
基于信息新技术的燃机机群监测诊断私有云平台

中国大唐集团有限公司

网络行业应用篇/设备监控与维护

1 概述

1.1 背景

当前信息通信技术对中国发电行业的贡献价值正处于量变到质变的关键节点。在全球新一轮电力科技革命和产业变革中，互联网与发电行业融合发展具有广阔前景和无限潜力。推动供给侧结构性改革，深入推进“互联网+先进制造业”，加快建设和发展工业互联网，推动互联网、大数据、人工智能和实体经济深度融合，已成为不可阻挡的时代潮流。

我国发电行业不断推进信息化升级改造工作，每天产生海量数据，但现有技术和管理模式对于电力数据的集成、分析和管理技术相对落后，主要表现为：**一是、各个电厂之间数据共享不畅，信息孤岛效应较强。**各电厂存在严重的数据壁垒，单一业务、类型的数据即使体量再大，缺乏互联共享，其价值大打折扣。**二是、数据管控能力不强，缺乏对机组群的统一集中管理。**大数据时代中，数据集成度的高低、数据管控能力的强弱直接影响了数据分析的准确性和实时性。**三是、信息未能有效利用，缺乏对数据的深入挖掘利用。**目前数据库系统无法发现数据中存在的关系，预

测机组性能未来变化趋势，尤其是缺乏挖掘数据背后隐藏知识的手段。**四是、信息安全风险抵御能力需要进一步提升。**电力行业关系国家战略安全、是涉及国民经济关键领域。网络安全防护手段需要进一步加强，从目前的被动防御向多层次、主动防御转变。

本项目方案侧重于解决生产过程中的实际问题，构建企业内网络改造解决方案，采用工业以太网、边缘-中心计算等方法，实现生产装备远程诊断、传感器监控、管理系统等要素的互联互通。同时构建基于企业专线网络的私有云平台实现多个厂区的信息共享；在应用层面专注于燃机机群的人工智能监测诊断技术。

1.2 实施目标

集团公司深入分析电力信息技术和企业生产经营中的问题，建立燃机机群监测诊断私有云平台。通过企业内网络改造，利用工业以太网、边缘-中心计算等信息新技术，构建基于企业专线网络的私有云平台。推动物联网、大数据、人工智能与传统发电行业的深度融合，努力实现对燃气发电机组集群运行数据的采集、监测、分析与诊断，促进“互联网+”、云计算、大数据的混合运用。从而实现集团级燃机全生命周期管理，消除区域、行业及企业间的壁垒，为国家能源行业生产运营提供新探索与借鉴。

1.3 适用范围

本方案适用于大型能源集团对其生产过程的全集团、全过程、全要素的集中统一管理。对于电厂分布范围广，数量多，信息化基础较强的企业具有很好的适用性。实现大型发电集团对集团级

生产单位机组实时进行监测预警、智能诊断、知识共享提供范例。同时为传统发电工业向数字化、网络化、智能化转型升级，进一步深化两化融合提供先进的技术保障。

1.4 在工业互联网网络体系架构中的位置

该项目在工业互联网中的位置为：

1. 工厂控制系统及云平台（及管理软件），设备监视诊断系统可以有效的对设备运行的状态进行预警、报警和性能劣化分析。其本身属于智慧电厂的管理平台。

2. 工厂云平台与协作平台，云平台通过将各家电厂的与运行工况、设备故障库和知识库有机融合实现各电厂之间的网络化协同，诊断云平台的服务化转型和集团公司的数字化战略。

