

甘肃能化庆阳 2×660MW 煤电项目

初步设计阶段

# 智慧电厂建设整体设计方案 专题报告

中国电力工程顾问集团西北电力设计院有限公司

Northwest Electric Power Design Institute Co., Ltd. of China Power Engineering Consulting Group

2024 年 11 月 西 安

# 目 录

<b>1. 智能电站架构及网络</b>	<b>1</b>
1.1 智能电站整体架构	1
1.2 智能电站网络架构	2
1.3 智能电站平台	4
1.4 智能电站建设方案研究	10
<b>2. 智能电站基础建设</b>	<b>16</b>
2.1 网络基础设计建设	16
2.2 数据中台规划	22
2.3 全厂 5G+WLAN 覆盖及人员定位系统	28
2.4 信息安全	31
2.5 云桌面	40
<b>3. 智能发电（ICS）应用</b>	<b>41</b>
3.1 智能检测	42
3.2 智能控制	47
3.3 智能运行	52
3.4 智能监测及诊断	62
3.5 智慧监盘	83
<b>4. 智慧管理（ISS）应用</b>	<b>88</b>
4.1 智慧管理平台	88
4.2 智慧安全	89
4.3 智慧巡检	96
4.4 智慧设备	100

4.5	智慧燃料 .....	103
4.6	智慧物资 .....	107
4.7	智慧经营 .....	109
4.8	智慧党建 .....	115
4.9	智慧办公 .....	118
5.	智能电站实施规划 .....	122
5.1	智能电站方案实施 .....	122
5.2	智能电厂建设潜在风险及对策分析 .....	125
6.	实施建议及结论 .....	129

## 1. 智能电站架构及网络

### 1.1 智能电站整体架构

随着互联网、大数据、云平台、人工智能以及新的安全理念和管理技术的发展，为了适应发电厂智能（慧）化管控的需求，将生产实时数据和管理数据清晰划分，按照数据类型的不同，智慧电厂建设业务功能分为实时数据业务和管理数据业务，因此以往DCS+SIS+MIS的3层物理架构进化为智能发电运行控制系统（ICS）、智能公共服务系统（ISS）两层架构。

在此架构中，与生产运行密切相关的生产过程层网络和监控优化层网络被统一在一个物理层，具有相同的安全可靠性要求，在功能上被统称为“智能发电运行控制系统（ICS，简称“智能发电系统”）。智能发电系统以DCS系统网络为架构，建立一体化智能发电运行控制平台，作为智能化电厂架构中实现生产运行智能监控的有效载体，通过在平台上实施一系列智能高级应用功能，成为实现智能发电的重要手段。

管理服务层网络属于一个单独的物理层，主要包括安全管理、提供巡检、设备维护、燃料管理、分析核算、办公经营、公司党建等功能，称为“智能公共服务系统（ISS，简称“智慧管理系统”）。智慧管理系统以管理数据的融合、规范、真实、唯一和共享为基础，通过实时历史数据和管理数据的结合，构建厂级管理数据处理统一平台和安全防护平台，通过上述智能技术的应用，实现智能安防、智能检修、智能经营、智能物资、全生命周期管理及可视化培训。

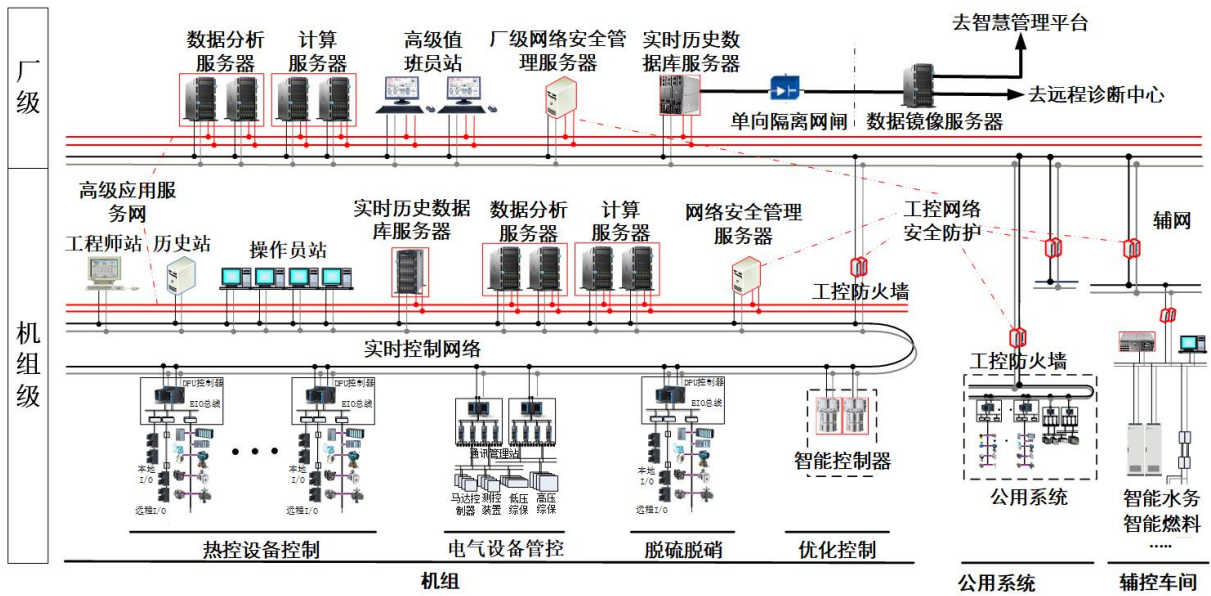
两个网络物理层之间按照“安全分区、网络专用、横向隔离、纵向认证、综合防护”的原则实现逻辑隔离和物理隔离。本项目智能电厂建设的所有方案均基于两层构架开展。

## 1.2 智能电站网络架构

智能电厂应用整体架构采用以数据流和信息流为核心的分层体系结构，以智能电站生产控制网和智能电厂管理信息网为主线，以智能发电板块、智能工器具板块、智慧管理板块、数字化全生命周期板块以及基建智慧工程管控系统(智慧工地)板块为基础的全方位、多模块的智能电厂实施架构。

### 智能电站生产控制网

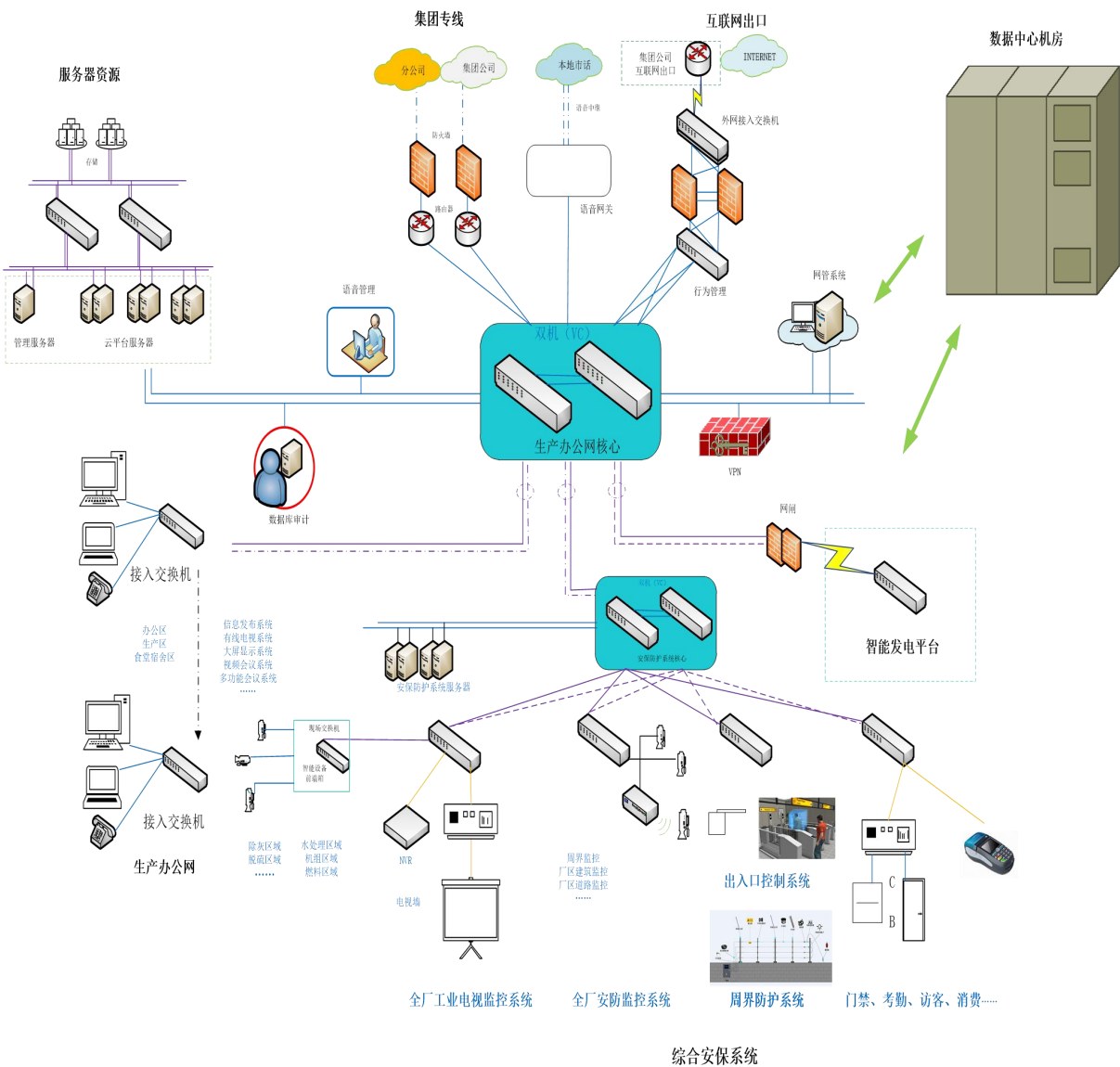
生产控制网应在智慧企业建设规范的整体架构下，将大数据、人工智能、先进控制等智能发电技术与煤电产业相融合，以智能发电平台下的智能计算、分析环境，智能控制环境，实施历史数据库，第三方应用开发环境为基础支撑，建设包括“智能检测”、“智能控制”、“智能运行”、“智能监测及诊断”、“智慧监盘”等五项业务应用的智能发电应用体系，不断适应环境与需求变化，满足机组安全、高效、低碳、环保、灵活运行和自动启停的要求。智能发电平台应通过单向隔离装置向管理信息网传送生产实时数据，以供智慧管理平台调取使用，为智慧管理平台提供相关数据服务。智能电站生产控制网网络架构图如下图所示。



智能电站生产控制网

1.2.1 智能电站管理信息网

管理信息网以机器学习（人工智能）算法平台、应用软件通用开发平台、可视化展示与报表平台、大数据平台为基础支撑，并实现各支撑平台间的融合，建设覆盖电厂安全、生产、设备、经营、营销、燃料、物资、党建、办公等业务的管理体系，实现对全厂设备资产数字化、可视化、智能化的监控与管理，以及生产经营各环节的智能预测、智能分析、智能诊断、智能决策。智能电站管理信息网网络架构图如下图所示。



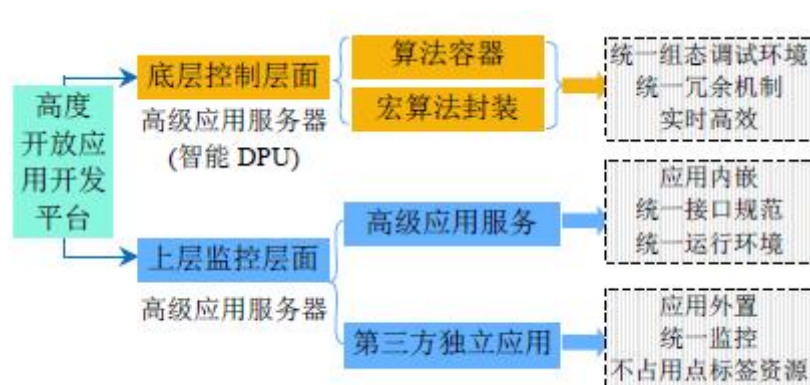
智能电站管理信息网

1.3 智能电站平台

1.3.1 智能发电平台

智能发电系统以智能分散控制系统(DCS)为核心,为用户提供高度开放的应用开发平台,如下图所示。该平台在控制回路层以算法容器和宏算法封装的形式为用户提供统一的组态调试环境和冗余机制,实现算法实时高效运算。在监控优化层面为用户提供统一接口规范和运行环境的高级应用

服务，同时为第三方独立应用提供统一图形化组态和高级应用监控。



智能发电系统应用平台

智能发电系统主要包括智能控制及智能生产监管，是智能电站控制的核心。智能发电系统以智能DCS为核心，扩展智能优化库、开发服务器等资源，实现智能检测、智能控制、智能运行、智能诊断与智慧监盘。由于燃煤电厂机组对象特性复杂且需不断适应外界工况的变化，传统DCS控制功能已不能满足多样化生产需求，因此在智能控制中需结合先进控制算法及智能控制策略、多目标优化、数据分析等技术手段，来满足对象多样化的需求。

#### 1.3.1.1 智能计算、分析环境

智能计算、分析环境对生产数据进行计算、展示、加工处理并构建相应模型。为生产数据的深度分析挖掘提供平台和配套工具，并提供与智能控制环境的接口。

#### 1.3.1.2 智能控制环境

智能控制环境按照智能应用在智能计算和分析环境中确定的指令对电厂进行控制，为智能计算和分析得到的优化目标提供实现的资源与运行环



境。对DCS系统进行深度开发，将智能DCS系统、SIS系统及大数据平台等有机结合，实现运行一律自动、生产一律智能、服务一律远程、管理一律上线。

### 1.3.1.3 实时历史数据库

实时历史数据库对机组生产过程实时数据进行高速采集、压缩、结构化梳理和高效率存储，并提供可靠的调用接口，提供高速、长跨度的数据检索和调用服务，为智能应用提供所需数据。

### 1.3.1.4 第三方应用开发环境

整合各类第三方先进应用成果，将生产实时、历史数据和各类智能算法模型的底层协议接口规范化。第三方应用开发环境能够进一步提高智能发电平台的扩展性，有利于现有架构的丰富和升级。

### 1.3.1.5 5G+云计算环境

5G网络是指的第五代移动通信网络，也是4G之后的延伸，是跨时代的技术。5G拥有更极致的体验，例如理论下行峰值数据速率可达20Gbps，上行峰值数据速率可超过 10Gbps。5G还将大大降低时延及提高整体网络效率，简化后的网络架构将提供小于5毫秒的端到端延迟以及每平方千米百万的连接数。不仅如此5G还将催生开启万物互联时代，并渗透进至各个行业，它将和大数据、云计算、人工智能等一道迎来信息通讯时代的黄金10年。

云计算就是远程计算服务的提供（包括服务器、存储、数据库、网络、软件、分析和智能）——通过Internet（云）提供快速创新、弹性资源和规模经济。云计算是企业摒弃 IT 资源传统思路而进行的一个重大转移。云计算让你无需在购买硬件和软件以及设置和运行现场数据中心上进行资金投入，它还提高了运算速度。大多数云计算服务通常只需点击几下鼠标，

即可在数分钟内调配海量计算资源，赋予企业非常大的灵活性，并消除了常规企业计算容量规划的压力。现场数据中心通常需要大量“机架和堆栈”、硬件设置、软件补丁和其他费时的 IT 管理事务。云计算避免了这些任务中的大部分，让生产团队可以把时间用来实现更重要的业务目标。

通过在云端构建电厂运行数据中心，电厂实时运行数据通过5G传送到远程的数据中心，在5G+云计算环境中，利用云计算的强大计算能力，基于大数据、人工智能等技术，实现电厂任务远程下达、远程监督评价，设备故障远程诊断、协同处理等功能。

### 1.3.2 智慧管理平台

智慧管理系统以大型数据库系统、大数据、云平台为基础，整合运行控制系统实时数据资源，机组设计、施工、维修数据资源，全厂人力、财务、设备数据资源，以及电网、集团、市场信息，实现发电企业的智能安全、智能管理与智能服务，为人员与设备的安全、精细化管理及优化决策提供一体化数据平台。

#### 1.3.2.1 机器学习（人工智能）算法平台

具有“自分析、自诊断、自管理、自趋优、自恢复、自学习、自提升”能力，涵盖从语音识别、语音合成、语音唤醒、文字识别、图像识别、人脸识别、人体分析、大数据分析、机器学习等多种算法模型。具备特征管理、算法开发、模型训练、模型自学习、服务管理、监控等一站式算法服务，采用可视化的操作界面来操作整个实验流程，同时也支持命令行模式，让用户通过命令行来操作实验。

平台运行依赖于分布式计算引擎，支持自定义算法集扩展，支持算法集的平台集群部署。采用存储计算层、算法模型层、可视化建模层、算法

应用层的层级应用模式：存储计算层实现对分布式文件的存储和分布式计算，提供机器学习平台与大数据平台的数据同步，并具备数据权限控制能力。具备实时数据库应用技术能力，保证高实时性预估服务的时效性；算法模型层支持逻辑回归、神经网络、NLP、朴素贝叶斯、决策树、LSTM、GBDT 二分类、GBDT 回归等多种不同算法模型，同时支持深度学习等人工智能训练模型；可视化建模层支持拖拽方式的人工智能算法建模，包括但不限于数据预处理、数据管理、特征工程、可视化建模、模型评估、模型自学习、模型管理、服务管理和运维管理等功能；算法应用层应支持电力能源业务领域的预测、预警多种类型的算法应用。

### 1.3.2.2 应用软件通用开发平台

具备业界通用的微服务开发、开发运维一体化支撑能力，兼容单体架构和微服务架构的开发，提供基于中间件、容器、PAAS 平台等多种运行环境的支撑。

具备逻辑解耦的分层架构，通过基础设施组件屏蔽底层技术细节，以作为容纳平台公共组件和业务功能组件运行的微内核环境，进而提供了数据访问、服务交互、事务处理、日志审计等基础性技术组件。

