

内燃机行业“十四五”发展规划

中国内燃机工业协会

前 言

内燃机产业是我国国民经济和国防建设的重要基础产业。内燃机涉及我国动力制造产业链的完整、国家能源的安全。内燃机是功率密度大、热效率高、应用范围最广的原动力装置。在未来相当长时期，内燃机仍是汽车、工程机械、农业机械、船舶及发电机组、摩托车、园林机械、国防动力等的主导动力。预计到2025年，内燃机作为动力装置依然占90%以上。“十四五”时期，是我国由全面建设小康社会向基本实现社会主义现代化迈进的关键时期，为落实党中央、国务院关于制造行业高质量发展的战略部署，实现内燃机由大国向强国转变，引导内燃机产业未来的健康可持续发展，特制定内燃机行业“十四五”发展规划。

第一章 “十三五”发展概况

“十三五”期间，内燃机行业认真贯彻落实党中央、国务院决策部署，面对错综复杂的国内外经济形势、宏观经济增速放缓、不确定性增强的外部环境和行业转型升级攻坚期的影响，坚持以提高发展质量和效益为中心，坚持以推进供给侧改革为主线，内燃机行业基本保持平稳运行态势，进出

口贸易保持增长，质量和效益综合实力稳步提升。

我国是全球规模最大、产业链最完整的内燃机制造大国，2019年我国内燃机产销量突破7500余万台，总功率近27亿千瓦，保有量近5.5亿台，拉动上下游行业每年产值近二十万亿元，内燃机极大的满足我国国民经济建设的刚性需求。

内燃机每年消耗我国石油的65%以上，排出的CO₂每年占全国总量近9.8%，是节能减排的主战场，“十三五”内燃机行业把节能减排作为重点工作，加强绿色循环低碳发展，加快生态文明建设，我国内燃机产品节能减排取得了显著进步，其中柴油机热效率达到42%，车用汽油机热效率达到39%，节油超7100万吨，污染物排放总量减少超过2200万吨，车用动力满足国五标准和部分国六标准，非道路动力满足国三标准，内燃机为我国能源安全做出重大贡献。注1：数据来源于《中国机动车环境管理年报》（2016-2019）。

1.1 “十三五”发展情况

“十三五”期间，内燃机行业新产品开发取得了显著的成果，为道路车辆、非道路移动机械和固定动力装置开发并批产一批具有自主知识产权和自主品牌的高效、清洁的内燃机换代产品。

“十三五”期间，内燃机产销持续保持增长。商用车内燃机企业年产销450万台左右，重型商用车发动机年销量超过110万台，先后实施了国五、国六标准，排放标准已经达

到与欧美同步的水平。

乘用车产销量连续十三年持续世界第一，最高达到 2900 万辆，自主品牌占有率最高达 45%，主要乘用车自主品牌汽油机均实现产品正向开发和设计，产品实施国五标准，完成国六标准的准备和部分地区先行，部分产品的技术指标达到国际领先水平，汽油机热效率达 39% 以上。

工程机械柴油机经过 2015 年低谷，自 2016 年起保持增长状态，排放从国二标准升级到国三标准，燃油系统从机械式喷射系统切换为电控喷射系统，国内品牌柴油机占据工程机械配套主导地位，自主品牌控制系统、进气系统、燃油系统等关键零部件批量用于整机。

农业机械柴油机自主品牌柴油机配套自主品牌零部件达到 98%，排放升级到了非道路国三阶段。产品方面，220 马力以上大型拖拉机、大型联合收割机等配套领域，改变了由国外柴油机品牌为主的状况；水稻收割机动力配套领域，成功开发了性能优越的专用动力，突破了国外品牌动力垄断的局面。

船舶和发电机组柴油机关键技术研究取得较大进展，一系列关键技术得到突破，一批面向低碳、智能化等方向的前沿技术取得了阶段成果，立足自主研发陆续开发出一批具有较高技术水平的品牌产品。

通用小型汽油机年平均产量达到 2600 万台，并呈现稳

步增长趋势，平均产量约占全球总产量的 43%，稳居世界第一。行业国际竞争力进一步提升，产品线完整，排量覆盖 20cc~999cc，企业综合竞争力进一步提升。标准体系进一步完善，引领行业健康发展。

“十三五”期间，内燃机关键零部件也得到了快速发展。通过自主研发建立了完整的高压共轨系统开发流程，建立了先进的高压共轨系统生产制造能力，成功开发了先进的轻、中、重各系列道路和非道路柴油机用电控高压共轨系统产品，初步满足非道路和道路用柴油机配套要求，培育了一批高压共轨系统的零部件供应商，建立了高压共轨系统自主研发体系。

我国涡轮增压技术实现了从以仿制为主向自主研制的转变，在国内市场与国际增压器公司同台竞技，部分有较强技术创新能力的涡轮增压器公司，在汽油机增压技术、柴油机变截面增压技术及市场占有率方面快速发展。

排放后处理系统相关技术规范与标准日趋完善，已初步形成载体、催化剂、封装、消声、控制、匹配等自主核心技术与工艺，相应技术和产品满足发动机不同阶段排放法规要求。以三效催化技术为核心的汽油机后处理产品通过技术升级和优化，已完成国五到国六的切换并批量应用。柴油车后处理技术和产品 SCR、DOC、DPF 等已产业化并在国四、国五或国六不同阶段批量应用。后处理相关控制系统如 SCR 喷射

系统、DPF 喷油再生系统等技术和产品取得长足进步。

内燃机控制系统我国乘用车取得显著进步，国内若干研究所初步具备软硬件、算法和标定技术研发能力，少数国内高校初步建立电控系统研发能力，对部分核心算法起到推动作用。

截止 2019 年年底，内燃机高端智能再制造已具备再制造整机 18 万台以上，增压器 23 万台，发电机、起动机 320 万台，水泵、燃油泵、机油泵 50 万台以上的年生产能力。再制造企业已形成具有特色的发展模式，企业形成了各具特色的技术发展路线，形成了高效的回收、营销体系和运营模式，产学研用相结合得到了较充分体现，再制造行业间的产业合作得到了明显强化。

“十三五”期间，石油替代燃料汽车和发动机快速发展，到 2020 年，天然气汽车保有量达到 1000 万辆，其中 LNG 重型卡车达到 50 万辆，车用加气站达到 12000 座，年耗气量达到 600 亿方。工程机械 LNG 发动机达到 3000 台，LNG 在用船舶数量达到 1000 台。二甲醚发动机已经完成了国六标准产品研制开发，进行示范运行。工信部正式启动甲醇汽车试点，全面推广 E10 乙醇汽油试用，部分区域性示范使用 B5 生物柴油。

“十三五”期间测试设备与技术也得到提高，部分测试设备已经能够基本满足国内内燃机的测试要求。高端测试设

备及专项测试设备的研制也取得一定的进展。

1.2 存在的问题

到“十三五”末期，与发达国家对比，我国内燃机工业发展的自主创新体系建设机制不够完善，产业链存在薄弱环节。内燃机关键零部件与关键核心技术，如控制系统、增压系统、燃油系统和后处理系统、内燃机动态测试技术及排放测试设备与国外先进水平仍有较大差距，内燃机产品技术水平仍需要进一步提升。

内燃机产业链存在短板，高端内燃机产品不足，国内内燃机企业原始创新能力不足，产品的创新性不强，企业的核心技术储备仍欠缺，大马力低速船用发动机及航空往复式活塞式发动机等产品自主开发能力不足。

内燃机行业的高层次人才储备不足，缺乏高端管理人才，高级学科带头人、高端技术领军人才及高技能人才。国际品牌以及国际运营能力有较大差距，还不能有效支撑“走出去”战略。

