|  |  |
| --- | --- |
| **申报编号：** |  |

国家重点研发计划

项目申报书

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 项目名称： | 出口电站锅炉和工程机械能效与安全关键技术研究 | | |
|  |  | | |
| 所属专项： | 国家技术性贸易措施研究及应用（TTM） | | |
| 指南方向： | 出口电站锅炉和工程机械能效与安全关键技术研究 | | |
| 专业机构： |  | | |
| 推荐单位： | 国家质量监督检验检疫总局 | | |
|  |  | | |
| 申报单位： | 四川出入境检验检疫局  检验检疫技术中心 | （公章） |  |
| 项目负责人： | 邓 勇 | | |

**中华人民共和国科学技术部制**

**二Ο一七年七月二十五日**

**填报说明**

一、填写说明

1、申报书填写应以预申报书内容为基础，不得降低考核指标，不得自行调整主要研究内容，但可进一步具体细化。

2. 项目申报书分为“国内外现状及趋势分析”、“研究目标及内容”、“申报单位及参与单位研究基础”、“进度安排”、“项目组织实施、保障措施及风险分析”、“研究团队”、“经费预算”和“指南所要求的附件”八个部分。

申报书的内容将作为项目评审、以及签订任务书的重要依据，申报书的各项填报内容须实事求是、准确完整、层次清晰。

3、请申报单位认真阅读指南，所申报的项目研究内容须对应指南、符合指南的要求。

4、项目名称应清晰、准确反映研究内容，项目名称不宜宽泛。

5、申报单位通过国家科技管理信息系统按照系统提示在线填写申报书。申报书标题统一用黑体四号字，申报书正文部分统一用宋体小四号字填写。正文（包括标题）行距为1.5倍。凡不填写的内容，请用“无”表示。

6、外来语要同时用原文和中文表达，第一次出现的缩略词，须注明全称。

7、申报书中的单位名称，请填写全称，并与单位公章一致。

二、申报说明

申报单位对申报材料的真实性、完整性负责。

请申报单位审核、确认申报材料后，网上提交并在线打印，将加盖公章后的纸质申报材料（含光盘）按要求寄送或提交到指定地点。

所有申报材料统一装订成一册（双面打印），请勿另行添加其他材料。

**项目基本信息表**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 项目名称 | | | | 出口电站锅炉和工程机械能效与安全关键技术研究 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 所属专项 | | | | 国家技术性贸易措施研究及应用（TTM） | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 指南方向 | | | | 出口电站锅炉和工程机械能效与安全关键技术研究 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 项目类型 | | | | □基础前沿 ■重大共性关键技术 □应用示范研究 □其他  （建议采取自动匹配或下拉菜单方式确定项目类型） | | | | | | | | | | | | | | | | |
| □青年项目 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 经费需求 | | | | 总需求4721.8万元，其中申请中央财政专项经费3588.8万元 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 执行周期 | | | | 2018年1月 ——2022年12月， 共60月 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 项目  申报  单位 | 单位名称 | | | | | 四川出入境检验检疫局检验检疫技术中心 | | | | | | 单位性质 | | | | | | 事业单位 | | |
| 单位所在地 | | | | | 四川省成都市武侯区 | | | | | | 组织机构代码 | | | | | | 12100000717808189L | | |
| 通信地址 | | | | | 四川省成都市一环路南四段28号 | | | | | | 邮政编码 | | | | | | 610041 | | |
| 推荐  单位 | 国家质量监督检验检疫总局 | | | | | | | | | 推荐单位  性质 | | | | ■部门 □地方 □行业协会 □产业技术创新战略联盟 | | | | | | |
| 项目  负责  人 | 姓 名 | | | | | 邓勇 | | 性 别 | | ■男□女 | | | | 出生日期 | | | | | 1969-04-25 | |
| 证件类型 | | | | | 身份证 | | 证件号码 | | 510212196904250314 | | | | | | | | | | |
| 所在单位 | | | | | 四川出入境检验检疫局检验检疫技术中心 | | | | | | | | | | | | | | |
| 最高学位 | | | | | □博士 □硕士 ■学士 □其他 | | | | | | | | | | | | | | |
| 职 称 | | | | | ■高级 □中级 □初级 □其他 | | | | | | | | 职务 | | |  | | | |
| 电子邮箱 | | | | | dbcdengyong@126.com | | | | 移动电话 | | | | 13648004988 | | | | | | |
| 项目  联系  人 | 姓 名 | | | | | 徐畅 | | 电子邮箱 | | | | 45274809@qq.com | | | | | | | | |
| 固定电话 | | | | | 028-65291891 | | 移动电话 | | | | 18682759929 | | | | | | | | |
| 证件类型 | | | | | 身份证 | | 证件号码 | | | | 513622198210297499 | | | | | | | | |
| 项目  任务(课题)  分解 | 序号 | | 任务(课题)名称 | | | | 任务(课题)  牵头单位 | | | | 任务(课题)  负责人 | | | | 任务总经费（万元） | | | | | 其中申请专项经费（万元） |
| 1 | | 基于提升发电机组能效及安全性的更高参数锅炉关键技术研究 | | | | 东方电气集团东方锅炉股份有限公司 | | | | 莫春鸿 | | | | 900 | | | | | 500 |
| 2 | | 电站锅炉用新型耐热材料高温运行安全性评估 | | | | 四川出入境检验检疫局检测检疫技术中心  东方电气集团东方锅炉股份有限公司 | | | | 邓勇  李健 | | | | 1240.8 | | | | | 1062.8 |
| 3 | | 面向电站锅炉关键部件运行安全稳定性的自动化制造技术研究 | | | | 东方电气集团东方锅炉股份有限公司 | | | | 张涛 | | | | 1081 | | | | | 526 |
| 4 | | 工程机械能效与环境影响监测技术研究 | | | | 苏州出入境检验检疫局综合技术中心 | | | | 唐又红 | | | | 300 | | | | | 300 |
| 5 | | 工程机械安全与寿命监测技术研究 | | | | 南京航空航天大学 | | | | 徐锋 | | | | 200 | | | | | 200 |
| 6 | | 工程机械关键零部件安全修复再制造及检测方法研究 | | | | 江南大学 | | | | 武美萍 | | | | 1000 | | | | | 1000 |
| 参与单位 | 序号 | 单位名称 | | | | | | | 单位性质 | | | | | | | 组织机构代码 | | | | |
| 1 | 四川出入境检验检疫局检测检疫技术中心 | | | | | | | 其他事业单位 | | | | | | | 12100000717808189L | | | | |
| 2 | 东方电气集团东方锅炉股份有限公司 | | | | | | | 国有企业 | | | | | | | 915103006207291851 | | | | |
| 3 | 苏州出入境检验检疫局检验检疫综合技术中心 | | | | | | | 其他事业单位 | | | | | | | 111000004662075N | | | | |
| 4 | 江南大学 | | | | | | | 大专院校 | | | | | | | 71780177-X | | | | |
| 5 | 南京航空航天大学 | | | | | | | 大专院校 | | | | | | | 12100000466006826U | | | | |
| 6 | 南昌航空大学 | | | | | | | 大专院校 | | | | | | |  | | | | |
| 7 | 三一重机股份有限公司 | | | | | | | 民营企业 | | | | | | | 753205545 | | | | |
| 8 | 一汽解放汽车有限公司无锡柴油机厂 | | | | | | | 国有企业 | | | | | | | 748159222 | | | | |
| 任务（课题）数 | | | | | 6 | | | | 所有单位数 | | | | 8 | | | | | | | |

**申报项目简介**

**研究背景**

机电类产品20多年来一直是我国出口金额最大的一类产品，随着经济全球化的不断深化，中国制造“走出去”的步伐越来越快，在各国家和地区的建设工地上，中国大型机械设备的身影越来越多，特别是电力装备和大型工程机械。根据中国机电产品进出口商会等机构公布的数据，2014年我国电力装备出口额约301亿美元，2015年393 亿美元，2016年与2015年基本持平；2014年我国工程机械出口总额197.92亿美元，2015年189.7亿美元，2016年169.6亿美元。未来我国电力装备和大型工程机械的出口市场前景非常广阔。

尽管如此，目前我国电力装备和大型工程机械的出口份额仍然较低，且工程机械的出口额逐年下降，这与我们制造大国的地位严重不符，造成这种问题的主要原因是受限于发达国家的技术贸易壁垒。当前，我国正值科技创新驱动、经济转型升级、外贸提质增效以及深度参与和引领全球治理的重要战略机遇期，同时面临严峻的非传统安全形势和巨大的外贸下行压力，出口产品遭遇国外技术性贸易措施影响严重。欧美关于进口设备的要求非常严格，不仅要求设备运行安全可靠、使用寿命可预测，而且要求设备低碳排放、绿色制造、维护成本低等。例如欧洲的压力设备规范PED和EN12952，美国机械工程师学会（ASME）等规范，均在材料、设计、制造工艺、能效、检测与安全环保等方面形成了较高的技术壁垒，限制了我国大型装备的出口。随着改革开放的持续深化和“十三五”规划的顺利推进，我国大型装备制造业迎来了新的发展机遇，如何攻破欧美发达国家对我国电力装备和大型工程机械出口设置的技术壁垒，从而促进我国高端制造业的对外输出成为目前对外贸易的重要课题。

**研究目标**

本项目立足于提升技术性贸易措施应用效能，全面提高我国电站设备和工程机械的出口份额，开展“出口电站锅炉和工程机械能效与安全关键技术研究”，针对出口电站锅炉和工程机械，研究基于提升发电机组能效及安全性的更高参数锅炉关键技术，掌握国际先进的锅炉技术，针对出口电站锅炉和工程机械，从提升出口电站锅炉和工程机械能效与安全性研究入手，破除主要贸易国家在高端制造业领域的技术壁垒、提升我国制造产业的产品竞争力、建立更为完善的高端成套设备技术规范，全面提升我国制造业的竞争力。

**研究内容**

分析对比适用电站设备和工程机械进出口贸易的国际主要技术规范及标准，提出我国相应解决方案和实施办法；研究更高参数锅炉关键技术，形成安全、经济、先进的技术方案；研究新型耐热材料高温长时性能测评方法，形成新型耐热材料焊接热处理新工艺，构建对应数据库；研制锅炉接管座自动化焊接设备、锅炉管接头自动备料线和锅炉厚壁中频感应自动预后热设备；研究工程机械运行过程能耗建模、碳足迹量化评估与监测技术，构建工程机械节能低碳性能分析与评估指标，开发高端机械设备低碳数据感知与环境影响监测平台；开展基于故障诊断的工程机械设备失效风险分析，解决面向工程机械设备的无损检测关键技术问题，搭建高端成套设备状态评估和安全使用寿命预测系统；研究再制造毛坯损伤及剩余寿命预测机制，优化面向提高修复质量的激光熔覆再制造工艺，开发研究面向高端成套设备的在线状态监测和健康管理系统，建立再制造热-疲劳耦合损伤评估规范。

**技术路线**

本课题分三个层次6个子课题进行研究：第一层次是总体技术方案研究，对比分析国际主要强制规范与中国标准的差异，确定总体技术方案、新材料种类、新部件结构形式，总领新材料及新制造工艺研究；第二层次是关键核心技术研究，在前面分析研究的基础上进行新材料、新工艺、新装备的研发，解决产品制造过程中的实际问题；对成套设备的关键零部件寿命进行分析研究，对失效机理进行研究，对再制造构件进行研究，同时对适用的检测技术进行研究，开发智能检测系统；第三层次是应用型研究，将开发的新材料、新工艺、新装备在实际生产中批量应用、推广，并研发一批新的检测技术和检测装备，在实际生产中推广应用，实现科研成果的转化。

**研究基础和团队**

本项目由四川出入境检验检疫局牵头组织，联合东方电气集团东方锅炉股份有限公司、江南大学、苏州出入境检验检疫局、南京航空航天大学等产学研各类型优质资源共同研究。相关单位长期从事高端成套设备的研发、生产、检验检测、新技术新设备开发等工作，多次组织承担国家级科研项目，实力雄厚，为项目的实施奠定了良好基础。

**预期成果和效益**

(1) 完成更高参数锅炉技术方案，包括总体设计方案、新材料种类、新部件结构形式；

(2) 完成S31035和 G115两种耐热新材料长时时效和抗氧化数据积累，并开发焊接热处理工艺。研发集箱自动化制造设备/装置4套。应用新材料、新技术和新研发的制造设备及工艺，示范制造S31035高温过热器管屏和G115高温过热器集箱各一套；

(3)完成国外机械类产品碳足迹/环境足迹评价与碳标签体系技术贸易措施研究报告1份，建立低碳性能评估体系1套，能耗、碳足迹、能效在线监控系统2-3套，建立节能低碳性能分析与评估系统2-3套；

(4)建立工程设备状态评估模型1个、设备寿命损耗的预测模型1个，形成成熟的机械设备失效分析和风险分析技术体系1套，形成对损伤的定位成像及可视化技术体系1套；

(5)构建全信息基础数据库1套，综合数据库管理系统1个，再制造毛坯检测与质量评价规范1个，检测技术与方法、寿命预测模型、损伤评估模型等3个。

在上述研究基础上培养博士研究生4~6名，硕士研究生10~15名，发表高水平论文50篇以上，申请专利20项以上，完成相关标准、报告、手册、技术说明等12项以上，申获省部级奖励5项以上。

**第一部分 国内外现状及趋势分析**

**1、在电站设备领域，更高参数机组走出去代表中国制造的技术先进性，是改变中国电力装备制造低端的主要途径。**

世界范围内已投运的大容量发电机组参数主要集中在600℃超超临界，近几年中国也建设了几十台600℃高效超超临界机组。目前美国、日本、欧洲以及国内都在投入大量的人力和物力开展700℃机组研究，然而因受压件需要使用大量昂贵的镍基合金，而且这些材料的生产能力目前尚不能完全满足锅炉部件设计需求，特别是不能满足大管道、集箱的设计需求，进展缓慢。700℃机组是研究的终极目标但在较长的时间范围内无法实现工程应用，因此提出分阶段提升参数研究，亦即630℃参数机组。630℃与600℃机组锅炉相比，主蒸汽压力、主蒸汽温度以及再热蒸汽温度全面提升，对机组效率提升有更大的贡献，研制成功后有望将中国发电设备品牌影响力，在世界范围内形成竞争力，带动本行业以及相关钢铁行业强力发展。

**2、各现役耐热钢已无法完全满足更高参数的超超临界机组锅炉高温部件工况要求，而新型耐热钢是更高参数锅炉开发中不可缺少的一项关键性技术；对新型耐热钢，乃至新型耐热钢部件在高温运行工况下的安全性评估是出口更高参数锅炉设备的主要关注点。**

现有电站锅炉高等级成熟的材料为T/P92、S30432（Super304H）、TP310HCbN（HR3C），随着参数进一步提升，受许用应力不足或温度使用限制，无法完全满足高温部件工况要求，主要体现为高温过热器受热面和高温过热器集箱的管材无材料可用。通过对数种新型耐热材料的甄选，目前候选材料为中国自主研制的马氏体耐热钢G115和ASME纳标材料S31035。

现在国、内外对以上两种新型耐热钢的研究主要是针对材料的高温持久/蠕变强度，但对新型耐热钢、乃至新型耐热钢部件在高温运行工况下的安全性评估是整个行业空缺。此类安全评估工作涉及：新型耐热材料在疲劳、抗蒸汽氧化、抗烟气/煤灰腐蚀等工况的运行安全性、匹配焊材及焊接工艺安全性及高温强度评估、整体部件的运行安全性。只有在对新型耐热材料进行系统安全评估后，结合成套的制造工艺，完善设计和制造中的应对措施，才能实现新型耐热材料在锅炉的运用，最终推动更高参数锅炉设备的出口。

**3、锅炉关键部件运行安全稳定性是出口电站设备的主要关注点，现有技术手段难以保障安全稳定性对出口产生重要影响，自动化制造技术应用可为此提供保障。**

电站机组是一项复杂的系统工程，就设备稳定运行而言，系统中每一个要素均至关重要。作为设备三大核心组成部分之一，锅炉部件承受高温高压，整体结构为焊接结构，其安全稳定性直接制约整套设备的安全稳定性。集箱是锅炉的核心部件，其结构主要特点为壁厚较厚，管接头密集分布结构应力较大，厚壁结构泄漏易发生脆性断裂，对机组运行安全性产生重大影响，且存在修复困难的问题，亦对机组运行稳定性产生影响。在锅炉制造过程中，焊接、机加、冷作多种加工方式并存，焊接工序是锅炉制造的主要工序，虽然锅炉焊缝经过多次检验检测（如无损探伤、水压试验等）确保产品整体制造质量可控，但在锅炉运行时发现，焊缝依然是泄漏发生的主要位置。究其原因，锅炉焊接长期采用手工焊接的作业方式，焊接过程不够稳定，焊接技术方法落后是导致该问题发生的主要原因，只有在焊接前和焊接过程中应用自动化的技术手段，采用自动化的制造技术才能从根本上解决锅炉关键部件的安全稳定性，其中集箱部件尤为迫切。

**4、当前的研究对整个机械设备运行过程的能效研究还不够深入，缺乏从系统建模的角度揭示机械设备运行等复杂能耗过程的研究**

在工程机械能效与环境影响监测技术研究方面，美国等发达国家，一些学者主要从三个角度进行了研究，分别是提高柴油机和液压元件的性能、改善液压系统与改善柴油液压系统执行器的动力匹配，并针对工程机械的周期运动开发了混合动力系统的能量回收装置，以实现设备运行过程的节能高效。在国内，目前研究主要集中在工程机械发动机的能量节约方面，并根据发动机失活技术提出了低载荷下发动机的能源管理方法。但是，当前的研究对整个机械设备运行过程的能效研究还不够深入，缺乏从系统建模的角度揭示机械设备运行等复杂能耗过程的研究。

**5、国内涉及失效分析的相关研究都是针对特定设备，对机械设备的故障实时监测以及基于故障监测的工程机械设备失效风险分析存在较大不足。**

在工程机械安全与寿命监测技术研究领域，国外学者针对故障诊断和设备失效分析，建立了大量的失效分析模型，搭建了设备运行故障诊断专家系统，基于设备故障实时监测结果预测设备安全使用寿命。国内涉及失效分析的相关研究都是针对特定设备，对机械设备的故障实时监测以及基于故障监测的工程机械设备失效风险分析存在较大不足。寿命预测模型大多属于静态预测，没有考虑动态新信息对未来发展趋势的潜在影响。

**6、我国当前对再制造技术的研究主要集中在经济效益方面，关于资源效益和环境效益的研究较少，特别是普遍缺乏定量的评估模型。**

关于工程机械关键零部件安全修复再制造及检测方法研究方面，欧美发达国家对于工程机械零部件回收与再制造研究起步较早且发展迅速，目前已形成了规模庞大的产业群。而我国当前的研究主要集中在经济效益方面，关于资源效益和环境效益的研究较少，特别是普遍缺乏定量的评估模型。并且很难定性或定量地衡量退役产品的回收再制造对资源、环境及经济带来的影响。

**表1 国外从事相关研究的主要机构（不超过5家）**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **机构名称** | **相关研究内容** | **相关研究**  **成果** | **成果应用情况** | **本项目与国外机构相关研究内容自评价**  （请在框里打√） |
| **1** | 美国机械工程师协会 (ASME, American Society of Mechanical Engineers） | ASME主要从事发展机械工程及其有关领域的科学技术，鼓励基础研究，促进学术交流，发展与其他工程学、协会的合作，开展标准化活动，制定机械规范和标准。 | ASME第I卷，第Ⅱ卷A/B/C/D篇、第Ⅳ卷、第Ⅴ卷、第Ⅷ卷1/2/3篇等等 | ASME拥有工业和制造行业的600项标准和编码，这些标准在全球90多个国家被采用，被认为是业内最高水平的学术组织 | □领跑□并跑☑跟跑 |
| **2** | 美国国家标准技术研究院 | 制造过程碳排放分析研究 | 将“公差”  的概念引入用于描述碳排放数据的统计值 | 暂无应用成果。 | □领跑□并跑☑跟跑 |
| **3** | 麻省理工学院 | 开展产品设计、制造及产品生命终期阶段产生的资源环境影响 | 制造工艺环境分析、产品回收系统、生产使用效率 | 暂无应用成果。 | □领跑□并跑☑跟跑 |
| **4** | 卡内基梅隆大学 | 生命周期评价、能源和环境 | 在生命周期评价方面开发了一套基于网络的LCA软件 | 暂无应用成果。 | □领跑□并跑☑跟跑 |

**表2 国内从事相关研究的主要机构（不超过5家）**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **机构名称** | **相关研究内容** | **相关研究成果** | **成果应用情况** |
| 1 | 中国特种设备检测研究院 | 特种设备相关技术研究 | 标准法规，检验技术 | 特种设备标准法规检测技术全国应用 |
| 2 | 《国内外特种设备标准法规比较研究》系列丛书编委会 | 对锅炉、压力容器、压力管道等特种涉笔的设计、制造、安装、使用、检验、监管等国内国际标准进行分析。 | 出版《国内外特种设备标准法规综论》 | 《国内外特种设备标准法规综论》发布，供国内相关单位使用。 |
| 3 | 上海锅炉厂有限公司 | 在高参数锅炉新材料项目中和东方锅炉在国内属于联合开发阶段，正在开展候选耐热钢材料的应用研究工作。 | 暂无研究成果。 | 暂无工程应用情况。 |
| 4 | 装甲兵工程学院装备再制造技术国防科技重点实验室 | 再制造表面优化以及工艺参数，可行性分析以及智能再制造等 | 已成功应用于实际生产 | 成功对部分装备进行再制造 |
| 5 | 南京航空航天大学机械结构力学及控制国家重点实验室 | 利用高分辨率的激光超声检测，分析了使用频率波数域过滤入射波的方法存在的缺点。 | 提出了对反射波场进行二次过滤的方法，实现了铝板中超声导波波场的可视化。 | 暂无工程应用情况 |

