

# 2022 碳中和产业研究报告

# 2022 碳中和产业研究报告

## 目录

摘要 .....	5
第一章、什么是碳中和 .....	6
1.1 碳中和、碳达峰 .....	6
1.2 碳积分、碳配额、碳核证 .....	7
1.2.1 碳积分 .....	7
1.2.2 碳配额 .....	8
1.2.3 碳核证 .....	8
1.3 碳足迹、碳汇 .....	10
1.3.1 碳足迹 .....	10
1.3.2 碳汇 .....	11
第二章、为什么要碳中和 .....	13
2.1 碳排放与温室效应、极端天气 .....	13
2.2 大国政治与大国担当 .....	16
2.3 能源战略与能源一带一路 .....	18
第三章、碳中和的全球综观 .....	21
3.1 碳中和的全球发展历程与现状 .....	21
3.1.1 碳中和的全球发展历程 .....	21
3.1.2 主要国家的碳中和目标 .....	24
3.1.3 主要国家的碳中和举措 .....	25
3.2 碳中和在中国的发展历程及现状 .....	28
第四章、如何实现碳中和 .....	32
4.1 我国碳排放现状分析 .....	32
4.2 减少碳排放 .....	34
4.2.1 发电端—可再生能源替代 .....	34
4.2.2 生产端—工业节能减排 .....	36

4.2.3 交通端—新能源动力 .....	37
4.3 增加碳吸收 .....	37
4.3.1 森林草原碳汇 .....	37
4.3.2 土壤固碳 .....	38
4.3.3 CCUS .....	38
第五章、碳中和投资机遇 .....	40
5.1 可再生能源投资机遇 .....	40
5.1.1 光伏 .....	40
5.1.2 风电 .....	46
5.2 能源传输投资机遇 .....	52
5.2.1 特高压 .....	52
5.2.2 储能 .....	56
5.3 交通电气化投资机遇 .....	59
5.3.1 锂电 .....	59
5.3.2 氢能 .....	64
5.4 碳金融投资机遇 .....	71
5.4.1 CCER .....	71
5.4.2 区块链与碳金融 .....	72
结语 .....	74

# 摘要

本报告主要阐述了碳中和领域所涵盖的基本概念，讲述了为什么要关注和推进碳中和，碳中和进程在全球和中国的由来、发展及现状，并剖析了如何实现碳中和，以及碳中和当中所蕴含的投资机遇。

第一章中，我们重点阐述了碳中和、碳达峰的定义，并延伸讲述了碳中和领域常见的诸如碳积分、碳配额、碳核证等专业名词，以便于读者更好地理解什么是碳中和，以及碳中和当中所涉及到的基本概念。

第二章中，我们讲述了为什么要关注碳中和，推进碳中和的目的和意义在哪里。我们重点阐述了碳中和与温室效应、气候变化与极端天气的关系，指出碳中和背后所蕴含的我国能源安全的问题，并表明碳中和所代表的可持续发展道路是我国作为发展中大国的担当与责任。

第三章中，我们描述了碳中和的前世今生，如何诞生、发展、演化以及全球主要国家的碳中和现状及举措，以便让读者明了碳中和并不是一人一国的事情，而是全人类共同的长期目标与事业。

第四章中，我们从增加碳吸收和减少碳排放两个方面阐述了如何推进及落实碳中和，并简要分析了每种方式方法的优劣和现状，以便读者了解碳中和的落地要从哪里做起。

第五章中，我们从可再生能源发电、能源传输、交通电气化以及碳金融四个维度阐述了碳中和当中所蕴含的投资机遇，并对其中每个版块的核心机遇进行了分析和举例，以便读者能够更好地把握碳中和这个时代浪潮。

# 第一章、什么是碳中和

我们或多或少都曾听说过“碳中和”、“双碳”、“3060”、“温室效应”、“节能减排”、“《京都议定书》”这样或浅显、或学术、或深奥的词汇和短语。这些源自于环保组织对于地球的自发热爱和保护心态而衍生出来的词汇，最终也由民间自发倡议的涓涓细流，汇聚成了寰宇之下的时代浪潮。

对于碳中和，人们莫衷一是。有的人称之为环保主义者“节能减排、绿色环保”理念的升级版，认为碳中和是可持续发展的画龙点睛之笔；有的人将碳中和与大国担当相挂钩，认为这是一个冉冉升起的发展中大国，对于人民、对于国际社会的一种庄重承诺；也有人认为碳中和是时下时髦新兴的词汇 ESG 的重要涵盖部分，是彰显国家、企业、组织的社会责任与治理水平的重要体现。

那么当我们在谈论碳中和时，我们究竟在谈论什么？

## 1.1 碳中和、碳达峰

让我们回归根本，来探究一下碳中和本身的定义与概念。

实际上我们所谈论的“碳中和”，是在暗指“双碳”概念，“双碳”是“碳达峰”、“碳中和”二者的简称。

“碳达峰”，是指某一国家或区域在某一个时点，二氧化碳（及其他温室气体）的排放量达到峰值且不再增长，之后逐步回落；

“碳中和”，是指相应主体在产生二氧化碳的同时，通过自身节能减排、植树造林等方式吸收相应数量的二氧化碳，使得整体实现“零碳排放”。

尽管世界经济仍在发展，社会生活仍在进步，但化石能源依旧是人类的主要能量来源，因此全球各国与社会各界首先关注的是“控碳”，用更少的能源消耗（二氧化碳排放）赢得更多的社会经济发展，尽早实现碳达峰；之后是“减碳”，通过科技的进步和工艺的进展，以“低碳”、“零碳”甚至“负碳”的方式，在社会生产、生活消费与碳排放之间取得平衡，最终实现碳中和。

也因为有了经济发展与能源消耗（二氧化碳排放）之间的平衡，因此会引出单位 GDP 能耗（或者单位 GDP 碳排放）的概念，即平均每取得 1 万元的 GDP 增长，所产生的能源消耗（或二氧化碳排放）。当然，相对应的也会有各个国家和地区的

碳排放总量数据和人均碳排放量数据。

根据 IEA（国际能源署）2019 年的数据统计：

国家/项目	单位 GDP 碳排放量	碳排放总量	人均碳排放量
中国	0.7kg/美元	99.2 亿吨	7.1 吨/人
美国	0.22kg/美元	47.5 亿吨	14.4 吨/人
日本	0.23kg/美元	10.6 亿吨	8.4 吨/人

表：中美日三国碳排放数据对比

（数据来源：国际能源署）

由上述数据可知，由于较大的人口基数、快速发展的实体经济及有待提升的科技水平，中国的碳排放总量很高，单位 GDP 碳排放量较高，但人均碳排放量并不高。

而为了控制碳排放总量的增长，减少单位 GDP 的碳排放，我国引入并设置了“碳积分”、“碳配额”和“碳核证”制度，用以从宏观调控和政策引导层面，来推动碳达峰及碳中和的战略。

## 1.2 碳积分、碳配额、碳核证

那什么是碳积分、碳配额和碳核证？

### 1.2.1 碳积分

“碳积分”在我国主要是指汽车领域的新能源汽车积分制度，会从油耗、新能源两个维度给汽车制造企业打分，主要有两个指标：

1、平均油耗目标值：汽车生产企业生产的汽车的油耗，如果低于这个目标值，就积正分，否则就要积负分。

2、新能源生产指标：每年新能源汽车的生产销售量占车企全部汽车销售量的指标，如果满足这个指标就不扣分，否则积负分。

如果最终核算下来车企的积分是负数，则可能面临暂停高油耗车型的申报，暂

停高油耗车型的生产等等处罚。因此车企为了满足碳积分的要求，一方面要严控燃油车的油耗，另一方面，生产更多新能源汽车。如果车企经过种种努力实在完不成，那只能去购买碳积分。

目前碳积分在国内仅仅是与汽车行业相关，社会大众与碳积分现在并没有太多的交集。在汽车产业之外，与各类生产制造型企业紧密相关的主要是碳配额。

### 1.2.2 碳配额

“碳配额”即碳排放配额，是控排企业获得的在特定时期内的温室气体排放许可权，通常以“吨二氧化碳当量”为单位。在我国，控排企业主要是电力、矿产、水泥、建材、钢铁、工业制造等领域的能耗大户，往往是特定行业的规模以上企业，各地政府会根据企业的过往及现状，公示企业是否纳入碳排放的配额管理。

碳配额的获取方式目前主要是免费分配为主。但尽管如此，企业通过节能减排的方式所获得的碳配额的盈余，是可以通过市场化的交易进行变现的，这也构成了碳金融、碳市场的基础，即企业（公司或其他组织）通过减少碳排放，获得了相应可转让可变现的排碳权，再通过排碳权的交易、转让获利，让超额排放的企业购买排碳权，从而通过市场化的机制实现真正的绿色发展。

但如果一家企业（或者其他组织）并未被纳入到碳配额的管理范畴中，但是又有能力或者意愿通过技术革新、工艺改进来参与到碳中和的减碳浪潮之中，该怎么办呢？

这就要提及碳核证了。

### 1.2.3 碳核证

碳核证是指“经核证的自愿减排量”，在中国，全称为“中国核证自愿减排量”，英文缩写 CCER（China Certified Emission Reduction）。

CCER 主要指对我国境内可再生能源、林业碳汇、甲烷利用等项目的温室气体减排效果进行量化核证，并在国家温室气体自愿减排交易注册登记系统中登记的温室气体减排量。

与碳配额相比，CCER 更多的是强调“自愿”的二氧化碳减排，碳配额是由国家强制划分给企业的，而 CCER 是由环保项目或企业主动创造的二氧化碳减排量。

CCER 的碳减排是经过严格“核证”的（即经过碳排放的核算审计），一个 CCER 项目在进入市场前，需要先经过一系列严格的量化考察以及层层备案。

因此，CCER 比碳积分、碳配额更贴近社会大众的日常工作和生活，任何主体（个人或者公司、机构组织）都能够成为碳减排的行动者和直接受益者。

不过目前 CCER 项目的受理和发放已经处于“暂缓申请受理”的状态。

2017 年 3 月 14 日，国家发改委发布公告表示暂缓受理温室气体自愿减排（CCER）交易方法学、项目、减排量、审定与核证机构、交易机构备案申请。公告称自 2012 年 6 月颁发《温室气体自愿减排交易管理暂行办法》以来，在实际实行中存在温室气体自愿减排交易量小、个别项目不够规范等问题。