可基于平台的业务系统快速开发能力，内置通用的平台开发工具包。对通用的平台底层功能与服务可进行封装，运行期支撑多个业务系统共用；提供集应用系统设计、开发、调试和部署于一体的集成开发工具（IDE），且遵循通用标准，提供开发向导、视图和编辑器等辅助工具。

包含快速开发平台，可以帮助用户快速配置采集数据源、快速配置数据采集测点、以及可视化的组件开发，快速构建物联网基础的设备监视、报警、数据统计曲线等展示功能；支持实时计算引擎技术，通过配置标准

测点、计算公式、数据转换公式、状态转换规则等基础信息，实现多台设备共享所有计算和转换规则，保证实时计算效率。

### 1.3.2.3 可视化展示与报表平台

针对报表/用户/系统的进行统一管理及配置，根据自动条件定时触发调度任务，方便定时日报、月报、年报发布，并支持移动端信息推送。支持拖拽方式的界面设计和可视化的拖拽操作，支持常用数据来源输入，适配常用云平台数据库。

支持数据过滤、数据钻取、数据刷取、数据关联、数据变换、数据旋转、数据切片、自定义维度、自定义指标、多坐标轴等可视化数据应用；面向多种主流编程语言的提供技术，支持用户根据实际业务需求进行二次开发。支持授权认证、单点登录功能，支持用户及用户组权限、分析内容权限、字段权限、维度权限、数据权限等授权管理，方便进行安全及权限控制。

可进行大屏幕、PC端、移动端等不同展示介质展示，自适应PC、移动终端、平板、PAD等不同业务终端，支持移动批注、分享决策，并具备与微信、H5页面的集成能力。

采用组件化架构模式，自带的报表、图表、移动、自主分析等应用耦合度低，同时支持组件化集成定制；支持集群部署，支持负载均衡和高可用的功能需求，支持大数据平台的扩展部署；支持多租户部署，具备与大数据平台系统集成能力。

### 1.3.2.4 大数据平台

大数据平台包括统一服务及管理平台和数据载入/清理/转换平台。

统一服务及管理平台支持实时计算、数据存储及管理、系统集成、数

据分析、数据仓库、数据查询、检索、权限控制、分布式协调、工作流协调、数据流处理等通用组件和服务；支持可视化作业监控界面，可视化的基于组态的作业管理与控制、历史作业查询等通用管理、数据加密、数据溯源、数据管控组件、身份认证、统一授权、权限控制等管理组件及服务；支持自动化安装/部署/升级、资源监控和管理、可视化界面参数、事件诊断及管理、第三方工具集成等运维组件及服务。

数据载入/清理/转换平台具备数据传输、数据融合、数据分类、数据存储、数据清洗、数据分析、数据挖掘等的功能或组件，以满足智慧企业建设的要求。

通过以三维模型为载体的数字化移交，设计院数据输入大数据平台，构建以结构化数据和文档为主要信息传递和存储载体的数字化信息资产管理系统；以工程三维模型为核心，直观了解工程设计、施工状态，查看工程数据资料，提高系统可视化水平；以工程编码为核心，所有工程对象数据紧密关联，消除信息孤岛，提高系统集成化水平。

#### 1.4 智能电站建设方案研究

结合前述智能电厂平台研究以及国内已实施工程的相关经验，智能发电系统和智慧管理系统是智能电站必要的基本配置，相关的平台及其他模块均是在此两个系统网络设备基础上进行扩展，依据本项目的需求，智能电站方案主要包括智能工器具、智能发电平台、智能发电应用、智能管理平台、智能管理应用等模块，见下图智能电站系统架构图。



智能电站系统架构图

其中智能发电系统主要包含智能检测、智能控制、智能运行、智能诊断、智慧监盘等模块；智慧管理系统主要包含智慧安全、智慧巡检、智慧设备、智慧燃料、智慧物资、智慧经营、智慧党建、智慧办公等模块。

发电企业在智能电站建设过程中应结合电厂自身项目特点、运行管理模式、设备特点等状况，基于经济实用、逐步实施、易于扩展的原则，对前述各模块进行合理选择，最终确定出适合电厂的最佳智能电站实施方案。针对，基于节能减排、减员增效的基本目标，给出智能电站建设的基本原则如下：

- 1) 实施智能电站智慧管理系统、智能发电系统的基本软硬件系统建设，以方便后期智能电站模块扩展；

2) 在智能电站投资费用受限的情况下，优先在智能发电系统的智能控制与智能运行平台设置基本模块，在智慧管理系统平台设置相应的基本模块，以提高控制系统的自动化水平、提升工艺设备的运行效率及经济性、减少巡检和运行人员的劳动强度，同时实施智慧安全模块，保证发电生产的安全可靠。

3) 在智能电站投入运行，积累一定量的运行数据后，具备了数据分析的基础条件，可实施智能运行、智能诊断、智慧监盘、智慧经营、智慧物资等模块，以便实现更大范围的智能（慧）化。

4) 在智能电厂投资费用充足的情况下，可进一步扩展智能检测、智能控制、智能运行等模块，以便进一步减小全厂工作人员劳动强度、提升电厂企业形象，在甘能化集团甚至行业起到示范作用。

依据以上方案制定原则，本报告给出了智慧电厂一般性实施方案见下表。在此基础上进一步分析确定的智慧电厂方案将在第5章给出。

智慧电厂一般性实施方案表

序号	系统	应用模块	子模块
1	基建智慧工程管控系统（智慧工地，详见专题报告60-TB23341-02-02-30《基建智慧工程管控系统专题报告》）	基建MIS（含P6功能）	如计划进度、质量、环保、投资造价、物资、达标创优、安全管理及大屏展示
		智慧出入管理	人脸、车辆识别、天眼布控
		可视化地下管网	地下管网、阀门、弯头等
		智慧安防管理	三维场景、实时监控、移动巡检、人员定位等
		数字化移交	设备标识编码创建与管理、数字化模型管理、数据资料管理、模型目录重构等

序号	系统	应用模块	子模块
2	基础建设	网络基础设计建设	信息机房建设
			厂区综合布线系统
			网络系统建设（含广域网对接与安全防护）
		数据中台规划	数据采集
			数据模型分层
			数据模型存储设计
			数据治理
			数据服务
		5G覆盖/人员定位系统	人员定位系统建设
			全厂 5G+WLAN 网络建设
		信息安全	统一安全防护
		云桌面	云桌面系统建设
3	智能发电系统 ICS	智能发电平台基础建设	ICS 硬件构架（实时库、服务器、高级控制器）
		智能检测	入炉煤质在线检测
			锅炉风粉在线检测
			在线软测量
			炉内燃烧在线检测
		智能控制	APS 一键启停
			AGC 与一次调频优化
			主蒸汽温度优化控制
			再热蒸汽温度优化控制
			吹灰优化控制
			制粉系统优化控制
		智能运行	智能喷氨优化运行
			智能冷端优化运行
			智能主蒸汽压力优化运行
			重要辅机节能优化运行
			在线性能计算与耗差分析
			性能寻优操作指导



序号	系统	应用模块	子模块
4	智慧管理系统 ISS		锅炉燃烧优化运行
			在线仿真
			全厂三维可视化
		智能监测及诊断	设备生产可视化
			汽轮机监测诊断
			大型辅机监测诊断
			可视化地下管网
			5G全方位远程诊断与支持
		智慧监盘	主动监盘
			智慧报警
			故障识别
			操作指导
		智慧管理平台	集群管理、存储资源管理、应用/服务软件部署与管理、统一日志管理等通用基础软件
		智慧安全	电子围栏
			人员及移动设备定位
			智慧三票
			智慧门禁
			智慧5G安防视频监控
		智慧巡检	智慧巡检系统
			智慧5G轮式巡检机器人（2台）
			智慧5G轨道式巡检机器人2台
			智慧5G无人机巡检（1台）
			智慧可视化巡检
		智能设备管理	全厂设备管理
			设备全生命周期管理
			设备健康管理
			设备状态监控
			设备状态检修管理

序号	系统	应用模块	子模块
		智慧燃料	智能接卸
			智能煤场
			斗轮机无人值守
			智能采制化
			配煤掺烧管理
		智慧物资	智慧物资管理
			智慧采购
		智慧经营	智慧绩效计算与分析
			智慧预算执行管控
			智慧成本管理
			智慧利润管控
			经营决策分析
			交易辅助决策
			报价方案寻优
			自动报表系统
		智慧党建	党委工作管理
			纪检监察决策
			工会工作管理
			团青工作管理
			文化宣传工作管理
		智慧办公	公文管理
			会议管理
			任务管理
			印信管理
			出差管理
			加班管理
			工作餐管理
			接待管理
			邮件管理
			人力资源管理

## 2. 智能电站基础建设

### 2.1 网络基础设计建设

#### 2.1.1 信息机房建设

本工程机房，依据《数据中心设计规范》(GB 50174-2017)中的有关要求，结合未来信息技术的发展趋势，建成具有标准、稳定、先进和灵活的架构，既能满足现在，又能适应未来发展的节能、环保、减排的“智慧、绿色”信息中心。

##### 2.1.1.1 机房装饰装修子系统

装修设计内容主要包括地板安装、门窗、玻璃隔断等。

地板安装，整个机房区域应采用优质全钢防静电地板。机房各入口设计二级踏步。活动地板下的地面和四壁应做防尘处理，达到不起尘的效果。

为满足机房防水的要求在机房内设计排水管道和防鼠单向地漏装置，并在围绕精密空调室内机组安装区域的地板下方制作挡水坝，双面防水处理，内设计排水管路及漏水自动报警系统，防止机房水患及提前预警。

机房内防静电地板需做等电位连接，机房超重设备（如空调、UPS、电池柜）摆放位置需要制作承重散力架。

门窗及玻璃隔断，本数据中心机房门的设计充分满足设备的进出。

主机房入口设计甲级钢制防火门套；防火门颜色尽量与大楼原有门窗保持一致，达到统一美观的效果。

封窗处理：机房区域对外窗户，采用C75轻钢龙骨加双面不燃板进行封窗处理或采用双层窗户。

中心机房内机柜区与监控区之间需要设置玻璃隔断，隔断面积设计合理，隔断设置一个完全打开后不小于2.0(高)×1.0(宽)米的玻璃内开门，

隔断的龙骨采用40×60方钢制作，1米以下部分（门除外）两面采用防火、防静电0.8mm厚发纹不锈钢板包框；隔断玻璃及玻璃门采用防火玻璃，厚度要求12mm，要求耐火90分钟以上，能通过消防部门验收，隔断的设计满足美观、轻便、实用的原则，整个隔断的框架除控制台正面的区域（观察窗部分）和门外，其它地方单纯玻璃的面积不宜超过1平方米，整个隔断框架必须与主机房地下的接地网牢固可靠连接。

空调：安装满足机房的空调。

### 2.1.1.2 机房电气系统

信息机房提供电能质量的好坏，将直接影响计算机系统正常、可靠的运行，也影响机房内其它附属设施的正常工作，同时机房对接地、雷电防护、机房屏蔽等均有特定要求。为保证计算机的可靠运行，须建立一个优质、稳定、安全、可靠的供配电系统。

为机房提供用于连接厂用电源的市电配电柜、UPS输出到各个机柜的UPS配电柜、双电源自动切换装置以及相应线缆、开关、报警器、电流电压显示和安装柜体等设备，保证在一条线路故障时自动切换到另外一条线路供电。

机房电气系统应按照GB50174-2017《电子信息系统机房设计规范》规定的供电方式设计施工，采用TN-S三相五线制供电方案。机房电气系统内容主要包括：机房供配电系统，UPS配电系统，照明系统等。

#### 1) 供配电系统要求

本次微模块基础柜内设计插框式配电模块，配电模块集成市电输入、UPS配电、空调配电、IT机柜配电为一体，既便于管理又节省空间，配电柜内设置ATS双电源切换器，自变配电室内敷设双路市电至机房配电柜经ATS

切换后为后端设备供电。

## 2) 照明系统要求

机房内照明应包含;应急照明和疏散指示三种类型的照明。

应急照明：根据机房设计规范安装应急照明系统，应急照明系统照度不低于50lux。

疏散照明系统：根据机房设计规范设置疏散照明系统，疏散照明系统照度应大于5Lux。

照明布线应采用ZR-BV3\*2.5mm<sup>2</sup>阻燃塑铜线，采用镀锌金属电线管保护，所有线缆应暗敷。

### 2.1.1.3 防雷、接地系统

机房应设计直流工作地、交流工作地、安全保护地及防雷保护地。根据《电子信息系统机房设计规范》(GB50174)和《建筑物电子信息系统防雷技术规范》(GB 50343)的有关规定，机房计算机专用直流地、交流工作地、安全保护地、防雷保护地宜共用一组接地装置，接地装置的接地电阻值必须按接入设备中要求的最小值确定。

#### 1) 机房接地处理要求：

机房区作为一个重要的高精密设备中心，集中了大量微电子设备，防止静电产生，避免电磁干扰。本次应进行防静电泄漏和等电位处理。

在机房静电地板下，用0.5\*50MM铜箔与地板支架紧密相连，用30\*3mm紫铜做成1200\*1200网格，设备就近接地；等电位环形接地铜带（30\*3mm）与机房专用接地可靠连接，

机房内所有非带电的金属材料及设备金属外壳均采用6mm<sup>2</sup>铜导体与地板下30\*3mm紫铜做的1200\*1200网格状等电位接地网可靠连接。

## 2) 机房电源防雷

机房电源系统的防雷须满足《建筑防雷设计规范》。根据《建筑物电子信息系统防雷技术规范》（GB 50343），本项目应采用三级防雷等级，A级防雷在大楼配电室内实现，在机房内市电输入端、UPS输出端分别设计B、C级防雷模块，防雷模块与大楼共用地可靠焊接，把雷电流迅速导入大地，以防止雷害。

### 2.1.1.4 主机系统

数据中心主机系统应满足智能电厂信息化系统各个应用系统的需要，且必须充分考虑生产期扩展使用需求，匹配IT未来发展趋势，所选软硬件设备应为当前主流的配置参数，并兼顾今后的扩展、维护、更新、开发与备品成本，使用户的总成本得到优化。采用基于IaaS的私有云基础架构实施，数据中心主机存储建设应实现绿色节能和虚拟化，除了因安全或性能等原因不适合在虚拟化服务器部署的系统模块，需配置独立的冗余物理服务器外，部署其他各类应用的服务器均采用虚拟化技术，应考虑图像分析能力的提供，考虑采用超融合架构的基础软硬件平台，以满足智能电厂信息化系统各个应用系统的需要和对外云服务的响应需求。所有服务器均通过不低于万兆双链路连接接入交换机。如采用虚拟化方案则在集中存储设备实现数据IP SAN存储和文件NAS存储。配置最新备份设备，提供高可靠与高性能的数据备份存储设备与专业级的系统备份软件功能，提供简单、全面且经济有效的备份解决方案，快速保护物理和虚拟服务器以及应用程序和数据库，减少设置和管理所需的时间。经过扩展可具备汇聚集成异地数据中心资源统一管理使用的能力。

## 2.1.2 厂区综合布线系统

### 2.1.2.1 建筑物要求

本工程计算机网络布线所涉及建筑物有：集控楼、化验楼、厂前区办公楼、警卫传达室等。主干网采用24芯铠装单模光纤、建筑物内采用超六类非屏蔽双绞线。

### 2.1.2.2 网络布线技术要求

#### 总的要求

- 1) 纳入网络布线系统仅为计算机网络系统。
- 2) 网络布线系统应为开放式结构，能支持语音及计算机数据系统。
- 3) 网络布线系统能满足全厂管理信息系统计算机网络方案的要求。
- 4) 网络布线系统采用全模块化结构，方便系统的扩展；系统应具有极大的灵活性，当以后系统修改，设备移位时，不必变更布线，只须在相应的配线架上跳线即可。
- 5) 本工程布线系统是星型结构，以支持目前和将来各种网络的应用。通过跳线和不同的网络设备连接，即可以实现各种不同逻辑拓扑结构的网络。

#### 6) 本工程所采用的布线系统应符合下列国际和国内有关标准：

- |            |                       |
|------------|-----------------------|
| ISO 11801  | 《建筑物综合布线规范》           |
| GB/T 50311 | 《建筑物与建筑群综合布线系统工程设计规范》 |
| YD/T 926.2 | 《大楼通信综合布线系统》          |
| GB/T 50312 | 《综合布线系统工程验收规范》        |

### 2.1.2.3 设备材料的技术要求

所选产品必须是国际知名品牌，包括配线架、线缆、连接件、跳线等。

### 1) 光缆

光缆应采用与公用电话网相适应规格的光缆系统。对于陶瓷头的ST II连接器，每1000次重新连接所引起的衰减变化量小于0.2dB。对于塑料头的ST II连接器，每200次重新连接所引起的衰减变化量小于0.2dB。

光缆接续损耗（单模）平均小于0.15dB，最大不能超过0.30dB。

### 2) 双绞线

本工程选择六类非屏蔽双绞线，即要求所选用的配线架、缆线、连接硬件、跳线、连接线等全系统必须都是六类产品。

配线电缆为六类双绞电缆，并要求为低烟阻燃型电缆。

## 2.1.3 网络系统建设

### 2.1.3.1 网络结构

全厂采用一体化设计。信息系统与控制系统之间应进行物理安全隔离，控制系统与信息系统采用单向推送信息的方式实现信息共享。

信息系统网络结构为星形网络拓扑结构，主干网络为双十万兆以太网，各服务器通过双万兆连接到局域网，100/1000Mbps到桌面。

电厂局域网主干级采用双网模式，配置高性能的十万兆交换机作为核心交换机。接入交换机通过双十万兆链路分别与核心交换机相连，并为桌面用户提供100/1000Mbps的网络连接。

通过防火墙、路由器实现与Internet等外部网络连接，通过集团VPN实现出差人员对电厂局域网的远程访问。

主干网的通讯介质采用光纤，各应用工作站和网络的连接采用六类非屏蔽双绞线。楼宇之间的连接光纤应采用铠装单模型号，防止外界损伤。各生产现场应用工作站和网络的连接采用六类屏蔽双绞线，避免外部干扰。



