

2021

能源评论

ENERGY REVIEW



致力于推动以程序正义和理性批判为基石的环境政策决策机制的建立，
使社会向更加包容、公正和可持续的方向发展。



**致力于推动以程序正义和理性批判为基石的环境政策决策机制的建立，
使社会向更加包容、公正和可持续的方向发展。**

编辑、排版：李颖
发布日期：2021年03月

前　　言

2021 年，尽管全球仍在新冠疫情持续的影响下，但能源转型的进程依然步履不停。回顾过去一年，我国加速进入电力市场化，“限电限产”、“能耗双控”等举措成为了热点话题；放眼海外，“美国得州大停电”、“欧洲能源价格上涨”等多个事件被全球热议。作为过去一年的见证者与亲历者，我们正在经历全球能源系统巨变的过程，同时也面临着诸多挑战。深处其中，向更可持续的共识方向迈进，仍需要及时发现问题，有效解决困难，而这需要政府、企业、公众多方共同参与。

时隔两年，原定于 2020 年于英国格拉斯哥召开的第 26 届联合国气候变化大会姗姗来迟。会议结束之际，全球已有 151 个国家加入净零排放承诺。全球甲烷减排、发达国家兑现 1000 亿美元气候应对援助资金等多项承诺达成国际共识。未来，全球气候治理正在延续巴黎协定下的基本原则，积极更新减排目标、努力实施能源转型快速变化的趋势是可以预见的。

在能源转型大势所趋的背景下，《能源评论 2021》汇集了磐之石同仁 2021 年所撰写和发布的部分与能源政策相关的分析文章，文章以发布时间的先后排列顺序，议题涉及电力市场、工业能源变革、电动汽车发展、行为改变与能源转型以及气候谈判等多个方面，期待这些文章所呈现的我们对国内外热点能源和气候议题的观察与看法给读者提供更多的思考空间。在“照看全球能源转型发展趋势，助力中国碳中和目标实现”的路程上，愿读者与我们共同展开能源转型议题的交流与探讨。

每年，磐之石都会发布《能源评论》与《环境评论》两本文集，内容互相作为补充。两份报告的付梓，离不开主管单位（北京市顺义区科协）的监督与指导，离不开资助方的协同与资助，更离不开各位同仁的互动与交流。在这里，向所有对磐之石的工作给予支持、帮助、关怀的伙伴们致以最诚挚的感谢！

如果您对我们的分析和观察有什么想法和反馈，欢迎与我们联系。

磐之石环境与能源研究中心
2022 年 03 月 04 日

作 者 简 介

(按文章顺序)

赵昂

磐之石环境与能源研究中心联合创始人、联合主任。研究兴趣集中于气候变化和能源转型政策。文章曾发表于：China Environment Series、International Journal of Applied Logistics 和《环境资源与能源评论》。他拥有北京大学文学学士和伦敦政治经济学院环境政策科学硕士学位。

林佳乔

磐之石环境与能源研究中心联合创始人、联合主任。研究领域包括能源政策、低碳发展以及碳市场。文章先后发表于《中国战略新兴产业》、《乳业学报》等期刊及中国能源网、中国碳交易网等网站。他拥有东北师范大学生物学学士及硕士学位和英国曼彻斯特大学环境科学硕士学位。

潘伊人

磐之石环境与能源研究中心项目经理。拥有加拿大多伦多大学药理毒理学学士学位以及劳动与环境健康学硕士学位，曾联合创办多伦多 SustainED Group 可持续发展教育平台，并兼任首席运营官，也曾任新能源咨询公司项目协调员、多伦多交通运营公司创新和可持续发展部门分析员等职位。

陈仕凯

磐之石环境与能源研究中心实习生，2021 年毕业于大连理工大学，获得能源与环境系统工程工学士学位，同时拥有大连理工大学金融学经济学学士学位。

袁雅婷

磐之石环境与能源研究中心助理研究员。研究兴趣主要集中于碳市场和可持续发展。拥有辽宁大学理学学士和英国爱丁堡大学环境可持续发展硕士学位。

目 录

通用为何全面拥抱电动车？	1
2035 年禁售燃油车：丰田汽车的难题	4
发展纯电动车，云南比加州更有减排优势？	8
绿色工业革命：英国深度减排的助推器	12
行为改变、能源需求管理和短期政策效果	15
煤炭：中国实施碳中和战略的远虑和近忧	18
居民电价提升会促进清洁电力发展？并没那么简单	22
政策目标、市场转型和管理气候危机：以欧盟为何 2035 年禁售燃油车为例	26
“绿钢”在北欧面世，开启钢铁零碳化进程	29
COP26 前夕 “双碳”顶层政策密集发布：紧急铺垫还是胸有成竹？	34
COP26 退煤承诺的“南非”因素	38
COP26 即将落幕，碳市场机制是否能达成一致？	41
COP26 ARTICLE 6 “最大亮点”：“前巴黎”时期碳抵消信用仍可继续使用	44
限电限产之后，中国企业该如何应对？	47

通用为何全面拥抱电动车？

赵昂

通用汽车 2021 年 1 月 28 日宣布到 2035 年将 100% 销售零排放汽车，这一承诺给汽车制造业带来相当的震动，为什么美国最大的汽车制造商在这个时候做出这样的举动呢？

首位女 CEO：四年一个大转变

从 2014 年初掌舵通用汽车的 Mary Barra 女士在特朗普执政初期还在向美国政府游说，希望降低奥巴马时期所制定的汽车燃油效率标准，从而给车企更大的发展空间。而时隔才几年时间，在拜登刚刚上台一周的时间，就迎来如此 180 度的大转弯，全面拥抱零排放汽车。由此看出，这几年的政策和市场环境的变化，改变了这位美国主要汽车生产制造商的第一位女性董事长和首席执行官对汽车未来的看法。当然，能够在业界率先做出如此承诺，Barra 的领导力和决断力一定发挥了作用。

此外，美国环保机构的政策倡导也促进了通用汽车在应对气候变化方面迈出一大步。就在同一天，美国知名的环保组织美国环保协会（EDF）的主席 Mr Fred Krupp 也发表观点文章回应通用汽车的这一重要声明^[1]。Krupp 指出，EDF 与通用汽车已经积极协作多年，在其影响深远的战略转变过程后发挥了作用。

全球低碳交通发展目标推波助澜

一家车企的生存与发展离不开对交通行业未来发展的战略判断。这几年全球应对气候变化的态势风起云涌。交通部门的低碳发展是欧美发达国家应对气候变化的重点之一，因为交通部门碳排放占比最高，欧盟-28 国 2017 年占比达到 27%^[2]，而美国加州 2018 年占比超过 50%^[3]。

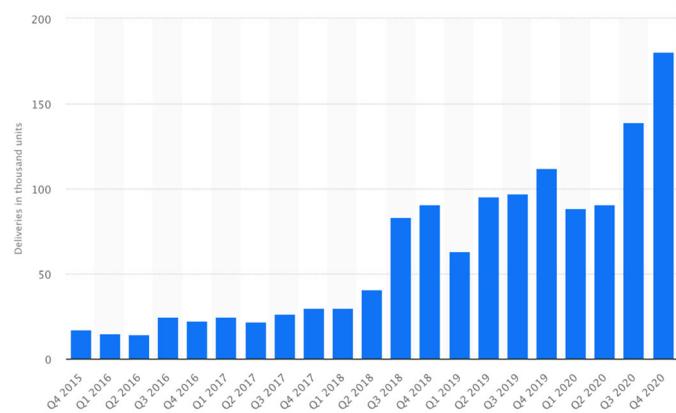
为了加快减排步伐，加州 2020 年 9 月推出行政指令，要求到 2035 年所有在加州新销售的轿车和乘用车型卡车（cars and passenger trucks）必须是零排放车辆。类似的，欧盟 2020 年 12 月也推出《欧盟可持续与智慧交通战略》，计划到 2030 年使欧盟零排放轿车保有量达到 3000 万的目标。

未来 5-10 年，电动车的拥有成本与燃油车相比将逐步确立显著优势，而这个时期的政府各种支持举措将发挥非常重要的作用。日本东北大学研究电动车技术发展的教授 Greg Trencher 博士在与笔者讨论日本、德国和加州在发展氢燃料电池车的经验时，特别提到加州早在二十世纪九十年代末就推出支持低排放和零排放汽车发展的政策，前所未有的支持政策其实奠定了加州在这个领域处于全球领先地位的基础。在很大程度上讲，特斯拉于 2005 年在加州创立也与加州在全球较早支持零排放汽车的战略决策有相当的关系。

同行竞争：特斯拉效应

与通用、福特、大众、丰田这些传统汽车制造业的百年老店相比，只有 16 年历史的特斯拉已经是资本市场市值最高的汽车企业，2020 年 12 月更是被纳入美国标普 500 指数。2020 年，特斯拉电动车全球交货量接近 50 万，这个数字远超预期，特别是全球汽车制造业被新冠疫情严重打击的背景下。通用汽车 2019 年全美销售各种车辆达 296 万台。成立十几年的特斯拉与拥有 113 年历史的通用汽车“分庭抗礼”将是指日可待的事情。

图 1：特斯拉电动车季度全球交货量 2015-2020（单位：千个）



来源: Statista.

链接: <https://www.statista.com/statistics/502208/tesla-quarterly-vehicle-deliveries/>

面对“未来消费者需要怎样的汽车”这样的问题，每一家车企必须回应作答。显然，通用汽车在过去几年电动车销售的态势、电动车制造成本下降的趋势和应对气候变化的国际趋势面前，做出了一个明确的回答。

接下来，他们的行动将被密切关注。2008 年金融危机中险些陷入险境、雇佣人数几十万、美国市场份额仍占第一位的这家美国“老车”，借助拥抱电动车，在 21 世纪仍能为美国制造书写新的故事吗？

结语：拜登计划？

笔者在《海外智库能源与气候变化报告解读》的播客节目中介绍了美国新任总统可能推出的加速电动车替换燃油车的刺激计划-拜登/舒默议案。或许通用汽车的掌门人也期待着先前的议案可以最终落地。议案的两位提出者，不再是两位“资深参议员”，一位历经几十年摸爬滚打、最终成为美国第 46 任总统，另一位代表夺回参议员多数席位的民主党升任参议院多数党领袖。

或许，美国正在迎来一个难得的决策机会，那就是朝野两党跨越党派分歧、上下协力，促成美国政府在应对气候变化上有真正的“大动作”，交通部门的脱碳战略可能就是这样的一个动作选项。当然，通用汽车全面拥抱电动车的策略为美国在这个领域有所作为注入了活力。

注释：

[1]<https://www.edf.org/blog/2021/01/28/why-gms-clean-cars-announcement-really-big-deal>

[2]<https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/transport-emissions-of-greenhouse-gases/transport-emissions-of-greenhouse-gases-12>

[3]<https://www.gov.ca.gov/2020/09/23/governor-newsom-announces-california-will-phase-out-gasoline-powered-cars-drastically-reduce-demand-for-fossil-fuel-in-californias-fight-against-climate-change/>

2035 年禁售燃油车：丰田汽车的难题

赵昂

面对道路交通部门借助电动汽车替代燃油车而应对气候变化、实现净零排放战略目标的前景，丰田汽车作为日本制造业的一个典型代表正在面临巨大的挑战。日本政府 2020 年 12 月 25 日发布了面向 2050 净零排放目标的“绿色增长战略”^[1]，其中设定到 2035 年日本将禁售传统燃油车、新销售的轻型车辆（轿车、皮卡、小货车和 SUV）必须是 100% 零排放汽车，以丰田普锐斯为主要代表的混合动力车也将不能再销售。

而就在日本新任首相菅义伟发布这一战略之前，丰田汽车第三代掌门人丰田章男 12 月 17 日在记者采访中发表了多少带有抱怨意味的观点，警告日本电动车发展目标有可能过于激进，日本电力系统仍然依赖化石能源，仅有电动车替代燃油车还不能起到减排的效果；丰田更为担心的是政府设定了十五年的倒计时，在丰田章男看来，这样的政策变动给日本给汽车制造业带来的风险是不容忽视的^[2]。

丰田 CEO 罕见的公开表态并没有影响日本政府按原计划公布落实碳中和目标的绿色增长战略。可以想见，新上任的首相菅义伟也有自己的执政盘算。一方面，在应对气候变化方面，不想与欧盟、中国和韩国等主要贸易合作伙伴拉开差距；另一方面，绿色增长战略将使日本在前任首相安倍的经济政策的影响下开启更可持续的、更具创新性的经济增长和社会发展机遇。截至目前，丰田在电动车发展方面似乎已经落后于主要竞争对手大众和通用汽车，未来五年是留给丰田扭转势头的最后时间，从丰田章男针对日本政府的碳中和战略的回应来看，有理由担心丰田汽车未来五年在电动车发展上的表现。

海外市场丰田有多少腾挪空间？

从销量上来看，丰田汽车最重要的三个市场是美国、日本和中国。虽然丰田在欧盟和英国的市场份额很低，但是由于英国和欧盟都采取了更为积极的低碳陆地交通发展策略，丰田在欧洲市场面临的挑战更为紧迫。

首先，欧盟已经设定了到零排放汽车保有量（以充电电池电动车占绝对主导）将从 2019 年的 60 多万台到 2030 年增加到 3000 万台的目标。正式退出欧盟之前，英国也宣布将在 2030 年禁售燃油轿车和小货车，并在 2035 年禁售油电混合动力车。丰田汽车销量最大的市场是美国，虽然美国联邦层面目前还没有出台类似英国和日本的燃油车禁售时间表，但预期拜登政府在此

方面也会有所动作。从各个州来看，加州是丰田在美国市场份额占比最大的州，而加州在交通低排放政策方面一贯走在全球的前面。加州率先于 2020 年 10 月宣布将于 2035 年禁售非零排放轿车和小货车。如表 1 所示，丰田在加州和英国的销售量分别占到全球的 3% 和 1%，如果算上欧盟的份额，总计将接近丰田全球市场份额的 10%，涉及 70 多万台的年销售量。由于在以上发达经济体销售的车型单价较高、利润率相应也较高，因此丰田必然要考虑到 2035 年如何为上述市场 100% 提供电动车产品。

表 1：丰田汽车 2020 年主要市场销量及占比

	占全球总销量之比	销售量（万台）
日本	17%	150
美国	28%	241
中国	21%	180
英国	1%	11
欧盟(仅包括法国、意大利、德国和西班牙)	4%	35
美国加利福尼亚州	3%	28
全球总销量	100%	869

来源: California Auto Outlook, Toyota, Best-selling-cars.com;

链接: <https://www.cncda.org/wp-content/uploads/Cal-Covering-4Q-20.pdf>;

电动车的销售在欧盟交通减排激励政策的带动下于 2020 年实现了强劲增长，除了最大的赢家特斯拉之外，传统巨头中大众也占得较大的市场份额。大众 2020 年电动车销量达到 23.2 万台，比 2019 年增长了 214%^[3]。截至 2019 年底，全球电动车销售量排名前十位的车型没有一个来自丰田^[4]。德国大众已经设定了到 2025 年全球电动车销量达到 300 万台的目标，而丰田意识到自身在这一领域起步晚的现状，仅设定了 50 万台的目标^[5]。

