**一. 项目背景**

随着工业5.0的到来，人工智能、云计算、大数据分析等智能技术继续作为有力工具被用于大幅提高生产效率、生产力，推动了各行各业的数字化转型。先进的数据管理和智能分析系统正在利用人工智能和机器学习技术，最大限度地减少生产低效现象，提高企业的效率与竞争力。

目前，数控机床、风力发电设备和航空发动机等机械装备领域，其设备的健康管理和寿命预测至关重要。然而，当前企业设备管理仍存在以下突出问题：（1）设备维护不到位。设备的故障或零部件的损毁往往不能被及时发现。如果企业没有重视机电设备的维护维修，将会导致安全隐患的存在，甚至事故的发生。（2）设备管理轻预防、重维修，事后维修的成本较高，预防性维修存在困难。为解决上述问题，设备故障预诊与健康管理系统以设备的健康管理为核心，可助力全行业的状态检测与故障诊断，对于避免故障、提高生产效率以及降低生产成本具有重大意义。

**二. 项目概要**

该项目系统利用Qt构造交互界面和图学习、深度学习、大数据挖掘等前沿方法，以实现设备全生命周期的在线运行监测、分析、预测、预警、报警，重点锁定设备的“健康和亚健康”阶段，保障设备的稳定健康运行，可大幅减少故障停机时间、提高设备寿命、降低维修成本。该项目系统将设备维护模式从人工点检升级为实时在线监测，为企业实现降本增效与智能化管理提供坚实的基础。

**三. 项目系统介绍**

（1）数据采集模块：

系统启动时，从数据采集模块开始。用户可选择待采集的通道、采样率以及每通道的采样率，对设备的运行时域信号进行采集。

（2）信号处理模块：

系统的信号处理模块允许用户选择并回放采集并保存的某一时刻的数据。同时，若同时采集了多个通道的数据，用户可以在“波形通道选择”窗口中选择想要单独查看的波形。此模块还计算并展示了各通道波形信号的信号烈度、峭度和峰值等特征。

（3）数据分析模块：

数据分析模块是系统中的核心部分之一，包含数据预处理、可视化展示和特征提取两个功能。可对数据进行归一化操作，对变量运行特征进行可视化展示，基于信息论中的传递熵相关理论计算多元特征之间的因果关系，给出相关状态的因果网络图，选出影响剩余寿命的关键变量。

（4）寿命预测模块：

寿命预测模块是系统中的核心部分之一。对采样数据进行训练样本与测试样本划分，基于上一模块选出的关键特征与因果网络图，学习相关的图神经网络模型，对设备的剩余寿命进行高精度预测，实现对设备的健康检测与故障预警。

1. **项目所需的主要技术说明**

1.传递熵算法

传递熵算法源自信息论，基于熵的概念，用于量化数据之间的信息传递量。在设备寿命预测中，传递熵算法的应用有助于从海量数据中识别和筛选出最为关键的因果关系。它能够量化数据流或事件序列中的信息传递，捕捉关键信息和变量之间的关联性，为后续的预测模型构建提供可靠的数据支持。

2.因果网络图

因果网络图是一种用于表示和分析因果关系的图形化工具和数学模型，在机械装备领域的健康管理和寿命预测中扮演关键角色。这种图形化的模型使我们能够更清晰地理解机械设备各部件之间的作用和相互影响，为预测模型的构建提供了重要的精度基础。

3.图神经网络GNN

图神经网络作为深度学习模型的一种，被广泛应用于处理图结构数据，尤其适用于机械设备健康管理中。结合基于传递熵的因果网络图的信息捕捉，图神经网络能够更精确地对机械设备的退化阶段的寿命进行预测。将因果推理运用到图神经网络中往往是利用它去约束学习GNN的过程，使得学到的GNN能够更好的解决相应的问题。

4.卷积神经网络CNN

卷积神经网络CNN作为一种适用于图像数据处理和分析的深度学习模型，在设备寿命预测系统中具备一定的应用潜力。CNN可以有效地提取图像数据中的特征，并结合其它模型，如因果网络图和图神经网络，加强对设备状态的多维度分析，进一步优化预测模型的性能。

5.Qt构造交互界面

Qt的设计和组件能够提高系统的用户体验，让用户更轻松地进行数据采集、处理、分析以及寿命预测，同时提升系统的易用性和效率。其提供了丰富的GUI组件和工具，用于构建直观、易用的用户界面，让用户能够方便地操作和管理机械设备数据。通过Qt，系统可以实现数据选择、波形展示、特征计算等交互功能，使用户能够方便地浏览和分析采集的设备数据。其跨平台能力确保系统在不同操作系统上的一致性，提供统一的界面和功能，增加了系统的灵活性和适用性。可以用于整合各个模块，提供统一的操作界面，方便用户在不同模块之间进行切换和操作，实现机械寿命预测系统的流程控制。

上述技术的整合与应用能处理复杂的非线性关系，能更好地捕捉设备运行状态的关键特征，有效提高寿命预测的准确性和可靠性。

**五.创新与商业前景分析**

该项目利用Qt构造交互界面和图学习、深度学习、大数据挖掘等前沿方法，助力设备的状态检测与故障诊断，为设备保驾护航，具有广阔的应用前景。

该故障预诊与健康管理系统有望为企业带来显著的收益。以制造业为例，通过准确预测设备寿命，企业可以避免突发停机造成的生产中断，从而节省数百万甚至数十亿的美元损失。通过优化维护计划，降低维修成本和零部件库存，企业能够实现维护费用节约。此外，提高设备利用率和生产效率可增加产量，进而增加经济收入。因此，其商业前景非常乐观。