附件4

发动机电喷系统“一条龙”应用计划申报要求

1. 产业链构成

围绕工程机械、农用装备和商用车用柴油机等整机产品，立足高压共轨系统及其核心零部件共轨喷油器、共轨泵、共轨管及ECU的先进设计开发，系统标定，高性能材料，先进工艺及装备，检测与质量控制装备及技术，产品关键技术指标评价体系，建立保证性能稳定性和质量一致性的制造体系。通过与主机用户协同，开展自主电喷系统的示范应用，进而实现工程机械、农业装备和商用车等急需的符合国家相关排放标准要求的自主知识产权电喷系统的稳定批量生产和批量配套应用。

关键配套件产品链条环节

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **产业链环节** | **共轨喷油器** | **共轨泵** | **共轨管** | **ECU** |
| 1 | 共轨系统综合性能提升 | √ |  |  | √ |
| 2 | 工艺技术开发 | √ | √ |  |  |
| 3 | 制造检测装备 | √ | √ |  |  |
| 4 | 关键材料开发 | √ | √ | √ |  |
| 5 | 关键零部件开发 | √ | √ | √ |  |
| 6 | 示范应用 | √ | √ | √ | √ |

1. 目标和任务
2. **共轨喷油器**
3. **共轨系统综合性能提升**

**（1）环节描述及任务。**通过创新设计（如自紧密封）、采用新工艺（超精磨削技术）、新材料（新型磁性材料）等，提升喷油器喷射压力和响应速度。

**（2）具体目标。**额定工作压力：非道路1800bar，道路2000bar；喷射次数：≥5次/str；喷射速率间隔：200μs；最小稳定喷油量：1mm3/shot（具体值取决于油嘴流量）。

1. **工艺技术开发**

**（1）环节描述及任务。**①提升喷油器体及针阀体高压油道孔的粗糙度。②电火花微孔加工工艺：实现控制套微孔孔径和孔内状态的精准加工，精准控制微孔位置精度，提高微孔加工的质量和效率。③带背压微孔挤压研磨工艺：控制套微孔采用带背压磨料流加工，去除微孔在之前工序中机加工和电火花加工时产生的尖角毛刺等；孔壁均匀研磨的同时，完成对内表面的抛光工艺；使挤压研磨的工况和流量检测工况吻合，从而实现控制套流量的精准而稳定的控制。④装配工艺开发：采用质量法检测弹簧力的方法、角度法控制力矩、激光测距等先进的测量技术，提高装配的精度和一致性，实现喷油器批产化生产。

**（2）具体目标。**①喷油器体高压油道孔表面粗糙度达到Ra0.8。②电火花微孔加工工艺：控制套电火花加工微孔可控制微孔孔径在μm级别，中孔同轴度在0.1内，横孔位置度在0.03以内，流量控制在±3%以内。③带背压微孔挤压研磨工艺：流量控制±3ml。④装配工艺开发：针阀升程垫尺寸测量重复精度：±0.0015mm，弹簧垫圈尺寸测量重复精度：±0.01mm；拧紧力矩控制在±1N•m球阀升程重复测量精度：±0.001mm。

1. **制造检测装备**

**（1）环节描述及任务。**①电火花微孔加工装备：控制套微孔加工采用电火花加工工艺，可以实现控制套微孔孔径和孔内状态的精准加工，精准控制微孔位置精度，提高微孔加工的质量和效率。②带背压微孔挤压研磨装备：控制套微孔采用带背压磨料流加工，去除微孔在之前工序中机加工和电火花加工时产生的尖角毛刺等，在对孔壁进行均匀研磨中完成对内表面的抛光工艺的同时，使挤压研磨的工况和流量检测工况吻合，从而实现控制套流量的精准而稳定的控制。③带背压流量检测技术：控制套流量检测采用带背压检测检测工艺实现，可通过背压调节更可能的接近实际工况，同时通过背压检测放大控制套微孔的加工状态，得到更为稳定的工况流量。④喷油器性能检测设备：具有自动改变轨压和喷油脉宽，测量相应的喷油器的单次喷油量和开启/关闭延时及动静态回油量等参数的功能。试验台能同总控中心远程计算机保持实时通讯，调出标定工况要求，同步记录喷油器编号和测量结果。可以保证产品质量，提高生产效率，实现生产管理的自动化。

