

附件：

# 内燃机产业高质量发展规划 (2021-2035)

中国内燃机工业协会  
2021年07月09日

# 目 录

一、 我国内燃机产业发展背景及技术需求 .....	3
(一) 内燃机产业是我国国民经济和国防建设的重大战略需求 .....	3
(二) 我国内燃机产业发展成绩显著 .....	4
(三) 我国内燃机产业正处于高质量发展的战略机遇期 .....	4
(四) 新一代内燃机技术发展方向与需求 .....	5
二、 指导思想和基本原则 .....	6
(一) 指导思想 .....	6
(二) 基本原则 .....	6
三、 规划目标.....	7
四、 重点任务.....	9
(一) 加强基础理论和共性技术研究，实施内燃动力创新工程 .....	9
(二) 构建高质量发展关键零部件体系.....	10
(三) 高效、低碳和近零排放新一代柴油机 .....	13
(四) 高效、低碳和近零排放新一代汽油机及动力系统.....	17
(五) 推动新一代低碳和碳中性燃料高效清洁应用.....	19
(六) 推动内燃动力系统数字化和智能化关键技术创新与应用.....	20
(七) 推动内燃机再制造技术发展，完善再制造体系.....	21
五、 保障措施.....	22
(一) 加强政产学研用协同创新，建立新型机制创新体系 .....	22
(二) 有组织开展创新研究，实现新一代内燃机技术引领发展 .....	22
(三) 健全标准体系 .....	23
(四) 加强和培养高端复合型人才，全面提高内燃机领域人才培养能	

力和人才储备.....	24
（五）营造公平有序的产业发展环境，促进产业健康有序发展.....	24
（六）建立激励机制和出台激励政策 .....	24
（七）充分发挥行业协会作用 .....	25
六、规划实施 .....	25

# 前 言

内燃机是交通运输、工程机械、农业机械、渔业船舶、国防装备的主导动力设备，内燃机工业是重要的基础产业。到 2050 年，内燃机仍将是这些领域不可替代的主导动力。2013 年国务院办公厅发布《关于加强内燃机工业节能减排的意见》以来，内燃机产业紧紧围绕节能减排、替代燃料、循环经济发展战略，取得了巨大成就，2008 年以来成为世界内燃机产销量第一大国。为了落实党中央、国务院对我国中长期发展的战略部署，实现国家“碳达峰、碳中和”战略目标，推动内燃机产业向高质量发展，制定本规划。

## 一、 我国内燃机产业发展背景及技术需求

### （一）内燃机产业是我国国民经济和国防建设的重大战略需求

内燃机是热效率最高、全生命周期碳排放低、使用方便、耐久性好、应用最为广泛的动力机械。内燃机产业技术密集、关联度高、产业链长、就业面广、拉动消费大，是当今世界公认的装备制造业投资发展的重点。我国是全球规模最大、产业链最完整的内燃机制造大国，2011 年以来连续年产销量突破 7500 万台，年产总功率超过 27 亿千瓦，年产值近 8 千亿，保有量突破 6 亿台，带动上下游行业年产值超 20 万亿元。内燃机在工业化、城镇化、农业现代化、信息化、国防现代化进程中，在促进经济发展、提高城乡居民生活水平等方面发挥重要作用。

内燃机每年消耗我国石油的 60%以上，排出的 CO<sub>2</sub> 占全国总量 9.8%，是节能减排的主战场，提高内燃机热效率、降低油耗对改善我国总体能源利用率、降低 CO<sub>2</sub> 排放意义重大。在可预见的未来，内燃机仍将在交通运输、工程机械、农业机械、船舶、应急动力和国防装备中占支配地位，内

燃机产业仍是国民经济和国防建设的重大战略需求，也是我国“碳达峰、碳中和”的重要领域。

## （二）我国内燃机产业发展成绩显著

进入新世纪以来，我国内燃机工业取得了有目共睹的进步，节能减排、替代燃料、循环经济取得了长足发展，连续 10 年配套内燃机的各细分市场均位居全球产销量第一。我国柴油机配套自主品牌商用车占有率达到 90% 以上，汽油机配套自主品牌乘用车占有率达到 85% 以上。若干家享誉国际知名企业和品牌正在快速崛起。同时，内燃机关键零部件制造业初具规模，具备完整的产业链，为我国内燃机高质量发展奠定了基础。

我国内燃机科技创新能力和自主研发水平大幅提升，在先进燃烧技术、智能控制技术、有害排放控制、整机轻量化等方面取得了丰硕的成果，产品绿色发展水平取得巨大进步。本世纪以年，柴油机油耗平均降低了 20% 以上，汽油机油耗平均降低了 30% 以上，内燃机污染物排放控制已达到国际先进水平，主要污染物排放降低了 95% 以上。随着道路国六和非道路国四排放标准的推进和实施，我国内燃机产业已具备与国际先进发达国家同台竞技的能力和条件。

与此同时，我国内燃机产业与发达国家先进水平相比仍有差距，产品研发原始创新能力有待进一步提高；关键核心技术有待进一步加强；产业链存在短板，少部分关键零部件依赖国外品牌；发动机综合能耗和可靠性质量仍有一定差距，个别领域高端发动机依赖进口；国际化产业布局和自主品牌国际化不足等。解决这些问题是我国内燃机产业向高质量发展的迫切需求。