**表3 项目研发相关的主要文献、专利、标准（不超过10项）**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **类型（文献、专利、标准）** | **名称** | **机构** | **作者** |
| 1 | 文献 | 《国内外特种设备标准法规综论》 | 《国内外特种设备标准法规比较研究》系列丛书编委 | 陈钢、谢铁军、宋继红、林伟明等 |
| 2 | 文献 | 焊接材料对Sanicro25/T92异种钢接头组织及力学性能的影响 | 神华国华(北京)电力研究院有限公司；  天津大学材料科学与工程学院 | 王斌； 梁军； 荆洪阳； 徐连勇； 赵雷； 王永发 |
| 3 | 文献 | Hot Deformation Behavior of a New 9%Cr Heat Resistant Steel G115 | Key Laboratory of Advanced Material of Ministry of Eclucation of China, School of Materials Science and Engineering,Tsinghua University；  Institute for Special Steels,China Iron and Steel Research Institute | YAN Peng； LIU Zheng-dong； LIU Wei； BAO Han-sheng； WENG Yu-qing |
| 4 | 文献 | 应变时效对压力容器用钢使用性能的影响 | [J]. 压力容器 | 霍立兴 |
| 5 | 文献 | 钢的纯净化是压力容器安全的重要保证 | [J]. 机械工程材料 | 柳曾典 |
| 6 | 文献 | 压力管道安全检测与评价技术研究 | [J]. 中国特种设备安全 | 沈功田, 陶雪荣 |
| 7 | 文献 | HAZOP/事故树综合安全评价模型研究与实现 | [D]. 大连: 大连理工大学 | 吴学彬 |
| 8 | 文献 | 基于模糊 Bow-tie 模型的深水海底管道定量风险评价研究 | [J]. 中国安全科学学报 | 胡显伟, 段梦兰, 官耀华 |
| 9 | 文献 | 疲劳研究的历史问题 | [J]. 材料科学与工程 | 郑冶沙, 王中光 |
| 10 | 标准 | GB/T 28618-2012 机械产品再制造通用技术要求 | 全国绿色制造技术标准化技术委员会 | - |

**第二部分 研究目标及内容**

一、项目目标及考核指标

（一）申报项目与所属指南方向的关联关系

“国家技术性贸易措施研究及应用（TTM）”主要任务之一就是通过对国内外技术性贸易措施的研究，找出差异，破解壁垒，打破国外的技术垄断，进一步促进我国产品的出口，促进国民经济健康快速的发展。

我国大型电站设备的生产技术水平已经达到世界先进水平，产能大量空置，急需进一步打开出口的道路，2014年，我国电力装备出口301亿美元（其中含57亿输变电项目），约2000万千瓦，2015年约393 亿美元，签约额较上年同比增长30%，签约发电项目装机容量达到2900 万千瓦，2016年只统计了1-10月的数据：出口330亿美元，估计全年与2015持平；另外，2014年我国工程机械出口总额197.92亿美元，同比增长1.33%，2015年189.7亿美元，同比下降4.15%，2016年169.6亿美元，同比下降10.6%。由此可见，目前我国电力装备和大型工程机械的出口份额仍然较低，且工程机械的出口额逐年下降，这与我们制造大国的地位严重不符。

本课题研究630℃机组锅炉技术，将锅炉过热汽及再热汽参数全面提升，对机组效率提升有更大贡献。630℃机组锅炉研发成功后在国际范围发电领域起到技术引领作用，提升中国发电设备品牌影响力，提升国际社会对中国制造信心，强力助推中国发电设备走出去；使中国先进锅炉技术研发具有延续性，为700℃机组研发以及该技术领域的远期领跑夯实基础；有望强力推行中国标准，突破出口技术壁垒，力争摆脱出口电站锅炉出口需要ASME认证，大力推行中国牌号钢材，降低产品成本，提升出口产品成本优势。

本课题分三个层次6个子课题进行研究：第一层次是总体技术方案研究，对比分析国际主要强制规范与中国标准的差异，确定总体设计、新材料种类、新部件结构形式，总领新材料及新制造工艺研究；第二层次是关键核心技术研究，在前面分析研究的基础上进行新材料、新工艺、新装备的研发，解决产品制造过程中的实际问题；对工程机械的关键零部件寿命进行分析研究，对失效机理进行研究，对再制造构件进行研究，同时开发对再制造件的检测技术；第三层次是应用型研究，将开发的新材料、新工艺、新装备在实际生产中批量应用、推广，实现科研成果的转化。

（二）项目目标及考核指标、评测方式/方法

限2000字以内（不包括表格），并填写下表。

1.项目目标：

为全面提升我国电站设备和工程机械的出口份额，巩固我国制造大国的地位，本项目针对大型成套电站设备和大型工程机械，开展“出口电站锅炉和工程机械能效与安全关键技术研究，通过新材料、新工艺、新装备的研发，破除主要贸易国家在高端制造业领域的技术壁垒、提升我国制造产业的产品竞争力、建立更为完善的高端成套设备技术规范，从而提升我国制造产业的产品竞争力。具体目标如下：

（1）更高参数630℃锅炉研制将主蒸汽压力、主蒸汽温度以及再热蒸汽温度全面提升，更大提升机组效率。研制完成更高参数锅炉技术设计方案，包括总体设计、新材料种类、新部件结构形式，总领新材料及新制造工艺研究。

（2）针对新型耐热材料缺少在高温运行工况下的安全性评估的问题，通过对新材料G115和S31035开展系统化的研究，完成两种新材料高温时效后性能数据、长时抗氧化数据、抗烟气/煤灰腐蚀数据及G115厚壁管疲劳数据的积累及分析；完成两种新材料焊接及热处理工艺开发；完成采用配套焊接工艺的焊接接头的高温持久试验及分析；应用S31035和G115两种耐热新材料、采用焊接/热处理新工艺、示范制造整体部件。

（3）针对电站锅炉关键部件存在的运行安全稳定性问题，通过自动化制造技术提升制造过程稳定性，对集箱制造工序自动化能力提升进行研究，完成接管自动焊接、自动预后热、备料自动化等多项自动加工技术研究，完成4套设备开发并应用于电站装备制造，形成4项相应总结报告。

（4）针对欧美国家对大型设备提出低碳排放、绿色制造标准，研究工程机械的能效分析及环境影响评估技术，破解西方国家的技术贸易措施。通过解决工程机械能耗/碳排放模型构建问题，解决工程机械运行过程能效建模分析问题，实现数据感知驱动的工程机械状态预测与环境影响分析，达成绿色制造、低碳排放的目标。

（5）针对大型机械设备失效的损伤大、伤害重等特点，研究设备的失效风险、预测设备安全寿命，对制定设备的维修维护策略尤为重要。通过解决工程机械设备故障低频信号检测分析问题及失效风险等级评价体系的建立问题，解决损伤定位成像波场可视化问题及实时检测中微弱信号的检测问题，破解不确定性问题下状态评估模型的构建及设备安全使用寿命模型的构建难题，降低大型设备的安全风险。

（6）针对再制造料件的多样性以及材料及工艺的不确定性的问题，基于不同再制造料件的整体分析与综合，解决废旧产品材料基体疲劳损伤与失效程度的数学描述问题，解决热损伤的识别与评估建模问题，研究热损伤与疲劳损伤的相互作用对再制造产品寿命的影响机理，实现对再制造料件的质量评估及再制造产品的寿命预测。

**2.**考核指标及测评方法

本项目六个子课题的具体考核指标及测评方法如下：

（1）完成更高参数锅炉技术设计方案报告1份、锅炉说明书1份、总体布置图1套、关键部件设计图1套，发表论文2-5篇、申请专利2-4项。

（2）开展系统试验工作，并对数据进行分析和研究，完成总结报告6份；应用新材料和新工艺示范制造S31035高温过热器管屏和G115高温过热器集箱各1套应用于产品中。

（3）开发4套自动加工设备应用于生产实践，完成对应总结报告4份。

（4）完成国外机械类产品碳足迹/环境足迹评价与碳标签体系技术贸易措施研究报告1份，提出工程机械运行过程能耗模型、碳足迹量化评估方法，开发设备运行过程能耗、碳足迹、能效在线监控系统2-3套；建立工程机械节能低碳性能分析与评估系统2-3套；申请专利及国家软件著作权4-8项。培养博士研究生1~2名，硕士研究生3~5名，发表高水平论文5-10篇。

（5）建立设备状态评估模型1个；建立可以有效预测工程机械寿命损耗的预测模型1个；形成针对大类设备的检测和寿命评估技术体系1套；形成成熟的机械设备失效分析和风险分析技术体系1套；完善激光超声无损检测技术，研究并形成对损伤的定位成像及可视化技术体系1套；申请专利及国家软件著作权5项。发表高水平论文5-10篇；制定设备检修和更换标准及参与标准修制订1-2项。

（6）工程机械的全信息基础数据库一套，包括力学信息数据库1个、材料信息数据库1个、再制造工艺数据库1个、设备未来健康状态预测数据库1个；面向设备健康状态的综合数据库管理系统1个；再制造毛坯检测技术2项；再制造毛坯检测与质量评价规范1个；再制造毛坯损伤及剩余寿命预测模型一个；再制造热-疲劳耦合损伤评估模型一个；热损伤耦合的再制造寿命评估方法及模型；培养博士研究生3~5名，硕士研究生10~15名，发表高水平论文20-30篇。

**表4 项目目标、成果与考核指标表**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 项目目标1 | 成果名称 | 成果  类型 | 对应的课题（任务）2 | 考核指标3 | | | | 考核方式（方法）及评价手段5 |
| 指标  名称 | 立项时已有指标值/状态 | 中期指标值/状态4 | 完成时指标值/状态 |
| 1）研究基于提升发电机组能效及安全性的更高参数锅炉关键技术，掌握国际先进的锅炉技术。  2）通过对强制性规范的解析，提出关键核心技术研究，在前面分析研究的基础上进行新材料，新工艺，新装备的研发，解决产品制造过程中的问题；对成套设备的关键零部件寿命进行分析研究，对失效机理进行研究，对再制造构件进行研究，建立多套模型，用于描述和预测构件状态，同时对适用检测技术进行研究，开发智能检测系统；；  3)研发出来的新材料，新技术，新装备的应用型示范研究，是将开发出来的新材料，新技术，新装备在实际生产中应用，推广，实实在在的在生产中去检验，一是能够制造出来新产品，达到预期效果，同时将部件和产品应用到实际工程中去应用。 | 1基于提升发电机组能效、环保及安全性的高参数锅炉关键技术研究 | □新理论 □新原理 □新产品 ■新技术 □新方法 □关键部件 □数据库 □软件 □应用解决方案 □实验装置/系统 □工程工艺 □标准□专利 □论文□其他 | 课题1 | 指标1.1  锅炉设计方案报告 | 部分资料可以参考 | 完成锅炉性能设计方案 | 完成锅炉性能设计方案、新材料选择、以及新结构设计 | 组织专家评审 |
| 指标1.2  锅炉说明书 | 部分资料可以参考 | 完成关键条款基础编制 | 完成全部条款编制 | 组织专家评审 |
| 指标1.3  锅炉总体布置图 | 部分资料可以参考 | 完成框架结构布置 | 完成包括受热面、钢结构在内的细部结构完善的总体布置图。 | 组织专家评审 |
| 指标1.4  关键部件设计图1套 | 部分资料可以参考 | 完成关键部件技术设计图 | 完成关键部件施工设计图，具备生产条件 | 组织专家评审 |
| 2新型耐热材料的基础数据及制造工艺技术 | □新理论 □新原理 □新产品 ■新技术 □新方法 ■关键部件■数据库 □软件 □应用解决方案 □实验装置/系统 □工程工艺 □标准 □专利 □论文□其他 | 课题2 | 指标2.1新型耐热材料性能数据库 | 有部分国外资料可供借鉴 | 无 | 数据库包括长时时效性能、抗氧化、抗腐蚀及低周疲劳数据 | 组织专家验收、评价 |
| 指标2.2新型耐热材料焊接热处理工艺导则 | 有部分国外资料可供借鉴 | 无 | 完成工艺导则详细阐述焊接及热处理标准要求 | 组织专家验收、评价 |
| 指标2.3新型耐热材料整体部件的运行验证 | 无 | 无 | 完成一套高温过热器管屏和集箱应用于实际产品 | 组织专家验收、评价 |
| 3面向电站锅炉关键部件运行安全稳定性的自动化制造技术研究 | □新理论 □新原理 □新产品 ■新技术 □新方法 □关键部件 □数据库 □软件 □应用解决方案 ■实验装置/系统 □工程工艺 □标准 ■专利 ■论文□其他 | 课题3 | 指标3.1电站锅炉接管自动焊接设备及技术 | / | / | 完成设备开发并用于生产 | 组织专家验收、评价 |
| 指标3.2电站锅炉集箱自动预后热设备及技术 | / | / | 完成设备开发并用于生产 | 组织专家验收、评价 |
| 指标3.3电站锅炉集箱管接头自动备料技术 | / | / | 完成设备开发并用于生产 | 组织专家验收、评价 |
| 4 工程机械能效与环境影响监测技术研究 | □新理论 □新原理 □新产品 □新技术 ■新方法 □关键部件 □数据库 □软件 □应用解决方案 □实验装置/系统 □工程工艺 □标准 □专利 ■论文□其他 | 课题4 | 指标4.1研发1-2项能耗及碳排放计算技术，发表论文2—4篇 | 部分技术可以借鉴 | 无 | 基于智能制造的满足或者其它领域的满足 | 专家或第三机构 |
| □新理论 □新原理 □新产品 □新技术 ■新方法 □关键部件 □数据库 □软件 □应用解决方案 □实验装置/系统 □工程工艺 □标准 □专利 ■论文□其他 | 指标4.2建立工程机械节能低碳性能评价体系一套，发表论文3—6篇 | 部分技术可以借鉴 | 无 | 基于智能制造的满足或者其它领域的满足 | 专家或第三机构 |
| □新理论 □新原理 □新产品 □新技术 ■新方法 □关键部件 □数据库 ■软件 □应用解决方案 □实验装置/系统 □工程工艺 □标准 □专利 □论文□其他 | 指标4.3建立工程机械能效及环境影响评估监测方法，开发监测软件系统2-4套 | 部分技术可以借鉴 | 无 | 基于智能制造的满足或者其它领域的满足 | 专家或第三机构 |
| 5 工程机械安全与寿命监测技术研究 | □新理论 □新原理 □新产品 □新技术 ■新方法 □关键部件 □数据库 □软件 □应用解决方案 ■实验装置/系统 □工程工艺 □标准 ■专利 ■论文 □其他 | 课题5 | 指标5.1建立设备状态评估模型1个；建立预测设备寿命损耗的模型1个； | 部分技术可以借鉴 | 无 | 基于监测数据利用所建模型可以预测出设备的合理寿命区间。 | 进行加速寿命试验对预测结果进行验证。 |
| □新理论 □新原理 □新产品 □新技术 ■新方法 □关键部件 □数据库 □软件 □应用解决方案 ■实验装置/系统 □工程工艺 □标准 ■专利 ■论文 □其他 | 指标5.2形成针对高端成套设备的监测、评估和寿命预测技术体系1套； | 部分技术可以借鉴 | 无 | 综合搭建的检测系统、状态评估及寿命预测模型，形成整套技术体系 | 组织专家进行验收、评价。 |
| □新理论 □新原理 □新产品 □新技术 ■新方法 □关键部件 □数据库 □软件 □应用解决方案 ■实验装置/系统 □工程工艺 □标准 ■专利 ■论文 □其他 | 指标5.3形成成熟的机械设备故障诊断及失效风险分析技术体系1套； | 部分技术可以借鉴 | 无 | 综合基于传感器的实时监测系统及失效风险分析模型，形成整套技术体系。 | 组织专家进行验收、评价。 |
| □新理论 □新原理 □新产品 □新技术 ■新方法 □关键部件 □数据库 □软件 □应用解决方案 ■实验装置/系统 □工程工艺 □标准 ■专利 ■论文 □其他 | 指标5.4申请专利及国家软件著作权5项。发表高水平论文5-10篇。 | 部分技术可以借鉴 | 无 | 申请发明、使用新型及软件著作权专利若干项，发表论文若干篇。 | 专家或第三方机构验收评价。 |
| 6工程机械关键零部件安全修复再制造及检测方法研究 | □新理论 □新原理 □新产品 □新技术 □新方法 □关键部件 ■数据库 □软件 □应用解决方案 ■实验装置/系统 □工程工艺 □标准 □专利 □论文□其他 | 课题6 | 指标6.1.1  子数据库数量 | 无 | 4 | 4 | 对各数据库信息查询等测试 |
| 指标6.1.2  子数据库数据准确度 | 无 | 70%国内现有 | 95% | 和抽样调查的设备部件的多方面数据对比，计算契合度 |
| 指标6.2.1  管理系统响应时间 | 无 | 20ms | 5ms | 系统响应时间测试 |
| 指标6.2.2  系统可靠性 | 无 | 80% | 99% | 试验检验 |
| □新理论 □新原理 □新产品 □新技术 □新方法 □关键部件 □数据库 □软件 □应用解决方案 □实验装置/系统 □工程工艺 ■标准 □专利 □论文□其他 | 指标6.3.1  评价标准先进性 | 无 | 同行水平 | 全国领先 | 领域内比较 |
| □新理论 □新原理 □新产品 ■新技术 ■新方法 □关键部件 □数据库 □软件 □应用解决方案 □实验装置/系统 □工程工艺 □标准 □专利 □论文□其他 | 指标6.4.1  检测方法通用性 | 无 | 特殊适用 | 一般适用 | 试验检验 |
| □新理论 □新原理 □新产品 □新技术 □新方法 □关键部件 □数据库 □软件 ■应用解决方案 □实验装置/系统 □工程工艺 □标准 □专利 □论文□其他 | 指标6.5.1  损伤检测的准确度 | 无 | 60% | 95% | 试验检验 |
| 指标6.5.2  剩余寿命预测的准确性 | 无 | 79% | 90% | 实物验证 |
| □新理论 □新原理 □新产品 □新技术 □新方法 □关键部件 □数据库 □软件 ■应用解决方案 □实验装置/系统 □工程工艺 □标准 □专利 □论文□其他 | 指标6.6.1  损伤评估的契合度 | 无 | 65% | 95% | 实物验证 |
| □新理论 □新原理 □新产品 □新技术 ■新方法 □关键部件 □数据库 □软件 ■应用解决方案 □实验装置/系统 □工程工艺 □标准 □专利 □论文□其他 | 指标6.7.1  热损伤耦合的再制造寿命的评估准确性 | 无 | 一般准确 | 基本准确 | 检索查询 |
| □新理论 □新原理 □新产品 □新技术 □新方法 □关键部件 □数据库 □软件 □应用解决方案 □实验装置/系统 □工程工艺 □标准 □专利 ■论文□其他 | 指标6.8.1  SCI、EI论文数量 | 无 | 10 | 20 | 检索查询 |
| 指标6.8.2  CSCD及其他期刊论文数量 | 无 | 20 | 40 | 检索查询 |
| □新理论 □新原理 □新产品 □新技术 □新方法 □关键部件 □数据库 □软件 □应用解决方案 □实验装置/系统 □工程工艺 □标准 ■专利 □论文□其他 | 指标6.9.1  国际发明专利数量 | 无 | 2 | 4 | 专利检索查询 |
| 指标6.9.2  国家发明专利数量 | 无 | 5 | 12 | 专利检索查询 |

备注：

**1.“项目目标”**，应从以下方面明确描述：（1）项目研发主要针对什么问题和需求；（2）将要解决哪些科学问题、突破哪些核心/共性/关键技术；（3）预期成果；（4）成果将以何种方式应用在哪些领域/行业/重大工程等，并拟在科技、经济、社会、环境或国防安全等方面发挥何种的作用和影响。限500字以内。

**2.“对应的课题（任务）”**，指将由项目内哪些课题（任务）支撑取得某项成果。

**3. “考核指标”**，指相应成果的数量指标、技术指标、质量指标、应用指标和产业化指标等，其中，数量指标可以为论文、专利、产品等的数量；技术指标可以为关键技术、产品的性能参数等；质量指标可以为产品的耐震动、高低温、无故障运行时间等；应用指标可以为成果应用的对象、范围和效果等；产业化指标可以为成果产业化的数量、经济效益等。同时，对各项考核指标需填写立项时已有的指标值/状态以及项目完成时要到达的指标值/状态。同时，考核指标也应包括支撑和服务其他重大科研、经济、社会发展、生态环境、科学普及需求等方面的直接和间接效益。如对国家重大工程、社会民生发展等提供了关键技术支撑，成果转让并带动了环境改善、实现了销售收入等。若某项成果属于开创性的成果，立项时已有指标值/状态可填写“无”, 若某项成果在立项时已有指标值/状态难以界定，则可填写“/”。

