text{建筑},i} + \sum E_{\text{三产},i} + \sum E_{\text{居民生活},i} + \sum E_{\text{农林牧副渔},i} \quad (4)$$

### ◎ 工业生产过程碳排放

主要指工业生产中能源活动温室气体排放之外的其他化学反应过程或物理变化过程的温室气体排放。核算方法参考《省级温室气体清单编制指南》。针对工业园区内已经做过“温室气体核算”的企业，可调研企业的相关报告，获取企业报告中的工业过程碳排放数据。

“工业生产过程碳排放”此处的核算主体为企业，企业的化石燃烧及净调入电热间接排放放入园区整体层面核算。



◎ 废弃物处理

废弃物处理主要包括园区生活和工业污水处理厂、园区垃圾焚烧厂、园区垃圾填埋场的温室气体排放。此处的排放主要为园区边界内的直接排放。核算方法参考《省级温室气体清单编制指南》。

若某工业园区具备某个城市的基础设施，比如城市污水处理厂、城市垃圾填埋场、城市垃圾焚烧厂，并处理了大量区外废物，处理区外废物产生的温室气体占了整个园区温室气体排放的 10% 以上，园区可对此情况进行单独说明。

说明的内容可以包括：该处理厂处理废物的来源、区内与区外废物比例、区外废弃物处理碳排放占该厂的比重、区外废弃物处理占整个园区碳排放的比重等内容。

◎ 净购入电力排放

园区净购入电力的间接碳排放也是园区碳排放的一个重要环节。园区净购入电力主要根据园区调入电量、调出电量来核算。为了体现绿色电力的额外性，并鼓励园区内企业使用绿电，按照北京和上海碳交易中绿色电力的核算方法，认为绿色电力碳排放为零，主要使用与通过电力交易中心绿色电力交易平台以省间交易方式购买并实际执行、结算的电量。

$$\begin{aligned}
E_{\text{净购入电力},i} &= \sum AD_{\text{调入电量},i} \times EF_{\text{调入电网因子}} - \sum AD_{\text{调出电量},i} \times EF_{\text{调出电网因子}} \\
&= \sum (AD_{\text{电力调入量}} - AD_{\text{绿电使用量}}) \times EF_{\text{调入电网因子}} - \sum AD_{\text{调出电量},i} \times EF_{\text{调出电网因子}}
\end{aligned}
\tag{5}$$

其中：

$E_{\text{净购入电力},i}$ ：净购入电力间接碳排放；

$AD_{\text{电力调入量}}$ ：为园区电力调入量，单位为万 MWh；

$AD_{\text{电力调出量}}$ ：为园区电力调出量，包含园区绿色电力上网的调出量，单位为万 MWh；

$AD_{\text{绿电使用量}}$ ：主要为通过北京（广州）电力交易中心平台以省间交易方式购买并实际执行、结算的电量。存证材料包括但不限于绿色电力证书、交易合同、交易结算依据、绿色电力消费凭证、外购电力账单等。

$EF_{\text{调入电网因子}}$ ：调入电量所属区域电网平均电网排放因子， $\text{kgCO}_2/\text{kWh}$ 。

$EF_{\text{调出电网因子}}$ ：调出电量所属区域电网平均电网排放因子， $\text{kgCO}_2/\text{kWh}$ 。

电网平均排放因子首选本省的电网平均排放因子。可根据园区电力调入的来源，按照《关于商请提供 2018 年度省级人民政府控制温室气体排放目标责任落实情况自评估报

告的函》附件中给出的“省级电网平均二氧化碳排放因子”及核算方法来核算园区的电力间接碳排放。《省级温室气体清单编制指南》（发改委，2011）中电力间接碳排放使用的排放因子为区域电网单位供电平均二氧化碳排放因子，国家最近更新的区域电网排放因子为发改委 2012 年更新，时间较为久远，若区域电网排放因子有更新，也可采取最新的区域电网平均排放因子。

