



国网新源控股有限公司、太极计算机股份有限公司

主标题：基于工业互联网的水电主设备指标监

测

副标题：全过程指标监测、分析研究技术服务

目 录

案 例 1.....	0
引 言.....	2
一、项目概况.....	3
二、项目实施概况.....	6
三、下一步实施计划.....	15
四、项目创新点和实施效果.....	16

引 言

国网新源控股有限公司成立于 2005 年 3 月，注册资本金 102.86 亿元，目前由国家电网有限公司持股 70%，中国长江三峡集团公司持股 30%，与国家电网有限公司 2011 年 9 月成立的全资子公司国网新源水电有限公司实施一体化管理模式，主要负责开发建设和经营管理抽水蓄能电站和常规水电站，承担着保障电网安全、稳定、经济、清洁运行的基本使命，是全球最大的调峰调频专业运营公司。

截至目前，新源公司管理资产总额 970.2 亿元，管理单位 60 家，分布在 20 个省市，装机容量 6020.4 万千瓦，其中：抽水蓄能电站 45 座，装机容量 5522 万千瓦；常规水电厂 8 座，装机容量 498.4 万千瓦；开展可研和预可研抽水蓄能项目超过 4000 万千瓦。按照十三五规划，至 2020 年，新源公司管理运行容量 2092 万千瓦，在建容量 4948 万千瓦，可控容量 7040 万千瓦，初步建成抽水蓄能行业国际一流企业和水电行业示范企业，为国家电网有限公司率先建成具有全球竞争力的世界一流企业发挥重要作用。

抽水蓄能电站利用电力负荷低谷时的电能抽水至上水库，在电力负荷高峰期再放水至下水库发电的水电站，又称蓄能式水电站。在当下绿色能源大发展的背景下，抽水蓄能电站对于提高电网供电质量和电网灵活性及可靠性发挥着不可替代的作用。但是由于抽水蓄能机组运行复杂，启动繁杂，水力、机械、电力共同作用，极有可能引起机组温度过高、并网故障、甩油故障等，从而影响整个机组的正常运行。在电力系统中，抽水蓄能机组是非常重要的组成模块，也是电力稳定、持续不间断供应的基础。因此，基于数据挖掘技术对抽水蓄能电站机组状态进行预测和判断具有重要的现实意义。

太极股份致力于“做中国最优秀的数字化服务提供商”，率先推出 TECO 工业互联网平台，牵手众多的生态合作伙伴，面向工业行业和企业价值需求，提供工业互联网业务顶层设计、平台建设、工业大数据服务、算法模型开发、云平台运营等服务，多年来电力、钢铁、煤炭、化工、军工制造等工业领域有着众多的客户、丰富的业务实践和案例。

在此背景下，2018-2019 年，新源公司委托太极计算机股份有限公司开展，采用太极 TECO 工业互联网平台技术，基于数据挖掘，数据分析，模型建设，人

工智能等技术实现各系统数据的整合、分析、清洗、建模、计算等，从而形成水电主设备全过程评价指标体系，并对设备的状态分析，异常预警提供技术手段。

一、项目概况

本项目依据新源公司预期的发展战略目标，借鉴国内相关行业设备状态监测与风险预测的实践过程，以工业互联网平台为基础，建设水电主设备全过程评价指标体系，并结合实际数据效果，构建水电主设备故障预警模型，从而为业务部门的决策提供科学参考，并为新设备的全过程管理提供科学依据与规范。

1. 项目背景

随着“互联网+”时代的到来，信息网络正向高速、智能、融合的下一代网络演进，信息技术的进步带动支撑了模式创新、管理创新和制度创新，市场经济竞争在信息技术高速发展的时代进入一个更加激烈的阶段，依托信息化手段建设智慧型企业是企业实现快速发展的一个必然选择。随着计算机监控和各类监测系统的不断普及，水电站安装了成千上万支传感器，每时每秒都在产生大量的数据，这些数据中蕴含了丰富的价值信息，若能有效提取利用，必定对生产运营的各个环节产生深远的影响。

新源公司广泛地建设了诸多系统，系统每天产生大量的生产基础数据和分析数据。随着设备状态监测与管理模式的不断提升，传统的数据处理方法已经不再适用，太极股份作为承建单位，需依据 TECO 工业互联网平台技术，进行数据治理与整合、建模、分析等方法，构建水电主设备全过程评价指标体系和设备故障预警模型，并实现对设备状态的监督检修，及时发出异常预警，保障设备的安全稳定运行，从而为业务部门的决策提供科学参考，也为后续新电站的建设、新设备的全过程管理提供科学依据。