**4.“中期指标”，**各专项根据管理特点，确定是否填写，鼓励阶段目标明确的专项项目填写中期指标。

**5.“考核方式方法”**，应提出符合相关研究成果与指标的具体考核技术方法、测算方法等。

（三）项目成果的呈现形式及描述

1、完成更高参数锅炉技术设计方案报告1份、锅炉说明书1份、总体布置图1套、关键部件设计图1套，发表论文2-5篇、申请专利2-4项。

2、研发自动化制造设备/装置4套，包括集箱长管座机械自动焊装置一套，集箱短管座机器人自动焊一套，集箱管接头备料生产线一套，集箱环缝自动预后热装置一套。

3、两种新材料的长时数据报告5份，焊接工艺导则2项，作业指导书4项，应用新材料S31035和G115分别示范制造高温过热器管屏和高温过热器集箱各一套，应用新研发的制造设备和工艺，示范制造器集箱一套，三个部件均应用于产品中，发表论文4篇，申请专利4-6项。

4、完成国外机械类产品碳足迹/环境足迹评价与碳标签体系技术贸易措施研究报告1份，出版专著1本, 建立能耗、碳足迹、能效在线监控系统2-3套，建立节能低碳性能分析与评估系统2-3套；发表 SCI、EI期刊论文10篇、CSCD及其他期刊论文5-10篇；国家发明专利及软件著作权4-8项。

5、建立工程机械设备状态评估模型和寿命损耗模型各1个；形成工程机械设备失效分析和风险分析技术体系1套；形成对损伤的定位成像及可视化技术体系1套；申请发明专利及软件著作权5项。发表SCI/EI高水平论文5-10篇；制定工程机械安全和寿命相关标准2-3项。

6、构建全信息基础数据库1套，综合数据库管理系统1个，再制造毛坯检测与质量评价规范1个，检测技术与方法、寿命预测模型、损伤评估模型等3个，其他包括省部级将、高水平论文、国际国内发明专利及研究生培养等若干。

二、项目研究内容、研究方法及技术路线

（一）项目的主要研究内容

拟解决的关键科学问题、关键技术问题，针对这些问题拟开展的主要研究内容，限3000字以内。

欧美发达国家依据自身技术优势和标准规范的系统性，对我国高端成套设备的进出口设置了层层技术壁垒，本课题立足电站设备和工程机械，一方面着力研究630℃机组先进锅炉技术，提升中国发电设备品牌影响力；另一方面针对工程机械的能效、环境影响、寿命监测及关键零部件再制造技术展开研究，达成工程机械高能效、绿色、安全的目标，全面提高我国工程机械的国际竞争力，实现突破发达国家技术贸易措施，发展我国装备制造业水平，提升中国制造的国际竞争力。为实现项目目标，需解决一下关键科学技术问题：

关键科学问题1：全面提升锅炉出口蒸汽参数，更大程度提高机组效率，将中国电站锅炉技术的比较优势升级为竞争优势

本课题研究630℃机组锅炉技术，将锅炉过热汽及再热汽参数全面提升，对机组效率提升有更大贡献。参数全面提升对锅炉总体布置、各系统间的热量精细化匹配、汽温高效调节方案、新材料的应用、新结构设计以及系统安全设计都提出了新的挑战，需开展专项研究。

关键科学问题2：现有耐热材料不能满足更高参数机组要求，新型耐热材料缺少高温运行安全性评估作为技术支撑。

本课题拟开展新型耐热材料G115和S31035几个方面的高温运行安全性评估工作：

（1）针对新材料的高温运行安全性评估工作，通过积累材料的劣化数据（如：长时时效后的性能劣化、年化氧化量、年化腐蚀速率等），为设计提供必要的数据支撑；

（2）针对新材料焊接件的安全性评估工作，通过对两种新材料的焊材匹配、焊接工艺、热处理工艺及弯管制造工艺研究，形成焊接热处理工艺导则，并试制焊接件进行焊接件高温持久性能试验，为新材料在产品上应用提供技术保障；

（3）针对新材料制造整体部件的安全性评估工作，结合子课题1的设计方案，制造一套高温过热器管屏和高温过热器集箱并应用到实际产品中，通过实际运行验证整体部件的安全性。

关键科学问题3：实现大型电站设备制造的自动化及应用示范。

3、电站锅炉设备制造过程复杂，属于传统重型制造的典范，作业工序较多，以焊接工序为主，但自动化工序较少，围绕焊接前后过程的稳定性， 本项目拟开展电站锅炉关键部件制造自动化技术研究与应用示范，针对电站锅炉集箱制造的关键工序，开展以下几个方面的研究：

（1）针对锅炉接管座焊接长期采用手工焊接的作业方式，开发自动化焊接设备并进行应用研究；

（2）针对锅炉管接头备料作业工序繁琐，研究工序整合，开发自动备料线实现切割、坡口加工和收口一体化并进行应用研究；

（3）针对锅炉厚壁管对接焊预后热火焰加热温度不可控的问题，开发中频感应自动预后热设备并进行应用研究。

关键科学问题4：工程机械能效建模分析及运行环境影响评估

针对欧美国家对大型设备提出低碳排放、绿色制造标准，研究工程机械的能效分析及环境影响评估技术，破解西方国家的技术贸易措施。通过解决工程机械能耗/碳排放模型构建问题，解决工程机械运行过程能效建模分析问题，实现数据感知驱动的工程机械状态预测与环境影响分析，达成绿色制造、低碳排放的目标。

关键科学问题5：工程机械损伤累积对安全及寿命的影响机理及模型

针对大型机械设备失效的损伤大、伤害重等特点，研究设备的失效风险、预测设备安全寿命，对制定设备的维修维护策略尤为重要。通过解决工程机械设备故障低频信号检测分析问题及失效风险等级评价体系的建立问题，解决损伤定位成像波场可视化问题及实时检测中微弱信号的检测问题，破解不确定性问题下状态评估模型的构建及设备安全使用寿命模型的构建难题，降低大型设备的安全风险。

关键科学问题6：研究再制造料件质量评估及产品寿命预测。

由于再制造料件的多样性以及材料及工艺的不确定性，基于不同再制造料件的整体分析与综合，解决废旧产品材料基体疲劳损伤与失效程度的数学描述问题，解决热损伤的识别与评估建模问题，研究热损伤与疲劳损伤的相互作用对再制造产品寿命的影响机理，实现对再制造料件的质量评估及再制造产品的寿命预测。

针对上述关键问题，本项目拟开展如下研究工作：

1.基于提升发电机组能效及安全性的更高参数锅炉关键技术研究

（1）研究630℃锅炉总体布置方案，奠定良好的研究基础。

（2）精确匹配各系统及各部件间的热量研究，为汽温调节、新材料选择的开展关键先导研究。

（3）高效汽温调节方案研究，确保高参数锅炉技术成功的关键一环。

（4）新材料的应用研究，确保高参数锅炉技术可实施，提高成本竞争力。

（5）新结构设计研究，确保更高参数锅炉技术实现。

（6）系统安全设计研究，确保更高参数锅炉技术可靠、灵活、超期稳定运行。

（7）对比分析国际主要强制规范与中国标准的差异，促进设计的针对性，确保新型锅炉能效、安全性参数符合欧美主要标准法规要求。

2. 电站设备新型耐热材料应用研究

（1）新型耐热材料的安全评估

对G115高温长时时效性能、抗蒸汽氧化性能及低周疲劳性能进行评估；对S31035钢高温时效性能、抗蒸汽氧化性能、抗煤灰/烟气腐蚀进行评估。

（2）新型耐热材料焊接工艺研究及焊接件的安全评估

开展G115厚壁管焊接热处理工艺及试验研究，并研究不同热处理制度对性能的影响；开展S31035钢材的焊材选型研究、焊接工艺及弯后热处理工艺研究；开展两种材料焊接件的高温持久性能评估。

（3）新型耐热材料制造部件的安全性评估

结合子课题1完成一套高温过热器管屏和高温过热器集箱的制造，并应用到产品中，通过实际运行，进行整体部件的评估。

3. 电站锅炉关键部件制造自动化技术研究

按工艺需求分析，自动工艺设计，设备方案设计，设备试制，应用工艺研究，设备固化应用顺序展开，在设备开发中遵循“技术先进可行、质量稳定可靠、应用经济适用”三项基本原则。

①接管座焊接自动化：分开考虑长管座结构和短管座两种结构，对长管座重点突破自动化专机，对短管座重点突破机器人系统集成，最终需突破自动焊接工艺。

②管接头备料工序自动化整合：备料自动生产线主要由送料架、强送机、切管机、直线门架、中频加热器、收口机、数控系统组成，重点突破生产效率匹配和自动传送问题。

③厚壁管对接焊自动预后热：采用电动行走小车、伸缩十字臂、加热电源和感应线圈的主体设计结构，重点突破加热过程中温度实时可控，加热稳定的技术难点。

4. 工程机械能效与环境影响监测技术研究

（1）国外机械类产品碳足迹/环境足迹评价与碳标签体系技术贸易措施研究

通过对美国、英国、法国、德国、日本和韩国等发达国家产品碳足迹/环境足迹评价与碳标签体系等差异性研究，为我国出口机械设备产品企业提供技术支持。

（2）工程机械运行过程能耗建模、碳足迹量化评估与监测技术

构建面向典型功能与性能的工程机械设备能耗模型；面向典型功能与性能的工程机械碳排放模型及碳足迹计算；工程机械运行过程能耗/碳排放在线监测与分析。

（3）工程机械节能低碳性能分析与评估指标构建

工程机械运行过程能效分析；工程机械低碳性能评估体系构建。

（4）工程机械低碳数据感知与环境影响监测技术

面向低碳制造的工程机械异构数据形式化表达与信息融合预处理；基于大数据处理的工程机械低碳数据实时分析与运行状态预测；数据感知驱动的工程机械环境影响监测分析。

5. 工程机械设备安全及使用寿命监测技术研究

（1）基于故障诊断的工程机械失效风险分析技术研究

研究工程机械设备的失效形式和失效机理，基于先进传感技术开展设备运行过程的故障诊断监测技术研究，实现对工程机械设备的故障模式及失效风险的准确分析；开展工程机械设备失效风险分析技术研究，建立工程机械设备风险等级评价体系，实现风险动态管控。

（2）面向工程机械设备的无损检测关键技术研究

设计和搭建激光超声无损检测系统，并对该系统的硬件构成、控制方式以及软件模块进行深入的分析和研究，实现试验件的损伤定位成像，并建立损伤检测数据库。基于数据库集成技术，将关键零部件的离线损伤检测数据库与设备运行状态的实时损伤检测数据库结合，搭建面向高端成套设备的无损检测数据库，可实现关键零部件的离线和在线的损伤样本数据采集及整体设备运行状态的实时检测，为进行风险评估和寿命预测工作提供依据。

（3）工程机械安全状态评估和使用寿命预测技术研究

根据工程机械设备损伤检测数据库，建立设备安全状态评估模型监测设备运行安全状态。基于数据挖掘技术，利用灰色理论在小样本环境下的优势，研究用于预测设备使用寿命的灰色健康预测模型。基于寿命预测结果，研究寿命预测改进算法与设备维护决策建模的紧密衔接技术，确定工程机械关键零部件进行回收及再制造的合理时间节点，有效提高设备可用度并降低维护成本。

6. 工程机械关键零部件安全修复再制造及检测方法研究

（1）面向健康设备的在线状态监测和健康管理技术研究

工程机械多领域全信息模型的构建；工程机械关键状态的在线采集和信号处理技术研究；设备健康状态评估算法研究。

（2）再制造毛坯损伤及剩余寿命预测研究

毛坯结构失效形态和损伤程度量化表征研究；毛坯材料结构疲劳损伤检测方法及模型研究；毛坯件剩余寿命预测研究。

（3）再制造热-疲劳耦合损伤评估

交变应力和热应力综合作用下的材料组织变化机理研究；基于非线性连续疲劳累积损伤的热-疲劳耦合损伤评估建模；热损伤及热-疲劳耦合定量检测与损伤识别；热损伤和疲劳损伤对构件疲劳特性影响的试验研究。

（4）基于激光熔覆再制造工艺的修复质量优化研究

熔池温度分布及其对成形质量的影响研究；利用热处理消除再制造材料疲劳应力的研究。

（5）再制造产品的寿命评估研究

毛坯剩余寿命与再制造产品疲劳特性关联性分析；毛坯件热-损伤耦合的再制造寿命评估方法及建模；再制造产品剩余寿命分析。

各部分的内容间的关联性如图1所示：



图1 项目研究内容路线图

（二）项目拟采取的研究方法

1、针对项目研究拟解决的问题，拟采用的方法、原理、机理、算法、模型等

限2000字以内。

**1）针对“问题1：基于提升发电机组能效及安全性的更高参数锅炉关键技术研究”的研究方法：**

1. 调研、分析、总结600℃锅炉技术的优势及不足之处，形成630℃锅炉技术研究的良好基础；
2. 针对具体热力系统，借鉴同容量发电机组锅炉总体布置经验，针对性确定630℃锅炉总体布置基础；
3. 结合大容量锅炉设计运行经验，通过数值分析设计各系统受热面；
4. 通过模化试验，开展汽温调节方案可靠性、灵活性、负荷适应性等方面的研究；
5. 通过国内外大量新材料的性价比分析，确定应用新材料的种类；
6. 结合性能设计、更高等级新材料的应用以及新结构的升级研究，开展确保锅炉各系统安全性方面的研究。
7. 对比分析国际主要强制规范与中国标准的差异，促进设计的针对性，确保新型锅炉能效、安全性参数符合欧美主要标准法规要求。

**2）针对“问题2：现有耐热材料不能满足更高参数机组要求，新型耐热材料缺少高温运行安全性评估作为技术支撑。”的研究方法：**

1. 采用试验方法对原材料长时性能进行评估

首先，对原材料进行100h~10000h的系列时效，对时效后的材料按GB/T228《金属材料拉伸试验》、GB/T229《金属材料夏比摆锤冲击试验方法》进行室温/高温拉伸试验和夏比冲击试验。其次，进行长时时效后组织稳定性分析。对长时时效以后的材料进行光学显微镜、SEM和TEM形貌分析。再次，对材料进行抗蒸汽氧化试验，试验时间200h~2000h。蒸汽氧化试验后，对材料抗蒸汽氧化性能、氧化膜生长剥落等进行分析。根据氧化动力学方程：，计算材料的氧化指数。

1. 制定焊接及热处理工艺研究方案

通过斜Y坡口试验、小管试焊等手段完成G115焊接性评定，通过镍基焊材试验和匹配焊材试验完成G115焊材选型，根据焊接性和焊材选型制定合理焊接参数，根据材料特性制定热处理工艺参数，通过G115大管焊接试验后接头检测验证工艺参数，按NB/T47014标准完成工艺评定，工艺参数合理即可固化在实际工艺中。具体研究方案如图2所示。

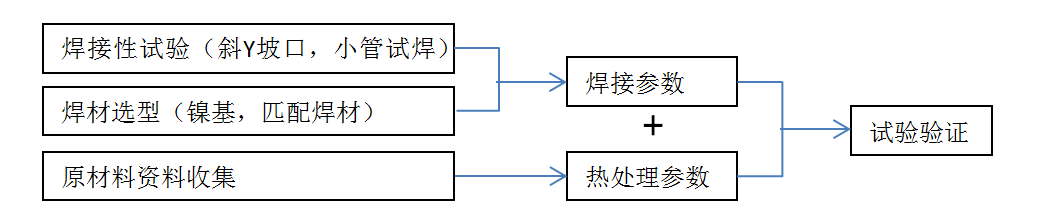


图2 焊接及热处理工艺研究方案

**3）针对“问题3：面向电站锅炉关键部件运行安全稳定性的自动化制造技术研究”的研究方法：**

按“工艺需求分析🡪自动工艺设计🡪设备方案设计🡪设备试制🡪应用工艺研究🡪设备固化应用”顺序展开大型电站设备制造的自动化应用研究，在设备开发中遵循“技术先进可行、质量稳定可靠、应用经济适用”三项基本原则，具体研究方法包括：

1. 接管座焊接自动化：分开考虑长管座结构和短管座两种结构，对长管座重点突破自动化专机，对短管座重点突破机器人系统集成，最终需突破自动焊接工艺。
2. 管接头备料工序自动化整合：备料自动生产线主要由送料架、强送机、切管机、直线门架、中频加热器、收口机、数控系统组成，重点突破生产效率匹配和自动传送问题。
3. 厚壁管对接焊自动预后热：采用电动行走小车、伸缩十字臂、加热电源和感应线圈的主体设计结构，重点突破加热过程中温度实时可控，加热稳定的技术难点。

**4）针对“问题4：工程机械能效建模分析及设备运行环境影响评估”的研究方法：**

1. 国外机械类产品碳足迹/环境足迹评价与碳标签体系技术贸易措施研究

通过对美国、英国、法国、德国、日本和韩国等发达国家产品碳足迹/环境足迹评价与碳标签体系等差异性研究，为我国出口机械设备产品企业提供技术支持。

1. 基于生命周期评价方法的大型设备运行过程能耗建模与碳足迹量化评估

首先，采用神经网络建立其能耗模型，并对材料生产能耗、损耗件制造能耗等间接能耗进行分析。然后，基于生命周期评价原理建立一种设备生命周期碳排放量化模型。最后，设计并配置在线能耗监测系统。

1. 工程机械节能低碳性能分析与评估指标构建

从设备层、任务流程层和辅助生产层等三个层次对工程机械的能量流进行层次化分析，据此提出一种基于着色Petri网的多能耗特征建模方法，进而从生产效率、碳排放、经济收益率等方面构建工程机械碳排放评价指标体系。

1. 工程机械低碳数据感知与环境影响监测

采用Ontology等方法对工程机械运行过程异构数据与能耗/碳排放数据的表达与预处理，通过大数据分析等方法建立工程机械运行状态预测模型，并采用能耗数据感知方法实现工程机械环境影响的的多维度计算与分析。

**5）针对“问题5：工程机械损伤累积对安全及寿命的影响机理及模型”的研究方法：**

1. 基于故障诊断的工程机械设备失效风险分析技术研究

针对高速运转设备静止状态与高速运行状态下故障类型种类不一致、且部分风险难以检测等情况，提出一种相位重组近邻点收敛的聚类算法。依据已有的设备失效速率和事件失效原因统计数据库，采用模糊概率风险评价方法建立失效风险等级评价体系。

1. 面向工程机械设备的无损检测关键技术研究

采用激光无损检测系统，通过信号放大和数据采集得到激光超声在关键关键零部件中传播的数据，并对数据进行二维傅里叶变换得到其激光超声的模态分布和频率分布。对工程机械整机及其关键零部件进行振动摸态分析，全面了解关键零部件工作特性及损伤情况对设备整体的影响规律,建立工程机械离线损伤数据库与在线动态振动特性的关系；

1. 工程机械安全状态评估和使用寿命预测技术研究

基于遗传聚类算法和免疫否定选择算法，建立设备状态安全评估模型，运用Iris和Wine数据集进行仿真。研究用于预测设备安全使用寿命的动态生成系数优化的灰色健康预测模型，动态拟合灰色模型的生成系数，提高对工程机械设备寿命预测的准确性。

**6）针对“问题6：研究再制造料件质量评估及产品寿命预测”的研究方法：**

1. 面向新（健康）设备的在线状态监测和健康管理技术研究

为了对工程机械系统进行全面的数字化仿真与分析，提出一种融合各类再制造工程知识的信息模型框架，进一步通过工作状态的采集处理数据更新模型的其它领域信息，建立面向工程机械的全信息模型基础数据库。

1. 基于金属磁记忆的再制造毛坯损伤及剩余寿命预测研究

通过再制造相对加工指数来定量描述失效损伤程度，建立这一评价指标与失效形态、损伤区域体积、再制造工艺等之间的关联。通过金属磁记忆的机理检测毛坯材料的应力分布和应力集中点，建立包括金属磁记忆信号、再制造相对加工指数在内的剩余寿命预测模型，综合预测毛坯件剩余寿命。

1. 再制造热-疲劳耦合损伤评估

以仿真辅助实验的方法对已有疲劳损伤与热损伤相互作用下对材料组织结构变化的规律进行研究；通过Chaboche非线性损伤修正模型，对再制造构件中出现的魏氏体组织以及残余拉应力进行评估，采用金属磁记忆信号特征参量对损伤进行定量评估。

1. 基于激光熔覆再制造工艺的修复质量优化研究

采用热成像技术及三角测量原理研究熔池温度与熔覆层厚度的关系，进而通过对相关参数的实时监测，实现对熔覆层厚度的在线反馈控制。基于响应面法构建热变形参数与显微组织特征参数之间精确的预测模型。

1. 再制造产品的寿命评估研究

通过计算机仿真方法，建立不同热损伤条件下试件的疲劳仿真模型，着重分析与毛坯疲劳损伤、再制造相对加工系数之间的关联性。考虑残余拉应力及裂纹闭合效应，建立非线性连续疲劳累积损伤模型，进而得出再制造试件的疲劳寿命评估模型。