为避免传输干扰，核心交换机与接入交换机之间的连接，应通过交换机的内置光纤接口（模块）实现，不接受外置的光纤收发器或光端机方案。

### 2.1.3.2 网络设备

系统应满足全面的实现工厂信息化建设要求，涉及到从设计、建造、安装、调试、投运等不同阶段，有设计方、建造方、设备方、业主方等多家单位参与，要有统一规划，并在统一框架的指导下，进行数字化工厂的建设，实现信息网络互联互通，共享资源，避免重复建设。

根据对网络具体应用要求的分析，以及网络应用的需求，结合网络的发展趋势，网络设备应能满足若干年内网络应用的发展，网络设备按要求选用同一厂家的系列产品，以便更好的管理。

网络设计采用高可靠性网络设计，使用链路冗余及网络节点设备冗余等技术。核心交换机及数据核心交换机等关键设备可实现故障无缝切换。

在网络规划阶段细致分析用户应用需求和业务模式，根据实际业务需求对影响网络可用性影响的关键节点和链路进行合理规划。

在网络设计阶段合理规划网络结构，对关键节点和链路作充分的冗余设计，并采用合适的高可用性技术手段。同时，对网络安全给予足够的关注，避免因为网络设计上的个别安全漏洞影响整个网络的可靠性。

在网络建成后的维护阶段利用合适的网络管理工具持续对网络业务流量进行分析，不断优化网络，提升网络可靠性水平。

## 2.2 数据中台规划

推进业务拉通和数据共享。打造数据业务化、业务数据化、技术通用化的网管中台架构体系。以业务与数据治理为核心，存量系统共性能力按需解耦改造、新增能力遵循分层架构建设。

### 2.2.1 数据采集

采集适配器层接收采集任务，实现与设备侧的接口协议适配，从设备侧获取原始数据，进行数据采集，采集适配器的功能组成如下：协议适配、数据获取，并支持被动接收设备侧发送的数据。采集的源数据通过适配器北向接口向上共享。

采集适配器支持实时数据、非实时数据；协议接口类型支持文件接口、数据库接口、指令接口、Syslog接口、NetFlow接口、SNMP接口、CORBA接口等主流网管接口类型，同时支持接口类型的扩展。

系统提供采集适配器的注册、动态加载及注销功能，并提供采集、处理适配器参数配置界面，以及适配器状态查看功能。并对适配器进行手工的状态变更，比如启动、停止、重启等操作。

#### 2.2.1.1 数据采集策略的定制管理

根据第三方应用，或者定制的配置、性能和告警数据的特性，采用不同的策略利用导航方式创建采集流程，描述了在何时到何地采集什么样的数据。

以向导式根据不同业务需求创建合适的采集策略。

根据性能、配置和告警数据的特性，采用不同的策略创建流程，明确创建过程，降低用户输入错误率。

开始

采集数据

处理数据

制定策略

结束

创建性能消息接收服务——消息触发机制

名称：

IOR文件：

浏览...

数据粒度：

15分钟

失败重试次数：

3

次

重试间隔：

60

秒

采集超时时长：

200

秒

采集任务失败时长：

300

秒

请求

### 2.2.1.2 采集调度模块

采集调度模块实现对各类采集任务的统一调度管理；

- (1) 根据策略，生成相应的任务，进行分发。
- (2) 接收适配器发送来的采集任务执行情况查看请求，如：采集节点的内存、CPU、磁盘占用率，采集节点当前正在运行任务的情况。
- (3) 接收自动补采模块发送的任务信息，然后对该任务进行分发。
- (4) 任务的重做或补采:当任务执行失败后，具有对某个环节进行一定的重做能力，包括重新采集和数据处理环节的重做；补采主要是指自动补采的能力，根据补采的规则进行任务级别的补采。
- (5) 通过消息通道，发送任务消息到采集适配器。
- (6) 负载均衡策略，保持各采集适配器负荷基本均衡，进行动态的负载分担，可以参考采集适配器硬件配置、CPU占用率、内存总量、内存占用

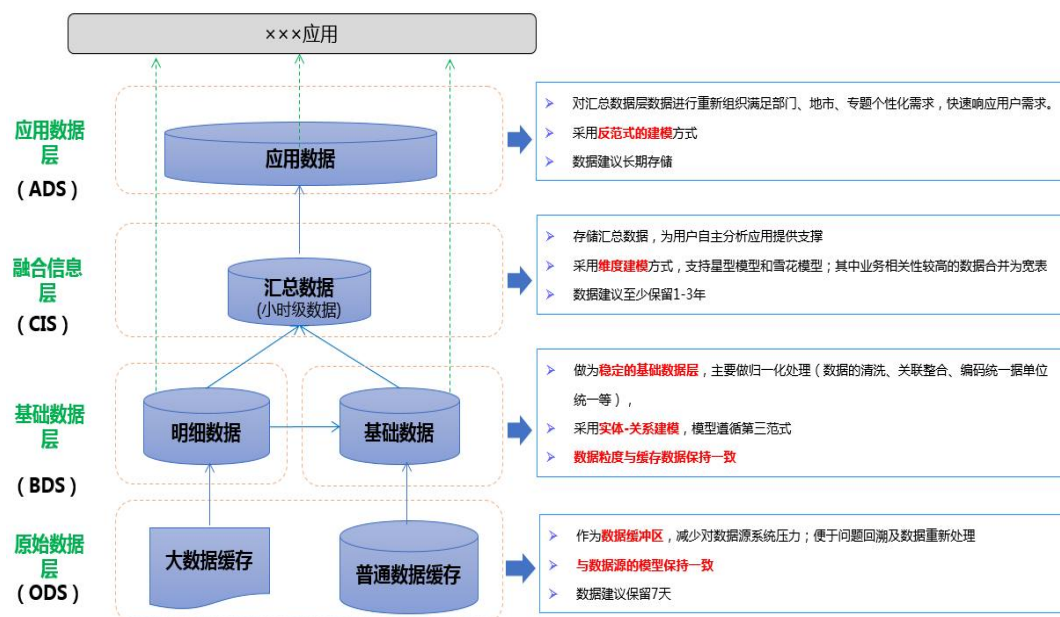
率和采集机空闲线程数、任务负载权重等信息。

(7) 在采集适配器出现异常后，能够把未执行完成的任务重新执行。

(8) 容灾能力：包括三种级别的容灾，即任务、适配器实例和调度中心容灾。任务级别的容灾是指当适配器实例宕机时，该适配器实例中的任务可以切换到其他适配器实例中执行；适配器实例级别的容灾是指当一个适配器实例宕机时，该适配器的其他实例可以接管任务的执行；调度中心级别的容灾是指一个调度中心服务宕机后，其他调度中心服务可接管调度工作。

### 2.2.2 数据模型分层

结合业界规范和多年的大数据建设经验，综合考虑了数据特点、存储方式、处理效率、处理复杂度、访问效率及模型扩展性等方面，采用了模型分层设计的思想，分为原始数据层、基础数据层、融合信息层、应用数据层四层，实现了数据源和加工处理过程的分离，保证了数据流向清晰，提高了数据访问效率等。



### 2.2.3 数据模型存储设计

基于数据的分层模型结构，结合实际技术选型，数据采用逻辑分层，物理分布式存储的方式。

**原始数据层**：数据存储在互联网层内，物理上存储在接口机磁盘及Kafka集群内。

**基础数据层**：用户详单数据（信令相关）存储在HBase集群内，经清洗归一化后的非用户详单数据存储在MPP数据库内。

**融合信息层**：经汇总后的各类数据存储在MPP数据库内。

**应用数据层**：针对上层应用的数据存储在关系型数据库内。

### 2.2.4 数据治理

#### 2.2.4.1 统一数据标准管理

按照数据中台新建数据标注内容，实现对数据标准的统一管控。

针对数据标准体系中规定的各类数据对象分类、数据分层、数据分域、数据命名规则、数据编码规则等各类标准进行界面化统一管理，指导。

数据标准管理模块对数据标准提供系统工具支撑，包括标准管理、标准展示、标准监控三大功能。面向数据管理者提供标准发布、审批管理等功能；面向数据维护者提供标准维护、稽核、版本管理等功能；面向数据提供者和消费者提供查询、提取、核对及分析等功能，全面提供数据标准服务能力。

#### 2.2.4.2 统一数据建模

基于数据标准和元数据管理体系，提供可视化的建模工具，构造最优的数据库模式，建立数据库及其应用系统，能够有效地存储数据，满足大数据治理需求。

系统提供基于元数据管理图形化数据建模工具，提供模型的设计、审核、实施、验证；包含物理模型的设计、指标模型、分析模型的设计等。

#### 2.2.4.3 统一数据质量管理

系统支持对业务数据进行全面的质量管理，通过数据质量的管理办法、组织、流程以及评价考核规则的制定，及时发现并解决数据质量问题，提升数据的完整性、及时性、准确性和一致性，从而提升数据的价值。

基于数据架构体系，为平台提供全程的端到端数据质量管控。

#### 2.2.4.4 数据服务

数据开放门户实现了对共享平台的指标、模型、数据开放服务的统一管理、展示及在线申请订阅功能。

#### 2.2.4.5 数据资产开放

从模型角度展示平台数据资产，展示当前平台内已具备的模型情况，提供分领域、分专题的导航。

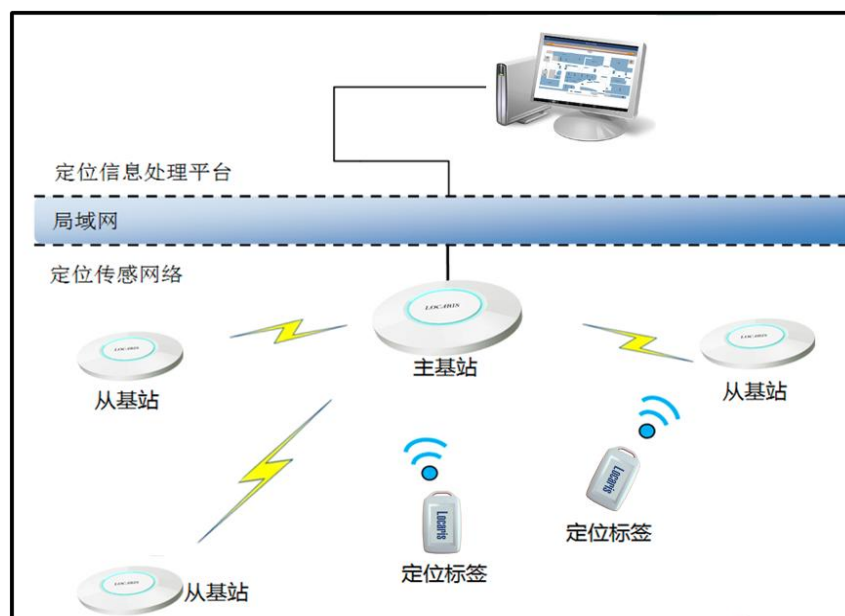
#### 2.2.4.6 指标开放

从指标角度展示平台数据资产，展示当前平台内已具备的指标情况，提供分领域、分专题的导航。实现对平台管理的指标进行统一呈现，包括对指标进行全局搜索、按照接入系统对指标进行分类统计、按照维度实现对指标的过滤等等功能。

## 2.3 全厂5G+WLAN覆盖及人员定位系统

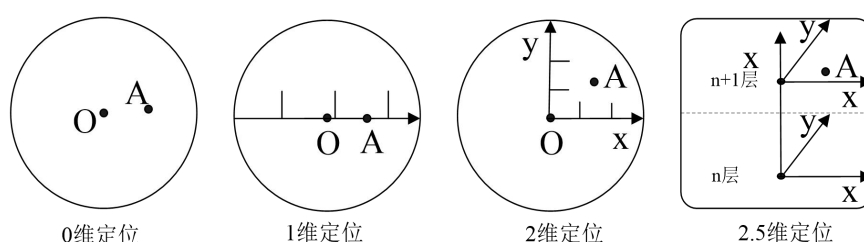
### 2.3.1 人员定位系统建设

人员定位系统通过系统定位基站对需要进行人员定位的区域进行信号覆盖，通过定位标签实时反馈位置信息，可以满足工业上对人员、设备等的定位需求。该系统将整个电站施工区域的室内外区域纳入人员定位信号监控范围，工作人员在工作区域的实时位置信息都可以在监控中心大屏中显示。一旦工作人员发生危险，可实时确定人员位置，同时还可对人员工作进行规范化管理和合理调度。



定位系统的工作流程是：在示范区域内架设基站，为需定位的设备、

物品以及人员配置定位标签，定位标签通过定位基站将实时定位数据传回后台服务中心，后台服务中心通过优化的高精度定位算法，解算出设备和人员精确的实时位置信息及运动轨迹，并将位置信息在室内地图上显示，实现实时高精度定位，为室内导航路径规划、重点区域的巡查提供精确的参考基准点。



针对洞室、隧道等一维平面，可利用相邻两个无线定位基站，对定位电子标签进行位置确定。

针对地下厂房等二维平面，可利用相邻三个无线定位基站，对定位电子标签进行位置确定。

针对某区域的人员存在检测，可利用单个定位基站，对定位电子标签进行区域存在检测。

### 2.3.2 全厂5G网络建设

推进5G无线网络建设，每间办公室、每个室外区域均实现5G无线网络覆盖。5G无线热点覆盖主要工作区域、巡检区域，为移动办公、移动巡检、远程控制提供环境支撑。要求建设5G无线网络能够针对不同场景提供安全的接入认证方式，并且对于接入的员工、用户和智能终端设备提供不同层级的安全防护。整个5G无线网络具有良好的稳定性，满足办公场景、生活聚集区等高并发的需求，防止出现无线卡顿、掉线、数据终端等现象；在移动巡检、移动办公场景下设备提供良好的终端漫游，防止出现掉包数据



流失。

电厂5G无线网络的建设只是电厂信息化的一个基础架构，为了能够应对今电力行业对于5G无线网络的更多的需求，实现电厂区域的无线监控覆盖等等，这需要我们保证在当前实际以及可见的未来发展的基础上建设高性价比的5G无线网络。

### 2.3.3 室内WLAN无线覆盖

对于电厂的室内环境，特别是干扰多、屏蔽严重的条件线，建议通过室内WLAN进行无线覆盖。建设高性价比的WLAN，为了保证无线网络的可扩展性，需要在方案构架、产品选型、系统容量与处理能力方面能升级换代，这样不仅能充分保护原有资源，而且具有较高的性价比。

#### 2.3.3.1 上网行为审计

支持对有线用户和无线用户的网络行为和内容进行审计，包括但不限于HTTP外发内容、访问的网站和下载、邮件、FTP、TELNET、其它已识别和未识别的网络应用、网页内容、ACL拒绝行为、以及审计用户访问应用的流量与时长。通过配置审计策略，在角色中引用相应用审计策略，并给用户分配相应的角色，即可实现对用户的审计。

#### 2.3.3.2 访客无线认证

面对访客需要便捷的接入无线网络。提供了更简洁的认证方式，来访客人只需要连接该公司无线网络，然后打开浏览器自动出现二维码，内部接待员工用自己的终端扫一扫即可认证通过。二维码认证技术经过认证，且针对访客行为可追溯。

#### 2.3.3.3 访客权限划分

只允许访问外网，对于外部访客，因为身份的特殊性，内网权限不应

给予。通过无线控制器内置的角色控制策略，可设置为访客只允许访问外部网络，不允许访问内部网络。

#### 2.3.3.4 流量限制策略

为防止访客网络占用过多的出口带宽资源，可通过无线控制器内置的流量管理策略，为外部访客网络设置一定的流量带宽上限，保障整个无线网络的正常运行。

### 2.4 信息安全

为满足电厂安全要求，为系统的网络安全防护提出要求，需从边界隔离及访问控制、防病毒和恶意代码防范、主机加固、入侵检测、综合审计、外设管控、网络安全集中监控以及业务系统和安全系统的双因素认证和身份鉴别等方面进行综合考虑，通过部署主机防护系统、综合审计设备、入侵检测设备、边界防护产品、数据备份恢复系统及网络安全集中管理和监控平台等，实现对系统中存在的病毒危害、非法操作、异常事件和外部攻击等威胁的有效防护，并对网络内的安全设备、网络设备及终端的安全策略进行集中配置管理和安全事件集中监视处置，为电厂 ICS 和 ISS 系统构建在安全管理中心支持下的安全计算环境、安全区域边界、安全通信网络三重防御体系，保障电厂业务的安全稳定运行。

#### 2.4.1 信息安全总体要求

(1) 针对智能发电系统 ICS 的安全，应结合工业控制系统的业务特征，提供有针对性的整体网络安全解决方案，提供工业级网络安全系统功能（包括硬件与软件），需与本项目工业控制系统业务相匹配、相融合，不应影响、阻碍、限制正常的系统业务运行。

(2) 针对智慧管理系统 ISS 的安全，因 ISS 依据工业互联网平台的框架结

构设计，采用微服务架构，基于容器部署，故从总体上ISS的安全，需依据工业互联网平台的安全防护要求进行设计，安全防护技术方案需从：

(3)通过在IaaS层部署Web应用防火墙或IT防火墙、入侵防御系统、运维堡垒机、网络安全审计产品、数据库审计产品、数据备份和恢复系统、主机防护软件以及抗DDos攻击等安全产品，同时考虑容器资源隔离、容器网络隔离及容器镜像安全等措施，在PaaS层微服务应采用通信加解密保障通信安全，在API接口设计时依据规范考虑调用认证及接口监控措施，在SaaS层应采取应用身份鉴别、应用访问控制、应用安全审计及通信加解密等技术措施。同时建立统一的安全管理和态势感知平台，形成对平台的安全设备及安全策略的统一管控以及安全威胁和异常的总体安全态势的可视化展示。