目前，对于抽水蓄能机组状态监测和故障诊断系统的研究大多基于传统的信号处理方法，它是以机组的状态监测为基础，根据所获得的监测数据，提取反映水轮机运行状态的特征值，并对这些特征值进行分析诊断，判断水轮机是否存在故障。这种方法只能对故障进行事后分析，无法实现预测，而且由于故障样本数据有限，导致其适应性差，只能用于特定故障的分析诊断。国内外已有一些基于

数据挖掘技术的抽水蓄能电站设备故障诊断和状态检修方面的研究,为机组状态监测分析和故障诊断提供了有益探索。利用工业互联网平台,通过对设备指标历史数据进行清洗、特征工程、打标签、数据挖掘和预测建模、模型性能测试验证,最终得出抽水蓄能机组故障预测模型。模型部署后对机组当前监测值进行对比分析,判断当前设备运行状态是否正常。

2. 项目简介

本项目基于工业互联网,建设覆盖水电主设备全过程评价指标体系,并依靠工业互联网平台强大的运算能力,实现对设备指标与状态评价数据的整理、分析、最终构建水电主设备全过程评价指标体系和设备故障预警模型,实现设备检测、指导管理等诸多效益。项目简介如下:

(1)常见的水轮发电机机组故障诊断方式,大部分是从水力因素、机械因素、天气因素和专家故障诊断方法来进行。通过多层次分析可知,依靠单一技术无法满足水轮发电机故障诊断的任务。因此,依靠工业互联网平台,将不同诊断技术结合起来,运用大数据分析海量生产实时数据和多层次神经网络人工智能等方法的混合诊断研究,是现阶段研究的发展趋势。

(2)根据故障机理、性能劣化机理,依靠 TECO 平台,建立故障的数学模型和性能劣化的评价数学模型,并根据数学模型对特征指标体系进行重构,形成可直接用于故障确认和定位的可量化特征指标体系,这就是所谓的故障指标体系。

(3)采用大数据分析建立趋势预测,常用的方法有多元线性回归方法,该根据历史样本建立机组负荷、运行工况、温度、水头与振动、摆度、压力脉动等指标之间的回归模型,以该回归模型为基础进行预测和趋势监测,该方法的核心问题是样本数据需要足够,而且在建立模型时给出的自变量需要完整。另外结合机理知识和多种大数据挖掘模型算法如多元回归模型、SVM 回归模型、正态统计模型、相关性分析、临近算法模型(kNN)、k-Means 聚类分析、人工神经网络分析等分析方法,构建机组完整的指标值研究体系,经过故障特征指标值的记录和设备专家人工辨别、筛查和整理,最终形成针对不同机组部件的多维度混合智能诊断方法。

3. 项目目标

基于工业互联网平台强大的运算能力,利用大数据概念和故障特征分析,充

分利用和整合现有资源和数据，以新源公司对抽水蓄能电站设备运行状态监控和管理应用为方向，实现基于大数据分析手段建立抽蓄机组主设备全过程评价指标体系和主设备故障预警模型的构建，实现对抽蓄机组主设备状态的实时监测、运行监控、综合分析、以及故障诊断和运营维护等主要功能。通过本项目的实施，减低企业生产运营成本，提高生产安全管理水平和管理效率，同时提升新源公司在水电主设备全过程监测工作中的智能化水平。

二、项目实施概况

本项目采用云计算、大数据等工业互联网平台技术，汇集新源公司下属各抽水蓄能电站的生产实时数据和设备状态数据，并通过数据的治理、存储、分析、建模，建设抽蓄机组主设备全过程评价指标体系和主设备故障预警模型，并通过神经网络算法实现状态监测及风险评估。

本项目技术路线如下：

本项目研究内容包括对主设备监测数据的提取、特征指标体系的设计研究、量化评价体系的研究以及构建监测、分析、评价的展示系统等多个方面。

故障特征指标体系的设计问题。主要是根据各部件之间的关联关系以及故障机理模型、性能劣化模型建立，可真实表征机组性能分析、故障分析的特征指标，以部件为单位，逐步构建起能表征整个机组主设备性能评价、故障定位和分析的特征指标体系。

