



**中国环境与发展国际合作委员会  
专题政策前期研究报告**

**新发展理念下碳中和的风险防范**

中国环境与发展国际合作委员会 2022 年年会

2022 年 6 月



## 专题政策前期研究项目组成员

(中外组长、成员、支持专家及协调员姓名、单位、职务/职称)

### 顾问:

刘世锦 中国环境与发展国际合作委员会 中方首席顾问

### 专题组组长/主要执笔人\*:

张永生 中国社会科学院生态文明研究所 所长/研究员

### 课题组成员\*:

禹湘 中国社会科学院生态文明研究所

李红玉 中国社会科学院生态文明研究所

张卓群 中国社会科学院生态文明研究所

朱守先 中国社会科学院生态文明研究所

马雪芮 中国社会科学院生态文明研究所

### 协调员:

徐政雪 中国社会科学院生态文明研究所

\* 本专题政策研究项目组成员以其个人身份参加研究工作，不代表其所在单位，亦不代表国合会观点。

## 执行摘要

### 【研究意义】

2021年10月发布的《党中央、国务院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》指出，做好碳达峰、碳中和工作，防范风险是重中之重，要“处理好减污降碳和能源安全、产业链供应链安全、粮食安全、群众正常生活的关系。”

本报告旨在从新发展理念视角，对中国碳中和的风险防范问题进行前期研究，为第七届国合会研究工作提供前期支撑。

### 【研究重点】

本报告在新发展理念下对实现碳中和目标过程中的转型风险进行重新认识和分析。报告首先揭示碳中和的实质及其对中国现代化的含义，然后对碳中和面临的风险进行总体研判，并对具体风险进行分析，再以重点煤炭地区的碳中和的主要风险防范为例进行分析。在分析过程中，我们对国内外相关研究进行评述。最后，报告提出今后碳中和风险防范的主要研究方向和研究思路。

不同的发展理念决定着对碳中和风险的不同认识和不同的应对思路。如何认识和防范碳中和过程中的风险，关键在于能否“完整准确全面”地理解和贯彻新发展理念。目前碳中和面临的突出问题，就是不自觉地用旧发展理念落实碳中和工作。由此带来的后果，就是缺乏对风险问题的准确理解和防范。

从生态文明视角看，是否“完整准确全面”贯彻新发展理念，其标准就是如何看待“环境与发展”之间的关系。如果认识到“环境与发展”之间可以形成相互促进的关系，就是新发展理念；反之就仍然是传统发展理念，对“环境与发展”之间关系的认知还停留在相互冲突的基础之上（也即“先污染后治理”模式），无法理解碳中和对中国的战略机遇和形成机制。

从新发展理念的视角看，过去传统发展理念下对风险的认识，有些可能高估，有些可能低估，有些甚至未被意识到。在应对风险时，新旧发展理念的解决思路，亦有很大不同。总体而言，旧发展理念是在“环境与发展”相互冲突的认识前提下处理风险问题，解决思路

是在冲突关系下如何扩大折中空间，而新发展理念则从“相互促进”的思路和路径上寻求解决。

### 【主要政策建议】

关于“双碳”目标的风险防范，现在最需要的是跳出传统工业化思维，在新发展理念下对相关风险进行重新认识和评估，并提出新的风险防范思路和具体政策建议。

第一，碳中和新的话语体系和政策论述研究。目前出现的关于碳中和的认识上的一些反复，很大程度上是未能建立起关于碳中和促进经济发展的话语体系和政策论述。必须认识到，最大的风险是不转型的风险，转型反而是中国发展“换道超车”的历史机遇。在复杂严峻的形势下，决策者应保持碳中和的战略定力。

第二，对现有的所谓转型风险进行重新认识和评估。目前讨论的很多转型风险，实际上并非来自绿色转型，而在于传统发展模式本身的积弊。转型只是将暂时掩盖的风险暴露。因此，解决这些风险的根本，是靠彻底转变发展方式，而不是不转型或拖延转型。如果不转型，这些风险总会爆发，破坏性更大。现在担心的所谓转型风险，很多其实同“双碳”基本无关。将这些所谓的风险归于“双碳”，对中国会产生非常不利的影响。与此同时，有些风险则被大大低估。比如，碳中和对很多产业“推倒重来”的冲击。

第三，碳中和背景下政府职能转变研究。目前关于政府职能的标准定义，很大程度上是基于以传统工业化模式为基础的市场经济下的认识。当传统工业化模式因为不可持续而必须进行绿色转型时，相应的市场和政府的职能也必须进行转型。

第四，如何更好地发挥市场对降低风险的机制研究。功能完善的市场机制是避免“双碳”风险的最有效手段之一。有效的市场机制不但可以减少风险的发生，还可以在风险发生时分散风险，提高经济韧性。

第五，推动绿色转型的突出问题、政策路径和机制设计研究。目前出台的“1+N”政策体系，在具体落实时还需要做大量深入细致的工作，包括如何进一步提出具体政策建议，如何对实施过程中可能出现的问题进行预警，如何对实施过程中的经验和教训进行及时总结，等等，尤其要避免行政操作不当引发的风险，比如，对所有地区、行业“一刀切”政策。

第六，将“双碳”纳入生态文明建设的整体布局的重点研究。一方面，由于“双碳”目标的实现是一个系统工程，如果不将“双碳”目标纳入生态文明整体布局，则目标就很难

实现。另一方面，目前一些“为碳而碳”的单一思维，未能将减碳同生态环境资源等进行统筹协调，甚至在一些情形下加剧了不可持续。

第七，绿色技术创新风险激励机制研究。绿色转型是一个“0→1”的过程，新技术在研发或/和推广过程中，在技术上和市场上都面临“惊险的一跳”。如果没有有效的风险分担机制，比如资本市场机制设计、保险机制、社会保障机制等，则绿色转型的行动，就会因为风险大而无法实现。

**关键词：新发展理念、碳达峰、碳中和、绿色转型、风险防范**

# 目录

一、研究目标和背景 .....	6
二、理解碳中和的重大历史机遇与挑战 .....	8
三、对碳中和风险的总体研判 .....	10
四、碳中和与重点风险防范 .....	18
五、重点煤炭地区绿色转型的挑战与风险 .....	21
六、今后的研究议题和政策含义 .....	23
参考文献 .....	26

# 新发展理念下碳中和的风险防范

——国合会专题政策研究前期研究

## 一、研究目标和背景

本报告旨在从新发展理念视角，对中国碳中和的风险防范问题进行前期研究，为第七届国合会研究工作提供前期支撑。自2020年9月22日习近平主席在第75届联合国大会宣布“双碳”目标以来，全国上下积极贯彻落实。经过一年的试错、纠偏，以2021年10月陆续出台《党中央、国务院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》等“1+N”系列政策为标志，中国“双碳”目标进入起飞阶段。《意见》强调，做好碳达峰、碳中和工作，防范风险是重中之重，要“处理好减污降碳和能源安全、产业链供应链安全、粮食安全、群众正常生活的关系，有效应对绿色低碳转型可能伴随的经济、金融、社会风险，防止过度反应，确保安全降碳。”

