

# 交通领域落实双碳要求的挑战与任务

交通运输部规划研究院

徐洪磊

2021年12月 北京



# 目 录

一、交通运输碳排放现状

二、交通运输碳排放趋势

三、交通运输碳达峰碳中和路径与举措

# 交通领域碳达峰碳中和工作涉及面广

基础设施 建设运营	工程机械			
	隧道、大桥、服务区、场站等服务设施			
	作业机械			
交通装备 运输活动	公路	营运车辆	道路货运	载货汽车
			道路客运	载客汽车
			城市客运	公交、出租、轨道交通
	非营运车辆	私家车		
		其他车辆	4.5吨以下货车、专项作业车 企业或个人自用车辆	
	铁路	铁路机车	内燃机车、电力机车	
	水运	水上运输船舶	内河船舶、沿海船舶、远洋船舶	
	民航	民航客机	国内航班、国际航班	

# 碳核算方法1：基于能源平衡表的碳排放核算

## 依据生态环境部《省级二氧化碳排放达峰行动方案编制指南》

- **营运交通**对应能源平衡表中“终端消费量”下的“服务业”下的“交通运输、仓储和邮政业”。
- **非营运交通**对应“农、林、牧、渔业”、“工业”、“批发、零售业和住宿、餐饮业”“其他”、“居民生活”五领域中的交通运输部分。

对应能源消费量=（“**农、林、牧、渔业**”中汽油的80%、柴油的10%）  
+（“**工业**”汽油的79%、柴油的26%）  
+（“**批发、零售业和住宿、餐饮业**”中汽油的98%）  
+（“**其他**”中汽油的98%）  
+（“**居民生活**”中汽油的99%、柴油的95%）。

**其中：航空运输碳排放单独报送生态环境部，不计入本省（区、市）二氧化碳排放总量。**

# 碳核算方法2：基于活动水平的碳排放核算

## 依据国际惯例和国家清单确定交通领域碳排放核算边界

- 包括：**运输装备**（道路机动车、铁路内燃机车、船舶、民用航空器）在**我国领土范围内使用环节**燃烧化石燃料造成的二氧化碳**直接排放**
- **不包括：**
  - **国际海运和国际航空部分**的二氧化碳排放
  - 交通基础设施**建设、维护和拆除环节**的二氧化碳排放（**行动方案中包含**）
  - 运输**辅助活动产生**的二氧化碳排放，即交通枢纽营运活动、运输辅助性活动产生的二氧化碳排放
  - **材料周期**：与运输领域相关的**生命周期**过程中的二氧化碳排放，如运输装备制造、维修及拆解
  - **燃料周期**：运输装备使用电力的二氧化碳**间接排放**

# 碳核算方法2：基于活动水平的碳排放核算

## ➤ 公路交通：

- 基于**车辆数、行驶里程及碳排放因子**测算
- 关键参数：不同车型保有量水平、年均行驶里程、技术能效、电动化比例等

## ➤ 水路、铁路和民航：

- 基于该运输方式的**客货周转量和单位周转量碳排放因子**测算
- 关键参数：客货周转量、单位周转量能耗（技术能效和运营能效）、能源结构

# 不同方法核算的交通领域碳排放总量总体一致



## 基于活动水平的碳排放核算方法

2019年交通领域碳排放为**11.8亿吨**

## 基于能源平衡表的碳排放核算方法

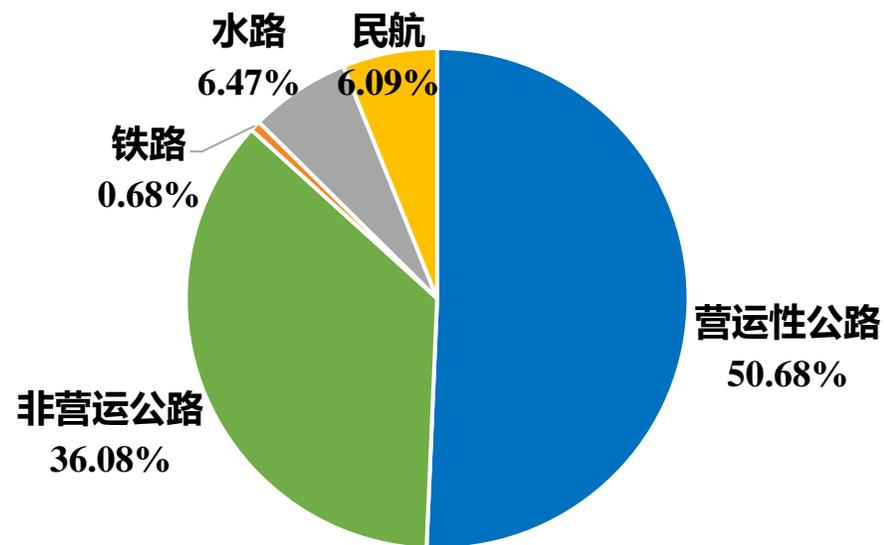
2019年交通领域碳排放为**10.04亿吨**

- 从其他行业拆分比例有待商榷
- 地方炼油厂的地炼油未纳入国家能源统计

- 公开渠道所能获取的能源平衡表数据将“交通运输、仓储和邮政业”作为一个行业，无法单独剥离出交通运输相关数据，也缺少基于交通工具类型的**更细分类数据**
- 基于能源平衡表的碳排放核算方法无法支撑基于保有量和运输周转量变化的交通运输碳**排放预测**、各项举措的碳减排效果评估、交通运输碳减排重点任务分解等

# 我国交通领域碳排放占全社会排放约11%

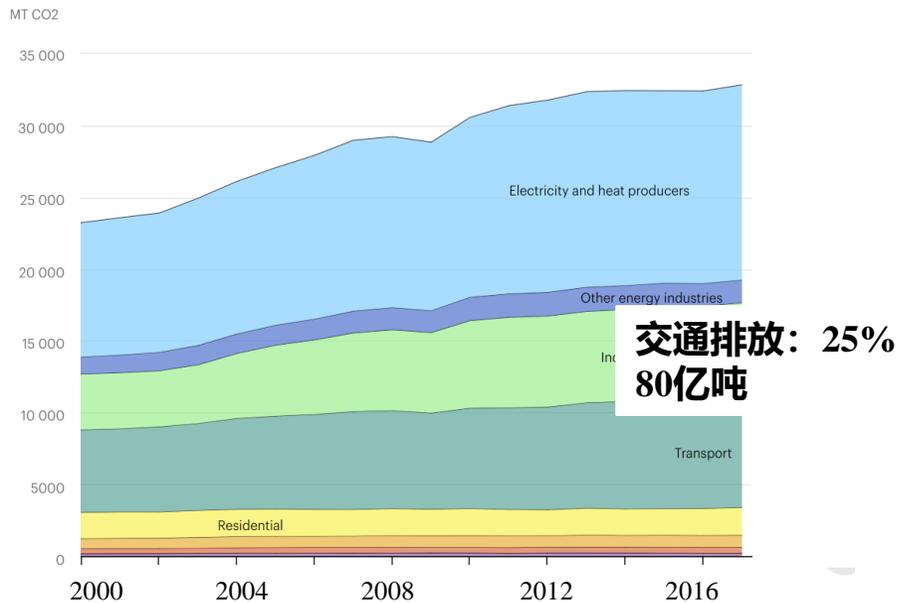
- **从分营运和非营运性质来看**，**营运性**交通运输行业碳排放总量占比约为64%
- **从运输方式来看**，**公路**碳排放总量占比约为87%



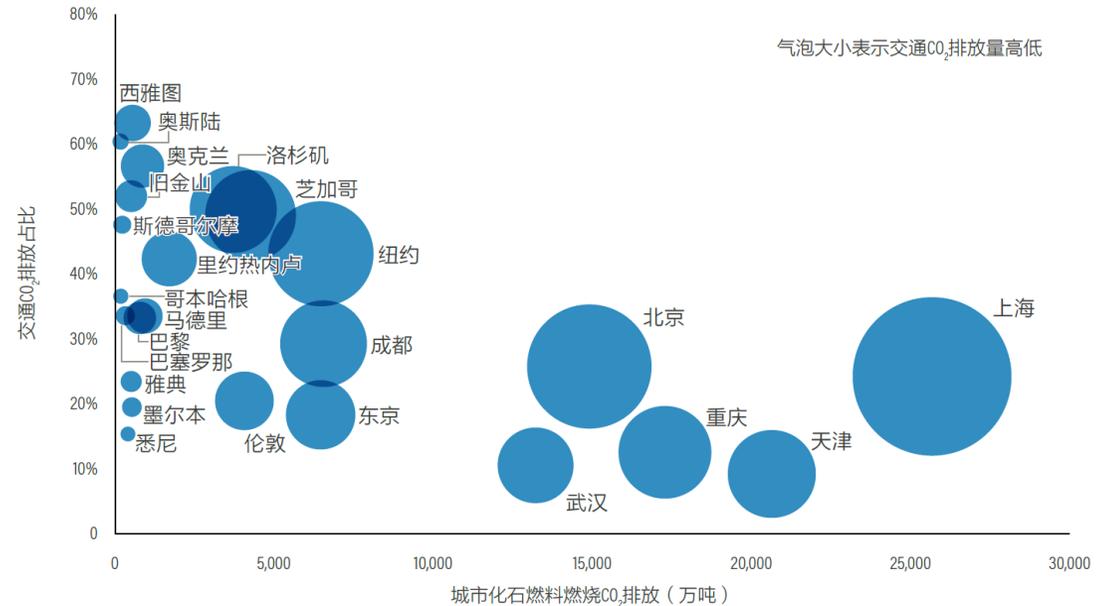
2019年交通各子领域碳排放占比

# 发达地区交通领域碳排放占比较高

- 欧美发达国家在完成工业化之后，**交通领域能耗与碳排放的占比一般为20%~30%**，形成与工业、建筑“三分天下”的格局
- 国外主要城市交通碳排放占全社会碳排放在20%至60%之间，奥斯陆、西雅图等一些发达城市交通排放占比高达60%
- 中国城市中，深圳占37%，成都占30%，北京、上海占25%左右，重庆占12%

