



零碳之路：“十四五”开启中国绿色发展新篇章

ACCELERATING THE NET-ZERO TRANSITION: STRATEGIC ACTIONS ON CHINA'S 14TH FIVE-YEAR PLAN

附件：中国EPS模型技术说明

能源政策模拟模型（Energy Policy Simulator，简称EPS模型）目前已在多个地区得以应用。世界资源研究所中国办公室初期与EPS模型开发团队已应用该模型开展了浙江省2050年深度减排路径的研究，并完成了《浙江能源政策模拟模型（EPS）的方法介绍及结果示例》的技术报告，详细介绍了EPS模型的方法学与应用过程。由于EPS模型的主要逻辑与方法通用于不同地区，因此有关模型的介绍可详见该报告。

本技术附录主要公开EPS模型应用于中国时所采用的数据来源与情景设置，以展示模型本地化应用的主要考虑。

1 数据来源

EPS模型的运行需要采集大量基础数据以构建不同的政策情景，并尽可能采用本地化的数据以反映本地真实的情况。表1记录了中国EPS模型的数据来源，所有数据均来自公开资料，包括国家层面或行业层面的相关数据。

表 1 | 中国EPS模型数据来源

类别	缩写	指标含义	指标更新的重要性	数据是否为中国特定值	数据来源
建筑	BASoBC	参考情景下建筑物构件花费的金额	高	部分是	美国 EPS 模型、中国与美国人均 GDP 比例
建筑	BCEU	参考情景下建筑物构件的能源使用量	很高	是	《中国建筑能耗研究报告 2019》、《重塑能源：中国面向 2050 年能源消费和生产革命路线图 建筑卷》、历年中国统计年鉴
建筑	BDEQ	参考情景下分布式发电数据（用于建筑中的）	高	是	国家能源局、中国电力企业联合会、历年中国能源统计年鉴、国家发展和改革委员会能源研究所等《中国可再生能源展望 2018》、中国分布式发电的现状研究等
建筑	BFoCSbQL	建筑构件按质量等级的销售占比	可选	否	美国 EPS 模型
建筑	BRESaC	建筑物改造节能量和改造成本	中	部分是	美国劳伦斯伯克利国家实验室、美国能源信息署、席永刚等《既有公共建筑供暖系统节能改造的研究》

表 1 | 中国EPS模型数据来源

类别	缩写	指标含义	指标更新的重要性	数据是否为中国特定值	数据来源
建筑	CL	建筑物构件的寿命	低	部分是	国家能源局、美国住房和城市发展部、美国能源之星
建筑	CpUDSC	单位分布式太阳能发电装置的成本	低	否	美国 EPS 模型
建筑	DSCF	分布式光伏发电容量因子	中	是	国家能源局《2018 年光伏发电统计信息》
建筑	ECiCpCU	建筑构件单位支出的碳含量	低	否	美国 EPS 模型
建筑	EoBSDwEC	建筑服务需求对能源成本的弹性	中	否	美国能源信息署《2020 年度能源展望》假设说明文件
建筑	EoCEDwEC	建筑构件的能源需求对能源成本的弹性	中	部分是	Paul J.Burke 等《中国煤炭需求的价格弹性在增长吗?》、Hillard Huntington 等《主要工业化经济体的国际需求弹性回顾》
建筑	EoCPwEU	建筑构件的价格对于能源消耗的弹性	低	否	美国 EPS 模型
建筑	EoDSDwSP	分布式光伏发电利用率对补贴率的弹性	中	否	彭博新能源财经、美国 EPS 模型
建筑	FoBoBE	不同实体所拥有的建筑面积的比例	中	部分是	历年中国统计年鉴获得中国分行业产值比例、美国 EPS 模型
建筑	MSCdtRPbQL	基于质量等级的退款计划所导致的市场占有率变化	中	是	《国务院关于印发“十三五”节能减排综合工作方案的通知》
建筑	PCFURfE	建筑构件电气化的用能减少比例	低	否	美国 EPS 模型
建筑	PEUDfSbQL	建筑构件不同质量等级下的能耗差异率	中	否	能源之星认证产品信息
建筑	PPEldtICEaT	提升承包商教育和培训水平所导致的建筑能效提升率	低	否	美国 EPS 模型
建筑	PPEldtIL	改进建筑构件标签所导致的能效提升率	低	否	美国 EPS 模型
建筑	RBFf	政策情景下建筑燃料变动情况	可选	是	政策情景设置

表 1 | 中国EPS模型数据来源

类别	缩写	指标含义	指标更新的重要性	数据是否为中国特定值	数据来源
建筑	SoCEUtiNTY	每年建筑构件中新建构件的能耗占比	根据校准决定	否	美国 EPS 模型
碳捕集与封存	BFoCPAbS	参考情景下分行业碳捕集与封存量占排放的比例	中	是	国家应对气候变化战略研究和国际合作中心《我国碳捕集、利用和封存的现状评估和发展建议》
碳捕集与封存	CC	碳捕集与封存成本	低	否	美国 EPS 模型
碳捕集与封存	CCP	碳捕集与封存固碳潜力	中	是	根据实际情况判断
成本输出	CFQS	现金流量化规模	不适用	/	/
成本输出	DR	折现率	低	是	国家发展和改革委员会、原建设部《建设项目经济评价方法与参数》
控制变量	BAEPAbCiGC	布尔变量：发电成本的变化是否会影响电价	可选	是	政策情景设置
控制变量	BENCEfCT	布尔变量：碳税中是否免除非二氧化碳排放	可选	是	政策情景设置
控制变量	BEPEfCT	布尔变量：碳税中是否免除过程中排放	可选	是	政策情景设置
控制变量	BIEfIE	布尔变量：碳税中是否包含进口电力的排放	可选	是	政策情景设置
控制变量	BUTYGV	布尔变量：是否应用 20 年时间尺度的全球增温趋势	可选	是	政策情景设置
控制变量	EoSEUwGDPIr	分行业能耗与 GDP 间的弹性	中	是	历年中国统计年鉴、历年中国能源统计年鉴
控制变量	GDPGR	GDP 增速	很高	是	国际货币基金组织《世界经济展望》
累积计算	PQS	污染物量化规模	不适用	/	/
区域供热	BFoHfC	供热中热电联产比例	高	是	清华大学建筑节能研究中心、国际能源署《中国区域清洁供暖发展研究报告》，国家发展和改革委员会、国家能源局、财政部、原环境保护部、住房和城乡建设部《热电联产管理办法》