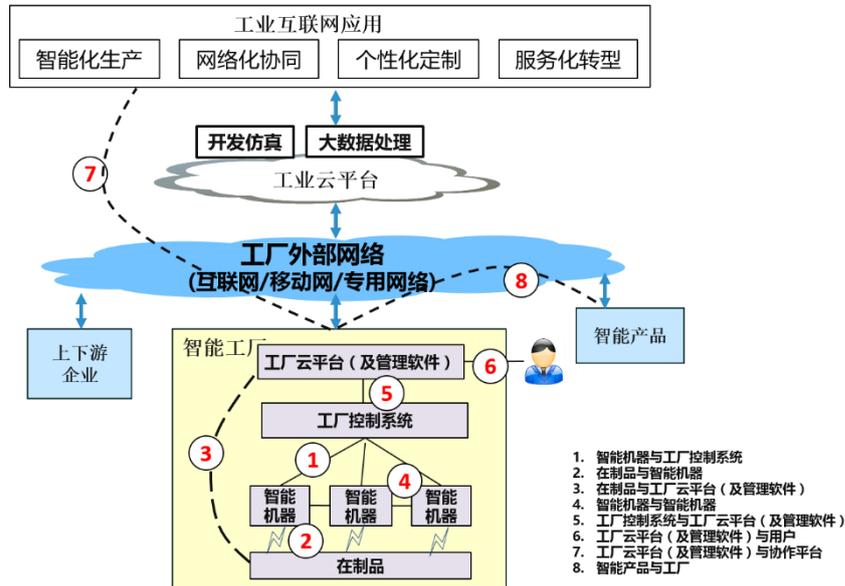


图 1 工业互联网互联示意图

2 需求分析

当前，电力行业对信息新技术与发电技术的融合认识不清晰、探索不系统，电厂大量数据未被深度挖掘、有效的利用，存在较

为严重的数据壁垒；工业互联网方面，公有云由于与外部 internet 直接相连，受到攻击可能性较高，网络安全性较低，因此采用相对安全性较高的私有云平台。当前结合互联网、云计算、大数据、物联网技术提升发电设备状态评价的广度和深度，并解决实际应用问题成为目前电力行业新的挑战。各国政府和大型企业正在逐步开展集大数据、云计算等为网络信息一体的综合数据平台的研究和建设。

2014 年德国政府推出了工业推进计划“工业 4.0”，美国也推出工业物联网、互联企业等类似概念。我国在 2015 年首次明确提出制定“互联网+”行动计划，推动移动互联网、云计算、大数据、物联网等与现代制造业结合。通用电气能源集团的 Bently Nevada 诊断服务可以及时检测出设备的性能下降或即将发生的故障，防止发展成费用更加昂贵的灾难性事故，减少维护成本，限制非计划停机维修，从而使生产效率提高。国际跨国公司对该领域的研究时间较长，监测设备数量范围广，网络信息技术和工业技术结合较高且相对成熟。

西门子故障诊断系统（D3000）融合了西门子二十多年的诊断计算经验，具备了非常优秀的早期预警与故障诊断功能。该系统不仅仅能够对典型设备进行建模，还能够对系统甚至工艺过程进行建模和监视。加拿大 TransAlta 电力公司委托西门子建设了运行诊断中心，该中心于 2009 年 3 月投入使用，监视 4 个电厂的 11 台机组。

美国德克萨斯州 TXU 电力公司委托西门子建设了电力优化中心，对所属的共 24 个电厂 18300MW 机组，包括核电站、燃煤机组、燃气/燃油机组、风力发电机组进行监控，监控 22 台机组，监测点数量达 5 万个。

浙江能源集团于 2009 年开始引进并开发设备故障预警系统，较多电厂建设了发电机组在线诊断预警系统，在分析设备参数异常原因、设备异常发生的范围、各个设备异常之间的关联方面具有明显的优点，已成为发电厂设备管理专业人员、运行监控人员的一个掌握设备状况的重要工具。设备故障预警系统对解决发电机组设备问题具有很好的指导意义，为优化的状态检修提供有力的支持。专业技术人员通过借助预警系统，能够全面、系统地掌握设备运行情况，并及时发现设备问题，能最大限度地提高点检及巡检人员的工作效率。

针对上述生产过程中的实际问题，充分分析国内已有网信技术和工业技术的融合应用中的不足，集团公司开展本项目研究与实施。

3 解决方案

3.1 方案介绍

本方案主要侧重于在企业已有内网基础上进行改造解决，通过改造后的企业网络专线构建私有云平台，实现燃机机群的智能监测诊断。企业内网络改造解决方案，通过物理网闸和 VLAN 划分实现内外网分离，同时采用堡垒机、系统准入、日志审查等网

络安全硬件技术建立企业专线网络的私有云平台。

燃机设备的智能监测诊断方案中，集团公司研发人员对集团燃气机组设备故障缺陷典型数据的取值、分析，形成了几百种计算方法，这些计算方法运用到发电企业的生产过程中，通过大数据计算，一旦运行数据与典型数据出现偏差而且符合预设的失效模式，系统便会报警，专业分析人员通过分析数据，制定相应解决方案，消除缺陷，从而降低机组设备故障率，提高安全性。

