项目综合报告编写组 .《中国长期低碳发展战略与转型路径研究》综合报告［J］.中国人口 · 资源与环境，2020，30(11) : 1 - 25.

中国长期低碳发展战略与转型路径研究》综合报告

项目综合报告编写组

(清华大学气候变化与可持续发展研究院，北京 100084)

中图分类号 F062 文献标识码 A 文章编号 1002 - 2104 (2020) 11 - 0001 - 25 DOI: 10 . 12062 /cpre . 20201025

前言

2020 年是一个特殊的年份，在这一年中，新冠肺炎疫情肆虐，席卷全球，造成上千万人感染，夺去了上百万人的生命，对各国的公共卫生系统、公众健康、经济活动和居民生活造成了严重冲击，也深刻影响了并将重塑世界政治经济贸易格局。

与新冠肺炎疫情相似，气候变化也是人类面临的重大而紧迫的全球性挑战。新冠肺炎疫情是突发的、紧迫的危机，影响人类的健康和生命；而气候变化是更为长期、深层次的挑战，威胁人类的生存和发展。我们看到，过去几十年间，随着温室气体浓度的不断增加，气候变化和日益频发的极端气候事件越来越多地威胁到人类生存和健康，危害到陆地和海洋生态系统，带来生物多样性的丧失。IPCC 报告阐述了气候变化带来的八大灾难性风险，并提出，气候变化已经不是未来的挑战，而是眼前的威胁。联合国秘书长古特雷斯指出人类已经站在了事关存亡的十字路口，并呼吁世界各国努力应对气候变化这一人类最为重大和紧迫的问题。

面对新冠肺炎疫情、气候变化等重大危机，人类开始重新思考人与自然的关系，愈发认识到人类和自然是一个休戚与共的命运共同体，我们要更加尊重自然、顺应自然和保护自然，更加重视人与自然和谐共生，统筹当前和长远，未雨绸缪地应对全球性挑战。这就意味着，我们必须从根本上转变传统的生产方式、生活方式和消费模式，推动转型和创新，走绿色、低碳、循环的发展道路。不能就气候谈气候，就发展谈发展，就环境谈环境，而要将气候行动与经济、社会、环境、健康、就业、稳定、安全等问题作为一个大系统，实现协同发展，通过可持续发展的道路来应对气候变化，保护环境，扭转生物多样性丧失趋势，确保人类长期健康和安全。

今年的新冠肺炎疫情爆发后，通过绿色低碳发展实现经济复苏成为国际社会的普遍共识。联合国秘书长古特雷斯在 2020 年 5 月“地球日”提出绿色高质量复苏的倡议，号召世界各国确保气候行动处于经济复苏举措的核心。截至目前，全球已有一百多个国家承诺 2050 年实现碳中和。其中，欧盟 2019 年年底发布《欧洲绿色新政》，承诺于 2050 年前实现碳中和，并出台了关于能源、工业、建筑、交通、食品、生态、环保等七个方面的政策和措施路线图，坚持绿色复苏。新任欧盟理事会主席国的德国在提议的新冠肺炎疫情复苏计划中提出大力支持绿色增长，并将应对气候变化列为三大优先事项之一。美国众议院在 2020 年 6 月发布的《气候危机行动计划》报告也提出要为全球控制温升 1 . 5 ℃ 目标努力，将应对气候变化作为国家的首要任务，要实现 2050 年温室气体排放比 2010 年减少 88%、CO_2 净零排放目标，并从经济、就业、基础设施建设、公共健康、投资等各个领域详细阐述了未来拟采取的措施，该计划得到了民主党总统候选人拜登的赞赏和支持。

我国始终高度重视应对气候变化，坚持绿色发展、循环发展、低碳发展，一直将其作为促进高质量可持续发展的重要战略举措。我国将应对气候变化融入社会经济发展全局，从“十二五”起，以单位 GDP 碳排放强度下降这一系统性、约束性目标为抓手，促进低碳发展，2015 年提出了碳排放 2030 年左右达峰并尽早达峰等自主贡献目标，采取了调整产业结构、节约能源和资源、提高能源资源利用效率、优化能源结构、发展非化石能源、发展循环经济、

(c)1994-2021 china Academic Jlournal Electronic pubolishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

收稿日期：2020 - 10 - 12　修回日期：2020 - 11 - 01

作者简介：报告总指导：解振华。报告主编：何建坤。报告副主编：李政、张希良。报告编写组成员（以姓氏笔画为序）：王海林、田智宇、李政、何建坤、杨秀、周丽、陈思源、赵小凡、张希良、欧训民、顾阿伦、袁志逸、姚明涛、常世彦、郭偲悦、董文娟、滕飞。