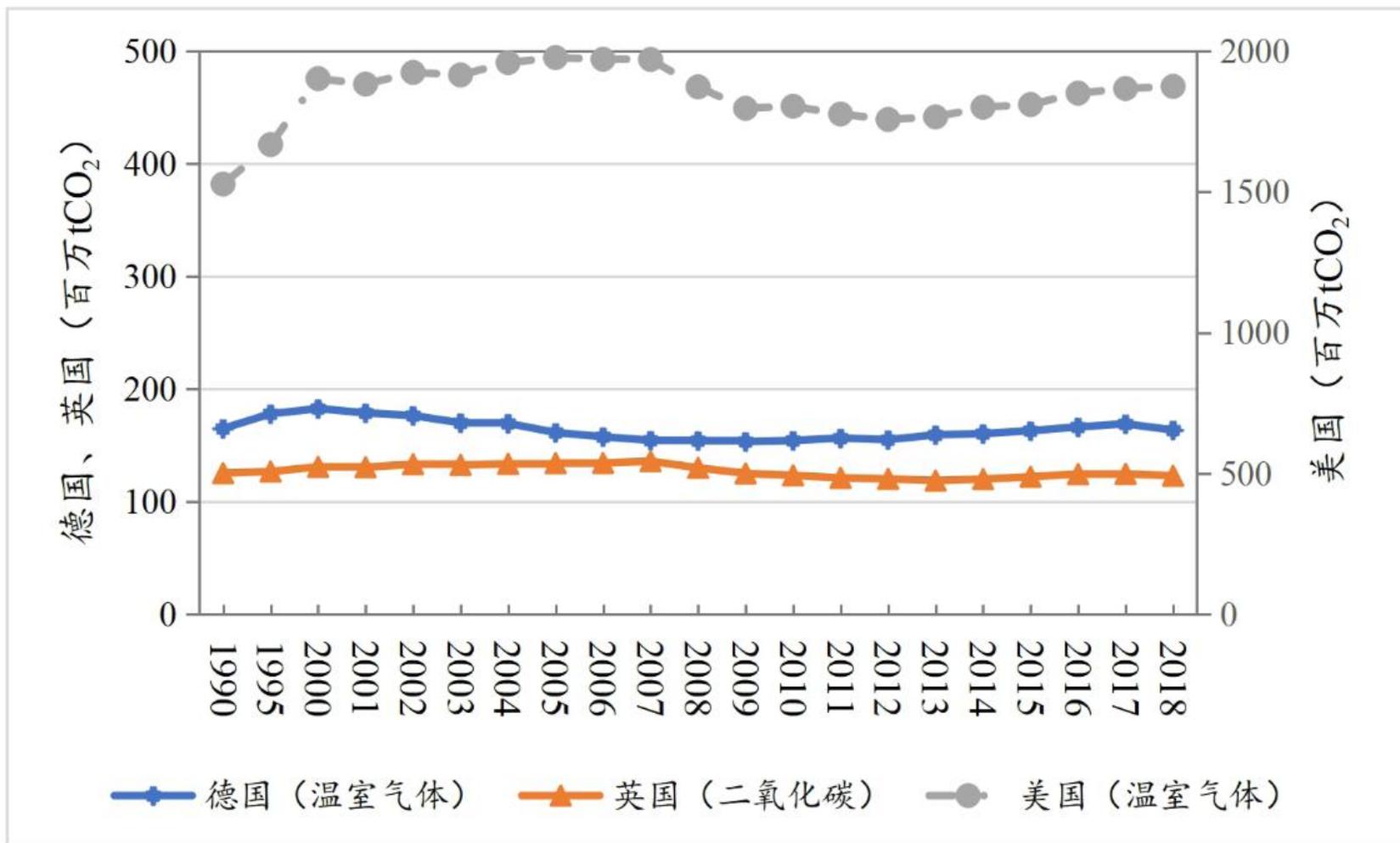


来源: 国际能源署, 2019



来源: 世界资源研究所, 2019

# 发达国家交通减排进入瓶颈期



- ✓ **美国：**《2014-2018年战略规划》、《美国2045交通发展趋势与政策选择》
- ✓ **英国：**《英国低碳经济转型计划：气候和能源国家战略》、《低碳交通：一个更加绿色的未来》
- ✓ **德国：**欧盟气候变化行动计划(ECCP)、德国国家能源效率行动计划(EEAP)

典型发达国家交通运输二氧化碳排放量达峰后下降，之后出现波动

# 我国交通领域碳达峰面临挑战

- 交通运输是居民出行和物流服务的基础支撑和保障，随着经济社会的快速发展和人民生活水平的不断提高，**运输需求总量仍将增加**，**碳排放总量仍将持续增加**
- **服务品质提升需求不断增强**。全社会对运输时效性、个性化、舒适度等的要求越来越高，单位运输周转量能耗水平已接近发达国家，**单位碳排放下降面临瓶颈**
- **资金需求量大**。政府间气候变化专门委员会第六次评估报告（IPCC AR6）中指出，**交通运输行业碳减排成本明显高于工业、建筑等行业**

# 我国运输装备保有量仍有较大增长空间

## 主要国家千人汽车拥有量

排行	国家	千人拥车量 (辆)	人均GDP (美元)	排行	国家	千人拥车量 (辆)	人均GDP (美元)
1	美国	837	62,600	11	巴西	350	8,921
2	澳大利亚	747	57,300	12	墨西哥	297	9,698
3	意大利	695	34,300	13	沙特	209	23,200
4	加拿大	670	46,100	14	土耳其	199	9,311
5	日本	591	39,300	15	伊朗	178	5,258
6	德国	589	48,670	16	南非	174	6,340
7	英国	579	42,500	17	中国	173	9,201
8	法国	569	41,500	18	印度尼西亚	87	3,894
9	马来西亚	433	11,200	19	尼日利亚	64	2,028
10	俄罗斯	373	11,300	20	印度	22	2,016

2019年中国人均汽车拥有量约为美国的20%，日本的30%  
2020年：郑州373，成都314，北京274，杭州257，上海170

数据来源：世界银行

## 主要国家民航客货飞机数量 (截至2020年4月)

序号	COUNTRY	CURRENT AIRCRAFT
1	United States / 美国	8715
2	China / 中国	3932
3	Russian Federation / 俄罗斯	1014
4	Germany / 德国	977
5	United Kingdom / 英国	969
6	Canada / 加拿大	958
7	Japan / 日本	762
8	India / 印度	732
9	Australia / 澳大利亚	629
10	Indonesia / 印度尼西亚	629
11	Turkey / 土耳其	601
12	Ireland / 爱尔兰	581
13	Spain / 西班牙	566
14	Brazil / 巴西	545
15	United Arab Emirates / 阿联酋	543
16	France / 法国	517
17	Korea, Republic Of / 韩国	417
18	Mexico / 墨西哥	392
19	Thailand / 泰国	305