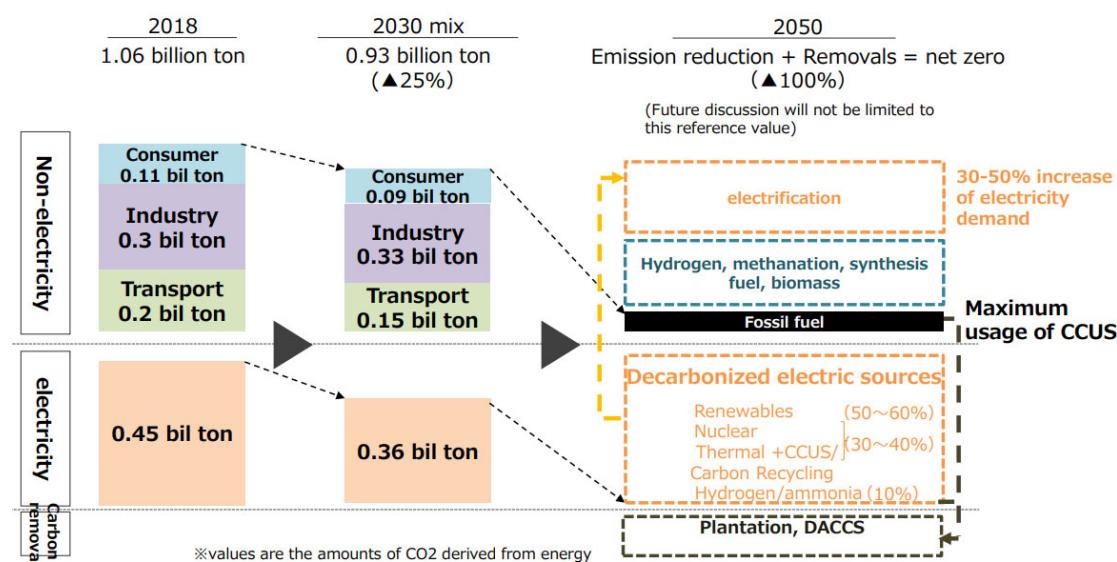
丰田在美国最大的竞争者通用汽车已于 2021 年 1 月底宣布到 2035 年将 100% 制造零排放汽车的目标，这对丰田来讲无疑是一个巨大的竞争压力。此外，中国市场的电动车竞争也日趋激烈。在承诺到 2060 年前实现碳中和之后，中国政府很可能在近期确定电动车增长更积极的具体目标，对此通用汽车也公布了到 2025 年在中国市场销售 120 万台电动车的目标。

当海外市场迎接电动车未来的势头更加猛烈时，丰田又遇到了本土市场的政策转向。后来居上的日本零排放汽车发展目标传递给丰田的是一个再明确不过的信息：丰田必须主动告别自己擅长的燃油车制造技术和全球领先的油电混合动力技术，用 10-15 年完全转型到零排放汽车制造技术。

转型的最后推力：日本“绿色增长战略”

从积极的角度来讲，日本的“绿色增长战略”打消了丰田在发展电动车上的犹豫。无论日本电力系统脱碳的速度或快或慢，但是到2050年日本实现净零排放的目标已经确定。在这一宏观战略下，根据日本政府2021年1月公布的“绿色增长战略”概述，以2018年为基准年，到2030年日本交通部门的碳排放从2亿吨减少到1.5亿吨，电力行业从4.5亿吨减少到3.6亿吨，如图1所示。

图1：日本实现2050碳中和的能源系统减排情景



来源: Overview of Japan's Green Growth Strategy Through Achieving Carbon Neutrality in 2050. Link: https://www.meti.go.jp/english/press/2020/pdf/1225_001a.pdf

显然，未来十年日本将不得不加速电力系统低碳发展的速度，以弥补过去10-15年在可再生能源发展方面所欠的账。否则将在2030-2050年的脱碳攻坚阶段面临更大的困难。2019年德国和英国发电部门的可再生能源占比已经分别超过40%和接近40%，而日本仅有20%^[6]。风电和太阳能光伏过去10-15年在英国和德国迅速发展的故事在日本并没有发生。

日本的净零排放战略设定了到2050年电力部门可再生能源占比将增加到50-60%；剩余的30-40%电力供应将由结合了碳捕获、利用和封存技术的热电来完成；最后的10%则交给低碳氢能技术。因此，丰田章男所谓当前日本电力系统并不低碳，发展电动车碳减排效果不明显的意见，也仅是短暂的现象。如果日本净零排放战略有效落实，日本电动车发展的减排效应会在未来5-10年凸显出来。毕竟，由于日本之前对可再生能源电力投资方面欠账较多，遵循电力系统先行脱碳再发展低碳交通的路径在减排的紧迫性面前显然不再现实。因此，从很大程度上来说，日本先于其他汽车制造业强国美国和德国宣布到2035年禁售燃油车，既体现出当前日本政府的

前瞻眼光，也多少反映了日本希望借助更积极的政策来弥补在应对气候变化上所失去的时间的迫切性。

结语：从十字路口观望到快速道上开足马力

与充电电池电动车相比，氢燃料电池汽车技术理论上仍具备推进陆地交通低碳发展的潜力，虽然面临基础设施、生产规模和成本、激励政策和消费者偏好等诸多挑战。丰田似乎已经不再观望，正在电动车快速增长的通道上开足马力奋起直追，丰田章男对日本政府低碳交通发展目标的批评估计也只是一个“小插曲”而已。

注释：

[1]https://www.meti.go.jp/english/press/2020/pdf/1225_001a.pdf

[2]Toyota president criticizes Japan's swift move to phase out gasoline cars. Link:

<https://mainichi.jp/english/articles/20201218/p2a/00m/0bu/004000c>

[3]Car sales statistics, Link: <https://www.best-selling-cars.com/brands/2020-full-year-global-volkswagen-group-worldwide-sales-by-brand-and-market/>

[4]McKinsey Electric Vehicle Index: Europe cushions a global plunge in EV sales. Link: <https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/mckinsey-electric-vehicle-index-europe-cushions-a-global-plunge-in-ev-sales>

[5]<https://asia.nikkei.com/Business/Automobiles/Toyota-aims-to-sell-500-000-EVs-in-2025-chasing-VW-s-3m>

[6] 来源：Climate Transparency and Enerdata

发展纯电动车，云南比加州更有减排优势？

赵昂

任何一个经济体的电力系统的碳强度（一个电力系统所生产的单位电量的二氧化碳排放量，即生产的总电量与其对应的二氧化碳总排放的比值： kgCO_2/kWh ）是影响充电电池电动车是否带来碳减排效应的最重要因素。如果电力系统以化石能源发电为主，尤其是以煤炭为主，那么电力系统碳强度就很高，汽车的电动化也无法实现气候效益。

电源结构组成是决定电力系统碳强度的最直接因素，可再生能源占比越高，电力系统碳强度越低，电动车发展带来的碳减排效应就越明显。纯电动车在碳强度高的电力系统使用时，减排效应方面甚至逊于油电混合动力车，与传统燃油车相比，优势也并不显著。那么，究竟可再生能源比例分别达到怎样的水平，在减排效益上，纯电动车可以相应胜过传统燃油车或者油电混合动力车呢？

丰田 Prius VS 尼桑 Leaf：减排效应孰高孰低？

美国麻省理工学院的实验室 MIT Trancik 最近公布了一款计算工具 Carbon Counter (carboncounter.com)，帮助使用者计算在不同电网的碳强度条件下各种轻型乘用车辆全生命周期的单位里程碳排放水平。这里的全生命周期的碳排放指车辆生产过程、电动车电池生产过程、燃料（包括汽油和电）生产过程和燃料使用过程中的碳排放。

传统燃油车的碳排放占比最高的来自燃烧汽油过程所排放的二氧化碳，其次是汽油在制造过程中的碳排放，占比最少的是车辆生产过程中的排放。而对于纯电动车来说，占比最高的是电动车行驶所用的电力在其生产过程中所排放的二氧化碳，其次是电池生产过程中的二氧化碳排放，最后是车辆生产中的碳排放；对于油电混合动力车来说，一般来说，来自汽油燃烧过程的排放和生产汽油过程中的排放处于前两位，次之是车辆生产过程中的排放，最后是电池生产中的排放。油电混合动力汽车所使用的电池的容量要远远低于纯电动车，因此其对应的碳排放从绝对量上来说，要比纯电动车电池生产过程中的排放小很多。

笔者运用这一工具，比较了四款车型在三种电力系统碳强度的情形下的全生命周期碳排放。显然在在三种情境下，传统燃油车的碳排放水平始终处于最高，特斯拉 Model 3 的排放水平始终处于最低。而在美国电网和北达科他州的情景下，油电混合动力车型 Prius 的排放水平要低于纯电动车型尼桑 leaf。而在加州电网情景下，两款纯电动车 Model 3 和 Leaf 的排放要显著低于

Prius。这样的排放差异呼应了丰田 CEO 丰田章男不久前曾质疑日本纯电动车发展能带来显著的碳减排效应的观点。

表 1：四款车型全生命周期的碳排放 (gCO₂eq/mile)

车型/电网	美国	加州	北达科他州
丰田 Prius(油耗 133 英里/加仑当量, 121 马力, 前驱)	215.9	177.7	210.2
特斯拉 Model 3(油耗 140 英里/加仑当量, 283 马力, 后驱, 续航里程 250 英里)	188.4	128.5	196.5
尼桑 Leaf(油耗 108 英里/加仑当量, 214 马力, 前驱, 续航里程 226 英里)	232.2	156.5	248.7
丰田花冠(油耗 36 英里/加仑, 169 马力, 前驱)	349.5	337.8	324.5

来源：MIT, carboncounter tool, Energy Information Administration (EIA);

注：关于车辆使用的参数如下：12000 英里/年行驶里程（19300 公里）；城市行驶里程占比 50%；车辆服役年限：12 年；平均载客人数：1.7 人/辆。

显然，美国全国、北达科他州和加州代表了碳排放强度非常不同的三种电力系统的情景。参照这三个电力系统的发电组成特点，中国目前的电力系统碳强度更接近哪种情景？在中国当下电网碳强度的情景下，纯电动车、油电混合动力和传动燃油车各自的碳排放水平又是怎样的情况呢？

中国：混合动力仍在减排方面拥有中、短期优势

中国电力系统碳强度与北达科他州的情形非常接近（如表 2 所示），因此在中国发展油电混合动力车与纯电动车相比仍具减排的优势。参照表 1 的数据，当前在中国发展纯电动车，其减排效应虽然高过传统燃油车，但是与混合动力车相比，情况要根据具体车型而定。特斯拉 Model 3 优势显著，但尼桑 Leaf 的全生命周期碳排放水平甚至高过丰田 Prius。

中国电网碳强度可能需要经历 10-15 年，甚至更长的时间才能逐渐降至加州目前的水平。根据 MIT Trancik 所提供的数据，2019 年美国电网、加州电网、北达科他州电网的平均排放水平分别为 450gCO₂eq/kWh、230gCO₂eq/kWh 和 600gCO₂eq/kWh。中国 2015 年发电平均排放强度为 601gCO₂eq/kWh，有研究估算到 2020 年强度降低为 574gCO₂eq/kWh^[1]。

表 2：电力系统的发电量组成，2019 年（云南的数据为 2018 年）

	中国	北达科他州	美国	加州	云南
煤电	63.4%	63%	23.4%	0%	9.2%
天然气发电	3.3%	3%	38.4%	39%	
低碳电力 (水、风、光、核、生物质、地热等)	33%	34%	37.3%	57%	90.8%
其它	0.3%	0%	0.9%	4%	
总计	100%	100%	100%	100%	100%

来源：中电联、EIA。云南的电力低碳电力以水电占绝对主导，其次是风电和太阳能。

云南：发展电动车的理想之地

由于电力交易机制、电网线路传输瓶颈、云南水电多为梯级开发的特点、电网调度的管理、电网容纳可再生能源的技术能力等诸多因素，拥有极为丰富水力资源的云南省仍然面临每年放弃大量水电的情况，2016、2017 年均弃水电量超过 300 亿千瓦时，2018 年弃水电量不到 150 亿千瓦时^[2]。尽管如此，云南 2018 年生产的 3170 亿千瓦时的总电量中仍以可再生能源电力为主，水电 83%，风电 6.9%，太阳能 0.9%^[3]。

表 3：不同车型碳排放水平：云南 VS 加州 (gCO₂eq/mile)

车型/电网碳强度	云南电网	加州电网
电网碳强度 (gCO ₂ eq/mile)	77	230
丰田 Prius(油耗 133 英里/加仑当量，121 马力，前驱)	142.4	177.7
特斯拉 Model 3 (油耗 140 英里/加仑当量，283 马力，后驱，续航里程 250 英里)	74.4	128.5
尼桑 Leaf (油耗 108 英里/加仑当量，214 马力，前驱，续航里程 226 英里)	88.4	156.5
丰田花冠(油耗 36 英里/加仑，169 马力，前驱)	324.5	337.8

在云南增加纯电动车市场占有量、发展低碳路面交通系统将带来巨大的碳减排效应。2018 年中国火电单位发电量碳排放水平为 841gCO₂eq/kWh^[4]。根据云南 2018 年发电总量及发电电源构成，可以估算云南 2018 年电网的单位发电量碳排放水平仅为 77gCO₂eq/kWh。云南电力系统的碳强度仅有加州的三分之一。

笔者在此使用 MIT Trancik 粗略对比了在云南和加州电网碳强度的情形下，四种车型的碳排放水平是怎样的。如表 3 所示，油电混合动力和传统燃油车的排放水平两种情境下差异不明显。而纯电动车的减排效应在云南电网情形下十分显著，M3 和 Leaf 分别只有加州电网情形下的 58% 和 56%。如果云南借助电网碳强度低的优势大力发展纯电动车，或许可以很大程度上缓解大量弃水电带来的负面经济和环境影响的问题。

结语：支持电动车发展应考虑地方电网碳强度的差异

借助 MIT Trancik 的模型工具，笔者对比了在不同电网情形下发展纯电动车和油电混合动力车替代传统燃油车的减排效应。尽管中国的电力系统单位发电量碳排放处于较高的水平，支持电动车和混合动力车替代燃油车当前就有显著的减排效应。在未来 10-15 年的时间，中国发展混合动力汽车也具有相当的减排效应。不过，这一时期，预计中国电网低碳发展趋势可能在 2060 碳中和的战略下加速，纯电动车的减排效果会逐年提高，并胜过油电混合动力车。

在实现电力系统低碳化的过程中，政府可以考虑为那些电网碳强度更低的地区，比如本文所讨论的云南省，提供更积极的激励政策，加速这些地区道路交通部门脱碳的步伐。不仅缓解因弃水、弃风、弃光导致电力利用效率低的问题，而且可以收获更大的碳减排效益。这一策略可以发挥各个地区在应对气候变化方面的不同优势，短期来讲，支持中国落实和提高巴黎协定下的国家自主排放贡献、长期来看，为实现碳中和战略带来各有特色的减排果效。

注释：

[1] 燃煤电站 CO₂ 减排技术的探讨，毛剑雄，分布式能源，2017, 2 (1): 35-43

[2] 根据报告“China Trading Power: Improving Environmental and Economic Efficiency of Yunnan’s Electricity Market, Shuangquan Liu, and Michael Davidson., 2021”中的 Figure 2 所提供的数据估算而得。