项目的目的是通过发电监测、分析与诊断中心的建设，帮助集团系统内燃机避免事故停机并尽快恢复生产。设计用于提高设备可靠性、避免意外事件，快速响应各发电机组运行与维护需求，协助各发电企业做出决策，降低生产成本，提高经济效益。

3.2 系统架构

系统结构采用四层网络架构，分别是感知层、网络层、应用层和用户层，详见图 2。感知层有各种传感器和传感器网关构成，其中包括：流量、震动、温度和压力传感器；SO₂、NO₂、CO、O₂等气体浓度传感器。轴承温度、震动传感器等。监视设备包括电厂 6KV 以上的主要设备，主要包括，燃机、冷凝器、余热锅炉、辅机、汽轮机、发电机、冷却塔和关键电气设备。这些设备的实时工况状态将通过传感器以开关量、模拟量或脉冲量的形式传输到网路层。

网络层是为感知层信息的汇聚、集成、传递和控制提供支持，同时为数据中心物联网人机通讯交流提供信息平台。为了提高网

络安全等级，监测诊断中心网络数据抽取采用单向光闸，使得数据只能从生产现场传输到数据中心，外部网络无法传输信息到生产区域。同时部署堡垒机、安全准入系统，提高网络系统的稳定性。

应用层是物联网和用户层的结构，它与电力数据监测诊断的需求结合，可实现物联网智能应用。主要功能是：1. 数据采集与集成；2. 设备性能劣化和故障预测预警；3. 设备热效率分析；4. 电厂关键绩效指标（KPI）分析。5. 机组控制优化决策建议。6. 设备状态检修排序。

用户层主要是数据中心面向的信息输出对象，主要包括各个电厂和集团公司。对于各个电厂，数据中心输出信息主要侧重于设备故障、性能劣化和热效率分析等信息。对于集团公司的服务更加侧重于信息的集合和关键绩效指标的汇报。

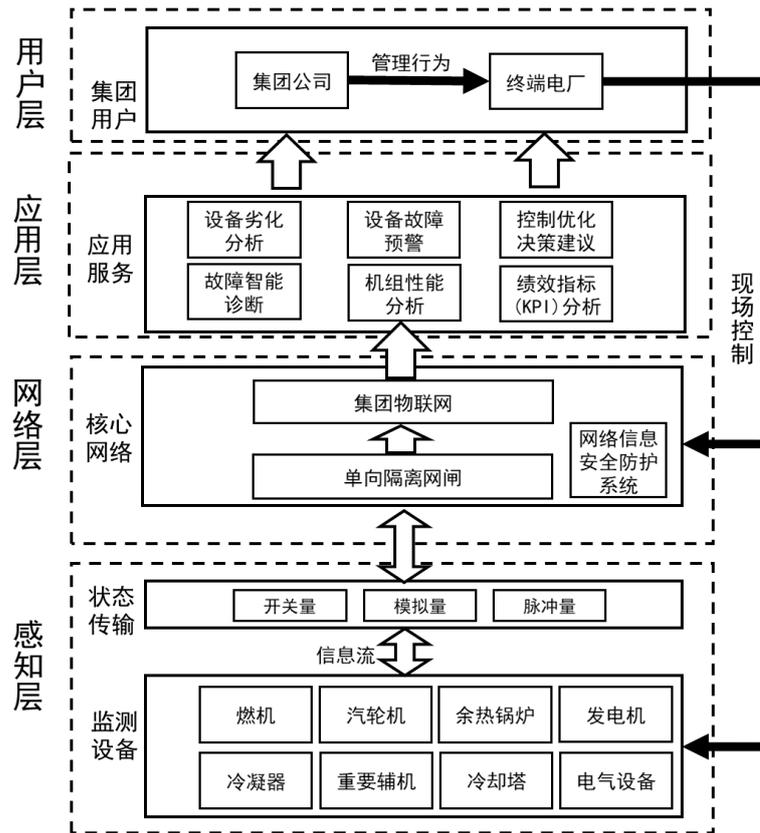


图 2 基于信息新技术的燃机机群监测诊断私有云平台

3.3 功能设计

3.3.1 云加端的数据调度模式

提出了一种基于数据指令和云+端的数据调度模式（包括数据配置指令和数据调用指令），结合数据配置工具，通过数据目录服务，实现燃机监测与诊断中心对各电厂分布存储的生产实时/历史数据、以及集中存储的预测诊断中间计算数据，进行灵活调用，实现对数万点的海量实时数据及中间计算数据进行秒级的快速读取、存储和计算。项目研发了分布-集中存储，各电厂的生产实时/历史数据，存储在各电厂的燃机 SIS 和辅机 SIS 系统里的实时/历史数据库里，实现对海量生产实时数据秒级间隔的