表 1 | 中国EPS模型数据来源

类别	缩写	指标含义	指标更新的重要性	数据是否为中国特定值	数据来源
区域供热	BFoHPbF	参考情景下不同燃料品种供热比例	高	是	清华大学建筑节能研究中心、国际能源署《中国区域清洁供暖发展研究报告》，国家发展和改革委员会、国家能源局、财政部、原环境保护部、住房和城乡建设部《热电联产管理办法》，国家发展和改革委员会、国家能源局《关于促进生物质能供热发展的指导意见》
区域供热	EoCtUH	可用热转化效率	可选	否	美国 EPS 模型
区域供热	RHFF	供热燃料转换比例	可选	是	政策情景设置
电力	ARpUliRC	相对成本每单位增加所导致的退役装机容量	根据校准决定	否	美国未来资源研究所《按社会成本对电力部门碳排放征税》
电力	BCpUC	单位容量的电池成本	低	否	美国 EPS 模型
电力	BCRbQ	参考情景下退役机组容量	高	是	历年中国电力年鉴、能源专业知识服务系统、中国可再生能源学会风能专业委员会《中国风电产业地图 2018》、Jinsong Kang 等《中国风电发展趋势及分布》、国际能源署《世界能源展望 2017》、国家可再生能源中心《中国可再生能源展望 2012》、中国科学院可再生能源重点实验室中国太阳能集中项目、国家能源局等
电力	BDPbES	参考情景下不同发电类型调度优先级	可选	否	根据实际情况进行判断
电力	BDSBaPCF	布尔变量：供应商是否按峰值容量因子投标	低	否	美国 EPS 模型
电力	BEFC	参考情景下负荷因数	中	是	中国电力企业联合会、国际可再生能源署《2018 年可再生能源发电成本报告》，国际能源署《聚光型太阳能热发电路线图》，中国产业信息网《2018 年中国生物质发电行业总体运行及细分行业结构情况（图）》
电力	BGRBSC	参考情景下电网电池存储容量	高	是	中关村储能产业技术联盟《全球储能市场跟踪报告》，国家发展和改革委员会能源研究所、国家可再生能源中心《中国可再生能源展望 2017》
电力	BGCL	参考情景下装机寿命	低	否	美国 EPS 模型
电力	BGDpBES	参考情景下不同品种发电保证调度比例	可选	是	根据实际情况设定
电力	BHRbEF	参考情景下发电燃料消耗（度电能耗）	中	部分是	国家发展和改革委员会、国家能源局《电力发展“十三五”规划（2016—2020 年）》，国家能源局等
电力	BPaFF	布尔变量：调峰能力和灵活性标志	高	是	中国调峰现状

表 1 | 中国EPS模型数据来源

类别	缩写	指标含义	指标更新的重要性	数据是否为中国特定值	数据来源
电力	BPHC	参考情景下抽水蓄能装机	高	是	历年中国电力年鉴，《水电发展“十三五”规划》，国家发展和改革委员会能源研究所、国家可再生能源中心《中国可再生能源展望 2017》等
电力	BPMCCS	参考情景下政策强制装机容量时间表	可选	是	中国电力企业联合会《2019—2020 年度全国电力供需形势分析预测报告》、世界核协会《中国核电》、中建国等《2020 年抢装结束后 2021 年风电装机容量会大降吗？》、《2020 年多重挑战或使新增光伏装机大幅波动》
电力	BRPSPTY	参考情景下可再生能源发电占比	高	是	国家能源局、国际能源署《世界能源展望 2017》，中国电力企业联合会
电力	BTDLP	参考情景下输配电损失率	高	是	国家发改委、国家能源局、中国电力企业联合会
电力	BTC	参考情景下电网传输容量	高	是	中国电力企业联合会，国家发展和改革委员会能源研究所、国家可再生能源中心《中国可再生能源展望 2017》
电力	CCaMC	不同装机建造和运维费用（运营成本包括固定成本和可变成本）	中	是	各类型造价统计：北极星电力网《各类型电厂造价统计》；煤电发电机组成本：华北电力大学煤电经济性研究课题组《中国燃煤发电项目的经济性研究》；天然气发电成本：公众号“造价与财评”《天然气发电项目简要财务模型》；垃圾发电成本：公众号“造价与财评”《垃圾焚烧发电项目简要财务模型》；风电：《海上风电场度电运维成本下降策略》、《风电光伏等可再生能源发电成本持续下降》；光伏发电：《2019Q4 光伏组件、电站EPC 组件开标价格统计：近期开标价格略低于平均水平》
电力	DCpUC	每单位电力装机退役成本	低	否	美国 EPS 模型
电力	DPbES	分品种电力调度优先级	不适用	是	政策情景设置：根据中国实际情况填写
电力	DRC	需求响应容量	高	是	国家发展和改革委员会能源研究所、国家可再生能源中心《中国可再生能源展望 2017》
电力	DRCo	需求响应成本	低	是	中关村储能产业技术联盟《北京需求响应回顾》
电力	ElaE	调入调出电量	高	是	《中国能源统计年鉴 2018》、《中国统计年鉴 2019》、《我国第一条跨国输电线路——布黑线，从俄罗斯进口电力 27 年》
电力	EoPPFTSwFP	发电厂燃料类型转换对于燃料价格的弹性	可选	否	美国 EPS 模型
电力	EoTCCwTC	电网传输连通系数对输电容量的弹性	中	否	美国西部电力协调委员会《WECC 路径报告》、美国国家可再生能源实验室《未来风电愿景：通过扩大输电减少风力的局限》
电力	FoOMctIL	运营维护费中劳动力比例	中	否	美国国家环境保护局《新燃煤电厂的性能和成本估算》
电力	FoTCAMRbtPF	跨边界输电容量中可提供灵活性的占比	低	否	美国 EPS 模型
电力	FPC	灵活度计算	低	否	美国 EPS 模型