以机组负荷、运行工况、温度、工作水头做为边界参数，对测量的振动、摆度、压力脉动、气隙等特征数据进行分段预警；在机组稳定运行，而且机组状态稳定正常的情况下，当上述边界条件相同时，机组摆度、振动等特征数据满足正态分布规律，当用历史样本数据进行分段统计之后，获得振动、摆度在不同负荷、温度、运行工况下的中位值和分布的宽度，那么以这个中位值和宽度作为正常范围，监测新数据是否超出统计范围，就可以实现大数据分析、人工智能判断的识别训练矩阵。

本项目实施概况如下：

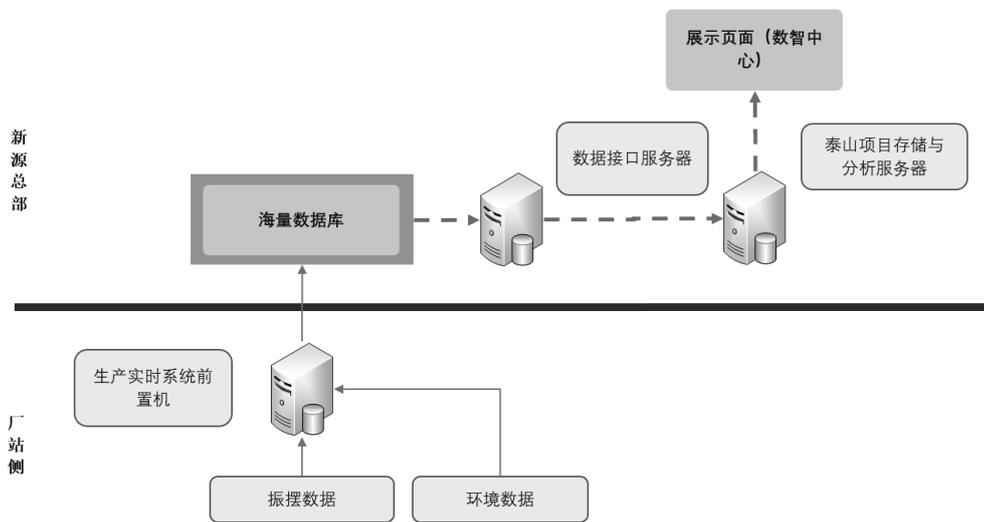
1. 项目总体架构

国网新源水电主设备实时分析监测系统采用分布式、多层体系架构，自顶向下分为展示层、业务应用层、平台层、基础层、接入层（采集层），建立在统一的标准规范体系、安全管理体系、运维保障体系下。



2. 数据接入与样本分析

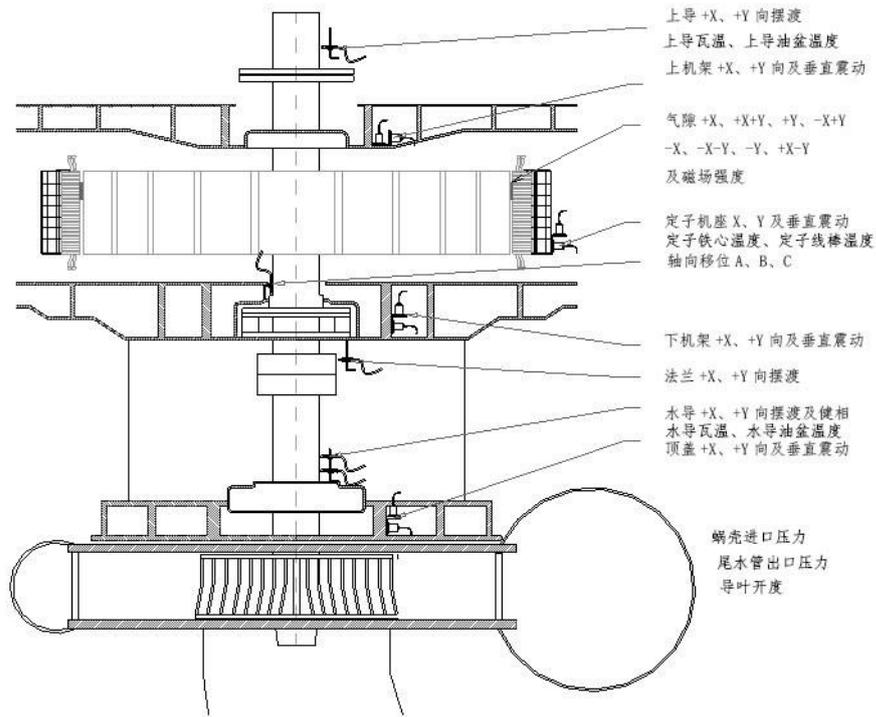
在数据质量、数据存储和应用调研结论的基础上,进行数据获取方案的制订,确定获取数据源、数据获取方式、投入资源与外部资源范围,并对数据进行采样分析,确定数据接入点位、和相关技术选型工作。对目前主流的数据接入、传输工具、软件等进行对比分析,完成对数据接入、存储和分析的一系列结构化设计与实施步骤等细节,推动数据资源管理部门的支持和配合工作。