2、项目研究方法（技术路线）的可行性、先进性分析

限2000字以内。

1. 项目研究方法的可行性分析

* 研究方法在技术上可行。在基于提升发电机组能效及安全性的更高参数锅炉关键技术研究方面，600℃锅炉技术的成功投运，为630℃锅炉技术研究奠定了良好基础；清洁高效发电机组研究是美、日、欧以及中国研究的热点和重点方向之一，630℃锅炉技术研究符合国际研究趋势；中国自主新材料G115研究取得实质进展，为630℃锅炉技术实施提供有力保障。；在新型耐热材料应用研究方面，采用试验方法对原材料长时性能进行测评，包括室温/高温拉伸试验和夏比冲击试验、组织稳定性分析、抗蒸汽氧化试验等，根据焊接性和焊材选型制定合理焊接参数，根据材料特性制定热处理工艺参数，通过G115大管焊接试验后接头检测验证工艺参数；在电站设备制造自动化技术研究方面，按“工艺需求分析🡪自动工艺设计🡪设备方案设计🡪设备试制🡪应用工艺研究🡪设备固化应用”顺序展开大型电站设备制造的自动化应用研究，并依次进行接管座焊接自动化、管接头备料工序自动化整合、厚壁管对接焊自动预后热等研发；在工程机械能效分析与环境影响评估方面，首先，采用神经网络建立其能耗模型，基于生命周期评价原理建立一种设备生命周期碳排放量化模型，并分别从生产效率、碳排放、经济收益率等方面构建工程机械生命周期全过程碳排放评价指标体系。采用Ontology等方法对工程机械运行过程异构数据与能耗/碳排放数据的表达与预处理，通过大数据分析等方法建立工程机械运行状态预测模型，实现工程机械低碳数据实时分析与运行状态预测；在工程机械失效分析与寿命预测方面，工程机械备失效机理研究已经较为深入，可为本课题提供理论支持，模糊概率风险评价法可及时发现重大危险设备存在的安全隐患，确定其危险程度，指导设备安全管理和检修维修工作。损伤检测数据库系统可应用在电站设备的无损检测中，实现对关键零部件的损伤检测数据的存储、管理和检索，为数据分析奠定基础。根据损伤检测数据库，针对故障样本存在、缺少两种情况，可分别建立对应的设备运行状态评估模型。针对Weibull寿命模型对数方法的缺陷，提出了基于Hough变换的寿命预测参数直线段方法，增强了预测结果的科学性；在工程机械再制造安全评估与检测技术方面，本研究预先采集新设备的健康状态作为评价基准建立设备健康管理系统，然后建立热损伤耦合的再制造产品疲劳寿命评估模型，对再制造工艺及后处理进行优化以得到整体性能更佳的修复件，最后利用健康数据库，对再制造产品的寿命进行评估。因此本项目的研究方法在技术上是可行的。
* 实验条件和实验方案可行。首先，本项目依托东方电气集团是中央直属大型国有企业，具有一流研发条件与基础，拥有国家级“清洁高效燃烧技术工程试验中心”和“高温、高压材料及焊接工程实验室”,拥有“清洁燃烧与烟气净化四川省重点实验室”，拥有近百项填补国内火电、核电、环保、化工容器技术空白的重大新产品、新技术，35项技术获国家级科技进步成果奖；120项成果获省、部级科技进步成果奖，并且与四川省理化计量无损检测有限责任公司具有长期深入合作经验，因此能够为进出口电站设备耐热材料应用研究、制造自动化技术等提供实验保障；其次，依托江南大学机械工程学院和江苏省食品先进制造重点实验室，现有较为完善的实验设备和场地，多年来项目组成员已从事具有曲面特征的复杂机械产品的模型检测、逆向设计、数字化设计与制造、产品数据管理和人工智能、能效分析与碳足迹计算、零部件失效分析等方面的研究，取得了一系列成果。项目组跟江苏省增材制造产品质量监督检验中心（在筹国家级质检中心）深度合作，为激光熔覆技术修复损伤毛坯件提供便利的实验条件。这些设施为本项目的顺利完成提供良好的的实验和支持条件，保障本项目如期高质量完成。

1. 项目先进性分析

* 世界范围内已投运的大容量发电机组参数主要集中在600℃超超临界，但其与国外发电设备供应商之间的产品相比仅有比较的成本优势，无法形成技术竞争优势。630℃与600℃机组锅炉相比，主蒸汽压力、主蒸汽温度以及再热蒸汽温度全面提升，对机组效率提升有更大的贡献，研制成功后有望将中国发电设备品牌影响力，在世界范围内形成竞争力，带动本行业以及相关钢铁行业强力发展。
* 我国锅炉现有常用耐热钢均为国外开发钢种，导致原材料和配套焊材受制于人。本项目创新性系统研究我国高等级耐热钢应用相关基础技术，解决了重材料开发轻应用研究导致材料难以示范应用的问题。
* 电站装备制造过程中的一大质量控制难点为管座的焊接，为此本项目利用电子技术、嵌入式系统开发技术、DSP（数字信号处理）技术、图像处理技术，开发集箱管座焊接工作站，实现集箱管座焊缝的自动识别、自动跟踪，自动焊接。
* 为实现工程机械能效分析，本项目首先对美国、英国、法国、德国、日本和韩国等发达国家产品碳足迹/环境足迹评价与碳标签体系等差异性研究，提出工程机械低碳性能的多维度评估指标体系，从投出产出分析的角度对具体任务的能效进行建模分析；并通过对工程机械制造过程异构数据与能耗/碳排放数据的表达与预处理，实现工程机械低碳数据实时分析与运行状态预测。
* 本项目创新性的提出了一种相位重组近邻点收敛的聚类算法，并应用到高端成套机械设备的故障检测中；并建立了关键零部件离线损伤检测数据库，研究少测点结构的损伤信息建模方法，同时提出了一种面向高端成套设备的安全使用寿命预测模型，实现对高端成套设备安全运行寿命的预测。
* 本项目提出了再制造相对加工系数来定量表征废旧产品失效程度，引入加工过程对毛坯组织结构损伤程度来耦合其原有疲劳损伤；提出了热-疲劳损伤耦合条件下激光熔覆再制造产品寿命评估方法，并通过多场联合的计算机有限元仿真和试验研究相结合的方法建立了以激光熔覆工艺条件、毛坯疲劳损伤和再制造相对加工系数等为输入的激光熔覆再制造产品疲劳寿命评估模型。

三、项目任务(课题)分解方案

（一）项目任务（课题）分解情况

本项目首先针对高等级参数电站锅炉技术进行研究，并开展新型耐热材料的应用研究及电站设备制造自动化技术研究，在此基础上研究工程机械关键零部件（比如：柴油发动机，大型工程设备主轴）的再制造料件安全评估与检测技术研究，针对大型工程设备的能效分析及环境影响评估监测技术研究，并研究大型工程机械设备失效分析及安全使用寿命监测评估技术研究。

通过项目的实施可以有效破解欧美发达国家对我国大型成套设备进出口的严苛技术贸易措施，解决大量电站设备和大型工程机械制造和运行过程中的大量关键技术性问题，促进相关高端制造业的发展，扩大中国制造的市场，提升中国智造的国际竞争力。



图3 各子课题的任务分解

（二）项目各任务（课题）内容

逐项分段说明各任务（课题）的研究目标、主要研究内容、拟解决的重大科学问题或关键技术、考核指标及评测手段/方法等。每个任务（课题）限3000字以内。

1、任务（课题1）：基于提升发电机组能效、环保及安全性的高参数锅炉关键技术研究

研究目标：更高参数630℃锅炉研制将主蒸汽压力、主蒸汽温度以及再热蒸汽温度全面提升，更大提升机组效率。研制完成更高参数锅炉技术设计方案，包括总体设计、新材料种类、新部件结构形式，总领新材料及新制造工艺研究。

主要研究内容：

（1）研究630℃锅炉总体布置方案，奠定良好的研究基础。

（2）精确匹配各系统及各部件间的热量研究，为汽温调节、新材料选择的开展关键先导研究。

（3）高效汽温调节方案研究，确保高参数锅炉技术成功的关键一环。

（4）新材料的应用研究，确保高参数锅炉技术可实施，提高成本竞争力。

（5）新结构设计研究，确保更高参数锅炉技术实现。

（6）系统安全设计研究，确保更高参数锅炉技术可靠、灵活、超期稳定运行。

（7）对比分析国际主要强制规范与中国标准的差异，促进设计的针对性，确保新型锅炉能效、安全性参数符合欧美主要标准法规要求。

拟解决的重大科学问题或关键技术问题：

（1）本课题研究更高参数的630℃机组先进锅炉技术，以期提升中国发电设备品牌影响力，将中国电站锅炉技术的比较优势升级为竞争优势。

（2）强力推行中国标准以及中国牌号材料，降低中国发电锅炉设备材料采购以及制造成本，提高产品竞争价格优势，进一步提升走出去优势。

考核指标及评测手段/方法：完成更高参数锅炉技术设计方案报告1份、锅炉说明书1份、总体布置图1套、关键部件设计图1套，发表论文2-5篇、申请专利2-4项。

参加单位任务分工：东方电气集团东方锅炉股份有限公司。

2、任务（课题）2：电站锅炉用新型耐热材料高温运行安全性评估

（1）研究目标：针对现役耐热钢已无法完全满足更高参数的超超临界机组锅炉高温部件工况要求，而候选新型耐热材料G115和S31035缺少高温运行工况下的安全性评估。本课题拟通过新型耐热材料、乃至新型耐热材料制部件的安全性评估，结合焊接/热处理工艺研究，完成材料安全性分析报告和工艺导则用于支撑锅炉设计，并完成关键性部件的制造应用于实际产品，以验证整体部件的运行安全性。

（2）主要研究内容：

①新型耐热材料的安全性评估

完成对G115高温时效性能、抗蒸汽氧化性能及低周疲劳性能进行评估；对S31035钢高温时效性能、抗蒸汽氧化性能、抗煤灰/烟气腐蚀进行评估。

②新型耐热材料焊接/热处理工艺研究及焊接件安全性评估

对于G115材料，相较于原材料的开发，焊材开发及焊接工艺研究相对滞后，国内钢厂未对其焊接性开展深入研究，因此需开发G115钢材匹配焊接材料。研究内容包括：焊材成分、焊接工艺与性能的正交试验研究。

开展G115厚壁管焊接热处理工艺研究，G115焊接性（冷裂纹敏感性）试验研究，不同热处理制度对性能的影响研究。

开展S31035钢材的焊材选型研究。

开展S31035钢焊接工艺及弯后热处理工艺研究。研究内容包括：焊接工艺与接头性能研究，不同弯管半径弯管成型试验及弯后热处理工艺试验研究。

完成G115和S31035焊接件的高温持久性能评估。

③新型材料在高温过热器管屏和集箱中的示范应用

结合子课题1完成一套高温过热器管屏和高温过热器集箱的制造，并应用到产品中，通过实际运行，进行整体部件的评估。

（3）拟解决的重大科学问题或关键技术问题：

**关键技术问题1：解决现役耐热钢已无法完全满足更高参数锅炉用材的问题，目前缺乏新型耐热材料的高温运行安全性评估分析数据，锅炉设计无技术支撑。**

**关键技术问题2：解决新型耐热材料缺乏配套制造工艺的问题，同时完成新型耐热材料焊接件的安全性评估。**

**关键技术问题3：解决新型耐热材料制造整体部件的运行安全性评估，目前新型耐热材料制造整体部件缺乏安全运行的业绩，全面铺开使用风险很大。**

（4）考核指标及评测手段/方法：

①新型耐热材料高温运行数据总结评估报告6份，焊接工艺导则2项，发表论文2篇，申请专利2项。

②形成新型耐热材料的标准化技术文件至少2份。

③制造一套高温过热器管屏和高温过热器集箱，应用到实际产品。

（5）参加单位任务分工（四川出入境检验检疫局、东方电气集团东方锅炉股份有限公司、南昌航空大学）

3、任务（课题）3：面向电站锅炉关键部件运行安全稳定性的自动化制造技术研究

（1）研究目标：解决电站锅炉集箱制造过程中关键工序作业稳定性差，自动化作业程度低的问题，完成关键工序环缝焊接预后热、接管座焊接、管接头备料的自动化提升并应用于生产实践。

（2）主要研究内容：

①针对锅炉接管座焊接长期采用手工焊接的作业方式，开发自动化焊接设备并进行应用研究；

②针对锅炉管接头备料作业工序繁琐，研究工序整合，开发自动备料线实现切割、坡口加工和收口一体化并进行应用研究；

③针对锅炉厚壁管对接焊预后热火焰加热温度不可控的问题，开发中频感应自动预后热设备并进行应用研究。

（3）拟解决的重大科学问题或关键技术问题：

关键技术问题1：解决管座焊接作业不稳定的问题，目前缺乏有效的保障手段排除人为随机因素，自动化作业提升后焊接质量稳定。

关键技术问题2：解决焊接预后热火焰加热方式不够节能，加热时间长，加热温度不可控的问题。

关键技术问题3：解决管接头备料各工序效率匹配困难的问题，传输作业等待时间长的问题。

（4）考核指标及评测手段/方法：

自动化设备/装置4套，作业指导书4项，发表论文2篇，申请专利2-4项。

4、任务（课题）4：工程机械能效与环境影响监测技术研究

**研究目标：**通过对美国、英国、法国、德国、日本和韩国等发达国家产品碳足迹/环境足迹评价与碳标签体系等差异性研究，为我国出口工程机械企业提供技术支持；针对大型工程机械运行过程能耗及资源消耗大、使用范围广、环境影响明显等问题，开展工程机械运行过程能耗建模与碳足迹量化评估技术研究，揭示其在动力消耗和碳排放方面的成因表征；通过挖掘机械系统运行过程能耗与碳排放的时空耦合特性与波动规律，构建其节能低碳性能分析与评估指标体系，为寻求工程机械的节能低碳运行方法提供理论依据。

**主要研究内容：**

（1）国外机械类产品碳足迹/环境足迹评价与碳标签体系技术贸易措施研究

通过对美国、英国、法国、德国、日本和韩国等发达国家产品碳足迹/环境足迹评价与碳标签体系等差异性研究，为我国出口工程机械产品企业提供技术支持。

（2）工程机械运行过程能耗建模、碳足迹量化评估与监测技术

①面向典型功能与性能的大型设备能耗模型构建

②面向典型功能与性能的大型设备碳排放模型及其碳足迹计算

③工程机械运行过程能耗/碳排放在线监测与分析

（3）工程机械节能低碳性能分析与评估指标体系构建

①生产任务驱动的工程机械运行过程能效分析

②工程机械低碳性能评估体系构建

（4）工程机械低碳数据感知与环境影响监测技术

 ①面向低碳运行的工程机械异构数据形式化表达与信息融合预处理

 ②基于大数据处理的工程机械低碳数据实时分析与运行状态预测

 ③数据感知驱动的工程机械环境影响监测分析

**拟解决的重大科学问题或关键技术问题：**

（1）国外机械类产品碳足迹/环境足迹评价与碳标签体系技术贸易措施差异性研究。通过对美国、英国、法国、德国、日本和韩国等发达国家产品碳足迹/环境足迹评价与碳标签体系等差异性研究，为我国出口工程机械企业提供技术支持；

（2）工程机械能耗/碳排放模型构建与运行过程能效建模分析。该问题是实现工程机械碳排放评估与能效分析的理论基础。依据工程机械在典型机械功能与性能条件下运行过程中的作用机理，建立其能耗/碳排放模型，以实现具体加工活动过程的能耗和碳排放等因素的量化分析和研究，并从投出产出分析的角度对具体加工任务的能效进行建模分析。

（3）数据感知驱动的工程机械状态预测与环境影响分析。该问题的解决能够实现工程机械的数据智能处理与分析。在上述能耗建模与碳排放计算的基础上，拟通过对工程机械制造过程异构数据与能耗/碳排放数据的表达与预处理，实现工程机械低碳数据实时分析与运行状态预测，并采用能耗数据感知方法对数据进行协同计算，从而实现工程机械环境影响的的多维度计算与分析。

**考核指标及评测手段/方法：**

完成国外机械类产品碳足迹/环境足迹评价与碳标签体系技术贸易措施研究报告1份，提出工程机械运行过程能耗模型、碳足迹量化评估方法，开发设备运行过程能耗、碳足迹、能效在线监控系统2-3套；建立工程机械节能低碳性能分析与评估系统2-3套；申请专利及国家软件著作权4-8项。培养博士研究生1~2名，硕士研究生3~5名，发表高水平论文5-10篇。

参加单位任务分工见下表。

|  |  |
| --- | --- |
| **参与单位** | **具体任务分工** |
| 苏州出入境检验检疫局综合技术中心 | 国外机械类产品碳足迹/环境足迹评价与碳标签体系技术贸易措施研究 |
| 工程机械节能低碳性能分析与评估指标体系构建 |
| 江南大学机械工程学院 | 工程机械运行过程能耗建模、碳足迹量化评估与监测技术 |
| 工程机械低碳数据感知与环境影响监测技术 |

5、任务（课题）5：工程机械安全与寿命监测技术研究

**研究目标：**

建立工程机械设备安全状态评估模型，形成工程机械设备失效分析和风险分析技术体系，突破工程机械关键零部件激光超声等无损检测技术，得到工程机械运行状态振动动态信号与离线检测物理损伤的内在联系，建立工程机械设备使用寿命模型，形成工程机械设备寿命评估及监测的技术体系。为提高我国工程机械设备出口质量提升提供理论依据和关键技术，从而提高我国工程机械产品国际竞争力，突破工程机械领域的技术贸易壁垒。

**主要研究内容：**

**1.基于故障诊断的工程机械设备失效风险分析技术研究**

针对工程机械设备中关键零部件引起的设备失效案例进行分析，研究大型工程设备的失效机理，采用故障树分析方法研究设备可能的失效形式，并采用先进的传感器对设备运行过程中的故障诊断监测技术研究，实现对工程机械设备的故障模式及失效风险的准确分析；建立风险等级评价体系，进而预测其劣化速率及失效风险等级，最终进行RBI风险再评估，实现风险动态管控。本部分研究内容包括：

①工程机械设备故障树分析及故障诊断监测技术研究

②工程机械设备失效风险分析技术研究

**2. 面向工程机械设备的无损检测关键技术研究**

在工程机械设备失效风险分析的基础之上，设计和搭建激光超声无损检测系统，并对该系统的硬件构成、控制方式以及软件模块进行深入的分析和研究，实现试验件的损伤定位成像，并建立损伤检测数据库。基于多维傅里叶变换的频率波数域过滤方法，实现试验件Lamb波波场的可视化。基于数据库集成技术，将关键零部件的离线损伤检测数据库与设备运行状态的实时损伤检测数据库结合，搭建面向高端成套设备的无损检测数据库，可实现关键零部件的离线和在线的损伤样本数据采集及整体设备运行状态的实时检测，建立设备关键零部件损伤样本数据和设备运行状态的振动及温度信号间的映射模型，为进行风险评估和寿命预测工作提供依据。本部分内容包括：

①工程机械设备关键零部件离线损伤检测技术

②工程机械设备运行状态在线实时监测技术

**3. 工程机械设备安全状态评估和使用寿命预测技术研究**

根据高端成套设备关键零部件的损伤检测数据库，建立基于遗传聚类算法和免疫否定选择算法的设备状态评估模型，评估设备运行状态的有效性，然后通过运用机器学习数据库中的数据集仿真及实例试验对模型进行验证。在设备状态评估和风险分析的基础上，基于数据挖掘技术，归纳数据序列间的趋势，利用灰色理论在小样本环境下的优势，研究用于预测设备安全使用寿命的动态生成系数优化的灰色健康预测模型WFRGM。基于寿命预测结果，研究寿命预测改进算法与设备维护决策建模的紧密衔接技术，确定工程机械关键零部件进行回收及再制造的合理时间节点，有效提高设备可用度并降低维护成本。本部分研究内容包括：

①大型工程机械设备安全运行状态评估技术

②工程机械设备安全使用剩余寿命预测技术

③基于剩余寿命预测结果的设备维护及再制造策略研究



图4 课题5技术路线图

**拟解决的重大科学问题或关键技术问题：**

**1. 实时检测中微弱信号的精准检测与建模**

针对工程机械设备故障早期时故障信号较为微弱，且易受到设备横向振动干扰的问题，开展新型聚类算法研究，以解决传统均值聚类方法存在的收敛太慢、检测时间过长及精度不高等问题。

工程机械设备运行的实时检测中，开展损伤监测传感器配置研究，以最大限度提高单一信号清晰度，避免噪声信号干扰；开展少测点结构的损伤信息建模方法研究，确保设备不停机时能够进行设备失效风险分析，建立一套科学评定大型复杂机械设备的风险等级评价体系。

**2. 不确定性问题下状态评估模型的构建及设备安全使用寿命数学模型的构建**

基于遗传聚类算法和免疫否定选择算法，建立设备状态评估模型，运用Iris和Wine数据集进行仿真，并采用实例验证模型的合理性。研究用于预测设备安全使用寿命的动态生成系数优化的灰色健康预测模型WFRGM，动态拟合灰色模型的生成系数，提高对高端成套设备寿命预测的准确性。