如何认识和防范碳中和过程中的风险，关键在于能否“完整准确全面”地理解和贯彻新发展理念。目前碳中和面临的突出问题，就是在落实碳中和的过程中，不自觉地陷入旧发展理念。由此带来的后果，就是缺乏对风险问题的准确理解和防范。对有些风险往往高估，对有些则低估，对有些甚至完全缺乏意识。因此，新发展理念是准确认识和防范风险的重要前提。

从生态文明视角看，是否“完整准确全面”贯彻新发展理念，其标准就是如何认识“环境与发展”之间的关系。传统工业化模式是建立在“环境与发展”之间相互冲突基础之上，也即“先污染后治理”模式。如果认识到“环境与发展”之间可以形成相互促进的关系，即“越保护、越发展”，就是新发展理念；反之就仍然是传统发展理念，无法理解碳中和对中国的战略机遇和形成机制。



本报告在新发展理念下对实现碳中和目标过程中的转型风险进行重新认识和分析。报告首先揭示碳中和的实质及其对中国现代化的含义，然后对碳中和面临的风险进行总体研判，并对具体风险进行分析，再以重点煤炭地区的碳中和的主要风险防范进行分析。在分析过程中，我们对国内外相关研究进行评述。最后，报告提出碳中和风险防范的主要研究方向和研究思路。

### 专栏 1：碳达峰、碳中和的重要政策节点

2020年9月22日，习近平主席在75届联合国大会上宣布“双碳”目标，在国际社会引起巨大反响，极大提振了全球应对气候变化的信心。在10月底的十九届五中全会上，“双碳”目标纳入第十四个五年规划和二〇三五年远景目标。在2020年12月的中央经济工作会议，“双碳”目标被纳入2021年八项重点工作。在2021年3月的“两会”上，“双碳”成为社会舆论热点。

2020年3月，中央财经委第九次会议，提出将碳达峰、碳中和纳入生态文明建设整体布局。

2021年7月30日，中共中央政治局召开会议，要求统筹有序做好碳达峰、碳中和工作，坚持全国一盘棋，纠正运动式“减碳”，先立后破，坚决遏制“两高”项目盲目发展。

2021年9月21日，习近平主席以视频出席第七十六届联合国大会一般性辩论，宣布中国不再新建境外煤电项目。

2021年10月12日，习近平主席在《生物多样性公约》第十五次缔约方大会领导人峰会上发出“开启人类高质量发展新征程”的倡议，并宣布中国将陆续构建“1+N”的“双碳”政策体系。

2021年9月22日，中共中央、国务院出台《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》。随后，发布《2030年前碳达峰行动方案》，“1+N”措施陆续出台。以此为标志，中国“双碳”工作进入加速推进的新阶段。在联合国气候变化公约第26次缔约方大会前夕，中国公布《中国落实国家自主贡献成效和新目标新举措》。

2021年12月8日至10日，习近平总书记在中央经济工作会议上发表《正确认识 and 把握我国发展重大理论和实践问题》重要讲话，强调要“正确认识和把握碳达峰碳中和”。对于在实际工作中出现一些问题，有的搞“碳冲锋”，有的搞“一刀切”、运动式“减碳”，甚至出现“拉闸限电”现象，这些都不符合党中央要求。要科学考核，完善能耗“双控”制度，创造条件尽早实现能耗“双控”向碳排放总量和强度“双控”转变，加快形成减污降碳的激励约束机制。

## 二、理解碳中和的重大历史机遇与挑战

正确认识和防范碳中和的风险，首先是要从历史高度认识碳中和的重大机遇与挑战。“双碳”目标是中央深思熟虑后做出的重大战略决策，是中华民族伟大复兴和永续发展的需要。“双碳”目标是生产生活方式的自我革命，实质是工业革命以来发展范式的深刻转变。它既是前所未有的挑战，更是中国发展的重大战略机遇。讨论绿色转型风险时，不能简单地就风险论风险，而是要跳出传统工业时代的思维方式和狭隘的时空局限，在宏大历史背景下理解碳中和的战略深意及其重大意义。这样才能识别：（1）转型的机遇（收益）在哪里、机遇有多大，（2）风险在哪里、风险有多大。在此基础上，才能通过政策降低风险、提高收益，根据风险收益分析（Risk-benefit analysis）进行客观分析。

碳中和不是“要不要做”的选择题，而是“如何实现”的应用题。讨论碳中和的机遇与风险时需要明确，不是因为碳中和的机遇大于风险，我们才要进行碳中和，而是因为现有发展模式不可持续，碳中和是一个别无选择的目标。我们面临的问题，是在实现碳中和的过程中如何抓住机遇、降低风险，以更有效地实现碳中和。

### （一）全球碳中和共识与行动标志着绿色发展时代的开启

全球范围的碳中和共识与行动，是工业革命以来发展范式的革命性改变。第一，目前约有 132 个国家，1165 个地区，235 个城市和 69701 个企业提出了净零排放的气候承诺。这些国家碳排放量 and 经济总量均占全球的 90% 左右，人口占 85% 左右

（<https://eciu.net/netzerotracker>）。第二，这些国家有七成左右都属于发展中国家。按照过去发达国家的发展路径，碳排放要先到达一个高峰然后才能下降，整体呈“倒 U 型”曲线。现在这么多发展中国家承诺碳中和，通过低碳模式实现经济起飞，是对传统发展模式和发展理论的颠覆性改变，是一个划时代的转变（张永生、禹湘，2021）。

碳中和背景下的发展范式转变，不同于过去讨论的发展方式转变。过去更多的是强调效率提升、产业升级，以及“微笑曲线”。诚然，一个国家可以升级到产业链的顶端，通过将高排放产业转移到其他发展中国家或地区来减少本国生产端的碳排放；但是，其消费端的碳排放，却由于大量进口高碳产品而不会减少。对全球减排和应对气候变化而言，单

个国家的这种产业升级就没有太大的实质意义。生态文明视角下的绿色转型，则是指从发展内容到发展方式的全面转型。

## （二）开启全面建设社会主义现代化新征程与全球碳中和进程正好吻合

2020年，中国进入第二个百年目标，开启全面建设社会主义现代化建设的新征程。第二个百年目标，不是第一个百年目标的简单延伸，也不是简单地追赶发达国家的现代化，而是对工业革命以来建立的现代化概念的重新定义。