因此，面对国际内燃机技术的快速发展，我国内燃机行业的创新研究能力、关键核心技术、关键零部件、人才队伍和国际品牌等与国际先进水平相比，仍存在不同程度差距，我国内燃机产业仍面临严峻的挑战。

第二章 “十四五”发展趋势

“十四五”是我国内燃机产业由大变强高质量发展的关键期。面对突发的“疫情”的影响，未来国际环境存在巨大的不确定性，我国确立了以加快形成国内大循环为主体、国内国际双循环相互促进的新发展格局及落实“六稳”“六保”国家战略，对我国内燃机产业高质量发展提出了更高要求，为今后内燃机发展指出了明确的发展方向。

节能减排、绿色制造、循环经济是内燃机发展总体趋势。“高效、低碳、超近零排放”已成为内燃机发展重要方向。提高内燃机热效率、燃料多元化是内燃机技术创新的重要途径，低碳化、电气化、智能化、轻量化是内燃机技术发展、绿色制造和循环经济的重要目标。

汽油机技术将继续深入开展缸内高压直喷、涡轮增压、颗粒过滤器、米勒循环和阿特金森循环、可变配气相位(VVT)、可变气门升程(VVL)和可变气门机构(VVA)、带冷却的废气再循环系统(EGR)、分层燃烧、高压压缩比和可压缩比、低温燃烧、停缸技术和小型强化等技术研究。

柴油机技术将继续围绕节能减排新要求，以实现“超近零排放排放”、高热效率、低振动噪声、高可靠性等为目标，研究超高热效率燃烧技术、包括瞬态过程的智能控制技术、RDE控制技术、低成本高效后处理技术、低磨擦技术、NVH技术，研究可变热力循环技术、废气余热利用技术、智能化附

件等节能新技术，开发新型材料、新型内燃机结构和智能化设计技术。

第三章 “十四五”发展环境

3.1 国际环境

2020年，新冠肺炎疫情在世界范围内蔓延给世界发展带来很大影响。疫情冲击经济运行，世界主要经济体普遍面临经济下行压力。疫情给经济全球化带来波折。疫情防控措施导致国际产业链受影响，国际产业链布局可能重新调整以提升供给安全性，但经济全球化进程不可逆转，疫情推进全球治理体系变革。

长期以来，各国政府制定的排放法规和油耗法规是内燃机产业和产品技术发展的主要推动力。目前欧洲发达国家道路内燃机实施“欧六”标准，非道路实施“欧五”标准等。作为应对全球气候变化的重大举措，正在制订或拟制订“超近零排放排放”法规，发动机热效率达到50%以上，一些先进技术国家正在开发柴油机热效率达55%以上的技术和产品。

3.2 国内环境

“十三五”期间国家相继出台一系列内燃机排放政策法规，轻型车、重型柴油车采用国六标准，非道路移动机械采用国三标准，即将全面实施非道路国四标准。新材料、新技术、新产品在国六、非道路国三标准的倒逼下都有所提升。

内燃机动力和新能源动力进一步融合发展。

“十四五”期间，每年仍有 8000 万台新品内燃机作为国民经济刚性需求，“节能减排”仍是内燃机行业的工作重点。随着工业化、城镇化、信息化、农业机械化和国防安全建设和消费结构持续升级，能源环境问题仍是我国经济社会发展考虑的重要问题之一，节能减排依然形势严峻、任务艰巨。

第四章 “十四五”指导思想和基本原则

4.1 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五中全会的精神，聚焦国家战略需求，推动内燃机产业供给侧结构性改革，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“创新是第一动力、人才是第一资源”的理念，实施创新驱动发展战略，推动实现高质量发展。以促进内燃机行业自主创新为发展主题，以高效、低碳和超近零排放排放内燃机为目标，完善和推进协同创新体系建设，加快关键核心技术突破，实现全产业链自主可控；以推进绿色智能制造为重点，强化工业基础能力，促进转型升级和绿色健康发展；加强品牌建设，推动全球布局和产业体系国际化，实现我国内燃机制造强国战略目标。

4.2 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协同创新体制，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、颠覆性突破。

系统布局，协同发展——加快推进原理创新、研发设计、制造和服务一体化，根据基础研究和技术研发、产业发展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，实现关键零部件自主可控。创新产业链和政产学研合作模式，促进全行业协同共赢发展。

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、“超近零排放排放”、智能化和可持续发展，促进行业高质量绿色发展。

第五章 “十四五” 发展目标和重点任务

5.1 发展目标

“十四五” 以节能减碳、“超近零排放排放”、内燃机热

效率的持续改进和提升为牵引，围绕“碳达峰、碳中和”战略目标，通过组织行业企业、高校与科研机构协同创新研究和攻关，补齐产业短板，实现产业链安全可控。完善“领跑者”激励机制，支持和鼓励关键零部件行业发展，加快产业结构调整，提高产业的集中度，建立若干家国际一流水平发动机及零部件企业集团，提高全行业的综合竞争实力，促进企业开拓国际市场。

具体的目标包括：

——**提升创新能力**。产业创新体系不断完善，原始创新能力明显增强，建立产业链完整的自主研发体系和创新平台，一些原创性技术得到应用；

——**突破关键技术**。建设若干个共性基础技术平台，推动关键核心技术、共性技术研发和技术成果转化。到2025年关键核心技术和零部件技术取得突破；

——**提高绿色发展水平**。严格执行国家法规和标准，推动高效、低碳、“超近零排放排放”内燃机发展。新一代柴油机有效热效率达到50%~55%，新一代车用汽油动力/混合动力/增程动力的有效热效率为45%~47%，推动燃料多元化和综合高效利用，推广应用生物质燃料，2025年石化燃料替代率达到5%。

——**实现全产业链安全可控**。突破基础关键零部件、基础软件、基础工艺、基础材料和高端制造装备等产业链短板，

培育具有国际竞争力的零部件供应商，形成若干家国际一流的内燃机企业集团和零部件企业集团。

——**做强中国内燃机品牌**。中国品牌产品品质进一步提高，品牌认可度、产品美誉度及国际影响力显著增强，形成具有国际竞争力的企业和品牌。

——**新型产业生态基本形成**。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，形成内燃机与新一代信息技术、动力与燃料多元化，融入能源、环保、智能交通等新型产业生态体系。

5.2 发展重点任务

5.2.1 基础理论研究和共性技术研究

坚持把提高原始创新能力作为提高我国内燃机行业核心竞争力的主要抓手，加强基础研究中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. 完善行业基础数据，夯实自主创新基础。

发挥行业协会的引领作用，依托协同创新中心和产业联盟，建设中国内燃机设计及关键零部件参数数据库，开发自主的内燃机设计开发软件和控制基础软件平台，制定内燃机控制系统基础软件的行业标准，开发控制标定工具，实现行业标准和工具的自主，夯实行业自主开发设计的基础能力。

2. 加强基础理论研究，提出原创性新技术原理。

推动以高效、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、内燃机新型热力循环理论、现代内燃机/动力系统智能控制理论、现代高强化内燃机先进材料基础科学问题等基础理论创新研究，在基础理论突破基础上，提出新的技术原理，提升原始创新能力。鼓励开展颠覆性创新技术研究，引领性地创新超高热效率内燃机技术革新原理。

3. 加强共性技术研究，突破关键核心技术

推动企业、科研院所、高校的产学研合作，通过协同创新、集体攻关、成果共享的方式，开展以突破关键核心技术为目标的创新研究，开展新一代内燃机高强化和均匀化燃烧技术和变革性燃烧技术、多可变技术、新型可变热力循环技术、轻量化技术、高强度结构和整机 NVH 技术、新型材料与新工艺技术、低磨擦与电动化新技术、余热能利用技术、发动机可靠性技术、先进新型发动机测试诊断和传感技术、智能控制技术、混合动力专用发动机技术、高效后处理技术、以及污染物排放控制技术和 OBD 技术等创新技术；研发高性能关键部件，突破内燃机关键零部件的制造技术，显著提升我国内燃机产品的国际竞争力。