除此之外，我们认为以下两个原因也促成了 CCER 项目备案的暂停：

#### （1）价格水平波动大

由于我国的碳排放配额以免费分配为主，且发放要求较为宽松，因此在较长一段时间之内，市场中的 CCER 供给普遍大于需求，这也导致了碳价格普遍偏低。并且我国碳市场价格还呈现出了一定的“周期性”特征，即在临近履约期时各试点地区控排企业出现集中交易导致碳价格临时大幅上升，而在非履约期时碳价格则大幅回落，这使得碳配额无法真实反映市场价值。

#### （2）供需不平衡

市场上 CCER 供需极度不平衡，相较于供应量实际的交易需求量并不大，大部分项目形成积压。截止 2016 年 12 月 31 日，中国自愿减排交易信息平台累计公示的审定项目有 254 个已经产生了 5000 多万吨减排量。然而从七个试点区域 2015 年发放配额约 12 亿吨，2016 年履约期用于抵消的 CCER 量不到 800 万吨，占总配额 0.67%，远低于试点抵消管理办法中规定的 5%-10%，“高库存”可能对系统造成潜在压力与风险，暂缓备案也有出于消纳库存的考量。

尽管 CCER 目前已经“暂缓申请受理”，但业界依然看好 CCER 所代表的碳交易和碳金融市场所蕴含的潜力。毕竟，真正改变了社会大众的碳足迹，碳中和才真正融入到了人们日常工作的点点滴滴当中，碳中和也才能真正从“政策导向”变成一种“生活方式”，从“国家战略”变成一种“行为态度”。

等一下，刚刚提到的碳足迹又是什么？



## 1.3 碳足迹、碳汇

### 1.3.1 碳足迹

碳足迹，英文为 Carbon Footprint，是指企业机构、活动、产品或个人通过交通运输、食品生产和消费以及各类生产过程等引起的温室气体排放的集合。它描述了一个人的能源意识和行为对自然界产生的影响，号召人们从自我做起。

以个人为例，一个人出行骑自行车所排放的二氧化碳必然会比一个人驾驶燃油车出行所排放的二氧化碳要少，因此我们可以说在出行方面，自行车出行碳足迹“小”而驾驶燃油车出行碳足迹“大”。再比如，人进食植物性蛋白质食物（比如各类坚果），与进食饲养的牛羊肉相比，培育植物性食品所排放的二氧化碳要远小于饲养等量的牛羊动物所排放的二氧化碳，因此进食植物性食品的碳足迹要小于进食动物性食品的碳足迹。

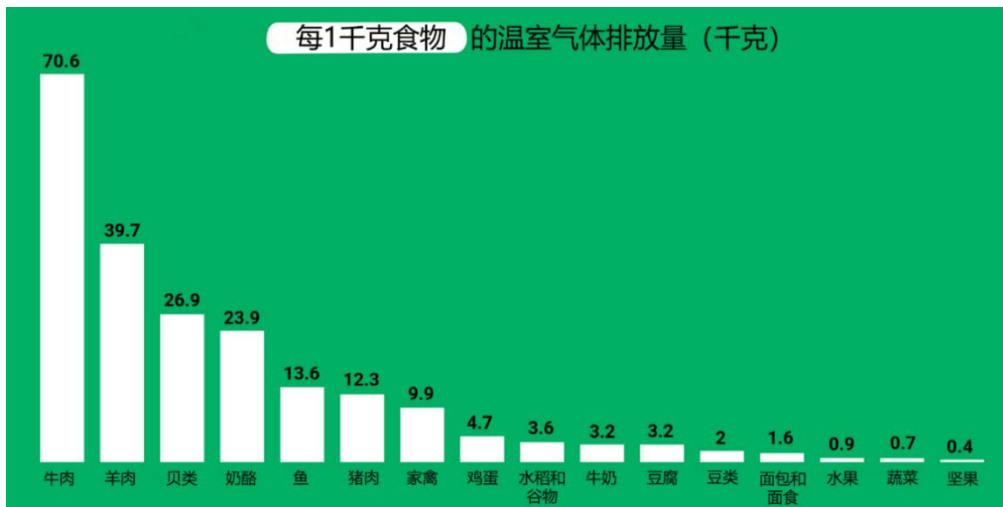


图：不同出行方式的二氧化碳排放量对比

（图片来源：搜狐网，《交通方面的低碳行动——低碳出行》）

从能量的转化角度而言，植物光合作用所获得的能量，先被动物消化、吸收、

转化，再被人类消化、吸收、转化，能量的转化效率的确是大幅度降低了。有人曾大致计算过食物链上的每一个环节，平均的能量利用率大约只有 20%左右。这个数据或许并不完全准确，但从碳中和的角度而言，低碳其实与生活中的每一个细节息息相关。



图：每 1kg 食物的温室气体排放量

(图片来源：联合国气候行动网站)

企业主体则与个人相似，企业的碳足迹不仅包括企业如何使用能源进行生产经营，也包括了企业如何选择原料与供应商，采用何种生产方式、生产工艺、物流方式、包装方式、营销方式等等。这些都会影响企业的碳足迹。

但无论是个人还是企业，都要注重“3R”原则，即减量化（Reduce）、再利用（Reuse）、再循环（Recycle），杜绝浪费、重复使用、循环再利用，才能在不改变碳汇的前提下，减少碳排放。

碳汇？碳汇又是什么？

### 1.3.2 碳汇

碳汇（carbon sink），是指通过植树造林、植被恢复等措施，吸收大气中的二氧化碳，从而减少温室气体在大气中浓度的过程、活动或机制。也可以说，碳汇是指森林、植被、湿地等吸收并储存二氧化碳的能力。

人类向大自然排放的二氧化碳并不会立即引起气温的即刻上升，而是随着二氧化碳浓度的逐渐升高，温室效应加剧，全球平均气温逐步升高。这其中的很大一部

分原因就是因为在碳汇的存在。自然界的植物、水体、湿地，乃至大自然原本就蕴含的碱性物质，都具有各类物理的、化学的、或生物的吸收、转化、固定二氧化碳等温室气体的能力。植物吸收二氧化碳进行光合作用，广泛分布于全球的海洋、河流、湖泊能够天然吸收一部分的二氧化碳，以及土壤中存在的氧化钙等无机物，也能吸收二氧化碳。与之对应，自然界天然就存在着二氧化碳的排放源，比如动植物的新陈代谢、呼吸，火山的爆发、可燃物的燃烧，都会产生二氧化碳，这些都是“碳源”，即产生二氧化碳的源头。因此碳源和碳汇是自然界天然存在的二氧化碳吸收和释放的天平的两端，只是当人类的能源利用不可避免地使得二氧化碳的排放远大于吸收时，温室效应和厄尔尼诺现象便变得更加频繁。

因此大自然碳汇的存在，并不意味着人类的碳排放可以肆无忌惮，碳中和依然是我们应当持续努力实现的目标。

免责声明：

1. 本附加与原报告无关
2. 报告来源互联网公开数据
3. 报告在“行业报告资源群”免费分享，仅限于朋友学习，如它用请联系版权方

合作及沟通，请联系客服



客服微信1      客服微信2

### 行业报告资源群



微信扫码关注

1. 进群即获赠《报告与资源合集》，内含近百行业、上万份研报、管理及其他学习资源免费下载；
2. 每日分享学习最新6+份精选研报资料；
3. 群友交流，群主免费提供相关领域研报资料。

### 知识星球 行业与管理资源



微信扫码关注

**知识星球 行业与管理资源** 是投资、产业研究、运营管理、价值传播等专业知识库，已成为产业生态圈、企业经营者及数据研究者的管理工具。

**知识星球 行业与管理资源** 每月更新3000+份行业研究报告、商业计划、市场调研、企业运营及咨询管理方案等，涵盖科技、金融、教育、互联网、房地产、生物制药、医疗健康等；

微信扫码加入后无限畅读下载。

## 第二章、为什么要碳中和

相信不少人都听说过这样的“阴谋论”，即“排碳权”等同于“发展权”，限制一个国家的碳排放，就是限制一个国家的发展。因此不少人士会认为，碳中和实际上是发达国家对于发展中国家的一种钳制和打压，以西方为首的先发国家，正是期望通过排碳权来遏制后发国家（比如我国）的发展。

我们无意指责这个观点的错误性和偏颇性，但对于我国这样有明确的国家发展战略、稳健的治国施政手段、坚定地造福于民信念的发展中大国而言，上述“阴谋论”视角无法解释我国对于碳中和、碳达峰如此的重视程度、将之上升至国家发展战略的高度，以及我国在国内国际均积极承诺“3060”的双碳目标、且以举国之力全方位推进碳中和的实际情况。

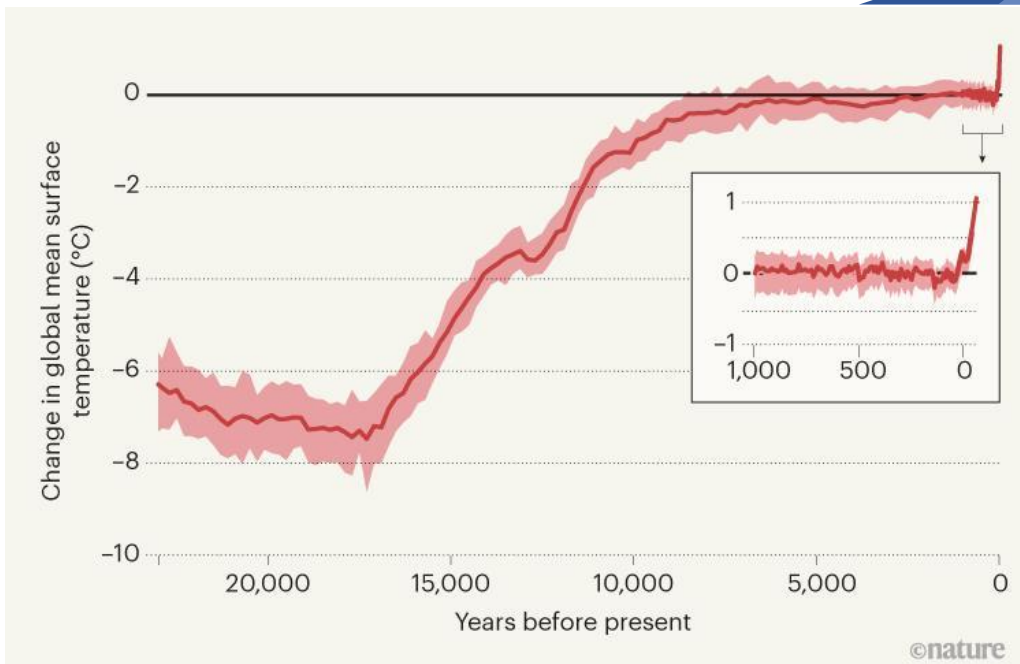
因此我们会从三个方面阐述我们要进行碳中和，并解释为何碳中和并非单纯是一场先发国家与后发国家之间的政治博弈和零和游戏，而是全人类可能都必须参与和践行的一场行动。