中国民航飞机数量为美国的45%  
人均数量约为美国的11%

数据来源：CH-Aviation

# 交通领域主要减碳措施存在不确定性

## 能效提升

- 装备制造业研发更节能的车辆和船舶
- 巨量的在用车（船）队规模，通过淘汰更新实现全社会整体技术能效的提升

## 结构优化

- 公路、铁路合理**比价关系**尚未形成
- 公路货运和铁路货运市场化改革进程步伐不一

## 清洁燃料替代

- 上下游产业链需同步配套：**装备、能源**
- 清洁燃料技术亟待突破，**重型货运装备**技术路线未明确
- 电网优化调整、基础设施配套任务艰巨

## 需求管理

- 出行需求在相当长的未来持续增长
- 绿色出行模式尚未全面形成
- 私家车保有量保持较快增长势头，**大型化趋势**明显

# 目录

一、交通运输碳排放现状

二、交通运输碳排放趋势

三、交通运输碳达峰碳中和路径与举措

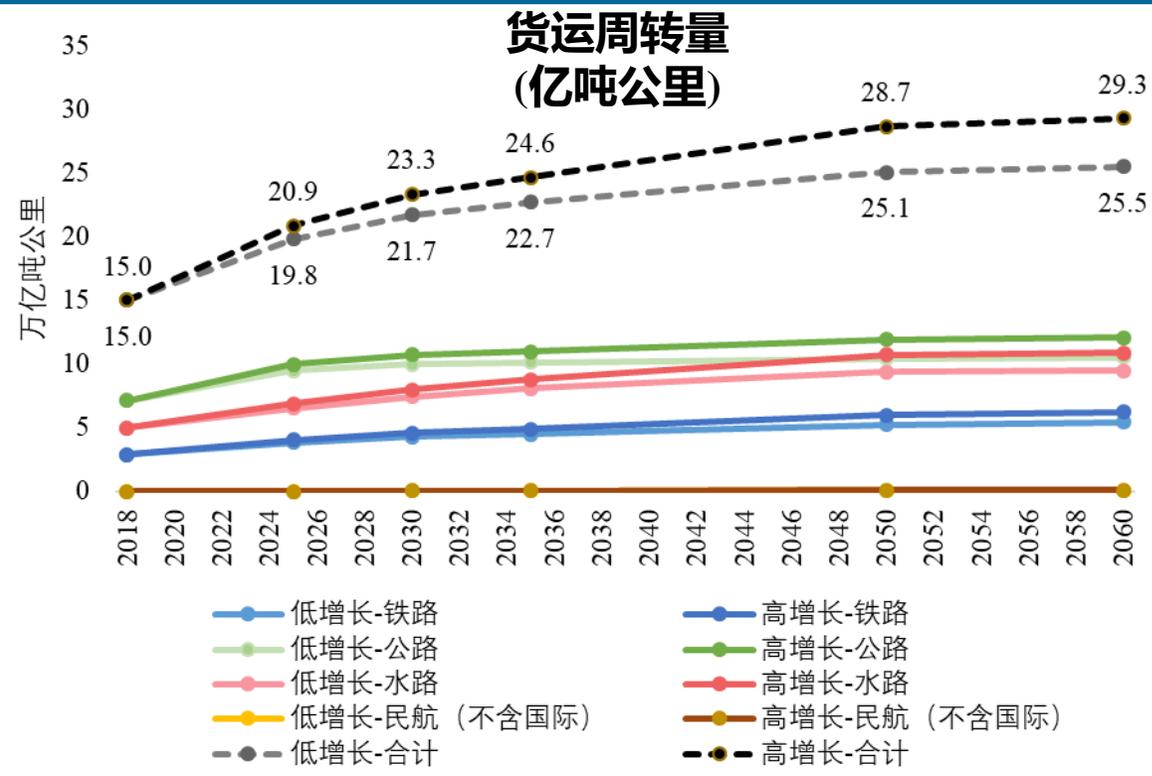
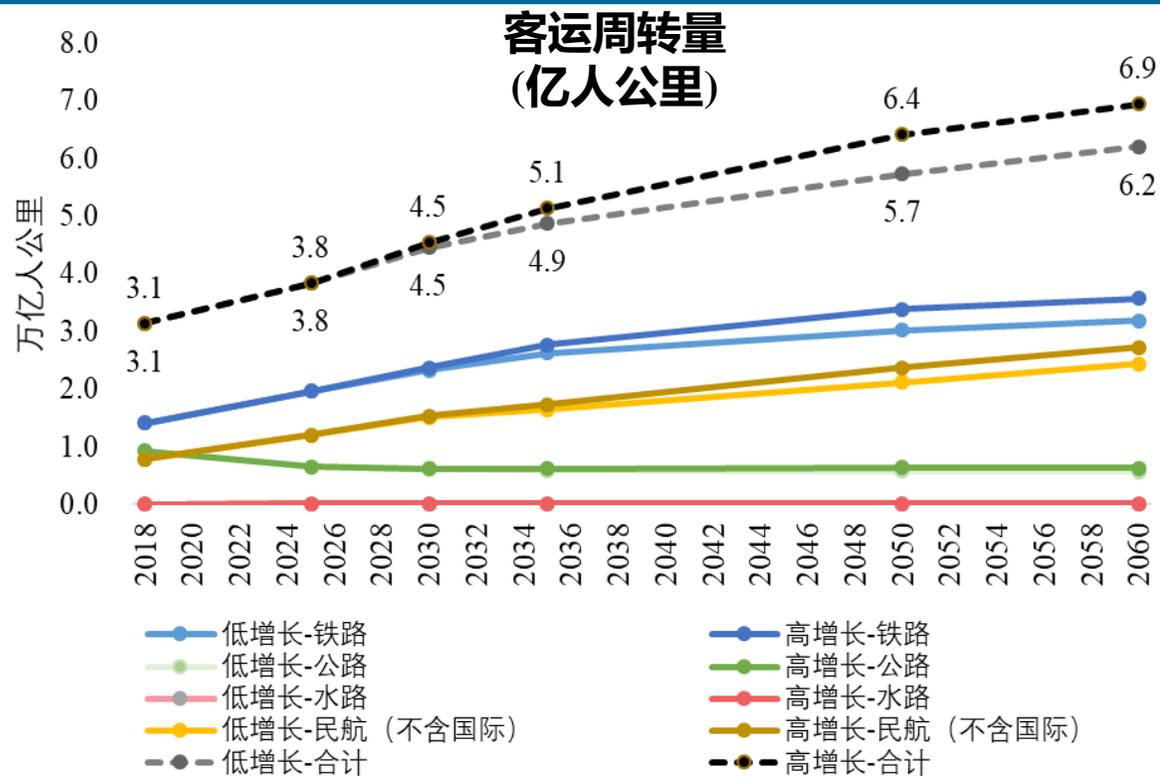
# 基于情景分析的交通运输碳排放预测方法

**考虑未来发展速度和控制政策的不确定性，采用情景分析方法开展**

**(1) 交通发展情景预测：**研究各交通子领域的交通需求变化，结合权威机构最新社会经济指标判断，综合参考交通强国战略研究、综合立体交通网运输需求研究等预测未来客货运周转量（分为**高增长、低增长**两种情景）

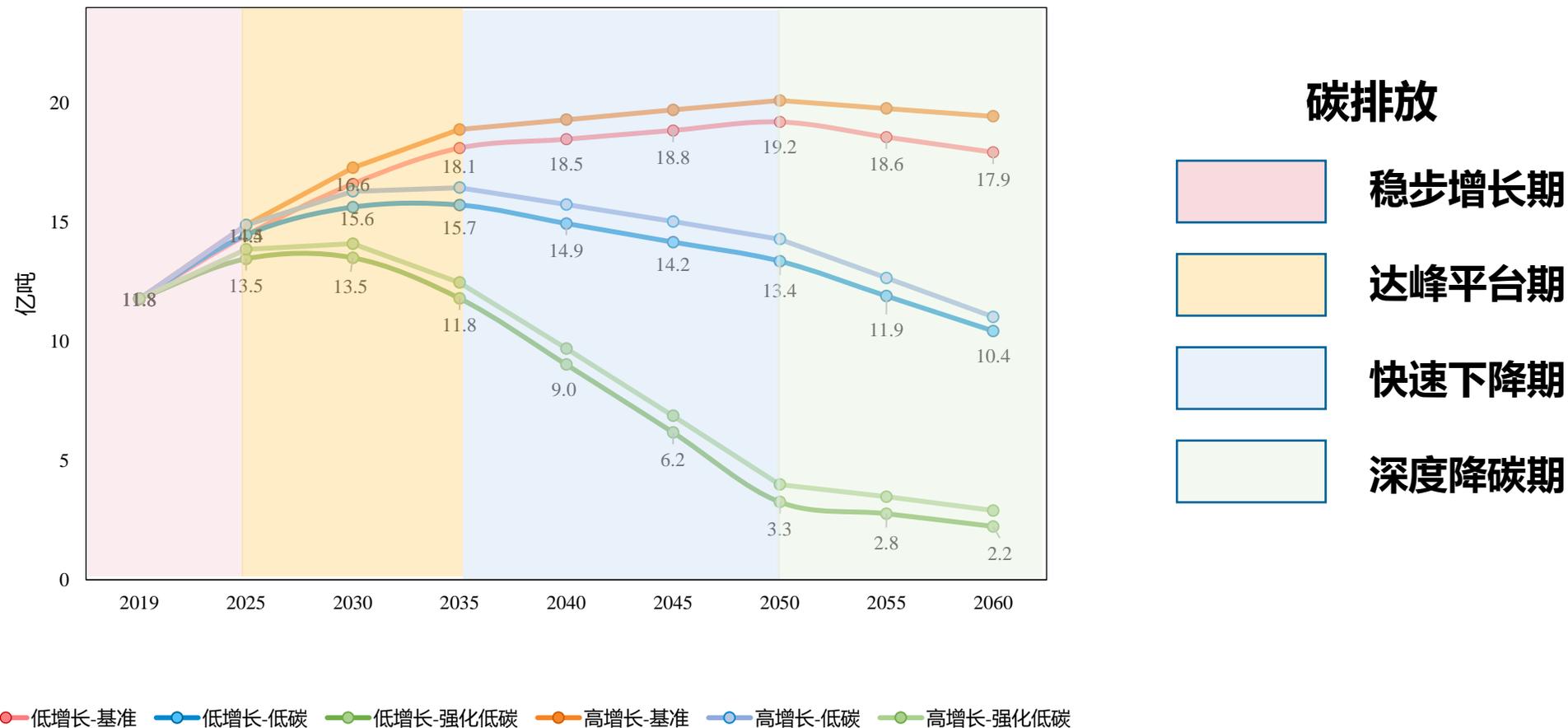
**(2) 减排策略情景设置：**在考虑我国相关国家战略规划、新能源和节能车船推广情况、车辆能效水平、运输结构调整实施情况，从技术成熟度，实施条件可行性、经济可行性、制度可行性等方面对潜在减排措施进行综合评估。对标国际先进经验，在充分考虑产业发展的基础上，结合未来的政策目标和技术发展潜力，构建**基准情景、低碳情景和强化低碳情景**，模拟不同减排措施力度下的碳排放趋势