[3] 同上，根据 Table 1 所提供的数据计算而得。

[4] 中电联

绿色工业革命：英国深度减排的助推器

林佳乔、赵昂

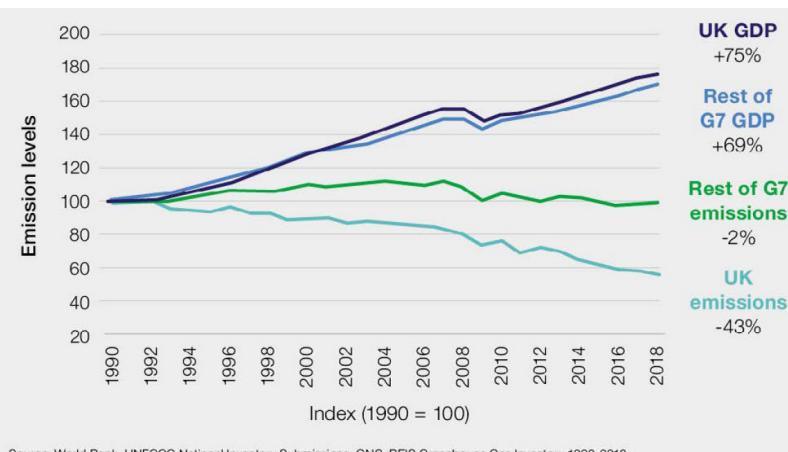
气候变化影响包括海平面上升、洋流变化、生态系统平衡破坏等多种方面，西北欧国家是受该负面影响最大的区域之一。因此，包括英国、法国、德国等欧洲国家坚持积极应对气候变化的策略和行动。从欧盟 2019 年承诺 2050 年碳中和，到英国 2021 年 4 月宣布到 2035 年碳减排比 1990 年的水平减少 78% 的目标，欧洲持续为全球气候治理带来新的气象。英国何以将之前承诺到 2050 年减排 80% 的目标提前 15 年实现，本文将从英国五年一周期的碳预算谈起，结合政府近一年公布的经济发展和产业激励政策来看英国如何履行承诺。

减排雄心，从何而来？

作为最早将气候变化应对立法的国家，英国每 5 年审核一次碳预算，并将审核结果直接指导减排目标的设定，且写进气候变化法中^[1]。本次所提出的“到 2035 年，二氧化碳排放量将比 1990 年的水平减少 78%”便是第六次碳预算依据社会经济变化、技术革新等多种元素影响所提出的目标结果。

英国作为“七国集团”（G7）成员之一，GDP 从 1990 年到 2018 年增加了 75%，而其它 6 个成员国平均增加比例是 69%。但在排放方面，英国的排放从 1990 年到 2018 年是减少了 43%，而另外 6 个国家同期平均减少了 2%。在 2000 年前后，英国温室气体年排放量排名世界第七，如今已排 20 名之外。2018 年，英国温室气体排放总量 4.5 亿吨，其中碳排放总量约为 3.5 亿吨二氧化碳。碳排放量约为中国的 1/30，占欧盟总排放的 12% 左右，如下图所示。

图 1：英国和其他 G7 国家 GDP 及排放变化（1990-2018）



预期减排中还能有惊喜？

英国所公布的 2023-2032 年减排路线中指出^[2]，在土地利用、土地利用变化和森林 (LULUCF) 相关的领域计划减排 1.8 亿吨二氧化碳当量；海上风电的持续发展也能带来 2100 万吨减排；氢气对工业和交通部门的支持，能够带来 4100 万吨减排；提高建筑能效能够带来 7100 万吨减排；此外，CCUS 技术的在工业领域的应用，也将贡献 4000 万吨减排。

在英国政府看来，低碳交通发展仍然处于爬坡阶段，在 2030 年或 2035 年之后才会迎来爆发，但市场将发生怎样的变化是很难预料的。目前的减排路线估计，在 2023 年到 2032 年交通领域（包括轻型机动车和公共交通）将贡献 700 万吨减排，而航空和航运只贡献 100 万吨。但如果是放在英国 2050 年实现碳中和的目标来看，从 2032 年到 2050 年，减排的最大贡献者就是交通部门，预计达到 3 亿吨。

相似的，英国也曾低估过海上风电的减排能力，过去的 5 年到 10 年里，以英国电力部门向海上风电为代表的清洁能源转型及退煤等相关举措让英国在减排目标上远超预期。在未来 10-15 年的减排路线中，对交通领域的排放减少的预期值并不高。但以目前电动车的发展速度，以及英国对于氢能的发展的规划，交通领域的减排有可能超出预期。

“绿十条”：明确投资侧重？

2020 年 10 月，英国政府发布《绿色工业革命十条》（绿十条）行动计划^[3]，给出了政府未来的投资计划，同时提出了如何让经济更绿色、低碳的发展。在这份计划中，海上风电、低碳氢能以及核电占据绝对的话语权。英国作为一个岛国，拥有丰富的海上风电资源，在未来海上风电技术发展包括装机增加、技术革新等仍然存在许多机会；低碳氢能指的不仅仅是来自于可再生能源电解水产生的氢，也某种程度上包括了化石能源驱动，但是末端加装了 CCUS 来获得的氢。随着 CCUS 技术的进步，低碳氢能的发展也值得期待；核电的发展较之前更被认可，从目前英国的进口电力来讲，以从法国进口的核电为主，在“绿十条”中也提及英国正在建设一个大的核电站，且同时兼顾小型分散模块化机组的技术发展。

除此之外，“绿十条”中包括三个交通方面的发展计划，分别是零排放汽车、绿色公共交通以及航空航天三个部分。其余四部分为：建筑节能、CCUS 技术发展、土地利用变化、绿色金融创新。这份直接的经济行动计划，也必将为英国“2035 实现 78%”的减排目标起到决定性的指导作用。

结语：为“格拉斯哥”继续努力

英国在碳预算的基础上，明确提出了颇具雄心的减排目标，而且预计在 2021 年 11 月的格拉斯哥第二十六次联合国气候变化大会（COP26）之前发布国家层面的净零战略(Net Zero Strategy)。除了直接排放二氧化碳的部门，健康、教育等服务部门的减排能力也将被纳入考量范围，这无疑对英国的减排有更积极的推动作用。除了本国经济绿色发展以外，相信他们也希望借此推动全球减排，再一次引领“绿色工业革命”的进程。

注释：

[1] What is the 2008 Climate Change Act? Link: <https://www.lse.ac.uk/granthaminstitute/explainers/what-is-the-2008-climate-change-act/>

[2] Updated energy and emissions projections 2019 by DBEIS, the UK. Link:
<https://v2.fangcloud.com/apps/files/desktop/message/folder/348000319592?preview=348003011553>

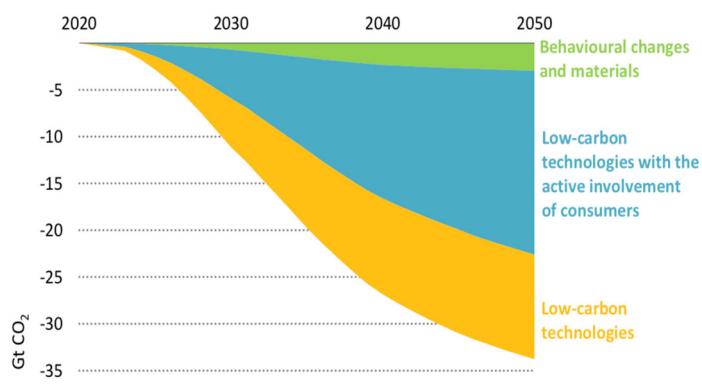
[3] The ten point plan for a green industrial revolution. Link: <https://www.gov.uk/government/publications/the-ten-point-plan-for-a-green-industrial-revolution>

行为改变、能源需求管理和短期政策效果

赵昂

实现能源系统低碳转型，关键是从供给侧尽可能提高可再生能源的供给份额。但从需求端入手促进消费者行为改变、控制能源需求增长速度在实现减排的过程中也有不容忽视的作用。国际能源署（IEA）2021年5月发布的《全球能源行业2050净零排放路线图》报告指出，政府通过颁布有针对性的政策来促进消费者采取更加低碳和可持续的能源消费行为，可以以成本较低的方式贡献显著的减排量。IEA的报告里所提及的行为改变（Behaviour Change）指对能源需求和能源相关活动的强度有影响的、持续和重复的消费者行为^[1]。如图1所示，到2050年，代表行为改变和材料利用效率（绿色部分）可以帮助实现约8%的减排，而贡献减排量占到55%的低碳技术（蓝色部分）也需要消费者的积极参与。

图1：2050净零排放情景下技术和行为改变在减排方面所发挥的作用



来源: Net Zero by 2050, IEA. 2021. p68, Figure 2.14

行为改变渗透于减排的各个方面

能源市场的供需关系是动态和互动的。由此来看，消费者行为改变其实与各种减排技术都有或直接或间接的关联。图1黄色部分代表的低碳技术指低碳发电、生物质燃料和终端使用的低碳气体（如结合了碳捕获和封存的天然气）；蓝色部分代表的低碳技术指燃料替换、电气化和能源终端使用过程中的效率提升等；绿色部分指交通方式转变、减少能源浪费和过分使用和材料利用效率提升。显然，绿色部分主要指对能源需求有非常直接影响的消费者行为变化。

报告作者列出了在工业、交通和建筑领域在未来三十年评价行为改变的指标或者说里程碑（参见报告中的表 2.4）。例如，在工业方面，全球平均塑料制品回收率到 2030 年达到 27%；在建筑领域，到 2030 年全球建筑物空间制冷平均温度设定在在 24-25 摄氏度之间；在交通行业，到 2030 年全球机动车最高时速设定为 100 公里/小时。

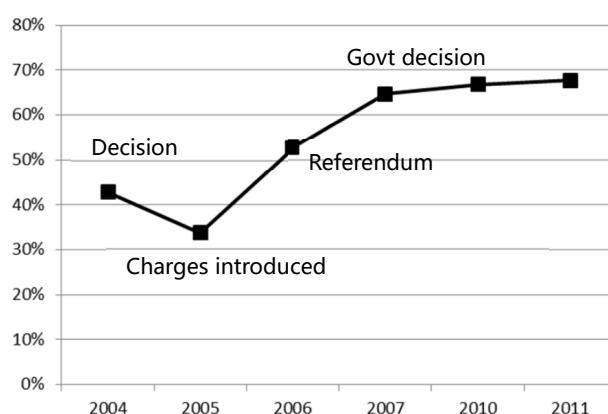
未来二十年，相较于建筑和工业，行为改变带来的减排效果在交通领域体现地更显著^[2]。然而，在相关政策执行过程中，必须要考虑对行为改变有重要影响的重要因素，例如地理和气候条件、社会行为规范和文化价值偏好等。笔者认为，使行为改变得以稳定的一个核心因素是使改变行为的消费者切实感受到因其参与改变而带来的效果，从而促动更多的消费者加入改变的行列、更主动地支持刺激改变的政策。IEA 报告也简单列举了伦敦和斯德哥尔摩收取城市中心区机动车拥堵费的成功经验。

短期政策效果：刺激行为改变的一个关键因素

市中心收取机动车拥堵费的政策因其在短期内就呈现了收益远超成本的政策效果，因此带来了消费者交通出行的行为改变，降低了车辆拥堵程度、节约了出行时间、改善了市中心路面的空气质量、减少了在市中心的交通碳排放、提高了出行安全水平（尤其对于步行和自行车骑行者）。以伦敦为例，自 2003 年开始实施这一政策，每天进入市中心的机动车数量减少约 27%（接近 80,000 台）。执行拥堵收费的城区，截至 2019 年初，选择自行车出行的人数比有这项政策前增加了 66%。

由于在试行期感受到显著的效果，更多斯德哥尔摩的市民践行低碳出行方式的支持者。图 2 显示，收费实行一年后进行市民公投时，支持收费的市民从大概三分之一提高到超过一半。

图 2：市民对机动车市中心拥堵收费支持率的变化



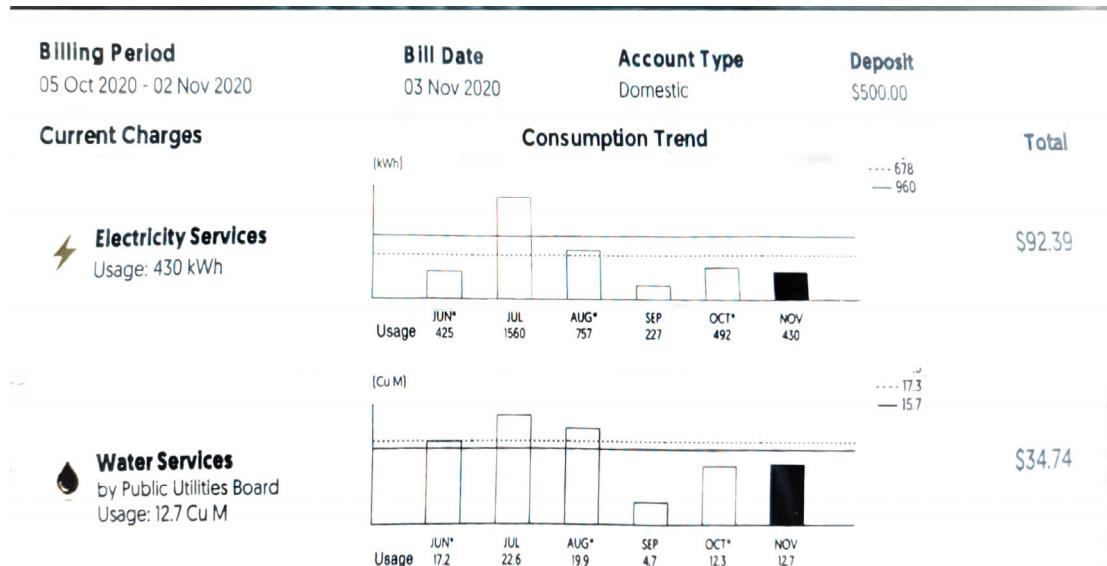
来源：Stockholm Congestion Pricing, Link: <https://toolsofchange.com/en/case-studies/detail/670>

结语

行为模式的建立和改变皆非易事。决策者面临改变在化石能源主导的能源系统下长期形成的能源消费行为的巨大挑战。IEA 报告的作者煞费苦心讨论行为改变对减排的作用，可见实现净零排放的能源系统仅靠投资和技术很可能是无法实现的。就此来讲，日渐进入经济学研究主流的行为经济学正可大派用场，支持能源转型的决策者设计更为有效的措施来发掘行为改变在碳减排方面的巨大潜力。

看到图 3，很多消费者是不是就会落入行为经济学家的“邻里压力的圈套”，从而努力减少水、电消费中的浪费行为，决心在下一个月的水、电费账单上或者保持优势，或者扭转不足呢？无论哪种，决策者总是会更开心地看到，居民水、电浪费行为在减少！

图 3：水、电费账单示例



说明：表中虚线指邻居家庭月均水、电使用量；实线指国家平均家庭水、电使用量。

注释：

[1] Net Zero by 2050, IEA. 2021. p67

[2] Net Zero by 2050, IEA. 2021. Figure 2.15, p69.