目前全球广为接受的现代化概念是在工业革命后形成，且主要是以少数发达工业化国家为标准的现代化。这种建立在传统工业文明基础上的现代化，虽然极大推动了人类文明进程，且中国亦是这种现代化概念的最大受益者之一，但这种基于传统工业化模式的现代化有其内在局限：一是不可避免地导致生态环境不可持续；二是导致发展目的与手段的背离，难以最终实现全面提高人的福祉这一发展的根本目的；三是无法以此实现地球上所有人口共同繁荣的现代化，更遑论以此建立人类命运共同体。因此，仅仅思考“如何实现现代化”已远远不够，更应该对“什么是现代化”，进行深刻反思和重新定义，建立面向未来和全球普适的中国现代化新论述。

对现有现代化模式存在的问题，人们也一直在试图进行修正。但是，这些思维更多的是在传统绿色工业文明的思路下寻求问题的解决，未能从根本上揭示这些危机的实质乃是现代化范式的危机，因而也就无法真正克服这些危机。中国式现代化的一个重要特征，是“人与自然和谐共生”的现代化。这是对现代化概念的重新定义，跳出了狭隘的经济视野和传统工业文明价值观，从“人与自然”更宏大视野和生态文明价值观出发，建立面向未来且具有全球普适性的中国现代化新论述。

## （三）全球疫情加快绿色转型

全球碳中和是对工业革命后建立的传统发展模式的校正，而某种程度上，全球新冠疫情爆发也是对传统发展模式的校正，以及对绿色发展前景的大测试。工业革命后形成的发展模式不可持续，根本原因是这种模式导致“人与自然”关系的破坏。也正是“人与自然”关系的破坏，才导致像新冠这样的危机出现。人与自然关系破坏带来的危机，其表现形式可能是全球变暖、极端天气，也可能是自然界的病毒传播到人类。

新冠疫情对传统工业化模式弊端的校正，表现在两个方面：一是发展观念和内容的转变。疫情很大程度上重塑了传统工业时代被商业力量塑造的“美好生活”概念。二是发展方式的改变。由于疫情的阻隔，很多经济活动和交易都是在网上远程进行。新冠疫情不仅昭示了绿色发展的方向，也是对绿色发展可行性的一次大测试。我们反思疫情的时候，一定要从根本上反思工业革命后形成的传统发展模式的弊端，从生态文明中找到根本的解决出路。

因此，碳中和不只是一个简单的节能减排和技术创新的问题，而是工业革命以来最全面深刻的发展范式的转变。只有从这种大的历史背景下理解碳中和，才能清醒地认识到碳中和代表的历史大势，才能在面对各种碳中和转型风险时保持战略定力，从容应对。

### 三、对碳中和风险的总体研判

不同的发展理念决定着对风险的不同认识和不同的应对思路。从新发展理念的视角看，过去传统发展理念下对风险的认识，有些可能高估，有些可能低估，有些甚至未被意识到。在应对风险时，新旧发展理念的解决思路，亦有很大不同。总体而言，旧发展理念是在“环境与发展”相互冲突的认识前提下处理风险问题，解决思路是在冲突关系下如何扩大折中空间，而新发展理念则从“环境与发展”相互促进的不同思路和路径上寻求解决。

#### （一）关于转型风险研究及其存在的问题

目前，对碳中和风险的认识有两种基本观点。一种是悲观论，认为中国的现代化和工业化还没有完成，从2030年碳达峰到2060年碳中和只有30年时间，相比很多发达国家70年左右的时间，挑战和风险特别大。一种是乐观论，认为碳中和将带来超过200万亿元的投资，这会刺激中国经济增长<sup>1</sup>。这两种观点均有其合理性，但对碳中和的理解均存在一定偏颇。总体而言，目前关于碳中和风险问题的研究，存在着以下特点。

---

<sup>1</sup> 不同的机构有不同的预测。比如，中国投资协会发布的《零碳中国·绿色投资蓝皮书》中测算碳中和相关的投资规模约70万亿；清华大学气候变化与可持续发展研究院估算为127.2-174.4万亿之间；国家发改委价格监测中心研究人员估算超过139万亿元。北大光华的估算为250万亿元。

第一，在对风险的认识上，由于传统发展理念是基于“环境与发展”相互冲突的认知，往往低估转型的好处、高估转型的风险。尤其是，在经济增长面临困难时，就开始动摇“双碳”的决心，重点讨论所谓如何平衡“双碳”和增长之间的关系。这种讨论的前提，是假定“双碳”阻碍经济增长。以气候变化为例。在标准的气候变化分析中，减排的好处被定义为避免气候变化的损失（Nordhaus, 2009），成本则是减排的投入。实际上，减排好处不只是避免气候变化的损失，更有可能使经济跃升到一个更有竞争力的结构，从而远远大于“避免气候变化的损失”。根据联合国政府间气候变化专门委员会（IPCC, 2021）的第六次评估报告（AR6），即使各国现有承诺的减排目标都能实现，到2100年全球温升也将达到2.4℃，距实现《巴黎协定》的全球减排目标仍有很大差距。

第二，在处理风险时，更多的是在传统的“环境与发展相互冲突”的旧思维框架下思考问题，往往看不到绿色转型的重大新机遇，更多的是讨论如何让减排成本可承受（Nordhaus, 2009）。在此基础上，进一步讨论如何减少对特定行业、地区和群体的冲击。思考问题的思路，更多的是在讨论变革过程中如何实现对弱势群体的保护，不是在整体经济帕累托改进的框架下讨论对受损部门的补偿（Kaldor-Hicks improvement）。

第三，对一些特定部门面临的风险有高估的倾向。由于实现“双碳”目标的前提是去化石能源，在讨论碳中和的风险时，人们更多的是关注化石能源退出引发的失业、亏损、资产状况恶化等冲击，并倾向于夸大转型对化石能源行业的冲击。根据中国政府的规划，2030年新能源达到25%，2060年达到80%。“双碳”目标提出后，人们对化石能源的预期发生改变，化石能源在很多人心目中“一夜之间”成为不良资产。但是，化石能源被新能源替代并不意味着化石能源行业从此就成为不良资产。相反，在去化石能源的过程中，化石能源行业只要在其存续期间，都可能保持合理盈利水平。

第四，普遍低估碳中和对产业冲击的深度和广度。碳中和和碳达峰是两个不同的概念。碳达峰在传统发展模式下也能实现，但碳中和则是发展范式的转变，是一个“创造性毁灭”过程，意味着很多产业会推倒重来。比如，汽车产业从传统燃油车转向电动汽车，不只是简单地用电动机替代内燃机，也不只是简单地用自动驾驶替代司机，而是对汽车概念的重新定义，是产业链条重塑。就正如手机从当初单一的通话功能，转变到智能手机后功能大幅拓展，且相应的产业生态链发生巨大转变一样，以汽车业为代表的很多产业及其产业生

态系统，也会出现颠覆性转变。如果对此缺乏充分的认识和估计，就会对不期而来的风险猝不及防。

第五，在风险问题上，全球层面和国家层面关注的重点各不相同。在全球层面，经济学界对气候变化的主流分析，更多的是在讨论不转型引发的不确定性风险（Weitzman, 2009），即温室气体达到一定阈值（Tipping point）后引发的加速气候变化的风险。在本地层面或国家层面，则更多的是关注转型对特定行业、地区和群体的冲击。