# 未来一段时间客货运输需求持续增长



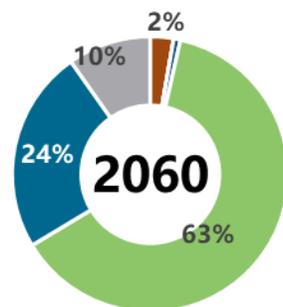
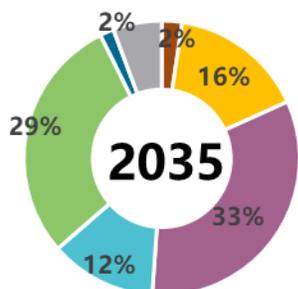
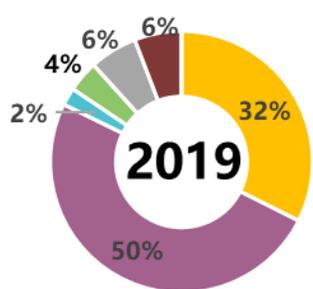
- 《国家综合立体交通网规划纲要》判断：预计2021至2035年旅客出行量（含小汽车出行量）年均增速为3.2%左右，全社会货运量年均增速为2%左右，邮政快递业务量年均增速为6.3%左右
- 研究判断：客运周转量增速放缓，由2020-2025年间的3.2-2.9%下降至2050-2060年间的0.8-0.9%。权威机构预测我国2035年后GDP年均增速仍将高于3.7%，且工业体系完备，不会出现发达国家第二产业空心化现象，但大宗货物运量在2030年左右可能达峰并维持高位运行，货运周转量增速放缓，2020-2025年间为4.8-3.9%，2030年后增速降为0.87%，2050-2060年间仅为0.2%

# 2025-2035年可能进入达峰平台期，2035年后进入快速下降期

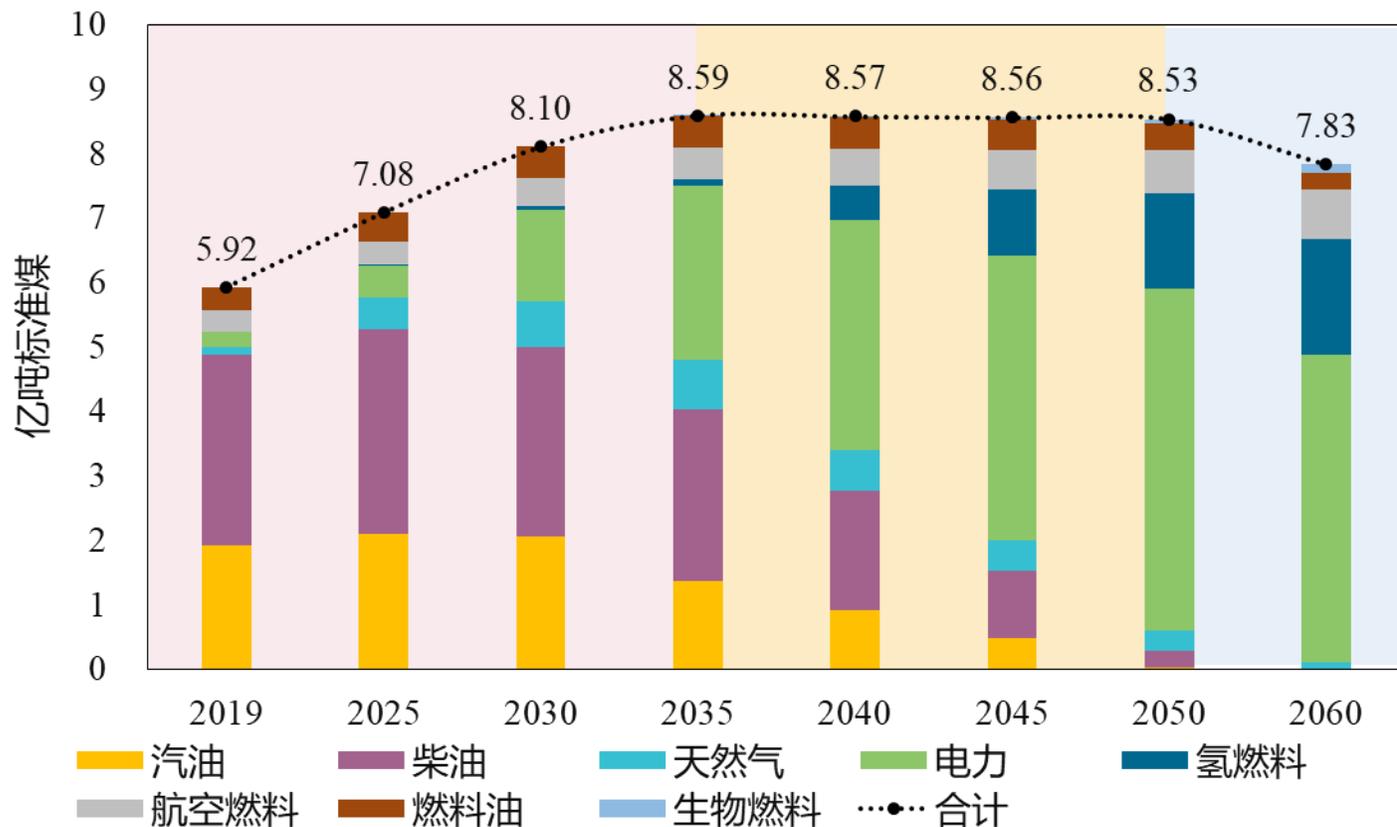


- 综合判断，交通领域碳排放总量在**2030年前后**达峰可能性较大，峰值约在**13.5-16.4亿吨**左右
- 低增长-强化低碳情景下，2060年交通领域碳排放总量有望降为**2.2亿吨**