通信作者：何建坤，教授，主要研究方向为能源系统工程和应对全球气候变化战略与政策。E-mail：hejk@ tsinghua . edu . cn。

(c)1994-2021 china Academic JIournal Electronic pubolishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

增加森林碳汇、建立运行碳市场、开展南南合作等各方面政策措施，推动全社会加速向绿色低碳转型。与 2005 年相比，2019 年的我国单位 GDP 二氧化碳排放下降了 48%，相当于减少二氧化碳排放约 56.2 亿 t，相应减少二氧化硫约 1 192 万 t、氮氧化物约 1 130 万 t。同期，GDP 增长超 4 倍，实现 95% 的贫困人口脱贫，第三产业占比从 41.3% 增长到 53.9%，煤炭消费比重从 72.4% 下降到 57.7%，非化石能源占一次能源比重从 7.4% 提高到 15.3%，居民人均预期寿命由 72.9 岁提高到 77.3 岁。由此可见，应对气候变化的政策行动，不但不会阻碍经济发展，而且有利于提高经济增长的质量，培育带动新的产业和市场，扩大就业，改善民生，保护环境，提高人们的健康水平，发挥协同增效的综合效益。

然而，我们应当看到，我国的低碳发展转型还存在巨大的发展空间和发展潜力，也面临巨大挑战：一是制造业在国际产业价值链中仍处于中低端，产品能耗物耗高，增加值率低，经济结构调整和产业升级任务艰巨。二是煤炭消费占比较高，仍超过 50%，单位能源消费的 CO_2 排放强度比世界平均水平高约30%，能源结构优化任务艰巨。三是单位 GDP 的能耗仍然较高，为世界平均水平的 1.5 倍、发达国家的 2~3 倍，建立绿色低碳的经济体系任务艰巨。

气候变化是我国可持续发展的内在需要。展望未来，中国特色社会主义现代化建设进入新时代，要解决发展不平衡、不充分的问题，协同推进发展经济、改善民生、消除贫困、防治污染等工作任务，实现到 2020 年年底全面建成小康社会、到 2035 年基本实现社会主义现代化、到 2050 年建成富强民主文明和谐美丽的社会主义现代化强国，绿色低碳转型发展是根本的解决之道。

应对气候变化是人类共同的事业。2017 年 10 月 18 日，习近平总书记在中国共产党第十九次全国代表大会上的报告中指出，引导应对气候变化国际合作，成为全球生态文明建设的重要参与者、贡献者、引领者。放眼全球，绿色低碳已成为各国经济体系、能源体系、技术体系、治理体系不可逆转的发展潮流，是应对人类共同危机的根本途径。以习近平生态文明思想为指导，推动世界范围内的绿色低碳转型，努力构建人类命运共同体，是我国作为发展中大国的责任担当。

因此，我们更要保持战略定力，在“十四五”“十五五”及未来更长的一段时期内，始终坚持绿色低碳的发展理念，推动生态文明建设，继续采取积极应对气候变化的政策和行动，百分之百落实已经提出的国家自主贡献目标，并要努力做得更好。站在当前的历史方位，面对日益复杂的国际形势，中国如何在新时代社会主义现代化建设的宏伟蓝图中规划低碳发展的战略、路径和措施，如何根据《巴

(c)1994-2021 china Academic Jlournal Electronic pubolishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

(c)1994-2021 china Academic JIournal Electronic pubolishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

黎协定》的原则履行符合我国国情和能力的国际责任和义 务，如何推动和引领全球气候治理进程，是我们必须深入 研究和思考的课题。

从 2019 年年初到 2020 年 6 月，清华大学气候变化与 可持续发展研究院与国家应对气候变化战略研究和国际 合作中心、国家信息中心、中国社会科学院城市发展与环 境研究所、中国科学院科技战略咨询研究院、国家发展和 改革委员会能源研究所、生态环境部宣传教育中心、商务 部国际贸易经济合作研究院、交通运输部科学研究院和清 华大学的能源与动力工程系、能源环境经济研究所、环境 学院、建筑学院等十几家研究机构合作，在清华大学教育 基金会全球绿色发展与气候变化专项基金和能源基金会 的资助下，开展了“中国长期低碳发展战略与转型路径研 究”项目，共设置 18 个研究课题。针对实现 2050 年建成 社会主义现代化强国、实现美丽中国目标、实现《巴黎协 定》全球温升控制目标以及全球可持续发展目标，综合考 虑社会、经济、政策和能源等宏观发展趋势与需求，开展多 领域、多学科的交叉和综合研究势在必行。