三个方面分别是：

- （1）碳排放与温室效应、极端天气
- （2）大国政治与大国担当
- （3）能源战略与能源一带一路。

### 2.1 碳排放与温室效应、极端天气

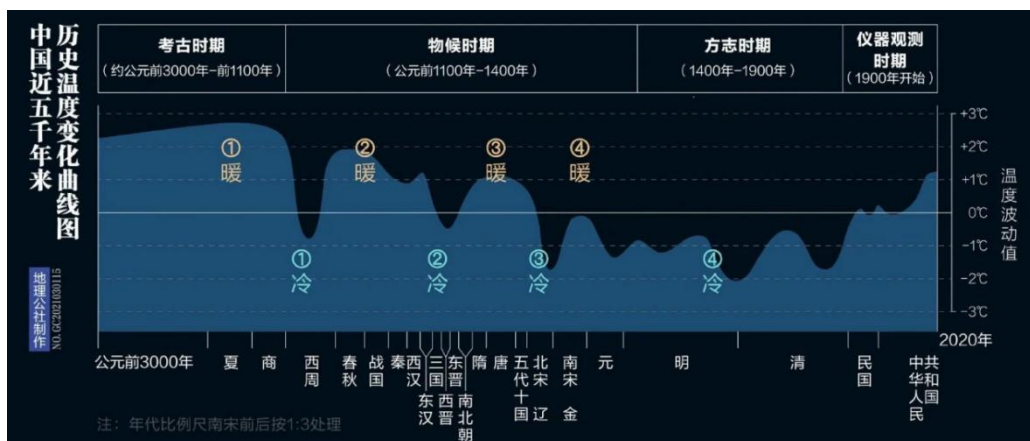
二氧化碳排放的话题最初是与温室效应的概念一同进入社会主流认知的，我们都曾在义务教育的课本上听说过温室效应、碳排放、厄尔尼诺现象等等，在主流认知观点中，似乎碳排放与全球变暖之间的相关性应该是不言自明的。然而在某些非主流观点认知中，会提及在地球存在至今漫长的岁月长河中，全球的平均气温是从冰河时期的平均零下7-8度，逐步上升至今，因此全球变暖是一个漫长的、自然发生的、且延续至今的过程。



图：2.5 万年前至今的全球地表平均温度变化图

（图片来源：Nature，论文链接 <https://www.nature.com/articles/s41586-021-03984-4>）

同时，有人引用了竺可桢院士的研究报告，认为中国历史上曾出现过多次的气温大幅变化，寒冷时期、温暖时期与新中国成立后基准温度相比，气温上下浮动甚至超过了 2 摄氏度；作为对比，现在的全球平均气温只比工业化前时代的平均气温升高了约 1.1 摄氏度。故而，有非主流观点认为碳排放与全球气温升高的危害性被舆论界有意地扭曲或者放大了。更有甚者，提及了西汉时期的强汉开疆与隋唐时期的万国来朝，都是历史上平均温度升高带来的农业生产水平提高，进而使得中原农业政权拥有了丰厚的物质基础，才奠定了我们传颂至今的汉唐盛世。



图：3000 年前至今的中国平均气温变化图

（图片来源：地理公社，数据来源：竺可桢，《中国近五千年来气候变迁的初步研究》）

不可否认的是，回溯 2-3 万年的时光，全球气温变暖的确是一个漫长且持续的

过程，相关科学论文基本都能证实这个趋势；但我们同样可以看到，迈入工业化时代至今不过百余年，全球气温剧烈升高了约 1.1 摄氏度，这个上升幅度可不是在漫长的数万年岁月中上升 7-8 摄氏度的那种缓慢上升趋势所能够解释的，前述图中所引用的 Nature 论文的图片也可清晰看到，数万年的气温平滑上升，与进入工业化之后气温的陡然上升形成了鲜明对比，这大概率不是同样的原因所导致的。我们不应该否认这是人类自身因素所导致的全球气温剧烈波动。

另外竺可桢院士的气候变化与历史变迁的研究的确给予了当今国人看待过往历史变迁的一个全新的视角，即天时地利人和也包括有更宏观的气候因素，更寒冷的气候迫使北方游牧民族南下，而南方农耕经济则因为洪涝、旱灾等农业减产叠加抗击北人南下所导致的兵灾、兵役、兵饷，会使得天下更快地进入新一轮治乱兴替。

但非主流观点所期待的气温上升时期的汉唐盛世恐怕不会再出现了。我们观看竺可桢院士所记录的气温数据可知，当下的平均气温与西汉、隋唐时期的平均气温相差无几，但西汉、隋唐时期著名的水草丰美的河西走廊、绿洲成片的“塞上江南”西域，都已经消失不见了，取而代之的戈壁和荒漠。因此，气温的上升并不会带来着生态环境的好转，也并不意味着农业物质生产的丰富。况且，我国社会早已不是当初的农业社会，农业生产技术早已天翻地覆。相较于恢复农业时代的汉唐气象，我们还是更有理由去期待科技时代的中华盛世。

我们今天所面对的，恐怕是全球气温上升所带来的更持续的极端天气和更频发的自然灾害。

2022 年 7 月，全球出现罕见高温热浪，多国报告了超 40℃ 的极端高温。在欧洲，持续的热浪、肆虐的野火、历史性的干旱接连来袭，给民众生活、农业生产、工业经济都造成了极大的影响。在美国，半数以上地区都处于干旱状态，多地迎来创纪录的高温；与此同时，极端暴雨导致多州出现严重洪灾，已有数十人死亡。南美洲中部、非洲南部甚至北太平洋和南极半岛附近，7 月的气温均高于平均水平。

反观我国，2022 年 7/8 月份的高温天气想必绝大多数人深有体会，在此不再赘述，同时期，水力发电大省四川由于降水量降低、主要江河水量较往年下降 50%，且以日均 2% 的速度持续下降等因素，竟然拉闸限电。极端高温天气之后，又是全国各地的大到暴雨蓝色预警，多地发生洪涝灾害。

研究表明，地球气温每升高一度，就会多吸收 7% 的水蒸气，并在日后形成降

水，导致大雨、暴雨增加，进而产生洪涝灾害。8月17日，世界气象组织应用气象服务主管罗伯特·斯特凡斯基在接受新京报记者专访时发出警示，“如果全世界再不采取紧急行动，类似高温干旱洪水等极端气候事件未来可能成为常态”。

同时，与夏季持续高温相对应的，则更加寒冷的冬天。相信当下逐步由体验高温转向体会严寒的欧洲人，在未来面对飙升的取暖账单时，会很有感触。

另外，全球变暖将导致海平面上升，而我国东部沿海发达区域的许多沿海城市、滨海城市平均海拔不过数米，如若放任温室效应加剧、海平面上升，那么诸多城市将会成为泽国或被淹没。

如果不想未来每年体验长达数月的高温套餐、不想时常体会高温+暴雨的瞬时切换、不想时常感受旱灾和洪涝的轮流发生，不想时常担忧农业减产、粮食绝收，那么不妨认真践行碳中和的国家战略。因此，碳中和并不是无关痛痒的口号与标语，而是与我们生存繁衍息息相关的宏伟目标。

## 2.2 大国政治与大国担当

相信诸位都没少听到关于碳排放权的国际争议，毕竟现有的科技手段并不足以让人类摆脱化石能源，而使用化石能源就必然产生二氧化碳，因此关于碳达峰碳中和对于人类重要性的国际共识是非常好达成的，但是每个国家应该各自减少多少碳排放，把各国碳排放总额控制在多少，这个问题却吵吵嚷嚷了许多年。主观意愿上，没有国家愿意主动限制自己的经济发展，更不会给自己的碳排放量主动设限。故而我们时常能听到西方某大国指责我国巨大的碳排放严重影响了地球生态，但罔顾该西方大国正享受着建立在巨额碳排放上的惬意生活和极其惊人的资源浪费的现实。

如果真如阴谋论所言，发达国家意欲通过挥舞限制碳排放的大棒来钳制、打压、遏制发展中国家，且摆明了这是一个阳奉阴违、表里不一的圈套的话，那为何我国会主动表态要在2030年实现碳达峰、2060年实现碳中和的目标呢？

从国际发展与国际担当方面考虑，我们认为主要有以下原因：

(1) 发达国家在进行血腥的资本主义原始积累的时期，抛开殖民、剥削、掠夺的因素外，的确是有一段非常显著的碳排放量暴增、完全不注重绿色低碳环保的黑暗年代，其代价过于惨痛，我国不能也不愿再次承受。

比如完全靠烧煤和蒸汽机驱动的第一个工业革命的英国，其首都伦敦就是不折不扣的“雾都”，劳苦大众和工人染上肺病或引发相关疾病去世者不可胜数，成为英国工业化历史上挥之不去的噩梦。