煤炭：中国实施碳中和战略的远虑和近忧

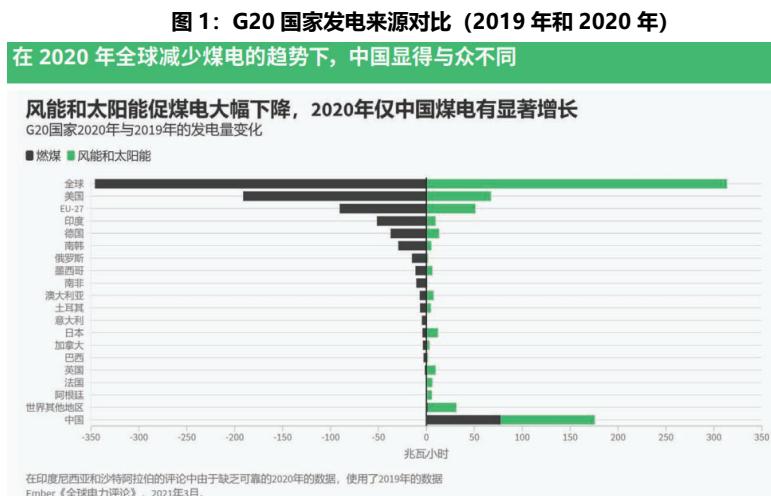
潘伊人

在 2021 年 5 月的国际能源署（IEA）新发布的“《2050 年净零排放：全球能源行业路线图》（Net Zero by 2050, A Roadmap for the Global Energy Sector）”报告里提出的全球碳中和路线图中一个很重要的步骤就是需要全球在 2021 年底前需要停止所有新的煤炭项目的投资^[1]。此报告一出，就在煤炭行业里掀起了很大的争议。不到一个月时间，七国集团（Group of Seven；G7）就开展峰会，发布联合声明要为全球商定的气候目标做贡献，并加快退煤的速度。世界七大发达经济体同意在 2021 年底前停止为海外煤炭项目提供资金支持，并在此基础上，逐步停止对所有海外化石燃料项目支持^[2]。同时，他们还呼吁包括中国在内的 G20 国家一起加入全球退煤行动，在今年年底举办 COP26 前做出同样的承诺。

中国 2020 年 9 月宣布到 2060 年前达到碳中和的气候目标，但目前暂未给出较为具体而清晰的路线图。煤炭作为碳排放量最高的能源，减少其使用是达到碳中和的必经之路。作为煤炭开采、投资和使用的全球第一大国，中国对如何停止煤炭投资面临着巨大的压力。2020 年一季度，中国国内通过审批的煤矿项目超过 2018 年和 2019 年项目的总和。2020 年，中国也是 G20 国家里面唯一一个在煤炭投资里有巨额的增长的国家，占了全球煤炭挖掘的 53%^[3]。

中国新能源代替煤炭的艰辛历程

中国在能源转型的道路上仍有众多挑战，例如减少煤炭消费同时保持能源供给安全以支持经济的持续增长。2020 年新冠疫情令全球经济遭受重创，2021 年中国依然设定了 6% 的 GDP 增长的目标，显示出国家对经济发展的重视^[4]。虽然此目标低于往年，但是仍意味着能源需求将会不断增加。如果不考虑对气候变化、环境污染和公共健康等的影响，煤炭目前还是所有能源中成本较低的。在一个追求经济体持续较快增长的国家，煤炭的低成本也让它拥有一个难以替代的地位。



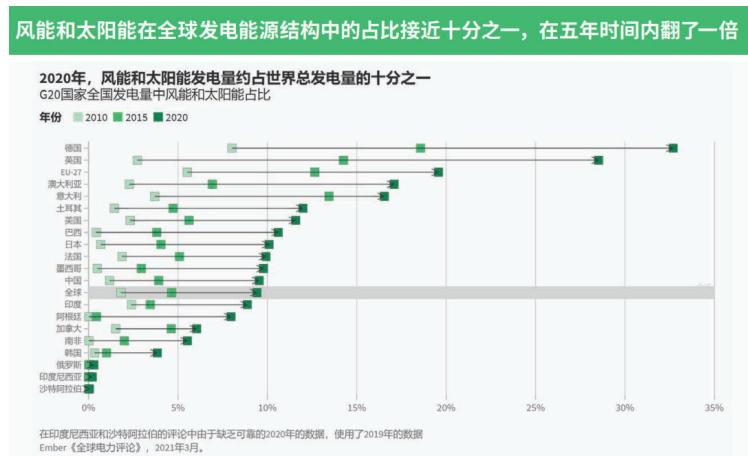
*除中国以外，别的国家煤炭能源都在减少。 (Ember, 2021)

在过去的 5 年，尽管中国对新能源技术的投资保持着全球领先，但新能源产电量仍不足以满足全国用电的需求。从 2015 年至 2020 年，中国的电力需求增长 33%，其中 54% 的电力需求增幅是被非化石能源技术满足的。但是新能源稳定性差，在没有足够的经验和和技术去最高效地调度电力的基础设施的情况下，会发生缺电或者断电等事件。

就在近期，我国的第一经济大省广东，就出现了电荒的情况。从 2021 年五月中旬开始，广东省的 17 个地级市开始实施有序用电，从“用六停一”到“用五停二”的轮流停电方式。此次停电主要有两个原因：一是今年广东省气温偏高用电负荷增大；二是“西电东送”通道（云南-广东）的主要清洁能源水力因枯水而电力不足^[5]。扩大电网投资和建设在减少煤电消耗、增加可再生能源供给等因素下显得尤其重要。

2020 年，全球平均 9.4% 的电力来自于风能和太阳能发电，中国的风电和太阳能发电占比也在平均值上下，但德国和英国的风能和太阳能发电占比分别高达 33% 和 28%，远高于其它国家。这归功于两国在新能源技术发展和电网建设中，利用领先的技术成功整合大量间歇性能源输入到覆盖率大的电力系统里面^[6]。目前中国电网的基础设施覆盖率低，电网也无法根据供给需求的动态去调整电力配给，导致很多偏远地区还是需要依靠化石燃料保障基础发电。逐步减少煤炭的第一步是要确保新能源发电的稳定性，能代替化石能源成为基础电力。德国和英国的先进技术的应用，是值得中国去学习及借鉴的经验。

图 2：G20 国家风能和太阳能的占比



*来源：Ember, 2021

助力“一带一路”减碳

中国在国外的煤炭投资主要集中在“一带一路”项目下的印度、东南亚及非洲等国家。2013-2015年，中国企业对“一带一路”沿线国家建设的非金融类投资超过1000亿美元，其中重头在能源和交通运输方面。中国如何在履行“一带一路”政策的同时减少高碳排量的投资项目也是一个巨大的挑战。虽然在2015年后，“一带一路”的投资项目已经变得绿色化，煤炭项目的占比也越来越少，但是煤炭项目的数量仍在逐年增加。2020年开始，中国对“一带一路”国家的投资重点转向了可再生能源，其中包括水力发电(35%)，煤矿(27%)和太阳能(23%)，但煤矿投资也从2018年的15%提升到了2020年的27%^[7]。

2020年9月，亚洲基础设施投资银行发声，将响应全球金融机构的投资趋势，从煤炭中逐步撤资。这是第一次有中国投资机构公开表明反对化石能源投资，而且他的执行董事表示“亚投行不会资助任何煤炭及其周边行业，例如煤电服务的电网线路等。^[8]”

结语：尽快在投资和政策激励落实碳中和战略

在全球大幅度减少煤炭投资的环境下，未来10年是全球能源行业减排转型的关键时机。在煤炭方面，全球工业化国家加速减煤的态势已形成，中国面临减煤的压力逐渐增大；在石油方面，2019年很可能是全球石油消费的峰值之年，发达国家减少石油消费的努力正在形成态势，随着电力低碳化和交通部门电动车的快速发展，未来3-5年，中国或许也将面临减少石油消费

的压力；在天然气方面，由于其相对较低的碳排放强度，未来十年可能随着煤炭的份额快速降低而在能源系统中扮演更为重要的角色。但从长远来看，例如 2030-2050 年，全球天然气消费也要经历大幅度降低的过程^[9]。

面对全球气候应对的大局面，中国面临的挑战是多层面和复杂的，作为全球最大的煤炭消费国和第二大石油消费国，中国在寻求持续、稳定经济增长的同时，也要寻找更多机会、尽早启动碳中和实施计划和战略，加大对各种低碳技术的投资，使能源、交通、工业和建筑等部门在未来 30-40 年实现彻底转型^[10]。

注释：

- [1] IEA, 2021. Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector. www.iea.org
- [2] South China Morning Post, 2021. “In Climate push, G7 agrees to stop funding for coal.” www.scmp.com/news/world/united-states-canada/article/3134443
- [3] D. Jones et al., 2021. Ember: Global Electricity Review 2021. www.ember-climate.org
- [4] DW news, May 2021. China sets GDP growth target of over 6% in 2021.
- [5] 《财新周刊》2021年第21期 2021年5月31日 新一轮电荒从何而来？为什么会常态化？
- [6] D. Jones et al., 2021. Ember: Global Electricity Review 2021. www.ember-climate.org
- [7] 王何礼, 2021年1月。2020年中国“一带一路”投资报告。新冠疫情下的一年。中央财经大学绿色金融国际研究院绿色“一带一路”中心。
- [8] B. Gao, 2020. China can phase out coal power in line with Paris Agreement, report finds. China Dialogue. www.chinadialogue.net/en/energy/11828
- [9] T. Burandt et al. 2019. Decarbonizing China’s energy system – Modeling the transformation of the electricity, transportation, heat and industrial sectors. Applied Energy 255 (2019) 113820.
- [10] H. Wang et al. 2020. Early transformation of the Chinese power sector to avoid additional coal lock-in. Environ. Res. Lett. 15(2020) 024007.

居民电价提升会促进清洁电力发展？并没那么简单

林佳乔

“中国居民电价或将提升”这一话题在 6 月底引起了广泛关注，该话题源起于一条网友留言及国家发改委的回复^[1]。该留言题为“建议完善居民阶梯电价制度，鼓励城乡居民多用清洁的电力资源”。内容被媒体竞相报道，并为此次关于居民电价以及煤改电的回复贴上了“发改委罕见点评”这样的标签^[2]。在引发广泛的讨论同时，此事件也触发了电力相关上市企业经历了一次电力板块股市“过山车”^[3]。

电力系统改革历时多年，发改委在回复中提到的“要使电力价格更好地反映供电成本，还原电力的商品属性”也并不是什么新鲜话题，居民用电价格可能提升从 2015 年新一轮电改开始就有^[4]。但是此次关于环境议题的大背景有所变化，随着碳达峰与碳中和中长期气候目标的提出，普通民众似乎对清洁能源、煤电产能过剩等话题也有了更多理解并且认为更贴近自己的生活了。本文不会讨论网友留言以及发改委回复的细节，而是借此事件讨论电价变动与清洁电力之间的关系，并尝试回答以下两个问题。

提高电价时辰已到？从我国电力改革路线中寻求答案

有分析回顾了中国电价与世界发达经济体以及发展中国家的对比，表明中国的居民电价远低于发达经济体，并低于多数新兴工业化国家^[5]。但是当前的低价并不是说明未来一定是要提高电价，对于电力改革的落脚点也有降低电价的声音^[6]。况且，比较居民电价的绝对高低的意义可能并不大，更好的指标应该是居民电价支出占家庭总支出比例。判断是否是时候提高居民电价，需要简单回顾我国电力改革的路线以及未来发展方向。

我国电力改革历时多年，2002 年提出了厂网分离、政企分开的改革策略，并不直接涉及电价形成，所以对于居民电价影响有限。时隔多年，发改委在 2015 年提出了进一步深化电力体制改革，其中电价形成机制改革是关键一环，主要是输配电价改革、售电侧改革和提高电价的市场化程度，并在全国也都分别布置了几个试点省区。发改委在今年 5 月底公布的《关于“十四五”时期深化价格机制改革行动方案的通知》明确提出了“十四五”时期将持续深化电价改革。该方案也勾勒出影响居民电价的几个主要因素：1. 输配电价结构；2. 各种传统电源（燃煤发电、燃气发电、水电、核电等）的上网电价；3. 风电、光伏发电等可再生能源的价格形成机制；4. 销售电价改革，有序推动经营性电力用户进入电力市场，完善居民阶梯电价制度。这些因素环环相扣，逐一理顺并相互协调并非易事。

最后，回到这个问题的关键，其实不在于为了提高居民电价或降低电价而进行改革，而是电力改革的一部分是电价市场化，因此电力改革不一定会带来电价提升。销售电价也就是用户侧支付电价，在未来会根据供需关系呈现出有涨有跌的周期性市场变动，这个在欧美的自由电力市场中有所反映。在电价市场化过程中，如何兼顾社会公平，避免弱势群体陷入“能源贫困”是需要政策倾斜的。此外，如果以提高电价来促进清洁电力发展来讲，这之间的关联也没有那么简单，提价后也不一定会补贴到清洁电力。

提高居民电价可否反哺清洁能源的发展？

对于可再生能源发电的财政支持，我国主要是通过固定电价方式（Feed-in-Tariff）对其进行补贴。从2009年发改委出台固定电价政策以来，先后经历了2016和2018年对固定电价的两次下调，以应对风电与太阳能光伏的快速发展及缓解国家可再生能源补贴基金的吃紧状态^[7]。随着可再生电力尤其是太阳能光伏和风电比例的逐步提升，以及二者的发电成本大幅降低，能源局参考欧盟的竞标机制，先后在2017年和2018年引入太阳能和风电的竞价上网机制。

从可再生电力的固定电价到竞价上网，下一个阶段就是平价上网。在2021年6月，发改委发布新能源上网电价新政，明确2021年起对新建的光伏项目和陆上风电项目，将实行“零补贴”平价上网^[8]，二者的上网电价将直接执行当地燃煤发电基准价（不同于此前的燃煤标杆上网电价，允许上下浮动）。这释放出清晰强烈的价格信号，也就是风电和光伏发电正式进入了平价上网时代，并不需要额外补贴也可以具有竞争性的新时期，也就是新建可再生电力项目的发电成本已进入与火电比肩的阶段，而未来还会进一步下降。不过与既有项目综合考虑来看，在一定时期内可再生电力既有项目还是需要补贴维持，但这一部分也已经通过电价构成中包含的电力附加（surcharge）有所覆盖。

2020年初，发改委也通过多年的试点摸索，正式明确国内电价机制未来发展方向是基于成本价加合理收益这一原则，准许成本和准许收益都是有明确的定义和计算方法^[9]，未来发电成本会在很大程度上决定居民电价，因为准许收益也并不是很灵活调整的。如果考虑到居民自身的支付意愿，比如说对于可再生电力也就是所谓的绿电有所偏好，愿意支付更高的价格，售电方可以根据消费者意愿提供服务，协助用户采购绿电。这种趋势也在国内出现，比如南方电网在今年5月份发布的新能源电力白皮书提出了未来“将推动制定适应高比例新能源市场主体参与的中长期、现货电能量市场交易机制，推动开展绿色电能交易，建立电能量市场与碳市场的衔接机制。

^[10]“

所以居民为电网获得电力付出更高价格，而不是出于居民意愿主动采购绿电，是否会补贴到绿色电力或绿电，将取决于绿电的成本与火电成本。如果短时期内直接采购绿电还存在障碍，电价提升是会补贴到既有风电和光伏发电项目。不过，从中长期尺度来看，随着可再生能源发电成本的继续降低，需要补贴的项目寿命到期，可再生电力的综合成本优势会更加明显。对比来看，火电成本则会不断提高，因为火电企业面临的环境成本会持续加码，除了非常严格的传统污染物排放限值，碳市场对于火电企业的覆盖也预计会增加火电发电的碳排放成本。届时，提高电价惠及的将会是火电，而非可再生电力。

结语

中国的电价形成机制在电力改革进程中愈加趋近于市场化，电力的商品属性也会随着市场化进程的深入而逐步“还原”。官方对于提高居民电价的呼声从新一轮电改就开始有，一直持续到此次发改委的“罕见”表态，阶梯电价的推出向进一步提高电价跨越并非易事，这一过程不仅是销售电价市场化，还要考虑电价形成机制的各环节，如传统电源与可再生能源之间的成本差异，也涉及到这种差异的变动。

在可再生电力逐渐进入平价上网时代，未来的火电成本在环境成本逐渐增加这一预期下，会超过可再生电力，尤其是“双碳”目标带来的加速减排压力，可能会进一步推高火电发电成本。届时，居民电价的提升可能补贴的是火电。所以，如果满足电力用户直接支持清洁电力发展的需求，通过购买绿色电力证书或者直接购买绿电是当前和未来可以实现的途径。借发展清洁能源之名提高电价可能并不名正言顺。