本综合报告是在各课题研究成果基础上，由综合报告 编写组进行系统梳理、协调、总结和提升，并重新编写而 成。希望我们的研究成果能够为社会各界开展相关研究 提供参考，为制定和实施国家低碳发展战略和各项政策提 供支撑，也为未来书写全球绿色低碳发展大趋势中的“中 国故事”贡献力量。

1 指导思想

党的十九大报告提出，综合分析国际国内形势和我国 发展条件，从 2020 年到 21 世纪中叶可以分两个阶段来安 排。第一个阶段，从 2020 年到 2035 年，在全面建成小康 社会的基础上，再奋斗十五年，基本实现社会主义现代化。 第二个阶段，从 2035 年到 21 世纪中叶，在基本实现现代 化的基础上，再奋斗 15 年，把我国建成富强民主文明和谐 美丽的社会主义现代化强国。《巴黎协定》就控制全球温 升不超过 2 ℃ 并努力控制 1 . 5 ℃ 以下的应对气候变化目 标达成共识，实现这一目标需要世界各国都必须加大控制 和减排温室气体的力度，到 2050 年全球要实现二氧化碳 的近零排放，甚至要实现净零排放。应对气候变化的挑战 是全人类的共同事业，中国要发挥重要参与者、贡献者和 引领者作用。

我国长期低排放发展战略要同时支撑上述两个目标 的实现: 实现中华民族的伟大复兴，为中国人民谋幸福，是 中国共产党的初心和使命 ; 同时也把为人类进步事业而奋 斗，为世界做出重大贡献作为自己的使命。到 21 世纪中 叶，我国要努力实现社会主义现代化强国建设目标的同

(c)1994-2021 china Academic JIournal Electronic pubolishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

时，也要实现与全球控制温升不超过 2 ℃ 并努力低于 1 . 5 ℃ 的长期目标相契合的深度脱碳发展路径。建成绿色低碳循环发展的产业体系和以新能源与可再生能源为主体的清洁安全高效深度脱碳能源体系，实现人与自然的和谐共生和可持续发展。研究和制定我国 2050 年的发展战略，就要以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导，统筹国内国际两个大局，推进国内生态文明和全球生态文明建设，实现国内可持续发展与全球生态安全的统筹治理和协同共赢。

2020—2035 年是社会主义现代化建设第一阶段，结合基本实现现代化的战略、任务及生态文明和美丽中国建设目标和规划，在实现生态环境根本好转的同时，落实和强化国家自主决定贡献(NDC) 目标和减排承诺，实现环境质量和减排二氧化碳双达标，促进经济高质量发展，打造经济、能源、环境和应对气候变化协同治理多方共赢的局面。2035—2050 年的第二阶段，在实现建成社会主义现代化强国和美丽中国目标的同时，要承担与我国不断上升的综合国力和国际影响力相一致的国际责任，把实现与 2 ℃ 甚至 1 . 5 ℃ 温升控制目标相契合的深度脱碳目标和对策作为新时代社会主义现代化建设总体战略的一项重要内容，引领全球气候治理与国际合作进程，为保护地球生态安全和人类社会生存与发展做出中华民族新的贡献。

项目研究采用了“自下而上”和“自上而下”相结合的研究方法，既有“自下而上”对各部门能源消费和二氧化碳排放部门模型的情景分析和技术评价，又有“自上而下”宏观模型的计算和政策模拟，以多个模型产出软连接方式，实现各部门分析与宏观模型间的协调衔接。既针对我国实际国情和发展阶段特征进行以问题为导向的深入分析，研究长期低碳发展的趋势、政策和路径，又以建成现代化强国和实现深度脱碳路径的目标为导向进行政策模拟，分析在长期深度脱碳目标倒逼下的减排路径、技术支撑及成本和代价（见图 1）。为此设计四种情景展开研究和分析。

（1）政策情景：以我国在《巴黎协定》下提出的 NDC 目标、行动计划和相关政策为支撑，延续当前低碳转型的趋势和政策的情景。

（2）强化政策情景：在政策情景基础上，进一步强化降低 GDP 能源强度和二氧化碳强度的力度和幅度，进一步提高非化石能源在一次能源消费中占比等各项指标，挖掘减排潜力，控制二氧化碳排放总量，强化政策支撑，适应《巴黎协定》下各国强化和更新 NDC 目标和行动的要求。

⑶ 2 ℃ 温控目标情景（简称“2 ℃ 情景”）：是以实现全球控制温升 2 ℃ 目标为导向，研究与之相适应的减排情景和路径。是以 21 世纪中叶深度脱碳目标倒逼下的减排对策和路线图分析为基础，对其技术资金需求、成本代价及政策支撑进行论证和评价。