5.2.2 提升关键零部件自主创新工程

进一步夯实关键零部件和配套部件技术基础，提升发展的创新能力。发展包括高强度、轻量化活塞、高性能活塞环、轴瓦和高强度连杆等零件制造技术；开展超高压智能化共轨

可变喷油速率技术研究，建立自主的柴油机电控超高压喷射共轨燃油系统、汽油机高压直喷系统、气体燃料发动机缸内高压直喷系统、小汽油机燃油喷射系统、高效率涡轮增压系统、智能化增压系统、柴油机尾气颗粒物和氮氧化物后处理系统等部件制造和集成技术；建立具备高水平的、完整的内燃机零部件的研发和生产链条。

1. 开发先进电控燃油喷射系统

(1) 柴油机高压共轨燃油喷射系统。开展超高压条件下流动和喷射变异、流动损失抑制和高压实现、密封可靠性、喷雾特性和各孔喷油规律、提高喷油稳定性和精度及供油效率和流量系数等技术研究，重点突破无静态泄漏技术、高性能电磁阀材料、耐高温高压高强度喷油嘴偶件材料技术、高性能表面涂层技术，电子限压阀、大流量计量阀、高速高动态响应新型电磁阀、控制阀和执行器小型化技术等核心关键零部件制造技术；多次喷射“近零”间隔控制技术等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。到2025年喷射压力达到250MPa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。推动适应高喷射压力、可变喷射策略、燃料改性等技术的先进汽油机燃油喷射系统

能力建设，建立汽油机缸内高压直喷系统关键组件和控制系统自主开发能力，开发推广可与智慧交通进行信息融合的发动机传感器与执行器，完成低粘度润滑油和与之适配的电动机油泵开发，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。到 2025 年突破 60MPa。

(3) 替代燃料喷射系统。开发天然气及氢气发动机缸内高压直喷系统，突破耐高温材料、双燃料喷射器技术等瓶颈，开发出能够满足当量燃烧、稀燃和柴油-天然气双料发动机要求的缸内高压天然气喷射系统。同步开发醇醚类替代燃料发动机供油系统，满足先进替代燃料发动机配套要求。

(4) 小型通用汽油机电喷系统：开发小型通用汽油机燃油喷射系统，完全实现安全自主可控，突破小型化、低成本等瓶颈，建立小型通用汽油机电控燃料喷射系统标准体系。

2. 开发和建立自主的智能控制技术体系

夯实控制系统基础软硬件，开展自主控制系统的开发，重点发展先进模型与算法，打造核心开发平台、工具与方法，并建立法规、标准及创新体系，提升自主能力，支撑内燃动力的电气化、信息化、智能化变革，推动内燃动力的高效、清洁、低碳和高品质。推动创新燃烧技术和智能发动机应用的发展及推动发动机控制器、传感器、执行器等零部件的自主和精细化发展。

建立自主的柴油机、汽油机及混合动力系统的基础硬件

平台。开发面向智能网联的内燃机动力系统的新一代基于多核单片机和 FPGA 域控制器软硬件平台。自主开发新型传感技术和发动机传感器，发展智能燃烧传感器和智能燃料传感器技术。培育内燃机行业配套的电子芯片和元器件生产企业，开发若干具有自主知识产权的处理器芯片和电子元器件并实现完全自主，开发智能网联域控制器 ECU 实现自主。发展基于先进模型的虚拟发动机预测控制技术，开发面向混合动力的能量分配及控制算法，发展灵活柔性燃料技术的自主控制策略，开发 OBD 策略及相应的工具与测评方法，发展自主的虚拟标定技术。到 2025 年，ECU 进一步自主化（软、硬件 70% 自主），ECU 基本实现自主开发。

3. 开发高效涡轮增压和先进进气系统技术

重点发展针对汽油机与柴油机需求的机电复合涡轮增压、电控变几何涡轮增压、一体化二级涡轮增压、动力涡轮、新型高效轴承、新型耐高温材料、叶轮精密铸造与高效加工、面向发动机实际工况的增压器气动和结构设计、涡轮增压先进传感器与测量、智能车用涡轮增压器监控系统等关键技术，实现涡轮增压与空气系统关键技术自主，突破涡轮增压技术瓶颈，自主品牌涡轮增压技术达到国际先进水平。

到 2025 年，完成耐 1050° C 高温的汽油机电控可变几何涡轮增压开发应用；重点突破 12/48V 机电复合增压关键技术；完成面向柴油机压比 ≥ 4.5 、最高效率 $\geq 55\%$ 的高集成

度两级可调增压、耐高温可变几何增压技术的开发应用；突破发动机开发过程耦合的高效涡轮增压器气动与结构设计技术；完成船用柴油机高效高可靠性涡轮增压器、高压比水冷跨声速离心压气机、高效轴流/混流涡轮关键技术开发和应用。

4. 开发高效长寿命低成本的后处理系统

重点研发高性能载体、高效催化剂、催化剂制备与涂覆工艺以及排气高均匀性催化剂封装等关键技术，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。开展发动机与后处理系统耦合控制技术研究，提高排放后处理转化效率，推动整机和零部件企业的合作，强化多领域跨学科的产学研合作，形成尾气控制技术基础研究与创新，形成自主核心技术。2025 年实现自主可控。

5.2.3 新一代柴油机产品开发

针对不同应用领域，以不断突破热效率极限、提升发动机和整车的能源利用效率、满足“超近零排放”排放法规为目标，加强共性技术和技术集成研究，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

2025 年，开发的柴油机产品按排量有效热效率分别达到

50%-55%，商用车整车能源利用率较 2015 年提高 50%，有害排放控制达到国际先进水平，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，燃油系统喷油压力 220MPa 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，开发满足柴油机 RDE 排放法规的智能化控制型柴油机，发展新型复合循环、新型混合动力的高热效率柴油机动力系统。

2. 工程机械用柴油机

自主开发和推广柴油机在挖掘机、全地面起重机、道路机械、矿山机械、正面吊、堆高机、旋挖钻等市场的应用。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在工程机械领域占据主导地位。到 2025 年，开发的产品低速转矩显著提升，发动机有效热效率达到 50%，满足非道路第五阶段排放法规。重点开发大型工程机械，如 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与应用。

3. 农业机械用柴油机

开发水田拖拉机、大型农用机械、谷物收获机械、青贮收获机械等专用发动机技术，发展农用燃气发动机和混合动力拖拉机，探索智能农机动力产品技术，全面提升发动机品质。

2025年,农业机械用柴油机产品有效热效率提升达到45%以上,满足非道路五阶段排放标准,发动机品质得到全面提升,产品性能达到国际先进水平。重点发展拖拉机、装载机及大叉混合动力发动机,以及大型农用机械(190kW 拖拉机及以上、220kW 以上谷物收获机械、260kW 以上青贮收获机械)发动机产品。

4. 船电用柴油机

2025年,基本建成船舶高、中、低速柴油机及关重件自主研发体系,加强船电柴油机新产品研发,在整机、关键配套件以及部分关键技术等方面重点突破,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舶柴油机服务体系;自主研发船舶柴油机产品市场占有率达到20%。

5.2.4 新一代汽油机产品开发

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CO₂法规以及“超近零排放排放”法规为目标,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,开展新一代汽油机及其动力系统开发和创新研究,在超稀薄燃烧技术、新型点火技术、高压压缩比技术、HCCI技术等取得突破,