分布存储；各电厂的预测诊断中间实时/历史计算数据，则集中存储在燃机监测与诊断中心系统数据库里，实现高效的集中存储。项目研发了边缘-中心计算，在各电厂的就地服务器中，对实时/历史数据进行过程中间计算，并将中间计算结果存储回就地服务器，利用其高效的压缩性能和压缩时间，快速响应高速数据，实现边缘计算；在燃机监测与诊断中心，通过数据指令调取各电厂分布存储的生产实时/历史数据，根据建立的诊断预测数据模型完成诊断分析和预测计算，实现中心计算。

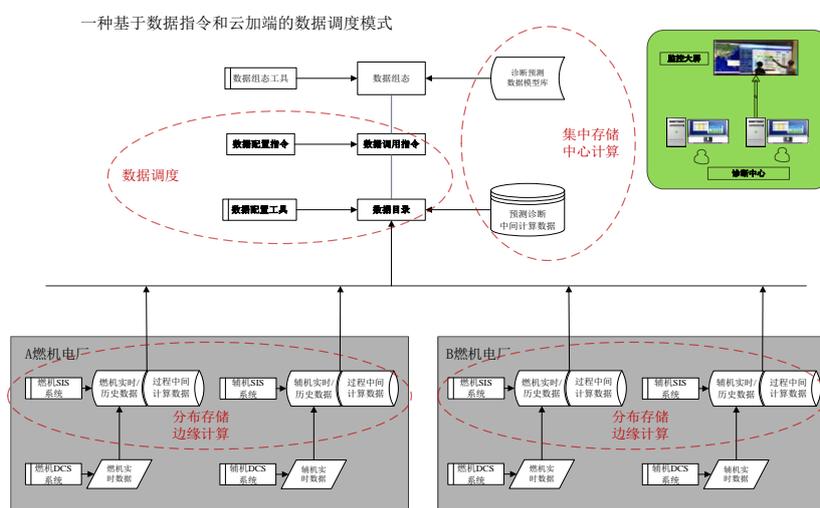


图 2 基于数据指令和云加端的数据调度模式

项目构建了燃机机群预测诊断云平台，通过建立集成管理系统，实现全系统、全流程的知识创新管理。已成功对接 11 台燃机机组，200 余台设备，实现了集团级的数据集成与共享。与电厂级信息化系统相比，平台融合了大数据、人工智能以及互联网+等领域的新技术与新思路，设计并构建一个覆盖生产运营、性能及故障预警等各阶段的数字化、信息化、智能化运营管控系统，实现燃机设备的安全、经济运行。项目形成了一系列燃机机组预

测诊断关键技术,实现了集团公司燃机机群关键资源与核心要素的管控,推进了互联网、大数据、人工智能和实体经济深度融合,将为我国智能预测诊断的建设提供技术标准与工程示范。

3.3.2 多模型耦合监测诊断技术

开发了同步采用数学模型和物理模型的监测诊断技术,基于热力学原理和设备静态参数建模分析机组性能,实现了设备故障预警与厂级性能优化的有机融合。

开发了同步采用数学模型和物理模型的监测诊断技术,基于热力学原理和设备静态参数建模分析机组性能,实现了设备故障预警与厂级性能优化的有机融合。开发了基于数学模型的监测诊断技术,针对燃机系统参数间的高耦合性,提出一种包含多传感器参数比较的动态状态空间模型,以解决复杂系统状态和故障监测结果稳定性较低的难题。该模型的建立基于相似性原理,假定设备在正常运行下工况表征参量相对稳定,相似工况下的工况表征参量具有一定相似性。把清洗后的正常工况下的运行数据输入模型并形成状态矩阵,将实时的测量数据与状态矩阵中的状态进行相似度比较,并推算出预测值,根据实测值与预测值间的残差变化,结合预定的阈值给出故障预警。开发了基于物理模型的预测诊断技术,通过集团燃机运行历史数据搭建典型故障失效模式库,当设备出现故障通过物理模型触发报警。该技术可以在设备故障初期阶段,根据设备潜在问题识别故障。故障失效库将根据故障数据和外部故障库不断拓展完善。对于安全性要求较高的重