(图 数据接入方案)

3. 主设备指标体系研究工作

根据本项目的研究内容结合水电主设备监测系统的配置情况、相关测点分布情况,综合给出项目分析需求指标列表。



(设备传感器分布图)

根据水电主设备传感器波形数据进行分析，根据机组传感器在不同工况下的数据采集规律、间隔密度等因素，对生产实时与状态检测数据进行归集，通过相关性分析方法利用历史数据，建立和分析设备各个参数之间的相关性，并整理出水轮发电机各设备部件传感器数据的相关规律，结合水轮发电机组设备树，形成设备指标关系矩阵。

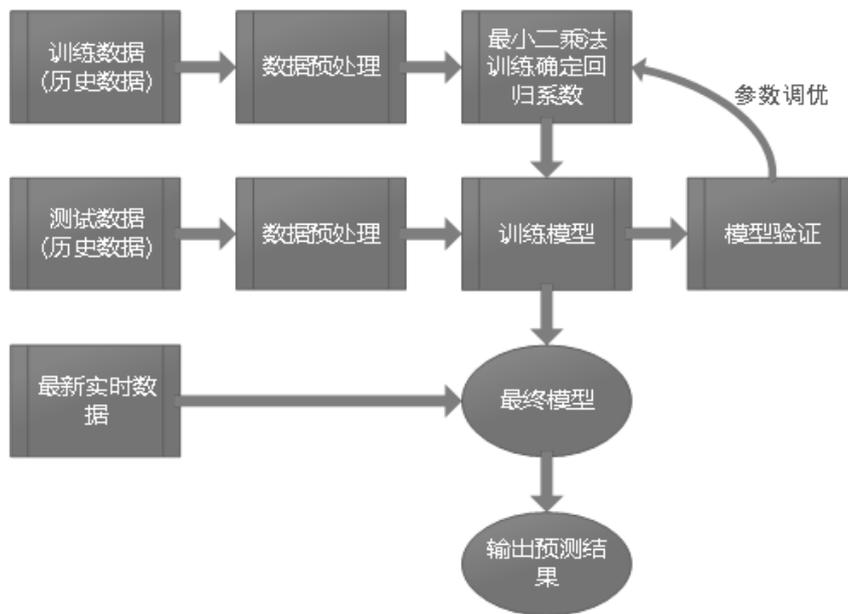
指标 \ 设备	发电(电)机定子基座	发电(电)机定子铁芯	发电电动机定子线棒	发电(电)机定子	磁极	发电电动机转子制动环	发电(电)机转子(含发电机轴)	上导轴承支撑架	发电(电)机上导轴承导瓦	上导轴承油盆	下导轴承支撑架	发电(电)机下导轴承导瓦	发电(电)机下导轴承油盆	发电(电)机推力轴承导瓦	发电(电)机推力轴承油盆	水轮机导水盘	水轮机导叶
上导摆渡				●	●		●	●	●								
下导摆渡																	
水导摆渡																	
上机室震动	●	●	●	●	●			●	●								●
下机室震动			●								●	●	●	●	●		
顶盖震动																●	●
增载量																	
定子铁芯震动		●		●			●										
定子线棒震动			●														
空气间隙				●	●	●	●										
蜗壳进口压力																	●
转轮与导叶压力																	●
尾水出口压力																	●
转轮与顶盖压力																	●
摆相	●	●	●	●		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
定子铁芯_温度		●	●	●													
上导轴承_温度									●	●	●	●	●	●	●		
下导轴承_温度										●	●	●	●	●	●		
抽水工段运行时间	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
抽水调相运行时间	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
出口开关_动作次数			●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
电动机_动作次数			●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
电气制动刀闸_动作次数			●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
发电工段运行时间				●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
发电调相运行时间				●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
发电方自动动作次数				●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
加热器_温度1																	
空气冷却器_进口温度1		●	●	●	●												
空气冷却器_冷却水流量		●	●	●	●												
空气冷却器_冷却水出口温度1		●	●	●	●												

(设备指标关系矩阵)