## 2.4.2 ICS系统信息安全防护功能要求

### 2.4.2.1 主机防护功能要求

为满足计算环境通用要求和工业控制系统安全计算环境扩展要求中对恶意代码防范、可信度量验证、用户身份鉴别、系统安全审计、文件完整性保护等要求，需在DCS系统及智能控制系统内统一部署上位机主机防护系统，主要功能包括系统加固、安全监测等核心功能。加固方式包括安全配置、安全补丁、采用专用软件强化操作系统访问控制能力、以及配置安全的应用程序的要求。在保证操作系统安全的同时，提高系统安全的信息保护和鉴权能力，有效提高对操作系统的保护能力。通过采取主机加固做好防护措施，有效减少入侵所带来的损失，提高操作系统的安全性和高可用性，解决电力企业信息系统加固工作的自动化、标准化和规范化。主机防护系统主要功能要求如下：

(1) 白名单管控：要求提供的主机防护软件需采用白名单机制，应深刻了解本项目电厂控制系统特点，提供已知的、受信任的组态及在线监视软件的进程等可执行文件列表，然后经过严格兼容性测试，实现对控制系统基于白名单的有效防护。

(2) 可信度量：需支持对操作系统引导期间和进程启动时的可信度量。在操作系统运行时，监视系统内所有关键进程、模块、执行代码、数据结构、重要跳转表等，对进程的资源访问行为进行实时度量和控制，是保障系统安全运行、安全机制不被旁路和篡改的核心。

(3) 执行程序完整性保护：对在白名单内的所有二进制可执行文件进行完整性保护，在未授权状态下无法对其进行修改，保证了所有执行程序的完整性、可用性。

(4) 主机加固功能：主机防护软件应支持对系统进行加固，包括用户身份鉴别、用户策略及关闭非必要的系统服务和端口等安全配置等，为保障主机加固过程的可靠性，能对现有DCS控制系统正常运行所需的服务及端口号等进行识别，经加固的主机需与控制系统做严格测试证明加固操作不影响控制系统实时性、可用性等要求，提供相应文件进行说明。

(5) 强制访问控制功能：主机防护软件应提供强制访问控制功能以满足GB/T22239-2019等级保护基本要求，能识别电厂现有DCS控制系统组态软件和监控软件的相关程序进程，了解每个进程需要访问的关键资源，基于此建立控制系统各程序间访问逻辑关系，结合强制访问控制技术，避免越权操作。

(6) USB可移动存储类设备管控：主机防护系统应能针对主机插入的USB可移动存储类设备进行权限管控，避免通过移动存储设备导致病毒等在系

## 统内扩散传播

(7)集中运维管理：主机防护系统应具有独立的控制中心，通过控制中心对主机上的客户端进行集中策略配置、授权管理、以及客户端单点维护。同时主机防护系统需支持接入统一的安全管理中心。

### 2.4.2.2 网络审计功能要求

(1)应通过部署网络通讯安全审计设备，满足安全通信网络通用要求和工业控制系统安全计算环境扩展要求中对边界安全审计、通信网络安全审计、通信网络异常检测等要求。

(2)网络审计设备应支持对工业协议（应包含通用协议和控制系统私有协议）的通信报文进行深度解析，应基于网络流量、协议和应用进行全方位的审计记录，应能实现实时检测针对工业协议的网络攻击、用户误操作、非法设备接入并实时报警的功能，同时详实记录一切网络通信行为以便发生安全事件后能够快速对事件进行分析溯源。

### 2.4.2.3 入侵检测功能要求

通过部署入侵检测设备，分析是否存在针对电厂ICS控制系统网络的入侵行为，针对入侵事件给出告警。入侵检测设备主要功能要求如下：

(1)基础安全防护：应基于IP地址、服务端口、IP协议、分片状态、TCP状态、时间等安全策略的状态包过滤。

(2)入侵检测技术：应支持基于IP碎片重组、TCP流重组、会话状态跟踪、应用层协议解码等数据流处理方式的攻击识别；支持模式匹配、异常检测、统计分析，等多种检测技术。

(3)应支持TCP/IP的三至七层DDos攻击检测；

(4)应支持应用型攻击检测：包括Web cc、http get flood、DNS query

flood等攻击。

(5) 应支持流量性攻击检测：包括SYN Flood、UDP Flood、ICMP Flood 、ARP Flood等攻击。

(6) 一体化引擎：应采用一体化引擎技术，使用一体化策略配置可进行TCP/IP的2-4层防护策略、应用识别策略、入侵检测策略、关键字过滤策略等安全策略的一次配置，全模块应用

(7) 工控漏洞支持：应支持工控漏洞库，包括工控设备漏洞、工控协议漏洞、工业以太网漏洞、工控系统漏洞等。

#### 2.4.2.4 单向隔离网闸功能要求

为了满足等级保护建设中安全区域边界通用部分和工业控制系统扩展要求部分对边界访问控制以及工业控制系统于其他系统单向隔离的要求，需在电厂现有DCS、TDM系统、NCS系统与其他系统之间部署单向隔离设备，系统与其他系统之间部署单向隔离设备，达到保障安全及合规的要求。单向隔离设备的功能要求如下：

(1) 安全隔离：应采用“2+1”系统结构，以软硬件结合的方式，有效地隔断内外网络间直接连接，防止信息无限制交换。所有过往的应用层信息都从TCP/IP协议包中剥离，被还原为应用层信息。

(2) 基于用户的访问控制：只有合法用户的特定信息交换活动才允许通过。协议通道的建立、通信、断开，都是在严格的基于用户的访问控制之下进行的。

(3) 攻击防护：应能够借助用户访问控制、安全协议通道的建立、安全策略的设定，发现、过滤并阻塞各种已知和未知的攻击，特别是很多基于应用的攻击手段，例如病毒和蠕虫等恶意代码，有效保护工业控制系统网

## 络的安全性

### 2.4.2.5 工业防火墙功能要求

为满足等级保护建设对访问控制、边界完整性检查、入侵防范等基本安全要求，需要在安全控制大区内部区域的边界通过部署工业防火墙来实现隔离与访问控制，能够根据数据包的源地址、目的地址、传输层协议、应用层协议、端口（对应请求的服务类型）等信息执行访问控制规则，允许正常业务数据穿过该平台，禁止其他应用的连接请求，以保障工业控制系统边界的安全性。工业防火墙的功能要求如下：

(1) 基础功能：应具备基础防火墙功能，包括基于传统五元组、协议、资产、时间等多元组一体化访问控制；支持透明、路由、混合模式部署

(2) 工业DPI：应支持多种工业协议深度解析，对工业协议有应用层的解析与控制，包括OPC、Modbus/TCP、Ethernet/IP、IEC104、EIP、S7和DNP3等协议，可以做到指令级访问控制。

(3) 集中管理：应支持工业防火墙的大规模部署，全网策略统一下发，设备情况统一展现，日志告警集中显示。

### 2.4.2.6 安全管理功能要求

支持对用户身份管理、数据保护、安全事件管理、风险管理、资源监控的要求，应支持其他监测审计设备、边界防护设备和主机防护系统等通过安全专网接入安全管理平台，以便电厂网络安全人员对所有安全防护设备进行统一管理和维护，以及提高全面的安全态势感知能力。安全管理平台的功能要求如下：

(1) 策略统一管理：所有的安全保护设备应由管理平台进行统一管理，所有终端的事件信息统一上传，参数配置统一下发等功能，应支持对网闸、

主机防护软件等的安全策略远程管理与下发。

(2) 日志审计功能：应支持工业控制系统各类设备日志及安全事件日志的收集、存储、审计、分析、告警，支持日志采集器多级部署，支持SNMP TRAP、SYSLOG等格式日志的接入，并对系统事件、安全事件等进行统计分析和展示。

(3) 网络拓扑展示：网络拓扑显示监控网络的网络拓扑情况，并且可以查询网络拓扑中设备的详细信息。支持网络设备及安全设备的CPU、内存、磁盘等监测。

(4) 定期报告：将安全综合管理设备中的事件、日志、审计三个方面的内容形成报告提供给买方，用于对网络行为的判断。



### 2.4.3 ISS系统信息安全防护功能要求

#### 2.4.3.1 主机防护功能要求

针对ISS系统各主机终端，应采取包括恶意程序防护、主机加固、身份鉴别、访问控制、可信度量、外设管控、资源监控、安全审计等主机安全防护功能。

#### 2.4.3.2 网络安全功能要求

(1)网络结构优化：根据业务功能将平台网络划分为多个安全区域，进行安全区域和业务平面的划分与隔离，简化网络安全设计，阻止网络攻击在云中的扩散，最小化攻击影响，确保智能服务管理系统安全。

(2)边界安全防护：在网络边界部署WEB应用防火墙或IT防火墙（要求抗DDos能力）进行访问控制和安全隔离，防止病毒、木马、蠕虫等在网络中不同安全区之间进行传播、扩散，包括ISS系统与外部网络的边界以及平台各安全区域的边界，同时采取入侵检测和防护措施（IDS/IPS）对网络入侵检测与拦截，应具备网络实时流量分析和阻断能力，能防护异常协议攻击、暴力攻击、端口/漏洞扫描、病毒/木马、针对漏洞的攻击等各种入侵行为。

(3)网络安全审计：部署网络安全审计设备，对网络流量进行实时分析监控，针对异常流量和行为进行告警。

#### 2.4.3.3 数据存储安全功能要求

(1)数据备份和恢复功能要求：部署数据备份恢复系统可针对数据库、文件、操作系统、虚拟机、磁盘卷进行定时/实时容灾备份。

(2)数据库审计功能要求：针对数据库操作行为进行细粒度审计的管理与监控系统，监控各类对数据库的访问行为，可及时发现内部操作中的违

规操作，及时告警，精确定位责任人，有效防护数据库安全。

#### 2.4.3.4 微服务安全功能要求

(1)通信数据安全：对进出的服务的通信采用基于国密算法的加解密，满足规范对身份鉴别的要求的同时保障应用通信过程中数据的完整性和保密性。应支持SM2、SM3、SM4国密算法。

(2)服务安全审计：采取相应措施对微服务进行安全审计，审计内容应包括重要的用户行为、微服务组件资源的异常使用和重要操作命令的使用等重要安全事件，对服务接口的调用情况进行技术监控，如调用频率、调用来源等。

#### 2.4.3.5 应用安全功能要求

(1)应用身份鉴别和访问控制：应使用身份认证和权限管理对平台用户的登录和各种操作进行身份鉴别和权限控制。应支持双因子认证，基于RBAC提供统一认证与鉴权服务，让具备权限的合法用户、应用程序能够安全访问平台资源。

(2)应用安全审计：根据统一安全策略，通过应用服务运行情况及系统用户行为，保护用户登录行为、系统功能执行及资源使用情况，对各类审计记录进行统计分析便于安全事件发生后进行追踪分析。

#### 2.4.3.6 统一安全管理功能要求

(1)平台安全运维：具备平台安全运维接入的双因素认证，权限控制以及运维操作审计的功能。

(2)安全管理和态势感知要求：具备对平台所有安全设备性能监控及安全策略管控的能力，具备多源数据采集能力，支持包括资产信息采集、流量采集、文件采集、包采集、漏洞信息采集等能力，对安全设备、网络审

计、主机、日志、进程、微服务等全要素信息的归并分分析，提升安全态势监控、威胁分析、日常运维、事件处置等安全能力建设水平。

## 2.5 云桌面

虚拟桌面解决方案是以安全为出发点设计的，是提供安全接入的基础。桌面、数据都集中运行在数据中心的物理服务器和存储上，数据不落地，员工可以使用原有的操作习惯和使用方式来使用这些应用。

### 2.5.1 流桌面

流桌面适用于办公型工作人员。

基于流技术的无盘桌面利用富客户端的本地计算能力，同时集中管理桌面的统一镜像。能够利用现有PC资源并最大限度降低数据中心开销，帮助客户实施桌面虚拟化。还适用于使用无盘PC，确保最高的数据安全性。

流桌面采用流技术通过网络将单一标准桌面镜像，包括操作系统和软件按需交付给物理/虚拟桌面。一方面可以配合第二个场景实现VDI单一镜像管理；另一方面适用于三维图形要求更高的环境，除了硬盘之外，内存、CPU、GPU都调用本地的计算资源，所以性能基本和传统桌面没有区别。

### 2.5.2 独占桌面

提供个性化Windows桌面体验，能够通过任何网络安全地交付给任何设备。结合了集中管理和全面用户个性化定制的优点，每台服务器能支持60到70个桌面。

桌面虚拟化场景可以分为保存状态和无状态两种。保存状态，用户和后台虚拟机一对一绑定，用户对虚拟桌面的修改会保存在虚拟机中；无状态是指从一个磁盘镜像中启动多个用户的虚拟机，这些虚拟机保持只读状态，用户对虚拟桌面的任何修改会在注销后消失。前者用户拥有更大的自

主权限，但管理复杂、存储资源占用很大；后者用户不能对操作系统进行修改，权限受控，但一对多的理念使管理简单，同时不会占用大量的存储资源。

### 2.5.3 桌面虚拟化

桌面虚拟化可提供一种端到端的桌面交付解决方案。可动态按需产生虚拟桌面，用户每次登录时都能获得一个干净的、个性化的全新桌面，从而确保性能不会下降。此外，采用的高速交付协议还可在任何网络条件下提供无与伦比的桌面响应速度。可通过分别交付桌面操作系统、应用和用户设置，大大简化桌面生命周期管理并显著降低拥有成本。

可为任意地点的用户按需交付桌面，同时显著简化生命周期管理。它可提供一种端到端的桌面交付解决方案，为最终用户加速交付桌面，提供更强大的数据保护和监控，并降低高达40%的拥有成本。

### 2.5.4 服务器虚拟化

服务器虚拟化是基于开源系统管理程序创建的，作为一种企业级的产品，底层管理程序的高效性降低了总开销，并使得其上运行的虚拟机接近于本地物理计算性能。与其它基于封闭式专用系统构建的虚拟化产品不同，的开放API让客户可以通过现有的服务器和存储硬件来访问和控制先进的功能。

为关键工作负载提供了所需的先进功能，同时提供了大规模部署必需的简易操作能力。利用独特的应用储备技术，可通过虚拟或物理服务器快速交付工作负载，成为企业每台服务器的理想虚拟化平台。

## 3. 智能发电（ICS）应用

智能发电应用根据电厂的实际条件和实际需求、结合相关技术成熟度确定实施，各应用功能有明确的优化目标。将智能检测、智能控制、智能分析、智能监控、智慧监盘、智能诊断等功能进行多层次、多方位融合，实现相关设备和工艺过程的控制性能、经济环保性能、设备寿命损耗的多目标综合优化。

### 3.1 智能检测

#### 3.1.1 智能检测技术

检测是数据获取的源头，也是发电系统智能化的源动力。智能检测既要有现代化的检测装置，也要有高水平的检测技术。

##### 1) 智能检测设备

基于无线传感器网络等先进通信技术，利用高精度、低功耗、智能型测量仪表和分析仪器，实现对发电过程中环境、状态、位置等信息的全方位监测、识别与自适应处理；采用智能变送器、智能执行机构、采集一体机等智能测控单元，为系统提供多维数据。智能检测设备具有互联互通能力，遵循标准通信协议，实现与其它智能设备和上层网络之间的数据通信。使用具有故障自愈和自限能力的智能检测设备，对于功能性故障（轻故障）能自我检定并自我恢复；对于设备性故障（重故障）能进行自我约束，将故障状态限定在预先定义的安全范围内。

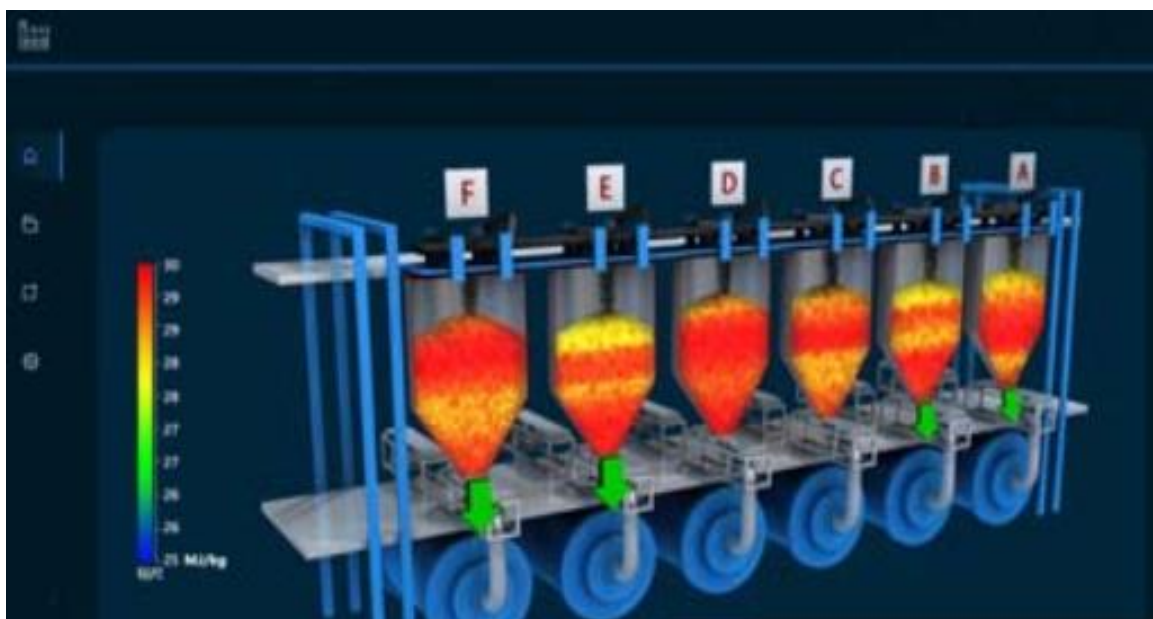
##### 2) 先进检测技术

基于微波、激光、红外、静电、声波、振动、X射线探伤等先进测量技术，实现发电过程参数的在线检测，对机组主辅机设备实施精密动态监测；对难以测量或者暂时不能测量的重要变量，基于机理模型和可测变量建立软测量模型，实现发电设备不可测关键状态的在线监测，如即燃碳。本方