**3. 不确定性问题下状态评估模型的构建及设备安全使用寿命数学模型的构建问题。**

基于遗传聚类算法和免疫否定选择算法，建立设备状态评估模型，运用Iris和Wine数据集进行仿真，并采用实例进行实验，验证模型的合理性。研究用于预测设备安全使用寿命的动态生成系数优化的灰色健康预测模型WFRGM，动态拟合灰色模型的生成系数，提高对高端成套设备寿命预测的准确性。

**考核指标及评测手段/方法：**

建立设备状态评估模型1个；建立可以有效预测设备寿命损耗的预测模型1个；形成针对大类设备的检测和寿命评估技术体系1套；形成成熟的机械设备失效分析和风险分析技术体系1套；完善激光超声无损检测技术，研究并形成对损伤的定位成像及可视化技术体系1套；申请专利及国家软件著作权5项。发表高水平论文5-10篇；制定设备检修和更换标准及参与标准修制订1-2项。

参加单位任务分工见下表。

|  |  |
| --- | --- |
| **参与单位** | **具体任务分工** |
| 南京航空航天大学 | 基于故障诊断的工程机械设备失效风险分析技术研究 |
| 面向工程机械设备的无损检测关键技术研究 |
| 江南大学机械工程学院 | 大型工程机械设备状态评估模型的构建 |
| 大型机械设备安全使用寿命预测系统搭建 |

6、任务（课题）6：工程机械关键零部件安全修复再制造及检测方法研究

**（1）研究目标：**通过面向新设备的健康状态在线采集等辅助检测手段，建立新设备的多领域全信息模型数据库，并构建其健康管理系统框架；提出再制造产品的寿命评估和再制造毛坯剩余寿命预测方法，并通过试验和分析探索热损伤和疲劳损伤相互作用机理，建立热损伤耦合的再制造产品疲劳寿命评估模型

**（2）主要研究内容：**

a面向新（健康）设备的在线状态监测和健康管理技术研究

现有再制造质量评价标准往往仅针对单一的再制造零件进行评估，并不考虑零件再制造质量对整机的综合影响。为了实现设备级的再制造质量评价机制，首先需要面向设备采集健康状态数据，建立安全评估的基准体系。本部分研究主要包括：

① 面向工程机械的多领域全信息模型的建模研究。

② 面向工程机械关键工作状态的在线采集和信号处理技术研究。

③ 面向工程机械的健康状态评估算法研究。

b再制造毛坯损伤及剩余寿命预测研究

再制造毛坯材料一般为废旧产品，由于其结构除了严重的局部失效区域，还包括基体材料长期服役过程中产生的疲劳累积损伤，其剩余寿命与再制造产品的寿命存在密切的关系，对再制造毛坯材料的剩余寿命预测是进行再制造产品寿命评估的基础。本部分研究主要包括：

① 毛坯结构失效形态和损伤程度量化表征研究。

② 毛坯材料结构疲劳损伤检测方法及模型研究。

③ 毛坯件剩余寿命预测研究。

c再制造热-疲劳耦合损伤评估

再制造毛坯件为废旧产品，其材料结构已经经历了一定周期的交变应力作用，在其内部组织结构上形成了一定程度的疲劳损伤，当该材料在再制造过程中与新材料和激光熔覆热现象综合作用时，将导致再制造产品性能发生更加复杂的变化。本部分研究主要包括：

① 材料组织结构在交变应力和热应力综合作用条件下的组织变化机理研究。

② 基于非线性连续疲劳累积损伤的热-疲劳耦合损伤评估建模。

③热损伤及热-疲劳耦合定量检测与损伤识别。

④热损伤和疲劳损伤对构件疲劳特性的影响规律试验研究。

d基于激光熔覆再制造工艺的修复质量优化研究

目前再制造工艺多采用激光熔覆技术，而针对该技术的理论及实际研究，有助于再制造物件的各项性能的提升，以达到增加其使用寿命，直接创造价值。本部分主要内容包括：

① 熔池温度分布及其对成形质量的影响研究。

② 利用热处理消除再制造材料疲劳应力的研究。

e再制造产品的寿命评估研究

再制造产品的寿命不仅与毛坯材料的剩余寿命有关，还与再制造工程中输入的热损伤有关，必须通过试验和仿真手段分析热损伤与疲劳寿命的关联机理，以及毛坯剩余寿命与再制造产品疲劳特性的关联机理。本部分主要内容包括：

① 毛坯剩余寿命与再制造产品疲劳特性关联性分析。

② 毛坯件热损伤耦合的再制造寿命评估方法及建模。

③ 再制造产品剩余寿命分析。

**（3）拟解决的重大科学问题或关键技术问题：**

（1）解决废旧产品材料基体疲劳损伤与失效程度的数学描述问题

（2）解决热损伤的识别与评估建模问题

（3）阐释热损伤与疲劳损伤的相互作用对再制造产品寿命的影响机理。

**（4）考核指标及评测方法**

① 工程机械的全信息模型基础数据库1套

数据库类型应包括力学信息数据库1个、材料信息数据库1个、再制造工艺数据库1个、设备未来健康状态预测数据库1个。项目完成时准确度应保证不低于95%。

② 面向设备健康状态的综合数据库管理系统1个

项目完成时管理系统的响应时间不超过5ms，且系统对设备健康状态的评估结果的可靠性不低于95%。

③ 再制造毛坯检测与质量评价规范1个

项目成果完成时，应实现全国领先水平，并以是否作为行业标准评测其先进性。

④ 再制造毛坯检测技术两项

项目成果完成时，应保证该检测技术能一般适用于大多数再制造毛坯，并通过试验检验的方式验证技术的准确性。

⑤ 再制造毛坯损伤及剩余寿命预测模型

本项目成果完成时，应实现毛坯损伤检测的准确性不低于95%，是毛坯剩余寿命预测模型的契合度不低于90%。

⑥ 再制造热-疲劳耦合损伤评估模型

本项目成果完成时，应实现评估模型的评估结果契合度不低于95%。

⑦ 热损伤耦合的再制造寿命评估方法及模型

本项目成果完成时，评估方法应实现基本可靠的预期目标，模型的契合度也应达到95%以上。

⑧ 高水平论文

本项目完成时，应实现发表SCI、EI论文不低于15篇，CSCD及其他期刊论文不低于40篇的预期目标

⑨ 国际国家发明专利

本项目完成时，应完成至少3项国家发明专利以及至少10项国家发明专利的申请。

四、主要创新点

围绕基础前沿、共性关键技术或应用示范等层面，简述项目的主要创新点。每项创新点的描述限500字以内。

**子课题1创新点：**

**创新点1：**630℃锅炉研制全面提升出口蒸汽参数，更进一步提高发电机组效率，提升中国发电设备品牌影响力，助力中国装备走出去。

中国现在的锅炉、压力容器设计、制造水平已达到了国际一流水平，特别是电站锅炉，超超临界机组已达到1000MW等级，高效超超临界、二次再热技术已达到国际领先水平。然而与国际发电设备制造企业相比只有比较优势，630℃锅炉技术将形成竞争优势。

**创新点2：**630℃锅炉研制将使用中国自主化高温耐热钢新材料，带动中国钢铁企业研发，冲击国外钢铁企业长期霸占的高等级耐热钢先进地位。

长期以来中国电站锅炉所使用高等级耐热钢SUPER304H和HR3C依赖进口，成本高举不下、采购进度严重受限，而近年来国产化的成功，不仅使其采购成本直接降低50%以上，而且采购周期缩短40%以上。然而，遗憾的是中国钢铁企业并没有赶上国内电力行业发展的高峰期，这两种材料的成功国产化后，电力行业的大发展却一去不返。而更高参数630℃锅炉研制之初就会考虑中国自主新材料的应用，与钢铁企业一起研发高等级耐热钢材，强力助推中国钢铁企业研发，冲击国外钢铁企业在高等级耐热钢领域的霸主地位。

**子课题2创新点：**

我国锅炉现有常用耐热钢均为国外开发钢种，导致原材料和配套焊材受制于人。本课题主要在两个方面具有创新点：其一是对新型耐热材料，乃至新型耐热材料制造部件的安全性评估工作，获得材料原始数据用于支撑更高参数电站锅炉的设计；其二是首次开发匹配焊接材料，对其焊接工艺和热处理工艺进行系统研究，改变高等级材料制造技术长期跟随国外，原始技术全部依赖进口的局面。

**子课题3创新点：**

针对电站锅炉集箱制造过程中焊接作业稳定性难以保障难点，开发国内首台套锅炉接管座自动焊接设备。设备主要在两个方面具有创新性，其一是对焊接机器人、焊接电源、数控工装等设备的设备集成创新；其二是对先进电子技术、嵌入式系统开发技术、DSP（数字信号处理）技术、图像处理技术等先进技术的在重型制造工业中的应用创新。此外，开发集箱管座焊接工作站，实现集箱管座焊缝的自动识别、自动跟踪，自动焊接，从而提高焊接的效率，也体现出传统焊接工艺的创新。

**子课题4创新点：**

**创新点1：**提出工程机械运行过程能耗建模、碳足迹量化评估方法。依据工程机械在典型功能与性能条件下关键零部件的运动机理，建立其能耗/碳排放模型，对其能耗足迹和碳足迹进行精准计算，以实现具体运行过程的能耗和碳排放等因素的量化分析和研究。

**创新点2：**构建工程机械节能低碳性能分析与评估指标体系。在上述能耗建模与碳排放计算的基础上，从投入产出分析的角度对具体生产任务的能效进行建模分析；结合工程机械具体功能，建立以“时间-任务-能耗/碳排放”为维度的低碳性能评估体系。

**创新点3：**提出工程机械低碳数据感知与环境影响监测方法。依托上述能耗建模与低碳性能评价体系等理论支撑，通过对工程机械运行过程异构数据与能耗/碳排放数据的表达与预处理，实现工程机械低碳数据实时分析与运行状态预测，并采用能耗数据感知方法对数据进行协同计算，实现工程机械环境影响的的多维度计算与分析。

**子课题5创新点**

**创新点1：**针对高速运转设备静止与运行状态下故障类型种类不一致，且部分风险难以检测、信号微弱易受横向振动干扰等问题，提出了一种相位重组近邻点收敛的聚类算法，并应用到高端成套机械设备的故障检测中，实现对高端成套设备故障的实时监测。

**创新点2：**基于整体设备静态检测的多测点建模，利用振动测试技术进行离线试验和分析获取被诊断结构的振动特性细节、故障机理及其特征，并建立关键零部件离线损伤检测数据库，研究少测点结构的损伤信息建模方法，合理配置损伤监测传感器，实现对关键零部件的健康状况的实时监测。

**创新点3：**基于科学先进的数学算法，建立设备运行状态评估模型，并提出了一种面向高端成套设备的安全使用寿命预测模型,实现对高端成套设备安全运行寿命的预测。

**子课题6创新点：**

**创新点1：**针对现有再制造质量评估仅进行零件级分析和试验，未考虑整机设备中零件结构连接的拓扑关系、多物理场的耦合联系、复杂的动态效应等因素对整机工作性能的综合影响，课题面向设备进行全信息建模，并基于在线采集的设备关键工作状态数据建立再制造设备的健康状态评估体系。

**创新点2：**基于金属磁记忆的机理，对再制造毛坯的局部失效区域以及基体材料长期服役过程中产生的疲劳累积损伤进行定量描述，检测毛坯材料的应力分布和应力集中点，开展综合失效形态和损伤程度的量化表征研究；进一步综合失效和损伤检测实验数据，建立和修正再制造毛坯的剩余寿命预测和再制造性评价模型。

**创新点3：**基于热成像技术和三角测量原理，实验研究激光熔覆再制造工艺中熔池温度与熔覆层厚度的关系；并基于毛坯再制造热影响区采集的实验数据和疲劳试验获得的修正参数，通过Chaboche非线性损伤修正模型对再制造热-疲劳耦合损伤进行定量评估，建立熔覆层厚度的在线反馈控制机制。

**创新点4：**建立不同热损伤条件下试件的疲劳仿真模型，通过计算机多物理场联合仿真方法，着重分析激光熔覆工艺条件、毛坯疲劳损伤等对激光熔覆再制造产品质量的综合影响，采用修正的非线性连续损伤模型对再制造试件的疲劳寿命进行评估，并结合再制造设备的健康管理评估体系建立整套再制造产品的疲劳寿命评估模型。

五、预期经济社会效益

项目的科学、技术、产业预期指标及科学价值、社会、经济、生态效益。限1500字以内。

**1、课题1：**世界范围内已投运的大容量发电机组参数主要集中在600℃超超临界，近几年中国也建设了几十台600℃高效超超临界机组。目前美国、日本、欧洲以及中国都在投入大量的人力和物力开展700℃机组研究，然而因受压件需要使用大量昂贵的镍基合金，而且这些材料的生产能力目前尚不能完全满足锅炉部件设计需求，特别是不能满足大管道、集箱的设计需求，进展缓慢。700℃机组是研究的终极目标但在较长的时间范围内无法实现，因此提出分阶段提升参数研究，亦即630℃参数机组。630℃与600℃机组锅炉相比，主蒸汽压力、主蒸汽温度以及再热蒸汽温度全面提升，对机组效率提升有更大的贡献，研制成功后有望将中国发电设备品牌影响力，在世界范围内形成竞争力，带动本行业以及相关钢铁行业强力发展。

**2、课题2：**目前，国外高参数机组相对较少，将来市场不可预期，国内燃煤发电产能过剩，提高效率为主，630℃是当前市场的热点方向与突破口之一，课题开展的相关工作与市场需求相结合。开展应用性研究，促进材料国产化，从根本上摆脱对进口材料的依赖，提高经济效益。

**3、课题3：**项目实施中，涉及制造装备自动化升级改造，很多装备国内外均无现有成品可使用，通过联合自主开发，自主化设备的开发将带动国内自动和制造装备行业的发展。项目建设成功后，东方锅炉将成为行业制造的典范，推动四川省锅炉制造行业的技术革新，进而推动国内机械制造行业技术进步。同时提高车间产品生产效率，降低用工人数，从而降低人力成本。当前锅炉加工方式当前仍以传统作业方式为主，工人参与程度过高，应用新技术后将降低加工劳动强度，提高加工质量和加工效率，获取更大的经济效益。

**4、课题4**：对工程机械展开运行过程能耗和碳排放在线监测与分析评估，为我国进出口工程机械节能减排相关技术贸易措施提供技术储备，破除欧美国家碳关税、碳标签等技术性贸易壁垒；同时为工程机械的节能减排运行控制提供理论指导，以完成《中国制造2025》“全面推进绿色制造”的战略任务。

**5、课题5：**提高工程机械运行的安全性和可靠性，保证设备在其安全运行寿命内正常运作，延长机械设备的安全使用寿命，有效减少工程机械的维修和维护成本，预计可降低成本5%-10%，并可降低工程机械发生安全事故的风险，减轻大型设备故障事故的社会影响。

**6、课题6：**对工程机械废旧部件再制造、检测与评估，使其性能达到原来设备的95%以上，相比重新制造新产品节省材料60%以上，减少整机设备制造过程中碳排放量30%以上，增加经济效益40%以上，促进生态环境的保护和经济的可持续发展，提高我国工程机械的国际竞争力，早日实现制造强国、科技强国梦。

**第三部分 申报单位及参与单位研究基础**

一、申报单位的已有工作基础、研究成果、研究队伍等

（一）项目、任务（课题）牵头单位在该研究方向的前期任务承担及验收情况、相关研究成果

限1000字以内

四川出入境检验检疫局检验检疫技术中心是经国家质检总局批准设立的具有独立公正法人地位的专业检测技术机构，隶属四川出入境检验检疫局。中心下辖肉类、鞋类、化矿等14个重点实验室及常规实验室；现有博士后2人，博士6人、硕士15人、研究员3人、高级工程师19人、工程师16人；拥有分析仪器设备1000多台（套），设备原值1.3亿余元；检测及科研实力雄厚，长期承担国家及省部级科研项目。近5年来，技术中心已完成和正在实施的课题项目有包括国家863项目《制革工业优控化学品的风险筛查与替代产品技术》（项目编号2013AA06A306）、国家公益性项目《出入境大熊猫流行性疾病的检疫技术体系研究》（项目编号：2009100188）在内的国家级、省部级科研项目20余项，主持制定和修订国家标准5项、检验检疫行业标准11、地方标准24项、地方食品安全标准1项。近三年在国内外核心期刊发表论文20余篇。

作为牵头单位本中心除了有强大的科研检测团队和高精尖设备以外，长期配合行政执法，是检验检疫技术执法的有力保障和支撑，曾为国家质检总局编写锅炉压力容器检验规程，主持立项并完成了“大容量高参数电站锅炉高温过热器新材料安全及失效问题的研究”项目，获得质检总局科技兴检三等奖，为本项目的实施打下了基础，课题负责单位对国内外技术性法规非常熟悉，了解WTO，TBT等贸易规则，长期应对各类进出口商品的技术性贸易壁垒，为促进我国产品的出品，阻止国外劣质商品进口，帮助我国企业进行索赔作了大量的工作，是我国进出口商品的国门卫士。

江南大学机械学院武美萍科研团队长期从事增减材智能制造方面的研究工作，在增减材制造方面已有了一定的研究基础，为本课题的顺利开展提供了保证。例如，该团队在研的装备预研教育部联合基金项目《内置流道航空发动机叶片增减材一体化智能制造技术研究》，主要针对高性能叶片的增减材一体化成形展开深度研究，拟开发出一套智能增减材一体化制造工艺规划系统。该项目对金属增减材制造过程的工艺条件、加工件后期热处理、无损检测方法、加工件的力学性能和缺陷等方面的研究为本课题中激光熔覆再制造修复、修复件的力学性能以及组织缺陷等内容的研究奠定了坚实的基础。

课题四项目负责人唐又红高级工程师对国外产品碳足迹评价与碳标签体系，特别是对欧盟产品环境足迹评价体系有着比较全面的了解，对基于LCA的进出口机电产品碳排放模型评价及贸易壁垒等方面已有一定的研究基础。

课题四项目主要参与人张朝阳副教授对机械设备能耗建模、碳排放评估与碳足迹计算、制造信息化系统开发等方面进行了较深入的理论探索和应用研究。在碳排放评估方面，提出了制造车间多层次碳排放综合评估方法，并开发了能耗远程监控平台；在制造过程节能减排方面，建立了基于深度学习理论的数控机床运行过程的低碳协同控制方法。

南京航空航天大学是国家“211工程”建设和“985工程优势学科创新平台”重点建设高校。南京航空航天大学机械制造及其自动化学科自1988年以来一直为国家级重点学科，同时也是江苏省十大“重中之重”学科之一。该学科拥有国家级“国防科技工业难加工材料加工技术研究应用中心”、国家级“机械工程实验教学示范中心”、教育部“高效精密加工与装备技术工程研究中心”、江苏省“精密与微细制造技术重点实验室”、江苏省“数字化设计制造工程技术中心”，另外，还合作共建了“江苏省物流自动化装备工程技术研究中心”等三个省级工程研究中心。近五年来，获得国家科技进步二等奖1项，国家科学技术发明二等奖1项，国防科学技术一等奖1项，教育部科技进步一等奖1项，省部级（国防科学技术奖、江苏省科技进步奖、教育部科学技术进步奖）二等奖10项、三等奖9项。

（二）项目及任务（课题）负责人的科研水平及主要成果

包括工作简历、主要学术业绩、近五年主持的与申请项目相关的各类国家科技计划项目情况、人才计划资助情况，奖励、论文、专利等重点成果取得情况，限2000字以内。

**1、邓勇，**项目总负责人，课题2负责人，中共党员，本科学历，高级工程师。国家质检总局科技委机电委委员、国家质检总局标准化委员会机电专业委委员、四川机械工程学会无损检测分会委员。1991年重庆大学本科毕业后在东方电气集团东方锅炉股份有限公司从事材料及科研工作，2002年获高级工程师；2007年至今在四川出入境检验检疫局检验检疫技术中心机电实验室从事机电检测和科研工作，熟悉锅炉压力容器标准和制造检测规范，先后从事生产服务、标准制修订、材料应用性能研究、失效分析及剩余寿命估算、高温部件蠕变/疲劳交互作用下行为研究、机电产品检测、无损探伤等方面的工作，工厂工作期间承担各类科研课题10余项，在四川出入境检验检疫局工作期间承担国家质检总局课题 “大容量高参数电站锅炉高温过热器新材料安全及失效问题的研究”，该项目获2015年质检总局科技兴检三等奖，共计发表论文10余篇。

**2、莫春鸿，**课题1负责人，教授级高级工程师，东方锅炉技术中心副总设计师，第 10 批省学术和技术带头人（后备人选）。负责并参与完成了负责完成了世界首台600MW等级烧奥里油锅炉的开发和研制；负责并参与了第一台性能上全自主设计的600MW超临界锅炉的开发工作；参与并负责了世界上首批、企业首台超临界600MW “W”炉的研制，填补了“600MW超临界W锅炉”的空白”；参与并负责了国内第一台高效超超超临界1000MW 锅炉的研制和开发，填补我国高效超超临界1000MW的空白；负责并参与了我国第一批的大型600MW油气锅炉的开发与研制，并出口至沙特、委内瑞拉等国。特别是在委内瑞拉投运后，产品运行表现优秀，极大的缓解了当地用电紧张，为国家一路一带建设作出了贡献。获中国机械工业科学技术一等奖1项，四川省科技进步二等奖1项，四川省科技进步三等奖2项，自贡市科技进步一等奖4项，东方电气集团公司科技进步一等奖1项，东方锅炉集团公司科技进步特等奖1项。获国家发明专利2项，实用新型专利14项。发表论文2篇。