注释：

- [1] 发改改革委答网民关于“建议完善居民阶梯电价制度，鼓励城乡居民多用清洁的电力资源”的留言。链接：http://www.gov.cn/hudong/2021-06/24/content_5620165.htm
- [2] 重磅！发改委罕见点评：居民电价偏低！电费要涨？“十四五”将持续深化电价改革。链接：
<http://news.10jqka.com.cn/20210628/c630502695.shtml>
- [3] 发改委点名将调整居民电价改革 电力板块先升后落。链接：<http://finance.eastmoney.com/a/202107041983637987.html>
- [4] 电力改革路线图渐次清晰 售电业务将向社会资本开放。链接：<http://finance.china.com/roll/20151201/3472156.shtml>
- [5] 中国电价的国际比较分析：竟然这么低！能见 Eknower 公众号，2021 年 3 月 22 日。链接：
<https://mp.weixin.qq.com/s/jqJ22pmVp0le3Y3QyKk6tA>
- [6] 电力改革的最终落脚点应是降低电价。链接：http://www.nea.gov.cn/2018-07/18/c_137333013.htm
- [7] 风电现阶段挑战：弃风限电、补贴吃紧和电价下行压力，磐之石，赵昂。链接：<http://www.reei.org.cn/blog/614>
- [8] 关于 2021 年新能源上网电价政策有关事项的通知，国家发改委，2021 年 6 月。链接：
https://www.ndrc.gov.cn/xwdt/tzgg/202106/t20210611_1283089.html
- [9] 《省级电网输配电价定价办法》，国家发改委，2020 年 1 月。链接：
https://www.ndrc.gov.cn/xxgk/zcfb/ghwj/202002/t20200205_1219961.html
- [10] 南方电网 2030 年前基本建成新型电力系统。链接：http://www.csg.cn/xwzx/2021/mtgz/202105/t20210518_319723.html

政策目标、市场转型和管理气候危机：以欧盟为何 2035 年禁售燃油车为例

赵昂

从经济学的角度来看，人类生产生活带来的温室气体排放（简称碳排放）是典型的全球公共品，对这一长期收益为负、当下已经凸显其灾难性影响的公共品管理是一个巨大的公共决策挑战。主要挑战之一即如何将碳排放的成本和收益内化到市场经济的长期决策框架和过程当中（碳排放导致的气候变化是一个长期的过程）。影响市场经济决策的最重要因素是政府政策和市场供需关系。市场供需双方难以将导致长期社会经济影响的碳排放因素融入决策，因为以中短期效用评价为主要驱动力的市场供需双方在长期决策方面缺乏动力或激励机制，而政府有能力在管理公共品方面填补决策的空白。

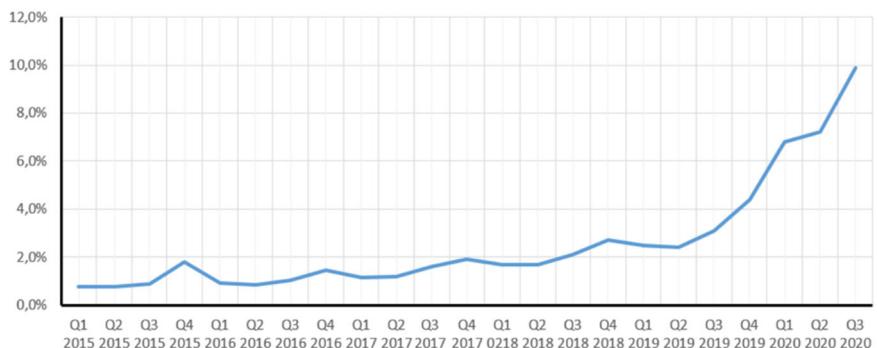
电动车（BEV）市场增长缓慢 VS 减排愈加紧迫

欧盟电动车年度新车销售市场占比 2015-2018 年徘徊在 2% 左右，直至 2019-2020 年，在欧盟实现 2020 年轿车碳排放标准及其激励政策的带动下，电动车的市场占有率才有快速提高，升至 2020 年三季度的接近 10%。然而，这与欧盟实现 2030、2050 中长期的气候目标对道路交通部门的减排要求相去甚远。

欧盟的政策经验表明，借助监管框架（例如车辆碳排放标准）来推动车企增加零排放汽车车型的市场供应，从而带动消费需求增长，并配合充电桩的建设，进而可以带动决策者希望看到的电动车的市场渗透率的提升^[1]。

如果说为实现 2020 年的气候目标欧盟利用监管和政策措施来带动市场转变是在积累经验的话，那么面向 2030 和 2050 的气候目标及其相关的政策措施则是要充分发挥政府在管理公共品方面所具备的独一无二的作用。

图 1：欧盟季度电动轿车新车销售占比变化（2015 Q1 – 2020 Q3）

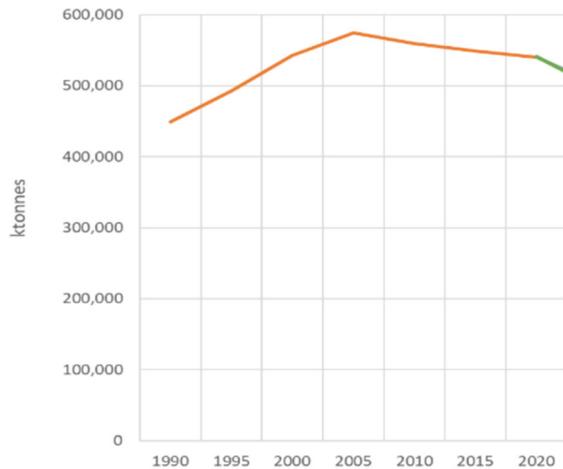


来源: The European Automobile Manufacturers' Association (ACEA)

释放的政策信号正在驱动市场转型

欧盟在 2021 年 7 月 14 日公布的“Fit for 55”一揽子政策措施中，明确提出了到 2035 年新售小轿车为 100% 零碳排放的目标。同时，对于 2019 年占欧盟道路交通碳排放总量（7.84 亿吨）比例高达 71.7% 的小轿车和轻型货车（vans）也设定了到 2030 年分别减排 55% 和 50% 的目标。2019 年这两类主要交通工具贡献的碳排放分别为 4.8 亿吨和 0.9 亿吨^[2]。

图 2：欧盟（27 国）轿车和轻型货车的碳排放量（单位：千吨）



来源: European Environment Agency

面对如此清晰的政策目标，在传统汽车制造领域长期处于全球领先地位的欧洲车企是如何回应呢？从下表关于车企制定的淘汰传统燃油车制造的时间表可以看出来，欧盟的政策似乎是在发挥作用。

表 1：车企在零排放汽车生产上的承诺

Manufacturer	Announcements	Type of vehicles	Year
Volvo Cars	50%	BEV	2025
	100%	BEV	2030
Volkswagen group	<i>More than 70%</i>	BEV	2030
	100%	BEV, PHEV,	2035
	100%	HEV	2030
	100%	BEV	2033
General Motors	100%	BEV	2035
Jaguar Land Rover	100%	BEV, PHEV(unclear)	2030
	100%	BEV, PHEV	2025
Ford	100%	BEV, PHEV	2026
	100%	Only BEV	2030
Stellantis	70%	BEV, PHEV	2030
BMW	At least 50%	BEV	2030
	100%	BEV	2030
Nissan	100%	BEV, PHEV, HEV	2030
Renault Group (Renault brand)	65%	ZEV, PHEV, HEV	2025
	90%	ZEV, PHEV, HEV	2030
Daimler	Up to 25%	BEV	2025
Honda	100%	BEV, PHEV, HEV	2040
Toyota	1 million BEV globally	BEV	2030

结语：零排放汽车产业竞争正当时

为了避免气候危机带来不可收拾的结局、争取时间加速经济体的脱碳过程，最早完成工业化的发达经济体欧盟先行一步制定了道路交通的中长期减排目标，这意味着电动车将是未来汽车制造业的主要竞争之地。与美国、中国和日本的竞争对手相比，欧盟的车企在这个领域显然并不拥有在传统汽车制造领域所积累下的长期技术优势。然而，欧盟的车企也有一些有利之处，例如整体应对气候变化的政策目标和相应的资金投入为车企提供了长期发展的政策的稳定性，在政策的激励下消费者的需求也会逐步激发和释放。相比之下，其他主要经济体的决策者如何回应欧盟的战略和政策措施，也会对各国的车企、消费者带来深远的影响。全球零排放汽车产业的竞争正入佳境。

注释：

[1] EU Commission, amending Regulation EU 2019/631, 链接：https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/amendment-regulation-co2-emission-standards-cars-vans-with-annexes_en.pdf

[2] 除非特别说明，关于欧盟的碳排放数据皆来自 European Environment Agency. 链接：[https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data-viewers/greenhouse-gases-viewer](https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/data-viewers/greenhouse-gases-viewer)

“绿钢”在北欧面世，开启钢铁零碳化进程

林佳乔

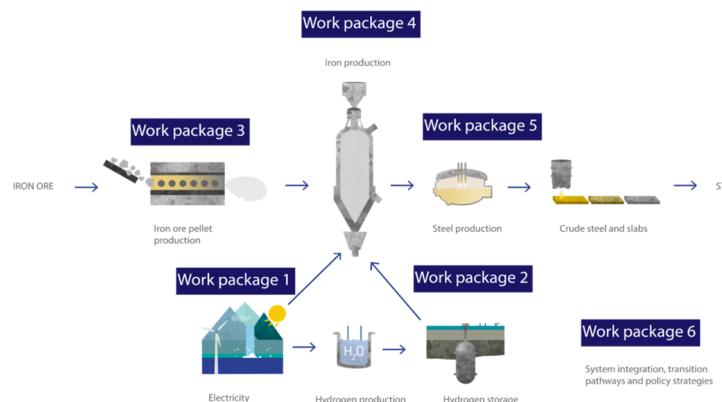
世界上首个无化石燃料生产的钢材于 8 月底被交付给瑞典汽车制造商沃尔沃集团，这款钢材由瑞典钢铁生产商 HYBRIT 生产，被冠以“绿钢”名号。虽然绿钢生产还是在试验项目的阶段，但是此次交付具有里程碑式意义，是目前为止最接近商业化的尝试。这家瑞典公司也准备在 2026 年前建成无化石燃料使用的商业示范钢厂。本文会就绿钢的实现路径和背景简要介绍，也尝试结合国内外碳定价的最新进展，对欧盟和中国在钢铁行业的去碳化努力进行比较和分析。

绿钢的生产：减排过程与实现路径

钢铁生产的碳排放来自哪里？传统钢铁生产流程中最大的碳排放来自于钢铁生产过程中。以高炉炼钢为例，铁矿石原料的处理和煤炭炼焦都需要化石燃料提供热能，将铁从铁矿石中还原出来的过程也需要使用化石能源以及石灰石，这些碳基燃料和辅助料的燃烧会产生二氧化碳。如果是电炉炼钢，就涉及到大量使用电力所带来的间接排放。最后一小部分排放则是来自于钢厂内的厂用电以及用于生产的运输车辆所消耗的化石燃料产生的碳排放。

绿钢的实现依赖于可再生电力和氢。首先绿钢并没有明确的定义，而是对环保钢材产品的一个宽泛称呼，因为绿色这一形容词本身的意义也随着时代而变迁，目前，绿钢的概念更接近于“零碳钢”。根据 HYBRIT 公司的工艺流程（图 1），绿钢在炼钢过程是不使用化石燃料而生产的钢材，从铁矿石颗粒的生产用生物燃料替代化石燃料，到铁矿石颗粒炼钢流程使用氢作为还原剂和燃料，这些氢又是来自于可再生能源制备比如太阳能或风能，那么整个生产过程可以说是无化石燃料使用的钢铁生产，所以被冠以绿钢之名。

图 1：HYBRIT 公司绿钢生产示意图

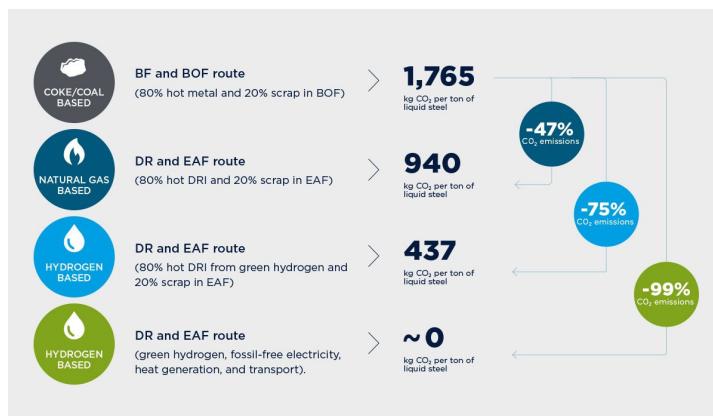


来源：<https://www.hybritdevelopment.se/en/research-project-1/>

如果是钢铁厂内用电和燃油可以用可再生电力来替代，可以说在整个钢铁厂这一核算范围内就是零碳钢 (CO_2 -free primary steelmaking)，当然应该是进阶版的绿钢。如果链条再拉长到生命周期，实现完全零碳的钢材生产还有很长一段路要走，因为会涉及到矿石的开采、运输、后期废弃物处理等相当多的环节。

钢铁产业实现零碳也是需要技术路线图来指引的。我们用冶金技术公司 Primetals 给出的技术路线做参考（图 2）：首先要将煤基的燃料与还原剂向氢基转变，通过改用绿氢并结合废钢这一炼钢技术路线升级，与高炉炼钢路线相比将带来 75% 的减排量，剩余的排放实际上是来自于直接还原和电弧炉路线（DR-EAF）炼钢所使用的电力背后的间接排放，取决于电网的碳排放系数。最终真正实现零碳钢要将电力、热力和运输过程都逐步实现无化石能源使用。

图 2：绿钢技术路线过程



来源: <https://www.primetals.com/news-media/metals-magazine/issue-02-2020/the-winding-road-toward-zero-carbon-iron>

备注：电力排放计算采用经合组织（OECD）欧洲国家电网排放系数平均值 $0.452 \text{ kgCO}_2/\text{kWh}$ 。如果用瑞典的排放系数 $0.023 \text{ kgCO}_2/\text{kWh}$ ，减排量更大。

绿钢是零碳工业的先锋，是欧盟实现净零排放的重要一环

氢对于钢铁行业来讲是格外有吸引力的，因为它不仅是能做成炼钢燃料，还是还原剂，用氢炼钢可以在供热的同时将铁从铁矿石中还原出来。绿钢更深层次的意义是在实践零碳工业（net-zero industry）的想法，并逐步完成商业化进程，如果能从钢铁行业开始形成对氢的需要，并扩大到其它氢燃料应用领域，也会避免因为“先有鸡还是先有蛋”的情景下讨论氢的未来^[1]。从可再生电力和电动汽车与公共交通的发展速度中看出来，电力和交通领域是容易减排的部门，也是开始最早的部门。而工业部门推进减排起步较晚，且越来越艰难或者说成本越来越高。