## （二）绿色转型面临风险的总体研判

《意见》指出，碳达峰、碳中和工作中，防范风险要“处理好减污降碳和能源安全、产业链供应链安全、粮食安全、群众正常生活的关系，有效应对绿色低碳转型可能伴随的经济、金融、社会风险，防止过度反应，确保安全降碳。”下面，我们从这几方面对绿色转型的风险进行总体研判。

### 1. 关于减污降碳与能源安全

在化石能源时代，除了化石能源碳排放带来的不可持续风险外，石油、天然气高度依赖进口，也隐含重大安全风险。目前，中国化石能源占85%左右，且“多煤少油缺气”的能源结构，使得中国对石油、天然气的对外依存度分别高达70%和40%左右。从这个角度讲，能源转型不仅可以实现中国发展的可持续，还可以降低能源安全风险。从化石能源转向新能源，潜在的主要风险包括——

一是新能源特性带来的供给不稳定性风险。降低风险不仅取决于技术进步（储能技术、电网技术等），也取决于新商业模式（比如，分散储能系统）、电价改革引导用能时点分布、新能源与火电组合，等等。目前，以可再生能源为主体的电网如何维持稳定性，在技术上仍然是一个很大的挑战。

二是新能源时代依赖关键金属矿物引发的风险。从碳排放密集的化石能源转型到金属密集的能源体系，对关键金属矿物的需求会飙升，由此引发供应链风险和地缘政治风险。

三是能源转型速度过快带来的风险。能源转型不是简单地填补“总能源需求与新能源供给之间缺口”，背后更是基于传统化石能源的庞大产业体系转型的问题。转型速度过慢固然会引发风险，转型速度过快，类似“休克疗法”，同样可能引发风险。

四是能源价格机制引发的风险。2020 年大范围的“拉闸限电”，同缺乏灵活的电力价格机制等相关，同“双控”目标缺乏灵活的实现机制亦有关，同“双碳”工作本身其实并没有太直接关系。

五是未来中国能源需求总量的增长路径，也决定着能源风险的量级。如果按照西方生活方式不加限制地扩张能源需求，则中国能源风险就会放大。应始终坚持“节约优先”和能源“双控”的原则，不能简单遵循发达国家能源总量需求增长路径。即使今后新能源极其廉价，也必须坚持能源节约的原则。比如，中国的家庭用电、人均汽车拥有量增长曲线等，不能再走欧美发达国家的老路。

现有对能源的需求预测和转型路径设计，更多的是从过去发展经验以及发达国家经济增长与能源需求之间的关系来进行预测（林伯强，2022）。但是，当传统工业化模式由于不可持续而必须转变时，生产内容和生产方式均会发生转变，与之相应的能源需求也必须主动进行调整。在未来绿色发展方向下，中国的经济结构、消费结构、城镇化模式、交通模式等，都会同发达国家有大的区别。比如，中国的千人汽车拥有量不到 200 辆，美国为 800 多辆；美国家庭部门的人均用电量是中国的 6 倍左右。显然，美国的生活方式如果复制到全球，则全球发展就一定不可能持续。中国不能复制美国高度依赖私人汽车的消费模式和生活方式。这样，未来对能源的需求情境，就会发生深刻变化。

## 2. 关于碳中和与绿色产业链供应链安全风险

由于中国在新能源、新能源汽车等绿色产业具有全球竞争力，全球碳中和为中国产业发展提供了一个“换道超车”的历史机遇，但也因此带来了新的全球供应链风险。在新能源方面，中国光伏产业为全球市场供应了 60% 以上的硅料、90% 以上的硅片、89% 左右的电池片、70% 以上的组件。同时，我国也是世界上最大的风机制造国，产量占全球的一半。全球前 15 大风机厂商的市场占有率排名，中国占 10 家。2021 年中国可再生能源的投资，占全球 35%，占全球前十大投资国投资总和约一半。在新能源汽车方面，中国同样有较大优势。2020 年和 2021 年，中国新能源汽车占全球销量分别为 41% 和 53%。在全球二十大新能源汽车厂家中，中国占 12 家，德国 3 家，美国 2 家。2021 年中国新能源汽车出口达到 31 万辆，同比增长 304.6%。

一是大国竞争带来的国际供应链风险。在过去，全球产业分工产生的风险是靠稳定的市场契约机制及多边贸易合作机制（WTO）来控制。近几年，由于个别大国以“公平贸易”

之名发起的贸易战、以安全名义发起的“卡脖子”断供、以人权问题发起的制裁等非市场化行为，这两个机制均不再像过去那样有效。与此同时，全球新冠疫情爆发，导致供应链受到很大冲击。在这种新的条件下，如何建立起有效的风险防范机制，就成为一个新的挑战。

二是能源系统全面转换带来的供应链风险。随着化石能源转向关键金属矿物密集的新能源体系，对关键矿物的需求会大幅飙升，相应的供应链风险也会大幅增加。根据国际能源署预测，光伏发电对金属资源的需求是燃气发电的 5 倍；海上风电对金属资源需求是燃气发电的 13 倍。电动车队金属矿物的需求是燃油车的 6 倍。未来 20 年，总的金属矿物需求将提高 6 倍。其中，锂的需求增加 42 倍，石墨需求增加 25 倍，钴的需求增加 21 倍，镍的需求增加 19 倍，稀土增加 7 倍（IEA, 2021）。

目前看来，中国在关键金属矿物上面临的风险，总体处于可控状态，但风险在持续增加。由于中国较早就开始强调充分利用“两个市场”和“走出去”战略，中国在全球关键矿物上已有较好布局。目前，中国在关键矿物的供给上相对主动，供应总体稳定。但是，由于全球碳中和以及技术进步的速度大大超过预期，全球对关键矿物的需求会大幅增加，相应的供应风险和不确定性也随之加大。尤其是，随着中国新能源和电动车在全球市场快速扩张，目前不需要依赖进口的关键矿物，很多会成为高度依赖进口且相互竞争的关键矿物。

中国对关键矿物的需求，不只是满足国内产品需求，也是为了满足全球产品需求。目前，中国是全球最大的可再生能源市场和设备制造国，光伏产业为全球市场供应了 60% 左右的多晶硅、90% 左右的硅片、75% 左右的电池片，以及 70% 左右的组件。同时，中国还是世界上最大的风机制造国，产量超过全球的一半，也是世界上最大的智能电动车生产国。中国正从传统意义上的世界工厂，转型升级为全球绿色智能制造工厂。由于中国有庞大的国内市场支持和绿色发展战略，绿色产业体系的扩张具有独特优势，预期今后“中国绿色制造”的很多产品，将会在上居居于支配地位。