⑷ 1 . 5 ℃ 温控目标情景（简称“1 . 5 ℃ 情景”）：以控制 1 . 5 ℃ 温升目标为导向，到 21 世纪中叶努力实现二氧化碳净零排放和其他温室气体深度减排为目标，研究和论证其可能性和路径选择，并评价其可能产生的社会经济影响。

在这四个情景分析中，以强化政策情景和 2 ℃ 情景为主要情景，在 2030 年和 2035 年之前，主要研究强化政策情景下对实现和更新 NDC 目标的影响，同时分析 2 ℃ 目标倒逼减排路径对 2030 年和 2035 年目标和路径的影响。

(c)1994-2021 china Academic Jlournal Electronic pubolishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

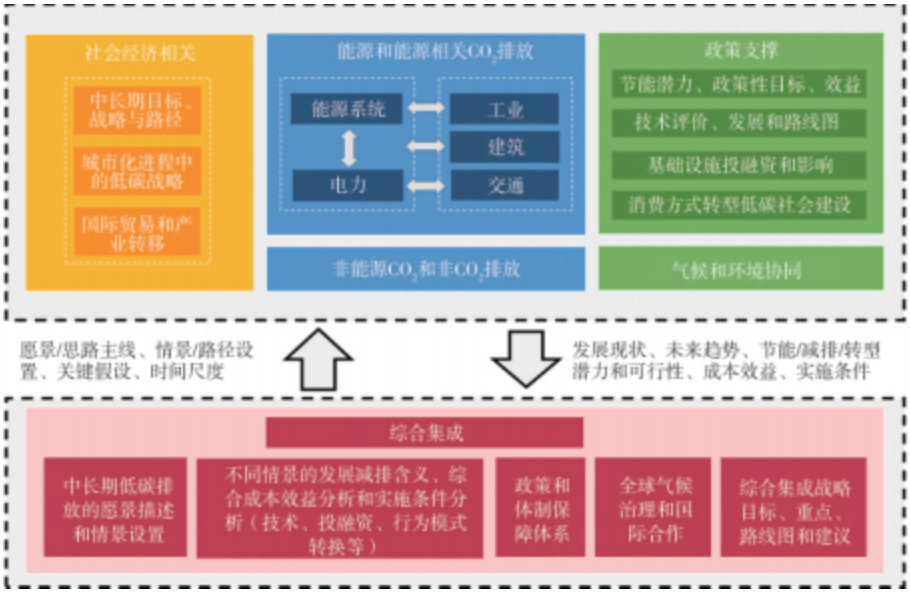

图 1　中国长期低碳发展战略与转型路径研究框架

(c)1994-2021 china Academic Jlournal Electronic pubolishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

在 2035 年之后，在实现社会主义现代化强国建设目标同时，主要研究 2 ℃ 目标下倒逼的减排路径和政策支持，也努力探讨实现 1 . 5 ℃温升控制目标到 2050 年二氧化碳净零排放、其他温室气体深度减排的可行途径。同时统筹考虑与 2035 年前的自主贡献目标的相互衔接，并统筹“两个阶段”的低排放目标和战略。

2 全球气候治理新的形势与趋向

《巴黎协定》确立了2020 年后全球气候治理新机制。以各缔约方自下而上 NDC 目标和行动计划为基础，推进全球合作进程。但当前各国的减排承诺距实现全球控制温升不超过2 ℃ 目标的减排路径尚有较大差距，需要激励各国进一步强化减排雄心和力度。当前进入全面落实《巴黎协定》的实施阶段，但如何体现和落实《联合国气候变化框架公约》（ 以下简称《公约》）与《巴黎协定》的目标和原则，全面推进适应、减缓、资金、技术、能力建设和透明度各要素平衡和有效实施仍面临严峻挑战。需要各方增强合作意愿，全面行动。