再比如 20 世纪 50 年代的美国洛杉矶，因城市拥有 250 万辆汽车及多座炼油厂、供油站所带来的石油燃烧，排放了大量的烯烃类化合物和二氧化氮，在阳光下作用下转变为有毒的光化学烟雾，使得三面环山的洛杉矶成为一个毒烟雾工厂。光化学烟雾事件致远离城市 100 公里以外的海拔 2000 米高山上的一大片松林也因此枯死，柑橘减产。仅 1950-1951 年，美国因大气污染造成的损失就达 15 亿美元。1955 年，因呼吸系统衰竭死亡的 65 岁以上的老人达 400 多人。

历史的教训就在眼前，以人民的生命安全和环境作为代价的经济发展最终是不可取的，如果我们不走向碳中和，那么反方向的道路所带来的恶果是我们都不愿意重蹈的覆辙。

(2) 我国自改革开放以来的确是有过一段不注重绿色低碳环保的发展时期，但我国凭借强大的战略定力，已经摆脱了不利的路径依赖。碳中和战略是我国原先可持续发展道路的模式升级版，我国没有理由不去接受和实施。

相信大家如果回顾多年以前的中国新闻和报纸，会发现原本我国的生态环境要远比现在脆弱得多，当时巨大的发电厂耸立而起，向天空直接排放未经处理的尾气，化工厂直接向河流排放未经处理的污水，工业垃圾、城市垃圾遍布郊野，酸雨问题也曾困扰我们多年。“要金山银山，还是绿水青山”的疑问曾在每一个中国人心中画起过问号。媒体界也曾连篇累牍地报道关于加大环境治理和环保措施，是否会导致各类型的生产型企业离开我国，流向海外。

但结果是什么呢？是我们强力推进了各个行业的绿色环保措施与规范，在经济持续发展的前提下淘汰了各类落后产能，同时积极植树造林，加大废水废物废气的无害化处理，号召减少浪费、加强废物利用、循环使用，很好地实现了“既要金山银山，也要绿水青山”的目标。

碳中和的目标的确实实施起来是有困难的，但我国已经在几乎完全类似的道路上有了非常成功的转型经验，相信碳中和在全国上下一心的众志成城面前，并不是一个不可实现的目标。

(3) 碳中和与绿色低碳环保的可持续发展道路，都是各国人民发自内心的期盼与需求，是国际政客们的左右横跳、前后反复所无法改变的历史趋势与时代潮流。



我国顺应的是民心，而非政客的口号。

发达国家经历过的那些产业发展的代价，我国经历过，其他的发展中国家目前也正饱受困扰，比如同为亚洲大国的印度，也正苦于“干净卫生恒河水，没有垃圾泰姬陵”的现状。发展中国家的领导人们也许拉选票的时候会承诺消除污染、治理环境，上台后却只有挠头无奈。但相信对于生活在其中的世界各地的人民而言，周遭的环境问题才是他们每天要面对的痛楚。因此我国带头在国际上对于双碳目标的郑重表态，是我国对于世界人民的共同承诺，也是我国作为发展中大国的一种担当。

(4) 碳中和、碳排放作为各国热议、注重、且付诸于实践的重点领域，已经是各国无可回避的问题。如果我国选择漠视，当其他国家形成共识时就被排除在外，并可能产生巨大的利益损失。而如果我国参与其中，在碳中和相关的发展目标、行动方案、行业标准、落地规范上积极发挥影响力，则有可能帮助我国国力和全球影响力新上一个台阶。

以具体事件为例，6月22日，欧洲议会通过了关于建立碳边境调节机制(CBAM, 俗称“欧盟碳关税”)草案的修正方案。依照修正方案，2023-2026年是碳关税实施的过渡期。2027年起，欧盟将正式全面开征碳关税。如若关于进出口贸易产品的碳排放情况的界定双方没有达成共识，使得我国出口商品被征收高额的碳关税，那么按照我国2021年对欧盟的4720亿欧元计，哪怕几个百分点的额外关税，都可能让我国出口商损失惨重。但如果我国能与欧盟形成相关碳关税征收、界定、实施的标准达成一致，那么我国就有可能在对欧盟的贸易上，取得相比于其他国家的一定优势。

另外，我国是原材料、能源的消耗大国，又是工业品出口大国，作为全球许多大宗商品的单一最大买方，以及许多工业制成品的单一最大卖方，谁说我国不能利用碳中和、碳排放、碳关税来积极建设一个更为开放、包容、可持续发展的全球贸易市场呢？

## 2.3 能源战略与能源一带一路

众所周知我国是一个能源消耗大国，但又是一个“贫油有煤少气”的国家，化石能源的对外依赖度一直很高。以最重要的石油为例，据我国统计局数据，2019年

我国原油生产量为 1.9 亿吨，而同年我国的原油消耗量为 6.5 亿吨。意味着我国 70% 的原油消耗依赖于进口；同时，据中商情报网统计，我国 2021 年石油化工的行业产值约为 14.1 万亿，按前述的 70% 依赖度来测算，我国近 10 万亿的石油化工产值是建立在对外的石油进口依存上的。如若考虑到石油是工业的血液，石油制品是更广泛的工业领域的基础原料，可能单单石油对外依存度过高这一项，所牵涉的可能就远不止 10 万亿这个数字了，而是会影响我国的能源安全、工业运转体系和全国人民的日常生活了。

为了摆脱能源对外依存度过高、能源运输链路过长、能源供应可能随时被掐断等风险，积极推动碳中和事业，促进我国能源结构的根本性改变，摆脱对化石能源的依赖，其实是我国或主动或被动的首要选项。依旧以石油为例，石油主要有两大类用途，一是蒸馏后提取柴油、汽油等馏分，用作工业的燃料或交通工具的动力来源，二是裂解后产生各类烯烃类物质，成为化工产业链当中非常重要的原料，广泛用于纺织、轮胎、医药、消费电子、快消品、食品等诸多领域。近年来我国大力推动新能源汽车的发展，已在一定程度上替代了燃油车的市场份额，对于我国摆脱潜在的能源危局具有较好的作用。另外我国逐步推进新材料产业的发展，各类新兴、优质、成本低廉的原材料不断面世，也是为了摆脱核心原材料的对外依赖。

故而我们可以如此言论：能源结构的改变，不仅限于破解原有的潜在能源危局，还会有新的、更宏大的战略性机遇。



图：全球石油航运图

（图片来源：网络）

上图是一张全球石油航运图，我国的石油进口主要从中东、南美等区域进口，具体而言，伊朗的原油通过霍尔木兹海峡，途经印度洋，经马六甲海峡到中国南海，再进入我国的广州港、宁波港等地区；沙特的原油经过曼德海峡，途经印度洋，再经马六甲海峡到中国南海最后抵达我国；南美的委内瑞拉的原油横跨大西洋，绕过

非洲的好望角，再延印度洋经过马六甲海峡，进入中国南海最后抵达我国。我们可以看到，无论是中东的原油，还是南美的原油，都会途经数个核心的海峡、经过在大西洋和印度洋的长时间行驶后，经过马六甲海峡进入中国南海。这其中无论是红海的曼德海峡、波斯湾的霍尔木兹海峡、还是东南亚的马六甲海峡，亦或是广阔的大西洋、印度洋，都是我国海军目前无法有效保障航道安全的区域，换言之，敌对势力非常易于控制一些我国所鞭长莫及的核心区域，来阻断我国的石油生命线。

当然，相对于世界很多缺乏化石能源资源，且离能源出口国有较大地理距离的国家而言，他们所面临的困境是与我国一致的，比如我们的邻居日韩，以及欧洲绝大部分国家。

但如果随着我国可再生能源的技术水平的不断提高，实现了新能源对于化石能源的替代，并且通过特高压技术实现了跨越千里、万里的低能耗电能传输，那么不就逆转了石油生命线扼于他人之手的危局了吗？另外，凭借我国强大的基建能力，以新能源+特高压+高铁的组合输出方式，不就能够很好地替与我们具有同样困境的其他国家解决相似的问题了吗？而我国依托新能源+特高压，就能实现“新产油国”的国际地位，同时依托高速公路、高铁的建设，将其他国家接入我国的内循环市场，不就能更好地实现一带一路国际战略了吗？

因此，碳中和所蕴含的战略意义其实远远不止节能减排的基本诉求，而是真正意义上的国家腾飞之路。

# 第三章、碳中和的全球综观

碳中和的确是近两年非常火热的一个议题，引起了金融投资界、实体企业界、各国政府、环保组织等多方面的关注，甚至成为当今一、二级市场最热门的赛道之一。其实碳中和的概念诞生，距今已有二十多年。

1997年12月，在日本京都举行的联合国气候变化框架公约参加国三次会议，制定了《联合国气候变化框架公约的京都议定书》，即众所周知的“京都议定书”，其目标是“将大气中的温室气体含量稳定在一个适当的水平，进而防止剧烈的气候改变对人类造成伤害”。这是碳中和第一次真正走向全人类的视野，也是碳中和发展的第一个国际里程碑。

2006年，《新牛津美国字典》将“碳中和”评为当年年度词汇。碳中和从最初由环保人士倡导的一项概念，逐渐获得越来越多民众支持，并且成为受到美国政府当局所重视的实际绿化行动。

2015年12月12日，《联合国气候变化框架公约》近200个缔约方在巴黎气候变化大会上达成《巴黎协定》。这是继《京都议定书》后第二份有法律约束力的气候协议，为2020年后全球应对气候变化行动作出了安排。

在此，我们来回顾一下国际与国内关于碳中和的发展历程与现状。

## 3.1 碳中和的全球发展历程与现状

### 3.1.1 碳中和的全球发展历程

19世纪，随着工业化时代的到来以及对化石能源的广泛利用，快速工业化的国家日益面临着严峻的环境问题，1898年瑞典科学家斯万就警告称：“二氧化碳排放可能会导致全球变暖”，但没有引起足够的重视。

直到1970年代，全球已经爆发了诸多知名的、影响恶劣的、后果严重的环境公害事件，全球才开始对环境污染和碳排放产生警惕，引发了各界对于环境问题、碳排放问题的广泛讨论。