4. 完成泰山公司水电主设备全过程指标体系梳理与建立工作

基于工业互联网平台收集整理的大量数据，构建机组完整的指标研究体系，是为了实现故障的初步定位。目前，大部分的故障诊断系统能够提取的特征指标非常有限，大部分指标都停留在原始数据的 1 次提取状态，这种指标虽然可以反映故障的发生，但对于故障定位方面则存在明显的缺陷。此时根据历史数据的分析研究，机组各个部位传感器的阈值已经确定，机组运行过程中不在指定范围内运行的数值信息即为异常。寻找发生异常指标所在的相关指标集合，并将此集合中所有的运行特征参数、边界参数，结合运用“基于大数据模型的挖掘算法”，将主设备各个相关部位传感器、运行特征进行有机结合。记录并分析相关指标集合内，所有传感器数据的相关趋势变化。通过判断是否属于测点相关性集合，来初步将故障点指向某一部件。

运用大数据分析手段、数据建模技术，推动筛查基于水电机组设备相关部件的测点中与异动测点同期产生相关性变化的指标，并结合机理知识和多种大数据挖掘模型算法，构建五级结构的指标值研究体系。



(回归模型典型数据挖掘逻辑示意图)

一级指标主要是从体系内部结构从机组监测的所有原始波形数据及环境工况数据为基础根据波形中键相数据进行原始波形重采样计算重构波形，将重采样计算后的波形数据进行快速傅里叶变化，从而将波形从时域转换为频域计算出来的值和部分环境量的值。一级指标的作用是对监测测点原始信号进行处理解析成设备子部件故障模型诊断算法所需要的参数值，为二级指标的计算做准备。

二级指标为一级指标根据设备子部件故障模型故障诊断算法计算结果，通过

该值能够反映出该机组子部件运行状态及问题。

三级指标为通过一二级指标的计算结果，通过把指标的状态量化成优良中差或分数，通过分数反应该子部件运行的健康评价状态。

四级指标为机组轴系、发电机、水轮机、球阀、调速系统、主变压器、静止变频器等部件根据三级指标的健康评价状态，汇总计算出一组能反应机组部件健康状态的一组评价价值，该值即为四级部件评价指标。

五级指标为水轮发电机组主设备的健康评价指标，通过汇总主设备内各部件的运行状态，计算得到的能反应出机组主设备的健康评价状态的指标。

5. 完成泰山公司水电主设备全过程指标体系模型建设工作

基于工业互联网平台收集并整理的数据库，运用工业互联网平台强大的数据运算能力，结合机理知识建设了一个评价模型、三个预警模型。

在抽蓄机组传感器阈值的研究体系中，提出采用多维正态分布对阈值范围进行研究。针对电站抽水蓄能机组的实际运行数据，使用多维正态分布，更加准确的划分安全域与不安全域，从而可以更好地监测机组本身的运行状态，为生成机组异常状态、故障趋势分析报表、未来运行趋势和相应处理措施的提出提供技术和数据支撑，更好地实现抽水蓄能电站优化运行的监控和管理。

建设了水力不平衡的故障预测模型，利用监测系统采集的数据进行自动化的特征参数辨识，进而实现故障的在线诊断和报警，这是在线预警技术发展的重要方向，也是防止机组缺陷扩大化，实现早期预警的重要手段。抽水蓄能机组的水力不平衡主要来源于气蚀对导叶转轮叶片的影响，而且这种水力不平衡还经常会表现的是发电工况与抽水工况有较大的反差。导致机组产生水电不平衡的原因较为复杂，对于这种复杂问题，我们需要把抽水蓄能机组实际运行的数据与工况相结合，进一步完善诊断机理，建立更为精确的故障模型，提高故障诊断的准确性。

建设了轴线弯曲故障诊断模型，通过挖掘部件间的相关性，同时以部件为单位，将有关联的主设备各个部位运行特征有机结合，逐步构建起能表征整个机组主设备性能评价、故障定位和分析的特征指标体系。利用大数据技术挖掘机组的特征值和指标值的变化规律，总结设备重要指标的合理运行区间，实现故障预警模型的应用。

建设了转子质量不平衡模型，通过对开机过程的机组摆度测点和机架 1X 分量的特征数据的采集，建设在线辨识算法，实现对转子质量不平衡故障的监测与预警，从而提升机组的安全稳定水平。

