

零碳能源的转型前景

中国能源研究会 常务副理事长

国家十四五规划专家委 委员

国家十四五能源规划专家委 副主任

国家气候变化专家委员会 委员

周大地

全球能源都面临低碳转型巨大挑战

- 2019年全球消费商品能源140.45亿toe
 - 47吨石油，占33.05%，
 - 39263亿方天然气，占24.22%，
 - 大约79.65亿吨煤炭，占27.03%，
 - 水电42290亿Kwh，占6.45%，
 - 核电27863亿Kwh，占4.27%，
 - 其他可再生6.29亿toe，占4.96%，
- 世界化石能源仍然占84%左右，中国约为84.6%，各国都面临同样的能源低碳转型紧迫需要。起点差不多。

世界正在加速从化石能源转向非化石能源

- 联合国气候变化巴黎协定，为全球能源加快低碳转型确定了共同目标
- 要把本世纪末全球平均温升控制在明显低于2度，力争控制在1.5度以内
- 2度温控上限目标2050年全球碳排放下降70%左右，2060-2070年实现零碳化
- 1.5度温控目标要求2050年全球实现零碳化（碳中和）
- 110多个国家表态大幅度强化低碳进程，欧盟整体2050年实现碳中和，美国也将明确跟进，
- 气候变化的重大影响已经开始显现，中国是受影响很显著的国家。
- 积极应对气候变化，控制温室气体排放是我们必须要做的事，不是别人强迫我们做的事

低碳技术进步可以支撑加快低碳转型

- 非化石能源供应技术进步迅速，成本明显下降，风电光伏开始具有经济竞争力，一批低成本可再生能源项目在世界各地进入规模发展。欧洲多个国家可再生能源发电超过50%，一些国家将在2030-2040年实现电力系统零碳化。
- 消费方低碳技术加快发展，超低能耗建筑，零碳建筑都已经进入实用阶段，极大地降低建筑用能需求，改变采暖方式。
- 电动汽车即将进入竞争阶段，10年内可望市场翻转。可再生能源制氢和燃料电池将在重载车和锂电池开展市场竞争，并进一步向水运空运发展。
- 工业过程的碳排放，包括冶金，化工，有机材料，也都开始进行低碳化技术示范
- 随着规模扩大，技术进步很可能继续加速。

气候变化目标意义重大，低碳转型紧迫

- 习总书记在联合国大会上宣布两大重要具体目标
- 2030年前温室气体排放达峰，2060年前实现碳中和
- 人类需要一场自我革命，加快形成绿色发展方式和生活方式，建设生态文明和美丽地球
- 应对气候变化《巴黎协定》代表了全球绿色低碳转型的大方向，是保护地球家园需要采取的最低限度行动，各国必须迈出决定性步伐。
- 应对气候变化是实践绿色发展新理念的最重大内容
- 也是建设全球命运共同体的重要合作领域

十四五要找准低碳转型方向，迈出大步

- 达峰目标应要求多数省市（半数以上）十四五期间实现碳排放峰值
- 达峰越晚，峰值越高，实现碳中和目标越困难
- 十四五对化石能源新增能力的所有投资，都将面临加大沉没损失的巨大经济风险。
- 需要建设实现两个目标的政策框架，和相应的体制机制
- 能源系统需要在2050年前后实现零排放，化石能源消费基本清零，相当部分省市需要更早实现能源零排放
- 电力系统需要在2040-2045年实现非化石能源化，部分省市还要进一步提前实现电力非碳化
- 能源供应和消费系统的根本性转型，时间十分紧迫。

需要低碳转型必要性和可行性的社会共识

- 对应对气候变化必要性紧迫性普遍认识不足
- 缺乏对气候变化负面影响的正确认识，和现实挂钩不够。
- 地方一级基本没有做气候变化影响风险分析
- 包括决策层，长期形成争取更大排放空间的惯性思维
- 化石能源时代的能源资源理论，包括传统的能源需求预测方法，长期高估了化石能源的未来需求，形成了能源行业，以至社会各界，依靠化石能源支撑能源消费持续增长的习惯性认识
- 对未来零碳能源系统的构建仍然缺乏明确概念，产生怀疑