1972年6月5日，在瑞典首都斯德哥尔摩，召开了第一次人类环境与发展会议，受联合国人类环境会议秘书长斯特朗委托，英国经济学家沃德和美国微生物学

家杜波斯为会议提供了一份背景材料，名字叫做《只有一个地球》，这份由 40 多个国家提供数据、资料，并在 58 个国家 152 名专家组成的通信顾问委员会协助下完成，这份材料指出，环境问题日益成为世界范围内的问题，需要一个世界统一的解决办法。该会议发表了《人类环境宣言》，并做出决议，在联合国框架下，成立一个负责全球环境事务的组织，统一协调和规划有关环境方面的全球事务，联合国环境规划署因此诞生。回顾整个会议，该会议也被认为是全球环境研究和气候合作的起点。但尽管如此，会议关于环境问题、气候问题并没有设定约束条件或具体目标。

1979 年在日内瓦召开第一次世界气候大会，气候变化首次成为国际关注的问题被提上日程。但因各国气候变化的分析方法和口径不同，缺乏通用的或连贯的方法学供各国使用，会议进程较为曲折。

1988 年，为保持科学严谨的统一分析，且让分析结果易于被各国政府和民众理解，联合国环境规划署与世界气象组织成立了联合国政府间气候变化专门委员会（IPCC），负责评估气候变化状况及其影响。

1990 年 8 月，IPCC 发布了第一份评估报告（FAR），这份经过三个工作组、数百名全球顶尖专家评议的报告确定了气候变化的科学依据，得出结论包括：

（1）温室效应无可置疑，人类活动正在使大气中的温室气体浓度显著增加从而使地球变暖；

（2）如果对二氧化碳排放不加干预，21 世纪全球温度将以每十年增加 0.3 摄氏度的速率上升，到 2025 年将高出 1 摄氏度左右；海平面将以每十年 6cm 的速率上升，到 2030 年升高约 20cm。

1990 年 10 月，第二次世界气候大会在日内瓦举行，大会参与方一致同意 IPCC 结论，并呼吁各国立刻采取行动。

1990 年 12 月，联合国常委会批准了气候变化公约谈判。

1992 年 5 月，《联合国气候变化框架公约》通过，公约终极目标是将大气中的温室气体浓度稳定在一定水平，确保气候系统免受人类干扰、确保粮食生产和经济发展可持续。公约明确各缔约方承担共同但有区别的责任，即全球各国都要参与温室气体减排，排放过大量其他的发达国家要承担更多的责任，考虑发展中国家实现持续经济增长和消除贫困的正当需要，适当承担责任。但该公约没有对缔约方明确的义务，缺乏法律意义上的约束力。不过，公约生效后，决定每年召开缔约

方会议，以评估应对气候变化的进展，使得全球气候变化逐步由单纯的科学问题转变成错综复杂、涉及全人类可持续发展的社会、政治、经济问题。

1995年，《联合国气候变化框架公约》第一次缔约方会议在柏林举行，以后每年召开，后续的缔约方会议则诞生了《京都议定书》、《哥本哈根协议》和2021年的《格拉斯哥气候公约》。

1997年第三次缔约方会议在京都召开，会议通过了《京都议定书》，该议定书可以理解为《联合国气候变化框架公约》的补充条款，该议定书最大的进步是成为了一个具有法律约束力的国际文件，使发达国家和发展中国家设立了温室气体的减排和限排目标，规定了在2008-2012年，发达国家应将其年均温室气体排放总量在1990年的基础之上至少减少5%，部分国家在2013-2020年将年均温室气体排放总量比1990年至少减少18%，而发展中国家不承担具有法律约束力的温室气体限控义务。

但根据《京都议定书》的限控目标进行推算，2050年之前全球气温的升幅将减少0.02-0.28摄氏度，而IPCC预计，到2100年，全球气温将升高1.4-5.8摄氏度，因此《京都议定书》也被广大环保组织批评，认为其标准制定得太低，完全不足以应对未来的气候变化严重危机。

2009年12月19日，联合国气候大会在13天马拉松式的艰难谈判后，通过了不具备法律约束力的《哥本哈根协议》。《哥本哈根协议》只是强调气候变化仍是全球面临最重大的挑战之一、必须做出大幅度碳减排的动作等等，但对于发达国家要求发展中国家承担更多碳减排责任、发展中国家要求发达国家明确给予发展中国家碳减排的资金支持及确保资金来源等议题，没有形成共识。

2015年12月12日，第21届联合国气候变化大会（巴黎气候大会）上通过了《巴黎协定》，并于2016年4月22日在美国纽约联合国大厦签署，于2016年11月4日起正式实施。《巴黎协定》是继1992年《联合国气候变化框架公约》、1997年《京都议定书》之后，人类历史上应对气候变化的第三个里程碑式的国际法律文本，形成2020年后的全球气候治理格局。《巴黎协定》的长期目标是将全球平均气温较前工业化时期上升幅度控制在2摄氏度以内，并努力将温度上升幅度限制在1.5摄氏度以内。

2021年11月，《联合国气候变化框架公约》第26次缔约方大会落幕并签署了《格拉斯哥气候公约》，公约敦促发达国家缔约方到2025年至少将向发展中国

家缔约方提供的用于适应气候变化的气候资金从 2019 年的水平增加一倍，即每年向发展中国家提供 1000 亿美元的资金；同时公约称全体缔约方将努力让气温升高限制在 1.5 摄氏度以内，到 2030 年将全球二氧化碳排放量相对于 2010 年的水平减少 45%，并在 21 世纪中叶前后达到碳中和。

除了《格拉斯哥气候公约》，本次大会的其他成就也可圈可点。包括印尼、韩国、乌克兰等煤炭大户在内的 46 个国家，签署了《全球煤炭向清洁能源转型的声明》。其中，发达国家承诺在 2030 年之前逐步淘汰煤炭，发展中国家承诺在 2040 年前逐步淘汰煤炭；拥有 85% 森林面积的 100 多个国家承诺，到 2030 年之前阻止和逆转森林和土地退化的趋势，包括“地球绿肺”巴西；90 多个国家加入“全球甲烷承诺”，计划到 2030 年将甲烷排放减少至 2020 年的 70%。

### 3.1.2 主要国家的碳中和目标

丁仲礼院士认为世界各国碳排放处于不同阶段，大体可分为四个类型：（1）英国、法国和美国等发达国家的碳排放在 20 世纪 70-80 年代就已经实现达峰，目前正处于达峰后的下降阶段；（2）中国的碳排放量逐步进入“平台期”；（3）印度等新兴国家碳排放量还在上升；（4）有大量的发展中国家和农业国，伴随经济社会快速发展的碳排放尚未“启动”。

尽管存在着国情差异，碳中和已是全球的共识。截至 2021 年，全球已经有超过 120 个国家和地区提出了碳中和目标，其中大部分计划在 2050 年实现，如欧盟、加拿大、日本、英国、南非等，详见下表。

国家或地区	碳中和目标年份	相应政策/立法进展
中国	2060	纳入政策议程
哥斯达黎加	2050	纳入政策议程
埃塞俄比亚	2030	纳入政策议程
冰岛	2040	纳入政策议程
日本	2050	纳入政策议程
挪威	2050	纳入政策议程
葡萄牙	2050	纳入政策议程
斯洛伐克	2050	纳入政策议程

南非	2050	纳入政策议程
韩国	2050	纳入政策议程
瑞士	2050	纳入政策议程
奥地利	2040	纳入政策议程
欧盟	2050	纳入政策议程
芬兰	2035	纳入政策议程
爱尔兰	2050	纳入政策议程
加拿大	2050	政策讨论
丹麦	2050	已立法
法国	2050	已立法
匈牙利	2050	已立法
德国	2050	已立法
新西兰	2050	已立法
苏格兰	2034	已立法
瑞典	2034	已立法
英国	2050	已立法
西班牙	2050	立法中

表：全球主要国家或地区的碳中和目标情况

（数据来源：《2022 低碳发展蓝皮书：中国碳中和发展报告》）

### 3.1.3 主要国家的碳中和举措

纵观全球，一些国家和地区通过气候变化相关立法或者修法的形式为实现“双碳”目标提供法律保障。我们具体来看几个国家或地区关于碳中和的立法及政策情况：

#### （1）英国

英国于 2019 年 6 月修订其《气候变化法案》，该法案具有两个亮点。一是在其前三条中提出了本国至 2050 年的碳减排目标，二是设立具体负责研究控制碳排放量目标的机构——气候变化委员会。该法案提出，相比 1990 年的碳排放量，2050 年的碳排放量减少 80%。这一修订使得英国成为世界上最早将 2050 年净零碳排放



目标纳入本国法律的国家；而气候变化委员会负责向政府提出 2050 年的碳排放目标建议、建议碳预算相关政策以及评估各部门对碳预算计划的贡献等工作。

当然，英国早在 2007 年就出台了《英国气候变化战略框架》，2009 年又出台了《英国低碳转型计划》、《英国低碳工业战略》等，因此英国是通过立法形式推动碳中和进程比较早的国家。

## （2）德国

2021 年 5 月 12 日，德国联邦内阁通过了新《气候保护法》，确定了新的碳减排目标，争取提前在 2045 年实现温室气体零排放。该《气候保护法》曾因未规定 2030 年后如何减排温室气体，被德国联邦宪法法院裁定为违反宪法。故此，联邦内阁通过修正法案，应宪法的要求，进一步确定了更加具体的减排目标，即 2045 年实现碳中和。这一目标通过本次新《气候保护法》的出台将成为德国 2020-2030 年的刚性年度减排目标，具有落实责任和传导压力的强约束作用。

另外，新《气候保护法》还对德国 2020-2030 年个别经济部门允许的最高碳排放水平进行了规定，并从能源领域入手实行减排措施。这一规划，或将使德国提前淘汰煤炭能源的使用。

## （3）欧盟

2020 年 3 月，欧盟公布了《欧洲气候法》草案，2021 年 5 月 10 日，欧洲议会环境委员会投票通过了该草案。这意味着欧盟在 2050 年实现碳中和的承诺被写入法律。《欧洲气候法》提出了一系列实现 2050 年碳减排目标的途径，具体包括：2030 年新的减排中期目标，即碳排放量至少要比 1990 年减少 55%；到 2021 年 6 月，评估并对相关政策修订提出必要意见，以助力实现 2030 年的额外减排量；从 2023 年 9 月开始，每 5 年评估欧盟与各成员国采取的生态治理措施是否与气候中期目标和 2030-2050 年行动路线相符合。此外，欧盟委员会将有权对行动不符合气候中期目标的成员国提出建议和质询，同时成员国有义务考虑这些建议或作出解释。