国内和国外需求的叠加，会带来中国对关键矿物需求的快速增长，进而一些矿物会由自给变为依赖进口。以铬为例，2000 年之后，随着中国在不锈全球市场份额快速扩大，中国对铬的需求随之大幅上升。中国新能源和电动车等高科技相关的很多关键矿物需求，应该都会遵循这个路径快速扩张。因此，中国必须未雨绸缪，做好应对关键矿物需求大幅增加后依赖进口的准备(王鹏等，2021)。



### 3.“双碳”目标与粮食安全需要新思路

所谓粮食安全，就是粮食供给保证满足粮食的需求<sup>2</sup>。但是，对粮食需求有两个不同的标准，一是商业需求的标准；二是健康营养需求的标准。长期以来，尤其在基本的温饱问题解决后，粮食安全更多的是根据商业需求进行定义。发达国家过去的粮食需求增长路径，就成为估测本国粮食需求的主要依据。但是，由于发达国家的饮食结构和农业结构更多的是在商业力量驱动下形成，这种基于商业力量的粮食总量需求和结构需求标准，带来了大量的健康、环境资源等问题。粮食供给和需求之间，长期处于随时可能失衡的状态。目前的粮食安全风险，很大程度上就内置于这种粮食需求的概念之中。

这种基于商业需求定义粮食安全概念的逻辑，同背后的传统工业化逻辑一脉相承。农业“现代化”的过程，就是一个被工业化逻辑改造的过程。如果从生产内容（what）和生产方式（how）两个维度考察，则农业“现代化”的过程中，农业的生产内容就从过去的植物性产出为主转向动物性产出为主，生产方式则由过去的生态农业转变成工业化农业、石油农业和单一农业。传统工业化模式不可持续，而在工业化逻辑下形成的农业发展模式，同样不可持续。

以 WHO 的健康营养需求标准看，全球粮食供给实际上远超目前的粮食需求。但是，由商业力量驱动的粮食需求，不仅使得粮食需求持续扩张，而且推动农业结构向动物性产品结构转变。在这个过程中，农业结构和饮食结构相互促进，不断偏离健康营养需求结构，最终形成“饮食结构-健康-农业结构-环境”的恶性循环。也就是，以动物性产品为主的“现代”饮食结构，带来大量健康风险（所谓“富贵病”）和医疗支出，而这种现代饮食结构，又对应动物性农业供给结构。由于动物性产品的资源环境代价远远大于植物性产品，这种特定的饮食结构和农业结构，就对应着严重的生态环境资源气候变化等问题。比如，全球 77% 的农业土地直接或间接用于动物性产品的生产；一半左右的粮食用于动物饲料（<https://ourworldindata.org/land-use>）。

---

<sup>2</sup> According to the United Nations' [Committee on World Food Security](#), food security is, specifically, defined as meaning that all people, at all times, have physical, social, and economic access to sufficient, safe, and nutritious food that meets their food preferences and dietary needs for an active and healthy life.

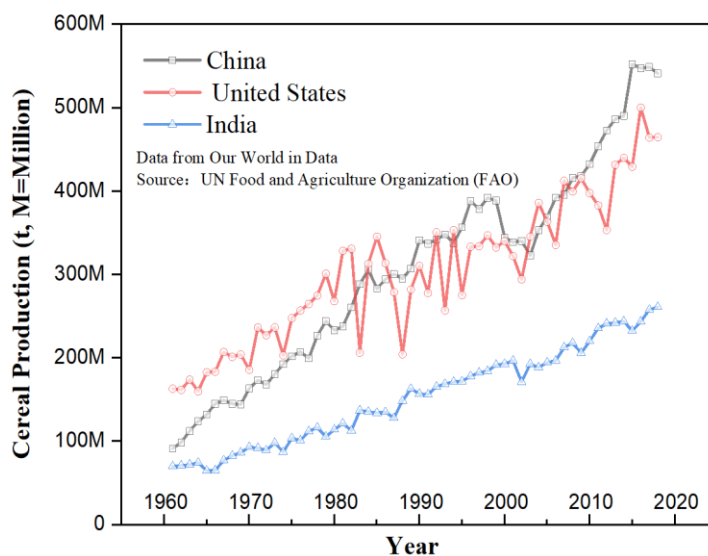


Figure 1. Cereal Production Comparison of China, United States and India

图 1 中国-美国-印度谷物产量比较

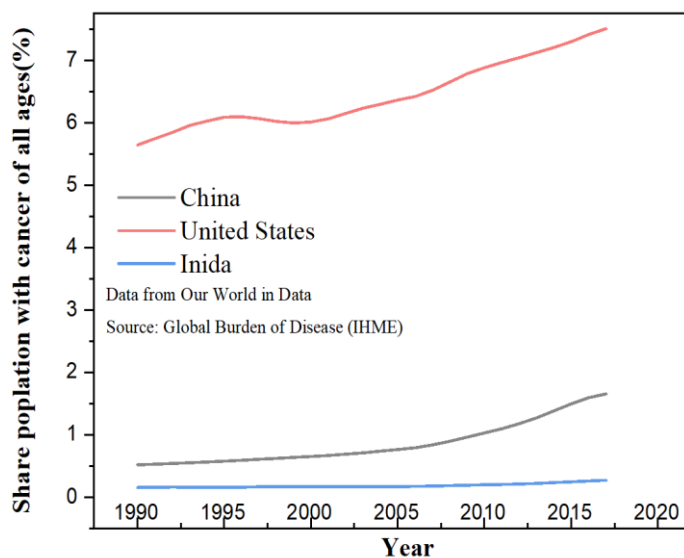


Figure 2. Cancer Percentage Comparison of China, United States and India

(Share of population with any form of cancer in Figure 2 and Figure 3 is measured as the age-standardized percentage. This share has been age-standardized assuming a constant age structure to compare prevalence between countries and through time.)

图 2. 中国-美国-印度癌症发生率比较

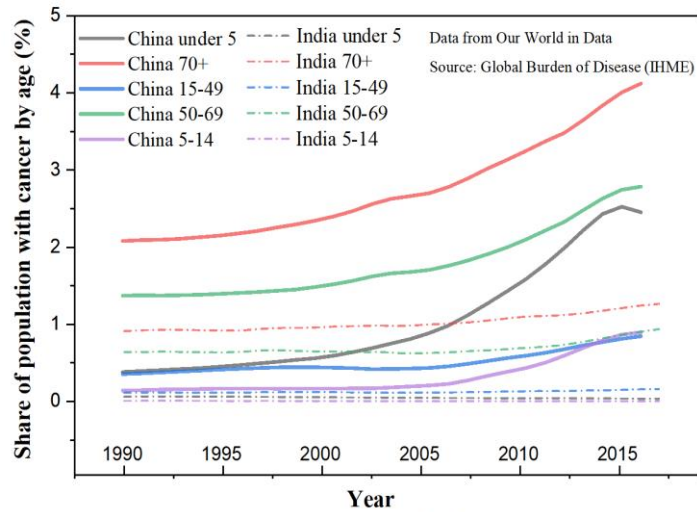


Figure 3. Share Comparison of Population with Cancer by Age, China and India

图 3. 中国与印度不同年龄断癌症发生率比较

这些问题的背后，均是传统工业化逻辑和商业力量在驱动。“现代”农业本质上是高碳“石油农业”，农业成为生态环境破坏的主要因素。在气候变化方面，农业温室气体排放不仅成为气候变化的驱动因素（碳源），农业自身也成为气候变化的受害者。根据 IPCC 第六次评估报告，农业、林业和其他土地利用排放占 23%。由于“现代”农业建立在工业化逻辑基础之上，其投入、生产、加工、销售等环节，均高度依赖全球分工贸易，从而本地农业也就同全球市场风险直接相联。