在采取本省或者本区域的电网平均排放因子核算后，还应当给出采取全国电网平均排放因子核算的数值，尽量同时列出两种方法的核算结果。

◎ 净购入热力排放

热力净购入的 CO<sub>2</sub> 排放量计算公式如下：

$$E_{\text{净购入热力},i} = \sum E_{\text{电力热入},i} - \sum E_{\text{电力热出},i}$$

$$= \sum AH_{\text{热力调入量}} \times EF_{\text{热力}} - \sum AH_{\text{热力调出量}} \times EF_{\text{热力}} \quad \text{—— (6)}$$

AH<sub>热力调入量</sub>：为园区热力调入量，单位为百万千焦；

AH<sub>热力调出量</sub>：为园区热力调出量，单位为百万千焦；

EF<sub>热力</sub>：热力的碳排放因子，单位为 tCO<sub>2</sub>/GJ；推荐使用供热厂的实测值，若无法获取，可采取缺省值 0.11 tCO<sub>2</sub>/GJ。

◎ 固碳技术碳吸收量

固碳技术是指将二氧化碳（CO<sub>2</sub>）从大气中捕集、运输和储存的技术。常见的固碳技术类型有：

捕集技术：包括空气分离、溶剂捕集和吸附捕集等技术。

运输技术：包括管道输送、船运和卡车运输等。

储存技术：包括地下储存、海底储存和植物吸收等。

生物固碳技术：包括通过植物和微生物吸收二氧化碳来减少大气中二氧化碳浓度。

因目前固碳技术还未完全推广，可参考园区内企业该技术可研报告、可行性报告、技术推广、评价等材料来佐证技术的固碳效果。

## 4.3 实证研究

案例园区面积 35 余平方公里，属于产城融合发展的工业园区，城镇化率达到 100%，第三产业占主导。园区无第一产业，2021 年第三产业增加值占园区 GDP 的 70% 左右，第二产业涉及国民经济行业分类中的 20 个大类行业，包含新材料、智能制造、软件信息、生命健康等。

园区内没有发电厂，实现天然气管网全覆盖，园区内有供热公司。园区内有污水处理厂和垃圾焚烧厂。园区能源消费以天然气、电力、石油焦为主要品种，分别占全部能源消耗的比重分别为 41%、18%、17%，其他燃料有石油焦、燃料油、汽油、焦油、液化天然气、柴油、一般煤油、液化石油气等。

园区数据来源与《A 园区经济发展局统计数据》。

### 4.3.1 化石燃料燃烧

化石燃料燃烧包括工业和服务业（即第三产业），及居民生活的化石燃料燃烧过程温室气体排放。包括化石燃料燃烧及外购电热的间接排放。

#### （1）工业领域化石燃料燃烧温室气体排放

##### a、能源消耗

工业领域能源消耗数据来源于部门统计数据。工业领域化石燃料燃烧温室气体排放，按分行业部门的燃料消费量等活动水平数据以及相应的排放因子等参数，通过逐层累加综合计算得到总排放量。

$$E_{\text{燃烧}} = \sum_{i,j} \left( FC_{i,j} \times NCV_i \times CC_{i,j} \times OF_i \times \frac{44}{12} \right)$$

园区工业领域使用的化石燃料包括天然气、石油焦、燃料油、汽油、焦油、液化天然气、柴油、一般煤油、液化石油气等 9 种，其中天然气和石油焦产生的二氧化碳排放量始终位于前两名。

##### b、电热间接排放

园区自备供热设施，间接排放仅考虑外购电力的间接排放。园区工业领域用电量数据来源于部门统计，园区净购入电力间接排放部分按如下方法核算。



$$E_{\text{电和热}} = AD_{\text{电力}} \times EF_{\text{电力}} + AD_{\text{热力}} \times EF_{\text{热力}}$$

## (2) 服务业

### a、能源消耗

园区服务业能源统计数据来自于部门数据。园区服务业领域使用的化石燃料包括汽油、柴油、天然气、液化石油气、燃料油、液化天然气等 6 种，其中汽油和柴油产生的二氧化碳排放量始终位于前两名。