引领我国乘用车动力系统转型升级，使我国汽油机车用系统达到国际领先水平，实现由大变强的关键发展和转变。对标全球最严格的排放法规，开发新一代通用小型汽油机，在尾气排放控制技术、蒸发排放控制技术、可靠性技术、排放后处理技术、热管理技术、清洁燃烧技术等取得突破，产品达到国际领先水平，支撑小汽油机强国建设。

1. 推动创新燃烧技术和进气热管理技术发展

聚焦汽油动力燃烧方式的新突破、新技术，集中力量攻坚提升燃烧效率、降低燃烧排放，协同混动技术和增程技术，进一步挖掘汽油机热效率潜力。到 2025 年，新一代汽油动力/混动动力/增程动力的有效热效率为 45%~47%，整车满足国 6b (RDE) 排放标准的目标；发动机整体技术接近国际先进水平，自主品牌汽油动力/混动动力/增程动力的发动机市场占有率达到 60%以上；初步打造我国新一代汽油动力/混动动力/增程动力的高端品牌，在国际中高端市场占据一定份额。

2. 推动两化融合，实现智能发动机产业化

基于新背景下发动机智能化、网联化的发展趋势，发展针对新一代汽油动力的先进智能控制技术，实现发动机的优化控制和运行，进一步提高发动机效率；同时动力系统的运行与整车大数据、智能网联、高精地图、智慧大交通节能等相匹配，真正实现新一代汽油动力的智能化。到 2025 年，基本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），基本实现发动机与基础路况信息的耦合运行。

5.2.5 推动石油替代燃料应用

实现内燃机燃料多元化和低碳化发展，缓解我国碳排放的压力和石油对外依赖的现状，保障国家能源安全。到 2025 年，继续大规模推广天然气发动机的应用，推广应用醇醚代用燃料技术（乙醇、甲醇、二甲醚等）和生物燃料（生物柴油、生物乙醇），初步实现液体替代燃料与石化燃料掺混改性应用，石化燃料替代率达到 5% 以上。开发新一代天然气和醇类燃料发动机技术得到应用，替代燃料发动机有效热效率达到 45% 以上。

5.2.6 军民融合发展

深入推动军民融合发展，加强军民资源共享和协同创新，促进军民技术的相互支撑和有效转化，提升我国内燃机技术水平和配套能力，保障国防装备的自主可控，保障国民经济的发展。到 2025 年，面向国防装备建设需求，通过政策导向，推动高压共轨供油、高效增压，高强度活塞、高承载轴瓦等关键零部件和关键基础材料的产业化发展，构建军用动力配套体系。

5.2.7 开展内燃机测试技术及设备的研究

进一步开展内燃机测试技术和设备的研究，保障内燃机

产品的技术和不断提升。到 2025 年，完成内燃机高精度大流量测量装置、高精度颗粒物测量装置的自主研发，不断开展高动态响应的传感器的研究，完成自主知识产权的整机排放测试成套系统产品的开发工作。完成内燃机燃烧、燃油系统、增压系统等专用测试设备产品的系列化，开发内燃机关键零部件可靠性、排气后处理装置耐久性 etc 专用智能化测试设备，满足新一代、高效、清洁内燃机的技术和产品需求。

5.2.8 内燃机再制造技术发展和体系建设

建立和完善再制造技术、装备体系，加强再制造拆解工艺与技术、高效清洗技术、无损检测技术、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。到 2025 年，内燃机再制造领域从重型车用、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智能内燃机再制造；利用“互联网+”和大数据云计算技术，初步建立内燃机再制造旧件及再制造整机零部件物流信息管理系统；内燃机整机再制造率达 85%（按数量）、60%（按价值）。

第六章 措施和政策建议

6.1 措施

6.1.1 建立国家级的产学研用协同创新体系

在国家政策支持和引导下，加强企业技术研究中心能力建设，以国家级基地和企业技术中心为基础，布局共性技术创新平台建设，鼓励独立自主经营的技术研发机构，促进并完善创新能力提升和自主研发能力提高的运行机制建设，建立围绕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；推动和强化国家级工程中心建设，建设若干国家级技术创新平台，发挥国家级工程中心的核心作用。推动内燃动力协同创新中心建设，探索和优化零部件技术创新的开发和共享机制，以关键技术、关键零部件、颠覆性创新技术突破为目标，组建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，促进产业链协同和快速发展。

6.1.2 布局重大科技项目

针对我国内燃机产业发展的迫切需求和薄弱环节，设立“高效、低碳、清洁、智能新一代内燃动力系统”科技重大专项，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，加强重大科技专项与其它重点研发规划项目的衔接和相互支撑。创新重大科技项目组织实施模式，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。明确管理责任，定期开展评估，加强动态调整，提高管理效率。

6.1.3 健全标准体系

建立适应我国国情并与国际接轨的内燃机标准体系，促进政府主导制定与市场自主制定的标准协同发展，建立科学、严格的内燃机道路和非道路燃油消耗以及排放指标的监管机制和方法，完善认证认可管理模式。制订全生命周期碳排放标准，科学评价全生命周期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工艺技术、产品质量、生产管理 etc 标准，对替代燃料内燃机和再制造产品发展进行规范。积极参与国际标准制修订，发挥标准化技术组织作用，推动优势、特色技术标准成为国际标准，提升我国在国际标准制订中的话语权和影响力。加强内燃机知识产权申报、应用和保护，提高知识产权对产业的支撑，企业运用知识产权提高市场竞争力的能力显著提升。

6.1.4 建立激励体制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

攻关和创新研发项目给予优先安排和支持。通过减免税政策和组织产品示范应用工程。建立企业生产满足国家排放标准的高效、低碳、环保的内燃机的激励机制，并引导配套企业积极采用及推广。对高耗能、高排放产品采用政策性手段强制淘汰。建立长效的节能环保标杆产品领跑体制机制，加快推动我国内燃机产业向绿色、高效、智能等方向发展。

6.1.5 落实“放管服”政策，加强行业规范

进一步简化管理流程，提高新技术新产品转化效率。严把节能、环保、质量、安全关，推动提升内燃机工业技术水平，淘汰落后产能。加强事中、事后管控，通过产品认证、评价等手段，规范内燃机产业链建设，实现内燃机产业结构调整和技术升级。

6.1.6 建立燃油消耗率、二氧化碳排放标杆产品领跑机制

建立有效的降低内燃机燃油消耗率和二氧化碳排放标杆产品领跑机制，激励和引导制造企业加快内燃机节能减排新技术和新产品的推广应用。持续提高内燃机产品能效水平，降低以内燃机产品为配套动力的汽车、工程机械、农业机械、船舶等各类装备的燃油消耗，为保障国家能源安全和积极应对气候变化提供有力支撑。

6.1.7 加强专业人才的培养

加大人才培养力度，发挥高校和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、专业技能人才和企业管理人才，实施积极开放、有效的人才引进政策，促进国际化人才培养，鼓励从海外引进优秀人才。加强对人才队伍建设的统筹规划和分类指导，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。以产学研相结合的方式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。

6.1.8 发挥行业组织作用

发挥行业组织熟悉行业、贴近企业的优势，为政府和行业提供双向服务。行业组织应加强数据统计、检验检测、标准制修订等能力建设，提高为行业企业发展服务能力。行业组织应密切跟踪产业发展动态，开展专题调查研究，反映行业发展需求和企业诉求，加强相关行业协会之间的组织和协调功能，充分发挥协会和相关产业相互间的协调作用，协助政府做好行业发展规划，充分发挥连接企业与政府的桥梁作用。鼓励行业组织完善公共服务平台，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，培养内燃机科技人才。行业组织应完善工作制度，提高行业素质，加强行业自律，抵制无序和恶性竞争。