中国能源发展不同阶段的目标变化

- 解放后30年，是从无到有，建立能源工业基础建设阶段，解决有没有的问题
 - 技术基本靠引进，而且和世界先进水平相差很远
- 改革开放的前30年，解决全面工业化城市化能源供应不足的矛盾，解决够不够的问题
 - 开始大规模引进世界先进能源技术，形成世界最大能源先进技术市场，油气煤炭勘探开发，电力技术（水火核，输变电），包括节能技术
- 近十年，开始解决好不好的问题。
 - 终端能源优质化（城市能源燃气化，电气化），化石能源清洁化，启动低碳能源规模化发展
 - 只有最好的能源技术才能得到能源市场，中国开始成为先进能源技术的最大实验场地，一批国内技术走上世界领先水平

中国能源需要加快转型发展

- 中国已经成为世界最大能源消费国，也是最大能源生产国
- 以煤为主，煤炭产量和消费量约占世界总量一半
- 世界第二大石油消费国，第三大天然气消费国
- 成为最大石油，天然气，以及煤炭进口国
- 建成了世界最大的电力生产和供应系统
- 能源供应装备和运行技术已经全面进入国际先进行列，有一批重大技术装备和工程技术已经国际领先
- 水核风光的技术和装备能力也进入世界前列，甚至形成垄断优势

中国的零碳能源系统

- 煤炭，石油，天然气先后退出
- 核电将成为重要的低碳能源
- 水电充分开发，中国可能还有近2亿千瓦水电，包括雅鲁藏布江水电有待开发
- 风电要从目前2亿千瓦发展到20亿千瓦以上
- 太阳能发电至少要20亿千瓦，甚至30亿或更多
- 生物质能源也要充分利用
- 各种储能技术都有巨大的发展空间
- 可再生能源电解或核能高温制氢，以及燃料电池有特定实用空间，而且可能和储电池竞争交通市场。

能源和电力布局 and 结构面临重大调整

- 电力总装机超过**21**亿千瓦，美国**12**亿千瓦，其他国家都不到**3**亿千瓦
- 火电装机曾经达到过一年增加近**90Gw**，现在仍然在继续扩张
- 用几十年时间建设了一大批煤炭，煤电，以及油气水电基地
- 以煤为主的化石能源结构，形成能源开采，转换，运输的大型化，集中化，资源开采和消费中心分离。电力系统也向特高压，跨区域统一电网方向不断升级。
- 未来的高比例可再生能源零碳能源系统，究竟会形成哪些新的能源网架和布局体系，能源输运和运行系统需要进行哪些重大调整变化，还需要做认真研究和开拓实践。

未来能源消费需求预测要重新思考

- 中国应该认真考虑经济社会发展和能源消费增量脱钩
- 低碳转型第一要务是全面提高能源经济效益，降低单位GDP能源消耗
- 技术进步长期持续提高各能源消费领域的节能潜力，可以明显减少终端能源需求（超低，近零能耗建筑，电动车，智能交通系统，工业领域的节能技术普及率仍然很低）
- 一次电力比例提高，本身就具有十分明显的节能效果
- 建议尽快改变用获得发电能耗折算非化石能源特别是可再生能源的一次能源当量计算方法。

认真实践节能优先战略

- 充分体现节能优先，能源消费革命新进展
- 提高能效曾经是解决能源短缺的手段。现在是高质量发展的重要内容，是创新发展的推动力，是体现能源整体经济效益的关键。
- 中国2019年能源消费占全球总量的24.3%，电力消费是全球总量的27.8%，GDP只有全球总量的14.34%
- 能源消费量是美国1.5，德国10.5，日本7.6，英国18.7倍
- 发电量是美国1.7，德国12，日本7.3，英国23倍
- 中国2019年单位GDP能耗是美国2.2倍，德国2.8倍，日本2.7倍，英国3.68倍，单位GDP电耗是美国2.53，德国3.22，日本2.59，英国4.55倍
- 十四五如果经济年增速在5-5.5%，能源增量控制在5亿吨标煤，则增量的单位GDP能耗将于德国相当，仍然远远高于英国。