表 1 | 中国EPS模型数据来源

类别	缩写	指标含义	指标更新的重要性	数据是否为中国特定值	数据来源
电力	FPCbS	分品种弹性系数	低	是	国际能源署《世界海上风电展望 2019》
电力	FSCaFoCC	燃料转换成本占建造成本的比例	低	否	美国 EPS 模型
电力	GDPbES	分电力品种确保调度百分比	不适用	是	根据实际情况设定
电力	MCGLT	装机容量未来最大增长空间	非常高	是	中国电力企业联合会、国际能源署《世界海上风电展望 2019》,《技术路线:太阳能热电》,国家能源局历年光伏发电统计信息,国家发展和改革委员会能源研究所、国家可再生能源中心《中国可再生能源展望 2017》、中国可再生能源学会风能专业委员会《中国风电产业地图 2018》
电力	MPCbS	最大潜在装机量	高	是	国家能源局《我国中长期发电能力及电力需求发展预测》,国家应对气候变化战略研究和国际合作中心专家判断,国家发展和改革委员会能源研究所、国家可再生能源中心《中国可再生能源展望 2017》,Gang He等《哪里、何时有多少太阳能?中国省级太阳能资源评价》,《中国城镇生活垃圾焚烧发电产业发展报告 2017》,《中国城镇生活垃圾焚烧发电产业发展报告 2019》等
电力	MPPC	最小电站装机容量	低	部分是	美国能源信息署电力统计信息,美国国家可再生能源实验室《2014—2015 海上风电技术市场报告》数据表
电力	NGEpUO	单位发电量的非燃料温室气体排放量	中	否	美国 EPS 模型
电力	NSDoDC	调度成本的标准差	低	否	美国 EPS 模型
电力	NSDoNCC	新建投资成本的标准差	低	否	美国 EPS 模型
电力	PMCCS	政策强制装机量	不适用	/	目前不设置政策情景下强制建设量
电力	PTCF	峰值时的负荷率	高	是	美国劳伦斯伯克利国家实验室《中国电力系统过剩容量的区域分析》、国际能源署《世界海上风电展望 2019》、Madaeni 等《用蓄热式太阳能发电厂容量价值的估算:以美国西南部为例》
电力	RM	容量备用率	低	是	根据专家意见,夏季用电高峰时段,既要满足供电安全可靠,又要减少调峰机组建设投资,全网实际可行的系统备用率至少要达到 5%;中国电力企业联合会数据
电力	RQSD	定义可再生能源品种	中	是	国家能源局《能源发展“十三五”规划》
电力	SLF	系统负荷率	中	是	美国劳伦斯伯克利国家实验室《中国电力系统过剩容量的区域分析》

表 1 | 中国EPS模型数据来源

类别	缩写	指标含义	指标更新的重要性	数据是否为中国特定值	数据来源
电力	SYC	起始年装机容量	高	是	中国电力企业联合会、国家能源局、CSPLAZA 光热发电网《2018 年全球光热发电建成装机增至 6069MW 中国“助攻”22.97% 新增装机》、澎湃新闻《天然气发电的对错之争：调峰还是热电联产》、国际能源署《世界海上风电展望 2019》、中国电力智库《2018 年全国电力版图》等
电力	TCAMRB	电力调入调出通道传输容量	高	是	Dian Gong 等《传输电压与传输容量（长度）的关系》、一带一路能源合作网《中俄能源合作》、Yan Jun 等《中朝国际电站输电铁塔检修》、Youwei Suo 等《广东大亚湾核电站通过中国南方电网向香港输送 337 亿千瓦时的电力》等
电力	TCCpUCD	单位容量距离的输电设施建设成本	中	是	Gang He 等《SWITCH 中国：中国电力系统深度脱碳的系统方法》
电力	WUbpPT	不同类型的电厂用水量	可选	否	美国 EPS 模型
内生变量	BCbVT	不同交通工具的电池容量	低	否	美国 EPS 模型
内生变量	BCSG	参考情景下全球封存的二氧化碳量	低	否	美国 EPS 模型
内生变量	BGBSC	参考情景下全球电池储存容量	低	否	美国 EPS 模型
内生变量	BGSaWC	参考情景下全球太阳能和风能装机容量	低	否	美国 EPS 模型
内生变量	GBEtPR	电网电池能量功率比	低	否	美国 EPS 模型
内生变量	PDiBCpDoC	每增加一倍电池容量时电池成本下降的百分比	低	否	美国 EPS 模型
内生变量	PDiCCpDoC	每增加一倍装机容量时装机成本下降的百分比	低	否	美国 EPS 模型
内生变量	PDiCECpDoC	CCS 设备每增加一倍容量时成本下降的百分比	低	否	美国 EPS 模型
内生变量	SYSocCtaSC	起始年装机成本中软成本的占比	低	否	美国 EPS 模型
燃料	BFCpUEbs	参考情景下不同行业下不同燃料的成本	高	是	新浪财经《揭秘中国电价 6 个真相：电价改革本质不是降价》、北京证券网《中国 2015 年工业用电价格公布》、金投网《今日最新燃料油市场价格查询（2018 年 12 月 19 日）》、安迅思《中国天然气市场月报》（2017）、美国能源信息署能源统计信息系统、中国石油和化学工业联合会《9 月份我国主要成品油平均价格统计》、美国 EPS 模型等