IPCC《1 . 5 ℃ 温升特别报告》更加凸显了应对气候变化的紧迫性。实现 1 . 5 ℃ 温升控制目标比 2 ℃ 目标可显著减少气候风险，更有利于实现联合国 2030 年可持续发展目标（SDGs） ，但也要付出更大成本和代价。气候变化负面影响比原来预计来得更早，影响范围更大，造成灾害和损失也更大。次国家层面和城市、地区、企业、社区、行业和社会团体等自下而上的气候联盟和行动倡议组织蓬勃发展。促进低碳发展转型的各种国际规则、行业准则及企业标准层出不穷。世界范围内力推实现 1 . 5 ℃ 温升控制目标，到 21 世纪中叶全球实现碳中和的呼声日益强烈。欧盟提出“欧洲绿色新政”，宣布 2050 年实现净零排放，成为首个碳中和欧洲大陆。全球已有 121 个国家提出 2050 年实现碳中和的 目标和愿景，其中包括英国、新西兰等发达国家以及智利、埃塞俄比亚、大部分小岛屿国家等发展中国家。不少国家和城市也提出 2030 － 2050 年期间实现 100% 可再生能源目标，提出煤炭和煤电退出以及淘汰燃油汽车的时间表，并有 114 个国家表示将强化和更新 NDC 目标。尽管当前新冠肺炎疫情下各国应对气候变化的行动力度有所减弱，但长期趋势不会改变，而且会越来越紧迫。发达国家在当前气候谈判中力推 1 . 5 ℃ 温升控制目标的态度非常明显。

新冠肺炎疫情是全球突发性公共危机，气候变化是更深层次地球生态危机，两者都是全球性严峻而紧迫的挑战。全球应对气候变化目标、进程与大国间博弈都将深刻影响疫情后世界经济复苏和发展的趋向与国际治理秩序的重构。实现“绿色经济复苏”越来越成为各国共识，疫情后应对气候变化低碳经济转型将成为多数国家经济恢复和发展的政策导向，也将成为大国竞争博弈与合作的重要领域。

《巴黎协定》要求各缔约方 2020 年通报和强化各自 NDC 目标和行动，同时提交到 21 世纪中叶长期低排放发展战略，并将于 2023 年进行全球集体盘点，激励各方强化行动。各缔约方如何强化和更新 2030 年前 NDC 目标以及如何确立 2050 年深度脱碳目标成为国际社会关切的焦点，中国等新兴发展中大国更备受关注，并给予较高期待。我国也需要研究和制定长期深度脱碳战略，适应并引领全球低碳发展转型的紧迫形势。

中国经济新常态以来坚持新的发展理念，经济增长由规模和速度型向质量和效益型转变，扭转了能源消费和二氧化碳排放快速增长的局面。能源消费和二氧化碳排放年均增长率由 2005 － 2013 年的年均 6 . 0% 和 5 . 4% 分别下降到 2013 － 2018 年的 2 . 2% 和0 . 8%，近两年虽有所反弹和波动，但总体也已回落到缓慢增长态势。煤炭总消费量也基本趋于稳定，单位 GDP 的二氧化碳强度 2019 年比 2005 年已下降 48 . 1%，提前和超额实现我国对外承诺的到 2020 年比 2005 年下降 40% ~45% 的目标，为实现 2030 年 NDC 目标奠定了基础。

新冠肺炎疫情对全球经济都带来巨大冲击和严重衰退，中国 2020 年经济增速也势必大幅回落，“十三五”期间 GDP 平均增速将下降到不足6% ，但“十三五”规划中提出的节能和减排二氧化碳指标仍可基本实现或超额完成。“十四五”我国既要全面恢复经济健康持续发展，也将坚持“绿色复苏、低碳转型”政策导向，加快产业转型升级和高质量发展。要坚持和强化“十一五”以来节能减碳趋势，强化节能和减排二氧化碳的各项指标和政策措施。“十四五”期间在 GDP 年均增速不低于 5% 的预期下，单位 GDP 的能源强度下降幅度仍可不低于 14% ，非化石能源发展保持“十三五”年均 7% 左右增速，期末在一次能源消费中比重可达约 20% ，相应 GDP 的二氧化碳强度可下降 19% ~20% 。工业部门特别是高耗能重化工产业的二氧化碳排放争取达到峰值，东部沿海较发达地区和城市的二氧化碳排放应率先达峰。结合煤炭消费总量控制，控制二氧化碳排放总量，与推进二氧化碳排放早日达峰目标相衔接。进一步完善支持低碳转型的政策体系、投融资机制和全国统一碳排放权交易市场的建设和完善。

“十 四五”低碳转型 目标、政策和实施效果，对实现 2030 年 NDC 目标至为关键，如“十四五”力度不够，会加大“十五五”减排压力和难度。因此要持续强化减排力度和行动，“十五五”期间 GDP 能源强度下降幅度也应不低

(c)1994-2021 china Academic JIournal Electronic pubolishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

于“十四五”14% 以上的水平，到 2030 年实现《能源生产和 消费革命战略(2016 － 2030）》所提出的非化石能源电力

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/496141141021011001

(c)1994-2021 china Academic Jlournal Electronic pubolishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net