**基于感知计算协同的高端能源装备制造质量检测和运行运维系统**

目录

[1. 项目总体目标 1](#_Toc121739079)

[2. 数据要求 2](#_Toc121739080)

[2.1 机床 2](#_Toc121739081)

[2.2 焊接 2](#_Toc121739082)

[2.3 风机 3](#_Toc121739083)

[2.4 燃机 3](#_Toc121739084)

[3. 平台功能 4](#_Toc121739085)

[3.1 架构支持 4](#_Toc121739086)

[3.2 功能模块 4](#_Toc121739087)

[A. 场景调研 5](#_Toc121739088)

[A.1 燃气轮机 5](#_Toc121739089)

[A.2 风机 5](#_Toc121739090)

[A.3 机床 6](#_Toc121739091)

[A.4 焊接 6](#_Toc121739092)

# 项目总体目标

本项目面向燃气轮机、风力发电机等高端电力装备及其制造设备（机床、焊机），面向能源装备生产过程中的工业检测、运行过程的工业运维，以生产、运行过程中对装备状态的需求为研究目标，通过数据驱动的方法构建设备的模型并开发相关边缘计算算法和研制边缘终端，从而能够实现对制造过程进行加工质量检测、对设备运行进行在线状态评估和故障预警。研究方案的架构图如图1所示：



图2研究方案架构图

本项目研究基于人工智能算法的边缘侧工业数据采集、检测、识别、分析技术，搭建工业运维云平台及工业大数据管理系统，支持多元异构数据接入，能够运行轻量化人工智能数据挖掘与分析算法，主要关注特征预警时间小于5S。对机床、机器人、焊机等设备的加工过程进行实时监控；对燃气轮机、风力发电机等能源装备的运行状态进行数据采集和状态评估、故障预测。

开发四款具备轻量化深度学习模型的边缘终端，包括：

(1)风机全状态检测预警边缘终端：以风机主轴振动、叶片/主轴视频数据、风机功率等风机运行参数为输入，完成对风机状态、风机主轴寿命、风机叶片状态评估，给出故障预警和专家诊断；

(2)燃机本体及控制系统状态检测与故障预警边缘终端：采集燃机本体及控制系统回路检测数据，如温度、振动、压力、流量等过程控制系统数据，实现对燃机本体状态评估和故障识别、燃机控制系统故障诊断和故障预警；

(3)机床状态检测及加工质量预警边缘终端：采集机床主要部件的监测数据，如电参数、转轴力矩、振动、温度为输入，实现对主轴寿命、刀具寿命和加工质量检测，给出寿命预测和质量预测，对可能的加工质量给出预警；

(4)智能焊机焊接质量检测边缘终端：采集焊机送丝速度、电参数、焊接点移动轨迹等焊机数据，对焊接质量和焊机故障进行预警。

# 数据要求

## 机床

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 监测部件 | 部件说明 | 参数 | 预测结果 | 分析方法 |
| 主轴 | 主轴作为机床关键部件，其健康状态决定了机床工作性能 | 主轴振动、转速、转轴力矩、转轴力矩、电参数、加工温度 | 主轴寿命  状态评价  故障预警 | 时域、小波域  GBDT  SVM |
| 刀具 | 刀具的磨损状况及寿命情况直接影响到工件的加工质量和加工效率 | 振动数据、转速、转轴力矩  加工中心负载  当前刀具的状况 | 刀具寿命  实现崩刀、断刃报警监控 |  |
| 其他 |  | 噪声信号、液压系统相关参数 |  |  |
| 辅助 |  | 电流、电压、功率等传统电气信号  各部件温度信号等传统温度信号 |  |  |

## 焊接

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 监测部件 | 部件说明 | 参数 | 预测结果 | 分析方法 |
| 电传感器 | 焊接质量检测，需要解决焊接质量预测准确率低，预测时间长的问题 | 焊接过程的电流、电压、瞬时功率；  电极位移信号、electrode extension（电极伸出长度）和electrode diameter（电极直径）；  焊接区的动态电阻 | 焊接质量和焊机故障检测  对偏焊、焊接质量、送丝异常等异常焊接状态的实时分析与反馈 | 运用完整电信号时间序列构建卷积神经网络，考虑同步采集的焊接电流和电弧电压信号之间的时间关联信息，对焊接质量进行预测 |
| 图像传感器 |  | 焊缝图像 |  | 如果算法性能允许，图像将作为焊接质量检测的辅助判断工具 |
| 辅助传感器 |  | 电极压力信号、焊头在焊接过程的位移、焊接温度 |  |  |

## 风机

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 监测部件 | 部件说明 | 参数 | 预测结果 | 分析方法 |
| 风机 | 风力发电机叶片结冰、叶片腐蚀、叶片裂缝等现象 | 风机的主轴振动数据和风机的做功功率等运行参数  风电机组主轴、齿轮箱和发电机等主要部件的温度类参数 | 风机的运行状态实时监测与分类 | 采用PCA算法能够根据样本工况建立基于SOM网络的运行状态评价模型，从而在不同工况下进行风机运行状态的识别与评估 |