表 1 | 中国EPS模型数据来源

类别	缩写	指标含义	指标更新的重要性	数据是否为中国特定值	数据来源
燃料	BFPaE	参考情景下燃料的生产、进口和出口	高	是	《中国能源统计年鉴 2018》、国际能源署《世界能源展望中国特别报告》
燃料	BS	参考情景下补贴	高	是	国际货币基金组织财政事务部《全球能源补贴有多大?》、《中国能源统计年鉴 2016》、国际能源署《世界能源展望 2013》中的能源补贴部分
燃料	BSofPtT	参考情景下燃料价格中包含的税率	高	是	国家税务总局、国家发展和改革委员会、财政部、相关新闻等
燃料	EQS	能耗量化规模	不适用	/	/
燃料	ETRbF	燃料的出口税率	中	是	国家发展和改革委员会、商务部
燃料	IMFPbFT	各种燃料在国际市场上的价格	中	部分是	参考指标 BFCpUEbS
燃料	GbPbT	各类气体的全球增温潜势	低	否	美国 EPS 模型
燃料	MPIiFE	燃料出口的最大增长百分比	可选	是	政策情景设置
燃料	MPIiFI	燃料进口的最大增长百分比	可选	是	政策情景设置
燃料	MPIiFP	燃料生产的最大增长百分比	可选	是	政策情景设置
燃料	PEI	污染物排放强度	高	是	生态环境部《道路机动车大气污染物排放清单编制技术指南(试行)》、《陆上交通运输企业温室气体排放核算方法与报告指南(试行)》、刘明月等《天津市机动车尾气排放因子研究》、何敏等《四川省固定源大气污染物排放清单及特征分析》、中国可持续发展工商理事会《省级温室气体清单编制指南(试行)》、杨柳林《珠江三角洲地区大气排放源清单与时空分配模型建立》等
燃料	PEiR	污染物排放强度改善比	低	否	美国 EPS 模型
燃料	PoFDCtAE	燃料需求变化引起的出口量变化率	高	是	根据实际情况作出解释说明
地球工程	DACD	直接空气捕获数据	高	是	Realmonte 等《跨模型评估直接空气捕获技术在深度减排中的作用》、中国与全球的 GDP 比例
氢能	BHPSbP	制氢工艺路径占比	中	是	《中国氢能源及燃料电池产业白皮书》、中泰证券研究所
氢能	EHPpUC	电解槽单位容量产氢量	低	否	美国 EPS 模型
氢能	HPEbP	各类制氢工艺的制氢效率	低	否	美国 EPS 模型
氢能	HPEC	制氢设备费	低	否	美国 EPS 模型

表 1 | 中国EPS模型数据来源

类别	缩写	指标含义	指标更新的重要性	数据是否为中国特定值	数据来源
氢能	HPPECbP	氢气生产过剩产能百分比	低	否	美国 EPS 模型
氢能	HPtFM	各类制氢工艺的用能情况	不适用	/	/
氢能	RHPF	制氢用能转换结构	不适用	/	/
工业	BIFuBC	参考情景碳捕集前的工业燃料使用	很高	是	中国钢铁工业协会《钢铁行业“十三五”煤控中期评估与后期展望》、国际能源署《世界能源展望 2017》、世界钢铁协会、中国水泥协会、煤控研究项目水泥课题组《水泥行业“十三五”煤控中期评估及后期展望》、联合国经济和社会事务部《2019 年世界人口数据展望报告》、高长明等《2050 年世界及中国水泥工业发展预测与展望》、中国城镇供水排水协会历年城市排水统计年鉴、薛涛等《“十三五”水务行业市场需求分析（污水处理及污泥）》、国务院《水污染防治行动计划》、原环境保护部等《全国农村环境综合整治“十三五”规划》、煤炭工业规划设计研究院《中国煤炭行业“十三五”煤控中期评估及后期展望》、历年中国能源统计年鉴、历年中国统计年鉴、中国煤炭加工利用协会《现代煤化工“十三五”煤控中期评估及后期展望》、肖晓宇《关于煤制天然气项目技术指标的探讨与建议》、中国石油经济技术研究院《2050 年世界与中国能源展望》
工业	BPEiC	参考情景过程碳排放	很高	部分是	美国国家环境保护局《全球非二氧化碳温室气体排放预测及减排潜力（2015—2050 年）》、波茨坦气候影响研究所、能源转型委员会《可能的任务：到本世纪中叶较难减排的部门可以实现零碳排放》、联合国经济和社会事务部《2019 年世界人口数据展望报告》、Alvarez 等《美国石油和天然气供应链的甲烷排放评估》、美国国家环境保护局《SNAP 项目状态更改规则的气候效益：2016 年 3 月》等
工业	BPoIFuFE	参考情景用于能源的工业燃料比重	可选	是	《中国能源统计年鉴 2018》
工业	BSoAIGtAP	农产品中畜牧业产品和饲料的比重	中	是	经济合作与发展组织、联合国粮食及农业组织《2019-2028 年农业展望》
工业	CESTR	固定设备销售税	中	是	国家税务总局
工业	CtiEPpUESoS	实施能源效率政策节约或转换每单位能源的成本	低	否	美国 EPS 模型
工业	EoP	生产弹性	中	否	国外相关研究，如《碳价政策对美国行业的影响》
工业	FLRbl	分行业国外排放泄漏率	中	是	按实际情况设置
工业	FoISaGPbE	不同实体购买工业产品和供给原料的比重	高	是	从近年的中国统计年鉴中获得中国分行业产值比例
工业	FoNETVwP	各工业行业非能源支出中随产量变化的比例	中	否	美国 EPS 模型