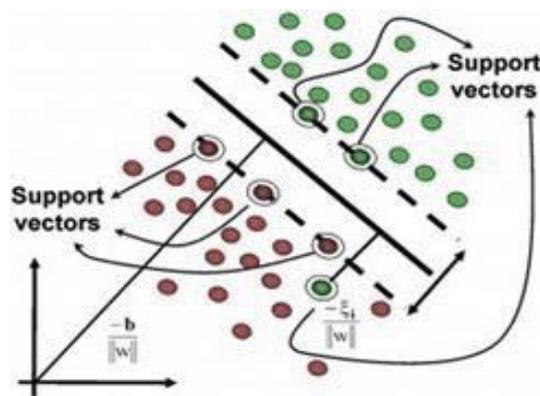
6. 完成基于人工智能技术的故障特征训练工作

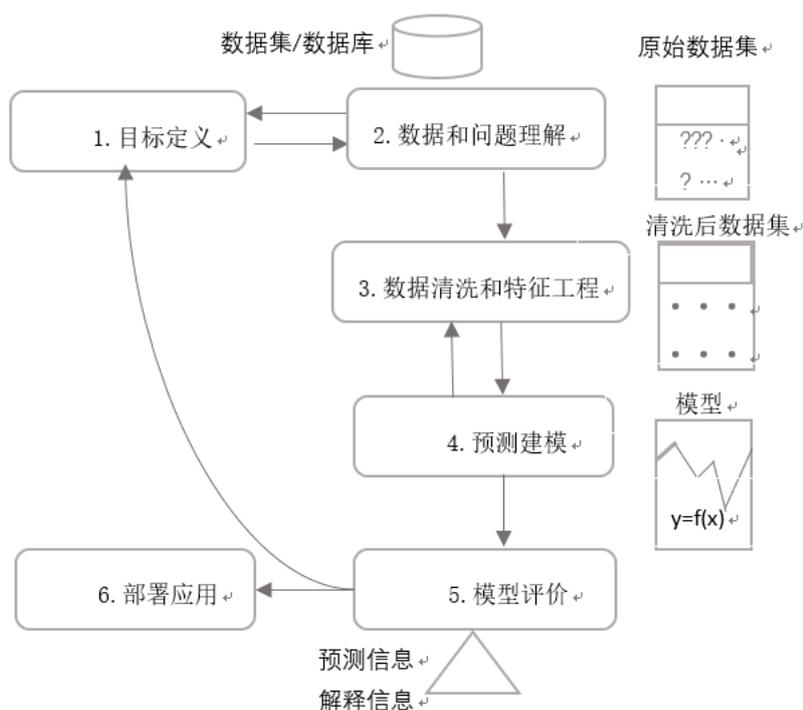
数据挖掘技术和算法多样，本项目主要是尝试使用分类算法对抽水蓄能机组的状态进行分类，也就是说给定机组的运行状态值，通过模型计算得出机组状态。应用工业互联网 TECO 平台，本项目使用三种典型的数据挖掘分类算法进行机组状态预测建模：

决策树（Decision Tree）是一种最常用的呈树状结构的分类算法，其创建的过程主要包括变量选择、决策树生成以及决策树修剪。首先对原始数据 进行处理，并归纳生成可读规则，然后使用决策树对新数据进行分析。本质上决策树是通过一系列规则对数据进行分类的过程。

BP 神经网络是一种应用十分广泛的神经网络，按照误差反向传播的方法对其进行训练，从而不断对权值和偏差进行反复调整，从而该算法的正确率也不断上升。

支持向量机（support vector machines）是一种二分类模型，它的目的是寻找一个超平面来对样本进行分割，分割的原则是间隔最大化，最终转化为一个凸二次规划问题来求解。