能源低碳化和环境污染治理高度融合

- 大气污染治理刚取得初步改善，距离较高质量要求还相差甚远
- 终端污染防治的潜力已经不大，更多的需要从源头消除污染源
- 2035年全国达到PM2.5小于35微克的目标，已经要求明显减少煤炭消费总量了。而WHO 推荐的小于15微克的标准，在现有的能源结构下根本不可能达到
- 煤炭必须解决民用散煤，包括小锅炉，工业窑炉，包括冶金建材化工用煤，以及煤化工等源头消除污染问题，大幅度减少煤炭消费量不可避免
- 石油消费总量必须大幅度减少
- 能源低碳转型，实现碳中和，就可以实现15微克以下的大气质量目标

能源生产布局 and 结构需要进行重大调整

- 能源布局要从传统依靠化石能源资源，集中布局大型化石能源基地，集中能源转化基地，大型发电中心，集中化电网，单方面解决能源和电力供给的模式，逐步转向以非化石能源增量为中心，充分利用需求方响应和参与能源平衡调节的能源系统模式转化。
- 以煤炭生产和煤电为基础，在中西部搞煤电基地外送的原布局需要尽快调整
- 中西部煤炭产能集中地区，应该考虑集约使用最优质煤炭资源，加大优质资源集中开放强度，充分考虑煤炭总量下降的影响。
- 西部外送电力将转向以风光储为主要增长内容，并逐步替代煤电外送
- 国家要建立能源低碳转型基金，补贴和鼓励化石能源产业和地区的低碳化转型。减少阻力，防止出现低碳转型贫困化社会问题。

中东部地区要大幅度提高能源自给比率

- 树立正确的能源资源认识观
- 富煤缺油少气不是科学能源资源认知，非化石能源是最丰富，最可持续的能源资源
- 中东部可开发的太阳能，风能，以及生物质能源远远超过化石能源。
- 非化石能源的开发利用技术已经具备大规模经济开发能力，经济性还在继续提高
- 各地都要首先充分利用本地本区域非化石能源资源，提高能源自给比例。

严格限制化石能源增量

- 十四五电力增量要尽可能全部用非化石能源发电
- 十四五实现煤炭消费总量持续下降
- 石油消费要尽快达峰，严格控制石油进口，限制加工能力盲目扩大，十四五期间要限量达峰
- 制止大量进口石油，加工能力过剩，大量出口成品油和初级石化产品
- 天然气消费增量要和替代煤炭挂钩，民用采暖要鼓励电力和热泵结合方案，限制天然气低效替代
- 天然气也要2030年前达峰，防止出现新的基础设施锁定效果

高度电气化的能源系统

- 目前终端能源电气化水平只有25%左右，今后将大幅度提高
- 除了少数必须使用液体气体燃料的场合或工业工艺过程，其他用能将基本用电
- 当前的锅炉，窑炉将系统转变，化石燃料直接燃烧过程基本消失
- 目前石油化工产品，冶金还原过程，都要开发低碳化新工艺新过程
- 能源消费领域的技术低碳化转变可能使供应方低碳转变更需要大量的技术创新
- 信息化，自动化，数字化，数据互联将成为能源系统低碳化和重要内容和巨大市场

用技术进步推动能源低碳转型

- 能源消费方低碳化将系统改变当前的主流能源消费模式，包括许多系统性基础设施的改变
- 超低能耗建筑，将基本消除现有采暖方式，以被动式保温为基础，结合分布式可再生能源，先进热泵，将使建筑物用能降低85%以上。国家超低能耗建筑标准已经公布。
- 交通系统低碳方案，核心是交通工具大范围电动化，纯电动车和氢燃料电池车将有所竞争，航空工具如何实现低碳化，还有待进一步开发技术方案（燃料电池，生物燃料等等）
- 地面交通系统的自动化，（无人驾驶，汽车公用服务系统，大数据控制自动公路运输系统等等），将彻底改变目前以燃油汽车和个人驾驶为基础的交通系统。