表 1 | 中国EPS模型数据来源

类别	缩写	指标含义	指标更新的重要性	数据是否为中国特定值	数据来源
工业	MHV	甲烷热值	低	否	美国 EPS 模型
工业	PERAC	工业生产过程减排量及其成本	高	是	美国国家环境保护局《全球非二氧化碳温室气体减排数据附录：2010-2030》
工业	PIFURfE	工业设备用电的能耗减少比例	低	否	美国 EPS 模型
工业	PPRiFUfERoIF	淘汰落后产能带来的燃料使用比例的减少	中	是	石敏俊等《碳减排政策：碳税、碳交易还是两者兼之？》
工业	PPRiFUfICaWHR	余热回收和热电联产的潜在节能水平	中	是	田智宇等《中国能效提升：行业潜力估算》
工业	PPRiFUfIlaloE	提升设备改造和整合的节能水平	低	否	美国 EPS 模型
工业	RIFF	用于替代的工业燃料比重	低	是	政策情景设置、美国国家可再生能源实验室
工业	RoPSoPBvOD	基于农作物生产水平可支撑的素食人口与杂食者的比例	低	否	美国 EPS 模型
工业	TNRbl	按行业划分的非燃料总收入	高	是	历年中国统计年鉴、国际能源署《世界能源展望 2017》、经济合作与发展组织和联合国粮食与农业组织《2019-2028 年农业展望》等
工业	WMITR	工人边际收入税率	中	是	毕马威会计师事务所、中国政府网《人社部：截至 2017 年末我国就业人员已超过 77 亿人》等
土地利用	AOCOLUPpUA	单位面积土地使用政策年度持续成本	中	否	美国林务局《私人林地转换与管理的区域成本》
土地利用	BLAPE	参考情景土地利用变化和森林人为污染物排放	很高	是	CAIT 气候数据浏览器、《2014 年国家温室气体清单》、联合国粮农组织《2015 年全球森林资源评估》、柯水发《中国应对气候变化的造林行动及绿色就业潜力测算》
土地利用	CApULAbIFM	改进森林管理减少的单位土地面积的二氧化碳	中	否	美国国家环境保护局《美国林业和农业的温室气体减排潜力》
土地利用	CiLVpUAAbP	受政策影响的单位面积土地价值变化	可选	否	美国林务局《美国造林固碳的成本测算》
土地利用	CSpULApYbP	按政策划分的单位土地面积每年固碳	中	否	县级封存估计：美国林务局《美国造林固碳的成本测算》；美国森林中的活碳总量：林业产业与分析国家计划《地上总活性碳》；美国森林总面积：美国林务局《2010 年国家森林可持续报告》；采伐周期长度：北卡罗来纳州林业协会《森林管理基础》
土地利用	FoFEtiL	林业费用中的劳务费占比	低	否	美国 EPS 模型

表 1 | 中国EPS模型数据来源

类别	缩写	指标含义	指标更新的重要性	数据是否为中特定值	数据来源
土地利用	FoFoBE	政府、企业或个人拥有的森林面积比例	高	是	国家林业和草原局《2017年全国林业发展统计公报》、美国世界林业中心《中国森林土地所有制》
土地利用	ICoLUPpUA	单位面积土地利用政策执行成本	高	部分是	基于美国林业局《美国通过植树造林和森林管理固碳的成本》和《美国造林固碳的成本测算》折算中国的数据
土地利用	PLANAbPiaSY	一年内政策新影响的潜在土地面积	很高	是	近年中国统计年鉴、中国林业网《2018年全国林业和草原发展统计公报》
土地利用	RPEpUACE	单位二氧化碳吸收量的温室气体反弹排放	低	是	生态环境部《中华人民共和国气候变化第二次两年更新报告》
政策时间安排	FoPITY	当年政策实行率	可选	是	根据实际情况设定
政策时间安排	FT	最终时间	可选	是	根据实际情况设定
政策时间安排	IT	开始时间	可选	是	根据实际情况设定
交通	AVL	交通工具的平均寿命	低	是	美国国家公路交通安全管理局《车辆生存能力和行驶里程表》、美国交通统计局《2015年全国交通运输统计公报》、橡树岭国家实验室《运输能源数据手册》第34版、ThoughtCo《公共汽车和其他交通工具能用多长时间?》、加利福尼亚州财务办公室《审计准则和统一会计制度：特区》等
交通	AVLo	车辆的平均载重量	中	是	人民网《中国公安部：截至2017年底全国机动车保有量达3.10亿辆》、交通运输部《2017年铁道统计公报》、《中国航空运输发展》、《2018年民航行业发展统计公报》
交通	AVMC	交通工具的平均维修成本	低	否	美国EPS模型
交通	BAADTbVT	参考情景下不同交通类型工具的年平均行驶里程	高	是	生态环境部《道路机动车大气污染物排放清单编制技术指南（试行）》、中国铁路总公司《2017年中国铁道年鉴》、近年中国统计年鉴、中国民用航空局《2017年民航行业发展统计公报》
交通	BCDTRtSY	参考情景下未来每年周转量相较于起始年的比值	高	是	近年中国统计年鉴
交通	BESP	参考情景下电动汽车的补贴比例	高	是	第一电动网
交通	BHNVFEAL	参考情景下历史年份新车燃料经济性	中	是	指标BNVFE和SYFAFE
交通	BLP	燃油低碳标准	高	是	根据实际情况设定，中国无低碳燃油政策
交通	BMRESP	参考情景下电动汽车销售占比的最低要求	高	是	工业和信息化部等《汽车产业中长期发展规划》、美国环境与能源研究所、《节能与新能源汽车技术路线图》