# 低增长-强化低碳情景下，2035年交通领域能耗进入平台期

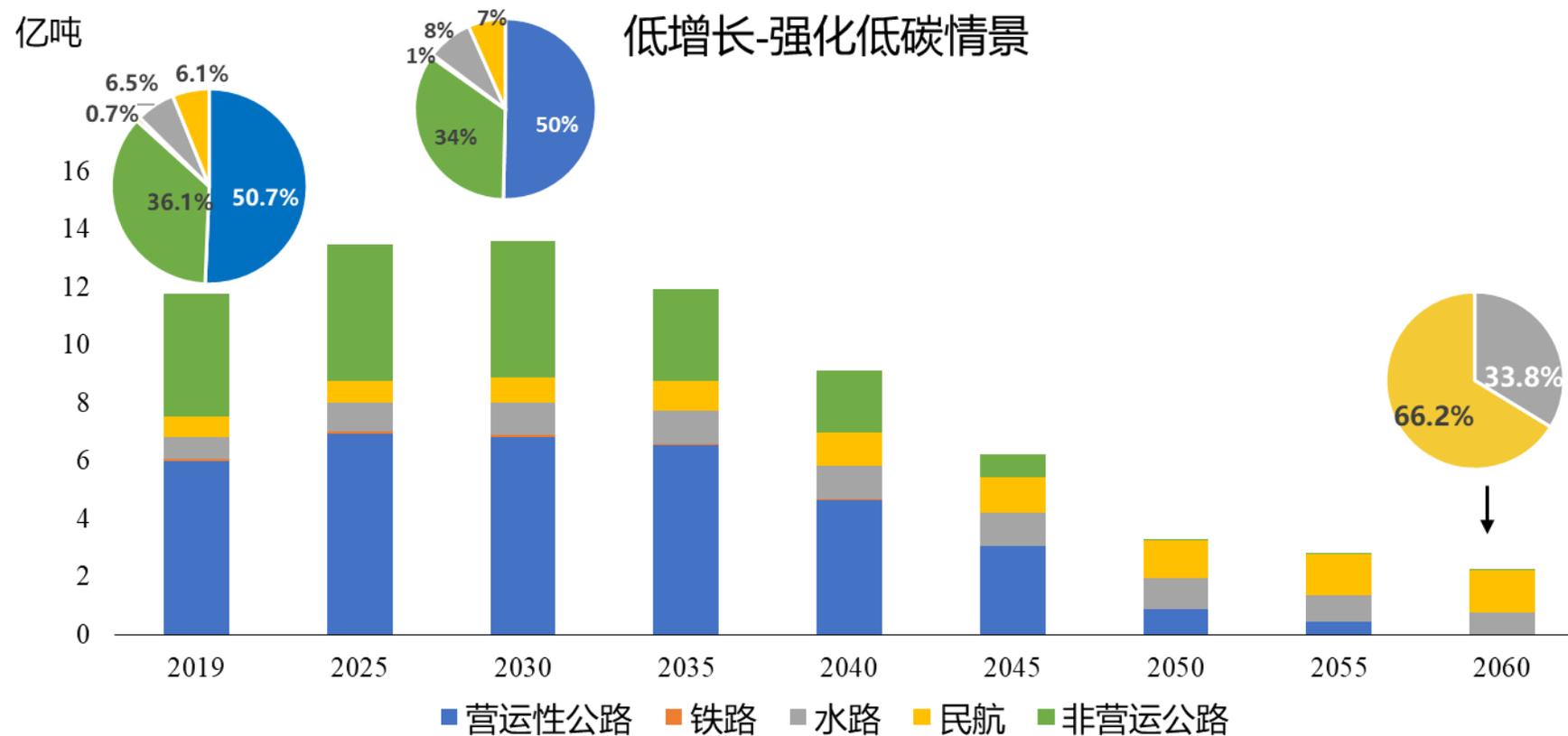


## 能耗



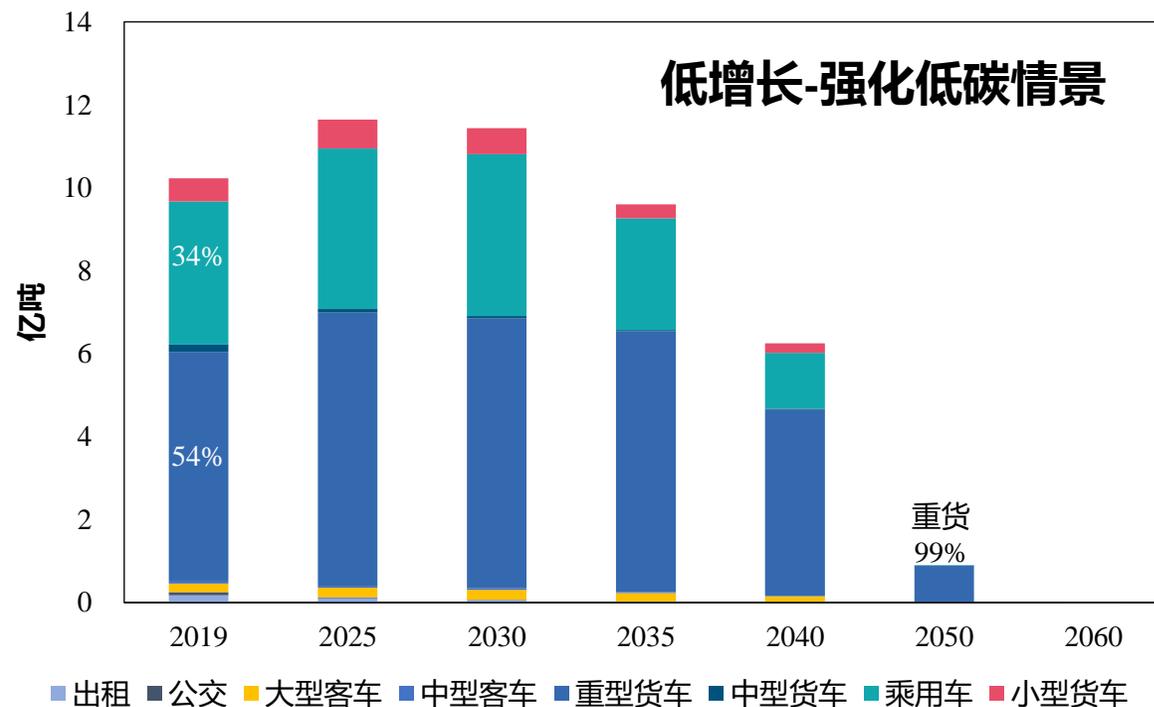
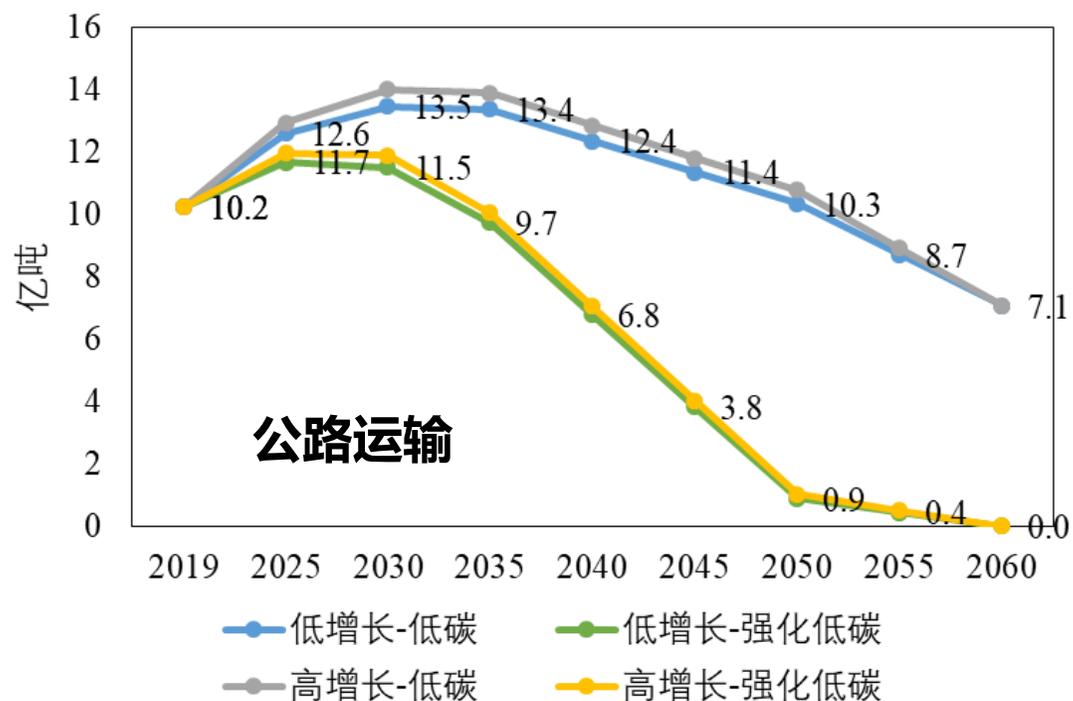
- 目前交通用能以柴油、汽油为主，**汽柴油消费2030年前后达峰**，2035年后交通用能中电力比重逐步加大，**2050年后交通用能进入稳步下降期**，**电力成为交通最主要的能源品种**
- 考虑电力间接排放和发电量结构预测，**2019年交通运输领域电力产生间接碳排放约0.4亿吨**，**2060年约3.3亿吨**