**（2）具体目标。**①电火花微孔加工装备：控制套电火花加工微孔可控制微孔孔径在μm级别，中孔同轴度在0.1内，横孔位置度在0.03以内，流量控制在±3%以内。②带背压微孔挤压研磨装备：流量控制±3ml。③带背压流量检测技术：背压控制精度：60Bar±0.2Bar，重复性测量精度±0.2%。④喷油器性能检测设备：工作压力：2500bar；稳定性：同一个喷油器在相同工位上，重复测量25次，按照用户功率点油量公差4mm3计算，各个工位Cg值不小于1.33；各工位一致性：同一台设备6个工位，使用同一个样件在不同工位上的测量值，极差不超过1.2mm3。

1. **关键材料开发**

**（1）环节描述及任务。**①开发新型磁性材料的应用，提高产品的响应；密封球阀采用陶瓷材料，减小冲击，提高产品寿命；②开发共轨喷油器高速开关电磁阀用，高性能粉末冶金铁芯材料或低成本铁钴软磁合金铁芯材料；③开发先进涂层工艺；④粉末冶金衔铁：采用精制模具、粉末冶金成型等先进成型工艺技术，提高生产效率及产品合格率，实现喷油器衔铁等高精密小零部件的数字自动化、产业化生产；⑤喷油嘴紧帽材料：采用42CrMo等普通材料替代特殊材料，使用冷墩挤压成形技术，减少产品加工去除率，缩短加工工艺流程及加工时间；⑥控制套局部镀层：使用普通GCr15材料，采用表面局部电镀Cr+CrNPVD涂层技术，提高控制套锥面硬度和耐磨性。降低原材料采购及生产成本，同时满足产品的工作使用性能。产品性能指标经实际使用验证达到国际先进水平。

**（2）具体目标。**①电磁铁采用新型软磁材料，提高电磁响应性能，相比市场同类产品响应能提升10微秒。密封球阀采用陶瓷材料，使密封面的寿命≥2000小时；②高性能粉末冶金铁芯采用软磁复合材料（SMC）模压成型制作，要求横向断裂强度125MPa、屈服强度65MPa，密度≥7.45g/cm³，材料电阻率＞120μΩm，饱和磁感强度Bs≥2.0T，矫顽力Hc≤220A/m。低成本铁钴软磁合金具有高饱和磁感强度和较普通软磁合金更高的电阻率，材料屈服强度＞350MPa，饱和磁感强度＞2.2T，电阻率接近0.4μΩm。③涂层精度达到Ra0.12，涂层厚度0.001-0.003mm。④粉末冶金衔铁：喷油器衔铁的粉末冶金精密成型技术尺寸精度达到IT8级，表面质量达到Ra＜3.2，成型合格率达到产业化要求。产品加工时间相对传统材料减少85%以上。⑤喷油嘴紧帽材料：通过采用冷墩挤压成型技术、优化加工工艺、表面减摩处理等工艺，提升产品加工性能的同时，使产品装配、工作性能指标达到进口ETG100特殊材料水平，使产品综合成本降低80%以上。⑥控制套局部镀层：采用电镀技术精确控制控制套锥面镀层：镀层厚度3.25～4μm，镀层薄膜硬度1000～1400HV，镀层结合力等级≤HF2，镀层后表面粗糙度增大＜Ra0.1。镀层合格率达到产业化要求。