表 1 | 中国EPS模型数据来源

类别	缩写	指标含义	指标更新的重要性	数据是否为中国特定值	数据来源
交通	BNVFE	参考情景下新车的燃料经济性	中	是	指标 SYFAFE
交通	BNVP	参考情景下新车价格	中	否	参考美国售车数据调整
交通	BPoEFUBVT	参考情景下车辆使用各类燃料的占比	中	是	国家发展和改革委员会等《关于扩大生物燃料乙醇生产和推广使用车用乙醇汽油的实施方案》、交通运输部等《关于推进水运行业应用液化天然气的指导意见》、近年中国铁道年鉴等
交通	BRAaCTSC	参考情景下针对电动汽车的行驶里程焦虑和充电时间的影子成本	中	否	Lin, Zhenhong 等《重新思考 FCV/BEV 车型系列：消费者价值权衡视角》
交通	BVTStL	布尔变量：交通工具使用是否受低碳燃油标准约束	低	是	根据实际情况设定，中国无低碳燃油政策
交通	CIRbTF	交通燃料的碳强度比	不适用	/	/
交通	ECpV	交通工具的碳含量	低	否	美国 EPS 模型
交通	EoCSoEVMS	充电站对电动汽车市场份额的影响	低	否	Sierzchula, William 等《经济激励和其他社会经济因素对电动汽车采用的影响》
交通	EoDfVUwFC	用车需求对燃料成本的弹性	中	否	轻型车：美国国家环境保护局、美国国家公路交通安全管理局《2017年及以后轻型车温室气体排放量和企业平均燃油经济性标准（最终规则）》；重型车：美国国家环境保护局、美国国家公路交通安全管理局《中重型车温室气体排放标准 and 燃油效率标准（最终规则）》；飞机（燃油占机票成本的部分）：国际航空运输协会《国际航空运输协会经济简报：航空燃油和劳动力成本份额》；飞机（航空旅行的弹性需求）：国际航空运输协会《航空旅行需求：国际航空运输协会经济简报第9期》；铁路：Sinha, Kumares 等《交通决策：项目评价与规划原则》；船舶：Sinha, Kumares 等《交通决策：项目评价与规划原则》；摩托车：同重型车
交通	EoFoNVFE	收费和退税制度对新车燃料经济性的影响	中	否	Greene, Patterson 等《退税和油税：提高燃油经济性的激励措施研究》、John German 等《退税程序设计和实施的最佳实践》
交通	EoNVFEwFC	新车燃料经济性对燃料成本的弹性	中	否	轻型车：Kenneth 等《汽车运输能源政策：基于国家能源模型系统的比较》；重型车：Harrington 等《提高重型汽车燃油经济性》；插电式混合动力车用电量占比：美国能源部替代燃料数据中心《混合动力和插电式电动车排放数据来源和假设》
交通	EoVPwFE	车辆价格对燃油经济性的弹性	低	否	美国 EPS 模型
交通	EVCCC	电动汽车充电设施的资本投入	低	否	美国 EPS 模型

表 1 | 中国EPS模型数据来源

类别	缩写	指标含义	指标更新的重要性	数据是否为中国特定值	数据来源
交通	EVCLC	电动汽车充电设施的劳务成本	低	否	美国 EPS 模型
交通	FoVobE	不同实体所拥有的车辆的比例	高	是	近年中国统计年鉴获得中国分行业产值比例、《中国公共交通资源图鉴：每万人拥有公交车 4 辆、出租车 8 辆，各省排名又如何？》
交通	GCApLC	每一单位低碳燃油标准能够减少的二氧化碳量	不适用	/	/
交通	ICtPSfFL	生产低碳燃油替代燃料的边际成本	中	是	中国无低碳燃油政策
交通	LCPC	低碳燃油标准的价格上限	不适用	/	/
交通	MPNVbT	不同燃料类型交通工具的最大占比	中	是	美国能源信息署《2019 年度能源展望》、彭博新能源财经新闻、SYVbT 变量、Clean Rider《电动滑板车市场》、RevZilla Motorsports《去年在美国售出了多少辆摩托车？》
交通	MPoEFUbVT	交通工具每种燃料可利用的最大占比	低	否	美国 EPS 模型
交通	P	人口	高	是	近年中国统计年鉴、联合国经济和社会事务部《2019 年世界人口数据展望报告》
交通	PCiCDTdtTDM	交通需求管理引起的客运 / 货运运输量的变化	中	是	《重塑能源：中国面向 2050 年能源消费和生产革命路线图 交通卷》
交通	PTFURfE	交通用电的能耗减少百分比	低	是	《燃油车 VS 电动汽车，耗能都用煤换算，哪个耗的多？》、《城市交通碳排放监测评估研究与实践》
交通	SDoVPbT	按技术划分的车辆价格的标准差	低	否	美国 EPS 模型
交通	SoCDTtiNTY	当前年份新增加的周转量的份额	根据校准决定	是	根据校准决定
交通	SRPbVT	不同交通工具的不同污染物的控制情况	中	是	《轻型汽车污染物排放限值及测量方法》、《摩托车污染物排放限值及测量方法（中国第四阶段）》、《船舶发动机排气污染物排放限值及测量方法（中国第一、二阶段）》、交通运输部相关政策等
交通	SYBSoEVP	起始年电动汽车电池价格的占比	低	否	美国 EPS 模型
交通	SYFAFE	起始年份交通工具的平均燃料经济性	中	是	美国能源信息署《2019 年度能源展望》、《中国铁道年鉴 2017》、历年交通运输行业发展统计公报、美国 EPS 模型等
交通	SYVbT	起始年份（2017 年）的交通工具保有量	很高	是	《中国统计年鉴 2019》、《2018 年民航业发展统计公报》、《中国移动源环境管理年报 2019》等