在工业部门去碳化过程中，钢铁行业首先引入并实践绿钢这一概念，作为工业部门的第一个尝试，是具有里程碑意义的。

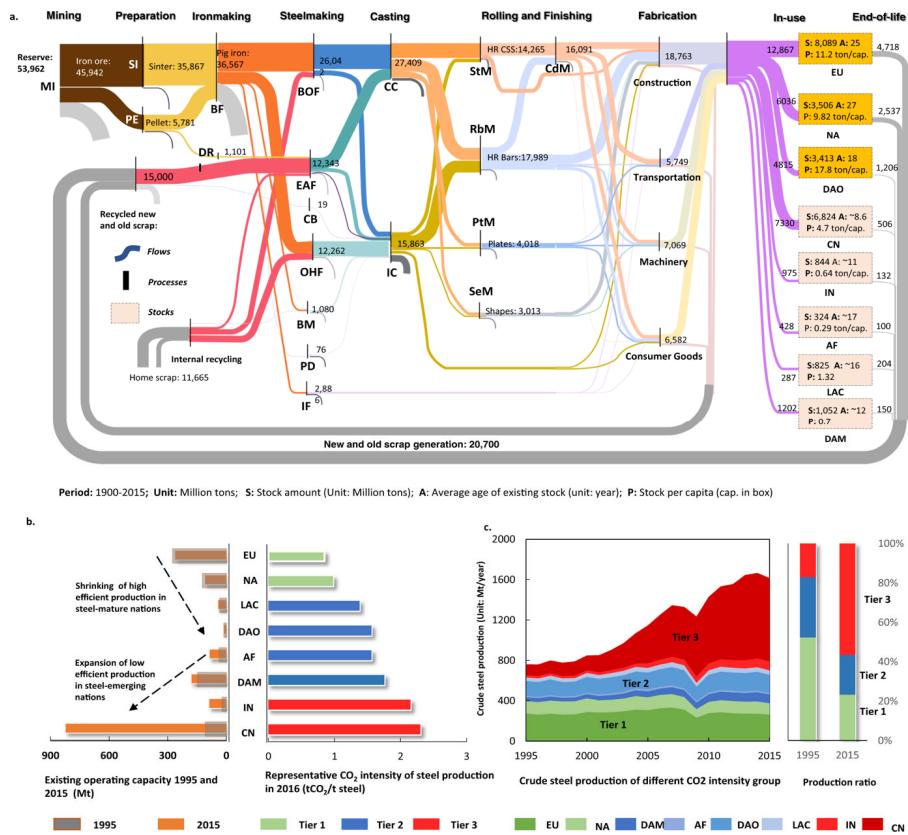
在欧盟 2050 气候中和这一长期气候目标之下，钢材的制造从碳基向以氢基的转型是势在必行的，这也是为什么许多欧盟国家在推进绿钢。欧盟钢铁行业碳排放占工业部门排放的四分之一左右，钢铁行业去碳化将作为欧洲实现它所倡导的气候中和的一个重要支撑。除了北欧国家，德国和法国也都在积极的布局绿钢项目。欧盟在今年 7 月份提出的碳边境调整机制（CBAM）法案草案中，覆盖的行业里就包括钢铁^[2]。欧盟进口钢材在 2026 年后就要求在 CBAM 机制下要购买证书，根据出口到欧盟钢材的碳含量与欧盟内钢材相比较，目的是防止所谓的欧盟钢铁行业的碳泄漏以及境外的高碳钢铁的流入。对于钢铁生产大国，特别是出口到欧盟占比最高的俄罗斯、土耳其和中国会带来不可预期的影响，这些国家虽然都表示抵制，但也要在如何应对欧盟 CBAM 机制这一背景以及国内长期气候变化目标的前提下，研究国内的钢铁行业如何去碳化问题。

中国钢铁的去碳化路径清晰，但需面对国内外挑战

中国的吨钢排放还处于相当高的水平，每吨钢排放在 2~3 吨二氧化碳排放这一水平，欧盟吨钢碳排放强度是不到 1 的（图 3），原因是炼钢工艺的差异。欧盟电炉钢的占比约四成，美国约占七成，世界平均水平是近 30%。国内用电炉的比例较低，2019 年国内电炉钢的产量占比也就仅仅 10%，因为电炉使用的话就需要很多回收的废钢。中国目前的情况大概有七成的钢铁冶炼都是来自于传统的高炉，直接利用铁矿石来炼钢。

从 1995 年到 2015 年这二十年间，产能增加最多的是中国和印度，这也导致全球平均的钢铁生产碳强度并没有降低，反而明显升高。吨钢碳排放高与炼钢工艺、原料处理、能源使用效率等都有关系。

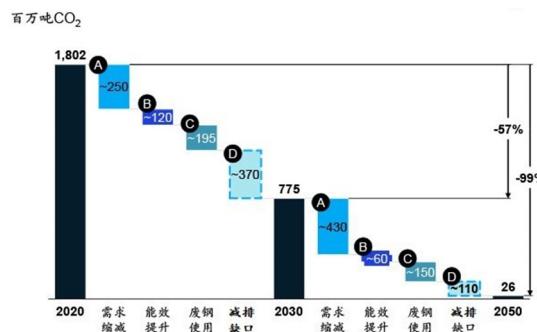
图 3：世界钢材生产的碳排放强度比较（左）和世界粗钢产量（1995-2005）（右）



来源: <https://www.nature.com/articles/s41467-021-22245-6>

在 2060 碳中和情景下，中国钢铁行业达成碳中和路径还是有比较清晰的行业整体减排路线的（图 4）。从减少对于钢材的需求开始到能效提高，就会涉及到技术路线的转化。增加电炉炼钢的比例，与之相关的就是增加废钢的利用比例。除此之外的减排缺口可能有两个路线：1.通过氢气还原直接炼钢去制造绿钢；2.一是使用化石燃料炼钢的生产则辅以碳捕集利用以及封存（CCUS）^[3]。后者如果借用蓝氢的概念，就是化石燃料炼钢，但是末端的碳排放依赖于使用 CCUS 技术，就称之为“蓝钢”。

图 4：中国钢铁行业碳中和转型路径（麦肯锡）



McKinsey
& Company

1. 使用高强钢可使钢材总需求在2030年减少1400万吨（假设节约20%），
在2050年减少1000万吨（节约30%）
2. 《白皮书：中国氢能经济基础设施及发展规划》
资料来源：BM分析；新闻检索；专家访谈；小组分析

如果说碳达峰和碳中和目标是钢铁行业去碳化的内驱力，那欧盟的碳边境调整机制将会是一个能加速中国等国钢铁行业脱碳进程的外在驱动力。而且是通过实施跨境碳定价这种模式来迫使国内工业领域降低碳强度。目前纳入中国碳排放权交易市场就只有电力部门，未来扩展至钢铁行业也并不遥远。生态环境部的领导今年在多个场合都表示在十四五内会加快将其纳入到全国碳市场^[4]，钢铁行业会成为中欧碳定价体系的一个交汇点和角力场。

结语

北欧的绿钢产品已经交付，虽然目前只是项目级别的小规模试验性生产，但是却开启了整个工业部门的零碳化之路，欧美的其他几家有气候雄心的钢铁制造商也在追赶。欧盟的气候中和目标与美国的净零排放目标都会加速零碳工业产品的商业化进程。

最后要指出，钢铁的零碳化不要忘记使用端的减量，这是对于钢材的需求，也是钢铁生产的起点，是钢铁行业零碳化这一链条的前提。涉及到了在建筑或建设项目设计方面，如何通过低碳化设计减少钢材的使用，多应用替代的材料比如合金和碳纤维等技术手段和产品。除了成本之外，可能这些替代产品的生产也将要面临零碳化的进程，所以工业部门的零碳化之路中各子部门碳排放可能会呈现此消彼长的态势。虽然看起来任务复杂而艰巨，工业部门脱碳也受市场需求、成本收益与气候雄心等多重因素影响。目前工业碳排放占比最大的钢铁部门迈出了第一步，未来可期。

注释：

[1] Green Steel: A Multi-Billion Dollar Opportunity, by Thomas Koch Blank. 2020 RMI. Link: <https://rmi.org/green-steel-a-multi-billion-dollar-opportunity/>

[2] 欧盟新提案出炉，碳关税实施框架逐渐明朗。袁雅婷，2021年7月，磐之石环境与能源研究中心。链接：<http://www.reei.org.cn/blog/870>

[3] 国内钢铁行业碳中和路径。申学峰，2021年7月，远东资信。链接：

https://pdf.dfcfw.com/pdf/H3_AP202107191504809909_1.pdf?1626716790000.pdf

[4] 钢铁、水泥等行业“十四五”将纳入碳排放权交易市场。2021年1月14日，中国新闻网。链接：<https://www.chinanews.com/cj/2021/01-14/9387122.shtml>

COP26 前夕“双碳”顶层政策密集发布：紧急铺垫还是胸有成竹？

陈仕凯、林佳乔

自9月底以来，辽宁、吉林、江苏、广东等地相继发布有序用电或限电通知，许多企业也发布了由于限电而不得不停产的相关公告^[1]。10月24日中共中央和国务院共同发布了《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》^[2]，即所谓“1+N”政策体系中的“1”，一经发布就引发了许多讨论。10月26号，国务院又发布了《2030年前碳达峰行动方案》^[3]，强调重点实施能源绿色低碳转型行动、节能降碳增效行动、工业领域碳达峰行动等碳达峰十大行动。紧接着10月27日又发表了《中国应对气候变化的政策与行动》白皮书^[4]，10月28日中国政府正式向联合国递交《中国落实国家自主贡献成效和新目标新举措》及《中国本世纪中叶长期温室气体低排放发展战略》，即新的NDC。

不到一周之内能源与气候领域的顶层政策可谓是接连不断，可以看成中国对于完成“双碳目标”的一揽子政策。而选择在这个时间点发布不由得让人联想到是否为了应对此前的限电和限电问题的后续政策或是为正在召开的《联合国气候变化框架公约》第二十六次缔约方大会(COP26)做必要的政策铺垫。本文从回顾“1+N”政策来龙去脉的角度分析其与此次限电的关系，再解析碳达峰行动方案的要点，帮助读者了解中国更新的NDC。

“双碳”顶层设计文件为何频发？

事实上，决策层关于构建“1+N”政策体系的想法早在今年7月份已经提出，当时的背景主要是为了加快推进产业结构调整优化，坚决遏制“两高”项目(即高耗能、高排放)盲目发展，严防过剩产能死灰复燃^[5]。而从9月份开始出现的大面积拉闸限电，主要是由于工业用能需求增加以及对煤炭需求增加而供应不足，各地为完成“双控”(控制能源消费强度和能源消费总量)目标而采取了限制措施。

从时间顺序上，在限电以前就已有计划构建“1+N”体系了，从因果关系上，减碳也不是直接导致这次限电的主要原因，因此过去一周的三个国务院政策的接连发布并不是专门为了回应拉闸限电问题。更重要的是，中国确实迫切需要一个能源与气候的顶层政策设计，而且应该是相互协调的。由于完成节能减排的压力在接近年底爆发，导致一些地方为了完成硬性指标而出台简单粗暴的措施，促成了此次大面积限电^[6]。

而反过来，限电的原因和影响又对“1+N”等政策带来了更明确的方向，因为从最近这几个政策具体内容来看，决策层可能有基于此次限电提出纠正“运动式”减碳路线的考虑，《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》中的“完整”、“准确”两个词其实隐含表达了这层意思，而《2030 年前碳达峰行动方案》则是直接点名各省区和直辖市要按照国家总体部署，结合本地区资源环境禀赋、产业布局、发展阶段等制定本地区碳达峰行动方案，并提出符合实际、切实可行的碳达峰时间表和路线图，避免“一刀切”限电限产或运动式“减碳”^[7]。整体来看，这两份顶层设计文件本身，都考虑到了限电的影响，并且都传达出了明确的“早达峰、低达峰”的信号，鼓励各地根据实际情况，主动作为、率先达峰等。

碳达峰行动方案要点解析：了解中国更新 NDC 的基础

中国最近更新的 NDC 中，尽管非化石能源占一次能源的消费比重目标已经较 2015 版的 NDC 目标（20%）上涨了 5%，但该目标实际上早在 2020 年 9 月的第七十五届联合国大会上已经更新。关于中国的新目标是否有雄心可能成为 COP26 中不可回避的一个讨论话题。我们认为，中国可能是考虑到这次煤炭供应不足导致的限电，在提出能源目标的时候采取了更加谨慎的态度。

在此，笔者选择了 NDC 提到的四个重点部门进行分析，更加具体地，选择阐述更详细的《2030 年前碳达峰行动方案》，看看中国是否提出了更有雄心的气候目标。遗憾的是，在煤炭方面，这份文件里依然没有提到令人最关注的问题，即煤炭消费什么时候达峰，达峰时的总量是多少，作为中国碳排放的最大来源，回答这些问题的意义是不言而喻的。聚焦到工业部门的话，在钢铁和水泥这两大高排放行业都提出了“严禁新增”，但并没有给出具体的减排量化目标。

表 1：各部门 2030 年前碳达峰行动方案^[8]

部门及行业		主要内容
能源部门	煤炭	“十四五”时期严格合理控制煤炭消费增长，“十五五”时期逐步减少。严格执行新增煤电项目；严控跨区外送可再生能源电力配套煤电规模，新建通道可再生能源电量比例原则上不低于 50%。
	可再生能源	全面推进风电、太阳能发电大规模开发和高质量发展，坚持集中式与分布式并举，加快建设风电和光伏发电基地；到 2030 年，非化石能源消费比重达到 25% 左右；到 2025 年，新型储能装机容量达到 3000 万千瓦以上。
工业部门	钢铁行业	严禁新产能，推进存量优化，淘汰落后产能；探索开展氢冶金、二氧化碳捕集利用一体化等试点示范。

部门及行业	主要内容
建材行业	严禁新增水泥熟料、平板玻璃产能。
建筑部门	深化可再生能源建筑应用，推广光伏发电与建筑一体化应用；到 2025 年，城镇建筑可再生能源替代率达到 8%，新建公共机构建筑、新建厂房屋顶光伏覆盖率达到 50%。
交通部门	到 2030 年，当年新增新能源、清洁能源动力的交通工具比例达到 40%左右，营运交通工具单位换算周转量碳排放强度比 2020 年下降 9.5%左右，到 2030 年，城区常住人口 100 万以上的城市绿色出行比例不低于 70%。

来源：《2030 年前碳达峰行动方案》，作者总结

然而，交通部门的具体数字却让人眼前一亮，提出到 2030 年当年新增新能源、清洁能源动力的交通工具达到 40%的说法，在此如果参考工信部发布的《中国汽车产业发展年报 2021》^[9]的数据，可以看出从 2012 年至 2020 年新能源车的渗透率在持续增加，2020 年也仅为 5.4%，而根据预测，2021 年的渗透率在 6.8%左右^[10]，即往年最高每年也不过增长 1.8%，即使以 2% 来计算，到 2030 年应该是停留在 25.4%这个水平，远不及 40%，可见中国政府对中国新能源车的发展还是比较有雄心的。

图 1：中国新能源汽车产业发展渗透率



来源：《中国汽车产业发展年报 2021》

结语

随着 COP26 带来的气候变化议题热度的上升，其中一个关注焦点就是各国的长期减排战略以及实现路径。中国最近“顶层”能源与气候政策密集出台，考虑到了最近的限电影响，也试图纠正“运动式减碳”带来的影响；同时，这些政策也呼应了中国刚刚向联合国提出的更新 NDC，具体的细节量化指标部分可以在“双碳”行动方案中找到答案。

目前从中央到地方对于煤炭的态度还不明朗，这背后的原因可能是出于能源安全考虑，也可能是寄希望于末端控制的技术早日应用，或者将碳中和实现路径本地化，比如国内某产煤大市曾表示将用煤矿开采的收入来补贴可再生能源项目的发展。不仅是中国，在其他国家如沙特阿拉伯则宣布了其“绿色沙特倡议”，主要是通过植树造林以及发展可再生能源项目，而不是通过减少石油产量和用量^[11]，可谓是“各显神通”。但哪些方法行得通，哪些行不通，我们期待在 COP 26 上看到对不同路径的一个理性判断。