1. **关键零部件开发**

**（1）环节描述及任务。**①喷油器体内部所有高压油区域粗糙度需要提升，以减少微裂纹，提升强度，保证寿命；在喷油器体内部布置蓄压腔，以减小喷射压力波动，提升喷油一致性。电磁铁部件通过新材料开发，提升电磁力，以提高喷油器响应速度。控制阀偶件的节流比例需与电磁铁、衔铁等组件进行匹配计算和验证，实现喷油器的快速响应，达到多次喷射。衔铁组件、控制阀偶件及喷油嘴偶件为喷油器里的运动件，运动副的导向面精度和形状需进行设计优化，以保证运动的灵活性，改善喷油器喷油一致性。②通过创新设计、控制阀实现自紧密封功能，同时通过精密的工艺控制方法，仍然能保证控制阀运动的灵活性不降低。③通过电磁力的仿真计算，确定最佳的结构设计，结合电磁阀工作过程中回油背压的影响，优化回油腔的结构，优化设计衔铁的结构。同时也可能在磁性材料方面进行研究以选择更优质的磁性材料，提升电磁阀的总体性能，同时控制生产零件制造误差对产品性能的影响。④为提高喷油器响应速度，需优化设计喷油器电磁阀部件电气性能参数，以提高电磁力、减小开启时间。针阀偶件密封锥面优化设计以提高密封能力与可靠性。⑤制订喷油器高速电磁铁技术标准和检测规范。⑥制订共轨喷油器用油嘴偶件的技术标准和检测规范。

**（2）具体目标**

①喷油器体高压部位粗糙度Ra0.8，每循环实现5次喷射；电磁力90N，响应时间＜200μs。控制阀液力与电磁力匹配后，可实现5次喷射/str。运动副圆柱度＜0.002mm。②控制阀密封能力达到国外同类产品相当水平，控制阀灵活性满足总体响应要求。③设计结构紧凑，满足轻中重型喷油器的安装要求，电磁力≥100N，开启延迟≤150us，关闭延迟≤100μs，可靠性寿命MTBF≥6000h。④电磁阀响应参数：电流响应时间＜100μs、衔铁开启时间≤275μs、电流关闭时间＜50μs、衔铁关闭时间＜200μs。⑤电磁铁规范。⑥油嘴偶件规范。

1. **示范应用**

**（1）环节描述及任务。**通过技术方面合作，引导上游企业及共轨企业自身突破瓶颈，使整体产业链在技术及质量上得到快速提升，进一步推进市场公平竞争的局面。

**（2）具体目标。**自主知识产权柴油燃油共轨系统年销售量达到30万台以上。

1. **共轨泵**
2. **工艺技术开发**

**（1）环节描述及任务。**①新工艺技术开发，主要包括：深孔锥面加工；滑动轴承内孔涂层；滚轮体与滚轮间间隙工艺；凸轮轴更高精度型线的加工。②精密磨削技术开发：主要用于柱塞珩磨以及高压控制阀锥面磨削；清洁度及去毛刺技术开发：保证高压泵装配前的清洁度；装配过程控制技术：提升装配合格率，提升高压泵一致性及生产总体效率。③柱塞偶件全自动配珩技术，使共轨柱塞偶件配合间隙更加合理；柱塞芯表面涂层技术；凸轮轴数控磨削，实现凹弧凸轮轴精密磨削；泵体加工完后高压清洗去微观毛刺技术，提升总成清洁度。

**（2）具体目标。**①凸轮表面粗糙度达到Rz0.8，直线度达到0.003。滚轮座内孔粗糙度Rz1.6、表面圆度0.0008，滚轮外圆粗糙度Rz0.8、表面圆度0.0005。前后轴承同轴度0.02。②关重工序过程能力达到1.33；装配前燃油腔零部件清洁度达到：金属颗粒最大尺寸＜0.35mm；润滑腔清洁度达到：金属颗粒最大尺寸＜0.5mm；一次性下线合格率：＞98%。③共轨柱塞偶件配珩技术，精确的控制运动副配合间隙在1.5～2.5μm。柱塞涂层后产品硬度可达到2300HV，镀层厚度在2～3μm，粘合力达到45N。凹弧凸轮轴的升程可达到15mm，满足180MPa及以上的泵端压力。泵体高压冲洗压力达到0.9MPa。