表 1 | 中国EPS模型数据来源

类别	缩写	指标含义	指标更新的重要性	数据是否为中国特定值	数据来源
交通	VBDR	购车贴现率	中	否	美国国家环境保护局《消费者如何评价燃油经济性：文献综述》
交通	VQS	汽车量化大小	不适用	/	/
交通	VTSIFES	符合燃油经济性标准的车辆技术	低	否	美国 EPS 模型
其他参数	BGDP	参考情景下国内生产总值	可选	是	世界银行、国际货币基金组织、欧盟、经济合作与发展组织、国际能源署等关于中国 GDP 的预测
其他参数	SCoC	碳的社会成本	低	否（全球数据）	美国碳的社会成本跨部门工作组《碳的社会成本监管影响分析技术更新报告》中提供的全球通用数据
其他参数	SCoHbP	污染物对健康影响的社会成本	中	是	基于美国国家环境保护局《基于响应曲面模型的吨效益估算》折算中国的社会成本
其他参数	VoaSL	生命的统计价值	中	是	世界银行发展研究组《生命统计价值：中国研究》
网页设计	BCF	BTU 换算系数	中	是	单位换算
网页设计	BpTPEU	一次能源单位换算为 BTU 的系数	中	是	单位换算
网页设计	CDCF	周转量换算系数	中	是	单位换算
网页设计	LpWOU	用水量单位换算为升的系数	低	是	单位换算
网页设计	OCCF	货币换算系数	中	是	单位换算

注：按照模型设置，指标对于新区域更新的重要性为低、可选或者不适用的，可不做更新处理。因此中国 EPS 模型中对于以上三类指标，其大部分数据来源直接参考模型开发团队最早开发的美国 EPS 模型。有关美国 EPS 数据的说明可以在网站（<https://us.energypolicy.solutions/scenarios/home>）公开获取。

2 政策设置

EPS模型通过收集表 1 中的基础数据形成初始情景，再通过叠加使用不同政策、措施形成政策情景。在开展中国碳排放深度减排路径研究时，主要考虑了两个情景，分别为：

- 现有政策情景，即探讨实现当前国家已公布的政策导向和目标下所形成的排放路径。具体而言，中国已提出的国家自主贡献目标承诺、能源革命战略、“十三五”规划等涵盖社会发展、环境能源、行业发展各个领域的政策文件中所提出的目标，都被认为会在现有政策情景中实现。例如，国家自主贡献目标中提出的新建燃煤发电机组平均供电煤耗要降至每千瓦时300克标准煤左右、到2020年城镇新建建筑中绿色建筑占比达到50%、努力实现化肥农药使用量零增长，《能源生产和消费革命战

略（2016—2030）》中提出的2020年能源消费总量不超50亿吨标准煤等。到2050年，该情景会考虑对各相关的现有政策手段进行延续。

- 强化行动情景，将探索通过实施减排成本优化、减排效果显著的政策组合所形成的排放路径。该情景下，将在现有政策的基础上，进一步提升主要政策的实施力度，并开展新的节能减排政策与技术措施，以期至2050年实现深度减排，助力《巴黎协定》温控目标的有效实现。

EPS模型提供了节能减排技术及政策库，在政策情景下筛选并采用适合中国实施的政策措施，并参考相关规划及研究设置政策、技术的实施力度和政策实施时间。最终强化行动情景下选择的最优政策组合设置见表2。