### b、电热间接排放

园区服务业电力数据获取困难，通过查询园区所在市服务业电力数据，通过经济数据占比推算服务业用电数据。

该园区所在市 2016 年和 2017 年统计局数据包括全行业用电、农林牧渔水利业用电、工业用电数据，服务业电力数据可通过排除法作差得到。2018-2021 年，园区所在市城镇化率提升，服务业发展迅猛，一产比例逐渐缩小，服务业电力数据可通过所在市统计局数据（统计年鉴）直接查询获得。经济数据方面，依据园区所在市统计局和园区经发局提供的第三产业增加值。因涉外项目数据的敏感性，主要数据去除，仅给出占比。

表 4-3：2016-2021 年园区所在市及园区服务业电力及经济数据占比汇总

统计内容		2016 年	2017 年	2018 年	2019 年	2020 年	2021 年
所 在 市	服务业用电 (亿千瓦时)	A	B	C	D	E	F
	第三产业增 加值 (亿元)						
园 区	第三产业增加 值占所在市第 三产业增加值 的比重 (%)	2.33%	2.75%	2.49%	3.39%	3.32%	3.26%
	服务业用电 (亿千瓦时)	A×2.33%	B×2.75%	C×2.49%	D×3.39%	E×3.32%	F×3.26%

根据电力使用情况，及排放因子，核算服务行业能源消耗的碳排放。

### (3) 居民生活

#### a、居民生活能源消耗

园区城镇居民生活用化石燃料包括天然气、液化石油气、液化天然气等 3 种。按照化石燃料燃烧方法核算其能源消耗的直接碳排放。

#### b、电热间接排放

因园区城镇居民生活用的电力数据获取困难，查询园区所在市城乡居民生活用电数据，通过常住人口数据成比例推算电力数据。2016-2021 年园区所在市统计局数据显示城乡居民生活用电量，同时依据园区所在市统计局和园区公安分局提供的常住人口数量推算城镇居民生活用电量。

表 4-4：2016-2021 年园区所在市及园区居民生活用电及常住人口数据汇总

统计内容		2016 年	2017 年	2018 年	2019 年	2020 年	2021 年
园区 所在市	居民生活 用电 (亿千瓦时)	A	B	C	D	E	F
	常住人口 (万人)						
园区	常住人口占 所在市人口 比重 (%)	0.73%	0.78%	0.80%	0.80%	0.75%	0.76%
	居民生活 用电 (亿千瓦时)	$A \times 0.73\%$	$B \times 0.78\%$	$C \times 0.80\%$	$D \times 0.80\%$	$E \times 0.75\%$	$F \times 0.76\%$

根据电力使用情况，及排放因子，核算居民生活能源消耗的碳排放。

### 4.3.2 废弃物处理

园区废弃物处理排放来源于固废焚烧产生的二氧化碳排放以及污水处理厂的甲烷排放。

(1) 固废焚烧

固废焚烧环节中，涉及生活垃圾和危废处理处置带来的碳排放，计算公式如下。

$$E_{\text{焚烧}} = \sum_i (IW_i \times CCW_i \times FCF_i \times EF_i \times 44 / 12)$$

表 4-5: 固废焚烧排放二氧化碳计算公式的相关参数

简写	参数	单位
$E_{\text{焚烧}}$	废弃物焚烧处理的二氧化碳排放量	万吨 / 年
	分别表示生活垃圾、危废、污泥	/
	第 i 种类型废弃物的焚烧量	万吨 / 年
	第 i 种类型废弃物中的碳含量比例	%
	第 i 种类型废弃物中矿物碳在碳总量中比例	%
	第 i 种类型废弃物焚烧炉的燃烧效率	%

2016-2021 年，园区生活垃圾焚烧产生的温室气体排放量占比如下所示：

表 4-6: 2016-2021 年固废焚烧引起的碳排放测算结果（占排放总量 %）

测算领域	2016 年	2017 年	2018 年	2019 年	2020 年	2021 年
生活垃圾焚烧	96.62	94.07	95.16	95.56	94.49	81.63
危险废物焚烧	2.90	5.08	4.84	4.44	4.72	18.37
合计 (%)	100	100	100	100	100	100