# 公路决定交通领域碳达峰时间，民航未来增长较快



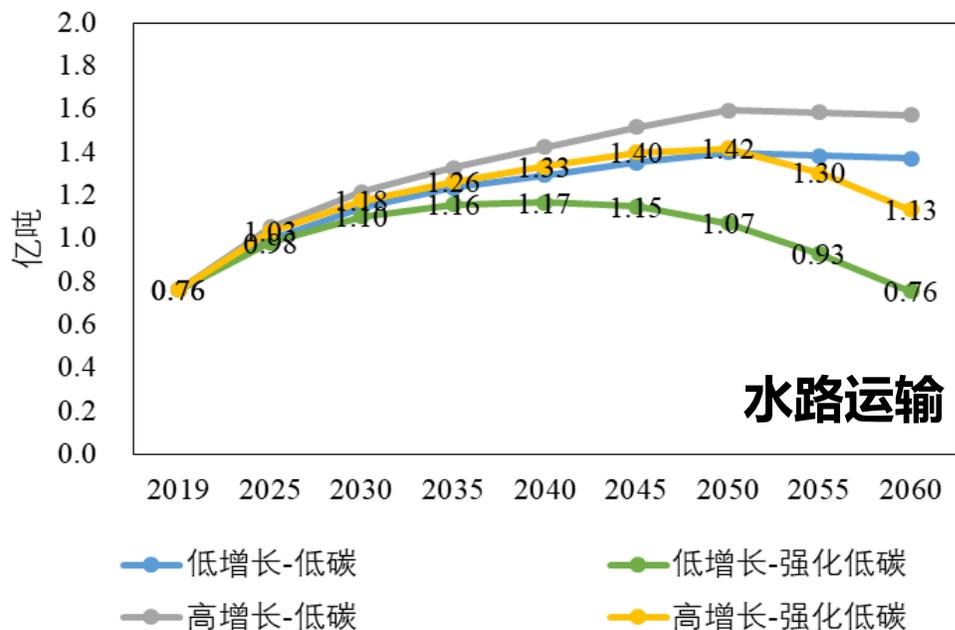
- **公路：**对于交通领域碳达峰时间具有决定作用，未来减排潜力最大
- **水路：**2035年后进入平台期，2045年后排放逐步下降
- **铁路：**基本判断直接排放已达峰，2045年后排放逐步趋近零排放
- **民航：**未来排放增长较快，占比持续提升，2060年可能达到66%

# 公路运输2025-2035年进入达峰平台期



- 公路运输碳排放峰值约为11.7-13.5亿吨，2060年实现近零排放
- 公路运输中重型货车和乘用车是排放的重点领域，公交、出租排放占比较小

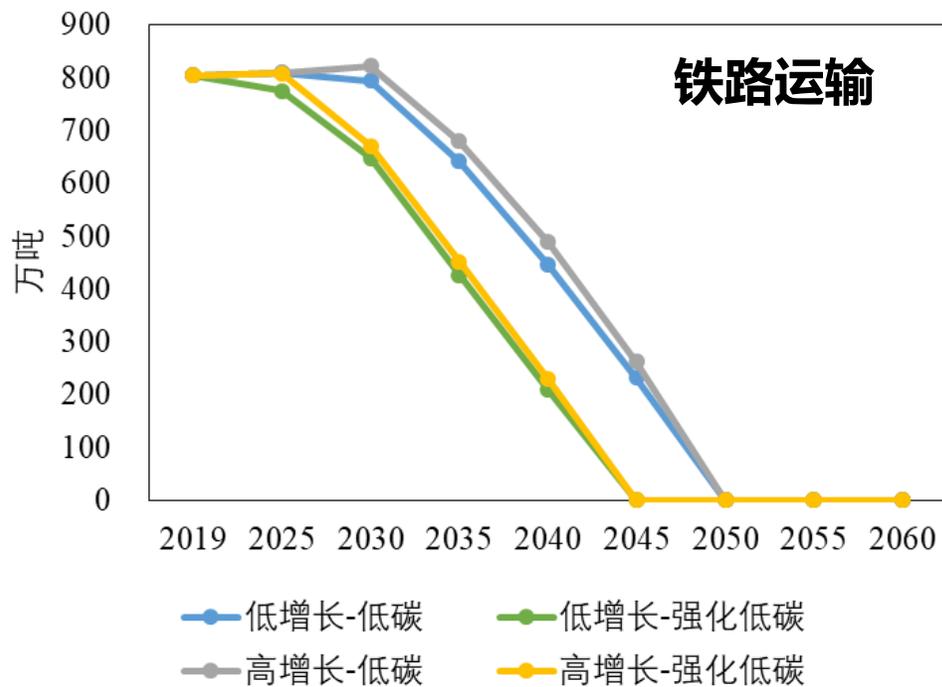
# 水路运输碳排放2035年进入平台期



➤ 伴随运输需求的增长，水路运输碳排放仍将呈现缓慢增长的趋势。低增长-强化低碳情景下，预计2035年前后进入平台期，峰值约为1.2亿吨，2060年下降至0.7亿吨

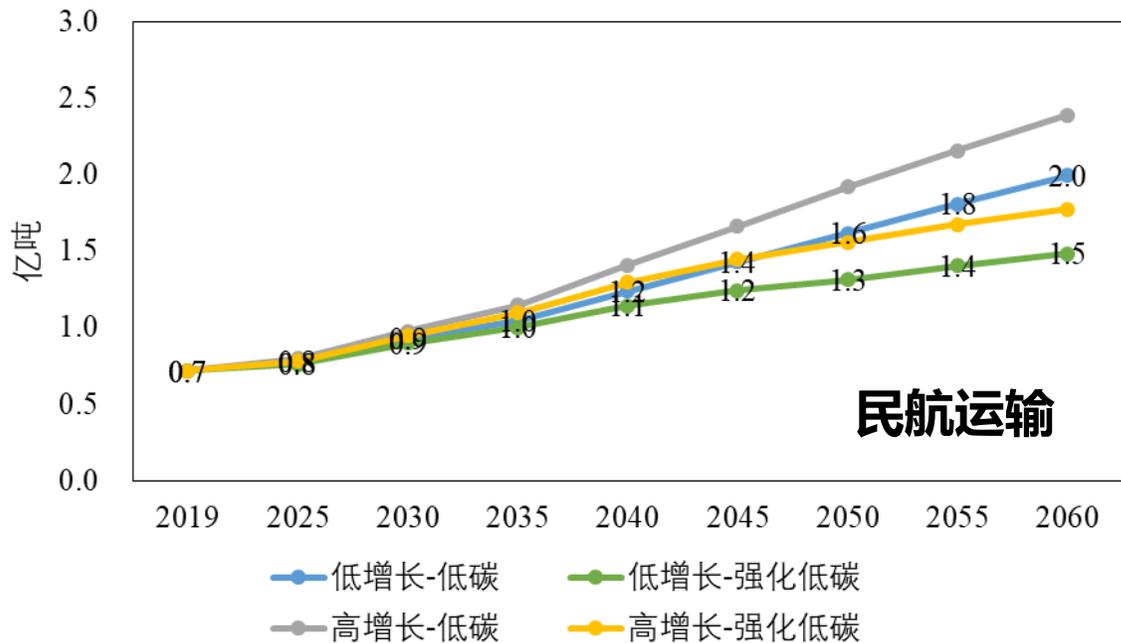
交通子领域	排放占比 (2019)	主要减排手段	主要措施	减排潜力
水路	6.5%	能效提升	研发新型动力系统 淘汰老旧船 优化运输组织，提高运输效率	规模增速放缓，但减排手段有限 短期内缺乏成熟的替代能源解决方案
		新能源替代	电动/氢燃料 靠港船舶使用岸电	

# 铁路有望在2045年实现零排放（不考虑电力间接排放）



交通子领域	排放占比 (2019)	主要减排手段	主要措施	减排潜力
铁路	0.7%	能效提升 新能源替代	推广节能技术 电气化	电气化水平不断提升，直接排放达峰 减排空间较小，降低间接排放是主要任务

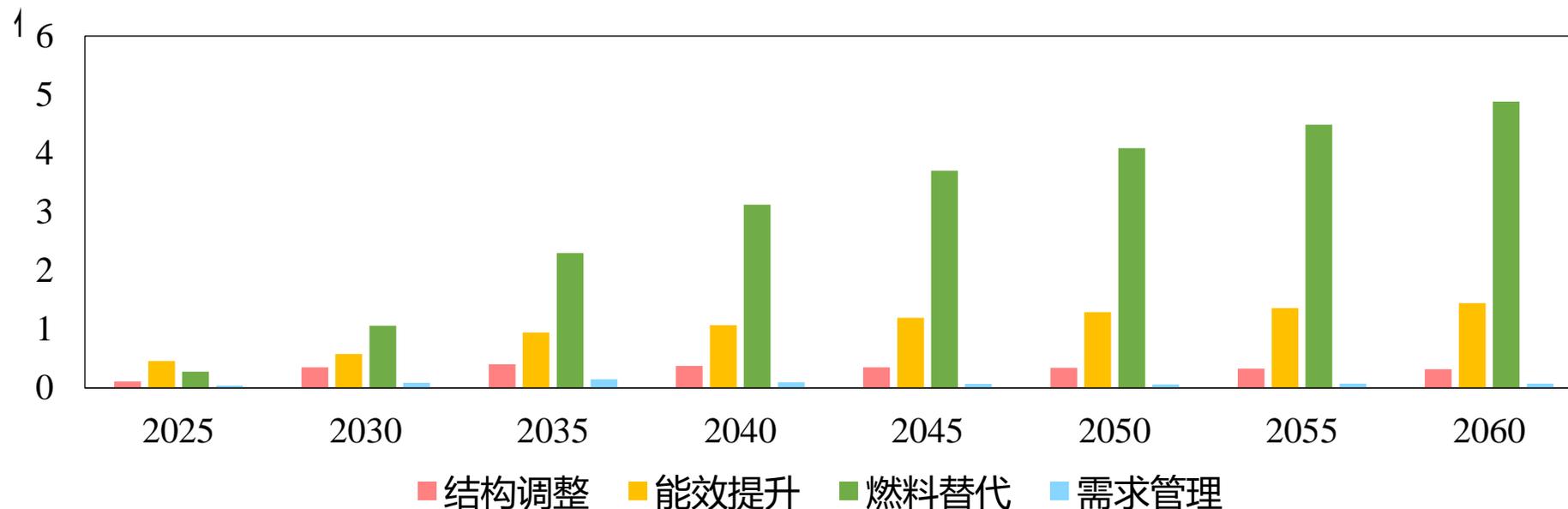
# 民航运输碳排放持续增长，减排手段有限



➤ 随着客货运需求的大幅增长，民航运输碳排放仍将呈现持续上涨趋势，但增速逐步放缓，低增长情景下2060年达到1.5-2.0亿吨

交通子领域	排放占比 (2019)	主要减排手段	主要措施	减排潜力
民航	6.1%	能效提升 新能源替代 结构优化	推广节能技术 优化航线 飞机辅助动力装置 (APU) 生物质燃料 引导中短距离出行向高铁转移	碳减排手段少 持续高速增长，达峰困难