表 2 | 情景设置与政策设定

政策分类	政策名称	强化行动情景政策设置说明
电力	禁止新建燃煤、燃气电站	参考《能源生产和消费革命战略（2016—2030）》和《能源发展“十三五”规划》中“建立煤电规划建设风险预警机制，加强煤电利用小时数监测和考核，与新上项目规模挂钩，合理调控建设节奏”，强化行动情景下设置较强的管控水平。从2030年开始，禁止新建燃煤、燃气机组，一直持续到2050年
	可再生能源配额制（本研究中RPS考虑加入核能）	参考《能源生产和消费革命战略（2016—2030）》、《关于实行可再生能源电力配额制的通知（征求意见稿）》，提高可再生能源发展质量和在全社会总发电量中的比重。到2050年，新增电力生产中75%的电力将来自于非化石能源
	市场化调度机制	从2026年开始逐渐实施市场化电力调度机制，即最低成本调度机制，不再保证任何发电厂的最低发电配额
	达成额外需求响应潜力比例	为改善电网灵活性，从2020年起，需求响应能力在现有政策情景基础上再增加20%
	提前淘汰燃煤电厂	参考《能源生产和消费革命战略（2016—2030）》和《能源发展“十三五”规划》中提出的淘汰落后产能，设置从2020年开始每年淘汰燃煤电厂1.5GW
	电网规模储能	为改善电网灵活性，在当前储能电池能力增长比例的基础上再增加5%
	电力生产补贴	从2030年开始逐步取消对当前天然气发电的补贴
工业	水泥熟料替代	该政策通过其他投入，如粉煤灰代替水泥中一部分熟料，减少水泥行业的二氧化碳排放。设置强化行动情景下到2050年可以实现50%的熟料替代
	工业热电联产和废热回收	该政策通过增加热电联产的使用和废热的回收来减少工业行业的燃料消耗，如中国水泥余热资源丰富，可大力推广余热发电技术。设置强化行动情景相比现有政策情景到2050年可以增加50%的应用水平
	提前淘汰落后产能	该政策持续推进工业过剩和落后产能的化解与淘汰。强化行动情景下，将相比现有政策情景提前淘汰约30%的落后产能
	改进工业系统设计	这项政策通过改进工厂设备的组装方式以及材料或能量在设备之间的流动方式来减少工业行业的燃料消耗。强化行动情景下，到2050年可实现50%的改进潜力
	提高工业能效标准	提高工业能效将减少燃料消耗，中国工业能源效率标准会持续提升，但是提升空间将逐步缩小。强化行动情景下，设置到2050年水泥和钢铁行业将通过能效提升减少40%的能耗，油气行业减少20%，化工行业减少30%，中间年份逐年递增
	降低工业产品需求	该政策通过提升工业产品利用率、延长材料寿命、增加回收利用水平等措施，减少工业产品的生产需求。考虑到中国对外出口工业产品的需求不受本国产品利用率政策的限制，设置水泥、钢铁、化工和其他行业大约减少6%的产品生产需求
交通	电动化交通工具销售最小占比	国际清洁交通委员会（ICCT）预测世界主流汽车国家均将会在2035—2045年陆续实现新车全部电动化。近零情景下交通领域电气化将达到较高水平。设置到2050年，电动汽车销售比例将达到轻型客运汽车100%、轻型货运汽车30%、重型客运汽车50%、重型货运汽车5%
	燃油经济性标准的额外改进比例	中国提出2020年乘用车平均油耗水平降至5L/100km，2025年降至4L/100km，年改善率约为4%。《节能与新能源汽车技术路线图》中提出2020年商用车节油达10%以上，2025年节油15%以上，2030年节油20%以上。因此，考虑强化行动情景下各类型交通运输燃油经济性有较大的额外提升。设置到2050年，相比现有政策情景，轻型汽车的燃油经济性水平再提升50%，重型汽车提升75%，摩托车提升15%，火车、船舶和飞机分别提升10%、10%、15%
	交通需求管理	强化行动情景考虑大幅实施交通需求管理政策，货运交通包括运输结构调整，如公转铁，客运交通包括改善公共交通系统、道路拥堵收费、发展慢行交通等。模型中主要参考国际能源署《Transport, Energy, and CO2: Moving Toward Sustainability》报告中BLUE Shifts情景所包含的交通需求管理政策组合

表 2 | 情景设置与政策设定

政策分类	政策名称	强化行动情景政策设置说明
建筑	建筑电力化	制冷和照明已基本全部电气化，因此主要针对设备使用，预计到 2050 年设备使用将大幅实现电气化，以支持实现零排放建筑。到 2050 年，所有建筑新增供暖设备 10% 均改为电气化，城镇住宅中新增炊事和其他设备 80% 实现电气化，农村住宅和商业建筑中新增炊事和其他设备 50% 实现电气化
	提高建筑能效标准	参考住房和城乡建设部发布的《建筑节能与绿色建筑发展“十三五”规划》，2020 年市区新建建筑节能比 2015 年下降 20%。该政策针对新售设备的能耗减少率，设置供暖设备减少 20%，制冷和照明设备减少 10%，炊事和其他设备减少 50%
	既有建筑节能改造	参考住房和城乡建设部《建筑节能与绿色建筑发展“十三五”规划》全面推进对公共建筑与居住建筑的节能改造。到 2050 年，对居民建筑改造 20%，商业建筑改造潜力较高，达到 35%
供热	区域供热使用热电联产	强化行动情景下，增加热电联产技术的应用，到 2050 年将有 50% 的区域供热由热电联产厂供应
	再造林比例	增加造林比例，到 2050 年，造林和再造林比例达到 5%
农业、林业与土地利用	减少耕地和水稻种植排放	该政策通过耕地管理措施减少农业温室气体排放，例如改进农作物轮作、改善化肥的应用等。设置到 2050 年政策实施的比例达到 50%
	牲畜管理减排政策	该政策通过牲畜管理措施减少农业温室气体排放，例如通过饲料补品或药物防止动物肠道甲烷的形成。设置到 2050 年政策实施的比例达到 50%
	减少动物产品消费	2017 年中国的人均食肉量是 63 千克/年，超过《中国居民膳食指南（2016）》所建议的人均 27.4 千克/年一倍以上。因此设置减少动物制品消费比例，逐年增加削减力度，到 2050 年减少 50%。
交叉部门政策	额外碳捕集与封存（CCS）技术应用	根据国际能源署《Technology Roadmap: Carbon Capture and Storage in Industrial Applications》、《Exploring Clean Energy pathways: The role of CO2 storage》等研究，中国到 2050 年工业领域将有 10 亿吨左右的碳捕集与封存能力。因此，设置到 2050 年电力和工业行业可分别吸收 10% 和 20% 左右的二氧化碳排放。
	碳定价机制	参考斯特恩·斯蒂格利茨碳定价高级别委员会认为符合《巴黎协定》温控目标的 2020 年每吨 40 ~ 80 美元和 2030 年每吨 50 ~ 100 美元的水平，设置到 2050 年工业、电力行业碳价达 420 元/吨。
	工业生产过程的碳价机制	设置碳定价机制，如碳税或碳交易机制可作用于工业生产过程的排放