1. **制造检测装备**

**（1）环节描述及任务。**①制造设备：高精度的钻孔设备、ECM设备、高精度的超精磨床、EDM设备/激光打孔设备、高压喷油器综合性能测试试验台、高压耐久试验台架；检测设备：高精度的轮廓度检测仪、圆度检测仪、光学三坐标、高压性能测试试验台。②精密磨削控制：通过多头精密珩磨设备和锥面磨削设备，保证高压泵的建压能力和高压密封性；清洁度控制：通过机械、电化学、挤压研磨去毛刺，定点定位及柔性高压清洗机保证过程清洁度，使用碳氢清洗机保证装配前的清洁度，并在10万级清洁间完成最终装配。性能方面，通过多级过程控制的手段（如泵箱的燃油腔、润滑腔密封性；凸轮轴轴向窜动量；泵单元的高低压密封性；柱塞流量；总成密封性检测、性能检测等），在生产过程中对高压泵的各部件进行性能预检测，以保证过程能力和提高一次性下线合格率。

**（2）具体目标。**①制造设备加工精度需符合设计精度的1/5，检测设备精度需符合设计精度的1/10。实现设备多元化、保障可持续化，减少设备工装的换型时间。②柱塞孔圆柱度达到0.0015内，锥面圆度达到0.0015以内；性能试验后油泵燃油腔清洁度达到：金属颗粒最大尺寸＜0.35mm；一次性下线合格率：＞98%；过程数据实现追溯。

1. **关键材料开发**

**（1）环节描述及任务。**①关键零部件新材料开发，主要包括：凸轮轴、柱塞、出油阀、滚轮销等更高强度材料；滑动轴承材料；密封材料。②高压密封零部件材料及热处理开发，结合产品的应用环境，选择合适的材料及热处理方式，并确定结构构成。③提高共轨泵驱动系即凸轮轴的强度，满足共轨泵总成供油能力提升、轨压提高的要求。

**（2）具体目标。**①零件有限元计算的Mises应力小于材料的许用应力；柴机油混合密封圈耐磨性＞5亿次循环磨损；滑动轴承应承受转速5000r/min，2000h可靠性耐磨试验。②高压部分材料能够承受250MPa的疲劳脉冲。③凸轮轴屈服强度>900MPa。

1. **关键零部件开发**

**（1）环节描述及任务。**①油泵在轨压≥200MPa，发动机全速全负荷1000h和变速变负荷2000h情况下，各关键零部件无卡死、拉伤和异常磨损等。柱塞副应能防止柴油、机油混合。试验前后，油泵供油效率下降≤3%；关键零件开发：耐磨凸轮轴和滚轮；轴承。②结合结构仿真及耐久验证，开发能够适应180MPa及以上工作压力的高压零部件。③进油计量阀开发，开展平台化产品设计工作，进行产品可靠性、耐久性、一致性研究。④提升输油泵低速供油能力。

**（2）具体目标。**①凸轮轴：与轴承配合面粗糙度＜Ra0.1；轴承：滑动轴承同轴度＜φ0.02；滚轮和滚轮销：表面粗糙度Ra0.8且滚轮销表面涂层处理。②高压密封：200MPa压力下的密封压降小于0.45MPa/s；耐压能力：不小于250MPa。③进油计量阀：进油计量阀稳定轨压范围±10bar，额定电压12/24VDC，调制频率150~1000Hz，流量0~7L/min，工作压力范围2.5~12bar，内部泄漏量<0.024L/min，阀滞回值<10%；可靠性寿命MTBF≥6000h。④输油泵（发动机低速起动性能）：背压为0.1-0.2MPa，输油泵在转速为50~60r/min时，应有稳定可控的供油量（>0.25L/min）；在带有一定长度（>2m）的进油管和粗滤的状态下，输油泵在低速时（50~60r/min）的负压真空能力<-0.05MPa；更新输油泵行业生产标准，满足共轨系统使用要求。