**3、李健**，课题2负责人，高级工程师，东方锅炉材料研究所副所长兼党支部书记，全国钢标委钢管分技术委员会委员。主持或参与过国家能源局项目“锅炉关键技术的研究：700℃超超临界燃煤发电关键设备研发及应用示范”；发改委、工信部、财政部项目“蒸汽温度700℃以上超超临界燃煤发电设备用镍基耐热合金研发及产业化专项攻关”等项目。获四川省科技成果奖一次、自贡市科技进步三等奖一次、东方电气科技进步二等奖一次、三等奖三次。获发明专利1项，多次在《动力工程》、《东方电气评论》、《东方锅炉》等刊物上刊发论文。

**4、张涛**，课题3负责人，高级工程师，东方锅炉工艺部部长兼党支部书记，现为东方锅炉工艺（制造）技术带头人。主持或参与了东方锅炉50-135MW“CFB”炉制造技术开发、600MW超临界锅炉制造技术开发、300MW“CFB”锅炉制造技术开发、600MW超临界“CFB”锅炉工艺工装技术开发、1000MW超超临界锅炉制造技术开发、600MW超临界“W”火焰锅炉制造技术开发、特种容器制造技术开发、CPR1000及AP1000核岛主设备制造技术开发、气化炉制造技术开发等多项重大项目，其中600MW超临界“CFB”锅炉工艺工装技术、开阳气化炉制造技术项目为国家863项目，其所负责项目取得的成果使东锅的产品制造技术达到国际先进水平。先后获中国机械联合会科技进步特等奖一次、四川省科技进步一等奖、二等奖各一次、自贡市科技进步一等奖三次、二等奖两次、东方电气集团及东方锅炉科技进步特、一、二、三等奖多次。获发明专利6项，多次在《东方电气评论》、《东方锅炉》等刊物上发表过论文。曾荣获东方电气集团公司第三届“有突出贡献优秀专家”、“首批自贡市示范专业技术人才”称号，自贡市“五一劳动奖章”。

**5、唐又红**，课题5负责人，中共党员，研究生学历，机械电子工程专业，高级工程师。IEC国际标准化委员会家用智能移动机器人工作组（IEC TC59/WG16）成员、IEC注册专家、全国家用电器标准化技术委员会家庭机器人工作组（SAC/TC46/WG15）成员。曾在富士康科技集团（昆山）有限公司从事产品设计开发和工程分析工作。2004年11月进入苏州检验检疫局，主持或参与完成质检总局或江苏局科研项目6项，主持完成课题“吸尘器能效指标体系及测试方法研究”，参与完成IEC国际标准1项，主持或参与完成国家标准或行业标准十余项，获得专利2项，出版专著1本，发表论文10余篇。

**6、徐锋，**课题6负责人，博士，教授，博士生导师，现为南京航空航天大学机电学院院长助理。围绕着机械制造过程与装备，开展了多传感监测信息融合以及智能故障诊断与分析等方面开展了研究。2002年和2012年曾分别在香港理工大学和香港城市大学从事访问学者研究，2008年至2010年在中国电子科技集团公司第十四研究所从事博士后研究。近5年来，主持国家自然科学基金2项，江苏省自然基金、江苏省产学研联合创新项目、航空科学等省部级项目近10项。2015年获得江苏省六大人才高峰A类资助，发表SCI/EI收录论文近30余篇。获得授权的发明专利20余项。获得省部级科技进步奖3项。

**7、武美萍**，课题4负责人，博士/教授/博导，江南大学研究生院副院长，长期从事数字化设计与制造、复杂装备智能化制造领域的教学科研工作。2002年于南京航空航天大学航空宇航制造工程专业获硕士学位，2005年获博士学位。现为江苏省机械工程高级专业技术资格评审委员，中国机械工业教育协会机械设计制造及其自动化学科教学委员会委员，中国轻工业联合会轻机协会科教分会秘书长，国家留学基金委评审专家，教育部学位论文评审专家，中国机械工程学会高级会员。以第一作者和责任作者发表学术论文60余篇，其中SCI/EI收录10余篇，授权发明专利1项，获省部级科技进步奖3项，主持完成（或在研）科研项目10余项。

（三）项目、任务（课题）牵头单位相关科研条件支撑状况

包括国家（重点）实验室、国家工程（技术）中心、国家重大科研基础设施（含大型仪器设备）等情况，限1000字以内。

**（1）国家（重点）实验室**

机械结构力学及控制国家重点实验室

国家钒钛检测重点实验室

国家光电显示产品检测重点实验室

国家化学品分类鉴别与评估重点实验室

**（2）国家工程（技术）中心**

工信部“航空航天先进制造技术”协同创新中心

苏州出入境检验检疫局综合技术中心：纺织与材料检测分中心

江苏省增材制造（3D打印）产品质量监督检验中心；国家级机械工程实验示范中心；江苏省数字化设计制造技术工程中心。

**（3）省重点实验室**

南航：精密与微细制造技术重点实验室；

数字化医疗装备技术重点实验室；

难加工材料加工先进技术研究应用中心；

高效精密加工与装备制造技术工程研究中心；

数字化设计制造工程研究中心；

精密驱动技术国防重点实验室；

物流自动化装备工程技术研究中心；

金属板材加工设备工程技术研究中心；

精密复合数控机床工程技术研究中心；

超声电机国家地方联合工程实验室；

江苏省机床精密附件工程技术研究中心

江南大学：江苏省食品先进制造装备技术重点实验室；

东锅：清洁燃烧与烟气净化四川省重点实验室、机械工业清洁高效燃烧技术工程试验中心、机械工业高温、高压材料及焊接工程实验室

**（4）国家重大科研基础设施（含大型仪器设备）**

德国莱卡DMI5000M智能数字式金相显微镜；以色列Isonic2006声定位超声波检测系统；英国TD-HS超声波相控阵探伤仪；比利时SITE-XS D2504便携式X射线探伤机；德国卡尔视拓视频内窍镜等大型仪器设备；；德国ZEISS金相分析系统；德国奥尔托电波暗室及EMC和EMI测试系统；德国SPECTRO直读光谱仪； Objet24 3D打印机1套；MakerBot Replicator 2X试验型3D打印机3套；LMY500多功能激光切割机（武汉华工激光工程责任有限公司）1台；CTM2500微机控制电子万能材料试验机1台；三维数字化激光扫描系统TDV800（深圳特得维公司）1 套；快速成形装置AFS-320MZ (北京隆源自动成形系统有限公司) 1 套；RFMV80 立式加工中心；

气质联用仪（Agilent GC-MS）、高效液相色谱仪（Agilent HPLC）、气相质谱(Agilent GC)、电感耦合等离子体 (Agilent ICP-MS)、日晒牢度仪（James.H.Heal）、耐静水压仪等先进检测设备（纺织与材料检测分中心）

南航：

Kistler 9265B压电式测力仪

Kistler 9256A1精密测力仪

PCB 高频响测力仪

三维轮廓显微镜，日本Hirox7700

纳米测试系统，美国MTS

台式表面粗糙度仪，德国MAHR公司S3P

1G带宽4通道存储示波器，美国TEK

表面轮廓仪，日本小板研究所SE-3H

三坐标纳米进给工作台，德国PI

微细放电加工机床

超细丝微细线切割加工机床，瑞士AGIE

反应离子刻蚀系统

电化学综合测试系统，美国

LABVIEW虚拟仪器系统，美国NI

四坐标微装配平台

（四）申报单位之间关联关系声明

（申报单位和参与单位之间如存在以下情况，请在相应的框里打□，并具体说明）

|  |  |
| --- | --- |
| **关联关系内容** | **涉及的关联单位及情况说明** |
| 1.□一方直接或间接持有另一方的股份总和达到25%以上，或者双方直接或间接同为第三方所持有的股份达到25%以上。 | 1.涉及单位和个人：  2.具体说明： |
| 2.□一方借贷资金占另一方[实收资本](https://www.baidu.com/s?wd=%E5%AE%9E%E6%94%B6%E8%B5%84%E6%9C%AC&tn=44039180_cpr&fenlei=mv6quAkxTZn0IZRqIHckPjm4nH00T1dBuj6srHD4nyP9nvDdn1Dz0ZwV5Hcvrjm3rH6sPfKWUMw85HfYnjn4nH6sgvPsT6KdThsqpZwYTjCEQLGCpyw9Uz4Bmy-bIi4WUvYETgN-TLwGUv3En1c3rHbvPHb3PjRkPHbdrHmd)50%以上，或者一方借贷资金总额的10%以上由另一方担保。 | 1.涉及单位和个人：  2.具体说明： |
| 3.□一方半数以上的高级管理人员（包括董事会成员和经理）或至少一名可以控制董事会的董事会高级成员是由另一方委派，或者双方半数以上的高级管理人员（包括董事会成员和经理）或至少一名可以控制董事会的董事会高级成员同为第三方委派。 | 1.涉及单位和个人：  2.具体说明： |
| 4.□一方半数以上的高级管理人员（包括董事会成员和经理）同时担任另一方的高级管理人员（包括董事会成员和经理），或者一方至少一名可以控制董事会的董事会高级成员同时担任另一方的董事会高级成员。 | 1.涉及单位和个人：  2.具体说明： |
| 5.□一方的生产经营活动必须由另一方提供的[工业产权](https://www.baidu.com/s?wd=%E5%B7%A5%E4%B8%9A%E4%BA%A7%E6%9D%83&tn=44039180_cpr&fenlei=mv6quAkxTZn0IZRqIHckPjm4nH00T1dBuj6srHD4nyP9nvDdn1Dz0ZwV5Hcvrjm3rH6sPfKWUMw85HfYnjn4nH6sgvPsT6KdThsqpZwYTjCEQLGCpyw9Uz4Bmy-bIi4WUvYETgN-TLwGUv3En1c3rHbvPHb3PjRkPHbdrHmd)、专有技术等特许权才能正常进行。 | 1.涉及单位和个人：  2.具体说明： |
| 6.□一方的购买或销售活动主要由另一方控制。 | 1.涉及单位和个人：  2.具体说明： |
| 7.□一方接受或提供劳务主要由另一方控制。 | 1.涉及单位和个人：  2.具体说明： |
| 8.□一方对另一方的生产经营、交易具有实质控制，或者双方在利益上具有相关联的其他关系，包括虽未达到上述第1项持股比例，但一方与另一方的主要持股方享受基本相同的经济利益，以及家族、亲属关系等。 | 1.涉及单位和个人：  2.具体说明： |

（五）项目牵头企业运行状况（项目牵头单位不是企业的，不需填写）

填写下表，并在附件中提供该单位须提供近2年经会计师事务所审计的财务报告（包括资产负债表、损益表、现金流量表）。

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 项  目  牵 头 企 业 概 况 | 企业名称 | |  | | | | | | | | | |
| 行业/领域 | |  | | | | | | | | | |
| 经济性质 | | □国有企业□集体企业  □私营企业□有限责任公司  □股份有限公司□其它企业 | | | | | 企业特性 | | □经认定的高新技术企业□国家创新型企业□其他： | | |
| 上市情况 | | □深交所□上交所□新加坡  □香港□创业板□新三板  □纳斯达克□纽约交易所  □其它： | | | | | 上级主管单位 | | □大专院校□中科院科研院所□其他部委科研院所□地方科研院所□军队系统□政府职能部门□企业□无主管  □其他： | | |
| 公司注册地址 | |  | | | | | 注册资本  （万元） | |  | | |
| 成立时间（年、月） | | | |  | | 人员规模 | |  | | | |
| 主营方向 | |  | | | | | | | | | |
| 经 营 概 况 | |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | |  | 主要产品（列前3种产品） | | 近三年年均销售额（万元） | | | | 1 |  | |  | | | | 2 |  | |  | | | | 3 |  | |  | | | | 上年度工业生产总值（万元） | |  | | | |  | | 年 | | 年 | | 近2年主营业务收入（万元） | |  | |  | | 近2年利润（万元） | |  | |  | | 近2年资产负债率（%） | |  | |  | | 近2年实收资本收益率（%） | |  | |  | | 近2年现金流量（万元） | |  | |  | | | | | | | | | | | | |
| 研  发 概 况 | | 研发人员数量 | |  | | 上年度研究开发经费投入（万元） | | | | |  | |
| 上年度研究开发经费投入与主营业务收入的比（投入强度，%） | | | | | | | | |  | |
| |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | 获得发明专 利数量（项） |  | 获得国际发明 专利数量（项） |  | 软件著作权（项） |  | | | | | | | | | | | |
| 制定国内标准（项） | | | |  | | 制定国际标准（项） | | | |  |

二、参与单位、团队的选择原因及其优势

1、东方锅炉是中央直属大型国有企业，具有一流研发条件与基础，拥有国家级“清洁高效燃烧技术工程试验中心”和“高温、高压材料及焊接工程实验室”,拥有“清洁燃烧与烟气净化四川省重点实验室”，拥有国家级核电焊接考培中心、经国家CNAS认证的材料研究中心，拥有A级锅炉设计、制造许可证，A1、A2、A3类压力容器设计、制造许可证，民用核承压设备制造许可证，美国ASME锅炉、压力容器及核电产品S、U、U2、N、NPT、MO、NS制造钢印及授权证书，ISO9001质量管理体系认证证书，环境污染防治工程甲级设计证书等。拥有近百项填补国内火电、核电、环保、化工容器技术空白的重大新产品、新技术，35项技术获国家级科技进步成果奖；120项成果获省、部级科技进步成果奖。

2、江南大学是教育部直属的国家“211工程”重点建设高校和“985优势学科创新平台”建设高校。历经百年风雨沧桑和半个多世纪的独立办学，江南大学现已建成一所规模结构合理，教学质量优秀，办学效益显著，教学、科研、服务均得到社会高度评价，在国内外具有一定知名度的特色鲜明的研究型大学。

项目组主要骨干隶属机械工程学院，申请者和项目组主要参与人员近五年来承担了大量基础性应用研究，参与完成了国家科技攻关、863国家高技术攀登计划、国家自然科学基金等多个项目。其中，具有代表性的有：内置流道航空发动机叶片增减材一体化智能制造技术研究（教育部预研项目）；面向生物陶瓷人工关节的高压磨料水射流复杂曲面加工机理研究（国家自然科学基金项目）；剪切型软钢阻尼器的微观滑移模式及大塑性耗能机理研究（国家自然科学基金项目）；陶瓷微喷射粘结自由成形的高致密化及层界面连接增强机理研究（国家自然科学基金青年项目）生物医用多孔Ti-Mo合金选择性激光烧结成形机理及性能研究（江苏省青年基金）和粉末粘结自由成形陶瓷坯体的高致密化及层间连接增强机理研究（江苏省自然科学基金青年项目）等

项目依托江南大学机械工程学院特种设备研究所、江苏省食品先进制造装备技术重点实验室，学院拥有仪器设备1000余台套，项目研究所需的实验设备均已具备。多年来，项目组成员利用本院的实验设施和研究平台从事具有复杂曲面特征的机械产品的高精度检测、逆向设计、结构分析与流体分析、数字化设计与制造等方面的研究，并在相关领域取得了一系列研究成果。

3、苏州出入境检验检疫局检验检疫综合技术中心是经国家质检总局批准注册、具有独立法人资格的事业单位，中心已按照ISO/IEC 17025-2005标准建立和改进质量管理体系，通过了中国合格评定国家认可委员会（CNAS）的认可，并获得国家认证认可监督管理委员会的计量认证证书（CMA）和食品检验机构资质认定证书（CMAF）。中心聘请中国科学院陈洪渊院士、中国工程院姚穆院士为技术顾问，与中国检验检疫科学研究院、南京大学、苏州大学、江南大学、扬州大学等建立了良好的科研、人才培养合作关系。中心拥有博士研究生、高级工程师、硕士研究生等100多人的检测技术团队。中心具有一流的检测环境和仪器设备，试验场地两万多平方米，仪器设备一千多台套，建成电波暗室、光学暗室、消声室、双工况室、动力电池防爆室等大型检测设施，以5立方高加速试验系统，800V/1200A动力电池充放电系统为代表的多项技术能力达到行业领先水平，同时获得国防科工委DILAC认可。

三、相关的国际合作与交流

说明申报团队现有的国际科技合作交流基础和渠道、主要合作对象、合作领域、合作方式和合作成果等内容，限1000字以内。

四川检验检疫局技术中心长期与国际机构保持合作沟通，多次邀请西班牙飒拉公司等单位来中心交流。先后与通标标准技术服务有限公司、必维国际检验集团、Intertek天祥集团、TUV 南德等检测机构建立合作关系，共同开发检测市场。多次合作开展国外标准法规解读培训，协助国内企业取得国际认证。中心通过与以上检测机构的合作，在主观测试等欧盟领跑的标准体系领域，利用对欧美标准的解读，成功实施了电饭锅主观测试评价等项目。技术中心还长期参加国际比对，保持测试质量具备国际先进水平。

在技术引进和合作过程中，东方锅炉与法国，德国，日本，韩国，意大利，印度等压力容器制造厂和材料制造商和业主进行了大量的技术交流与合作，共同研发了大量的发电设备。

东方锅炉在国际项目的执行上有良好的技术咨询资源，长期与美国哈特福德公司(HSB) 、法国国际检验局（BV）、通标标准技术服务有限公司（SGS）等国际知名的第三方认证公司友好合作，共同完成东南亚、中东、欧洲、非洲及南美洲等各地的按不同标准执行的项目。

江南大学机械工程学院已经和德国代根多夫大学、美国田纳西大学、美国罗切斯特理工大学、英国中央兰开夏大学、日本京都大学以及日本国立三重大学等国外知名院校签订了联合培养协议。与日本京都大学和三重大学合作，共建了智能机器人与智能检测技术国际联合研究中心；与美国田纳西大学合作，联合培养专业学位研究生，共同建立了先进系统研究与教育工程中心。依托与国外大学的合作，学院申获了国家留学基金委2016年创新型人才国际合作培养项目“智能制造创新人才培养”。

苏州出入境检验检疫局检验检疫综合技术中心获得CB实验室资质及众多国外知名机构授权，与美国UL、德国TUV莱茵、法国EUROFINS、挪威NEMKO、香港机电工程署等积极开展合作，可提供UL、GS、PSE、CE、SASO、RCM、GC等本地化全球认证服务。

**第四部分 进度安排**

包括项目主要研究任务的研发进度、年度及重点节点（“里程碑”）安排、中期目标等。鼓励重大共性关键技术和应用示范研究类项目，采用甘特图等图表细化描述，限2000字以内。

**课题1 基于提升发电机组能效及安全性的更高参数锅炉关键技术研究：**

2018.01-2018.08 研究630℃锅炉总体布置方案，奠定良好的研究基础，对比分析国际主要强制规范与中国标准的差异，确保新型锅炉能效、安全性参数符合欧美主要标准法规要求。

2018.09-2019.09精确匹配各系统及各部件间的热量研究，为汽温调节、新材料选择的开展关键先导研究。

2019.10-2020.09 高效汽温调节方案研究，确保高参数锅炉技术成功的关键一环。

2020.10-2021.12新材料的应用研究，确保高参数锅炉技术可实施，提高成本竞争力；新结构设计研究，确保更高参数锅炉技术实现。

2022.01-2022.12系统安全设计研究，确保更高参数锅炉技术可靠、灵活、超期稳定运行；完成结题。

**课题2电站设备新型耐热材料应用研究**

2018.01—2018.12 完成新型高温耐热材料基础数据整理。完成匹配焊材样品制备。

2019.01—2019.12完成焊接及热处理工艺开发。完成长时时效试验，抗氧化试验和低周疲劳试验内容。

2020.01—2020.12 完成新型高温耐热材料应用数据完整整理。完成焊接接头长时性能试验及工艺导则制定。

2021.01-2021.12 完成高温过热器管屏和高温过热器集箱的设计及S31035和G115的采购。

2022.01-2022.12 完成高温过热器管屏和高温过热器集箱制造及应用。

**课题3 电站设备制造自动化技术研究与应用示范**

**2018.01—2018.12完成自动化工艺总体方案设计及技术资料分析研究2019.01—2019.12完成接管座焊接设备规范制定及集成方案，完成管接头备料生产线规范制定及集成方案，完成自动预后热设备规范制定及方案。**

**2020.01—2020.12完成设备开发和试制。**

**2021.01—2021.12完成集成后试验验证。**

**2022.01—2022.12完成产品应用和实践总结。**

**课题4：工程机械能效与环境影响监测技术研究**

**第一阶段2018.01 - 2019.06：**

完成工程机械运行过程能耗建模、碳足迹量化评估与检测：机械设备能耗模型构建、机械设备碳排放模型及碳足迹计算、运行过程能耗/碳排放在线监测与分析。

**第二阶段2019.07– 2020.10：**

完成工程机械节能低碳性能分析与评估指标构建：工程机械运行过程能效分析、工程机械低碳性能评估体系构建。

**第三阶段2020.11 - 2022.06：**

工程机械低碳数据感知与环境影响监测技术：异构数据形式化表达与信息融合预处理、低碳数据实时分析与运行状态预测、机械设备环境影响监测分析。

**第四阶段2022.07 - 2022.12：**

完成本项目最终文档撰写。

**课题5：工程机械安全与寿命监测技术研究**

**第一阶段2018.01 - 2019.06：**

1. 基于机械系统数学模型、故障诊断专家系统及人工神经网络的故障诊断监测等方法，对高端设备故障诊断技术进行研究，完成多传感器与监测仪器的优化与改进，提高对设备故障信号的采集精度。
2. 研究工程机械零部件断裂、磨损、腐蚀、变形等主要失效方式机理，采用宏观和微观观察研究断面切口判定其具体断裂方式，并从宏观标记进行证实；结合应力测试和有限元仿真模型，分析关键零部件腐蚀磨损、变形程度及裂纹产生与分布。
3. 依据已有的设备失效速率和事件失效原因统计数据库，完成模糊概率风险评价等级体系的设计和构建，实现对成套设备失效概率的定量分析、预测，最终进行RBI失效风险分析，实现风险动态管控。