如果比较一下中国、美国和印度的粮食产量和健康状况，就可以对“饮食结构-健康-农业结构-环境”的恶性循环有直观了解 (<https://ourworldindata.org/agricultural-production>)。中国和印度的人口相当，印度的粮食产量只有不到中国的一半（见图 1，且 2020 年印度为 3.08 亿吨，中国 2021 年为 6.8 亿吨），但印度却是粮食出口大国，大米出口占全球出口的 1/4。从 2004 年开始，中国从农产品净出口国成为净进口国。根据海关总署的数据，2021 年中国进口粮食 1.65 亿吨，占中国粮食总产量的 24.1%，粮食对外依存度为 19.4%，其中，大豆进口 9651.8 万吨，进口依存度为 85.5%。与此同时，虽然中国总体癌症发生率低于美国，但是高于印度且呈明显上升趋势（图 2）。实际上，中国每个年龄段的癌症发生率，均数倍于印度（图 3）。这个背后的原因，就是“饮食结构-健康-农业结构-环境”的恶性循环。美国的情况就更加糟糕。

因此，解决粮食安全问题，就需要对粮食安全概念进行重新定义，重新思考农业、饮食、健康、环境等基本问题，将“饮食结构-健康-农业结构-环境”的恶性循环转变为良性循环。在这个良性循环下，粮食的需求回归正常的健康需求，人们健康状况明显改善，资源环境问题得到改善。同时，农业发展方式从石油农业转向生态农业，现代农业就有望从碳源转变为碳汇。

#### 4. “双碳”目标与群众正常生活

“双碳”的根本目的，是让发展回归发展的初心，即提高人们的福祉。“双碳”不仅需要生产方式的深刻转变，也需要生活方式的深刻转变。在这个转型的过程中，群众的正常生活应不断得到改善。但是，这个发展范式的转变过程，可能会在特定阶段对特定人群的生产与生活产生不同的影响。

第一，“双碳”目标的直接内容是能源体系的转变，随着新能源成本大幅降低，长期来看会带动总的能源成本的不断降低，从而改善人们生活品质。

第二，由于碳中和是一个减少化石能源比重的过程，部分化石能源密集的地区、行业、群体会受到冲击。但是，化石能源比重降低，不一定意味着化石能源就此成为夕阳行业或不良资产。在去化石能源的过程中，由于能源供给总量可控，在“3060”路线图下，可以维持化石能源企业的合理盈利水平，以此促进新能源发展。这意味着，碳中和对一些特定人群的冲击，可以通过有效的政策和机制设计进行对冲。

第三，关于“双碳”影响群众生活的说法。一些人将2021年部分地区出现的“拉闸限电”原因归于“双碳”，但实际上“拉闸限电”主要是煤电价格不合理、化解煤炭过剩产能、出口拉动、地方上“两高”项目、天气，以及缺乏“双控”目标的灵活实现机制等原因引起，同“双碳”工作基本没有直接关系。

第四，一些地方在实施“双碳”工作的过程中，采取简单粗暴、“一刀切”的做法，比如随意关闭工厂等，的确影响了部分群众生活。这些是未能“完整准确全面”理解和贯彻新发展理念引起，也正是中央在《意见》中要纠偏的做法。

## 四、碳中和与重点风险防范

### （一）对碳中和的认识误区是最大的战略风险

全球碳中和是基于科学共识的结果，不是“可做可不做”的选择题，而是“如何做”的应用题，也是中国的重大战略机遇。认识和抓住这个机遇的关键，是“完整准确全面”理解和贯彻新发展理念。新发展理念的实质，是建立起“环境与发展相互促进”的认识和机制；传统工业时代的旧发展理念，则是将“环境和发展”视为对立关系，是一种“先污染、后治理”的发展理念和发展模式。如果不深刻理解碳中和问题的实质，就会将碳中和视为发展的负担，或将碳中和简化为一个技术问题、能源问题，或“为减碳而减碳”等等，由此带来战略风险。

### （二）不纳入生态文明建设整体布局的风险

减碳既有有利于生态环境保护和资源节约的一面，也有不利于生态环境保护和资源节约的一面。比如，减少化石能源可以改善空气污染，有利于健康，但新能源会大幅增加对关键金属矿物的需求，其采掘、冶炼、加工、制造、运输、安装、维护、报废处理等全生命周期，均会产生大量污染。如果为减碳而减碳，不考虑其他维度的风险，则单一的减排行为可能会加剧生态系统的破坏。因此，必须将“双碳”纳入生态文明建设整体布局，实现减碳与生态环保相互促进（张永生，2021）。

### （三）碳中和对重点煤炭地区的冲击

具体包括对经济、就业、财政等的冲击。这些煤炭富集地区的发展模式有两个典型特点。一是过去一直依靠传统工业化道路，即“挖煤、开矿、办工厂”。二是不仅严重依赖资源禀赋优势，而且经济处于传统工业化模式产业链中的高碳、低附加值产业链环节。这些地方不只是面临能源转型的问题，其更基于资源禀赋的整个产业基础（包括制造、服务）、财政基础、就业结构等，均需要系统转型。以内蒙古为例，其超过 80% 的工业是能源和原材料，六大高耗能工业约占其工业的 90%，单位 GDP 能耗是全国平均水平的 3 倍，单位 GDP 碳排放和人均碳排放是全国平均的 4 倍。与此同时，其风光等新能源资源和生态文化等资源也异常丰富，但却没有得到充分开发（包思勤，2021）。

#### （四）碳中和对重点工业行业的冲击

过去 40 年，制造业一直是中国高速增长的最重要引擎，也是中国环境问题的一个主要原因。工业碳排放总量仍占全社会碳排放总量的 70% 以上（其中约 40 个百分点为工业电力排放），能源消费占全社会能源消费总量的 60% 以上。作为世界工厂，中国大约 20-30% 的碳排放内涵在出口产品中。碳中和首当其冲的是化石能源行业。工业最为突出的是电力、钢铁、建材、有色金属、石油和化工六大高耗能行业，其碳排放占工业二氧化碳排放的 80% 左右。考虑到工业碳排放中电力排放约占 40 个百分点，加之这些行业的产量已达到或接近峰值，2030 年前实现工业碳达峰并不是一个特别难题，但最大的挑战是实现碳中和目标。碳中和是一个“创造性毁灭”过程，意味着经济的彻底重塑。很多产业面临着转型甚至淘汰的问题。这又会带来大量的转型公正问题，包括再就业、地方税收等问题。