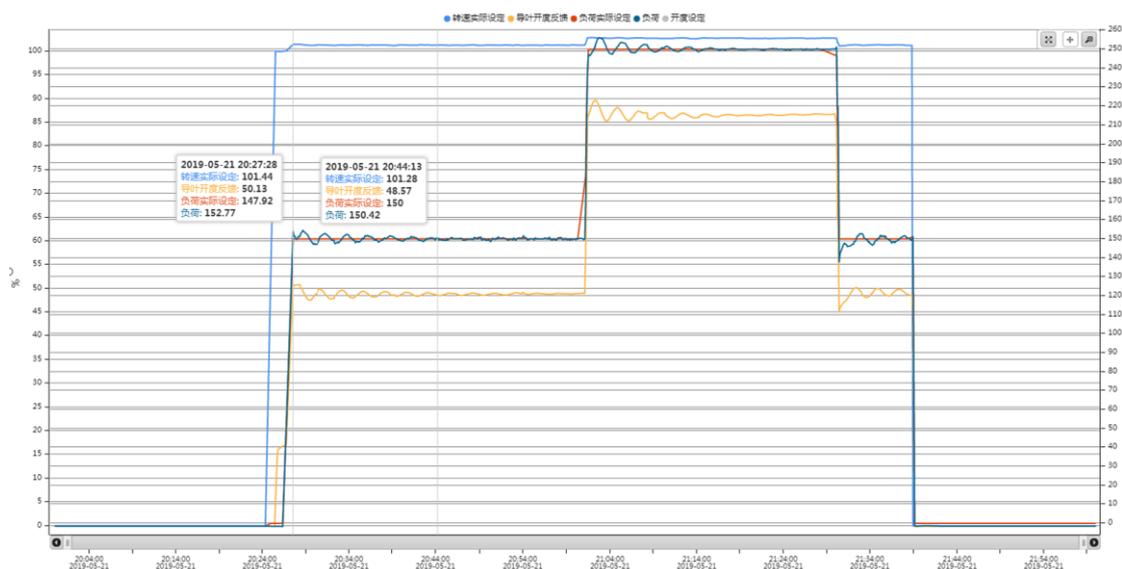




(数据挖掘过程模型)

实践过程中共采用了三种常见的分类算法，决策树、神经网络和 SVM（支持向量机）对近 12 万条数据进行训练和测试，通过 10-fold 交叉实验来评估预测模型的准确性。总体来看，三种分类算法都能够准确地预测机组故障和非故障状态，10-fold 准确性和 AUC 指标都比较满意，其中神经网络和决策树都取得了类似 AUC，略高于支持向量机 SVM 的绩效。

使用 BP 神经网络需要构建状态矩阵，将机组部件的状态得分与评价得分进行显性处理，以便于神经网络的计算，采取的办法是将机组的部件按照每一次开机过程进行划分，并将影响机组部件状态评价的指标按照不同的维度进行划分，并借助大数据知识对机组当次状态的评价得分，以“状态-评价”方式构建状态矩阵。



(机组工况参数异常示例)

基本 BP 算法包括信号的前向传播和误差的反向传播两个过程。即计算误差输出时按从输入到输出的方向进行，而调整权值和阈值则从输出到输入的方向进行。正向传播时，输入信号通过隐含层作用于输出节点，经过非线性变换，产生输出信号，若实际输出与期望输出不相符，则转入误差的反向传播过程。误差反传是将输出误差通过隐含层向输入层逐层反传，并将误差分摊给各层所有单元，以从各层获得的误差信号作为调整各单元权值的依据。通过调整输入节点与隐层节点的联接强度和隐层节点与输出节点的联接强度以及阈值，使误差沿梯度方向下降，经过反复学习训练，确定与最小误差相对应的网络参数(权值和阈值)，训练即告停止。此时经过训练的神经网络即能对类似样本的输入信息，自行处理输出误差最小的经过非线性转换的信息。

通过 BP 神经网络实现状态的分类，其突出优点就是具有很强的非线性映射能力和柔性的网络结构。网络的中间层数、各层的神经元个数可根据具体情况任意设定，并且随着结构的差异其性能也有所不同，因此对于本项目而言，使用 BP 神经网络具有较高的灵活性及较强的反应速度，同时提升了分类评价的准确性。

以上研究充分证明前面依据行业专家选择的机组状态监测特征指标，能够很好的用于故障状态预测建模，具有较强的解释力度。下表中罗列三种分类算法的绩效。

	10-fold 准确性		AUC
决策树	85.42%		0.85
神经网络	85.38%		0.85
SVM	76.53%		0.75

(分类算法准确性)

三、下一步实施计划

针对本项目目前的研究成果，下一步实施计划主要为开展项目成果的推广工作：

1. 基于泰山公司水电主设备全过程指标体系应用的推广工作
 - (1) 明年推广到新源下属所有抽水蓄能电站；
 - (2) 三年内推广到常规水利发电行业，并对水电主设备指标体系进行丰富与完善。
2. 基于泰山公司水电主设备全过程指标智能监测模型的推广工作
 - (1) 明年将模型建设覆盖面提升至抽水蓄能机组所有部件；
 - (2) 三年内在新源范围内进行推广应用。
3. 人工智能技术的推广工作
 - (1) 明年将人工智能算法覆盖面提升到所有部件；
 - (2) 三年内实现全行业的推广流程。