## （三）我国内燃机产业正处于高质量发展的战略机遇期

当前，新一轮科技革命和产业变革正在孕育兴起，全球向低碳与碳中和目标推进，内燃机技术面临重大变革，有效热效率不断取得突破，污染物排放进一步降低，低碳和碳中和燃料逐步推广应用，内燃机低碳化、电气化、数字化和智能化技术深度融合，新的产业生态正在形成，国际竞争日趋激烈，全球化的产业格局将发生重大变化，为我国内燃机产业高质量发展提供了历史机遇。

党的十八大以来，我国创新驱动发展战略全面实施，一系列国家战略和深化改革全面推进，正在实施新一轮产业规划，内燃机产业需要协同其他相关产业共谋高质量发展，把握当前战略机遇，加强统筹规划、统筹推进，强化创新驱动，构建内燃机产业新发展格局。同时发挥我国社会主义政治优势和制度优势，加大科技投入和产业投资，广大内燃机产业工作者兢兢业业、努力拼搏，不断攻克内燃机关键核心技术和关键零部件等产业链短板，促进内燃机产业高质量发展，用 10-15 年时间建成内燃机产业强国。

#### **（四）新一代内燃机技术发展方向与需求**

现代内燃机是燃烧技术、信息技术、智能控制、新型材料、先进设计及先进制造等高新技术集成，内燃机新技术发展的历程中不断与其它先进技术融合发展，推动了内燃机技术的快速发展。过去 40 年，全球以满足日益严格排放法规为主要驱动力，内燃机污染物排放降低了 99%-99.9%，已达到“近零排放”水平。现代内燃机与传统内燃机相比，已经发生根本的变化，是“新一代绿色内燃机”。

降低 CO<sub>2</sub> 排放是人类面临的共同挑战，降低内燃机碳排放和实现碳中和是推动内燃机技术进步的主要动力。新一代内燃机在提高热效率和降低碳排放方面也取得令人瞩目的新成就。目前，车用柴油机最高有效热效率

已达到 55%，2035 年以后，内燃机有效热效率有望达到 60%。内燃机可以使用灵活燃料，生物质燃料、可再生能源合成燃料和氢燃料等可以实现碳中和，“高效、低碳、近零排放”是内燃机发展的趋势和要求。

内燃机技术创新发展方向如下：以颠覆性创新燃烧技术为目标，开发新一代内燃机高效清洁燃烧技术；发展包括瞬态过程控制的燃烧过程实时智能控制技术；开发基于内燃机、电机、电池混合动力装置系统智能控制、能量分配和管理技术；突破关键零部件技术，开发智能燃料喷射系统、高效增压和电动增压及关键传感器；开发高效、长寿命、低成本后处理系统，及其与发动机一体化智能控制与系统集成技术；开发低磨擦损失、先进润滑技术、电动化附件、高效能量回收等节能技术；开发新结构、新材料和新工艺，实现内燃机高强度、高效率、低噪声和轻量化；推动内燃机先进机构研究和开发；开发基于可再生能源的碳中和燃料和氢能利用技术，实现碳中和燃料和内燃机的协同发展。

## **二、指导思想和基本原则**

### **（一）指导思想**

以习近平新时代中国特色社会主义思想为指引，深入贯彻党的十九大以来的精神。以《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十四五规划和二〇三五年远景目标的建议》为指南，以供给侧改革为主线，加快形成“以国内大循环为主体，国内国际双循环相互促进”的新发展格局。牢固树立“创新是引领发展第一动力、科技是第一生产力、人才是第一资源”的理念，实施创新驱动发展战略，完善和推进协同创新体系建设，加快关键核心技术和关键零部件突破，加速全产业链自主可控和质量提升，推动实现内燃机产业绿色高质量发展，促进产业转型升级，到 2035 年把我国建成内燃机产业强国。

### **（二）基本原则**

**创新驱动，重点突破。**深入实施创新驱动发展战略，加大科技投入，建立以技术创新为目标的政产学研用融合创新的新型举国体制，全面提升创新能力；聚焦重点领域有计划组织国家级攻关研究计划，力争取得变革性、颠覆性技术突破。

**总体布局，协同发展。**加快推进原理创新、研发设计、制造和服务一体化，根据基础研究、技术研发、成果转化和行业应用的不同特点，制定有针对性的系统发展方针。完善产业链布局，实现关键零部件高水平自主可控，创新整机与配套动力企业、整机与关键零部件企业合作模式，促进全产业链协同发展，实现合作共赢。

**市场主导，政府引导。**发挥市场在资源配置中的决定性作用和政府宏观调控引导作用，进行产业结构改革，适应国内外市场需求；健全标准体系，规范产业发展秩序，营造公平公正有序竞争的良好市场环境；鼓励优势企业国际化发展，做强中国品牌。

**质量为先，绿色发展。**加强质量技术攻关，提升产业链制造技术和质量水平，面向高效、低碳和碳中和、近零排放、智能化和可持续发展，促进行业高质量绿色发展。

### 三、规划目标

贯彻新发展理念，坚持质量第一、效益优先，切实转变发展方式，推动内燃机产业高质量发展，建设内燃机产业强国。积极应对“碳达峰和碳中和”双碳目标和“近零污染物排放”目标，推动内燃机技术与多元燃料、电气化、数字化与智能化技术融合，力争2028年前内燃机产业实现碳达峰，2030年实现近零污染排放，2050年实现碳中和，满足国民经济建设、国防安全和人民生活对高效、清洁、低碳内燃动力的需求。

三步走战略。到2025年，补齐产业短板，实现产业链关键技术安全可



控，达到国际先进水平；到 2030 年，产业链自主协调发展，达到国际领先水平；到 2035 年，产业链创新引领发展，产业达到国际引领水平，建成内燃机产业强国。

**1. 提升创新能力。**产业创新体系不断完善，原始创新能力不断增强，2025 年完善产业链自主研发体系，推广应用一批原创性技术；2030 年，创新能力显著增强，进入内燃机创新先进行列；2035 年，创新能力跻身国际领先水平，引领国际内燃机技术发展。