2022 年 6 月 22 日，欧盟通过了“碳边界调整机制”（CBAM，以下简称“欧盟碳关税”）草案的修正案，并将于 2023 年 1 月 1 日实施，该修正案意味着欧盟“碳关税”政策成型。修正案内容包括：其一，从 2027 年开始逐步征收碳关税；其二，在原本的钢铁、铝、水泥、化肥和电力五大行业基础之上，将碳关税征收行业扩大到有机化学品、塑料、氢和氨；其三，将碳关税征收范围从直接排放扩大到间接排放，即制造商使用的电力产生的碳排放；其四，到 2032 年完全取消欧盟相

关行业获得的免费碳排放配额。

欧盟“碳关税”的政策开启，真正意义上算是将碳中和的因素纳入国际贸易的范畴，既有可能成为新的“绿色贸易壁垒”、动摇国际贸易体系，也可能成为促进世界各国加快碳中和实现的推动器。

#### （4）加拿大

2020年11月19日，加拿大环境与气候变化部长向众议院提出了《加拿大净零排放问责法案》，通过立法推动加拿大实现2050年净零排放的目标。该法案的诞生意味着加拿大将从法律上制约本届和后续各届政府，要求在2050年前实现净零排放，完善加拿大2050年实现净零排放计划的问责制和增强公众透明度。另外，该法案设定了滚动的5年减排目标，要求有关部门制订实现每年目标的计划并报告进度。同时，为了向政府提供独立建议以实现碳减排目标，该法案要求设立净零排放咨询机构。

#### （5）美国

2022年8月，美国众议院批准了一项名为“*Inflation Reduction Act*”的法案(IRA)，该法案被视为美国历史上规模最大的气候法案，旨在应对气候变化以及减少美国的温室气体排放。该法案的总拨款额为4300亿美金，而其中涉及清洁能源的部分为3740亿美金。具体的内容是对风能和太阳能开发项目进行长期的税收抵免，以及对能源储存、沼气、氢气的新税收抵免。另外，风能和太阳能项目的开发商如果使用美国制造的设备，或者在较贫困的地区建设项目，也将获得更多支持。该法案将持续约10年的时间。此前，美国政府曾承诺，到2035年时，全美的电力生产部门将完全“脱碳”。

2021年12月，美国总统拜登签署了一项行政令，目标是在2030年之前将美联邦政府的碳排放量削减65%，并制定了到2050年实现碳中和的目标。根据该行政令，联邦政府承诺在2027年之前停止购买汽油动力的乘用车，并计划到2035年只购买零碳排放的汽车。另据该行政令，到2045年，美联邦政府拥有或租赁的所有建筑将不再贡献碳排放。

#### （6）日本

2021年5月，日本国会参议院正式通过修订后的《全球变暖对策推进法》，以立法的形式明确了日本政府提出的到2050年实现碳中和的目标。将于2022年4月施行。这是日本首次将温室气体减排目标写进法律，根据这部新法，日本的都道府

县等地方政府将有义务设定利用可再生能源的具体目标。地方政府将为扩大利用太阳能等可再生能源制定相关鼓励制度。

为实现 2050 年碳中和目标，日本政府 2020 年底发布了“绿色增长战略”，将在海上风力发电、电动车、氢能源、航运业、航空业、住宅建筑等 14 个重点领域推进温室气体减排。

## 3.2 碳中和在中国的发展历程及现状

其实可能出乎大多数人的意料，中国很早就开始参与碳中和相关的国际事务。比如 1976 年起，中国就开始向联合国环境规划署旗下的基金捐款。2003 年 9 月，联合国环境规划署在华代表处在北京揭牌成立，也是联合国环境规划署第一个在所在地国家之外设立的代表处。

在此，我们完整回顾一下我国的碳中和的发展历程。

1992 年 6 月 11 日，中国签署《联合国气候变化框架公约》，并于 1993 年 1 月 5 日向联合国交存加入书。

1998 年 5 月，中国签署《京都议定书》，同年 8 月，时任总理朱镕基宣布中国核准了《京都议定书》。

2009 年 3 月 5 日，时任总理温家宝在的两会中特别强调，要毫不松懈地加强节能减排和生态环保工作。同年 11 月 25 日，时任总理温家宝主持召开国务院常务会议，研究部署应对气候变化工作，决定了到 2020 年我国控制温室气体排放的行动目标，并提出相应的政策措施和行动。会议决定，到 2020 我国单位国内生产总值二氧化碳排放比 2005 年下降 40%-45%，作为约束性指标纳入国民经济和社会发展中长期规划，并制定相应的国内统计、监测、考核办法。

2010 年 3 月，中国批准《哥本哈根协议》。

2012 年，国家发展改革委印发《温室气体自愿减排交易管理暂行办法》《温室气体自愿减排项目审定与核证指南》两大关键文件，建立 CCER 签发流程和框架，标志着我国碳市场的启动已具备落地的具体规范。

2014 年 11 月，中国国家主席习近平和美国总统奥巴马签署了《中美气候变化联合声明》。中国首次提出定量的减排目标，在巴黎气候大会前，中国把此目标写

入了自主减排承诺并提交给了联合国。作为发展中国家，中国也是第一个主动承担减排责任的大国。

2015年3月，国内首单CCER线上交易完成，由上海宝碳新能源环保科技有限公司向项目业主龙源电力股份集团有限公司所属甘肃新安风力发电有限公司分2次购买CCER共20万吨，其中一笔成交价为19元/吨。

2016年4月，时任中国国务院副总理张高丽作为习近平主席特使在《巴黎协定》上签字。同年9月3日，全国人大常委会批准中国加入《巴黎气候变化协定》。

2017年3月，由于早期标准的不完善和自愿减排交易量小等因素，CCER市场并未发挥应有优势，处于“暂缓申请受理”状态。

2018年，中国国务院刊发了《中国应对气候变化的政策与行动》白皮书，阐述了气候变化对中国的影响以及中国应对气候变化的战略和目标等。这为中国在之后全球气候治理中扮演更重要的角色奠定了坚实的基础。

2020年9月，中国国家主席习近平在第75届联合国大会上提出：“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。”

2021年3月，国务院总理李克强在2021年国务院政府工作报告中指出，扎实做好碳达峰、碳中和各项工作，制定2030年前碳排放达峰行动方案，优化产业结构和能源结构。同月，习近平总书记主持召开中央财经委员会第九次会议，其中一项重要议题，就是研究实现碳达峰、碳中和的基本思路和主要举措，会议指明了“十四五”期间要重点做好的7方面工作。

2021年10月，中共中央、国务院印发的《关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》发布。同月，国务院印发《2030年前碳达峰行动方案》。

2021年11月，中美两国正式签署《中美关于在21世纪20年代强化气候行动的格拉斯哥联合宣言》，中美两国就气候领域的多项重点问题达成共识。

2021年12月，工信部印发《“十四五”绿色工业发展规划》。

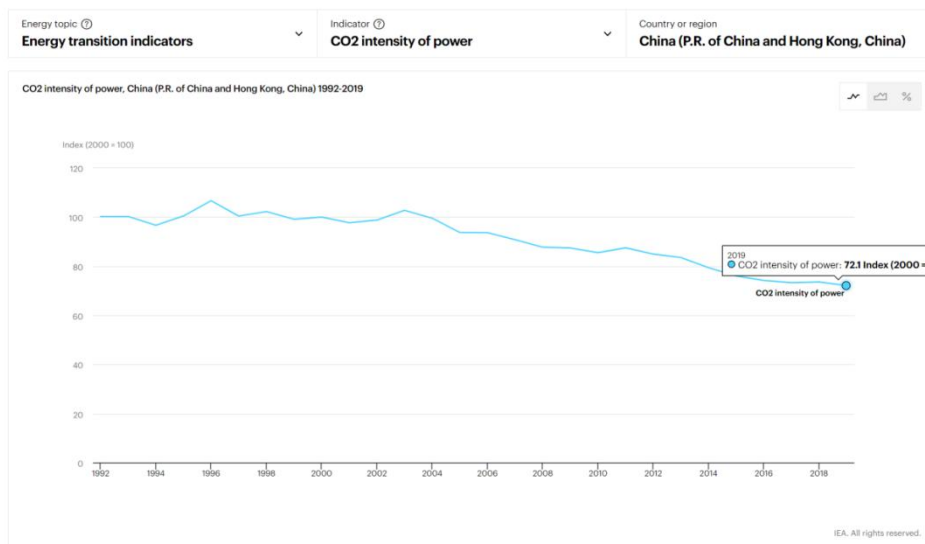
2022年1月，交通部印发《“绿色交通”十四五发展规划》。

2022年3月，住建部印发《“十四五”住房和城乡建设科技发展规划》。

2022年6月，国家发改委等九部门联合发布《“十四五”可再生能源发展规划》。

2022年8月，科技部等九部门关于印发《科技支撑碳达峰碳中和的实施方案（2022-2030）》的通知。

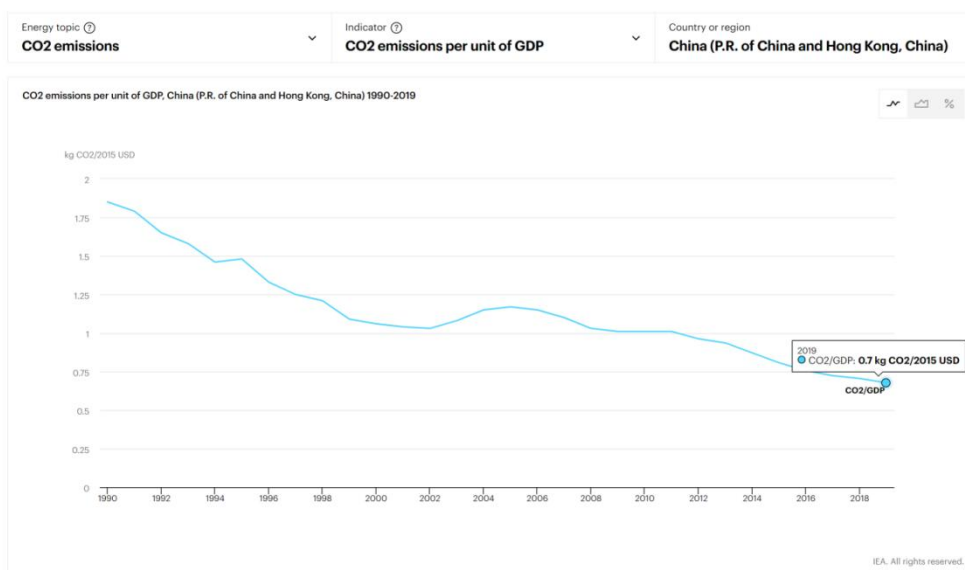
由上述可知，我国在非常早期的阶段就参与了全球碳中和的事业，并且承担起了一个发展中大国对全球气候问题的责任和担当。在碳中和方面，我国也取得了非常多的成就。