1. **示范应用**

**（1）环节描述及任务。**通过技术方面合作，引导上游企业及共轨企业自身突破瓶颈，使整体产业链在技术及质量上得到快速提升，进一步推进市场公平竞争的局面。

**（2）具体目标。**自主知识产权柴油燃油共轨系统年销售量达到30万台以上。

1. **共轨管**
2. **关键材料开发**

**（1）环节描述及任务。**共轨管必须使用适当的材料，能够承受2500bar以上的压力。

**（2）具体目标。**共轨管材料能够承受2500bar以上的压力。

1. **关键零部件开发**

**（1）环节描述及任务。**①开启压力高、有效寿命长的安全阀。②量程宽泛、全量程准确性高、性能稳定的轨压传感器。

**（2）具体目标。**①开启压力：2200~2300bar；有效重复开启次数≥30次。②轨压传感器参数：工作温度：（-40~140）℃；最大安全承载压力：2500bar；传感器爆裂压力：4000bar；常温下传感器全量程测试精度：±1.1%；极限温度下传感器全量程测试精度：±2.0%。

1. **示范应用**

**（1）环节描述及任务。**通过技术方面合作，引导上游企业及共轨企业自身突破瓶颈，使整体产业链在技术及质量上得到快速提升，进一步推进市场公平竞争的局面。

**（2）具体目标。**自主知识产权柴油燃油共轨系统年销售量达到30万台以上。

1. **ECU**
2. **共轨系统综合性能提升**

**（1）环节描述及任务。**①ECU硬件设计与应用：以国际、行业标准为基础，结合行业共轨燃油系统应用需求与特点，采用新一代高性价比微处理器和电子元器件，实现设计、制造系列化的、性能与成本具有竞争力的系列化电控单元产品，不断提高行业保障能力和创新能力，建立系统的设计验证规范、流程。②ECU控制软件开发与应用：自主开发系统的、通用性与移植性强的基础软件。开发功能完整、符合排放控制、主机配套的应用层控制策略。完善故障诊断与故障处理措施，提高电控燃油系统运行可靠性、安全性。③ECU配套工具开发与应用：自主开发电控匹配标定软件开发与应用。生产数据管理、刷写工具开发与应用。售后服务、故障诊断工具开发与应用。④提升ECU性能，强化功能实现使发动机的工作状态不论是动力、排放、噪声以及舒适性都达到最佳。并且从功能控制方面还要满足不同车型的需求，为车厂或主机厂提供标定、在线数据管理、售后故障诊断和技术支持的全套的系统化的解决方案。

**（2）具体目标。**①工作温度范围：－40~95℃。工作电压范围：8V-32VDC。海拔适应范围：5000米以下。防护等级：IP67。质量要求：符合IPC-A-600/6011，6012。满足其它相关强制性标准要求。使用寿命：6000h或10万公里。适用的汽车级AEC-Q100。RoHS兼容。②采用符合OSEK或Autosar规范的嵌入式实时操作系统；符合CCP或XCP标准的在线标定协议；符合ISO15765、SAE-J1939的诊断通讯协议及多控制器数据交互能力。燃油系统：自适应轨压控制策略、多次喷油协同控制、喷油器油量一致性补偿与自学习功能等；空气系统：基于闭环修正的进气量、空燃比、EGR率控制；后处理系统：DOC、DPF、SCR集成控制策略；发动机：基于扭矩的发动机状态控制、起动控制、怠速控制；整车功能：定速巡航控制、车速限制、PTO等；空调、风扇等附件及热管理控制策略；完善的高温、高原、高寒环境修正、保护策略。排放标准所要求的OBD功能与能力；针对对电控系统传感器、执行器、关键零部件及发动机运行状态进行全面监控诊断；合理、及时的故障处理措施，针对高可靠性要求的设备电控系统具备热备份、热切换能力。③以国际标准通讯协议为基础，开发功能完备、易用、高效的匹配标定软件，结合自主知识产权主机、整车客户需求进行定制开发，适应市场需求，满足不同阶段匹配标定工作需要。针对电控单元生产、发动机生产热试、整车生产下线不同环节应用场景与需求，开发可定制的电控单元数据管理、数据刷写工具，能与主机厂生产管理系统进行集成。为主机厂、整车厂提供功能全面、形式多样的电控系统售后服务、故障诊断软件：包括手持设备、移动终端、远程监测等多样化应用形式；建立电控燃油系统、发动机、车辆诊断数据库，建立故障预警、诊断数据库及智能专家系统。④ECU软件功能模块实现：整车及发动机状态管理以及故障诊断系统功能；燃油系统驱动、空气系统驱动、后处理系统（SCR、DPF）驱动；喷油器油量修正（IQA）功能。实现发动机多缸（≥8缸）控制。