注释：

- [1]多地为何“拉闸限电”？后续电力供应能否保障？,人民网, 2021年9月29日 链接: <http://society.people.com.cn/n1/2021/0929/c1008-32241249.html>
- [2]《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》新华社, 2021年10月24日 链接: http://www.gov.cn/zhengce/2021-10/24/content_5644613.htm
- [3]《2030年前碳达峰行动方案》国务院, 2021年10月26日 链接: http://www.gov.cn/zhengce/content/2021-10/26/content_5644984.htm
- [4]《中国应对气候变化的政策与行动》白皮书 新华社, 2021年10月27日 链接: http://www.gov.cn/zhengce/2021-10/27/content_5646697.htm
- [5]我国加快构建碳达峰碳中和“1+N”政策体系 新华社, 2021年7月14日 链接: http://www.gov.cn/xinwen/2021-07/14/content_5624831.htm
- [6]“一刀切”停产或“运动式”减碳可休矣 凤凰网, 2021年10月9日 链接: http://www.gov.cn/zhengce/2021-10/09/content_5641609.htm
- [7]同 2
- [8]同 2
- [9]<http://www.miit-eidc.org.cn/module/download/downfile.jsp?classid=0&filename=ab5936358eb244bf96b63fe818f1680e.pdf>
- [10] 新能源汽车 2025 目标最快明年实现 中国经济网, 2021年9月16日
<https://auto.cctv.com/2021/09/16/ARTIho9wLNvjpDI8oA8pdqjI210916.shtml>
- [11]沙特计划 2060 年实现“净零排放”，产油国“大佬”态度大转弯背后是什么 第一财经, 2021年10月25日 Link:
<https://www.yicai.com/news/101207896.html>

COP26 | 退煤承诺的“南非”因素

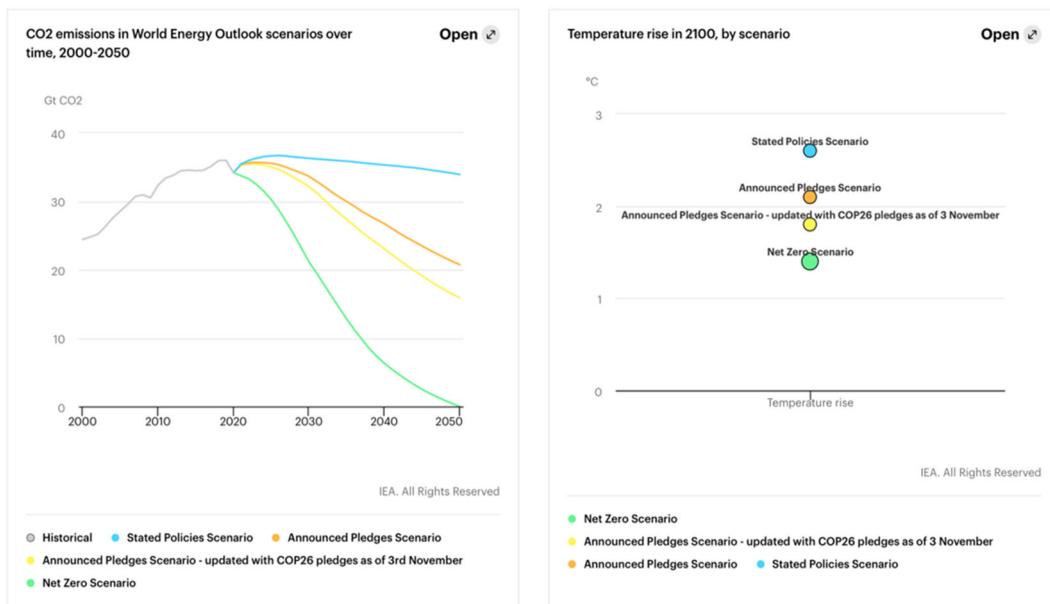
赵昂

联合国气候变化大会正在英国的格拉斯哥如火如荼的进行着，甲烷减排承诺和加速退煤承诺是第一周的两大成果。

突破 2°C温控目标提振全球信心？

国际能源署（IEA）根据截止到 11 月 3 日 COP26 大会上各国政府更新的减排或者净零排放承诺，发表文章指出，本世纪末温升幅度可以实现 **1.8°C** 之内的控制目标，如下图所示。显然，甲烷减排承诺是 IEA 得出最新分析的重要依据。

图 1：世界能源部门二氧化碳排放情景与全球平均温升对比关系



来源：IEA

如果甲烷的承诺是大会开幕之始各国首脑面对全球眼光的聚首协商不得不交出的一份“答卷”的话，那么退煤的承诺多少提高了全球观众对大会成果的期望。笔者认为，退煤承诺可能预示着未来十年气候治理的另一种局面，即工业化国家大量出资帮助对煤炭依赖程度高的发展中国家加快清洁能源转型，而促成这一态势形成的关键因素是南非。

退煤：从南非到越南

在 11 月 4 日签署全球退煤承诺的四十多个国家中，让人眼前一亮的莫过于越南，因为越南是签署国中煤炭消费量仅次于韩国，排名高过第三德国和第四波兰。然而韩国的经济发展水平远远高过越南，人均 GDP 是越南的十倍。正处于经济快速发展的越南对能源需求非常高，且煤炭依赖度仍然较高。根据 BP 世界能源统计数据，越南 2020 年的煤炭消费高达 8400 万吨硬煤^[1]。

越南总理在 COP26 之前差点签署一项到 2030 年将越南煤炭消费在 2020 年基础上增加 100% 的政策计划，令看好越南风电发展的风电企业捏了一把汗。如果说凭借经济实力，德国可以独自完成退煤，还有余力帮助发展中国家退煤；韩国加把力恐怕也不需要外部支援；背靠欧盟这棵大树、严重依赖煤炭的波兰告别煤炭也是可行的话，那么仍处于工业化早期、能源供不应求的越南，为何在 COP26 上加入了退煤行列呢？

表 1：部分退煤承诺国家的煤炭消费量和人均 GDP，2020

国家	煤炭消费量 (百万吨硬煤)	人均 GDP (万美元，现价)
德国	74	4.6
韩国	120	3.1
波兰	67	1.6
南非	140	0.5
越南	84	0.3

来源：BP Statistical Review of World Energy, World Bank

表 1 所呈现的南非和越南的对比，可以帮助我们理解这一问题。这两个国家人均 GDP 处于同一水平，越南的煤炭消费有一半来自进口，近些年煤炭进口增速在两位数字。虽然我们没有看到南非加入这一退煤队列，但南非发展清洁能源替代煤炭的步伐正在加快。COP26 大会第三天关于南非的新闻令人振奋。南非宣布将在英国、德国和美国的资金支持下加快告别煤炭、发展清洁能源，目前三个发达国家已经承诺为南非的脱煤提供总计 85 亿美元的支持。截至 2019 年，发达经济体支持发展中国家应对气候变化所落实的资金承诺总额约 800 亿美元，与 1000 亿美元的目标仍有些距离，显然南非得到的退煤资金支持已经是全球气候资金的十分之一！

眼看着南非得到这份“大礼”，很难想象越南会无动于衷。越南总理于 COP26 之前暂缓批准本国持续支持煤炭消费的未来能源规划，恐怕并非偶然。笔者认为，作为 COP26 的主办国

的英国一定在会前花费很大力气与仍然依赖煤炭来支撑经济增长的发展中国家磋商，南非和越南想必一定排在优先的位置。

转型加速：从“煤”开始

从南非开启退煤的国际合作模式，再到越南果断加入这一事关全球气候变化应对成败的“退煤行动”，看来在COP26大会推动下，“告别煤炭”的全球时代正在拉开帷幕。也许很快我们会看到越南政府宣布与发达经济体之间关于退煤的资金援助计划。

笔者好奇还会有哪些国家在谈判第二周加入这一退煤行列，特别是煤炭消费处于全球前二十的经济体。按照目前的大会氛围，虽然笔者不在格拉斯哥现场，但是似乎也能感觉到全球应对气候变化的热切氛围和决心。到大会结束之时，国际能源署是否会再度发表分析文章，宣称“根据各国的最新承诺，本世纪末全球平均温升控制在1.5°C的目标基本可以达成了，接下来就是如何切实落实大家的‘雄心勃勃’的承诺了。”

注释：

[1] <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2021-full-report.pdf>

COP26 即将落幕，碳市场机制是否能达成一致？

袁雅婷

在英国召开的联合国气候变化框架公约第二十六次缔约方大会（COP26）已接近闭幕，虽然到目前为止已经提出了多个新的气候承诺，包括印度 2070 年实现净零排放、上百个国家承诺到 2030 年将甲烷排放量至少减少 30% 以及包括越南、韩国在内的 40 多个国家承诺在 2030 年至 2040 年间逐步淘汰燃煤发电等。但是随着 COP26 的最后谈判期限临近，《巴黎协定》“规则手册”（Paris Agreement Rulebook）中最棘手的部分，即《巴黎协定》第六条（Article 6）实施细则达成共识仍亟待确定。第六条提出了基于各国自愿合作（Voluntary Cooperation）来实现自身减排承诺的两种市场机制（表 1），旨在为国际碳市场^[1]制定强有力的规则并创建新的全球碳抵消机制。

表 1：《巴黎协定》第六条下的两种市场机制

条款	主要内容
6.2	为国际合作提供一个将两个或多个国家的碳排放交易体系连接起来的核算框架，并在“相应调整”（Corresponding Adjustment）的基础上避免重复计算，即出售减排量的国家不应将其计入该国的国家自主贡献目标（NDC）中。
6.4	提出建立一个新的国际碳市场，由联合国机构管理公私部门交易通过特定项目减排量获得减排信用额度。比如，A 国向 B 国提供资金建造风电场减少碳排放，B 国可从清洁能源中获益，A 国也可获得减排量对应的碳信用。

来源：《巴黎协定》^[2]

Article 6 中哪些主要谈判问题未达成一致？

由于各缔约方的利益诉求冲突，第六条实施细则中的关键问题仍未解决。例如前面 6.2 条款中提到的避免重复计算是否也应用于条款 6.4 的国际碳市场中，巴西认为在条款 6.4 下，拥有减排项目的国家向外出售减排量时不需要进行“相应调整”，即从通过售卖本国产生的减排量中获益，同时又想将减排量用于自身 NDC。

同样引起争议的是能否将《京都议定书》时期遗留的碳抵消信用沿用至今，即清洁发展机制（CDM）下产生的核证减排量（CER）能否在条款 6.4 下建立的国际碳抵消市场中继续使用。由于拥有大量 CER，巴西和印度坚持认为可继续将其出售，并将对应的减排量计入实现自身的 NDC 中。但欧盟反对 CER 的过渡，认为不应该通过已核证的“减排量”实现本就雄心不足的气

候目标，而且 CER 的额外性问题饱受诟病，目前的价格也很低，约为 0.35 美元/tCO₂^[3]，并不利于形成更有激励作用的碳价以有效地减缓气候变化。

除此之外，另一个棘手的问题为是否应像条款 6.4 一样，在条款 6.2 的双边交易下也留出一部分收益（Share of Proceeds, SOP）向气候变化脆弱国家提供支持。欧盟对此表示强烈反对，认为如果在碳市场中拿出一部分国际转让的份额收益会限制该机制下的交易活动，因为这相当于“交易税”，额外增加转让成本。

目前各立场及谈判进程仍困难重重

到目前为止，各国就第六条市场机制谈判时的立场并未发生很大转变。出于积极有效应对全球碳减排的角度，以欧盟为首的大多数国家希望确保两种碳市场机制避免“重复计算”减排量，认为如果允许出售碳信用的国家将这些信用计入其自身的气候承诺的话，将导致这些减排量被计算两次，破坏全球减少二氧化碳排放的努力。但持有大量 CER 的巴西和阿拉伯国家希望允许重复计算，这可能跟其希望 CER 可以用于落实自身 NDC 相关。一方面想依靠出售碳信用获得利益，另一方面希望以“投机取巧”的方式帮助其实现 NDC，因为他们把本国利益放在首位，而不是优先考虑全球的实际减排量。

前面提到巴西、阿拉伯等国家和包括中国在内的发展中国家希望《京都议定书》时期的所有 CER 可以得到结转，以将其计入各国的 NDC 中。但大多数国家表示允许这些碳抵消信用结转可能会使条款 6.4 下新的国际碳抵消市场充斥着廉价且“过期”的减排信用，而这不仅会破坏用于实现《巴黎协定》下各国未来的气候目标，甚至可能导致全球温室气体排放总量增加。目前，在条款 6.4 国际碳市场机制下是否可以使用《京都议定书》时期的碳抵消信用有回旋的余地，即存在一个期限限制可以使用在特定日期后产生的碳抵消信用，目前考虑允许在 2013 年或者 2016 年之后产生的碳信用^[4]。欧盟高级谈判代表 Tina Kobilsek 表示欧盟正在分析总计有多少碳信用，尚未决定前面提到的期限日期是否可以接受^[5]。巴西谈判代表上周表示，他们同意根据期限部分结转碳信用。双方在这一问题上的让步，虽然能推进第六条实施细则的谈判进程，但很有可能会反向增加全球温室气体排放量。

同样悬而未决的是条款 6.2 下双边碳交易是否应支出一部分收益用于帮助气候脆弱国家适应气候变化带来的影响，如干旱、洪水和海平面上升。例如，小岛屿国家联盟（AOSIS）之前向联合国提交对第六条实施细则看法的文件中表示，希望对所有国际碳交易征收 5% 的税收^[6]，但这一想法遭到包括美国、欧盟在内的发达国家的反对，认为这一额外的成本会限制双边交易^[7]。

结语

由于各缔约方之间的政经关系以及利益诉求，各国代表仍在碳市场机制下就多个问题进行谈判。为在本周敲定第六条实施细则，目前首要的是各缔约方谈判代表达成政治共识，具体的技术细则可后续进行商讨。此外，各缔约方可能还需要在一些关键议题上做出让步，比如同意在期限内允许历史遗留的碳抵消信用的转让而不是避免低质量碳信用的使用，这将不仅削弱了第六条市场机制应对气候变化的效果，甚至可能会增加全球温室气体排放量。在所剩无几的时间内，尤其是考虑到当前谈判进程与气候变化科学结论之间的仍有差距。COP26 主席 Alok Sharma 表示希望能在本周五如期结束此次气候大会，让我们一起拭目以待最终敲定的《巴黎协定》第六条实施细则。

注释：

[1] Article 6 下的国际碳市场包括碳配额和碳抵消信用，其中条款 6.2 包括两个或多个国家碳市场连接并允许国家之间进行碳信用的国际转移；条款 6.4 指全球碳抵消市场机制。

[2] Paris Agreement, UNFCCC, Link: https://unfccc.int/files/meetings/paris_nov_2015/application/pdf/paris_agreement_english_.pdf

[3] CO2 Prices 2020, Factor, Link: <https://www.wearefactor.com/en/co2-prices/2020>

[4] Carbon copy? COP26 confronts familiar roadblocks on market rules, Reuters, Link: <https://www.reuters.com/article/climate-un-carbon-markets-idaFL4N2RZ3TM>

[5] 同 3

[6] Submission of views on the content of Article 6.2 guidance and Article 6.4 rules, modalities and procedures, presented by the Republic of the Maldives on behalf of the Alliance of Small Island States, UNFCCC, Link:

https://www4.unfccc.int/sites/SubmissionsStaging/Documents/167_344_131542508049675849-AOSIS%20Submission%20on%20Art%206.2%20and%20%206.4.Nov.2017.cleandocx.pdf

[7] COP26 carbon-market talks 'difficult' - but hopes for breakthrough, says Norway minister, Reuters, Link:
<https://www.reuters.com/business/cop/cop26-carbon-market-talks-difficult-hopes-breakthrough-says-norway-minister-2021-11-07/>

COP26 Article 6 “最大亮点”：“前巴黎”时期碳抵消信用仍可继续使用

袁雅婷

为期两周的联合国第二十六届气候大会 (COP26) 于上周六圆满落幕，会上近 200 个国家达成《格拉斯哥气候协议》(Glasgow Climate Pact)，其有史以来首次明确提出减少煤炭使用的目标。此外，会议期间，多国代表就 2030 年前停止森林砍伐以及减少甲烷排放达成共识。作为《协议》的一部分，各国代表们在大会最后一天敲定了《巴黎协定》第六条 (Article 6) 实施细则。中国气候变化特使解振华也曾在会上表示“预计《巴黎协定》第六条的碳市场规则将在本届气候大会上达成一致”^[1]。上篇文章《COP26 即将落幕，碳市场机制是否能达成一致？》介绍了第六条实施细则的具体内容和各国主要争议点，本文将对第六条关键谈判结果进行梳理和评论。