## (2) 污水处理

污水处理引起的甲烷排放（通过全球变暖潜势值折算成相应二氧化碳当量），计算公式如下。

$$E_{\text{污水}} = COD_{\text{排}} \times B_0 \times MCF - R$$

表 4-7：污水处理排放二氧化碳计算公式的相关参数

简写	参数	单位
$E_{\text{污水}}$	污水处理的甲烷排放量	千克甲烷 / 年
$COD_{\text{排}}$	直接排入环境的 COD 量	千克 COD / 年
	甲烷回收量	千克甲烷 / 年
	甲烷最大产生能力	千克甲烷 / 千克 COD
	甲烷修正因子	%

主要获取数据为园区污水处理环节排入环境的 COD 量，该污水处理厂无甲烷回收量。甲烷最大产生能力生活污水为每千克 BOD 可产生 0.6 千克的甲烷，工业废水为每千克 COD 产生 0.25 千克的甲烷，园区为生活污水处理厂，取 0.6 千克甲烷 / 千克 COD。甲烷修正因子 MCF 取全面平均因子 0.165。

园区没有固碳技术，没有绿电使用，汇总园区碳排放，如下表所示，因为涉外项目的数据敏感性，该表中不体现数据绝对值，仅体现数据相对值。

表 4-8：园区 A 各领域碳排放情况 (%)

		2016 年	2017 年	2018 年	2019 年	2020 年	2021 年
工业	化石燃料	42.47	38.95	39.70	31.89	32.90	31.22
	电力	13.14	15.78	14.78	24.27	23.41	26.05
	小计	55.61	54.73	54.48	56.16	56.31	57.27
服务业	化石燃料	18.73	12.63	16.49	12.26	10.97	9.61
	电力	16.74	24.34	20.59	24.29	25.31	25.98
	小计	35.47	36.97	37.07	36.55	36.28	35.59
<b>工业服务业合计</b>		<b>91.08</b>	<b>91.70</b>	<b>91.55</b>	<b>92.71</b>	<b>92.59</b>	<b>92.86</b>
城镇居民生活	化石燃料	2.29	1.21	1.44	1.19	1.22	1.07
	电力	4.31	5.60	5.62	4.87	5.00	4.87
	小计	6.61	6.81	7.05	6.06	6.22	5.93
废弃物高排放	固废焚烧	2.31	1.49	1.40	1.23	1.19	1.21
	污水处理	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	小计	2.31	1.49	1.40	1.23	1.19	1.21
<b>共计</b>		<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

# 5

对地方及国家工业园区  
温室气体核算建议

本研究通过对工业园区特征进行梳理，分析了工业园区温室气体排放特点与核算难点，结合园区调研过程中的相关问题，梳理园区温室气体核算中亟需解决的关键问题，针对目前园区迫切关注的问题，提出以下优化建议。

### 1、统一工业园区温室气体核算范围及领域

工业园区不是一个行政区，但在实际工作中，工业园区生态环境部门也需要每年对园区内的温室气体进行核算。在核算过程中，主要依据《省级温室气体清单编制指南》，在此基础上土地变化和林业、交通等领域由于工业园区数据的缺乏，有些园区采取文献方法来核算，对结果准确性影响较大。

鉴于工业园区产业集聚的属性，建议在工业园区温室气体核算中主要核算以产业为主的温室气体排放，主要包括能源活动、外调电热、废弃物排放等；对于工业园区中的土地变化和林业、交通运输等环节可忽略。根据工业园区的属性，如果园区以产业为主，可忽略园区居民生活的碳排放，若园区中有大量的居民活动，则需要核算园区中居民生活的温室气体排放。

### 2、适时更新区域 / 省级电网平均碳排放因子

目前《省级温室气体清单编制指南》对于电力间接碳排放推荐的因子为区域电网平均供电因子，但是其中给出的区域电网平均供电因子时间较远，数值偏大，不能反映近些年我国可再生能源的发展情况。生态环境部给出了碳交易企业的全国电网平均排放因子，并宣布，年度全国电网平均排放因子如果更新，将在每年年底发布。但是平均电网排放因子不能满足部分区域的现状，特别是以水电为主的区域，采取平均电网排放因子会导致园区的碳排放结构偏大。