6.1.9 推动国际合作、扩大国际交流

发挥行业组织优势，与世界工业发达地区的同行业组织

机构开展了国际合作，与美国、欧洲、日本、印度等国家同类工业协会建立长效沟通机制，通过展览、论坛、互访、培训、人才交流等途径，在技术法规、产品研发、企业管理以及市场服务等方面积极开展对外合作与交流，学习国际内燃机行业的先进技术、先进成果及成功经验等，提升中国内燃机行业的自主开发能力，推动内燃机行业创新体系建设和发展。

6.2 政策建议

6.2.1 强化战略引领，筑牢国民经济基础产业地位

内燃机工业是机械工业技术的载体和转化的媒介，是国民经济的基础产业，决定资源配置高效率和产出高水平。世界上各个工业发达国家经济竞争，主要是制造技术的竞争，内燃机工业水平是一个国家在科学技术、制造工艺、设计水平等诸多方面综合发展能力的标志性反应。机械工业是制造业强国的基石，内燃机工业强则制造业强，制造业强则国民经济强，国家、政府从战略上应把内燃机工业作为真正强大国力的基础产业对待。

6.2.2 改变重主机轻配件观念

内燃机是工业产品的中间产品，但决定整车的综合性能，因此应将内燃机零部件工业提高到战略高度。在科研、开发能力的建设上应加强政策扶持力度。核心零部件无法自主供应是内燃机工业不能及时提供先进装备的深层次原因，政府

将应对内燃机工业核心零部件的技术进步给予专门必要的支持和长远的规划。

6.2.3 营造公平有序的产业发展环境

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。加大对知识产权的保护，严厉打击假冒伪劣产品，不断优化“公平、公正、公开”的产业发展生态环境。在制订政策法规时，保持技术中立，充分听取行业的意见和建议，鼓励技术创新和市场竞争。加强宣传引导，营造内燃机产业发展良好舆论环境。

建议国家相关部委在制定节能减排、智能制造、循环经济等产业发展政策、确立重大科技项目及减免税费等给予支持。

附件一：中国内燃机行业“十四五”发展规划科技重点项目

一、技术名称：新一代传统内燃机技术研究提升

(1) 内燃机车用等温球墨铸铁技术研究：汽车轻量化作为其中降低燃料消耗的技术手段之一，研究制定车用等温球墨铸铁技术规范，引导车用等温球墨铸铁的运用推广，解决等温球墨铸铁大批量生产技术难题，降低生产成本，在汽车零部件上应用。

(2) 乘用车可变压缩比、连续可变气门升程等核心零部件技术研究：开展面向未来高效汽油机需求的可变压缩比、连续可变气门升程、超高压喷射等系统及零部件的开发，解决卡脖子技术问题，为未来 45% 高效汽油机产业化奠定基础。

(3) 燃烧技术研究：开展高效汽油机缸内直喷超稀薄、新型点火和助燃技术及均质压燃等新型燃烧技术和柴油机低温均质、高预混等燃烧技术的应用研究，提出喷油、增压、燃烧、废气再循环、排气后处理、协同控制策略和程序，特别是选用不同路径、不同方式实现高效清洁燃烧，解决工程化应用技术需求，提供相应技术保障。

(4) 低摩擦技术研究：摩擦损失在内燃机燃料消耗中约占 10%，开展低摩擦技术的开发和应用。主要技术包括摩擦副材料优化选择、优化设计、优化微观质量控制和表面涂层技术、优化固体润滑涂层、优化流体润滑剂，建立技术标准

体系和推广应用。

(5) 热管理应用技术研究：采用内燃机热管理技术，从系统整体和热力循环角度，通过智能冷却、进排气的综合集成与全工况优化以及余热利用，提高发动机高效热功转换和能源利用效率，综合实现节能减排和高可靠性运行目标。低传热/绝热技术研究：开展内燃机进排气系统低传热设计，进排气绝热涂层技术，低传热燃烧系统设计，缸内热摆涂层等技术研究。

(6) 电子控制技术研究：建立内燃机工作过程控制平台，通过控制策略，实现整机与部件的“对话”，实现整机与配套底盘的“对话”，实现远程故障诊断和远程数据标定。采用机电控制方法，实现对现代内燃机动力性、经济性、环保性的要求。鼓励发展反映发动机重要参数的高性能、高精度、智能化传感器，如压力、流量以及废气成分等传感器。鼓励发动机故障诊断技术的发展，特别是车载故障诊断（OBD）系统开发。开展船舶柴油机智能化控制、运行状态监测技术研究，实现船舶柴油机的远程故障诊断。

(7) 增压技术研究：开展内燃机空气管理、柴油机/汽油机电控可变增压、柴油机一体化二级可调增压、动力涡轮、机械及电动复合增压、增压系统噪声控制的应用技术研究。开展增压器可靠性设计与寿命评价方法体系的研究。

(8) 喷射技术研究：压燃式内燃机开展超高压喷油控制

技术、超高压液力特性和空化特性及其对喷射特性和喷雾特性影响的研究、燃油喷射特性和喷雾特性对降低油耗和排放控制的影响的研究，提出超高压共轨系统解决方案以及配套应用优化技术方案。点燃式内燃机开展新型缸内高压直喷喷雾和缸内流动调制技术、燃油喷射特性和喷雾特性对降低细微颗粒物有害物质控制的影响的研究，提出采用汽油机用颗粒物捕集器 GPF 装置优化技术方案。

开展超高压条件下高压供油泵的密封与可靠性、共轨管路的密封及可靠性、喷油器的密封及可靠性、喷油器与控制阀的结构优化和泄漏损失、高速响应电磁阀等优化设计、高性能材料表面涂层、系统总成可靠性技术以及保证系统一致性稳定性的制造和工艺等技术研究，基于系统设计仿真、材料及热处理、精密加工、产品测试、燃烧分析、标定应用等技术，形成 250MPa 工作压力的电控共轨燃油喷射系统完整技术及产品。

(9) 后处理技术研究：内燃机排气后处理系统是实现产品满足排放法规要求必要的技术措施，开发高效催化剂是系统的核心和关键，开发柴油机高效选择性催化还原关键技术（SCR）、稀燃吸附式 NO_x 后处理（LNT）技术和低温被动 NO_x 吸附后处理（PNA）技术，开发柴油机用颗粒物捕集器（DPF）、氮捕集（ASC）和具有催化功能的颗粒捕捉器（CDPF）技术以及集成 SCR 和 DPF 的（SCRf）技术。开发汽油机用颗粒物

捕集器（GPF）技术和高效三效催化后处理（TWC）。开展排气后处理系统耐久性评价体系和方法的研究。

在传统钒基催化剂的基础上开展金属改性分子筛催化剂的应用研究。开展低温高活性、高选择性 De-NO_x 催化剂及制备工艺技术研究。从温度窗口、抗硫性、水热稳定性、涂覆工艺等方面进行研究，改善催化剂的抗中毒能力，延长催化剂的使用寿命，提高催化剂的低温性能。开展建立完善分子筛催化剂评价体系和方法的研究。

堇青石/莫来石载体材料和催化剂材料开发；材料混配制备工艺研究；载体挤压成型工艺研究；成型载体烧结工艺研究，建立整体挤压后处理催化剂性能参数及可靠性评价方法，B10 寿命均应达到配套整机和对应整车的要求。

柴油商用车后处理成本较高，其中贵金属占比较大，开展柴油车后处理贵金属替代研究，在催化剂方面有所突破，以降低后处理材料成本。

（10）重型非道路柴油机的开发：自主开发转速低大转矩的柴油机在非道路机械的应用。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在工程机械领域占据主导地位。发动机有效热效率达到 45%，满足非道路第五阶段排放法规。重点开发大型工程机械，如 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与应用。重点发展拖拉机、装