图：中国能源消耗“含碳量”

（图片来源：国际能源署）

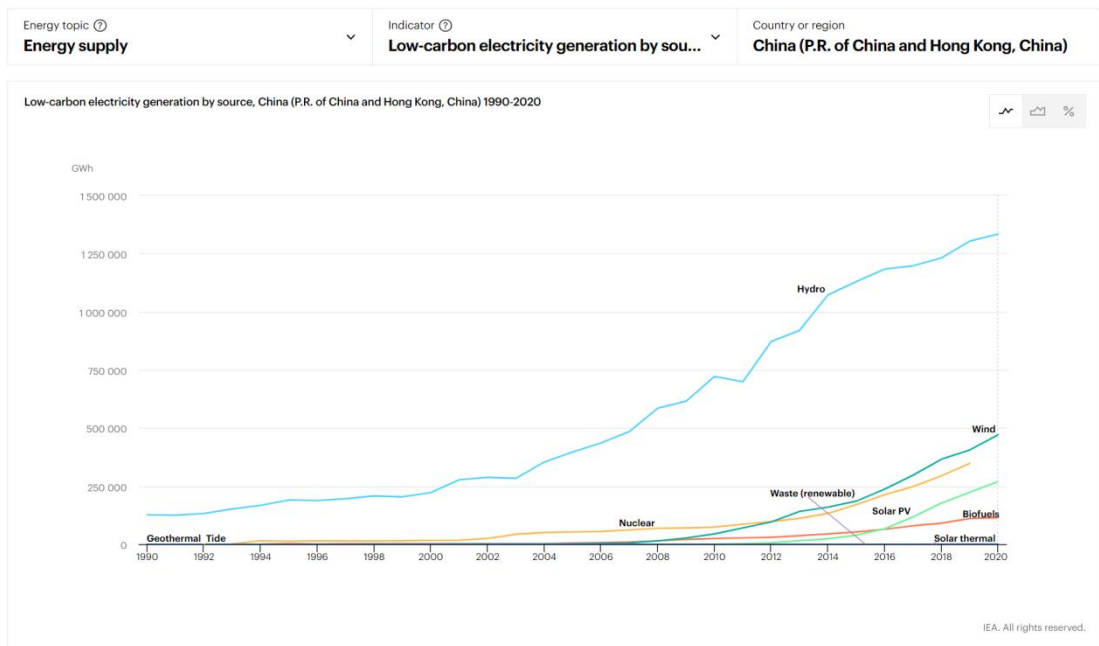
在过去中国大步调推进基础建设、城镇化及快速工业化的三十年里，据国际能源署数据，中国能源消耗的“含碳量”却依然能够做到逐年稳步下降，实属不易。



图：中国 2019 年单位 GDP 的二氧化碳排放量

（图片来源：国际能源署）

同时,我国单位 GDP 的碳排放量已经从 1990 年 1.9kg 下降到了 2019 年的 0.7kg。



图：我国的低碳电力供应情况

（图片来源：国际能源署）

另外,经过不懈努力,我国通过低碳、绿色的方式所获得电力供应量也得到了巨大的增长。

因此,我国是积极在履行对国际社会、对全人类福祉的承诺,真正从产业转型、科技研发、生态建设等多方面入手,打造绿色低碳可持续发展的道路。

# 第四章、如何实现碳中和

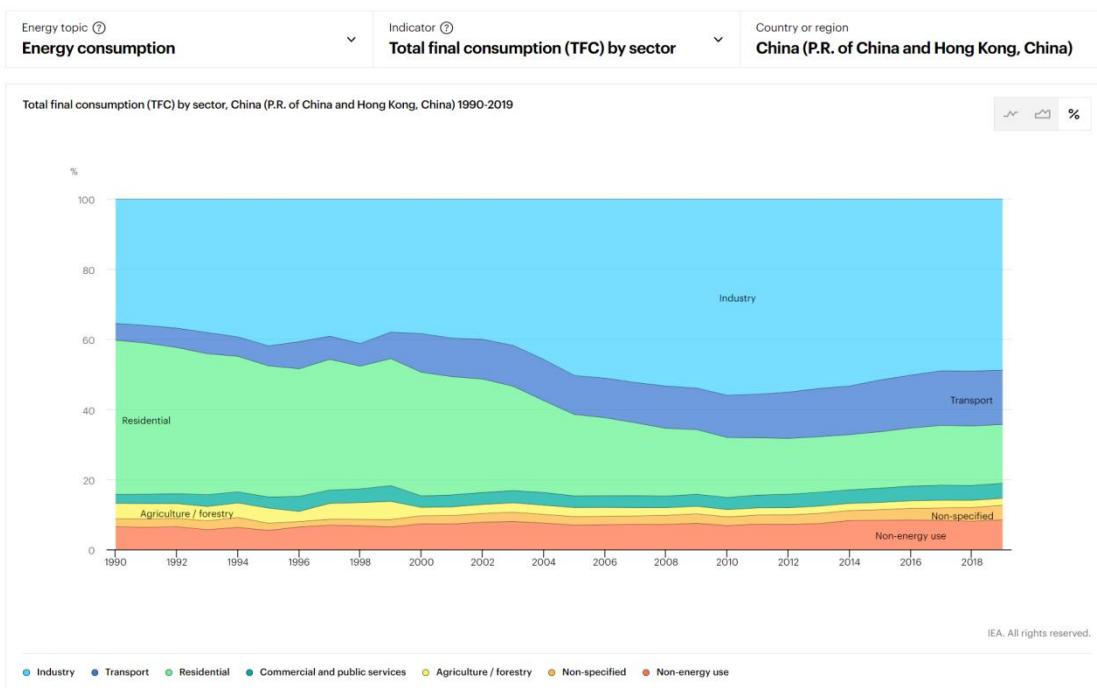
如何实现碳中和呢？不同的人对此会有不同的回答。政治家考虑的是短期政策的优劣与长期战略的利弊；企业家思考的是成本与收益、投入与产出、正外部效应与负经济利益的平衡；科学家在意的是短期的“低碳”可行性与长期的“负碳”可能性等等。

而我们基于实事求是的原则，会考虑二氧化碳是从哪个领域、基于什么原因而产生的，又能通过哪些方式、以什么代价去减少二氧化碳的排放，并思考可以用什么方法、花费多少成本去增加二氧化碳的吸收。

因此我们先从我国的实际情况出发，来考察我国的碳排放的实际情况。

## 4.1 我国碳排放现状分析

让我们首先从能源的最终消耗上入手。

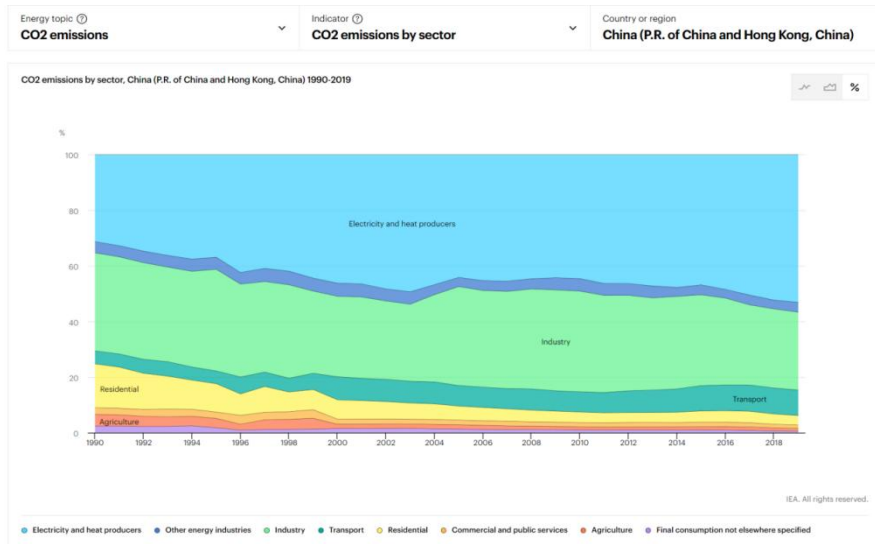


图：我国 2019 年各行业能源消耗比重

（图片来源：国际能源署）

根据国际能源署的数据显示，2019 年我国工业耗能占全国能源消耗的 48.8%、交通耗能占 15.5%、居民耗能占 16.8%、商业耗能占 4.3%，农业占 2%，其余合计占 12.6%，也就意味着工业、居民、交通、商业、农业等耗能合计占全国能源消耗