案针对机组运行采用的先进检测技术包括入炉煤质在线检测、锅炉风粉在线检测、在线软测量、炉内燃烧在线检测等。

### 3.1.2 入炉煤质在线检测

煤质在线检测分为炉前检测与炉内检测，炉前检测技术可采用微波在线检测煤水分技术、基于激光诱导击穿光谱（Laser-induced Breakdown Spectroscopy, LIBS）技术的煤样元素分析技术、基于次红外线测量的煤质成分检测技术等，炉内检测技术可采用火焰脉动特征煤种识别技术、火焰光谱特征煤种识别技术等，通过关联煤种人工分析数据实现煤质在线检测。



通过在线煤质检测，可以在煤炭入炉前提供实时煤质数据，指导锅炉运行，避免事故，实现安全燃烧；在有条件的发电厂可以实现实时配煤，保证入炉煤质稳定，并符合机组负荷的要求；可以提供实时煤质数据及未来数小时的煤质变化趋势预测，为运行人员实现优化燃烧、实现经济运行

提供数据支持；可以为锅炉提供最经济燃用煤质指导，从而帮助发电厂实现主动选煤、科学购煤。

### 3.1.3 锅炉风粉在线检测

锅炉风粉在线检测采用超声、微波、电容、热力学法等非接触测量技术实现对磨煤机出口一次风输粉管道中的煤粉浓度与质量流量的在线检测，采用声学、激光、电荷等非接触测量技术实现对煤粉细度在线检测。

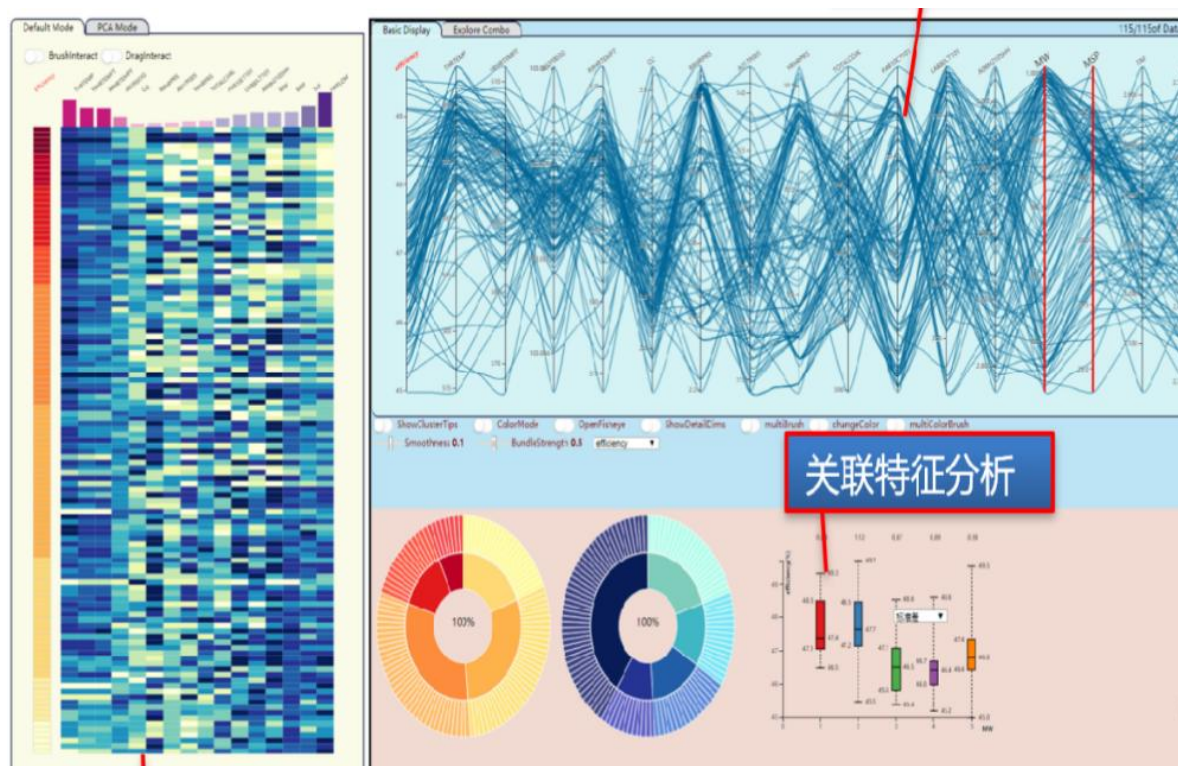
通过锅炉风粉在线检测，可以使得喷入锅炉炉膛的煤粉流量分配均匀，炉膛火焰中心不发生偏斜，热负荷平均分配，不发生水冷壁局部超温结焦、过热器和再热器左右热偏差较大等不良现象，保证锅炉运行的安全性和经济性。

### 3.1.4 在线软测量

锅炉在线软测量主要包括锅炉蓄热系数、锅炉热效率、煤质低位发热量、原煤水分、烟气含氧量等参数的软测量。

所谓软测量是把生产过程知识有机的结合起来，应用计算机技术对难以测量或者暂时不能测量的重要变量，选择另外一些容易测量的变量，通过构成某种数学关系来推断或者估计，以软件来替代硬件的功能。可利用粒子群优化等算法对建模过程中的参数进行选择，采用支持向量积算法针对历史样本数据进行训练得到相应参数的软测量模型，通过样本点验证、软测量模型的敏感度分析等方法验证模型有效性，利用训练得到的模型进行相关参数的在线测量。



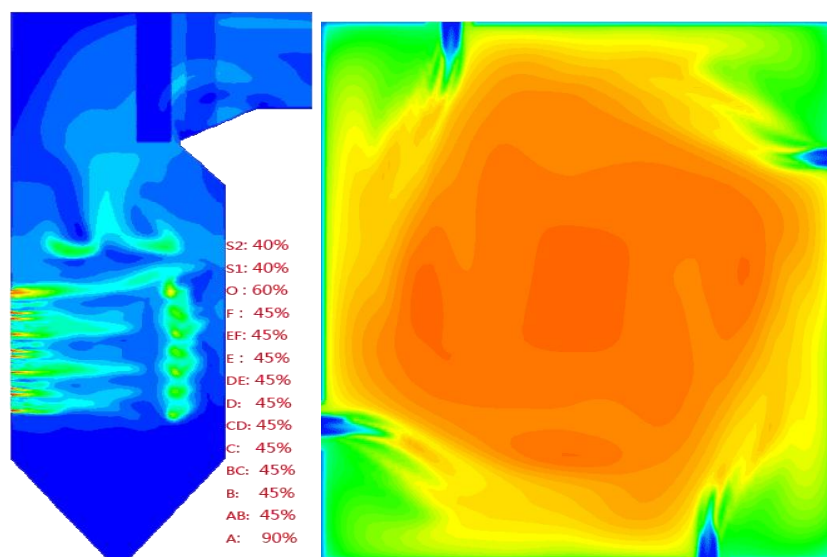


应用软测量技术实现元素组分含量的在线检测不但经济可靠，且动态响应迅速、可连续给出萃取过程中元素组分含量,易于达到对产品质量的控制。

### 3.1.5 炉内燃烧在线检测

炉内燃烧工况在线检测指采用光学辐射法、声学法等进行炉内燃烧温度场测量与重建，采用可调谐二极管激光吸收光谱（Tunable Diode Laser Absorption Spectroscopy, TDLAS）技术实现炉内燃烧断面的温度与组分分布检测。

通过炉内燃烧工况在线检测，可以精确掌握炉内的实时燃烧工况，明确分辨各喷嘴的燃烧状况，进一步通过自动控制系统及时调整燃料和风的比例，对燃烧和汽温进行优化控制，提高负荷控制水平。



## 3.2 智能控制

### 3.2.1 APS一键启停

自启停系统（Automatic Plant Start-up and Shutdown System, APS）功能包括机组自动启动控制和机组自动停运控制。APS系统启动控制设计冷态、温态、热态、极热态四种运行方式，设计范围为所有进入机组DCS系统控制且具备足够的控制设备及信号并体现在运行规程操作票的工艺系统。APS系统启动控制范围宜从凝补水系统启动开始到主要辅机启动完成且机组至少带50%负荷为止，条件具备时可延伸至100%负荷；停机控制范围从机组当前负荷开始，终点为汽轮机盘车投入，锅炉风烟系统自动停运为止。

采用“复合变量协同系统”的概念，针对开关量与模拟量穿插、交织在工艺流程中的特点，将其作为一种并行协同的对象系统进行控制；利用等效分析结果作为设备状态或实际工况的辅助判据，提高系统容错性；采用基于APS技术的智能控制系统，灵活增减断点、智能剔除故障、智能容错功能，并结合专家知识的智能决策得出机组最优启动、停止路径、提高机组启停机效率，实现机组节能降耗；实现APS故障退出时断点跟踪，恢复时

能自动回到退出断点继续执行，从而提高APS自启停的宜用性，提高机组启停机效率。

APS方案详见专题报告60-TB4159-02-A02-K01-04《APS一键启停研究专题报告》。

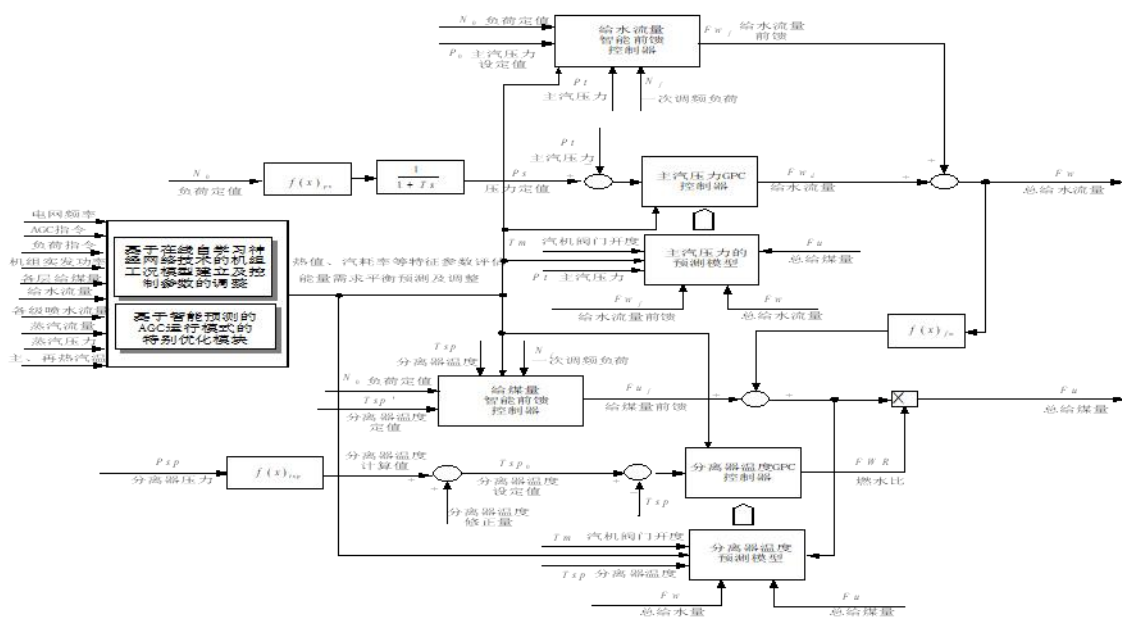


### 3.2.2 AGC与一次调频优化控制

AGC与一次调频优化控制系统通过试验分析和历史数据分析方式实现汽机阀门流量特性曲线、重叠度优化，可提高机组变负荷率、负荷调节精度及一次调频响应能力，减小机组主蒸汽压力的控制偏差，优化汽压控制，提升机组负荷、汽压等重要参数的整体响应能力，减小机组负荷变动及磨煤机启动、停过程中的主要参数的动态偏差，提高稳定性。可控制需求提供合理的滑压曲线或阀点控制目标，减小汽轮机阀门节流损失。采用滑压曲线优化方式，根据真空等相关参数提供压力目标的修正。

采用智能前馈、预测控制、自抗扰控制、内模控制等先进控制算法，并结合在线模型辨识和自适应调节方法实时更新对象模型和控制参数，建立工艺过程动态模型，结合预测控制、自抗扰、自适应等先进控制策略，

充分挖掘热力系统耦合关系重构新的控制策略，实现机组在不同工况下的快速、深度、稳定变负荷调节和一次调频性能优化。以提高机组负荷调节与一次调频响应的速度和调节精度、降低机组动态过程中的主要参数控制偏差为目标，满足机组电网响应性能提升、经济性能改善和安全运行需要。



### 3.2.3 主蒸汽温度优化控制

主蒸汽温度优化控制系统可提高主、再热汽温控制系统的稳定性，改善机组汽温可控能力。采用智能汽温控制系统、预测控制、在线模型辨识及自适应控制等先进控制算法提升大范围快速变负荷时主蒸汽温度的调节品质。通过减小汽温偏差、在安全运行范围内提升机组主蒸汽温度设定值，提高机组运行的平均汽温，提升机组效率。主蒸汽温度优化控制系统对煤质煤种及磨组合的变化具备自适应能力。

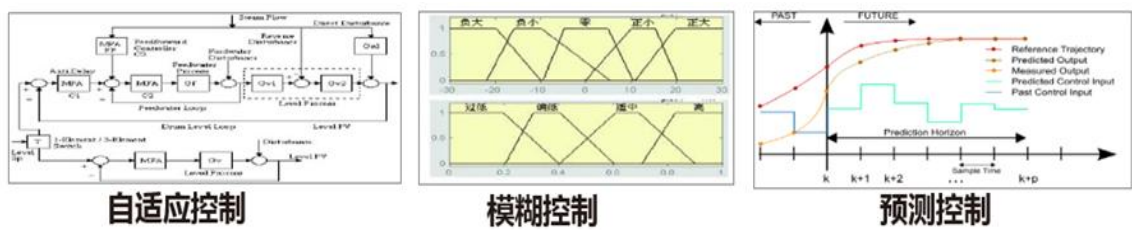
### 3.2.4 再热蒸汽温度优化控制

再热蒸汽温度优化控制系统以减小再热蒸汽温度的稳态、动态控制偏



差和降低减温喷水量为目标。综合协调烟气调温挡板、燃烧器摆角、锅炉燃烧调整和减温喷水控制方法。主蒸汽温度优化控制系统对煤质煤种及磨组合的变化具备自适应能力。

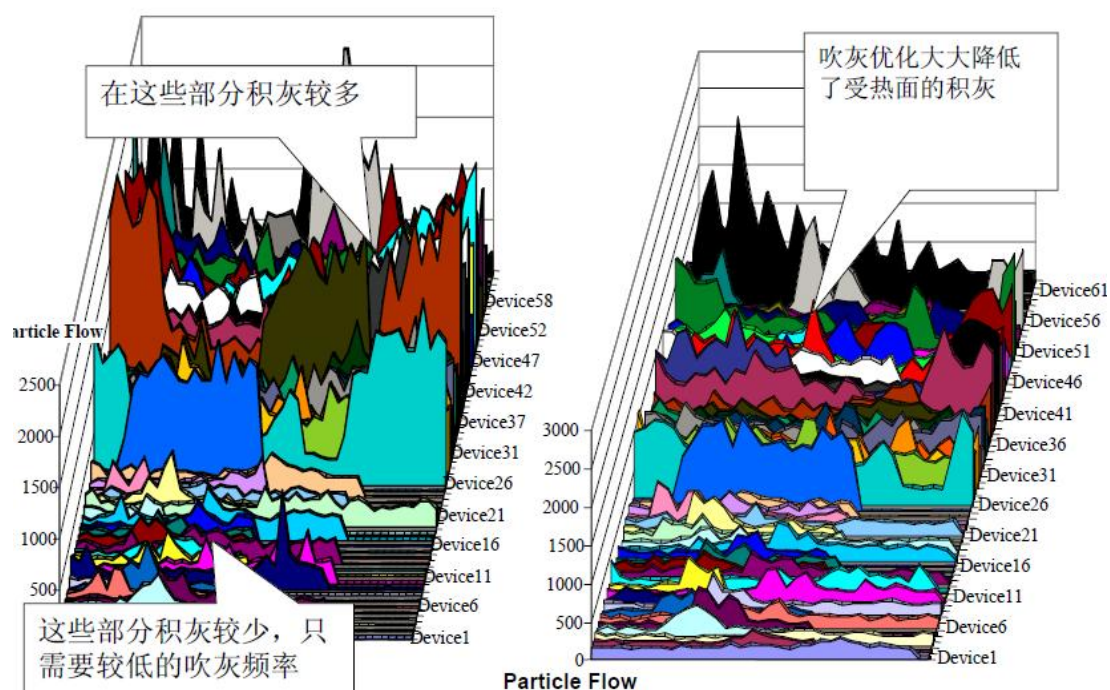
采用智能前馈、预测控制、在线模型辨识及自适应控制等先进和智能控制算法，克服汽温响应的大迟延、大惯性、非线性，改善汽温回路调节品质。以减温水作为最后调节手段，在满足汽温控制前提下减少减温喷水量，提升机组效率。



3.2.5 吹灰优化控制

以能量守恒定律、传热学和工程热力学原理为基础，综合软测量模型、工质侧参数、烟气侧参数，逆烟气的流程逐段进行各受热面的污染率计算，建立起炉膛污染模型、对流受热面污染模型和空气预热器污染模型。