**2. 突破关键核心技术。**建设若干关键共性技术创新平台，推动关键核心技术研发和技术成果转化。2025 年，关键技术和核心零部件取得突破，基本实现自主可控；2030 年，关键技术和关键零部件完全实现自主可控，内燃机产品技术达到国际领先水平；2035 年，自主创新颠覆性技术取得突破，创新能力和产品技术居国际引领水平。

**3. 提高绿色发展质量。**推行全生命周期管理理念，推动内燃机产业绿色发展；推动节能减排技术创新，推进低碳燃料与生物质、可再生合成燃料和氢燃料等碳中和燃料应用；推广绿色智能制造工艺和再制造普及，实现绿色发展。2025 年全行业内燃机热效率和有害排放达到国际先进水平，力争 2028 年前内燃机产业实现碳达峰，2030 年内燃机有效热效率与 2020 年相比提升 10%-30%，内燃机动力系统能耗或碳排放降低 30%-50%，有害污染物相对国 VI (b) 降低 50%-90%，实现近零污染物排放；2035 年碳中和燃料规模化应用，内燃机产业碳排放较碳峰值降低 20%以上，2050 年内燃机产业实现碳中和。

**4. 实现产业链高水平自主可控。**夯实基础材料、基础工艺、基础零部件和基础软件，补齐测试试验技术、高端制造装备、先进国防动力等产业链短板，构建高水平自主可控产业体系。2025 年，产业链产品和技术达到

国际先进水平。2030年，产业链产品和技术具备国际领先水平。2035年，产业链产品和技术处于国际引领地位。

**5. 做强中国内燃机品牌。**提升产品品质、品牌认可度、产品美誉度，显著增强中国品牌内燃机在国际上的知名度，形成具有一流国际竞争力的企业和品牌。2025年，品牌效益显著增强；2030年，品牌效益全面提升；2035年，形成10家左右进入世界内燃机前列的中国内燃机品牌，品牌效益居世界领先水平。

**6. 建立新型产业生态。**推动新一代内燃机技术与新一代信息技术、电气化技术、工业互联网、人工智能、大数据等融合发展，实现研发设计、生产制造、物流配送、市场营销、客户服务一体化转型，建立数字化重塑内燃机新型产业生态。2025年，基本建立内燃机新型产业生态体系，数字化、网络化、智能化水平显著提升；2030年，内燃机新型产业生态高度融合发展，进入国际领先水平；2035年，内燃机新型产业生态处于国际引领地位。

#### 四、重点任务

##### （一）加强基础理论研究和共性技术研究，实施内燃动力创新工程

以提高原始创新能力为主要抓手，加强基础研究原始创新和核心技术的协同攻关，不断提升原始创新能力，突破关键核心技术。

##### 1、建立基础数据载体，夯实自主创新基础。

在国家相关部委支持、中内协组织与协调下，依托协同创新中心和产业联盟，加快进行《内燃机设计手册》、行业标准、材料、油品和润滑油等技术手册和标准的编撰；建设内燃机产品及关键零部件参数数据库；开发自主设计计算工具软件、控制基础软件和标定软件工具，夯实行业自主设计开发和数字化的基础能力。

## **2、加强基础理论研究，提出原创性新技术原理。**

依据国家发展需求，以高校和科研院所为主，组织以高效、低碳、清洁为目标的内燃机新技术原理创新研究，开展高强化超高热效率内燃机燃烧理论和燃烧控制新技术、污染物排放控制理论、全生命周期实现碳中和新理论新方法、内燃机/动力系统数字化和智能化、高强化内燃机先进材料等基础理论创新研究，提出新的技术原理，提升原始创新能力。鼓励并支持开展颠覆性创新技术研究，引领性地创新超高热效率、低碳和碳中和内燃机技术革新原理。

## **3、产业链协同，突破关键核心技术。**

建立政、产、学、研、用创新共同体，开展以突破关键技术为目标创新研究，突破新一代内燃机高强化、均匀化燃烧和变革性燃烧技术、碳中和内燃机技术、燃料与发动机协同技术、新型可变热力循环技术、轻量化技术、高强度结构和整机 NVH、新型材料与新工艺、低磨擦与电气化新技术、排气热管理与余热能利用技术、高可靠性技术、测试诊断和传感技术、智能控制技术以及 RDE 污染物排放控制技术和 OBD 技术、智能制造技术等关键核心技术，加强创新成果转化，显著提升我国内燃机自主创新能力和产品的国际竞争力。

### **（二）构建高质量发展关键零部件体系**

部分高性能关键零部件对国外技术的依赖是制约我国内燃机产业强国的瓶颈问题，面对突发的疫情对全球政治、经济和产业结构可能造成的影响，内燃机产业关键零部件对国外的依赖的局面必须改变。要进一步夯实关键零部件技术基础，组织零部件企业、主机企业和优势科研院所协同攻关，研发高性能关键部件和关键零部件，提高自主关键零部件竞争力。

#### **1、先进电控燃料喷射系统**

(1) 柴油机电控超高压喷射共轨燃油系统。重点突破共轨系统核心关键零部件制造技术；开发可变喷油速率控制、高速高动态响应喷油控制、多次喷射“近零”间隔控制技术先进系统集成与智能化控制技术；突破燃油系统质量控制与可靠性技术、高压共轨系统检验与测试技术、高压共轨系统集成技术等产品生产和可靠性技术，实现高压喷射共轨燃油系统设计、生产和制造技术自主化和产业化。2025年喷射压力达到250MPa；2030年达到300MPa，具有高响应、高精度、低循环油量变动、多次喷射等先进工作性能。