# 交通领域碳达峰主要依靠能效提升、结构优化和燃料替代等协同发力



	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055	2060
结构调整	13.0%	16.9%	10.6%	8.1%	6.7%	5.9%	5.4%	4.7%
能效提升	51.2%	27.9%	24.9%	22.9%	22.4%	22.4%	21.8%	21.5%
燃料替代	31.1%	51.0%	60.5%	66.9%	69.6%	70.7%	71.7%	72.6%
需求管理	4.8%	4.3%	4.0%	2.1%	1.4%	1.1%	1.1%	1.1%

交通领域碳中和阶段重点推进燃料替代和能效提升

# 目 录

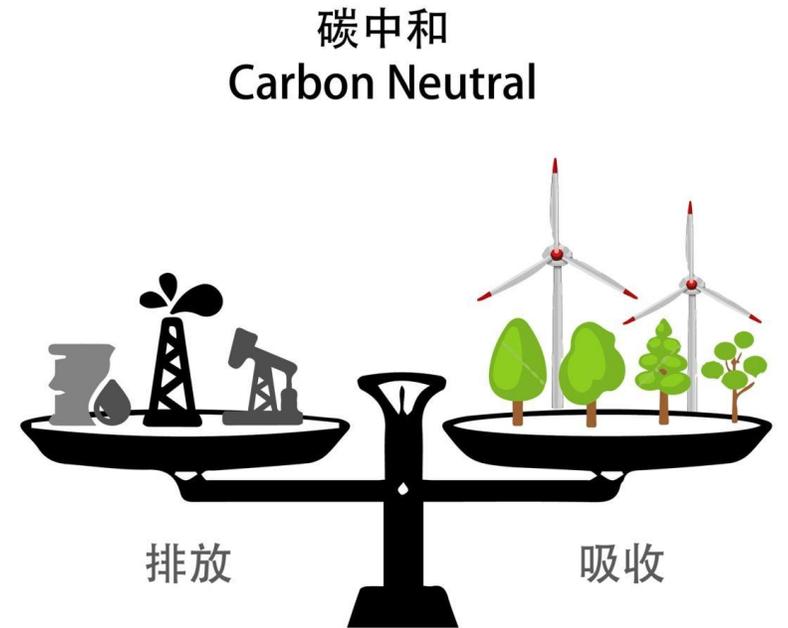
一、交通运输碳排放现状

二、交通运输碳排放趋势

三、交通运输碳达峰碳中和路径与举措

# 双碳目标为加速交通运输绿色低碳转型带来宝贵机遇

- 双碳目标意味着要求**交通运输发展与化石能源加速脱钩**。《交通强国建设纲要》提出大力推动运输结构调整、交通能源结构优化，《国家综合立体交通网规划纲要》提出单位运输周转量能耗不断降低、二氧化碳排放强度比2020年显著下降的目标任务
- 双碳目标对交通运输行业而言，既是**发展的重要挑战**，更是**行业绿色转型的重要机遇**，将大大提高行业节能降碳的紧迫感和积极性，**加速重构产业结构和能源结构调整下的新型运输格局**



# 聚焦达峰、面向中和，统筹发展与减排，选择更务实更经济的发展路径

## ➤ 影响因素：**交通运输发展规模、碳减排措施力度**

- 近中期，交通运输规模中高速增长，技术发展和推广应用初期，**规模增速**是碳排放的主要驱动因素
- 中远期，交通运输规模增速放缓，技术渗透和应用日渐提升，**技术和政策减排措施**将发挥主要作用

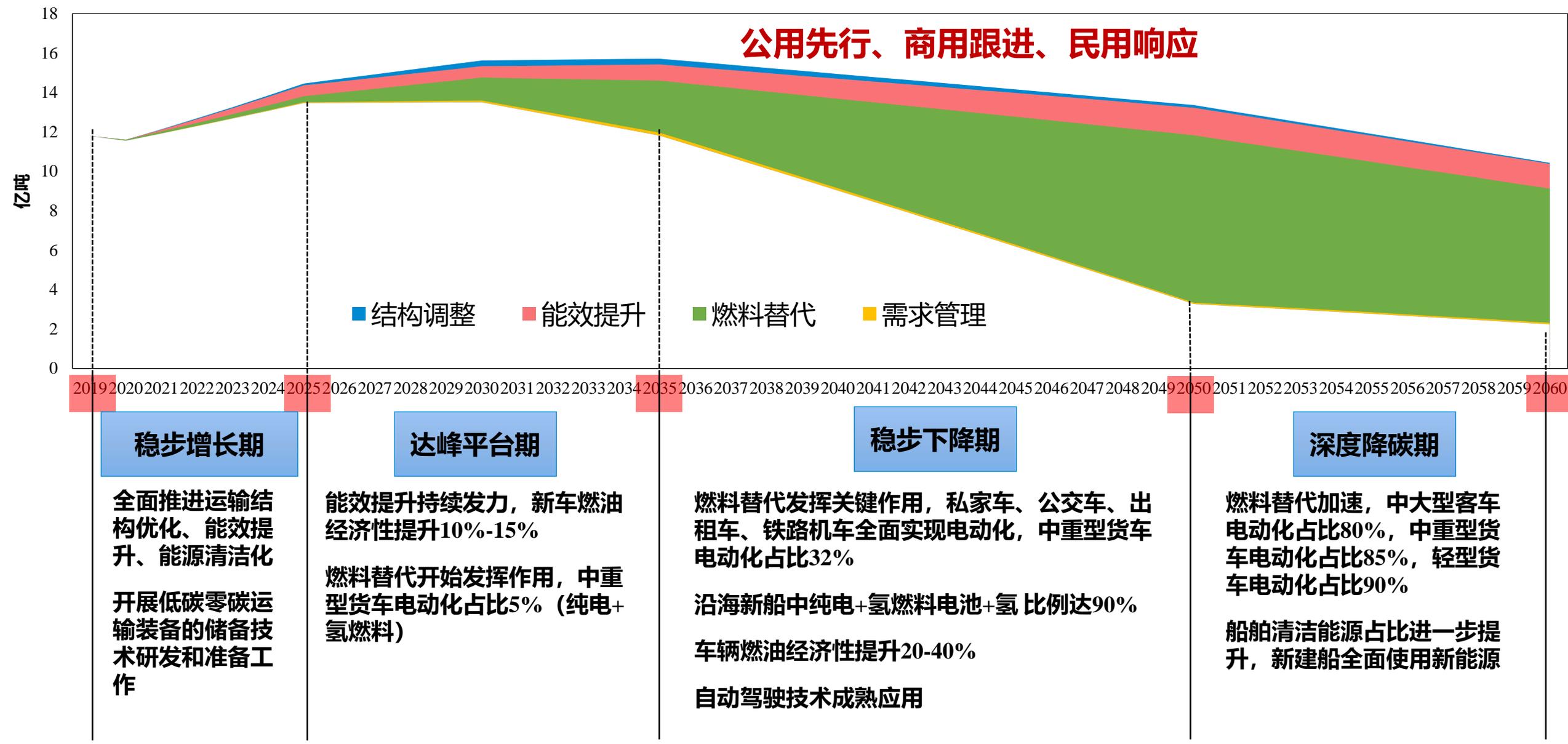
## ➤ 总体原则：**尊重客观规律、坚持实事求是、追求经济高效、把握科学节奏**。既满足国家总体战略安排，又满足人民群众多样化出行需求和经济高质量发展的运输需求，稳步实现交通运输发展与化石能源消耗增长的解耦