## 燃机

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 监测部件 | 部件说明 | 参数 | 预测结果 | 分析方法 |
| 压气机故障相关特征参数 | 在燃气轮机的运行过程中，控制系统不仅要满足控制的  精确度，还需要针对不同的发电需求进行精准的工况调节和启停，需要实现燃机控制系统的不停机、实时状态检测与故障分类。 | 燃机功率  压气机入口温度  压气机入口压力  压气机出口温度  压气机出口压力  IGV开度  压气机压比  压气机效率  压气机空气流量 | 燃机控制系统的状态评估与故障识别 | 根据燃机的温度、压力等多种运行参数，结合燃气轮机运行状态评价结果和故障风险评估结果进行运维检测 |
| 燃烧室故障相关特征参数 |  | 燃烧效率  燃料流量  总压保持系数  过量空气系数  燃气流速  燃烧室温度  燃烧室压力 |  |  |
| 燃气透平故障特征参数 |  | 透平排气流量  透平效率  透平膨胀比  透平入口温度  透平轮间温度  透平热通道温差  透平排气温度  透平排气压力 |  |  |

# 平台功能

本项目研究基于人工智能算法的边缘侧工业数据采集、检测、识别、分析技术，搭建工业运维云平台及工业大数据管理系统，支持多元异构数据接入，能够运行轻量化人工智能数据挖掘与分析算法，主要关注特征预警时间小于5S。对机床、机器人、焊机等设备的加工过程进行实时监控；对燃气轮机、风力发电机等能源装备的运行状态进行数据采集和状态评估、故障预测。

## 架构支持

本项目同步开发一套基于信创要求的全国产自主可控工业用云平台，配合边缘终端完成上述4种工业场景的智能化检测和运维。工业云平台的主要研制目标如下：

① 云平台至少兼容1种国产主流硬件平台：华为鲲鹏、兆芯；

② 云平台至少支持1种国产数据库：TiDB、OceanBase、GaussDB；

③ 支持至少3种主流人工智能架构算法接入：PaddlePaddle、MindSpore、TensorFlow、MXNet。

## 功能模块

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 工业运维云平台 | 工业过程检测 | 加工质量实时检测 | 机床加工过程的加工质量和加工缺陷实时检测 |
| 机器人焊接过程的加工质量和加工缺陷实时检测 |
| 加工过程实时监控 | 故障缺陷实时报警 |
| 故障缺陷实时预警 |
| 工业运维 | 设备运行进行在线状态评估和故障预警 | 燃机运行状态评估 |
| 燃机运行故障预警 |
| 燃机故障检测与识别 |
| 燃机电厂预防性设备检修 |
| 风机状态评估 |
| 风机主要缺陷预警 |
| 故障风险评估 | 燃机故障风险评估 |
| 风机故障风险评估 |
| 算法模型知识库 | 对能源装备的检测、运维进行全方位、多角度的信息监测、状态分析、故障预测、剩余寿命预测 | 轻量化人工智能数据挖掘与分析算法 |
| 决策知识模型 |
| 关联分析 |
| 模式识别 |
| 参数优化 |
| 工业大数据管理系统 | 数据库 | 分布式文件数据库  时序数据库  实时数据库  结构化数据库 | 设备故障库 |
| 实时设备数据 |
| 生产实时数据 |
| 业务数据 |
| 图形、文件存储 |
| 数据缓存技术 |
| 终端设备 | 多源数据采集 |  |
| 加工质量实时评估和检测 |  |
| 故障缺陷实时报警和预警 |  |

1. 场景调研

燃气轮机、风机等高端能源装备的设计、制造和试验涉及多个学科门类，其零部件的制造需要高精度数控机床、车床、焊机等设备的高度配合，其中机床、焊机等金属零部件的制造加工设备的加工过程状态直接影响其所加工零部件的质量。

## 燃气轮机

燃气轮机在运行过程中，控制系统不但要满足控制的精确度、还要满足不断的精准工况调节和启停需求，且工作环境极度复杂、恶劣，要保障2万小时以上的稳定不间断运行，对控制系统提出极高的要求。而目前国内相关研究主要集中在燃气轮机本体的状态监测与故障诊断方面，针对燃气轮机控制系统故障诊断的理论研究与工程应用存在不足。

## 风机

风电运维以计划检修为主、故障检修为辅的运维模式。长期以来我国电力行业都是实行预防性计划检修为主的检修体制，计划检修对缺陷消除、满足机组安全运行起到过有效的促进作用，但也有明显的弊端，主要表现在过维修、欠维修及盲目维修等方面；设备维修人员按既定计划周期进行设备检修，在设备故障之后进行故障抢修，缺乏科学合理的有计划预防性维护手段。

## 机床

工业机床作为现代制造业生产中使用最广泛的设备之一，数控机床在加工高精度复杂零部件上发挥着越来越重要的作用。在数控机床或数控加工中心的运行过程中，其关键部件在外部载荷或内部缺陷的影响下，会逐渐出现磨损、变形、腐蚀甚至断裂等现象，导致加工设备受损，运行不稳定，进而导致出现产品质量缺陷。因此，对机床的重要部件进行实时监测和状态感知尤为重要。对机床主轴、刀具等关键部件执行设备监测和健康评估，可以有效评估被测对象的工作状态，进而预估其加工产品的质量，保障数控机床正常运行和加工精度，避免损失和安全事故的发生。

## 焊接

焊接技术是制造业中使用频率最高的一种加工方式，广泛应用于工业生产的各个领域，如航空航天、能源电力等。在焊接过程中，受生产环境和焊接工艺的影响，焊接质量难以保证，不可避免的产生各种焊缝缺陷影响构件的使用寿命，如焊瘤、气孔和飞溅等缺陷。因此如何对焊缝缺陷进行高效、准确的检测成为研究热点，将人工智能与无须额外加装传感器的焊机运行监测数据相结合进行焊接质量预测和焊机故障预测算法迫在眉睫。