**第二阶段2019.07– 2020.12：**

1. 完成激光超声无损检测系统的设计和搭建，并对信号处理技术进行研究，实现关键零部件的损伤定位成像，并建立设备关键零部件损伤检测数据库。
2. 完成声发射实时监测系统的设计及搭建，并对采集的信号进行处理，实现整体设备的在线实时监测以及关键零部件的损伤定位成像，并建立设备运行状态的实时损伤检测数据库。
3. 基于数据库的集成技术，搭建设备及其关键零部件的离线在线集成损伤检测数据库。

**第三阶段2021.01 - 2022.06：**

1. 根据工程机械关键零部件的损伤检测数据库，在设备故障样本和标准样本存在和设备故障样本缺少的两种情况下，分别完成基于遗传聚类算法的设备状态评估模型和基于免疫否定选择算法的状态评估模型的建立。
2. 综合考虑背景影响因素对预测过程的作用，建立用于预测设备安全使用寿命的动态生成系数优化的灰色健康预测模型WFRGM，提高对高端成套设备寿命预测的准确性。
3. 研究寿命预测改进算法与设备维护决策建模的紧密衔接技术，建立统筹内部维护效果因素和外部环境工况因素的综合衰退演化规则，建立全局性的决策目标函数。通过动态循环的实时维护决策，实时获得生产设备在工作寿命期间的最优预知维护周期。

**第四阶段2022.07 - 2022.12：**

申请专利及国家软件著作权15-25项，发表高水平论文10-20篇；制定设备检修和更换标准及参与标准修制订2-3项。

**课题6：工程机械关键零部件安全修复再制造及检测方法研究**

1、研发进度

**（1）第一部分（2018.01-2018.11）**

2018.01-2018.11 面向新（健康）设备的在线状态监测和健康管理技术研究

2018.01-2018.06：面向复杂机械设备的多领域全信息模型的建模研究

2018.07-2018.10：面向复杂机械设备关键工作状态的在线采集和信号处理技术研究

2018.05-2018.11：面向设备的健康状态评估算法研究

**（2）第二部分（2018.12-2019.11）**

2018.12-2019.10 再制造毛坯损伤及剩余寿命预测研究

2018.12-2019.05：毛坯结构失效形态和损伤程度量化表征

2019.05-2019.09：毛坯材料结构疲劳损伤检测

2019.04-2019.11：毛坯件剩余寿命预测

**（3）第三部分（2019.12-2020.09）**

2019.12-2020.09 再制造热-疲劳耦合损伤评估

2019.11-2020.03：材料组织结构在交变应力和热应力综合作用条件下的组织变化机理研究

2020.03-2020.05：基于非线性连续疲劳累积损伤的热-疲劳耦合损伤评估建模

2020.06-2020.09：热损伤和疲劳损伤对构件疲劳特性的影响规律试验研究

2020.04-2020.09：热损伤及热-疲劳耦合定量检测与损伤识别

**（4）第四部分（2020.10-2021.08）**

2020.10-2021.08 基于激光熔覆再制造工艺的修复质量优化与热处理研究

2020.10-2021.03：熔池温度分布及其对成形质量的影响研究

2021.04-2021.08：再制造料件热处理研究

**（5）第五部分（2021.09-2022.06）**

2021.09-2022.06：再制造产品的寿命评估研究

2021.09-2022.01：毛坯剩余寿命与再制造产品疲劳特性关联性分析

2022.02-2022.06：热损伤耦合的再制造寿命评估方法及建模

**（6）第六部分（2022.07-2022.12）**

2022.07-2022.12：整理研究成果，撰写项目结题报告书，组织专家进行结题汇报。

2、年度及重点节点（“里程碑”）安排

**（1）2018年度**

2018.11完成工程机械多领域全信息模型的建模及设备的健康状态评估算法研究

**（2）2019年度**

2019.10完成再制造毛坯件剩余寿命准确预测

**（3）2020年度**

2020.09完成再制造件热损伤及热-疲劳耦合定量检测与损伤识别

**（4）2021年度**

2021.08完成激光熔覆再制造工艺的修复质量优化与热处理研究

**（5）2022年度**

2022.05完成热损伤耦合的再制造寿命评估方法及建模

2022.12完成课题验收

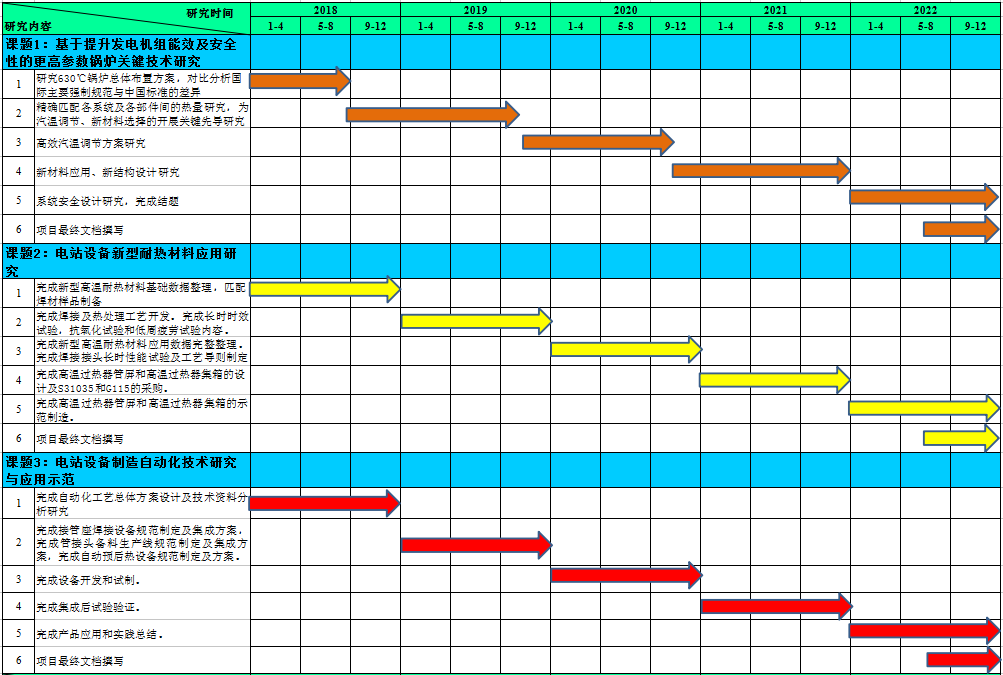
3、中期目标

（1）完成工程机械的全信息模型基础数据库1套，包含力学信息数据库1个、材料信息数据库1个、再制造工艺数据库1个、设备未来健康状态预测数据库1个；

（2）完成面向设备健康状态的综合数据库管理系统1个；

（3）完成检测与质量评价规范1个；

（4）完成热损伤及热-疲劳耦合定量检测与损伤识别。



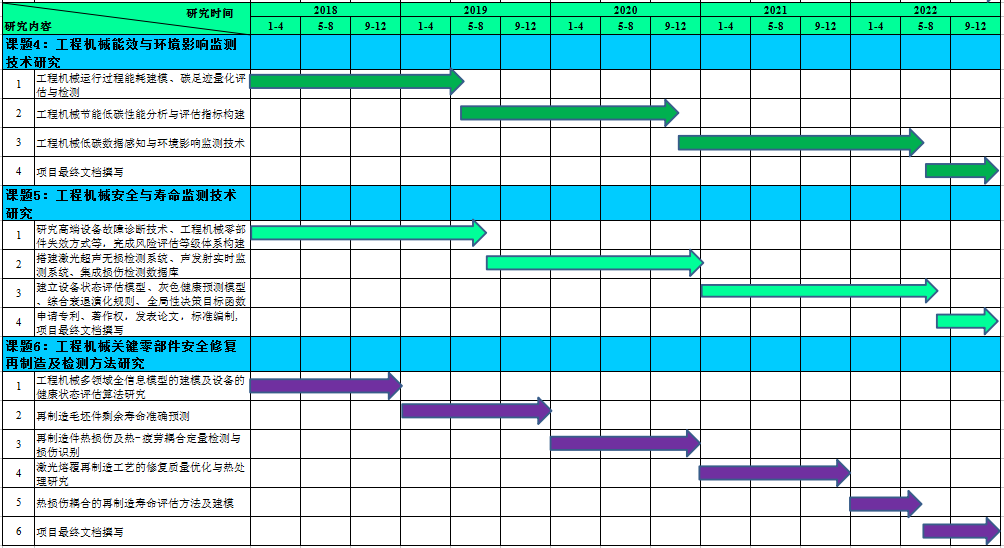


图5 项目任务进度甘特图

**第五部分 项目组织实施、保障措施、保障措施及风险分析**

一、项目组织实施机制

包括项目及分任务（课题）的内部组织管理方式、协调机制等，限1000字以内。

**1、组织管理**

四川出入境检验检疫局为本项目承担单位，东方电气集团东方锅炉股份有限公司、江苏局、江南大学、四川省机械设计研究院、清华大学天津高端装备研究院、西南石油大学、丹东华日理学电气股份有限公司等单位为项目参与单位，联合构建管理协调机制，推行“协商统筹、信息共享”协作机制，实施一体化组织管理。

项目承担单位在吸收各参加单位意见建议基础上，按照一体化设计与组织实施原则，强化项目实施方案编制、任务部署、任务执行等不同阶段顶层设计；加强课题实施过程统筹协调，定期召开专项推进协调会，讨论解决实施中问题。

为加强项目实施全过程组织管理与协调、提高项目实施科学决策水平，实行课题承担单位向国家负责、参加单位向承担单位负责机制。

牵头单位全面负责项目执行各阶段各子课题管理，各子课题负责人负责课题设计研究、实施过程具体管理。设立下列组织机构：

1）项目领导组

职责：全面负责项目组织管理与协调。领导组成员由项目承担单位与参加单位各1人组成（课题负责人必含）。项目领导组设组长1 名，由项目承担单位邓勇担任。

2）咨询专家组

职责：针对项目计划、执行、验收、管理等提供咨询，参与项目各项方案论证，协助协调处理项目执行中的重大问题。咨询专家组成员由行业内的技术、财务专家组成。

3）项目管理组

职责：负责项目计划管理、日常管理、联络和月报工作。管理组成员由承担单位

与参加单位各1-2 人组成。

4）项目技术组

职责：全面负责项目技术开发与组织安排。研制小组组长由课题长担任，小组成

员10～20 人均由技术骨干和中高级以上科技人员组成。

5）研究经费使用将严格按照《财政部科技部关于中央财政科技计划管理改革过渡期资

金管理有关问题的通知》（财教[2015]154 号）和《关于国家重点研发计划重点专项预算管理有关规定（试行）的通知》（财办教[2016]25 号）相关规章制度执行，按预先制定的支付科目和比例进行支出，确保资金的合理、合法使用，确保资金预算的有效性。

**2、组织实施**

1）项目由承担单位总负责，承担单位与参加单位联合组成技术攻关团队，统一规

划、统一设计、分步实施。

2）项目负责人根据项目总体研究方向，拟定各课题主要研究内容；向课题承担下达任务，负责各课题进度管控、统筹协调资源、处理课题实施过程中的问题。

3）项目管理组

项目管理组将根据国家重点研发项目计划相关管理办法和指导文件，制定项目管理文件；指导承担单位和参加单位根据专项年度计划，做好前期统筹谋划，科学组织项目，项目执行计划管理，确保按计划进度和要求实施；了解相关政策，督促项目承担单位和参与单位按照预算使用经费，确保资金使用效率。

3、优化资源配置，坚持关键件技术研究自主创新与配套技术研究集成创新相结合，保证研究成果的可靠性和先进性。

4、加强与国内外科技实力雄厚的有关单位和研究部门合作与交流，实行多学科、产学研用联合攻关，提升项目研究的成果水平。

二、保障措施

1、政策支撑条件：项目将严格按照国家《十三五科技发展规划》、《TTM项目申报指南》相关要求，确保研发方向；项目将严格按照《国家重点研发计划项目管理办法》、《国务院关于深化中央财政科技计划（专项、基金等）管理改革的方案》（国发〔2014〕64 号）等等，确保项目按国家政策要求执行。

2、组织支撑条件：

1）加强管理，科学规划。

项目联合体签订项目开发协议，明确项目的研究内容和任务，做好项目的科学管理和监督。针对项目下设的咨询专家组，聘请行业内的技术、经济及财务专家对项目的计划、管理及验收过程提供咨询和课题的论证。

2、加强人员投入，确保项目研发过程中的人才建设。

组织协调好各单位的研发人员投入，充分利用已有各单位多方位的人才资源优势，通过产、学、研、用多种合作方式，保障人员的投入，并积极支持各单位在人才引进、人才培养、人才发展等政策及措施方面给与支持。

实行课题组长负责制，项目咨询专家组中的技术专家负责对技术设计和各分部分详

细技术方案进行审查，并对集成过程中的技术问题进行指导，确保质量计划的有效实施

项目执行期间由项目负责人、课题负责人、技术专家组长和主要技术骨干共同承担质量控制与保证任务，负责设计资料的指控、监督和复核，协调各种事务，各种报表严格按照质量完成。

3、资源支撑条件

各参加研究的单位均是长期从事科研、开发、生产制造的知名团队，具有丰富的产学研一体化合作经验，捅有众多的高级人才，强大的研究团队，一流的研究设备和生产制造装备，完全有能力支撑本项目的顺利实施，达成项目目标。

三、知识产权对策、成果管理及合作权益分配

项目承担单位和各参与单位作为项目联合体，各方本着相互合作的精神，在项目申请和执行中涉及的知识产权、成果及合作权益按以下方式处理：

1、各单位在申请本项目前所获知识产权及相应权益归各自所有，不因共同申请而改变。

2、因申请项目需要，各自向对方提供未公开、或在提供之前已告知不能向第三方提供与本项目相关的技术资料、数据等信息，未经提供方同意，不得提供给第三方，也不得向第三方披露。

3、项目执行过程中，联合体各方对项目执行过程中形成的科技成果按下列方式及时采取知识产权保护：

3.1 在联合体各方工作范围内独立完成的科技成果及形成的知识产权归各方独自所有。一方转让其专利申请权时，其他各方拥有以同等条件优先受让的权利。

3.2 项目执行过程中，由联合体各方共同完成的科技成果及形成的知识产权归各方共有。成果申报各级奖项，所有权方单位排名根据具体情况另行商定，人员排名原则上按贡献大小先后排名。一方转让共有专利申请权时，其他各方有以同等条件优先受让的权利。一方声明放弃其共有的专利申请权时，可由另一方单独申请或由其他各方共同申请。联合体各方中有一方不同意申请专利的，另一方或其他各方不得申请专利。

3.3 未经知识产权所有权人各方同意，违反“知识产权”所列方式实施或转让项目成果的，应当向所有权人支付相当于其实施或转让项目成果所得收益的违约金。

3.4 由联合体各方共同完成的技术秘密成果，各方均有独自使用的权利。未经其他各方同意，任何一方不得向第三方转让技术秘密，也不得向第三方披露。

3.5 共同完成的科技成果的精神权利，如身份权、依法取得荣誉称号、奖章、奖励证书和奖金等荣誉权归完成方共有。

3.6 联合体各方对共有科技成果实施许可、转让专利技术、非专利技术而获得的经济收益由联合体各方共享，收益共享方式应在行为实施前另行约定。

3.7 联合体各方建立规范、健全的项目科学数据和研究成果档案，按照有关规定和要求，按时上报项目有关科研资料和数据；共享参加单位设计方案、图纸、试验数据等资料；研究成果包括论文、专著、专利、软件、数据库、图纸、规范、研究报告等。

四、风险分析及对策

1、技术风险1

子课题3：技术风险主要源于两个方面，一是对制造技术发展趋势变化较快，出现新型加工制造技术冲击原有制造技术，导致现有制造改进方向难以把握；二是锅炉自动化制造技术相对较新，应用过程中对其可靠性分析难度大，导致项目建设后不能正常投入运转或者装备与系统之间匹配存在问题。针对以上情况，在项目建设过程中注重相关行业技术调研分析，合理预测未来技术发展方向，分析项目经济性的可持续时间，确保项目技术经济性，加强可行性分析，集中多种知识结构人才进行技术讨论，确保技术方案可靠。

2、技术风险2

子课题6：课题中所涉及的主要技术包括各类数据库的建立，评估模型的建立及对寿命的剩余寿命评估等，为了规避技术风险，本课题从项目组织管理、研究方案的设计和研究路线优化、合作单位技术攻关分工与合作以及考核验收指标等方面，精心设计、统筹规划、发挥合作单位的技术优势规避技术风险：再制造料件的不同带来的大样本数据导致的数据库混杂，模型建立错误等问题。

本项目涉及的最大风险是面对如此大的再制造料件样本，是不是可以通过有效的手段对该样本进行清晰地分类并对其进行模型的建立。针对这个问题，本课题拟采用如下办法：

A、实时数据库的建立。相对于将实时数据直接放入健康数据库，实时数据库的建立更类似于一个中转站，使得整个数据库有缓存处理的时间，从而使得数据在充分收集的情况下，有充分处理的时间，减少了数据在仓促情况下处理错误状况的出现.

B、灰色关联度模型的应用：针对健康数据库中的数据，拟采用灰色关联度模型，对数据进行优化汇总，防止个别不准确数据带来的偏差，从而保证建立的模型的准确性.