是否避免重复计算 (Double Counting)

根据第六条，各国可基于碳市场机制（包括碳配额和碳抵消信用）来帮助其实现国家自主贡献目标 (NDC)，履行其在《巴黎协定》下的 2030 年减排义务。最终达成的第六条决议中规定由实施碳减排项目的国家决定是将产生的碳减排量出售给其他国家还是计入其 NDC 中，而且该国必须相应地通知联合国监督委员会 (UN supervisory board)。在联合国授权的情况下，如果选择出售碳减排量，东道国则需要对计入自身 NDC 中的减排量进行“相应调整”(Corresponding Adjustment)，即买卖双方之间的碳减排量只能计算一次，以避免重复计算。

双边交易是否也应留出部分收益份额

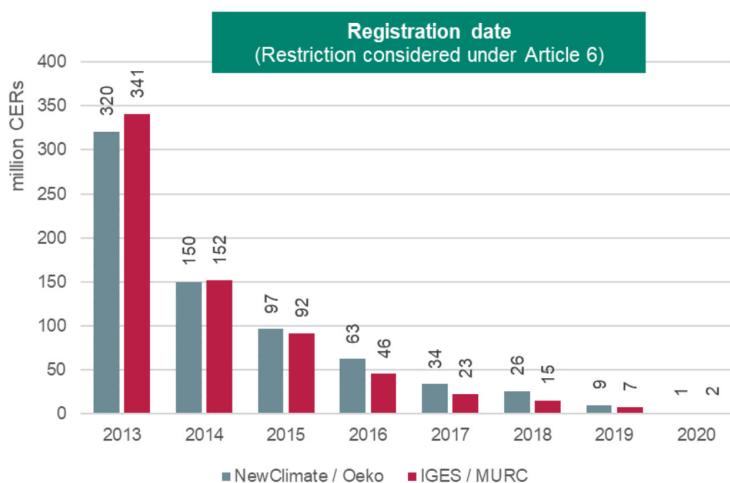
发展中国家和小岛屿联盟之前曾提议与条款 6.4 一样，在条款 6.2 下的双边交易中也留出部分收益份额 (Share of Proceeds)，用于支持气候脆弱国家适应气候变化的行动。但欧盟和美国表示这相当于购买他国碳信用的国家需要交付“交易税”，会限制双方交易。最终各国同意仅在条款 6.4 下征收 5% 的税收用于适应基金 (Adaptation Foundation)，而条款 6.2 下则是鼓励进行双边或多边交易的国家自愿向适应基金捐款^[2]。

《京都议定书》时期碳抵消信用是否能用于实现 NDCs

此前一直争议的点在于《京都议定书》时期产生的碳抵消信用，即清洁发展机制下产生的核证减排量（CER），是否可以结转到条款 6.4 下的国际碳抵消市场中，并用于实现各国 NDC。以巴西为代表的持有大量 CER 的国家和以欧盟为首的大多数反对 CER 结转的国家在这一议题上同时做出了妥协，同意设定一个时间期限，以避免所有 CER 继续使用并计入各国 NDC 中。最终文本规定只有在 2013 年 1 月 1 日之后注册的 CER 才可用于各国履行其第一个 NDC^[3]。

虽然对 CER 可结转使用的期限进行了限制，但是 2013 年 1 月 1 日之后注册的 CER 也有 3 亿多个（图 1）^[4]。目前 CER 的额外性、价格低廉等问题仍存在争议，而且 CDM 项目中也不乏灰色碳抵消项目（如垃圾焚烧项目）^[5]，如果将其计入各国 NDC 中可能会反向导致全球温室气体排放总量的增加。笔者认为为了确保环境完整性，各国应避免使用《京都议定书》时期产生的 CER 来帮助其实现气候目标，而是专注于新的、具有额外性的碳抵消信用。

图 1：不同注册截止日期下 CER 的数量



结语

虽然第六条实施细则中有不尽人意的地方，如允许部分廉价且“过期”的减排信用计入各国 NDC 中，但是第六条下的市场机制，尤其是条款 6.4 的碳抵消市场，为私营部门提供参与减缓气候变化的机会，允许企业购买碳抵消信用来履行其部分净零承诺，这也将间接动员更多的私人资本流向发展中国家，帮助其适应和减缓气候变化带来的影响。接下来，细则将进一步修订，各国也将基于第六条碳市场机制，制定国家战略和政策框架，以利用第六条进一步实现其气候目标。

注释：

[1] China's top climate negotiator sees carbon market deal at COP26, Reuters, Link:

<https://www.reuters.com/business/environment/chinas-top-climate-negotiator-sees-carbon-market-deal-cop26-2021-11-02/>

[2] Draft CMA decision on guidance on cooperative approaches referred to in Article 6, paragraph 2, of the Paris Agreement, UNFCCC,

Link: https://unfccc.int/sites/default/files/resource/Art._6.2%20_draft_decision.pdf

[3] Draft CMA decision on the rules, modalities and procedures for the mechanism established by Article 6, paragraph 4, of the Paris

Agreement, UNFCCC, Link: https://unfccc.int/sites/default/files/resource/Art.6.4%20draft_decision.v4.pdf

[4] CDM supply potential for emission reductions up to the end of 2020, IGES 等四家机构, Link:

https://www.iges.or.jp/en/publication_documents/pub/discussionpaper/en/11072/CDM+supply+potential+for+emission+reductions+up+to+the+end+of+2020.pdf

[5] 碳市场工作手册：碳抵消的可持续性，磐之石, Link: <http://www.reei.org.cn/publication/761>

限电限产之后，中国企业该如何应对？

潘伊人

自 2021 年 9 月起，中国各地出现了停电、限电风波，涉及区域包括了江苏、广东、浙江、安徽、陕西、贵州、云南等 10 余省份，影响到了包括钢铁、水泥、化工、纺织、印染、化纤、电子等多个领域的产业链。它的连锁反应已经波及到世界各地的消费者。随着中国双十一和双十二，北美黑色星期五和圣诞节等大型消费节日的陆续到来，此次供应链短缺的问题更加显著。电力短缺表现出了中国电力供需与完成环境指标之间的紧张性，本文将在剖析这背后的原因的同时，展望中国如何在保持碳中和目标的前提下继续坐稳“全球工厂”的地位。

电力短缺的连锁反应

限电的主要原因有两个，分别为全球煤炭市场价格上涨和为了实现碳达峰碳中和，实行的能耗双控政策。首先，煤炭市场价格在近期达到了新高，根据中国电力企业联合发布的中国沿海电煤采购价格指数 (CECI) 显示，9 月 16 日 - 9 月 23 日，动力煤价格达到 1086 元 / 吨，同比上涨近一倍，较年初相比上涨 56.26%^[1]。这导致煤电企业的亏损，发电意愿降低导致发电量的下降。其次，为了充分发挥市场化的作用、更好保障电力安全稳定供应，国家发改委在 2021 年 10 月发布了《关于进一步深化燃煤发电上网电价市场化改革的通知》，鼓励燃煤发电电力全部进入电力市场，扩大电价上下浮动范围至 20%。但是由于“两高”双控目标不变，高耗能企业不在电价控制范围内，其电价可随市场升降，电力成本有可能随之大幅度提高^[2]。

全国各省应对电力短缺的方式各有不同，广东、江苏、福建等生产大省都采取了严格的停电限电要求。广东省自 9 月 16 日起执行“开二停五”用电方案，江苏则是在 9 月至 10 月初发布了为期半个月的限电令，大部分工厂停工^[3]。此次限电直接影响到了多家全球性企业的供应链，例如苹果手机使用的芯片、晶体板和电路原件都是在限电受影响最大的区域生产加工^[4]。东北的汽车制造厂也因轮胎工厂被迫停产而导致成品车的生产受阻^[5]。官方数据显示，2021 年 9 月，中国工厂产量萎缩至 2020 年 2 月，因新冠疫情封锁使经济陷入瘫痪以来的最低水平。高盛公司 (Goldman Sachs) 的报告预估，我国 2021 年多达 44% 的工业活动受到电力短缺的影响。因限电的影响，报告预计中国今年的经济值将增长 7.8%，低于此前预测的 8.2%^[6]。

在纽约时报 10 月份发表的文章中，提及了一位远在美国西雅图的消费者，在夏天购买了中国厂商的电子产品后，10 月因限电导致的生产问题而被退款。在采访中他表示了对供应商的

不满，为了能够按时拿到货品，他宁愿高价在美国购买当地生产的产品^[7]。此案例令笔者反思，虽然中国生产的产品价格优惠，但是供应链的不稳定直接影响消费者对厂家的信心。

限电带来的转型机遇

企业如何应对

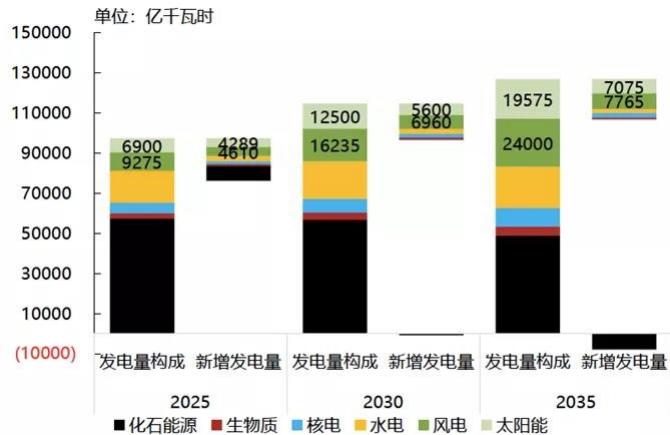
中国企业用电占据了电网的 59%，比家用、办公用电和商用的总和都要多^[8]。中国的工厂往往比西方工厂需要多 10% 到 30% 的能源^[9]。从企业的角度来看，采取一些行动来减轻电力短缺的影响是确保产能的重中之重，这其中包括了提高设备能效和增加新能源的使用。首先是通过提高能源效率来减少自身的用电需求。例如钢铁行业可以通过技术改进提高炼钢效率。中国钢铁厂每年用电量超过全国所有家庭的总和，约占中国温室气体排放量的六分之一。国内的钢铁企业仍然依靠煤炉熔化铁矿石来炼钢。欧盟和美国的钢企已经主要转向在高效的电弧炉中生产钢铁，这些电弧炉可以熔化废钢和铁矿石的混合物。中国公司需要通过改用电弧炉来改进其技术，并废钢的收集，以减少对电力的依赖和其自身的碳排放量。其次，除了提高能源使用效率之外，生产企业可以通过自建可再生能源发电设施，以减少电网用电；或者通过购买“绿电”或绿证来减少或中和自身碳排放量。此外，企业也可通过安装厂区内的可再生电力装置及储能设备来减少本身对电力的需求和依赖，也有能力更好的应对限电和停电的情况。

政府如何应对

中国政府紧急应对限电的“双控”方式并非短期政策，而是会长期执行的方案。尤其在今年宣布不再新建境外煤电项目后，更体现出我国以减碳为重的能源结构改变的决心，以退煤为主的能源转型将是实现双碳目标的主要路径。作为全球第二大经济体，生产力最大的国家，中国也占据了全球 20% 的碳排放量。世界经济体需要中国在减碳的同时，仍保证生产的速度的质量^[10]。

北大能源研究院 12 月发表的报告中研究了中国实现其碳中和目标的不同途径，展示了其中包括大幅增加可再生能源和供应，电网稳定性以及煤炭发电量的稳步下降等不同的路线图。从报告中的预测（图 1），到 2035 年，可再生能源发展将加快，整体的发电结构对化石能源的依赖将陆续减少，并会通过海上风能等技术扩展到电力需求高的沿海地区，以缓解对长途能源运输的需求，增加可再生能源的稳定性。到 2030 年，水能开发将基本完成，而分散的小型核能发电量将增加，以解决偏远地区的能源需求^[11]。

图 1：近中期发电构成及新增发电量变化



加州-中国气候研究所的另一份报告显示，中国的碳排放量将在 2020-2030 年之间达到峰值，之后将大幅下降，然而减少煤炭发电是其中最重要的环节。根据多种全球升温 1.5°C 的兼容情景，报告指出，到 2050 年，中国的非化石发电份额将需要达到 90% 左右，比目前的 31% 增加了近三倍。该报告还强调了各个领域电力化的重要性，到 2050 年，企业电力化率可能达到 40-70%。目前，为了实现“十四五”规划目标，工业部门需要在未来 5 年提高 15% 的能效，同期整体电力化率需要达到 5%^[12]。这两份报告中可以看出，在全球碳中和目标下，中国的电力短缺问题是可以通过企业积极电力化来提高能效和减少电力需求，以及电力系统增加新能源发电的比例，减少对煤电的依赖这两个方向的长期努力寻求解决。

结语

从今年限电限产的连锁反应中，引发了全球对中国企业未来的发展前景和中国电力部门能源转型的观望。笔者认为中国有能力做到节能减排的同时继续发展工业产业链，继续坐稳“全球工厂”的地位。但是这其中需要政府、企业、和全球消费者对此的投入。政府的政策激励、企业的积极转型和消费者愿意为绿色产品去买单才是达到碳中和目标的最有效路径。

注释：

[1]拉闸限电的情况还会持续多久？链接：<https://new.qq.com/rain/a/20210926A0DL3I00>

[2]国家发展改革委关于进一步深化燃煤发电上网电价市场化改革的通知。链接：http://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2021-10/12/content_5642159.htm

[3]多省限电政策一览 9月水泥产量或大幅下降，链接：https://m.thepaper.cn/baijiahao_14698321

[4]限电潮蔓延全国，各大企业皆受影响，产生已被限制三成以上。链接：<https://view.inews.qq.com/a/20211102A053I900>

[5]Keith Bradsher, China's Power Problems Expose a Strategic Weakness. Oct. 13, 2021, Link:
<https://www.nytimes.com/2021/10/13/business/china-electricity-shortage.html>

[6]China's growing power crunch threatens more global supply chain chaos, Link: <https://edition.cnn.com/2021/09/28/economy/china-power-shortage-gdp-supply-chain-intl-hnk/index.html>

[7]同 5

[8]Ariel Cohen, China's Energy Crisis Deepens With Potentially Fatal Consequences, Oct 19, 2021 链接：
<https://www.forbes.com/sites/arielcohen/2021/10/19/chinas-energy-crisis-deepens-with-potentially-fatal-consequences/?sh=33854191163a>

[9]同 5

[10]北京大学能源研究院，华北电力大学，电力部门碳排放达峰路径与政策，2021 年 12 月

[11]同 10

[12]California-China Climate Institute (CCCI), July 2021, Getting to Net Zero China Report. 链接：
<https://ccci.berkeley.edu/sites/default/files/GTZChina-Sept2021-FINAL.pdf>

关于我们

磐之石环境与能源研究中心 (REEI, 2018 年 4 月在北京市顺义区民政局注册为民办非企业单位)，前身为磐石环境与能源研究所，创立于 2012 年 7 月，是一家研究环境和能源政策的独立智库。我们以能源转型政策分析为主线，讨论如何在兼顾社会公平、气候变化、环境质量和公众健康的基础上，实现中国能源系统的低碳转型。并希望在此过程中促进多方参与、开放理性的环境政策讨论。

更多内容

音频栏目

英文：REEI Energy and Climate Podcast



Apple Podcasts



Spotify



Google Podcasts

中文：



海外智库能源与气候变化报告解读



能源评论 2021

ENERGY REVIEW

磐之石环境与能源研究中心

电话：+86(10) 61438032

邮箱：info@reei.org.cn

网站：www.reei.org.cn

邮编：101318

地址：中国北京市顺义区后沙峪艾迪城14号楼312室



扫描了解更多