要设备采用物理建模方法，对于种类繁多系统复杂的设备采用数学建模方法，综合运用两种互补的监测诊断技术原理，提高监测诊断的针对性、普适性和稳定性。

3.4 网络功能结构

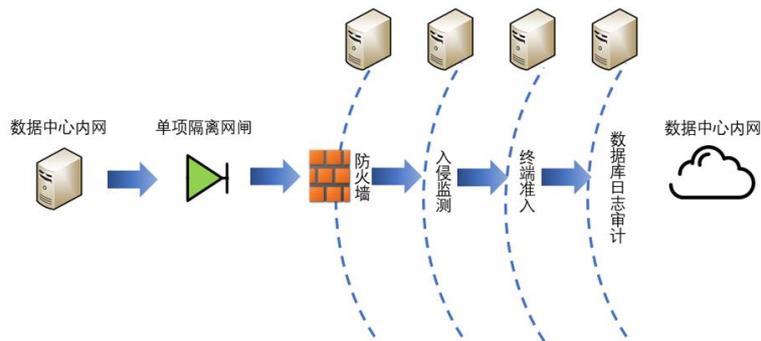


图4 燃机机群监测诊断私有云平台网络功能结构

3.5 安全及可靠性

基于设计方案与现有网络结构，原则上尽量减少对现有网络结构的改动和影响，方案规划在燃机数据中心部署两台防火墙，采用透明方式部署在现有路由器与核心交换机之间，对燃机数据中心网络提供应对网络攻击的防护；

燃机数据中心服务器需要从下级单位采集数据，由下级单位服务器通过集团广域网传输到燃机数据中心，为了保证传输过程中的安全性和保密性，在燃机数据中心侧出口路由器之前部署纵向加密装置（中心端），在相关下级单位侧部署纵向加密装置（电厂端），实现端到端的通信加密；

在燃机数据中心内部设立安全管控区，部署安全准入系统、入侵检测系统、日志审计系统、数据库审计系统等，实现

对燃机数据中心内部设备的安全管理，安全准入系统验证网络使用者的合法身份，只有通过认证的用户才可以使用燃机数据中心网络，入侵检测系统采用旁路部署，通过核心交换机将主干接口的数据流量镜像到入侵检测系统，用入侵检测系统对网络传输的数据进行安全检查，对存在的安全威胁进行报警；日志审计系统及数据库审计系统是对相应的设备的系统日志和操作日志进行详细的记录。

本项目的主要目标就是按《电力监控系统安全防护规定》以及 GB/T 22239-2008《信息安全技术 信息系统安全等级保护基本要求》的要求，为燃机数据中心建设部署专用的网络安全设备，提高燃机数据中心数据安全防护水平，保障燃机数据中心相关业务的安全稳定运行。

4 成功案例

有效防止机组非计划性停运

1) 报警概况：

12月1日早上5点14分，中心报告设备异常，1号发电机1号轴Y轴位移增大，轴震增加快速升高，同时两项参数上升幅度快速升高。5时19分数据中心发出报警(DCS未达到报警值)，1号发电机1瓦轴承金属温度由86.3℃快速升高至98℃，回油温度由66.89℃升高至74℃，润滑油压由1.87bar升至2.21bar。

2) 分析判断：

数据中心分析报警，利用智慧信号和监视诊断系统分析多测

点（温度、震动、油压等）变化趋势和残差变化判断：1. 润滑油供油管路堵塞导致轴承供油短缺；2. 供油管路供油短缺导致轴承震动突升；3. 润滑油供油管路堵塞导致轴承温度升高；4. 供油系统出现故障。

3) 建议措施：

- 通知电厂值班人员，注意加强供油系统监视；
- 请电厂考虑停机检查；
- 建议组织有关专家召开现场分析会；
- 经专家组会议讨论最终决定立即申请停机处理。

4) 检查结果：

1号润滑油过滤器出口第1个出口逆止阀，发现逆止阀半边密封条脱落，造成供油管堵塞。



图 1:1 瓦对口处的密封条



图 2:1 瓦对口处取出的橡胶密封条



密封条脱落
后断面