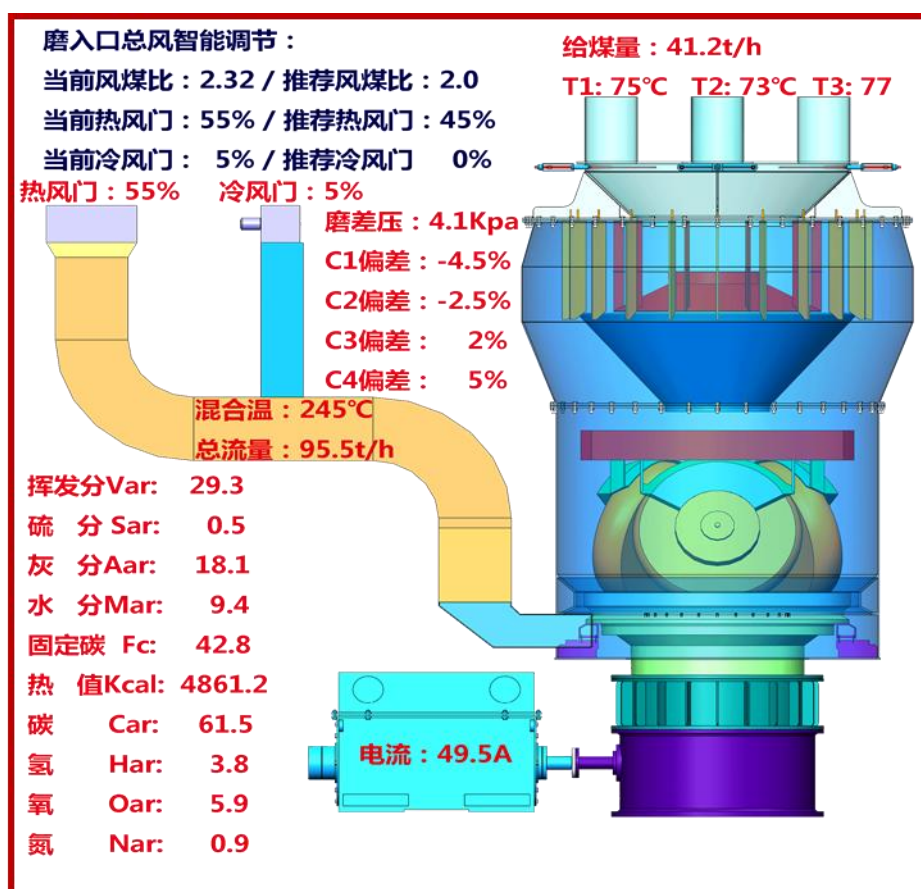
采用污染率表征受热面的积灰污染状态，以传热效率、蒸汽消耗、管壁磨损综合最优为目标，根据吹灰频率与吹灰净收益之间关系确定最佳吹灰频率；以锅炉运行状态为限制条件，确定最佳吹灰频率和不同负荷下的临界污染洁净因子，确定当前工况下锅炉各受热面的吹灰方案，给出运行操作指导和相关吹灰指令，与锅炉吹灰程控逻辑连接，控制相应吹灰器动作，实现锅炉的吹灰优化。



### 3.2.6 制粉系统优化控制

制粉系统优化控制系统以提高磨煤机风量和出口风温调节的稳定性为目标，采用多变量解耦控制、预测控制等技术，结合入炉煤水分软测量，使风量控制响应快速、平稳，使出口温度控制能克服大迟延和入炉煤水分扰动的影响。

通过模型估计的煤粉水分对磨出口温度进行定值的优化，加快负荷响应控制；采用基于状态方程的多变量预测控制算法，在多个工作点对制粉系统模型进行线性化并设计相应的预测控制器。通过磨出口煤粉流量智能前馈模块，使得当磨出口煤粉流量偏低时，能够迅速增加一次风流量，将稍大颗粒的煤粉吹入锅炉燃烧，实现制粉系统出力的平稳控制。



优化控制详见专题报告60-TB4159-02-A02-K01-06《全厂各系统热工自动调节系统（MCS）控制策略典型应用及优化专题》。

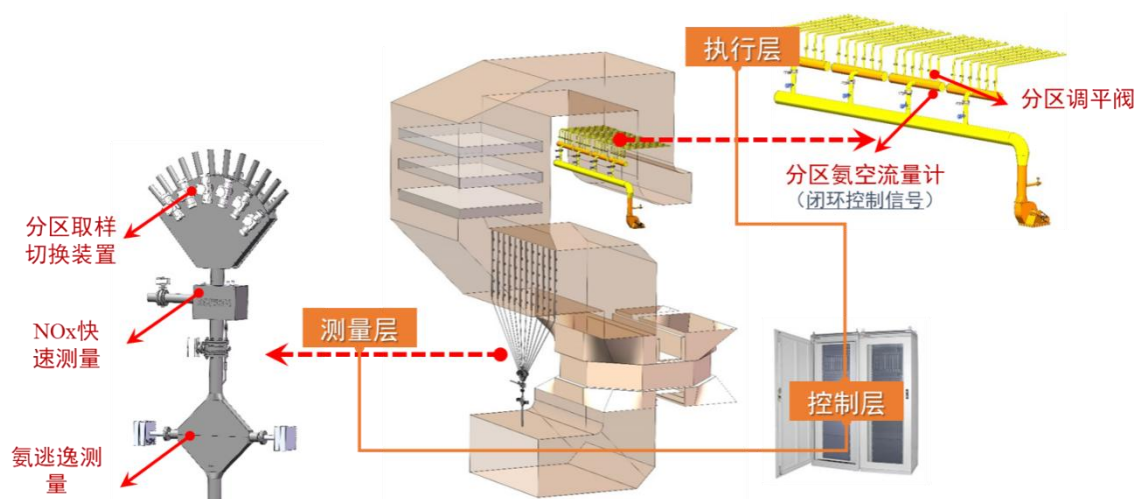
### 3.3 智能运行

#### 3.3.1 智能喷氨优化运行

智能喷氨优化运行技术以机组环保监测点的NO<sub>x</sub>浓度满足排放要求为目标，通过减小SCR出口NO<sub>x</sub>控制偏差来降低机组排放超标的概率，同时减少氨的过量喷入，降低氨逃逸率。

综合应用SCR出口NO<sub>x</sub>分区测量、SCR入口NO<sub>x</sub>测量或软测量、喷氨格栅均衡控制与总量控制、氨逃逸监测等技术，采用预测控制及智能前馈等先进算法，实现SCR出口NO<sub>x</sub>浓度优化控制；结合锅炉燃烧优化控制的结果，

在降低SCR入口NO<sub>x</sub>浓度的前提下，进一步提升SCR出口NO<sub>x</sub>浓度优化控制效果。



### 3.3.2 智能冷端优化运行

冷端优化运行包括最佳真空定值优化和冷端系统设备的运行方式优化。

最佳真空定值优化以汽机真空变化带来的机组功率增量与循环泵系统、空冷风机群或间冷系统运行方式改变带来的功耗增量之综合收益最高为目标。

直接空冷机组的运行优化通过机组实时排汽焓及排汽量、凝汽器真空在线估计、冷却空气的平均流量、空冷翅片管束的迎面风速及空冷风机的耗功，结合汽轮机末级变工况计算原理，对空冷风机耗功与汽轮机功率增量收益进行自动平衡计算，给出真空最优值，给出变频空冷风机的最优运行转速。确定循环水泵最佳运行方式，确定循环水泵运行台数，确定单、双速循环水泵的最优运行方式，给出变频循环水泵的最优运行转速，提高



机组运行经济性。。

间接空冷机组的运行优化通过机理模型计算，在线确定和监测系统的防冻边界，从而在防冻边界范围内进行最优真空经济性优化，保障机组同时兼顾安全性与经济性。

湿冷机组冷端系统设备的运行方式优化主要包括：

湿冷机组循环水泵的优化运行

在满足最佳真空定值的前提下自动给出最低功耗的定速水泵运行方式或变频水泵转速设定值

湿冷机组胶球清洗装置的优化运行

以精确模型为基础，将凝汽器端差的应达值与实际值偏差做为调节依据，自动给出最优运行方式

湿冷机组冷却塔内配水及淋水设备的优化运行

以精确模型为基础，将冷却塔出塔水温的应达值与实际值偏差做为调节依据，自动给出最优运行方式。

### 3.3.3 智能主蒸汽压力优化运行

基于主汽调阀压损和真空修正的主蒸汽压力优化控制以减小机组稳态运行时汽轮机主蒸汽调节阀的节流压损为目标，并兼顾机组正常控制调节（包括AGC控制、一次调频控制等）性能。

充分考虑高中压缸效率、高中压缸可用能、给水泵能耗等指标，通过试验方式、智能寻优方式得出全工况下机组最优主蒸汽压力，实现降低汽轮机热耗的目的；通过对汽轮机前主蒸汽压力设定值的修正，或采取其他负荷激励手段和蓄热利用措施补充调门控制余量，减小汽轮机进汽节流损失，达到提升机组效率的目的。

在各个纯凝负荷工况下，通过改变主汽压力以进行汽轮机性能试验，计算汽轮机热耗率进行确定最优主汽压力，并拟合不同电负荷下的最优主汽压力，获得机组经济运行的定滑压曲线。

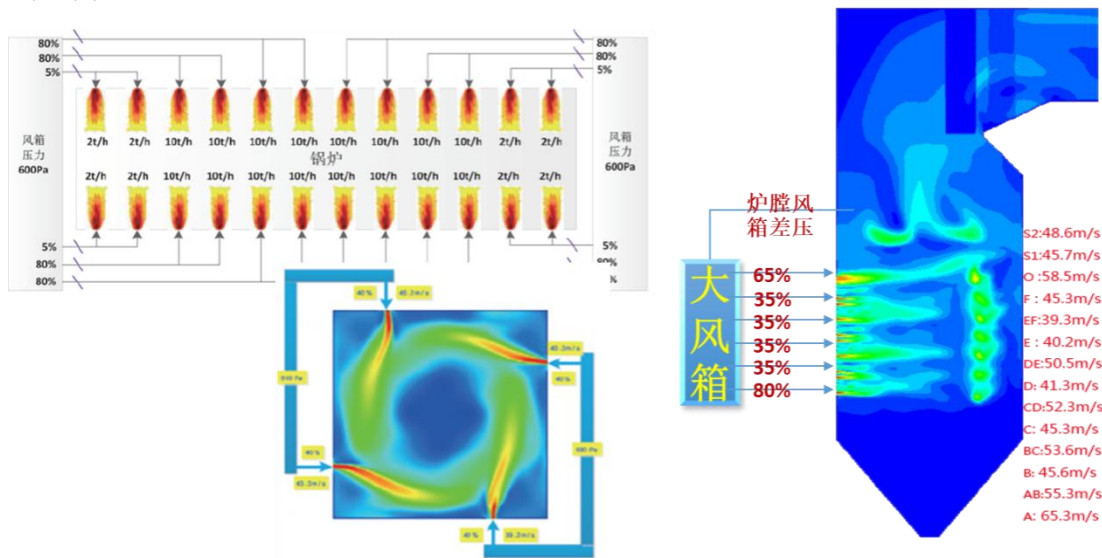
### 3.3.4 重要辅机节能优化运行

以满足介质流量出力为边界条件，以减小节流损失、降低大型辅机运行电耗为目标，同时兼顾机组调节控制性能和特殊工况下机组安全稳定控制能力，设计大型辅机变频调速（或动叶调节）与阀门（或挡板）节流调节组成的工艺系统的控制系统。在边界条件允许和受控范围内，通过全开调节阀门或挡板，依靠上游辅机速度或动叶调节来满足系统出力需求。

对于凝结水泵，通过全开除氧器上水阀门，依靠凝结水泵调节除氧器水位来满足系统必要需求，减小凝结水系统的节流损失，达到降低凝结水泵电耗目的。通过试验、机理分析和大数据挖掘等方法获取凝结水系统压力、除氧器水位调节阀、凝结水泵变频出力、凝结水流量、负荷等对象之间的关联和约束，设计以除氧器水位为目标、凝结水系统压力为约束、凝结水系统节流损失为修正的凝结水泵深度变频控制策略，实现基于边界条件约束下的凝结水泵的深度变频优化控制。

对于一次风机，通过全开磨煤机热风进口调节挡板，依靠一次风机压力控制来满足系统必要需求，减小一次风系统的节流损失，达到提升机组效率的目的。通过试验、机理分析和大数据挖掘等方法获取不同磨组组合方式下的一次风系统压力、磨煤机冷热风调节挡板、磨煤机出口温度、磨煤机出口风量/风速、负荷等对象之间的关联和约束，设计以一次风系统压力为目标、磨煤机出口风量/风速为约束、磨煤机系统节流损失为修正的一次风机深度节能控制策略，实现基于边界条件约束下的一次风机深度节能

优化控制。



3.3.5 在线性能计算与耗差分析

以实时生产数据为依据，通过对电厂设备及系统参数进行实时监测、计算与分析，全面、直观反映机组运行状况，明确给出其节能降耗潜力，使运行人员在这些结果的支持与指导下进行合理调整或者自动进行底层控制回路的闭环调整，达到提高机组效率、降低煤耗的目的。

具有机组在线性能计算及分析功能，包括全厂单元机组各主辅设备的效率等性能参数计算和经济指标分析。主要包括：锅炉、蒸汽轮机、凝汽器、回热加热器、锅炉给水泵及给水泵小汽轮机、空气预热器、过热器、再热器、泵与风机等性能计算以及锅炉、汽机和各换热器性能和经济指标计算以及厂用电计算。在线性能计算及分析应包括机组级和厂级两个层面，建立机组热力设备及系统的性能数学模型，在线实时、准确地计算、分析、评价发电厂技术经济指标和设备的性能指标，实现对机组全方位的性能在线监测。

具有耗差分析功能，在线耗差分析应通过对影响机组安全性、经济性

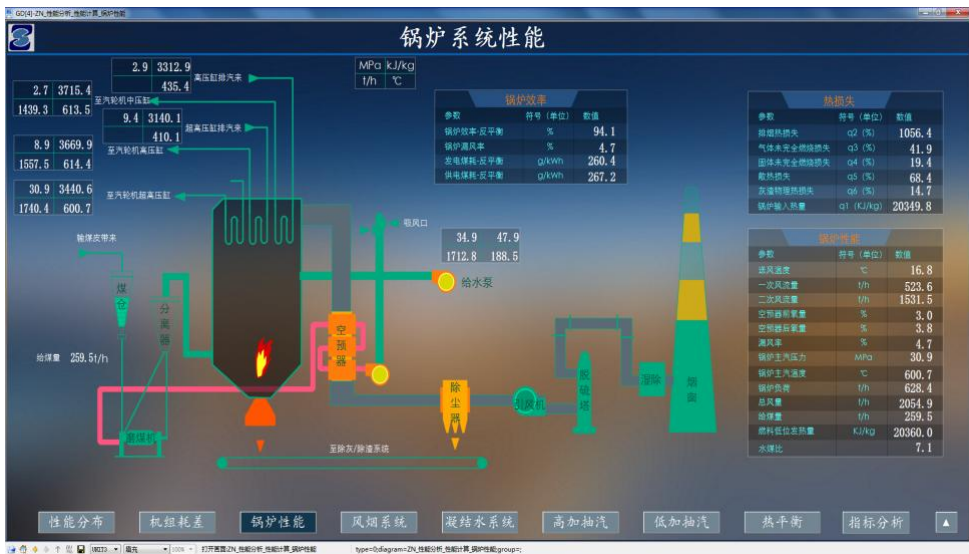
的关键性指标进行偏差在线计算，定量给出参数偏差对基准煤耗的影响，并给出消除偏差的指导建议或系统自动进行耗差消差；对能效指标的发展变化趋势进行预测，产生预测性报警；具备指标统计分析、工况分析与能效对标等完善工具：实现实时与定期小指标统计、数据归类统计、特定工况分析、能效对标统计等功能，实现全方位能效计算和监测。



### 3.3.6 性能寻优操作指导

对机组热经济性及运行参数进行基于热力学定律的计算分析，确定机组主、辅机设备及热力系统的热经济状况，应用先进算法、神经网络、大数据分析技术、性能指标在线分析技术和多目标优化技术等对当前的运行参数、运行方式进行计算，定量给出其对经济性的影响，并给出基于机理建模计算的最优标杆值；按照稳态或准稳态工况判定方法提取历史数据库中有效运行数据，根据机组负荷、环境温度等不可控条件进行工况划分，按优化目标筛选出最优运行状态，建立各工况下的关键参数的历史标杆值数据库。

基于最优标杆值数据库，建立机组运行操作在线指导系统，将最优运行标杆值有效应用到生产实际，实时指导生产一线的运行操作行为，实现标准化最优操作。在指导值稳定可靠的条件下可将其与过程控制回路实现自动化闭环，实现机组自趋优运行。并可结合操作在线指导，建立基于精益管理思维的绩效考评体系。



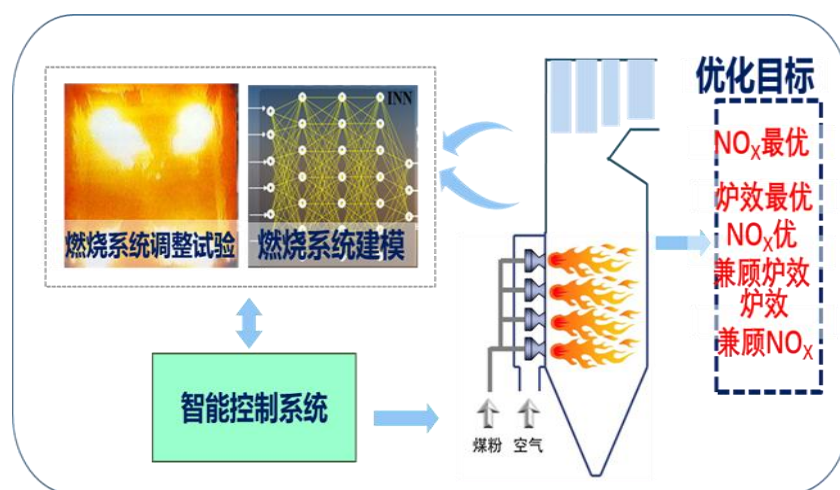
3.3.7 锅炉燃烧优化运行

以锅炉安全稳定运行、排放要求满足标准前提下锅炉效率最优为目标，根据环境温度、配煤方式、负荷划分出所有不同的工况，在各个工况下通过机理建模、试验方法、历史数据工况寻优等方法优化调整SOFA风、辅助二次风、一次风压、风箱差压、磨组运行方式、配煤比例、磨入口一次风量等参数，实现出口NOX、排烟温度、炉膛出口烟气温度偏差、飞灰含碳量控制在安全稳定运行条件下的最经济参数，满足机组节能减排需求。