(2) 汽油机缸内燃油直喷系统。推动先进汽油燃油喷射系统开发能力建设，建立高压喷射供油系统关键组件和控制系统自主开发能力；开发与先进燃烧技术适应的高喷射压力、可变多次喷射策略高性能燃油喷射系统，实现汽油电控燃油喷射系统设计、生产、标定和制造核心技术自主化和产业化。2025年喷射压力突破60MPa；2030年突破100MPa。

(3) 多种燃料喷射系统：推动多种燃料喷射系统开发能力建设，建立满足多种低碳和碳中和燃料发动机所需的喷射系统和控制系统自主开发能力。重点突破天然气、氢和甲醇燃料喷射系统关键零部件的设计、制造、测试及控制技术，实现设计、生产、标定和制造核心技术自主化和产业化。开发满足天然气扩散燃烧的具有高压、高响应、高精度及高替代率的天然气高压喷射系统。2025年喷射压力突破30MPa；2030年突破50MPa。开发满足氢气预混及稀薄燃烧的具有大流量、高响应、高可靠的氢气缸内喷射系统。2025年喷射压力突破3MPa，2030年突破30MPa。开发满足当量燃烧和稀薄燃烧的具有高压、大流量、高响应、高可靠、适应低温启动的甲醇缸内喷射系统，2025年喷射压力突破60MPa，2030年突破100MPa。

## 2、自主智能控制器

加强内燃机电子器件的建设，包括微处理器、逻辑模块等专业集成芯片，开发各类先进传感器，包括燃烧反馈控制传感器、气体组份传感器等各类新型高灵敏度传感器，夯实内燃机智能控制器硬件基础。

推动自主控制平台的开发与应用，发展先进控制模型，打造核心开发平台，重点突破动力系统运行控制与性能优化的自学习自寻优技术、核心零部件和基础附件的智能化技术、新一代智能控制器软硬件架构设计与高可靠性技术、内燃动力复杂机电系统运行健康监测与智能诊断技术、虚拟传感器技术，支撑内燃动力的电气化、数字化、智能化变革。

推动我国内燃动力控制软硬件体系架构规范，推出零部件及整机智能度评测标准，推动内燃机智能控制器、传感器、执行器等零部件的自主和精细化发展。2025年，自主智能控制器达到国际先进；2030年达到国际领先；2035年，内燃动力控制实现高度智能化，软硬件整体水平达到国际领先。

### 3、先进涡轮增压系统

发展高性能涡轮增压技术，重点是组织开展增压器先进气动与结构设计、多级可调增压、机电复合涡轮增压、先进测量与智能控制等关键技术攻关。

(1) 柴油机增压技术。2025年，突破压比 $\geq 4.5$ 、最高效率 $\geq 55\%$ 的两级可调增压、可变几何增压、双通道涡轮等关键技术，大幅提高涡轮增压器性能与可靠性。完成船用柴油机相继增压、高压比离心压气机、高效轴流/混流涡轮关键技术开发和应用。2030年，突破超高压离心压气机、高效低惯量混流涡轮等关键部件技术，实现机电复合增压、高性能动力涡轮、废气能量回收与内燃机空气管理技术的应用。2035年，突破涡轮增压与柴油机空气管理系统与智能控制技术，支撑柴油机实现60%以上热效率

目标。

(2) 汽油机增压技术。2025年，完成电动增压、两级增压关键技术开发，推动汽油机增压技术快速发展。开发面向混合动力的涡轮增压关键技术，满足发动机更严格排放与经济性要求。2030年，突破高可靠性超高转速空气轴承、精密铸造等关键共性技术，形成先进增压技术关键件与系统完全自主研发能力。2035年，完成涡轮增压与汽油机空气管理系统监测与智能控制技术，支撑汽油机实现55%以上热效率目标。

#### **4、高效、低成本、长寿命的后处理系统**

加快研发高效后处理系统，包括柴油机微粒过滤器（DPF）、汽油机微粒过滤器（GPF）、选择性催化还原NO<sub>x</sub>后处理（SCR）、稀燃吸附式NO<sub>x</sub>后处理（LNT）、低温被动NO<sub>x</sub>吸附后处理（PNA）和高效三效催化后处理（TWC）。

加强对后处理系统载体的研发与生产，研制高效、长寿命的新型催化剂技术、低温高效催化剂、贵金属替代新型催化剂技术；开展催化剂制备工艺与涂覆工艺，排气高均匀性催化器封装等关键技术研究；开展高精度、高可靠性后处理系统集成控制技术研究，形成载体、催化剂、封装、消声、控制、匹配等自主核心技术与工艺，突破发动机与后处理系统耦合匹配等短板，形成自主核心技术。2025年实现自主可控，2030年实现完全自主开发，达到国际先进水平，2035年达到国际领先水平。

#### **（三）高效、低碳和近零排放新一代柴油机**

针对不同应用领域，以不断突破热效率极限、提升柴油机和系统的能源利用效率、满足近零排放法规和高可靠性为目标，加强共性技术和系统集成研究，以企业为主体，通过技术链和产业链创新联盟，通过政产学研合作研发新一代高效、低碳和清洁柴油机新产品，并进行示范应用。