目前大部分园区都具备供电能力，且越来越多的工业园区正在逐步实现电动化，电力在工业园区能源结构中占的比例越来越大，在碳排放中占比也逐年升高。因此电力碳排放因子的高低直接影响园区的碳排放总量。针对工业园区电力排放因子，优先推荐使用本省的平均电网排放因子。建议相关部门可以按期发布并公开相关排放因子。

### 3、单独报告消纳绿色电力的零碳排放

工业园区以企业为主，针对一些出口型企业（比如整车厂），产品碳足迹排放量大，在碳关税面前不利于出口竞争，如果可以将使用绿电部分碳排放记为零，这将会大大减轻企业的压力，并促进绿色电力的消纳与发展。建议在园区温室气体排放核算时，针对绿色电力的使用，可将绿电的碳排放记为零。但是在实施过程中，需要严格审核绿色电力的来源，并仔细审核绿色电力的存证材料。

### 4、适当披露工业园区承担城市基础设施部分的温室气体排放

对于工业园区来说，由于地域范围相对较小，能源消费部分往往存在跨界消费和跨界排放等问题。基于目前温室气体核算的边界原则，园区处理区外物质产生的温室气体也算在园区的边界内。例如有些园区的垃圾焚烧厂（承载着全市垃圾的焚烧填埋），在



全区能耗占比最大，且按现行统计规则所有能耗和温室气体排放都折算在园区内，造成园区的能耗和碳排放考核压力较大。

工业园区承载着整个区域的产业发展，基于边界的核算方法，处理区外废弃物产生的温室气体排放算在园区内，会对园区的考核和一些评比指标造成压力。建立针对此类情况，在核算过程中可以做出一定披露。

### 5、规范园区温室气体排放基础数据

园区的各个基础设施、企业、服务业等的能源数据是温室气体核算的基础。工业园区非行政区，一般没有能源平衡表，各项统计数据质量也参差不齐。应规范工业园区的企业数据上报制度，并对园区的能源统计数据报告格式做出一定的要求，规范企业温室气体排放的基础数据，为园区温室气体核算提供可靠数据基础。



## 参考文献

- [1] 严坤,吕一铮,郭扬,田金平,陈吕军.工业园区温室气体核算方法研究[J].中国环境管理,2021,13(06):13-23.DOI:10.16868/j.cnki.1674-6252.2021.06.013.
- [2] 陈彬,杨维思.工业园区碳排放核算方法研究[J].中国人口·资源与环境,2017,27(03):1-10.
- [3] 赵丽.工业园区规划环评碳排放评价初探[J].皮革制作与环保科技,2022,3(06):179-181+184.
- [4] 靳婧,马冀平,黎水宝,冀会向.工业园区碳排放核算方法体系研究——以宁夏某国家级工业园区为例[J].科技视界,2019(33):4-6. DOI: 10.19694/j.cnki.issn2095-2457.2019.33.002.
- [5] 魏康霞,廖兵.工业园区温室气体排放核算及路径研究[J].能源研究与管理,2014(04):51-54.
- [6] 张雁飞,王晓菲,于斐,崔兆杰.工业园区碳排放核算方法及实证研究[J].生态经济,2013(09):155-157.
- [7] 王灿.永城经开区温室气体和大气污染物减排潜力研究[D].郑州大学,2019.
- [8] 吕斌,熊小平,康艳兵,廖虹云,赵盟.中国工业园区温室气体排放核算方法研究[J].中国能源,2015,37(09):21-26.
- [9] 高原,刘耕源,陈操操,郭丽思,张雯,郭跃.面向对标的我国城市温室气体排放核算方法框架[J].资源与产业,2022,24(03):1-20. DOI: 10.13776/j.cnki.resourcesindustries.20220527.014.
- [10] 袁增伟,张玲,武慧君.工业园区温室气体核算与减排[M],2014.

## 联系我们

地址：中国北京市朝阳区东三环北路 38 号泰康金融大厦 1706

邮编：100026

电话：+86 (10) 5927-0688

传真：+86 (10) 5927-0699

 再生纸印刷