采用神经网络、支持向量机等智能算法，建立锅炉燃烧模型，实现重要参数监视；采用基于现代光学、计算机技术、CT重建技术、优化计算技



术和神经网络人工智能技术等技术的图像处理燃烧监控系统进行炉膛温度场的三维重建。采用炉膛温度分布作为检测量进行炉膛燃烧状况的控制，解决目前燃烧控制系统中固有的纯延迟、大滞后、分布参数的难点，提高燃烧效率、降低污染物的生成；采用基于三维温度场可视化的控制策略，通过优化调整炉内风煤配比，解决燃烧过程中的火焰中心偏斜、气流冲刷墙面，炉膛出口两侧烟温偏差大等导致水冷壁磨损爆管和对流受热面局部过热及高温蒸汽爆管的安全隐患，提高锅炉的安全运行能力。利用炉内三维燃烧温度分布关联单个燃烧器燃料量和风量分配通烟气中的NO<sub>x</sub>排放量，通过控制炉膛三维燃烧温度分布达到优化控制NO<sub>x</sub>排放；应用遗传算法、粒子群算法等多目标优化算法，给出锅炉最优燃烧方式；采用基于历史数据工况寻优和机器学习算法实现风煤配比调整、磨煤机负荷分配、配风方式、最优标杆值闭环控制，提高锅炉燃烧效率、减少污染物排放、减少部件高温损伤。



### 3.3.8 在线仿真

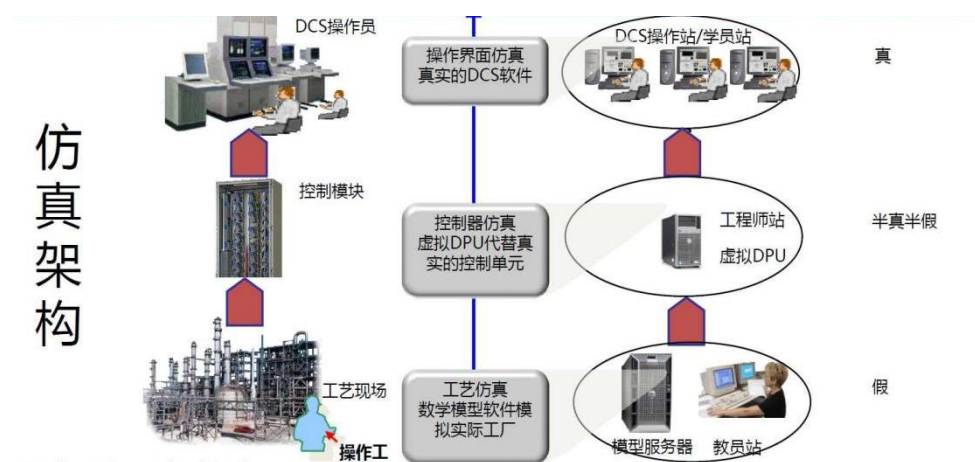
在线仿真实现仿真系统与工艺过程的有机连接和同步运行，通过控制系统与仿真系统的数据共享直接取得工艺过程的运行状态和操作指令，并实时的对当前状态进行仿真计算，包括静态在线仿真与动态在线仿真。

### 1) 静态在线仿真

构建详细完整的全厂热力学仿真模型，基于此模型实现机组的各种变工况运行仿真分析。依据仿真模型进行全厂能量、流量、热量的平衡，直观找出隐藏和潜在的参数变化，实现全厂煤耗分析、性能计算、设备状态分析、运行优化分析。可根据不同的初始条件，迅速完成大规模的热平衡计算，且具备变工况仿真功能，进行机组设备任意运行方式的高精度仿真模拟。

### 2) 动态在线仿真

在线仿真系统是与真实物理生产过程系统并行运行的虚拟镜像系统，包括虚拟生产控制系统、虚拟过程模型系统、在线仿真应用等几部分，可进行初始工况设置和事故工况重演。在线仿真系统的仿真模型与就地设备及工艺系统的各项特性保持一致，并能够根据生产运行实际数据进行模型参数的递推式修正，最大程度保证模型的精准程度。



在线仿真系统具备现有行业标准《火发电机组仿真机技术规范》DL/T 1022 要求的各项功能，可实现机组在线诊断、在线分析、性能预测、事故重演等功能。可通过在线仿真系统进行控制策略的仿真运行研究，试验并选择最佳的控制方案和控制参数，验证方案或参数安全可靠，支持各种先进控制策略的扩展，可进行控制方案的优化整定。进行模型加速计算，预测实际机组未来运行状态，指导运行人员的操作。

### 3.3.9 工艺流程三维场景

建立电厂设备全工艺流程三维场景，用户通过对菜单或热点模型的交互，在机组级、系统级和设备级的场景层级之间进行切换。不同层级下，三维模型的细节表现将会不同。此模块是三维可视化应用的主平台，分模块建设的三维可视化模块统一在此平台部署。

本模块提供一套适用于三维可视化培训需求的三维模型，相关模型应是结合设计院数字化设计移交开展的深层次的模型，包含地下管网三维模型，可用于项目三维可视化展示，利于后期三维模型深层次开发。

三维模型的内容涵盖三维设计的各个方面，包括管线、设备、钢结构、风管、电缆桥架和等级库，能简化复杂的工厂设计，快速轻松地建立智能化3D整厂模型。和流程图的数据完整对接，可以确保三维模型和设计原理一致，实现二三维校验，可以实现以三维信息化模型为核心的数字化电厂信息(三维信息化模型、工程图纸和文件等)的集成化和关联性管理。具体要求如下：

全比例三维实体建模，而且以所见即所得方式建模；

通过网络实现多专业实时协同设计、真实的现场环境，多个专业组可



以协同设计以建立一个详细的3D数字工厂模型；

交互设计过程中，实时三维碰撞检查，能自动地在元件和各专业设计之间进行碰撞检查，在整体上保证设计结果的准确性；

拥有独立的数据库结构，元件和设备信息全部可以存储在参数化的元件库和设备库中，不依赖第三方数据库；

可与通用数据库连接，可方便地将二者的图纸互相转换，输出的图形符合传统的工业标准。



### 3.4 智能监测及诊断

#### 3.4.1 可视化汽轮发电机组智能安全预控系统

##### 3.4.1.1 系统设计思想

汽轮发电机组轴系监测主要集中于振动监测保护（TSI）和信号分析故障诊断（TDM）两方面。TSI系统主要作用只是根据振幅的大小简单地确定机组的振动状态，在出现危险振动时可以发生停机信号，由于缺乏对机组状态的全面深入分析，经常发生误跳和漏跳。TDM系统主要作用只是提供各种信号分析图形，并且有越来越复杂化的趋势。由于振动信号分析涉及的领域众多，具有非常强的专业性，现场人员难以掌握，使得TDM系统的信号

分析和故障诊断功能基本上成为摆设。

该系统完全突破了传统的TDM设计思想，不再是单纯的振幅报警和时频分析图形，而是将轴系状态直观形象地呈现在屏幕上，同时将难以理解的时频分析结果直接与机组的状态联系起来，实现轴系可视化监测。并能够及时自动发现机组出现的异常现象，给出有针对性的处理意见。完成设备故障部位、故障等级、故障原因、处理建议的自动推送。

### 3.4.1.2 系统特色

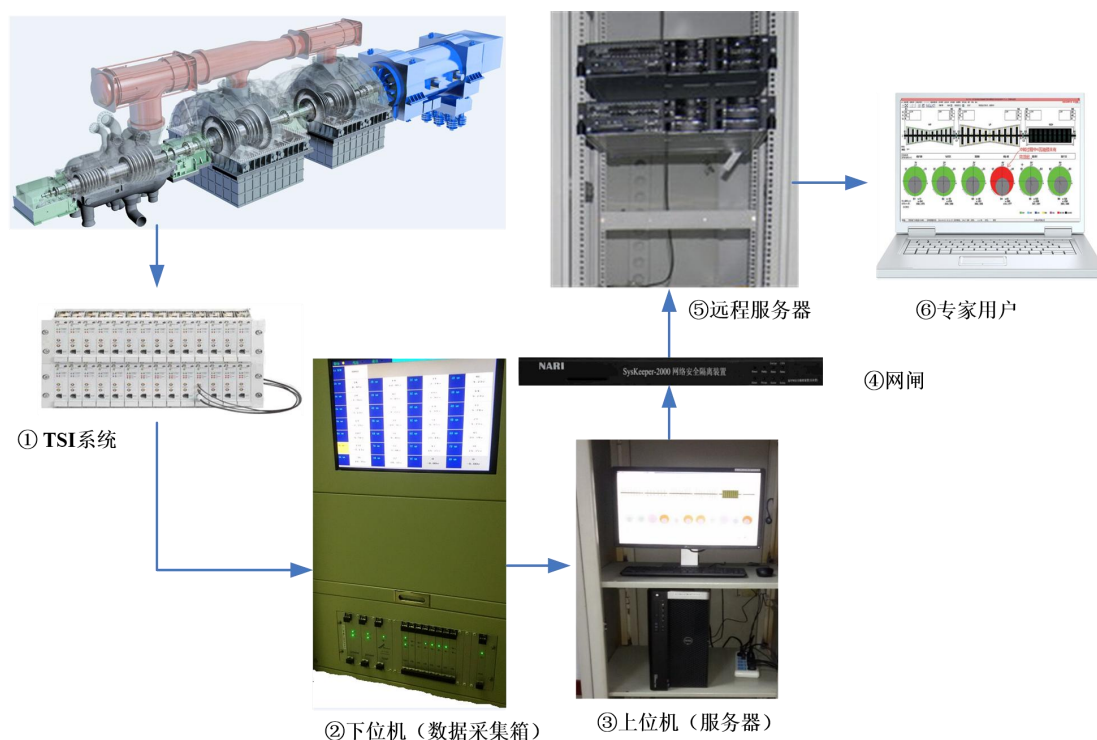
#### 3.4.1.2.1 轴系三维可视化

系统通过对机组轴系各种动静间隙的实时计算，结合三维实际效果图，能够在三维可视化界面下结合机组动静间隙实时值与机组的振动幅值，实时计算机组通流部分动静剩余间隙及转子与轴承之间剩余间隙，并与相应位置设计间隙比对，自动识别轴系的状态，以不同颜色显示轴承和轴系各间隙的动态变化。

#### 3.4.1.2.2 降低检修和停机时间

系统在科学诊断理论的指导下，根据故障机理和现场诊断经验，建立机组的故障诊断知识库。通过TSI系统参数收集，建立汽轮发电机振动故障模型，通过自动识别信号特征，依靠信号分析结果，严格区分不同类型不同性质的故障，自动计算常见振动故障的可信度，实现故障精确定位，系统能够根据不同故障，针对性的提出处理意见，自动推送出解决方案，减少不必要的检修和停机时间。

### 3.4.1.3 系统架构



### 3.4.1.4 系统主要功能

#### 3.4.1.4.1 数据采集和存储

系统的数据采集为整周期采样方式， $16\text{周期} \times 32\text{点/周期} = 512\text{点}$ ，即采样频率为转频的32倍频，每组数据包括连续的16个波形，保证了采样的整周期性，可以分析到1/16至16倍频，各个频率成分真实准确，频率分辨率和频率分析上限可以满足对汽轮发电机组频谱分析的要求。在转速小于60rpm（包括零转速）时，采用高速采样，可以采集停机时的间隙电压、轴位移和胀差的变化，间断盘车时位置的变化以及低速下偏心 and 晃动度的大小。

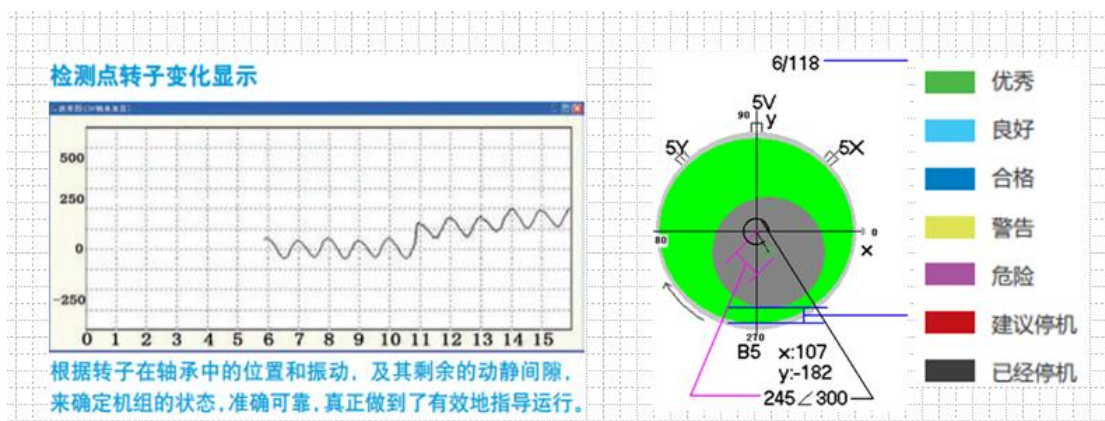
#### 3.4.1.4.2 三维可视化动态实时监测

系统可以通过对发电机组轴系各种动静间隙的实时计算，结合三维实际效果图，可视化显示轴承各间隙的变化，结合机组的振动水平，根据最小间隙与相应位置设计间隙的比值自动识态，全面反映转子顶起高度、转子在轴承中的位置、油膜厚度，并以不同颜色显示。生动形象、准确可靠地判断常见的碰磨、松动、不平衡、不对中、油膜涡动、汽流激振、部件脱落等故障，具备颜色报警功能，并自动推出故障部位。还能够剔除振幅计算时直流部分的影响，防止误报和漏报。以监视图、棒表、数据表格、曲线等方式实时显示所监测的数据和状态，能够自动识别盘车、升降速、定速、带负荷和正常运行等状态。





### 3.4.1.4.3 可视化阀序优化



机组在试运行、启动过程中, 一般采取全周进汽的单阀运行方式, 使得汽缸受热均匀, 在变负荷运行时温差影响较小, 有利于机组膨胀。但是, 单阀运行比顺序阀运行时, 机组热效率约降低3%。机组运行过程中, 因阀序设置不合理, 不仅影响机组的安全和效率。同时, 因进汽角度的不同, 引起汽流激振, 造成汽轮机组振动增加故障。因此需要在单阀控制方式和顺序阀控制方式之间进行优化切换。系统通过几十年汽轮机振动数据的分析研究经验, 总结出汽轮机轴系振动和汽机调门阀序间的内在关系。为汽轮机调节阀阀序调整优化, 提供可视化科学依据。

### 3.4.1.4.4 智能故障远程诊断

系统在科学诊断理论的指导下, 根据故障机理和现场诊断经验, 建立机组的故障诊断知识库。专家诊断数据库包含足够多的故障识别规则, 保证各种故障类型判断准确度, 并给出严重程度和维修建议。

能够分析汽轮发电机组常见的质量不平衡、部件脱落、大轴弯曲、不对中、转子碰摩、松动、电磁力不平衡、油膜振荡、汽流激振、基础振动

和共振等故障存在的充要条件，通过TSI系统参数收集，建立汽轮发电机振动故障模型，通过自动识别信号特征，依靠信号分析结果，严格区分不同类型不同性质的故障，自动计算常见振动故障的可信度，实现故障精确定位，将故障严重程度和变化趋势直接显示在屏幕上。

将高级运行员的专业知识和丰富经验、运行规程、设备设计资料等表达和固化为代码形式的逻辑故障树和专家知识图谱；根据固化的逻辑故障树和专家知识库对当前发生的故障进行故障推理，自动识别故障类型，快速定位原因，通过智慧监盘或预警，提示运行人员。针对出现的故障给出最佳处理方案，自动调整相关设备和控制回路的参数，保证设备安全运行与控制回路的稳定。根据专家诊断数据库给出分析诊断结果，及时报告机械设备的运转情况，并提供维护检修建议，协助设备管理人员，做出科学的检修计划决策。

#### 3.4.1.4.5 盘车计算

盘车时，计算各轴段的挠度、高点位置 and 变化趋势，确定是否存在轴的暂态或永久性弯曲，并且可以选择有关显示参数。

#### 3.4.1.4.6 趋势分析

系统可分析任一个或多个参量相对某个参量的变化趋势，其中横轴和纵轴可任意选定，时间段可任意设定。

#### 3.4.1.4.7 齐全的信号分析

系统具有汽轮发电机组所需要的齐全信号分析功能，包括棒图和数据表格显示；时域分析（波形、轴心轨迹、轴心位置）；频域分析（频谱、相位、瀑布图）；变速分析（实时和历史波特图、极坐标图，级联图）；实时趋势分析、历史趋势分析和相关趋势分析等。

### 3.4.2 可视化大型辅机在线监测及远程故障诊断

#### 3.4.2.1 实施目标

多数电厂在日常生产运维过程中，针对重要的大型转动设备送风机、引风机、一次风机、给水泵、凝泵、循环水泵和浆液循环泵等的状态监测，一直存在严重的局限性。传统的振动监测系统，只提供振动幅值数据，仅能判断设备是否需要跳机。由于缺乏振动频谱分析，无法准确判断设备故障，更无法做到提前预警和趋势跟踪。

电厂的送风机，引风机、一次风机由于轴承箱在整个风机罩内，传感器只能放在风机外壳上监测，监测的数据不能真实反映风机的振动和故障情况，无法对风机的运行状况做出正确的判断。浆液泵目前仅靠传统的振动和温度监控，缺少劣化趋势的监测分析和跟踪，容易出现意外跳闸引起的环保排放超标，甚至连锁主机跳闸事件。