#### **1、车用柴油机**

(1)2025年,开发的柴油机产品按排量有效热效率分别达到50%-55%,商用车油耗满足第四阶段油耗法规,有害排放满足国6(b)要求, B10寿命达到180万公里。关键技术得到突破,整机爆发压力达到25MPa以上,自主高压共轨燃油系统、高效涡轮增压和后处理系统得到应用。重点完成新一代高性能基础机型换代产品开发,开发满足排放法规的高智能柴油机,发展新型复合循环发动机、新型混合动力发动机等先进柴油机动力系统。

(2)2030年,柴油机新产品有效热效率达到55%-57%,商用车整车能源利用率较2020年提高30-50%,有害排放满足更加严格排放法规的要求,达到近零污染物排放要求。在整机和关键核心零部件、新型复合循环发动机、新型混合动力发动机、智能内燃机系统形成系统性创新,产品技术水平达到国际领先水平。自主智能高压共轨燃油系统、先进涡轮增压器和高效后处理等关键零部件、关键技术取得突破得到成熟应用。商用车智能柴油机产品和高效混合动力系统广泛应用。

(3)2035年,颠覆性技术获得重大突破,开发的新产品有效热效率进一步提高,综合有效热效率达到60%以上,柴油机技术和产品达到国际引领水平。高效、低碳和超近零有害排放发动机普遍应用,低碳和碳中和燃料在柴油机规模化推广应用,商用车柴油机碳排放大幅度降低。

## 2、非道路(工程、农机)用柴油机

开发非道路专用发动机技术,发展非道路燃气和混合动力发动机及动力系统,研发智能工程机械产品技术,研发智能化控制、大功率电驱无级变速为核心的智能的农用动力,全面提升非道路发动机品质。

(1)2025年,自主开发的专用发动机推广应用,柴油机产品有效热效率提升达到45%以上,满足非道路第五阶段排放法规。关键技术和关键零部件取得突破,自主燃油系统、排放后处理系统和增压系统占据主导地位。

发动机品质得到全面提升，产品性能达到国际先进水平。重点开发如：工程机械 100 吨以上全地面起重机、20 吨以上挖掘机、18 吨以上压路机、12m 以上摊铺机等发动机产品和应用；190kW 以上拖拉机，220kW 以上谷物收获机械、260kW 以上青贮收获机械、7 马力小型农用机械等发动机产品及应用。

(2) 2030 年，非道路（工程、农用）用柴油机有效热效率达到 47%以上，有害排放满足更加严格排放法规的要求，达到国际先进水平。智能控制技术、低碳燃料技术和混合动力技术及动力系统取得突破，智能内燃机产品的推广和应用，混合动力技术及动力系统得到普及，关键共性技术取得突破，关键零部件完全自主。

(3) 2035 年，非道路（工程、农用）用柴油机有效热效率大 50%以上，高效节能发动机及混合动力成为主流，智能化得到普及，碳中和燃料得到应用，内燃机颠覆性技术获得重大突破，柴油机有害排放控制、热效率和耐久性达到国际领先水平。

### **3、船电用柴油机**

针对大功率船用和发电用柴油机的重大需求，完善整机和关重件自主研发体系建设，开发系列船用和发电用柴油机和低碳/碳中和发动机产品；加强大功率船用和发电用柴油机关重件研发，不断提高自主配套率，实现大缸径/大功率发动机高水平自主可控。

(1) 2025 年，基本建成船用高、中、低速发动机及关重件自主研发体系，瞄准市场需求和长期技术发展趋势，加强船用发动机新产品研发，在整机、关重件以及部分关键技术等方面重点突破，完善高性能整机和关重件产品型谱，产品性能达到国际先进水平；提前布局甲醇、氢/氨等碳中和燃料发动机基础理论和关键技术研究，为关重件和原理样机研发奠定



基础；完成小缸径至超大缸径高性能整机产品的布局，关键技术和先进核心配套件具备供货能力，部分产品及关键环节实现智能制造，初步建立基于互联网的船用发动机服务体系；关重件自主配套率达到 70%；自主研发船用发动机产品市场占有率达到 20%。

以高速船用发动机为平台，研发发电用柴油机和气体燃料发动机，重点开发 1MW-3MW 柴油或气体燃料发电用发动机，柴油机发电效率达到 45%-48%，气体燃料发动机发电效率达到 42%-45%，总效率达到 86%-88%。

(2) 2030 年，建成船用发动机及关重件自主研发体系，具备自主开发新一代发动机的能力；完成高性能发动机及关重件型谱系列化，产品性能达到国际先进水平，排放满足 IMO 有关法规要求，基本形成具有国际影响力的知名品牌；完成甲醇、氢/氨等碳中和燃料整机及关重件研制，掌握关键技术，为实现 2030 年 CO<sub>2</sub> 减排 40% 的目标提供装备保障；建立基于互联网的船用发动机服务体系。关重件自主配套率达到 80% 以上，自主品牌船用发动机产品市场占有率达到 30% 以上，进入国际主流运输船舶主机、辅机市场。自主开发 1MW-3MW 高效清洁天然气发电用发动机，发电效率达到 45% 以上，总效率 88% 以上，有害排放达到国际先进水平；前瞻性开展氨/氢等碳中和燃料大功率发电用发动机开发研究，为大规模利用风能和太阳能提供技术支撑。

(3) 2035 年，建成完善的船用发动机及关重件研发体系和开发平台，基础研究、设计开发、生产制造、试验验证及维修保障等全产业链技术水平达到国际领先水平；整机和关重件产品形成国际知名品牌。掌握氢/氨等低碳清洁燃料发动机及关重件研发核心技术，产品规模化推广应用，为实现 2050 年 CO<sub>2</sub> 排放减少 70% 的发展目标提供解决方案；船用发动机关重件自主配套率达到 95% 以上，产品市场占有率达到 50% 以上，船用发动机