1. **示范应用**

**（1）环节描述及任务。**通过技术方面合作，引导上游企业及共轨企业自身突破瓶颈，使整体产业链在技术及质量上得到快速提升，进一步推进市场公平竞争的局面。

**（2）具体目标。**自主知识产权柴油燃油共轨系统年销售量达到30万台以上。

1. 咨询电话

中国内燃机工业协会 孙奎崧 010-68535680

附：发动机电喷系统“一条龙”应用计划申报书

附

**发动机电喷系统“一条龙”应用计划申报书**

企业名称：

项目名称：

责任人（法人代表）：

项目技术负责人：

实施年限：20 年 月 至 20 年 月

填报日期：20 年 月 日

中华人民共和国工业和信息化部制

二〇一八年六月

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 单位名称 |  | | | 注册地 | |  | | 机构代码 |  |
| 项目名称 |  | | 项目实施期 | | | 年 月 至 年 月 | | | |
| 所属产业链 | □ 共轨喷油器 | | | | □ 共轨泵 | | | | |
| □ 共轨管 | | | | □ ECU | | | | |
| 所属产业链  关键环节 | □ 共轨系统综合性能提升 □ 工艺技术开发 □ 制造检测装备  □ 关键材料开发 □ 关键零部件开发 □ 示范应用 | | | | | | | | |
| 所属整机产品 |  | | | | | | | | |
| 主要负责人 |  | 联系电话（手机） | | | | |  | | |
| 电子邮箱 |  | 传 真 | | | | |  | | |
| 参与单位满足所属“一条龙”环节供需概述（包括：   1. 企业基本情况； 2. 重点产品、工艺符合性质，与“一条龙”其他环节在产品、工艺上的直接关联性； 3. 创新能力、产品技术和工艺水平领先情况； 4. 对产业链上游的需求，以及对下游可提供的产品或服务；近年来企业产品和技术实际使用和应用情况； 5. 近三年经营业绩，遵纪守法情况，管理制度建设情况，包括不限于以下内容：   **2015、2016、2017年企业情况**   |  |  | | --- | --- | | 技术 | 研发投入占营收比例 | | 当年申请专利数，截至年底累计授权专利数 | | 市场 | 细分领域市场份额、市场排名 | | 财务 | 总资产 | | 资产负债率 | | 年度营业收入 | | 年度净利润 |  1. 企业参与“一条龙”应用计划的运行工作机制及措施； 2. 推荐的龙头企业、参与单位和示范工程； 3. 存在的问题和建议等）。 | | | | | | | | | |
| 项目基本情况（总投资、主要建设内容、预期效果等），并填写下表  **项目目前情况**   |  |  | | --- | --- | | 项目成熟度 | 是否已经完成可研 | | 项目总投资 | 总投资额 | | 项目资本金 | 项目资本金额度 | | | | | | | | | | |
| 参与单位  自评意见 | 本单位承诺申报内容真实有效。  法定代表人（签字）： （盖章）  年 月 日 | | | | | | | | |