四、项目创新点和实施效果

1. 项目先进性及创新点

1) 行业内首次借助工业互联网平台

利用工业互联网平台的大数据承载与交换分析能力，实现抽蓄机组主设备生产实时数据的提取与存储，并运用大规模计算集群进行高效的数据挖掘与人工智能训练工作，并通过可视化技术对分析结果进行全方位展示，直观展示新源公司全局、各抽蓄电站、水轮发电机组的设备状态实时信息。

2) “大数据+机理”方式

传统的数据分析方法是将机组部件特征的数据进行收集，运用机组的机理规范对当前数据进行评价，以便确认机组部件的运行状态，此方法弊端在于：（1）效率较低，不仅各个系统数据不互通，且数据需要逐条处理，且需与人工结合造成效率低下；（2）具有滞后性，机组需要先出现问题才能发现问题，没有对数据质量可预见性，“先发生，后解决”的思路造成资源的浪费。

本项目依据工业互联网平台，创新性地采用大数据与机理相结合的方式，进行模型的建设，编制抽蓄机组状态评价指标体系；基于水轮机组设备部件管理树和多元回归算法，构建抽水蓄能电站主设备全过程评价指标体系，实现对机组状态的监测与故障的预警，同时，结合大数据可以实现对故障的可预见性，实现资源的合理利用。

3) 首次应用神经网络

神经网络作为人工智能的核心算法，从未在国网新源内进行使用，其主要原因是数据运算量大，要求数据质量高等，工业互联网平台具有强大的运算能力与数据储存能力，应用工业互联网平台可以实现神经网络的部署，

基于广泛水轮发电机机理知识库与机理分析数学模型结合神经网络深度学习算法，构建机组故障监测、预警模型，为设备的安全运行、异常预警、状态检修等提供技术手段，进而为业务部门的决策提供科学参考，也为后续新电站的建设、新设备的全过程管理提供科学依据。

4) 提升设备管控决策能力

创新型采用大数据分析手段和机组设备部件机理特性相结合方法，编制抽蓄

机组状态评价指标体系；基于水轮机组设备部件管理树和多元回归算法，构建抽水蓄能电站主设备全过程评价指标体系；基于广泛水轮发电机机理知识库与机理分析数学模型结合神经网络深度学习算法，构建机组故障监测、预警模型，为设备的安全运行、异常预警、状态检修等提供技术手段，进而为业务部门的决策提供科学参考，也为后续新电站的建设、新设备的全过程管理提供科学依据。

2. 实施效果

（1）促进生产的稳定运行、经济运行

由于抽水蓄能电站拥有独特的运行特性和机组的优越技术性能，使其在我国大规模的建成与投运，十分有利于保障我国电力系统的安全稳定和优质经济运行。通过本项目实施，达到以下效果

- ① 实时监测并优化数据质量；
- ② 机组运行状态评价准确率 92.7%以上；
- ③ 提高机组潜在故障识别率；
- ④ 指导设备状态检修；
- ⑤ 降低机组运维成本；
- ⑥ 提高抽蓄电站效益。

（2）降低机组运维成本，提高抽蓄机组经营效益

通过项目实施过程，对抽蓄机组运行状态的实时评价与监测，对设备维护保养策略，以及备件采购的调度优化，实现新源公司抽蓄电站的供应链优化，在保障服务电网需求前提下，最大限度确保机组设备的健康度和运行稳定，从而减小设备故障、损毁带来的经济损失，同时也为管理部门经营决策提供科学参考依据。

（3）指导运维检修，优化巡检目标，节约人力成本

通常水电站的日常运维巡检工作每日至少安排 2 次，专业巡检工作每周至少安排 2 次，巡检中重要的一点就是巡检人员通过定期与不定期数据报表，将分析数据与评估报告提供给经验丰富的技术人员分析，来预测设备可能产生的问题，把可能出现的问题做为分析结论提供给检修人员进行严格检修与维护。

我国提出水电站自动化水平提升，逐步实现水电站的少人值守，过渡到无人值守已经有近半个世纪了，直到近些年随着工业能源企业信息化、数字化转型等一些列复杂的系统工程建设，这一倡议才达到相对成熟的条件。通过本项目的实

施与应用，为抽水蓄能电站日常巡检、专业巡检工作提供信息化指导意见，在巡检过程中可依靠人工智能诊断结果，进行针对性的巡检工作安排，逐步加大传感器、监控装备的应用与维护，提高诊断结果的可靠性，从而减轻人工巡检的工作量，逐步实现少人值守、无人值班的目的，减少人力资源成本，提高电站经济效益。