#### （五）碳中和带来资产重新定价

由于“双碳”目标深刻改变市场预期，在新的约束条件和发展理念下，成本、收益、最优化行为等概念发生深刻变化，引发市场对特定行业尤其化石能源及其相关行业资产的重新定价。这会带来资本市场、股票市场、企业、居民户和国家的资产负债表的重大变化，对经济产生系统性冲击（朱民，2021）。这个过程，尤其需要谨慎处理，管控风险。但是，我们需要区分两个不同概念，即夕阳行业和不良资产行业。诚然，碳中和意味着去化石能源的过程，但这并不意味着化石能源行业就会成为不良资产行业。在“3060”的路线图下，化石能源比重会不断下降，但市场中的化石能源（及能源总体价格）可能会维持在相对高水平。这样不仅可以加快新能源的发展，也可以减少国家对化石能源行业的转型扶持负担。

#### （六）克服绿色结构跳跃的风险

绿色转型是从一种结构跳到另外一种结构。比如，从传统汽车跳到电动车，从传统出租车模式跳到网络平台共享租车模式，从化学农业跳到互联网生态农业。虽然新的结构下收益会更高，由于这个跳跃过程可能会失败，故如果没有相应的风险规避机制的话，转型就会很困难，经济就会锁定在传统经济结构。因此，需要建立一种“绿色保险”机制，以促进这种“0→1”的结构跳跃。这种机制，可以是类似农业保险、政府兜底补贴、新型资本创投机制等。

## （七）适应气候变化的风险

应对气候变化包括减缓和适应。农业科学家通常根据作物模型模拟气候变化对农业产量的影响，经济学家则引入“精明的农民”（smart farmer）概念，揭示农民会改变种植模式以适应气候变化（MNS,1994）。但是，由于市场复杂的价格反馈机制，改变种植模式并不一定会增加收入，不改变种植模式不一定会减少收入。因此，在很多情形下，分散的市场机制才是最有效的气候风险规避机制。

## 五、重点煤炭地区绿色转型的挑战与风险

“双碳”目标是中国发展的重大历史机遇，但也会对一些特定地区、特定行业、特定群体产生相应的冲击。内蒙古与山西是中国能源大省，煤炭产量均超过 10 亿吨，分别占全国煤炭产量的 30.71% 和 35.27%。长期以来，两地形成了基于煤炭资源禀赋的经济结构、就业结构、财税收入等。但与此同时，这两个地区都有丰富的新能源资源、生态资源和文化资源，有独特的绿色发展优势。根据中煤协《2021 年煤炭行业企业社会责任报告》，2020 年煤炭全行业从业人员接近 285 万人，其中大型煤企从业人员 210 万，占 74%。我们以这两个典型地区为例，对绿色转型面临的挑战进行总体研判，简要揭示其在“立”和“破”方面面临的主要风险。

### （一）总体情况

#### ——内蒙古

由于煤炭资源禀赋优势，内蒙古过去很大程度上走的是不可持续的传统资源型发展道路，在带来经济发展的同时，也带来了大量生态环境问题。内蒙古用全国 7.2% 的碳排放量生产全国 1.7% 的经济总量，能源消耗占 5.2%，是全国平均水平的三倍，人均碳排放水平是全国平均水平近四倍。目前，内蒙古的能源和原材料产业工业占规模以上工业增加值比重仍达到 82%，电力、化工、钢铁、有色、石化、建材等传统高耗能行业占规模以上工业的比重仍然占到 89%。内蒙古煤炭的外运量是保持在 5.5 亿到 6 亿吨，占全国跨省调煤量的 1/3。内蒙古向全国输送煤炭、煤电装机均为全国第一。电力外送通道输送电力始终占

全国第一位，将近 20%。目前，内蒙古经济发展过度依赖高耗能产业的总体格局尚未得到根本扭转。2020 年全区高耗能行业投资仍占制造业投资的 64% 以上（包思勤，2021）。

与此同时，内蒙古绿色资源也十分突出。其风能、光伏资源、生态资源均十分丰富。作为我国北方生态安全屏障，内蒙古走“生态优先、绿色发展”的转型之路，具有得天独厚的优势。内蒙古拥有 13 亿亩草原、3.5 亿亩森林、6000 多万亩水面和湿地，草原、森林面积均居全国之首，不仅是北方面积最大、种类最全的生态系统，而且是众多江河水系之源、北方大陆性季风必经之地，是这个核心区的重要生态安全屏障。此外，内蒙古的文化资源也非常丰富。

## ——山西

山西省煤炭储量达 507.25 亿吨，占全国储量的 1/3，是中国最大的煤炭省份。相应地，其经济也是建立在煤炭基础之上。高耗能产业比重占山西能源消耗总量约 70%，能源产品大部分输出省外。2021 年山西煤炭的外调量占本省产量约 60%，电力外输量占全省发电量超过 30%，焦炭的外调占全省产量的 80%。对于山西煤炭为主的产业结构现状，尤其需要“先立后破”，稳中求进。去煤对传统产业转型的压力必须妥善处理，避免影响全国产业链和供应链，影响山西经济的稳定发展。煤炭相关领域的地方财政收入占到 30% 以上，必须充分考虑财政收入的稳定性。与此同时，山西有丰富的新能源资源和文化资源，绿色发展也有独特优势。

## （二）“破”的挑战

在“破”的方面，这些地方具有的共性挑战主要是煤炭及煤基产业受到冲击，由此引发对就业、产业、地方财政、社会保障、生态环境、资产重新定价等方面的影响。但是，由于目前煤炭还没有真正进入下降通道，现阶段煤炭行业普遍保持盈利状态。煤电的困难则主要是煤电价格机制等因素，以及自身经营的影响。

煤炭及煤基产业（包括煤化工、煤电）由于资本密集程度高，加上历史债务，其负债率偏高。一旦关停或限产，会承受较大债务风险。同时，由于煤矿、煤电机组服务年限较长，高投入的资产会面临闲置和浪费。但是，由于去煤是一个有序渐进的过程，不是“一夜之间”全行业关闭，因此去煤过程的实际风险释放，也是一个渐进的过程。在去煤的过



程中，煤炭价格实际上有可能且有必要维持在一个合理的相对高水平。至于煤基产业的资产负债率高，同“双碳”目标并没有直接的关系。“双碳”目标只是进一步暴露了企业风险。煤炭产业及煤基产业是内蒙古和山西的税收大户，占地方财政收入1/3以上。但是，这种影响也不会立即释放。因此，虽然这些重点煤炭省份在“双碳”过程中面临很大挑战，但只要按照“3060”路线图稳步推进，各种挑战就可以克服。