## ➤ 核心举措：**交通用能深度脱碳、客货运输智能高效**

## ➤ 分项策略：**铁路先达峰、公路电动化、水路稳平台、民航留空间**

# 分类施策，远近结合，先易后难，控增量调存量，积极稳妥推进，梯次有序达峰

## 公用先行、商用跟进、民用响应



### 稳步增长期

全面推进运输结构优化、能效提升、能源清洁化

开展低碳零碳运输装备的储备技术研发和准备工作

### 达峰平台期

能效提升持续发力，新车燃油经济性提升10%-15%

燃料替代开始发挥作用，中重型货车电动化占比5% (纯电+氢燃料)

### 稳步下降期

燃料替代发挥关键作用，私家车、公交车、出租车、铁路机车全面实现电动化，中重型货车电动化占比32%

沿海新船中纯电+氢燃料电池+氢比例达90%

车辆燃油经济性提升20-40%

自动驾驶技术成熟应用

### 深度降碳期

燃料替代加速，中大型客车电动化占比80%，中重型货车电动化占比85%，轻型货车电动化占比90%

船舶清洁能源占比进一步提升，新建船全面使用新能源

# 优化运输结构、推动各种交通方式一体化融合发展

## 货运“公转铁”“公转水”，客运“公转铁”“空转铁”

### 货运

- 提高铁路、水路基础设施通达性、便利性，降低成本
- 持续推进港口集疏运结构优化，构建以绿色运输方式为主的港口集疏运体系
- 持续深入推进多式联运发展，建立高效的陆-港-水综合调度体系
- 全面提高工矿企业绿色运输比例

### 客运

- 构建以高速铁路为骨干的中短途城际客运网络，以民航运输和超高速铁路为骨干的中长途城际客运网络
- 将枢纽机场、干线机场接入高铁网络，建成“高铁枢纽-城市公共交通”或“机场枢纽-高铁集散-城市公共交通”的多级城际客运体系

# 提升运输装备能效、推进装备技术升级

## 提升标准，抓好准入，低效退出

- 完善车辆**能耗限值标准**，建立车辆**碳排放标准**体系，并不断升级标准
- 制定营运老旧柴油货车和燃气车辆**淘汰更新**目标及实施计划
- 建立船舶能耗监测体系，船舶设计和运营能效管理体系，推广船舶能效提升技术
- 推广**节能驾驶**、节能航行、节能操作
- 逐步普及车辆**自动驾驶**技术，试点和推广智能船舶驾驶技术，在沿海试点船舶无人驾驶技术

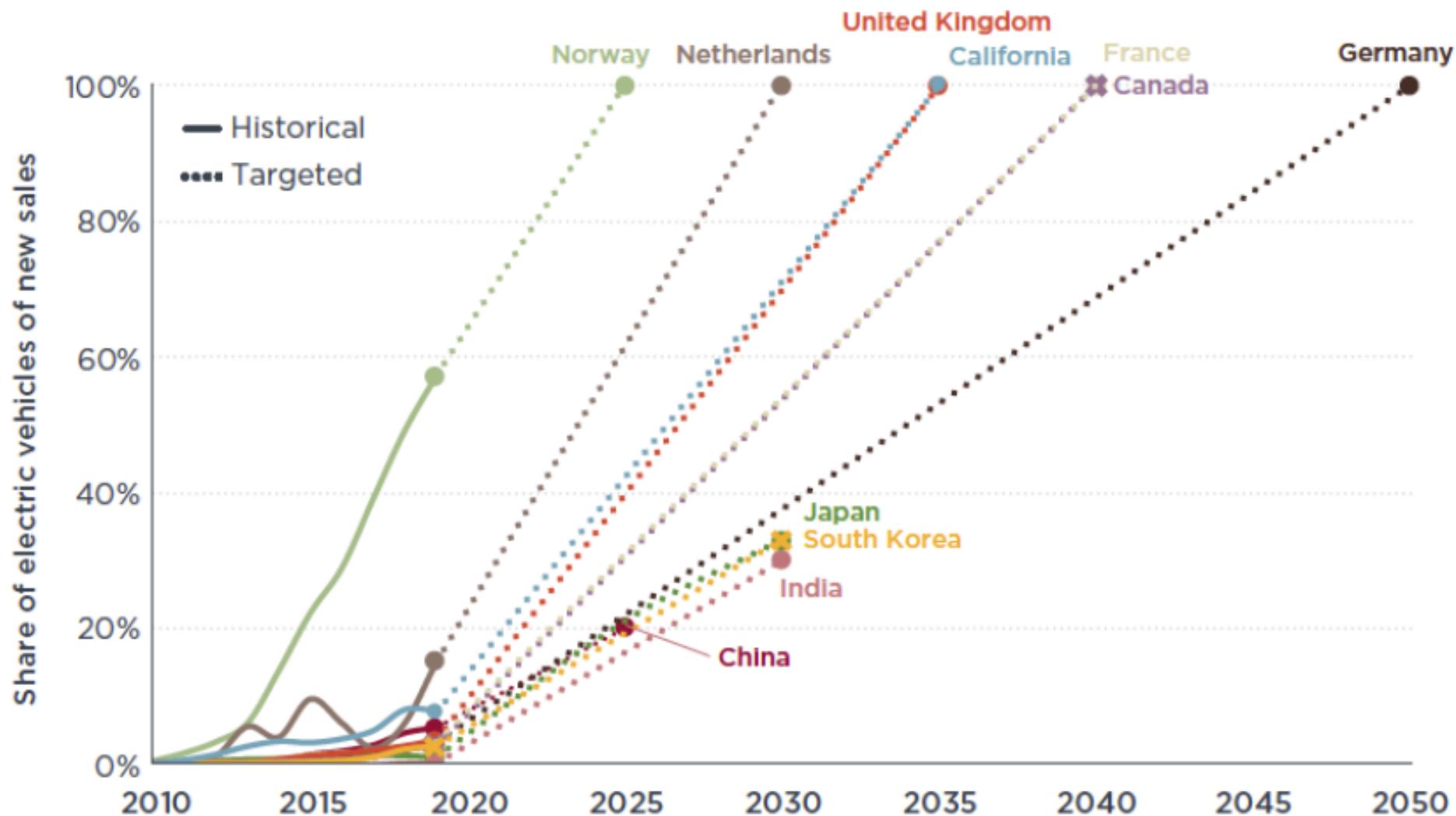
# 推广应用低碳运输装备、加速零碳燃料替代

## 加快重型装备技术突破，完善市场环境和配套设施

- 持续支撑**重型装备低碳化**关键技术科研突破
- 推进长距离重载货运领域示范应用**氢燃料电池车辆**，选取合适场景试点**电气化公路系统**
- 以制度、标准、规范营造良好市场环境，近期财政补贴、远期市场激励降低应用成本，完善充（换）电、加氢和维修保养配套服务
- 实施碳排放管理标准和交通运输企业碳排放**领跑者制度**，重点聚焦道路货运企业、航运企业和航空公司
- 按照“**先公共、后私人，先轻型、后重型，先短途、后长途，先局部，后全国**”的思路，制定并实施车辆退出燃油销售市场计划；**2050年前，燃油车辆基本退出销售市场？**
- 按照“**先短途、后长途，先客运、后货运，先内河、后沿海，先局部，后全国**”的思路，制定并实施船舶传统燃油退出计划；**2050年左右新建船全面使用新能源？**

# 燃油车退出市场逐步成为行业共识

## 全球零排放汽车政策对渗透率影响的预期



# 推进低碳交通基础设施建设运营、促进交通能源融合发展

## 以交能融合为导向，建立适应电动化交通的基础设施体系

- 升级已有基础设施的电力供应系统
- 新建基础设施配备完善电力供应系统，与能源系统实现一体化规划设计
- 规划建设**电气化公路货运通道**
- 完善水路运输电气化配套系统，适时开展**内河重点水域电气化行动**
- 将绿色低碳理念贯穿交通基础设施规划、设计、建设、管理、运营和维护全过程，降低全生命周期能耗与碳排放

# 应用先进技术，提高运输组织效率

## 加快发展智慧交通，推广高效组织模式

- 利用物联网、大数据、人工智能等技术，提升货运系统效率
- 鼓励城市高效配送与干线甩挂运输一体化运作，持续优化城市绿色货运配送相关政策，探索地下物流配送
- 利用自动驾驶、智慧出行、共享出行技术，重构未来客运出行和货物运输场景，大幅提升客运和货运系统效率

# 完善设施与服务，积极引导绿色低碳出行

## 营造良好出行环境，充分利用信息技术，强化市场措施激励

- 构建高效便捷公共交通服务体系，完善城市步行和非机动车交通系统，建立**低排放区**
- 推动中心城市、周边城市（镇）、新城新区等**轨道交通有效衔接**，为公众集约化出行提供便利条件
- 充分利用信息技术，开展**MaaS（Mobility as a Service，出行即服务）**的系统设计，构建以公共交通为核心的一体化全链条便捷出行服务体系，减少小汽车出行需求依赖
- 逐步实施以个人或家庭为单位的绿色出行**碳普惠激励措施**，建立以家庭为单位的出行碳账户制度

**感谢聆听， 敬请指正！**