产业迈入高质量发展阶段。重点发展天然气、氢/氨等气体燃料发电用发动机，发电效率达到 48%以上，综合能源利用率 88%以上，推广气体燃料发动机发电在新型电力系统的应用。

#### （四）高效、低碳和近零排放新一代汽油机及动力系统

针对道路和非道路两大类汽油机行业和发展需求，以高效、低碳和近零排放为发展目标，加强基础关键零部件和共性技术研究，通过政产学研合作，以企业为主体，通过技术链和产业链创新联盟，研发新一代高效、低碳、清洁汽油机新产品，并实现产业化。

##### 1、新一代高效近零排放车用汽油机动力系统

以不断提升发动机和整车的能源利用效率、满足不断严格的油耗和 CO<sub>2</sub> 法规以及“近零排放”为目标，以“三纵”（汽油动力、混动动力、增程动力），“四横”（创新燃烧技术、智能发动机、关键零部件、燃料与润滑油革命）为战略，以低碳化、电气化、智能化和清洁化为手段，开展新一代汽油及其动力系统开发和创新研究，引领我国乘用车动力系统转型升级，使我国车用汽油动力系统达到国际领先水平，实现跨越式发展。

聚焦汽油动力燃烧方式创新，在超稀薄燃烧技术、新型点火技术、高压压缩比技术、均质压燃（HCCI）技术等取得突破，开发新一代高效、低碳、清洁汽油发动机。发展基于汽车智能化、网联化的新一代汽油动力的先进智能控制技术，实现发动机的实时优化控制和运行；汽油动力系统运行与大数据、智能网联、无人驾驶、高精地图、智慧大交通节能等相匹配，实现新一代汽油动力系统的智能化，进一步提高动力系统效率。

2025 年，新一代汽油动力/汽油混动/汽油增程的有效热效率为 45%~47%，整车油耗达到 4L/100km，有害排放满足国 6b (RDE) 标准；实现基于模型和仿真系统的智能标定技术、发展“发动机-车-环境”智能一体化技

术--基于 MPC（模型预测控制）的智能控制技术（线性控制），实现发动机与基础路况信息的耦合运行。发动机整机及其动力系统技术接近国际先进水平；初步打造我国新一代汽油动力/汽油混动/汽油增程的高端品牌，在国际中高端市场占据一定份额。

2030 年，新一代汽油动力/汽油混动/汽油增程的有效热效率为 50%~52%，整车油耗达到 3.2L/100km，有害排放满足更加严格排放法规的要求；实现基于大数据的智能标定技术和“发动机-车-环境”智能一体化技术--基于 MPC（模型预测控制）的智能控制技术，与大数据技术和先进辅助驾驶系统（ADAS）适配的智能发动机应用，实现适用模型预测控制策略的先进燃烧模式；发动机整机及其动力系统技术达到国际先进水平。

2035 年，新一代汽油动力/汽油混动/汽油增程中应用具有我国自主的原创性颠覆性创新技术的知识产权，有效热效率为 55%~57%；实现基于智能网联的在线标定技术、“发动机-车-环境”智能一体化技术--基于 MPC 的智能控制技术（智慧交通）；实现基于深度学习的模型预测方法在汽油动力系统的应用，实现与网联化（V2X）和无人驾驶技术适配的智能发动机应用；发动机整机及其动力系统技术达到国际先进水平。

## **2、节能环保高效非道路点燃发动机**

非道路点燃式发动机广泛应用于小型通用机械、无人飞机、快艇舷外机和娱乐机械等，年产量数千万台。全面提升产品品质，主要技术指标逐步达到国际领先，技术法规逐步实现全球引领。

2025 年，建立娱乐机械用发动机、大型非道路点燃式发动机及配套机械的油耗、排放标准，填补国内空白，完善移动源排放标准体系；小型非道路用点燃式发动机及配套机械油耗、排放标准达到国际领先水平；开发大马力舷外机产品；山地丘陵农机、应急救援、无人机用发动机及混合动

力品种显著增加；发动机技术明显提升，产品智能化水平明显提高。

2030年，完成全功率段非道路点燃式发动机全系列产品布局，逐步实现30kW以下无人机用发动机的自主可控，油耗、排放、安全等标准达到国际领先水平，智能制造、绿色制造和服务型制造水平显著提高，出现多家国际知名品牌。

2035年，非道路点燃式发动机全面满足国内外工程机械、农业机械、园林机械、发电机组、应急救援装备、无人机、舷外机、沙滩车、雪橇等配套要求，实现150kW以下无人机用发动机的自主可控，产品技术指标达到国际领先，技术法规实现全球引领。

#### **（五）推动新一代低碳和碳中和燃料高效清洁应用**

燃料多元化、零碳排放是未来的重要趋势之一，也是人类实现可持续发展的必经之路。2020年9月，我国在联合国大会上宣布，我国CO<sub>2</sub>排发力争于2030年前达到峰值，争取2060年前实现碳中和。因此，因地制宜发展低碳和碳中和石油替代燃料将助推我国实现碳中和并缓解我国能源依赖的现状，保障国家能源安全，实现内燃机燃料多元化和低碳化发展。