载机及大叉混合动力发动机，以及大型农用机械（190kW 拖拉机及以上、220kW 以上谷物收获机械、260kW 以上青贮收获机械）发动机产品

（11）小型通用火花点火发动机关键技术研究：针对小型通用火花点火发动机产品整机热负荷高，热稳定性和一致性差等问题，研究小发动机热负荷控制技术，开展低成本电控系统、喷油系统、低摩擦高可靠配气机构、高速燃烧系统、润滑系统及冷却系统等关键零部件研究，融合传感器物联网、移动互联网、大数据分析等智能化技术，开发全新一代的发动机平台。

二、技术名称：替代燃料高效应用技术的研究

应用替代燃料是内燃机节能减排的有效途径，在传统能源动力装置的基础上开展替代燃料的应用研究，从应用技术、应用范围、应用适应性、所需适用材料、减排效应等不同角度对其进行可行性研究，同时对使用替代燃料衍生的气体对人身健康及环境影响进行研究。

（1）燃气发动机关键技术研究：研究缸盖、轴瓦、活塞、活塞环、气门、缸套、喷射阀、缸内高压直喷喷射系统等关键零件，形成自主的高可靠性、长维护周期化设计理念；突破低排放燃气发动机的清洁燃烧控制技术，开发高挤流比活塞、前米勒凸轮轴、高效增压系统等关键零部件，完善燃烧系统及相关系统的匹配优化规范和方法；突破大功率增压前

预混燃气控制系统的垄断，开发控制稳定、气源适应性范围广的国产大功率预混控制系统；突破稀薄燃烧、预燃室点火、爆震监控等燃气机核心技术，研究发电用燃气机的排放特性、匹配标定技术及方法；填补 800kW 到 2200kW 功率段 200 缸径高速大功率燃气发动机的空白。

(2) 柴油-天然气双燃料发动机关键技术研究：为了实现柴油-天然气双燃料发动机清洁、高效及稳定工作，开展大缸径高速柴油-天然气双燃料发动机关键技术研究，研究柴油-天然气双燃料发动机燃烧科学问题，研究柴油微喷引燃天然气的燃烧过程机理，研究双燃料发动机智能切换控制技术、失火和爆震预测控制方法，研究微喷引燃油系统及燃气系统关键技术。

(3) 研究醇醚类在压燃式内燃动力上的应用。组织开展醇醚类燃料供给系统腐蚀、溶胀、气塞和可靠性等技术攻关，满足醇醚类内燃机配套需要，研究不同活性燃料共燃时的相互作用机理，研究醇醚类抑制 NO_x 生成机理及双燃料排放控制、柴油/醇醚类高效燃烧的途径、最佳掺混燃烧的能量比等内容，开展醇醚类在内燃机上应用的关键技术研究及其示范。

(4) 乘用车专用氢燃料发动机关键技术研究，利用数值仿真、多缸机试验等，研究氢燃料发动机稀混合比高效稳定燃烧技术及近超近零排放排放技术、氢气燃料供给系统关键技术，并通过应用在混动车上进一步提升效率，实现中长期

替代燃料电池实现超近零排放排放。产品开发成功后可在特定地区示范运行。

(5) 碳中性燃料和碳排放回收技术。基于全生命周期碳排放理念，推进非化石基燃料设计利用、提出反向燃料技术需求、突破碳分离和回收关键技术。

三、技术名称：车用混合动力内燃机应用技术研究

以高热效率、超近零排放排放为目标，针对混合动力车辆的使用特性和系统匹配要求，开发车用混合动力专用内燃机，以强混专用内燃机开发为重点，实现车用混合动力系统更低的油耗及排放的性能要求。

针对新一代低碳化零污染汽油/混动/增程动力系统。开展超稀薄汽油混合气高滚流比和新型点火技术和压燃为等新燃烧模式研究，开展低摩润滑油的添加剂、碳中性燃料的催化剂和压燃燃料等研究；研究可比压缩比（VCR）机构、全可变气门定时和升程（VVA）、进气增压机构，热管理系统等；开展智能化发动机控制技术研究，协同电控单元软硬件系统、喷射系统、排放系统、燃烧传感器等的先进控制平台技术（多传感器组+NI FPGA 控制模块）、基于缸压/离子电流的发动机燃烧逐循环分辨率的精确反馈控制、非传统的动力-整车一体化控制框架构型、发动机模型预测控制技术、智能标定技术、基于路况的发动机实时控制、后处理系统控制技术 etc 实现智能化的应用。

四、技术名称：零部件集成模块化应用研究

开展缸套、活塞、活塞环、活塞销运动组件，配气机构组件，曲轴、连杆、轴瓦组件的集成应用研究，提高内燃机整机的机械效率，提高内燃机的经济性。满足新一代内燃机产品的各项性能指标要求和可靠性要求。

采用模块化集成和电子控制技术，开发集冷却水泵、机油泵于一体或集冷却水泵、机油泵、冷却器、长寿命机油滤清器于一体模块化产品，实现轻量化和系统数字化控制，降低能耗。开展低压输油泵和高效、长寿命、轻量化的燃油滤清器集成模块技术应用研究。

五、技术名称：内燃机用测试技术及设备开发

开发内燃机自动测试控制与标定系统、高精度大流量气体质量流量测量装置、高精度内燃机颗粒物测量装置，高精度尾气烟度测定装置，开发内燃机燃烧、燃油系统、增压系统等专用测试设备，开发内燃机可靠性、排气后处理装置耐久性等专用智能化测试设备，完成内燃机关键零部件及系统的可靠性集成数据库建设。

六、技术名称：内燃机再制造技术研究

开展表面工程、无损检测与寿命评估技术在内燃机再制造领域的产业化应用研究。采用先进的高效清洗技术，重点对机体、缸盖、连杆、主要轴类零件进行表面处理，恢复原

机性能。并制定再制造产品技术标准，推动再制造工作的发展。开展船用、机车用柴油机关键件和重要件现场修复技术研究，重点针对大型结构件和轴类零件，解决在船舶不开舱的情况下进行现场修复，恢复零部件和原机性能。

七、技术名称：船舶大功率发动机及零部件关键技术应用研究

针对船用发动机产品和应用特点，以排气污染物限值满足国标《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）》要求为目标，开展电控燃油喷射、高增压、轴瓦、燃烧优化、EGR、SCR 等机内、机外排放控制技术应用研究。重点解决各种排放控制技术的工程化应用问题，为现有机型和新开发机型排放达标提供解决方案。

开展氢燃料船舶发动机关键技术研究，组织氢燃料供给系统关键技术攻关，对氢燃料缸内直喷扩散燃烧开展研究，基于燃烧机理利用数值仿真、单缸机试验等，研究船舶发动机大空间尺度下氢燃料高效稳定燃烧技术、非正常燃烧控制技术、爆震抑制技术、低排放技术，开发燃烧系统并进行试验验证。

八、技术名称：应急动力柴油机关键技术研究及应用

开展大功率发动机、船电发动机组、分布式能源、岸电站等应急动力柴油机及零部件制造质量技术研究、产品可靠

性研究以及基于信息化技术的维护管理技术研究，开展产品全寿命保障及验证，建立产品全寿命周期管理的技术标准及规范，开展零部件分级使用维护技术研究，开展零部件使用状态跟踪技术研究，产品 BOM 管理技术研究，开展系列化设计技术研究，功率覆盖范围达到 1000kW~12000kW。