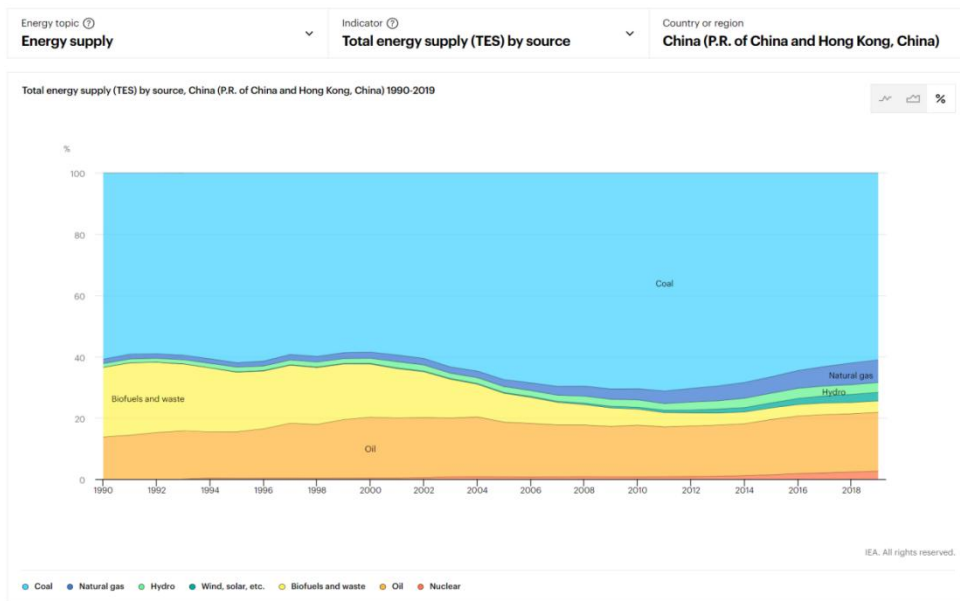
的 87.4%左右。



图：我国各行业类型二氧化碳排放比重

（图片来源：国际能源署）

同样根据国际能源署的数据，2019 年我国二氧化碳排放的重点领域是发电产热（占比 53.1%）、工业（28%）、交通（9.2%）、其他能源行业（3.5%）、居民（3.4%）等。结合我国的能源消耗比重情况分析，可知实际我国碳排放的大头主要是发电产热、工业生产以及交通运输，居民及商业尽管能耗较大，但相对碳排放比重较少，农业的耗能、碳排放则相对占据更少的比重。



图：2019 年我国能源供应的来源比重

（图片来源：国际能源署）



之所以发电产热、工业生产、交通运输等领域是能耗大户兼碳排放大户，究其根本还是我国能源供应的格局所致。煤炭提供了我国 61%的能源消耗、石油提供了 19.2%、天然气提供了 7.4%，三者合计供应了我国 87.6%的能源消耗。而这三者又是典型的化石能源。

因此要实现碳中和，必须从改变能源结构入手、从改变发电产热、工业生产、交通运输等碳排放大户入手。

## 4.2 减少碳排放

对于如何通过减少碳排放来实现碳中和，我们认为主要可以通过如下几个方面实现：

- (1) 发电端—可再生能源替代；
- (2) 生产端—工业节能减排；
- (3) 交通端—新能源动力。

### 4.2.1 发电端—可再生能源替代

依前文所述，我国 2019 年发电产热所排放的二氧化碳占据当年排碳量的 53.1%。因此该领域的碳减排是我国迈向碳中和的重中之重。

这其中大致有两条思路：

一是提高现有化石能源的能量转化效率，让煤炭、石油、天然气的发电产热效率提升，在不增加燃料消耗量的前提下，尽量产生更多的电能和热能。但人类对化石能源的使用已超过百年，技术进步带来的转化效率的提升几乎已经达到利用率的天花板，故该方向并非主要方向；

二是大幅度提升可再生能源的装机量、普及率、利用率等，使得可再生能源能够逐步实现对化石能源的替代。这一条也是当今主流的商业和技术发展路径，世界各国火热的新能源赛道，主要就是投资于各种类型的可再生能源。

其实人类对于可再生能源的研究并不是近年来才开始的，而是历史上古已有之，从帆船、风车、水力驱动的磨坊等等，都是人类利用可再生能源的典型案列。

目前能够大规模应用于人类生产和生活实践的可再生能源主要包括：光伏（太

阳能)、风电、水电、核电、生物质发电、废物发电等,还包括一些并不主流的潮汐发电、地热发电等等。

我们将逐一展开讲述:

### (1) 光伏(太阳能)发电

光伏发电是利用半导体界面的光生伏特效应而将光能直接转变为电能的一种技术。光伏技术自面世以来,已有多轮的技术迭代,并孕育出一部浩浩荡荡的商业史。随着技术的进步和我国对于光伏产业的大力投资,目前我国已掌握光伏技术的行业领先地位,光伏发电不但走进我国广大的国土腹地,也出口到了世界各地。

光伏发电十分简单,在空置的土地、山坡、屋顶,安装光伏发电板及相应配套设施设备即可,几乎不需要安装者每日过多的打理,每日只要有阳光即可自主发电,城市、乡村、荒漠、戈壁,几乎对地理条件没有太多的要求和限制,也不消耗任何资源。由于光伏发电比较契合我国腹地广大、空置土地较多、太阳能资源充足的特点,因此我国的诸多区域都已经快速普及了光伏发电设备。

不过光伏存在着以下缺点,包括每天发电时间有限,必须是阳光充足的白日发电量才会足够,人口密集的城市区域则几乎没有办法实现光伏的安装,因此会导致发电区域和用电区域时间上和空间上的错配。

### (2) 风电

目前风力发电主要是通过风机把风的动能转化为电能。由于风能和光伏一样,是一种没有公害、不消耗资源的、碳排放为零的能源来源,因此也得到了世界各国的重视。北欧多国的风车+磨坊的诗意画面,甚至一度是乡村田园牧歌生活的典范。

我国的风力资源丰富,对于交通不便的沿海岛屿、草原牧区、山区和高原地带,因地制宜地利用风力发电,非常适合。与光伏相比,风力发电可能会处于全天候运作,有不受日照限制的优势。但同理,风力发电对于风能的要求较高,可能满足相应风能需求的区域会比较集中,并非全国各地皆适宜;另外,风力发电的季节性较为明显,往往是特定季节发电量高,其余时间发电量低的情况。而且单台风机成本高、投入大,并不像光伏那样可以每家每户出资安装。

### (3) 水电

水力发电主要是通过水电站来将水的势能转化为电能。与光伏、风能一致,水力发电是一种低碳、清洁、环保、可再生的能源利用方式,在我国,水电也是广泛被利用,拥有诸如三峡、葛洲坝等著名的水电站。

但水电相较于其他可再生能源而言，往往投资金额大、投资回收周期长，建设的复杂度也更高，有时会对生态造成一定的影响，比如我国多座水电站的建设，就使得原来沿岸的古建筑成为水下景观。不仅如此，水库建成后，可能会造成大量的野生动植物被淹没死亡，甚至全部灭绝。对水生动物而言，水库建成后，由于上游生态环境的改变，会使鱼类受到影响，导致灭绝或种群数量减少。因此水电站的选址、设计、环境影响评价等，往往是个复杂的工程。

#### （4）核电

核电具有碳排放量低、发电功率大、占地面积小等优点，且核电是一种上限很高的可再生能源，可用于各类复杂用途的领域，如核潜艇、核动力航母等，很可能是帮助人类的能源利用水平向上跃迁一个量级的能源类型。

但社会大众对于核电的态度可能并不完全是认可的，因为切尔诺贝利核泄漏事件造成整个城市被废弃、福岛核电站事件导致核污染等等。尽管技术上和统计学意义上核电是非常安全的，发生事故的概率要远小于其他能源类型，但公众的核电的印象可能无法快速改观。

我国是核电大国，拥有独立的全产业链的技术实力。经历过早期的能源短缺，我国从适度发展核电改为积极发展核电，未来核电在我国的碳中和事业中还将发挥重要作用。

## 4.2.2 生产端—工业节能减排

工业生产在我国碳排放中的比重大约是 28%，是减少碳排放中非常重要的一环。

工业节能减排主要考虑从以下几个方面着力进行改进：

- （1）对于高能耗产业要逐步、限期淘汰落后产能，并提高新设备、新工艺、新产线的产能利用率；
- （2）针对关键耗能环节、关键耗能工艺、关键耗能设备进行绿色升级及能耗改进；
- （3）对于整体产线进行数字化、信息化升级，确保资源、能源、设备、产成品的整体配置最优；
- （4）工业生产中逐步替换传统化石能源，提高电气化使用率；
- （5）热电联产、循环使用，减少能源和物料的浪费和损耗；

(6) 优化工艺，增加碳捕集等技术的应用，减少生产过程的碳排放；

(7) 尽可能采用低碳工艺生产的原料和供应商。

### 4.2.3 交通端—新能源动力

交通运输大致产生了我国 9.2% 的碳排放量。传统上乘用车以燃烧汽油为主，而商用车则是柴油为主，都属于化石能源的范畴。从能量效率上来说，燃油汽车的能量利用效率在 25-35% 之间，理论最大值在 55%，这是由于内燃机中的燃料燃烧使得气体膨胀推动活塞做功，使得一定会有相应的能量随着尾气排放而逸散，导致能源利用效率下降。而电动车则不存在这个问题，电机的电能转化率可以轻松达到 90% 以上。因此电动车与燃油汽车相比，不单单是碳排放减少的因素，还包括能量利用效率提升的因素。

目前由于锂电池技术的不断完善、锂电续航里程和电容量的提升、安全系数的不断提高，新能源电动汽车在全世界范围内越发普及，逐步能够替代燃油汽车的市场地位，并同时在商用车、船舶、工业用车领域进行应用。

另外，相对燃油汽车而言，电动车的整体构造更易于实现自动驾驶，从这个角度而言，电动车的确比燃油车更加面向未来。

## 4.3 增加碳吸收

大自然自身存在着碳吸收的功能，比如森林、草地、水体、土壤，我们在减少碳排放的同时，也应该从增加碳吸收的角度行动。

### 4.3.1 森林草原碳汇

据称一亩森林一年可以吸收 2.45 吨二氧化碳。因此广泛的植树造林能够更好地吸收温室气体。据全国绿化委员会办公室于 2022 年年初发布的《2021 年中国国土绿化状况公报》显示，2021 年我国完成造林种草 666.67 万公顷，其中，完成造林 360 万公顷、种草改良草原 306.67 万公顷；治理沙化、石漠化土地 144 万公顷。这个成绩还是在我国持续进行城镇化建设、同时尽力保障农业生产不受干扰的前提下

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/845321334132012010>