开展替代燃料全生命周期碳排放和对环境影响的评价研究；开展低碳和基于可再生能源的碳中和燃料设计研究；开展低碳燃料、生物质燃料、可再生合成燃料和氢等碳中和燃料高效清洁燃烧技术研究；开展低碳和碳中和燃料燃料供给系统、后处理系统和可靠性技术研究；开展低碳与碳中和燃料有害排放物和非常规排放控制技术研究，开发新一代低碳和碳中和燃料发动机。

2025年，在部分地区推广应用醇醚代用燃料（甲醇、乙醇、二甲醚等）、混合燃料和生物燃料（生物柴油、生物乙醇），低碳与碳中和燃料替代率达到5%以上。开展氨、氢等可再生燃料发动机关键技术研究，开发新一代

天然气和甲醇燃料发动机技术，低碳与碳中和燃料发动机有效热效率达到45%以上。

2030年，低碳和碳中和燃料的市场推广应用，推动醇、醚、氨、氢为代表的可再生燃料和生物燃料的生产和推广应用，低碳与碳中和燃料替代率达到10%以上。建立基于需求的燃料改质技术体系，实现燃料-发动机协同优化的开发技术。深度优化低碳与碳中和燃料混合动力系统效率，发展低碳与碳中和燃料增程技术，开发低碳与碳中和燃料专用增程器。

2035年，实现可再生合成燃料、生物燃料和氢等碳中和燃料规模化应用，为推动碳中和燃料应用、实现内燃机碳中和奠定基础。实现满足我国能源需求和区域能源结构的替代燃料产业发展和布局，低碳与碳中和燃料替代率达到20%以上。协同优化燃料、发动机、电机耦合运行的效率，进一步提升新一代内燃动力系统的有效热效率和整车性能。

#### **（六）推动内燃动力系统数字化和智能化关键技术创新与应用**

内燃动力系统的电气化、数字化和智能化，是动力系统实现低碳、高效和超清洁等综合性能，满足未来发展需求的重要技术路线。通过组织多学科交叉和跨界融合的协同创新，促进内燃动力全要素链、全产业链和全价值链与人工智能、大数据、云计算、5G通信和数字孪生等通用使能技术的深度融合，推动颠覆性技术创新，实现内燃动力系统研发、设计、制造、运行和运维的数字化与高度智能化。

2025年，发展新一代内燃动力系统智能转矩管理、能量管理及安全管理框架，发展在线优化算法和在线标定算法，研发车用智能动力域控制器通用软硬件平台。推动内燃动力系统数字化仿真与匹配优化工具的自主研发与应用，发展内燃动力系统数字化运维平台关键核心技术，数字化质变在内燃机研发、设计、制造、运行和维护中应用。推动基于数字孪生的内

燃动力智慧云平台在中重型卡车动力、工程动力和船用动力领域的示范应用。

2030年，发展内燃动力系统的燃料自适应技术、负载主动自适应技术、环境自适应技术以及人车路协同优化技术，发展自主智能诊断技术，推动自主高性能智能动力控制器的广泛应用，实现内燃动力控制系统软件的远程升级、智能算法的远程优化等先进运维技术的规模应用，推动内燃动力大数据智慧云平台全面赋能于产品设计、产品制造、产品运行、产品销售和产品维护，全面支撑企业从制造向“制造+服务”的智能化转型。

2035年，发展和推广应用新一代内燃动力智能操作系统，发展基于机云协同的高度智能化管理算法，使动力系统在复杂多变的工作环境中具有很高的自学习和自趋优能力，以及学习和运用环境知识的能力，满足更加苛刻的能耗、排放和可靠性需求。推广应用高效数字化建模技术，推动通用使能技术的深度融合，实现内燃动力系统研发、设计、制造、运行和运维的高度智能化。

### **（七）推动内燃机再制造技术发展，完善再制造体系**

建立和完善再制造技术和装备体系，加强再制造拆解工艺与技术、高效清洗技术、无损检测、寿命评估技术及修复成形与加工技术研究，提供系统的再制造技术解决方案。建立和完善内燃机再制造标准体系，完善再制造性评价、再制造工艺技术、产品质量、生产管理、产品标识等标准体系。建立和完善内燃机再制造旧件逆向物流系统，建设多维回收体系、优化逆向物流网络，加快形成内燃机新品分销正向物流与旧件回收逆向物流相结合的物流体系。

2025年，内燃机再制造领域从商用车用、大型非道路用逐步拓展到包含船舶用、机车用和固定式动力机组用等高端内燃机再制造；利用工业互

联网等技术，初步建立内燃机旧件及再制造整机与零部件信息管理平台；再制造内燃机整机再制造率达 85%（按数量）、60%（按价值）。

2030 年，内燃机再制造基本实现车用、非道路移动机械用、船舶用、机车用、油田用和固定式发电机组用等多领域覆盖；利用互联网、大数据等技术，建立起较为完善的内燃机旧件及再制造整机与零部件信息管理平台；再制造内燃机整机再制造率达 65%以上（按价值）。

2035 年，内燃机再制造实现车用、非道路移动机械用、船舶用、机车用、油田用和固定式发电机组用等多领域全覆盖；内燃机旧件及再制造整机与零部件信息管理平台高效运作，再制造内燃机整机再制造率显著提升，按价值计达 70%以上。

## 五、保障措施

### （一）加强政产学研用协同创新，建立新型机制创新体系

政府引导，建立以企业为主体、市场为导向、技术创新为目标的政产学研用协同创新体系，激发创新动力，构建新时代新型举国体制。建立内燃机产业“碳达峰、碳中和”推进创新联盟；建立共性关键技术联合攻关研究的组织运行机制、产业链和交叉学科联合研究的组织运行机制以及行业知识产权保护与合作研究知识产权共享机制。加强企业技术研究中心能力建设，布局公共技术创新平台。组建以关键技术、关键零部件、颠覆性创新技术突破为目标的若干技术创新战略联盟；以产业链为纽带组建若干产业协同创新战略联盟，适时建设内燃动力国家创新研究中心，促进产业链协同发展。