3、市场风险

子课题2：由于国内燃煤发电产能过剩，630℃虽然具被当前市场的热点与突破口，也依然存在不被批准的风险，目前东方锅炉正在与国内电力集团积极合作申报630℃参数的示范项目工程，尽量降低项目风险。若630℃示范电站未被获批，设计一套小比例的产品，并进行示范制造。

**表5 项目执行可能面临的风险**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 风险类别 | 风险  内容 | 风险发生  可能性 | 涉及的研发任务 | 预防风险或减少风险损失的措施 |
| 1 | ■技术风险□市场风险  □政策风险□其他 | 1部件结构完全改变；2四套装置的系统匹配 | □高□中■低 | 电站设备制造自动化技术研究与应用示范 | 4套装置发步研发，均获得成功以后，再投料示范制造 |
| 2 | ■技术风险□市场风险  □政策风险□其他 | 1再制造料件的不同带来的大样本数据导致的数据库混杂；2个别不准确数据带来的偏差 |  | 再制造料件安全评估与检测技术研究 | 实时数据库的建立；灰色关联度模型的应用 |
| 3 | □技术风险■市场风险  □政策风险□其他 | 630℃示范电站项目存在获批风险 | □高□中■低 | 电站设备新型耐热材料应用研究 | 若630℃示范电站未被获批，设计一套小比例的产品，并进行示范制造。 |

**第六部分 研究团队**

**表6 项目参加人员基本情况表**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **填表说明：** 1、专业技术职称类别：A、正高级 B、副高级 C、中级 D、初级 E、其他；  2、投入本项目的全时工作时间（人月）是指在项目实施期间该人总共为项目工作的满月度工作量；累计是指项目组所有人员投入人月之和；  3、项目固定研究人员需填写人员明细；  4、是否有工资性收入：Y、是 N、否；  5、在项目中的角色：A、项目负责人 B、任务（课题）负责人 C、项目骨干 D、其他研究人员；  6、工作单位：填写单位全称，其中高校要具体填写到所在院系。 | | | | | | | | | | | | | | |
| 序  号 | 姓名 | 性别 | 出生日期 | 证件类型 | 证件号码 | 专业技术职称 | 职务 | 最高学位 | 专业 | 投入本项目的全时工作时间  （人月） | 在项目中的角色 | 所属任务（课题） | 是否有工资性收入 | 工作单位 |
| 1 | 邓勇 | 男 | 1969-04-25 | 身份证 | 510212196904250314 | B |  | 本科 | 金属材料及热处理 | 60 | A | 2、6 | Y | 四川出入境检验检疫局检验检疫技术中心 |
| 2 | 莫春鸿 | 男 | 1970.09.23 | 身份证 | 610103197009232458 | A | 副总设计师 | 硕士 | 动力工程及工程热物理 | 30 | B | 1 | Y | 东方电气集团东方锅炉股份有限公司 |
| 3 | 李健 | 男 | 19720207 | 身份证 | 510302197202072012 |  | 副所长 | 本科 | 腐蚀与防护 | 25 | B | 2 | Y | 东方电气集团东方锅炉股份有限公司 |
| 4 | 张涛 | 男 | 19710203 | 身份证 | 510302197102031010 | B | 部长 | 学士 | 机械制造 | 30 | B | 3 | Y | 东方电气集团东方锅炉股份有限公司 |
| 5 | 武美萍 | 女 | 1970.10.15 | 身份证 | 140121197010159024 | A | 副院长 | 博士 | 数字化设计与制造 | 8 | B | 2、4、6 | Y | 江南大学机械工程学院 |
| 6 | 唐又红 | 男 | 1971-12-30 | 身份证 | 120112197112301618 | B | 科长 | 硕士 | 机械电子工程 | 20 | B | 4、5、6 | Y | 苏州出入境检验检疫局综合技术中心 |
| 7 | 徐锋 | 男 | 19761024 | 身份证 | 32050419761024255x | A | 无 | 博士 | 机械工程 | 30 | 课题负责人 | 5 | Y | 南京航空航天大学 |
| 8 | 敖必强 | 男 | 1966-12-10 | 身份证 | 540102196612103512 | C | 副局长 | 本科 | 机械 | 20 | C | 2 | Y | 四川出入境检验检疫局 |
| 9 | 董伟 | 男 | 1969-04-27 | 身份证 | 330106196904270036 | A | 副主任 | 本科 | 轻工纺织 | 20 | C | 2 | Y | 四川出入境检验检疫局检验检疫技术中心 |
| 10 | 徐畅 | 男 | 1982-10-29 | 身份证 | 513622198210297499 | C | 无 | 硕士 | 微电子学与固体电子学 | 60 | C | 2、6 | Y | 四川出入境检验检疫局检验检疫技术中心 |
| 11 | 谢波 | 男 | 1980-07-03 | 身份证 | 510302198007031519 | C | 无 | 本科 | 计算机科学与技术 | 60 | C | 2 | Y | 四川出入境检验检疫局检验检疫技术中心 |
| 12 | 李国良 | 男 | 1985-06-19 | 身份证 | 421182198506190012 | 无 | 主任科员 | 硕士 | 机械制造及其自动化 | 30 | C | 2 | Y | 成都出入境检验检疫局 |
| 13 | 杨斌 | 男 | 1974-07-29 | 身份证 | 510113197407291110 | 无 | 科长 | 硕士 | 计算机应用 | 20 | C | 2 | Y | 四川出入境检验检疫局 |
| 14 | 陆毅 | 男 | 1971-02-02 | 身份证 | 510311197102020019 | B | 标准化员 | 本科 | 化工设备与机械 | 20 | C | 1 | Y | 东方电气集团东方锅炉股份有限公司 |
| 15 | 陈辉 | 男 | 1988-10-04 | 身份证 | 510923198810044612 | D | 标准化员 | 本科 | 机械 | 20 | C | 1 | Y | 东方电气集团东方锅炉股份有限公司 |
| 16 | 汤纯佳 | 男 | 1987-07-10 | 身份证 | 510182198707102817 | C | 标准化员 | 本科 | 机械 | 20 | C | 1 | Y | 东方电气集团东方锅炉股份有限公司 |
| 17 | 王春 | 男 | 1979-03-11 | 身份证 | 532924197903110030 | C | 设计员 | 本科 | 热能与动力工程 | 20 | C | 1 | Y | 东方电气集团东方锅炉股份有限公司 |
| 18 | 邓科 | 女 | 1971-05-01 | 身份证 | 510311197105010027 | A | 设计员 | 工程硕士 | 动力工程 | 20 | C | 1 | Y | 东方电气集团东方锅炉股份有限公司 |
| 19 | 赖仙红 | 男 | 1982-01-15 | 身份证 | 362137198201151613 | C | 材料试验员 | 硕士 | 材料学 | 12 | C | 1 | Y | 东方电气集团东方锅炉股份有限公司 |
| 20 | 张军辉 | 男 | 1983.11 | 身份证 | 412824198311063914 | C | 探伤员 | 硕士研究生 | 无损检测 | 12 | C | 1 | Y | 东方电气集团东方锅炉股份有限公司 |
| 21 | 潘毅 | 男 | 1984.03 | 身份证 | 430623198403090914 | C | 检查员 | 本科 | 检查 | 12 | C | 1 | Y | 东方电气集团东方锅炉股份有限公司 |
| 22 | 刘洪 | 男 | 1979.10.10 | 身份证 | 511026197910117117 | B | 工艺设计员 | 学士 | 焊接 | 12 | C | 1 | Y | 东方电气集团东方锅炉股份有限公司 |
| 23 | 赵英权 |  | 1976.03.23 | 身份证 | 532224197603230972 | C | 工艺技术员 | 学士 | 机械制造与设备 | 12 | C | 1 | Y | 东方电气集团东方锅炉股份有限公司 |
| 24 | 刘洪杰 | 男 | 1968-05-13 | 身份证 | 510102196805138476 | A | 所长  助理 | 本科 | 材料科学 | 10 | C | 2 | Y | 东方电气集团东方锅炉股份有限公司 |
| 25 | 谢逍原 | 男 | 1982-02-20 | 身份证 | 433024198202205056 | B | 所长  助理 | 本科 | 应用物理学 | 5 | C | 2 | Y | 东方电气集团东方锅炉股份有限公司 |
| 26 | 杨华春 | 男 | 19630616 | 身份证 | 510302196306161031 | A | 主任 | 本科 | 金属材料及热处理 | 20 | C | 2 | Y | 东方电气集团东方锅炉股份有限公司 |
| 27 | 杨文 | 男 | 19830313 | 身份证 | 510302198303130538 | C | 主任 | 硕士 | 材料科学与工程 | 20 | C | 2 | Y | 东方电气集团东方锅炉股份有限公司 |
| 28 | 高淼淼 | 女 | 1984-03-07 | 身份证 | 61052519840307312X | C | 室主任 | 本科 | 材料科学与工程 | 5 | D | 2 | Y | 东方电气集团东方锅炉股份有限公司 |
| 29 | 任晓虎 | 男 | 19860329 | 身份证 | 513030198603293613 | C | 主任 | 本科 | 应用化学 | 5 | C | 2 | Y | 东方电气集团东方锅炉股份有限公司 |
| 30 | 敬仕煜 | 男 | 1969-10-01 | 身份证 | 430304196910012035 | C | 室主任 | 大专 | 工业企业管理 | 5 | D | 2 | Y | 东方电气集团东方锅炉股份有限公司 |
| 31 | 梁勤 | 男 | 1984-04-19 | 身份证 | 510922198404190271 | C | 室主任 | 本科 | 材料科学与工程 | 5 | D | 2 | Y | 东方电气集团东方锅炉股份有限公司 |
| 32 | 王冬平 | 男 | 19701010 | 身份证 | 510227197010108879 | B | 副部长 | 学士 | 热能工程 | 15 | C | 3 | Y | 东方电气集团东方锅炉股份有限公司 |
| 33 | 钟正彬 | 男 | 19740316 | 身份证 | 510302197403161038 | B | 副部长 | 硕士 | 材料加工 | 15 | C | 3 | Y | 东方电气集团东方锅炉股份有限公司 |
| 34 | 王林森 | 男 | 19710203 | 身份证 | 612328198612154030 | C | 无 | 硕士 | 材料加工 | 20 | C | 3 | Y | 东方电气集团东方锅炉股份有限公司 |
| 35 | 张玮 | 男 | 19710203 | 身份证 | 620521198009160010 | B | 无 | 学士 | 材料成型 | 20 | C | 3 | Y | 东方电气集团东方锅炉股份有限公司 |
| 36 | 缪玉鸿 | 男 | 19710203 | 身份证 | 510302196903251019 | B | 无 | 学士 | 锅炉设计与制造 | 15 | C | 3 | Y | 东方电气集团东方锅炉股份有限公司 |
| 37 | 卢洪 | 男 | 19710203 | 身份证 | 510212198003087416 | B | 无 | 学士 | 机械设计制造 | 20 | C | 3 | Y | 东方电气集团东方锅炉股份有限公司 |
| 38 | 欧阳炳 | 男 | 19710203 | 身份证 | 511525198912298412 | D | 无 | 学士 | 材料成型 | 20 | C | 3 | Y | 东方电气集团东方锅炉股份有限公司 |
| 39 | 王冬平 | 男 | 19701010 | 身份证 | 510227197010108879 | B | 副部长 | 学士 | 热能工程 | 15 | C | 3 | Y | 东方电气集团东方锅炉股份有限公司 |
| 40 | 钟正彬 | 男 | 19740316 | 身份证 | 510302197403161038 | B | 副部长 | 硕士 | 材料加工 | 15 | C | 3 | Y | 东方电气集团东方锅炉股份有限公司 |
| 41 | 王林森 | 男 | 19710203 | 身份证 | 612328198612154030 | C | 无 | 硕士 | 材料加工 | 20 | C | 3 | Y | 东方电气集团东方锅炉股份有限公司 |
| 42 | 张玮 | 男 | 19710203 | 身份证 | 620521198009160010 | B | 无 | 学士 | 材料成型 | 20 | C | 3 | Y | 东方电气集团东方锅炉股份有限公司 |
| 43 | 缪玉鸿 | 男 | 19710203 | 身份证 | 510302196903251019 | B | 无 | 学士 | 锅炉设计与制造 | 15 | C | 3 | Y | 东方电气集团东方锅炉股份有限公司 |
| 44 | 刘宇钢 | 男 | 1983.10.06 | 身份证 | 610527198310064219 | C | 无 | 硕士 | 动力工程及工程热物理 | 30 | C | 1 | Y | 东方电气集团东方锅炉股份有限公司 |
| 45 | 潘绍成 | 男 | 1981.01.21 | 身份证 | 511123198101211016 | C | 主任 | 本科 | 热能与动力工程 | 30 | C | 1 | Y | 东方电气集团东方锅炉股份有限公司 |
| 46 | 易广宙 | 女 | 1967.01.14 | 身份证 | 61010319661204246X | A | 项目设总 | 本科 | 热能与动力工程 | 30 | C | 1 | Y | 东方电气集团东方锅炉股份有限公司 |
| 47 | 刘毅 | 男 | 1982.12.14 | 身份证 | 510304198212140557 | C | 无 | 本科 | 机械设计制造及自动化 | 20 | C | 1 | Y | 东方电气集团东方锅炉股份有限公司 |
| 48 | 安仁敏 | 女 | 1979.06.30 | 身份证 | 511023197906302169 | C | 无 | 本科 | 机械设 | 10 | C | 1 | Y | 东方电气集团东方锅炉股份有限公司 |
| 49 | 刘君 | 男 | 1982.08.15 | 身份证 | 510921198208157275 | C | 无 | 本科 | 机械设计制造及自动化 | 10 | C | 1 | Y | 东方电气集团东方锅炉股份有限公司 |
| 50 | 陈林清 | 男 | 1984.10.17 | 身份证 | 500101198410174350 | C | 无 | 本科 | 机械设计制造及自动化 | 10 | C | 1 | Y | 东方电气集团东方锅炉股份有限公司 |
| 51 | 王全龙 | 男 | 1988.12.25 | 身份证 | 37132519881225161X | B |  | 博士 | 超精密加工工艺与装备 | 8 | C | 4、6 | Y | 江南大学机械工程学院 |
| 52 | 曹澍 | 男 | 1984.10.16 | 身份证 | 320581198410160418 | B |  | 博士 | 机械制造及其自动化 | 8 | C | 4、6 | Y | 江南大学机械工程学院 |
| 53 | 颉芳霞 | 女 | 1985.12.04 | 身份证 | 620523198512041425 | B |  | 博士 | 材料科学与工程 | 8 | C | 4、6 | Y | 江南大学机械工程学院 |
| 54 | 张超峰 | 男 | 1979.05.07 | 身份证 | 320223197905075894 | B |  | 博士 |  | 8 | C | 4、6 | Y | 江南大学机械工程学院 |
| 55 | 缪小进 | 男 | 1990.09.18 | 身份证 | 321202199009182112 | E |  | 博士在读 | 机械工程 | 10 | D | 4、6 |  | 江南大学机械工程学院 |
| 56 | 韩基泰 | 男 | 1991.03.03 | 身份证 | 210203199103032014 | E |  | 博士在读 | 机械工程 | 10 | D | 4、6 |  | 江南大学机械工程学院 |
| 57 | 刘兴鹏 | 男 | 1993.10.06 | 身份证 | 320982199310060017 | E |  | 硕士在读 | 机械工程 | 10 | D | 4、6 |  | 江南大学机械工程学院 |
| 58 | 程伟 | 男 | 1993.07.20 | 身份证 | 421123199307206418 | E |  | 硕士在读 | 机械工程 | 10 | D | 4、6 |  | 江南大学机械工程学院 |
| 59 | 葛亚楠 | 男 | 1994.03.07 | 身份证 | 32068319940307395X | E |  | 硕士在读 | 机械工程 | 10 | D | 4、6 |  | 江南大学机械工程学院 |
| 60 | 黎向锋 | 女 | 19710501 | 身份证 | 120106197105010540 | A | 无 | 博士 | 机械工程 | 30 | 课题  骨干 | 6 | Y | 南京航空航天大学 |
| 61 | 张丹 | 男 | 19830430 | 身份证 | 410403198304305510 | C | 无 | 博士 | 机械工程 | 40 | 课题  骨干 | 6 | Y | 南京航空航天大学 |
| 62 | 孙业斌 | 男 | 19710419 | 身份证 | 321028197104194211 | C | 无 | 学士 | 机械工程 | 40 | 课题  骨干 | 6 | Y | 南京航空航天大学 |
| 63 | 田帅 | 男 | 19870902 | 身份证 | 41132219870902421X | E | 无 | 硕士 | 机械工程 | 50 | 其他研究人员 | 6 | Y | 南京航空航天大学 |
| 64 | 方慧敏 | 女 | 19821110 | 身份证 | 340803198211102689 | E | 无 | 硕士 | 机械工程 | 50 | 其他研究人员 | 6 | Y | 南京航空航天大学 |
| 65 | 李露 | 男 | 19910516 | 身份证 | 321322199105160619 | E | 无 | 学士 | 机械工程 | 50 | 其他研究人员 | 6 | Y | 南京航空航天大学 |
| 66 | 晁海涛 | 女 | 19930326 | 身份证 | 321323199303261943 | E | 无 | 学士 | 机械工程 | 50 | 其他研究人员 | 6 | Y | 南京航空航天大学 |
| 67 | 张文超 | 男 | 19900825 | 身份证 | 370403199008254116 | E | 无 | 硕士研究生 | 机械工程 | 50 | 其他研究人员 | 4、6 |  | 江南大学 |
| 68 | 宋磊 | 男 | 1992013 | 身份证 | 341224199201307415 | E | 无 | 硕士研究生 | 机械工程 | 50 | 其他研究人员 | 4、6 |  | 江南大学 |
| 69 | 任仲贺 | 男 | 19930527 | 身份证 | 37082919930527491X | E | 无 | 硕士研究生 | 机械工程 | 50 | 其他研究人员 | 4、6 |  | 江南大学 |
| 70 | 张嵘 | 男 | 1980-11-11 | 身份证 | 320219198011117514 | C | 副科 | 硕士 | 电子通信 | 20 | C | 4、5、6 | Y | 苏州检验检疫局综合技术中心 |
| 71 | 徐一 | 男 | 1976-11-25 | 身份证 | 320521197611250515 | C | 副科 | 本科 | 自动控制 | 20 | C | 4、5、6 | Y | 苏州出入境检验检疫局综合技术中心 |
| 72 | 徐俊 | 男 | 1982-1-20 | 身份证 | 320522198201207013 | C | 副科 | 本科 | 信息工程 | 20 | C | 4、5、6 | Y | 苏州出入境检验检疫局综合技术中心 |
| 73 | 王伟红 | 男 | 1980-11-29 | 身份证 | 320586198011295413 | C | 副科 | 本科 | 交通运输（车辆） | 20 | C | 4、5、6 | Y | 苏州出入境检验检疫局综合技术中心 |
| 74 | 韩露 | 女 | 1982-08-08 | 身份证 | 320602198208080545 | C | 副科 | 硕士研究 | 机械工程及自动化 | 20 | C | 4、5、6 | Y | 苏州出入境检验检疫局综合技术中心 |
| 75 | 谢海俊 | 男 | 1973-11-06 | 身份证 | 320103197311062032 | C | 副科 | 本科 | 飞机系 | 20 | C | 4、5、6 | Y | 苏州出入境检验检疫局综合技术中心 |
| 76 | 张朝阳 | 男 | 1987-03-08 | 身份证 | 410185198703087010 | B |  | 博士 | 机械制造及其自动化 | 8 | C | 4、6 | Y | 江南大学机械工程学院 |
| 77 | 徐杰 | 男 | 1987-06-20 | 身份证 | 320882198706205235 | B |  | 博士 | 机械工程 | 8 | D | 4、6 | Y | 江南大学机械工程学院 |
| 78 | 王志敏 | 男 | 1992-06-06 | 身份证 | 342225199206062418 | E |  | 硕士研究生 | 机械工程 | 10 | D | 4、6 |  | 江南大学机械工程学院 |
| 79 | 赵延超 | 男 | 1992-11-02 | 身份证 | 320123199211021238 | E |  | 硕士研究生 | 机械工程 | 10 | D | 4、6 |  | 江南大学机械工程学院 |
| 80 | 于海霞 | 女 | 1991-08-28 | 身份证 | 371424199108284841 | E |  | 硕士研究生 | 机械工程 | 10 | D | 4、6 |  | 江南大学机械工程学院 |
| 81 | 张瑜 | 女 | 1993-12-03 | 身份证 | 130132199312035349 | E |  | 硕士研究生 | 机械工程 | 10 | D | 4、6 |  | 江南大学机械工程学院 |
| 82 | 薛锋 | 男 | 1980-12-31 | 身份证 | 320586198012314217 | C | 副科长 | 硕士研究 | 通讯与信息系统 | 10 | C | 4、5、6 | Y | 苏州出入境检验检疫局综合技术中心 |

**第七部分 指南所要求的附件**

在本部分，请**仅附上**申报指南所要求的相关证明材料或文件（如联合申报协议等,协议中应有所有参与单位签章，项目及所有课题负责人签字，以及签署时间）。项目牵头申报单位若为企业，须提供该单位供近2年经会计师事务所审计的财务报告（包括资产负债表、损益表、现金流量表）。

国家重点研发计划项目申报单位诚信承诺书

本单位根据国家重点研发计划重点专项项目申报指南的任务需求，并在认真阅读理解国家科技计划经费预算管理相关文件及国家有关财务规章制度基础上，严格履行法人负责制，自愿提交申报书，**在此郑重承诺：**本单位已就所申报材料全部内容的真实性、完整性以及各项数据的准确性进行审核，不存在科研不端行为和虚假、虚高编报项目预算行为；申报材料符合《中华人民共和国保守国家秘密法》和《科学技术保密规定》等相关法律法规。在参与国家重点研发计划重点专项申报和评审活动过程中，遵守有关评审规则和工作纪律，杜绝以下行为：

（一）采取贿赂或变相贿赂、造假、剽窃、故意重复申报等不正当手段获取科技计划项目承担资格；

（二）以任何形式探听未公开的评审专家名单及其他评审过程中的保密信息；

（三）组织或协助评审对象向评审工作人员、评审专家等提供任何形式的礼品、礼金、有价证券、支付凭证、商业预付卡、电子红包等；杜绝宴请评审组织者、评审专家，或提供宴请、旅游、娱乐等可能影响评审公正性的活动；

（四）纵容评审对象违反评审规定的行为，不配合调查。

（五）其它违反财经纪律和相关管理规定的行为。

如有违反，愿承担相应的责任。

申报单位签章：

日期：

国家重点研发计划项目申报负责人诚信承诺书

本人根据国家重点研发计划重点专项项目申报指南的要求，并在认真阅读理解国家科技计划经费管理相关文件及国家有关财务规章制度基础上，自愿提交项目申报书，**在此郑重承诺：**所申报材料内容真实有效，不存在科研不端行为和虚假、虚高编报项目预算行为；申报材料符合《中华人民共和国保守国家秘密法》和《科学技术保密规定》等相关法律法规。在参与国家重点研发计划重点专项申报和评审活动的过程中，恪守职业规范和科学道德，遵守评审规则和工作纪律，杜绝以下行为：

（一）采取造假、剽窃、故意重复申报等不正当手段获取科技计划项目承担资格；

（二）以任何形式探听尚未公布的的评审专家名单及其他评审过程中的保密信息；

（三）本人或委托他人以使用微信等即时通信工具、短信及电话咨询、电子邮件、登门拜访等各种方式联系有关专家进行请托、游说，违规到评审会议驻地游说评审专家和工作人员、询问评审信息等干扰评审或可能影响评审公正性的活动；

（四）向评审工作人员、评审专家等提供任何形式的礼品、礼金、有价证券、支付凭证、商业预付卡、电子红包，或提供宴请、旅游、娱乐健身等任何可能影响评审公正性的活动；

（五）其它违反财经纪律和相关管理规定的行为。

如有违反，愿承担相应的责任。

签字：

日期：