### （三）“立”的挑战

——重点煤炭地区在全国“3060”路线图中的梯次。

——新能源建设和国土空间规划之间尚需进一步协调。

——清洁能源的输出问题尚待解决。

——绿色投资还没有形成市场化的途径和投资模式，相应的技术与人才也十分缺乏。

——内涵排放的补偿机制尚待完善。内蒙古和山西均为煤炭和煤电输出大省。虽然生产端碳排放高，但很大比例是为全国输出能源。如何界定内蒙古和山西这样的内涵排放输出省份的减排责任，并建立碳达峰、碳中和的地区合作机制，就成为一个重要议题。

——在绿色转型方面，中央和地方的职能如何准确界定，包括公共投资、财政支出责任等，都需要进行界定。

## 六、今后的研究议题和政策含义

关于“双碳”目标的风险，目前已有大量的研究。现在最需要的，是跳出传统工业化思维，在新发展理念下对相关风险进行重新认识和评估，在此基础上提出新的风险防范思路和具体政策建议。

### （一）碳中和新的话语体系和政策论述研究

目前出现的关于碳中和的认识上的一些反复，很大程度上是未能建立起促进碳中和的话语体系和政策论述。必须充分认识到不转型的坏处和转型的好处，强化对全球气候变化危机严重性和紧迫性的认识。尤其是，揭示全球气候变化对中国的危害。必须认识到，最

大的风险是不转型的风险，转型反而是中国发展“换道超车”的历史机遇。在复杂严峻的形势下，决策者应保持碳中和的战略定力。

## （二）对现有的所谓转型风险进行重新评估

目前讨论的很多转型风险，实际上并非来自绿色转型，而在于传统发展模式本身的积弊。转型只是将暂时掩盖的风险暴露。因此，解决这些风险的根本，是靠彻底转变发展方式，而不是不转型或拖延转型。如果不转型，这些风险总会爆发，破坏性更大。尤其是，需要对现有的所谓转型风险进行重新评估。现在担心的很多所谓转型风险，其实同“双碳”基本无关。比如，“拉闸限电”并非由“双碳”引起。将这些所谓的风险归于“双碳”，对中国会产生非常不利的影响。有一些风险，则被高估；有一些则被低估或未能意识到。

## （三）碳中和背景下政府职能转变研究

目前关于政府职能的标准定义，都是在以工业化模式为基础的市场经济下的定义。当传统工业化模式因为不可持续而必须进行绿色转型时，相应的市场和政府的职能也必须进行转型。

## （四）如何更好地发挥市场对降低风险的机制研究

功能完善的市场机制是避免“双碳”风险的最有效手段之一。有效的市场机制不但可以减少风险的发生，还可以在风险发生时分散风险，提高经济韧性。

## （五）推动绿色转型的突出问题、政策路径和机制设计研究

目前出台的“1+N”政策体系，在具体落实时还需要做大量深入细致的工作，包括如何进一步提出具体政策建议，如何对实施过程中可能出现的问题进行预警，如何对实施过程中的经验和教训进行及时总结，等等。尤其要避免行政操作不当引发的风险。比如，对所有地区、行业“一刀切”政策。

## **(六) 将“双碳”纳入生态文明建设的整体布局的重点研究**

一方面，由于“双碳”目标的实现是一个系统工程，如果不将“双碳”目标纳入生态文明整体布局，则目标就很难实现。另一方面，目前一些“为碳而碳”的单一思维，未能将减碳同生态环保资源里等进行统筹协调，甚至在一些情形下加剧了不可持续。

## **(七) 绿色技术创新风险激励机制研究**

绿色转型是一个“0→1”的过程，新技术在研发或/和推广过程中，在技术上和市场上都面临“惊险的一跳”。如果没有有效的风险分担机制，比如资本市场机制设计、保险机制、社会保障机制等，则绿色转型的行动，就会因为风险大而无法实现。

## 参考文献

习近平，2022，“正确认识和把握我国发展重大理论和实践问题”（2021年12月8日在中央经济工作会议上讲话的部分内容），《求是》，第10期。

包思勤，2021，“双碳#背景下内蒙古产业结构战略性调整思路探讨”，《内蒙古社会科学》，第42卷，第5期；

林伯强，2022，“碳中和进程中的中国经济高质量增长”，《经济研究》，第一期；

汪鹏，王翹楚，韩茹茹，等. 2021:“全球关键金属-低碳能源关联研究综述及其启示”[J]. 资源科学, 2021, 43(4): 669-681.

张永生、禹湘，2021:“中国碳中和的战略与实现路径”，载谢伏瞻主编，《中国经济形势分析与预测（经济蓝皮书）》，社科文献出版社。

张永生，2021:“为什么碳中和必须纳入生态文明建设整体布局：理论解释及其政策含义”，《中国人口资源与环境》，第9期。

朱民，2021:“碳中和将引发资产重新定价”，<https://www.yicai.com/news/101246964.html>;

中共中央、国务院，2021:《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实施意见》，[http://www.gov.cn/gongbao/content/2021/content\\_5649728.htm](http://www.gov.cn/gongbao/content/2021/content_5649728.htm)

IEA (2021), The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions, IEA, Paris <https://www.iea.org/reports/the-role-of-critical-minerals-in-clean-energy-transitions>;

IPCC, 2021, “The science of temperature overshoots Impacts, uncertainties and implications for near-term emissions reductions”, [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/06/SR15\\_Full\\_Report\\_High\\_Res.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/06/SR15_Full_Report_High_Res.pdf)

Mendelsohn, R., Nordhaus, W.D., & Shaw, D.(1994). The impact of global warming on agriculture: A ricardian analysis. The American Economic Review, 84(4), 753-771.

Nordhaus, W., 2019, “Climate Change: The Ultimate Challenge for Economics”, American Economic Review, Vol. 109, No. 6, June, pp. 1991-2014.

Weitzman, M. L., 2011, “Fat-Tailed Uncertainty in the Economics of Catastrophic Climate Change”, Review of Environmental Economics and Policy, volume 5, issue 2, summer 2011, pp. 275–292 doi:10.1093/reep/rer006.

## 致 谢

非常感谢中国环境与发展国际合作委员会（国合会）设立并支持“新发展理念下碳中和的风险防范”政策研究课题，为课题组专家提供了一个充分讨论和交流的平台。特别感谢国合会中方首席顾问刘世锦先生、外方首席顾问 Scott Vaughan 先生、生态环境部国际合作司司长周国梅女士，以及生态环境部对外合作与交流中心副主任、国合会助理秘书长李永红先生在课题实施过程中提供的咨询建议，感谢国合会秘书处处长张慧勇先生、副处长刘侃女士和赵海珊女士，以及国合会秘书处和国际支持办公室为本课题提供的组织和协调等方面的支持。