九、技术名称：特种发动机技术应用研究

开展多级增压、高效燃烧、控制系统抗电磁干扰、耐高温抗氧化润滑油、冗余可靠性、轻量化特种内燃机新材料应用，负载匹配及精细化热管理系统等先进技术的工程化应用研究，满足特种发动机的需求。

附件二：中国内燃机行业“十四五”发展规划共性基础技术建设平台

核心基础零部件（元器件）、先进基础工艺、关键基础材料和产业共性技术基础能力薄弱，是长期制约我国内燃机行业创新发展和质量提升的症结所在。坚持问题导向、产需结合、协同创新、重点突破的原则，集合行业优势企业，组织实施共性基础技术平台建设，是破解制约产业技术进步和发展的有效途径。

一、平台名称：内燃机共性基础技术平台

建设目标：集合内燃机及零部件骨干企业及科研院所，联合产品上下游产业链优势企业，搭建协同开发和优化设计、协同搭载标定和保障的动力总成子平台；突破排气能量回收系统核心零部件关键技术，包括换热器、膨胀机、冷凝器、热电材料等，实现工程化；搭建开放的具有涡轮增压器从应用基础研究到应用技术研究能力的科技创新子平台；搭建先进燃油喷射技术创新与优化设计、匹配标定和整机应用技术子平台；开展采用先进的表面处理工艺和新材料在往复、旋转摩擦运动组件应用及技术产业化子平台。

重点任务：建立数据库，根据配套不同用途整车技术方案和搭载指标的要求，优化动力总成技术方案和匹配标定主要技术参数，紧密动力总成协同合作，实现搭载整车降低燃

油消耗和控制有害物质排放；开展换热器材料与结构、膨胀机组件和热电材料的研究，提高系统效率和耐温耐腐蚀性，完成应用工程的研究；开展可变几何涡轮、二级增压、电动增压、新型复杂增压系统、增压器噪声识别与控制、增压器控制和测试技术以及关键零件等共性技术研究，为提高增压器产品应用创新技术提供技术支持；根据配套不同用途发动机及整车技术方案和搭载指标的要求，实施正向设计，针对压燃式和点燃式发动机对燃油系统的不同要求和使用特性，开展电子控制单元及控制技术的研究，开展系统集成协同控制优化应用的研究，开展高压供油泵总成、电控喷油器总成、各种阀组件（高速电磁阀、孔板、压力控制阀、溢流阀、进油计量阀等）、专用传感器等关键零部件的工程化开发验证研究，实施产品性能及可靠性研究；选择性催化还原器（SCR/SS-CR）：以提高效率和优化结构参数为重点，完成系统内部接口协议互联互通基础标准规范工作。颗粒捕集器（DPF/GPF）：开发控制模块应用软件，对配套主机厂，开放应用软件接口，完成系统内部接口协议互联互通基础标准规范工作；编制压燃式内燃机 ECU、DCU、DPF 等控制模块的开放式应用软件，编制点燃式内燃机 ECU、GPF 等控制模块的开放式应用软件；开展表面喷涂工艺和材料的基础研究，通过应用工程的研究和确立，推动产业化。变排量机油泵、电子冷却水泵：采用电子控制技术，实现与主机控制单元的“对

话”。优化结构设计，研究新材料、新结构的加工工艺，实现低摩擦技术产业化应用。

二、平台名称：内燃机测试技术平台

建设目标：集合内燃机行业优势企业，采用政产学研用模式，开发内燃机和关键零部件研发、工程制造专用测试及可靠性试验设备，研究内燃机及关键零部件的测试技术，建立数据库。

重点任务：开展内燃机排气后处理系统、高压燃油喷射系统等关键零部件的性能测试及可靠性测试技术的研究，开发高压燃油、排气后处理系统以及运动件、配附件等的性能测试及可靠性专用智能化试验设备。完成测试系统内部接口协议互联互通基础标准规范工作。完成关键零部件的振动、可靠性、性能及在线监测数据采集库的建设，形成支撑整机和关键零部件评价、开发的共享数据库。

三、平台名称：混合动力和增程式电动汽车用内燃机技术平台

建设目标：集合行业骨干企业，提高热效率为目标，重点开发强混及内燃机电驱动的专用内燃机，协同轻量化、低摩擦、低损耗和优化机电协调控制，实现满足机电循环优化的乘用车动力系统的系列产品平台。

重点任务：开发强混及内燃机电驱动的高效超近零排放

排放专用内燃机，协同轻量化设计和低摩擦技术，开展高效低排放混合动力专用发动机开发及应用技术研究，优化机-电功率输出匹配，机-电互动互联智能控制技术和内燃机附件采用智能控制实现降低损耗的研究。

四、平台名称：特种动力发动机技术平台

建设目标：集合活塞式特种动力发动机、变速机构、电控、增压、高强度润滑油等核心企业及科研院所，以特种动力发动机关键技术为主线联合产品上下游产业链优势资源，搭建协同攻关、优化设计、联合研制、共性技术共享、协同搭载标定和保障的特种动力发动机技术平台。

重点任务：开展多级增压、高效燃烧、控制系统抗电磁干扰、耐高温抗氧化润滑油、冗余可靠性、轻量化、新材料应用等先进技术的工程化应用研究，优化特种动力装置系统集成设计方案，满足不同用途固定翼活塞航空发动机的技术方案和搭载飞行器的指标要求。建立数据库。

附件三：中国内燃机行业“十四五”发展规划重点产品项目

序号	产品名称	规格等级要求及主要技术参数
1	中重车用柴油机	功率为 136-300kW（参考排量 5-9 升），功率 \geq 300kW（参考排量 9-16 升），燃油经济性符合有关标准规定，有害气体排放满足国家现行排放标准，B10 寿命达到整车 100-120 万公里的要求的中重型车用发动机。
2	轻型车用柴油机	升功率 \geq 40kW，升转矩 \geq 150N.m。燃油经济性符合有关标准规定，有害气体排放满足国家现行排放标准，B10 寿命达到整车 25-30 万公里的要求。
3	农业机械用柴油机	功率 18—75kW（中小型），功率在 110kW—255kW（大型），燃油经济性符合有关标准规定，有害气体排放满足国家现行排放标准。B10 寿命：中小型柴油机 \geq 8000 小时，大型柴油机 \geq 12000 小时。
4	工程机械用柴油机	功率在 19kW—115kW（中小型），功率在 115kW—235kW（大型），燃油经济性符合有关标

		准规定，有害气体排放满足国家现行排放标准，B10 寿命 8000-12000 小时。
5	乘用车用发动机	满足未来排放法规的全工况理论当量比燃烧系统、热效率大于等于 45%的新一代低碳智能汽油机开发，燃油经济性符合有关标准规定，有害气体排放满足国家现行排放标准，B10 寿命达到整车 25 万公里的要求。
6	通用小型汽油机	尾气排放、蒸发排放及排放耐久性达到美国加州第四阶段排放标准。
7	车用混合动力和增程式电动车内燃机	整车燃油经济性优于现行标准规定，有害气体排放满足国家现行排放标准。B10 寿命达到配套整车的要求，开发适应网联化和智能化的最高热效率 46%以上的强混和电驱动的专用混动内燃机。
8	满足国六以上排放的替代燃料发动机	<ol style="list-style-type: none"> 1、 开发零碳排放高效绿色氢燃料内燃机； 2、 开发碳中性及低碳乙醇燃料内燃机； 3、 乘用车用纯甲醇发动机，启动汽油箱<10 升，甲醇续驶里程 300 公里，甲醇消耗量<12 升/100 公里； 4、 柴油甲醇二元燃料发动机，甲醇对柴油替代率>30%，替换 1 升柴油的甲醇量<1.5 升； 5、 柴油天然气双燃料发动机。天然气对柴油替代率>70%，替换 1 升柴油的天然气为<1m³