### （二）有组织开展基础和技术创新研究，实现新一代内燃机技术引领发展

以建设内燃机产业创新强国为目标，国家各部委应通过相关科技专项

给予重点支持，围绕“高效、低碳/碳中和、近零排放”新一代内燃动力系统的重大基础科学和关键技术问题开展有组织的产学研用联合研究，鼓励颠覆性技术的研究和应用，聚焦基础理论和关键共性技术的前瞻研究，包括新技术原理创新、核心关键技术、关键零部件创新、智能化控制技术以及基于上述创新技术的新一代内燃动力系统产品创新研究等关键技术研究。

加强整体统筹，明确任务边界和研发重点，加强基础研究、关键共性技术开发和工程应用转化的衔接。创新项目组织实施模式，发挥科研院所、企业和用户等创新主体在创新体系中的作用，鼓励企业与科研院所的高水平长期稳定合作，充分发挥市场机制作用，重点突破，调动部门、地方、企业和社会各方面力量共同推进实施。

### **（三）健全标准体系**

建立与国际接轨的内燃机标准体系，发挥全国、行业和社会团体（民政系统注册）标准化技术组织作用，促进政府主导制定（国家、行业标准和地方标准）与市场自主制定（团体标准、企业标准）的标准协同发展，建立科学、严格的内燃机道路和非道路燃料消耗以及排放指标的监管机制和方法，建立内燃机整机、系统和零部件的质量分等分级规范、绿色工厂和绿色产品设计指标、绿色工艺规范，完善产品质量自愿评价和认证认可管理模式。中国内燃机工业协会牵头制订全生命周期碳排放标准和评价方法，建立产业链碳排放数据库清单，定期更新，科学评价全生命周期内燃机动力系统碳排放水平；制修订替代燃料内燃机产品技术标准和内燃机再制造性评价、再制造工艺技术、产品质量、生产管理等标准，规范替代燃料内燃机和再制造产品发展。积极参与国际标准制修订，推动优势、特色的中国标准成为国际标准，提升我国在国际标准制订中的参与度和影响力。



#### **（四）加强和培养高端复合型人才，全面提高内燃机领域人才培养能力和人才储备**

加大融合多学科知识的复合型高端人才培养力度，发挥高水平研究型大学和国家科研机构在凝聚和培养优秀人才、多学科交叉创新和开展国际学术交流方面的优势，在关键技术领域培养一批创新型领军人才、专业技术人才和高技能人才；加强国际合作和交流，鼓励企业在国外设立研发中心，聘用海外高端人才；实施积极开放、有效的人才引进政策，促进国际化人才培养，鼓励引进海外优秀人才；通过产学研合作培养高层次人才，建立具有创新精神和创新能力的高水平协同创新团队。加强对人才队伍建设的统筹规划，健全人才评价体系，完善人才激励机制，优化人才流动机制，改善人才生态环境。

#### **（五）营造公平有序的产业发展环境，促进产业健康有序发展。**

制修订政策法规时，充分听取行业的意见和建议，鼓励动力技术创新和市场竞争，保持技术中立，科学制订全生命周期污染物排放和碳排放评价方法，科学评价不同动力系统对 CO<sub>2</sub> 和环境的影响。加强宣传引导，营造内燃机产业发展良好舆论环境。优化“公平、公正、公开”的产业发展生态环境和行业诚信自律，严厉打击假冒伪劣产品。建立和完善内燃机产品及其零部件的自愿性产品认证体系，完善内燃机产品的事前、事中、事后的监督管理机制，完善内燃机新产品目录公告备案机制，加大对违法违规企业的处罚力度。加强知识产权保护，提高知识产权对产业的支撑，形成一批国际一流内燃机知识产权运用标杆企业。

#### **（六）建立激励机制和出台激励政策。**

在国家科技计划和相关工程中，对内燃机节能减排科技攻关和创新研发及应用示范项目给予重点安排和支持。通过税收减免等宏观调控政策，

鼓励企业生产制造高效、低碳、环保内燃机，引导配套企业采用高效、低碳、环保内燃机。对高耗能、高排放产品采用政策性手段强制淘汰，加快高效低碳清洁内燃机产品的普及应用。建立长效的节能减排标杆产品领跑机制，加快推动我国内燃机产业向绿色、低碳与碳中和、智能等方向发展。

#### **（七）充分发挥行业协会作用。**

充分发挥行业组织的优势，为政府和行业提供双向服务。行业协会应加强数据统计、检验检测、标准制修订等能力建设，提高为企业发展服务水平。同时应密切跟踪产业发展动态，开展专题调查研究，及时反映企业诉求，充分发挥连接企业与政府的桥梁作用。鼓励行业协会建立完善公共服务平台，协调组建行业交流及跨界协作平台，开展联合技术攻关，推广先进管理模式，推动培养内燃机高科技人才。

## **六、规划实施**

各部门要根据自身职能，制定工作方案，细化政策措施。各地区要结合当地实际，研究制定具体实施方案，确保各项任务落实到位。工业和信息化部会同相关部门加强跟踪分析和督促指导，开展年度检查与效果评估，适时对目标任务进行必要调整，建立内燃机产业发展国家级智库，开展产业发展前瞻性、战略性重大问题研究，对重大决策提供咨询评估。