9	船舶发动机	功率大于 560kW 的第 1 类和第 2 类船机（包括主机和辅机，包括柴油机和气体燃料点燃式发动机），排气污染物限值满足国标《船舶发动机排气污染物排放限值及测量方法》。
10	船用柴油机能量综合利用系统	通过开发废气涡轮发电、蒸汽涡轮发电和废气及蒸汽涡轮联合发电等装置或系统，实现柴油机冷却与进排气的综合集成与全工况优化以及余热利用，实现柴油机高效热功转换，提高船舶柴油机的能源利用效率 5% 以上。
11	航空活塞发动机	功率范围：点燃式发动机：300kW 以下； 功重比：二冲程大于 2 kW/kg； 可靠性：大修时间 TBO 大于 2000 小时；
12	电控燃油喷射系统	柴油机燃油喷射系统：喷射压力 $\geq 250\text{MPa}$ ，最小喷射间隔时间 $200\ \mu\text{s}$ ，平均无故障间隔时间 (MTBF) ≥ 4000 小时。 开发自主知识产权的汽油机和“动力域”控制器软硬件系，包括 ECU、传感器，汽油机燃油喷射系统：喷射压力 $\geq 50\text{MPa}$ ，电磁阀开关时间 $\leq 300\ \mu\text{s}$ ，平均无故障间隔时间 (MTBF) ≥ 4500 小时。

13	新型点火系统关键零部件	开发面向新一代高效低碳汽油动力系统的高能点火、预燃室点火等新型点火系统。
14	增压器	柴油机用增压器：可变几何增压器满足中小排量柴油机使用要求；两级增压满足大排量柴油机使用要求；单级高压比增压器满足非道路机械使用要求。B10 寿命均应达到配套整机和对应整车的要求。汽油机用增压器：工作温度 $\geq 950^{\circ}\text{C}$ ，涡轮耐高温 $\geq 1050^{\circ}\text{C}$ ，B10 寿命均应达到配套整机和对应整车的要求。
15	高效废气再循环系统装置	高可靠、高流量、低阻力的废气再循环装置，高流通性、耐腐蚀的废气冷却器。B10 寿命应达到配套整机和对应整车的要求。
16	排气后处理系统	满足国六标准的柴油车排放控制、关键技术及系统集成，柴油机排气后处理用 DPF、CDPF、高效 SCR /SSCR 产品，开发满足缸内直喷汽油机用 GPF 产品，新鲜分子筛催化剂温度窗口在 $200\sim 450^{\circ}\text{C}$ 时的 NO_x 转化率达 T90； 680°C 水热老化 64h 后 T50 $\leq 185^{\circ}\text{C}$ 、 $245\sim 465^{\circ}\text{C}$ 时 NO_x 转化率 T90； 200°C 硫老化 30h 后 T50 $\leq 180^{\circ}\text{C}$ 、 $230\sim 460^{\circ}\text{C}$ 时 NO_x 转化率 T90；整体挤压式后处理催

		化剂载体，B10 寿命转化效率劣化率 $<10\%$ 。B10 寿命均应达到配套整机和对应整车的要求。
17	先进的模块化启动发电一体机	模块化启动发电一体机，是混合动力关键的配置。本项目通过模块化集成技术的应用，开发启动发电一体式电机，用于混合动力装置。发电功率 $\geq 1.5\text{ kW}$ ；启动功率 $\geq 2\text{ kW}$ 。B10 寿命均应达到配套整机和对应整车的要求
18	柴油机燃油高效滤清系统	过滤效率达到 $\beta_{4\mu\text{m}} \geq 720$ (99.86%)， $\beta_{6\mu\text{m}} \geq 5000$ (99.98%)，乳化态水分离效率 $\geq 98\%$ ，游离态水分离效率达到 100%，系统 B10 寿命均应达到配套整机和对应整车的要求。
19	模块集成的新型节能冷却系统	对冷却水泵、机油泵、冷却器采用电控和可变量的模块式组合，在工作过程中根据发动机工作状态调整速度或排量，优化组合形式，减少产品泵油耗能 20%-30%，B10 寿命满足配套整机的要求。
20	高动态响应电控执行器	电控执行器满足喷射压力 $\geq 250\text{ MPa}$ 喷油器应用需要，开启及关闭响应时间 $\leq 200\mu\text{ s}$ ，喷射时间间隔 $\leq 200\mu\text{ s}$ ，满足共轨系统每循环 5 次喷射的应用要求，平均无故障间隔时间 (MTBF) ≥ 4000 小时。

21	专用传感器	热膜式进气流量计，高精度轨压传感器、宽域氧传感器、氮氧化物传感器、空气流量质量传感器、颗粒物传感器和燃烧诊断传感器等。
22	内燃机关键零部件耐久性设备	针对内燃机缸盖、机体、活塞、连杆等关键承载结构件，开展与可靠性设计相关的基础材料测试数据，研发可靠性试验项目产品，，为内燃机产品可靠性提供依据。
23	产品在线测试及可靠性设备	生产一致性在线测量专用设备，其主要功能及技术参数符合实施产品国家标准的要求，高精度转矩、密封性等测量设备，燃油系统、运动件、排气后处理等关键零部件可靠性试验装置。
24	内燃机及机动车辆排放污染物成套测量设备	跟踪世界同类产品的先进水平，满足排放标准对排放测量的要求。关键技术包括：超低排放检测背景空气净化技术、超低量程排放测量仪器、压燃式内燃机全流和分流稀释定容采样系统、颗粒物排放粒径分布和计数计量技术、交流瞬态底盘及发动机台架测功机。高精度的传感器，如压力和流量等。能够满足在线故障诊断的 NO _x 浓度传感器等。
25	数控、柔性清洗成套设备	清洗机 CPK \geq 1.33。清洁度满足使用要求，并比相关国家标准提高 15%以上。满足环保要求。采

		用数控技术，实现柔性加工，便于维护保养，操作便捷。
26	内燃机专用润滑油	<p>1) 满足 API SP/GF-6 质量等级及粘度级别为 5W-30 的汽油机油产品，通过程序IIIG、IIIGA、IV A、VG、VID 和VIII等相关发动机台架试验。</p> <p>2) SAE10W-40 粘度级别，油品质量级别满足 API CJ-4 的要求，通过 Caterpillar 1N、Cat.C13、Mack T-11、SequenceIIIF、MackT-10 、Cummins ISB、Navistar EOAT、RFWT 等标准发动机台架试验，满足国防工业装备对高功率密度发动机工作要求。</p> <p>3) 更换周期寿命达到 10 万 km 以上；</p> <p>4) 满足乘用车低摩擦润滑油 XW-12 的研制和开发。</p>
27	内燃机低碳/零碳替代燃料开发	开发新一代低碳/零碳内燃机用高比例乙醇汽油、窄馏分低碳燃料和零碳的氢燃料。
28	内燃机再制造产品	1、内燃机再制造材料及工艺开发开展新材料、新工艺、新技术在再制造产品上的应用研究，提高再制造产品各项性能指标，降低再制造成本，满足发展需求；

	<p>2、发动机零部件再制造专用装备产品满足再制造拆解、清洗、检测、修复、加工、装配、测试等技术要求；</p> <p>3、再制造中重型商用车用，大中型工程机械、农业机械用、船用、固定式及移动式发电用、铁路机车用发动机开展整机再制造研究，推动绿色制造和产品全生命周期管理，产品燃料经济性及其有害气体排放满足国家对再制造产品的相关要求；</p> <p>4、再制造柴油机燃油喷射系统、增压器、排气后处理系统开展关键零部件再制造研究，使产品性能满足国家对再制造整机的经济性、动力性及其有害气体排放的相关要求。</p>
--	--