发电设备的在线故障监测系统是一项有效的设备管理技术手段，主要应用在发电企业的关键和主要生产设备的故障监测上，采用超声波、红外、X射线探测等技术，通过采集大型转机机械设备的振动、运转等数据，实时监视大型转机的运行状态。通过连续的自动振动数据采集，预处理，自动专家分析诊断过程，完全可以对受监设备健康指标自动感知，劣化趋势及原因自动诊断，维护建议自动推送，检修策略自动形成的功能，同时可以实现设备故障部位确定、故障原因确定、故障严重等级确定、故障解决方案确定和故障消缺成本的确定，对保障发电企业设备的长周期，安全稳定运行具有重要意义。

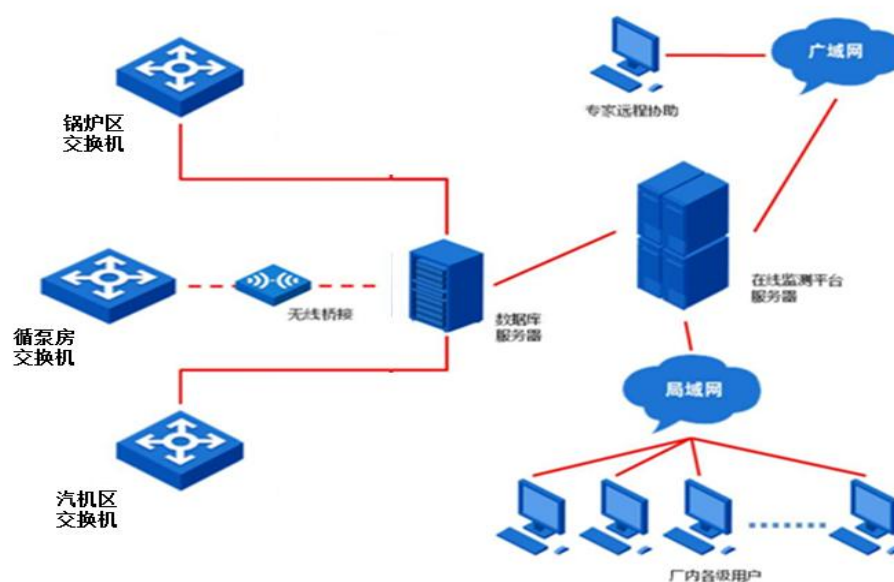
#### 3.4.2.2 实施范围

远程智能可视化监控诊断平台实施范围包括：送风机、引风机、一次

风机、凝结水泵、汽动给水泵（包括同轴前置泵）、浆液循环泵、循环水泵等重要辅机设备。

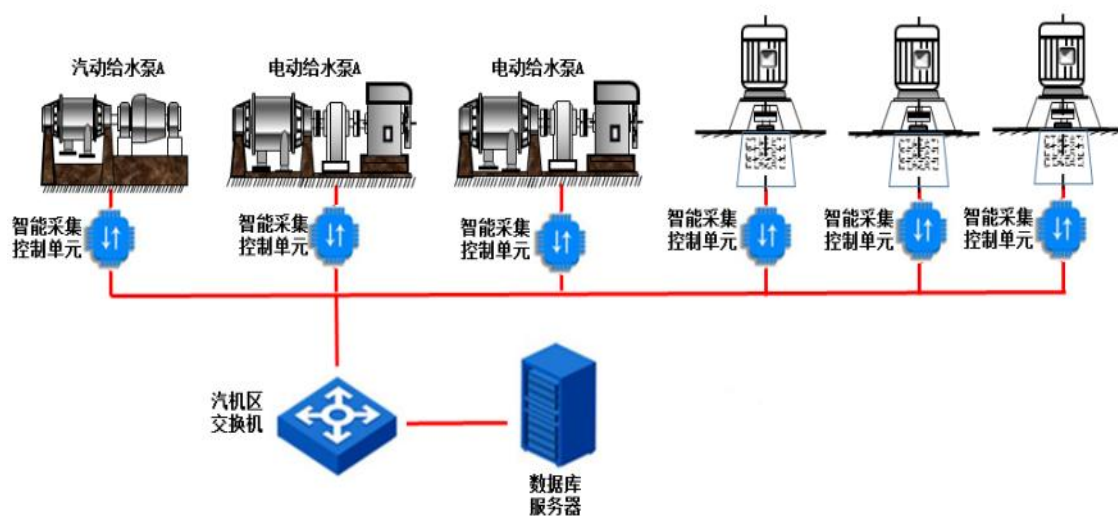
### 3.4.2.3 实施内容

设备在线监测模块（包括传感器组件、智能采集收发单元、控制箱等）、及抗干扰通讯网络等系统组件满足电厂特定生产环境。转机监测模块根据被检测设备的不同形式，能够以三维可视化的方式提供监测设备参数设置，实时数据监测。

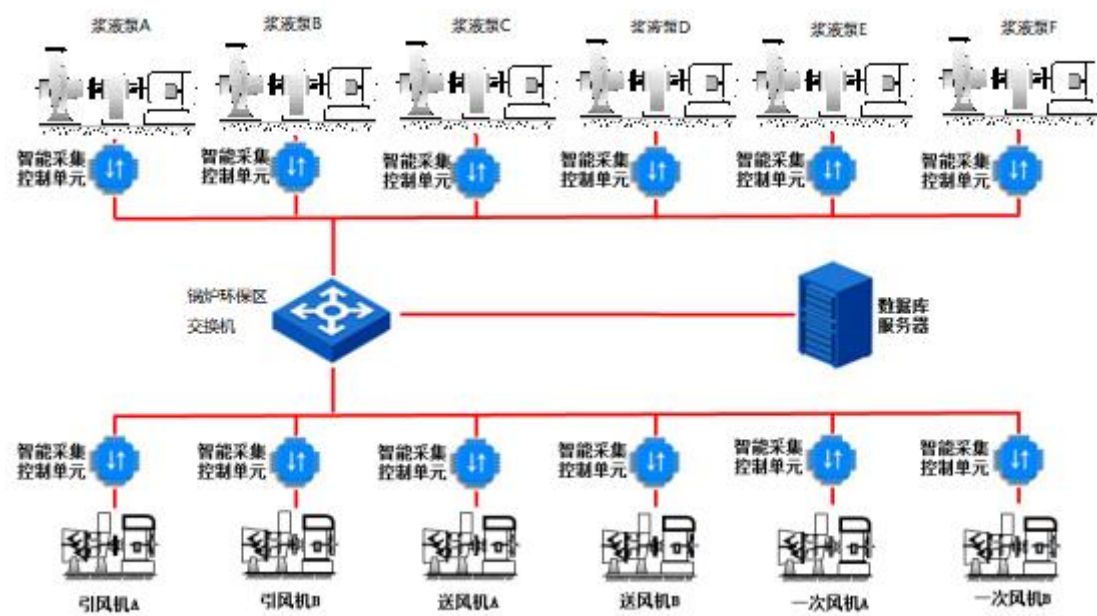


总体布置图





汽机区布置图



锅炉环保区布置图

- (1) 传感器的安装;
- (2) 传感器至智能采集控制单元线缆敷设;
- (3) 智能采集控制单元安装;

(4) 智能采集控制单元至平台服务器通讯及供电；

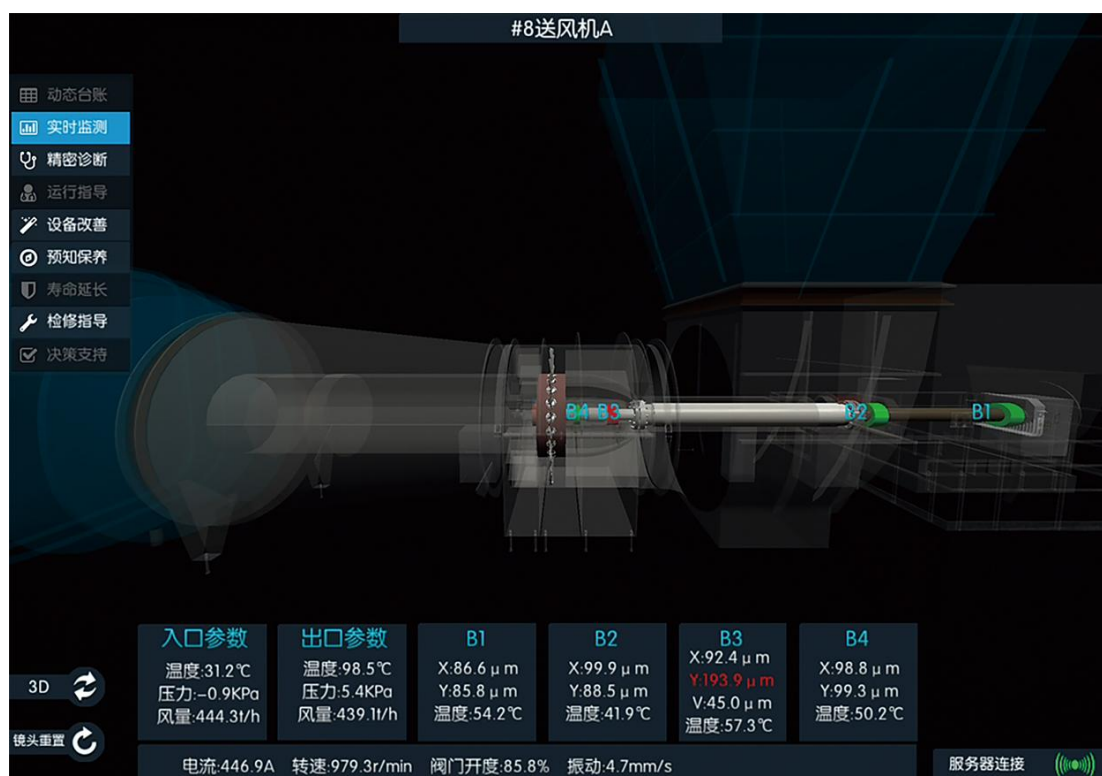
(5) 服务器安装、网络及软件系统调试；

### 3.4.2.4 系统功能

#### 3.4.2.4.1 实时在线监测

多通道同步整周期实时在线采样数据；具有完备可靠的现场信号拾取功能；系统实时显示机组的运行状态，通过机组主监测画面，能够了解机组的实际运行状态，系统能提供多种方式进行的画面组态。





### 3.4.2.4.2 故障诊断

故障诊断是通过传感器测取设备的有关信息来识别设备的状态。其主要内容包括五个方面：

✧ 设备的异常或故障都是通过设备运行过程中其状态信号的变化表现出来的，以合理、正确的方法测取设备的状态信号对故障诊断至关重要。它一般包括以下几个过程：测取信号；中间变换；数据采集。

✧ 直接从特征信号来判断设备是否有故障，通常是比较困难的。一般要对特征信号加以处理，提取有用的信息，才能判断设备是否有故障。

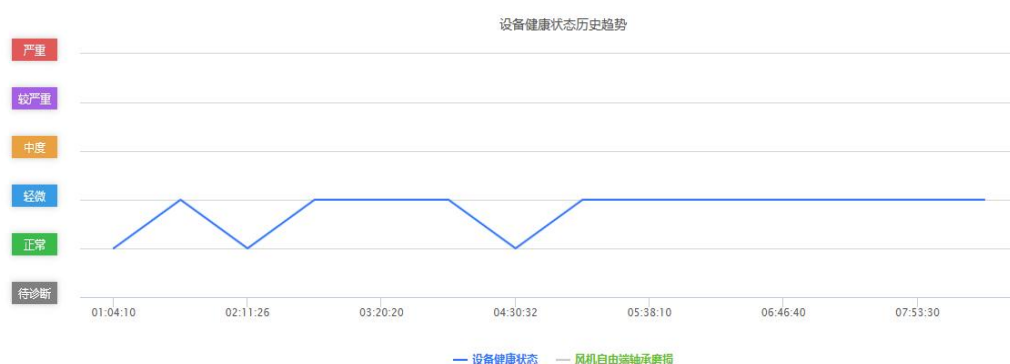
✧ 根据征兆正确地进行设备的状态诊断采用多种识别方法，对征兆加以处理，构成判别准则，进行状态的识别与分类。

✧ 根据征兆与状态正确地进行设备的状态分析，当状态存在故障时，则应采用有关方法进一步分析故障位置、类型、性质、原因与趋势等。

✧根据状态分析正确地做出决策干预设备及其工作进程，以保证设备可靠、高效地发挥其应有的功能，达到设备诊断的目的。

### 3.4.2.4.3 趋势分析

可分析任一个或多个参量相对某个参量的变化趋势，其中横轴和纵轴可任意选定，时间段可任意设定。



### 3.4.2.4.4 数据存储与分析

1) 系统采用Mongodb数据库，完成机组运行数据存储和管理；可以根据数据存储数据情况，自动进行数据库的调整。

2) 冗余热备份，保障数据存储安全；

3) 设备信息的低成本Internet接入和网络信息共享技术；

4) 操作简单方便：各种不同图谱能很方便地进行切换。

### 3.4.2.4.5 平台集成

该系统可集成与电厂DCS系统、SIS系统等相连接。

### 3.4.2.4.6 网络安全及远程维护

1) 网络安全措施

a) 系统具有不同的权限设置。不同权限人员需不同的授权密码，才能

进行相关的数据浏览、系统设置与维护；

b) 服务器安装有专业的防病毒软件，在具备网络条件的情况下，能够自动定期升级；

c) 服务器远程维护通道不对外开放，只有在电厂允许的特殊情况下，才可以通过远程访问对服务器进行维护工作。

## 2) 远程升级维护技术

提供的系统具有远程维护功能，在具备网络条件的情况下，95%以上的系统修复、软件升级等工作，都可以通过远程登录方式实现。

### 3.4.2.4.7 图谱种类

图谱		
常规图谱：8种	机组总貌图	单峰棒图
	多值棒图	波形频谱图
	趋势图	频谱瀑布图
	冲击解调频谱图	冲击解调波形图
组合图：3种	总貌图、趋势图	总貌图、频谱图
	趋势图、频谱图、波形图	
统计表记日记：7种	峰值列表	信号统计
	实时报警列表	历史报警图
	系统报警列表	维护记录列表
	系统日记	
设计管理功能8种	DUA设置	报警阈值设置
	总貌图设置	轴承库管理
	机组部件组态	用户设置
	工厂设置	切换用户



### 3.4.3 可视化地下管网

可视化地下管网系统，是以地理信息技术（GIS）和虚拟现实技术为载体的管线管控系统。它将接地装置、地下管网、阀门、弯头及其连接设备的设计制造信息、属性信息、安装调试及实时工艺参数，全部挂接在对应的三维模型上，实现对地下管网的日常维护、泄漏定位和开挖规划与演练等工作。能够有效预防管网泄漏引起的停机等事故，快速为事故发生后的处理方案提供支撑。实现对接地装置的可视化，直观化，最大限度的将不可见的接地设施可视化，使接地装置的管理适用更加直观化、规范化、科学化。

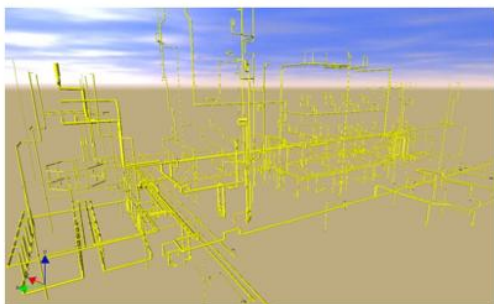
#### 3.4.3.1 地下全景三维模拟

系统采用自创的全新三维技术，可将电厂地面上的建筑、绿地、道路、周边设置以三维叠加的形式完整地展现出来，从而构建一个虚拟电厂地上地下的整体三维场景，逼真地将地下管网的细节展现出来，使得本来在平面显示下错综复杂的管线变得更加清晰明了。同时还可根据管网空间数据，实现电厂三维地下管线漫游，全面实现电厂地下管线的三维显示与管理。

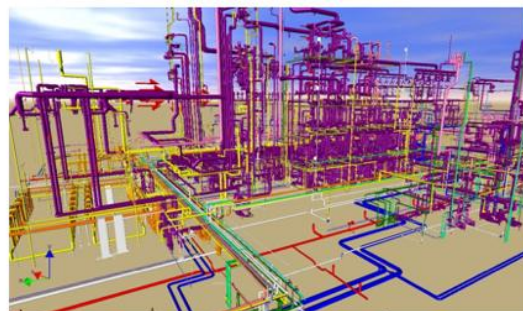


### 3.4.3.2 三维管网敷设

完成本工程所有管道系统（如：机务、水工、化学、暖通通风、消防、热控等专业的管道，也包括地上、地下的管道）的三维管网敷设，建立三维管网节点数据库，管线的端接、弯头、三通、四通、竖井出口等作为节点编辑节点名称编号，通过节点名称可以明确节点所属管线系统的位置，数据库中的节点可以在三维可视化模型中显示。



单独抽取的蒸汽管网显示



显示所有的管网

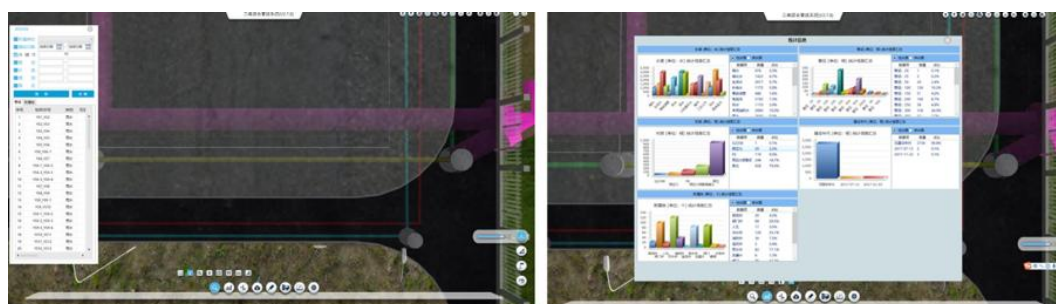
### 3.4.3.3 二三维场景切换

三维场景展示，可实现放大、缩小、移动等漫游浏览操作等。具有良好的计算机界面，能够让运维人员在三维立体空间内，浏览、巡视地下管网的走向、属性和所连接的设备，可方便查询具体管线的起点位置、终点位置、规格、材质、检修记录等信息，并对不同状态的管线以不同的颜色呈现。



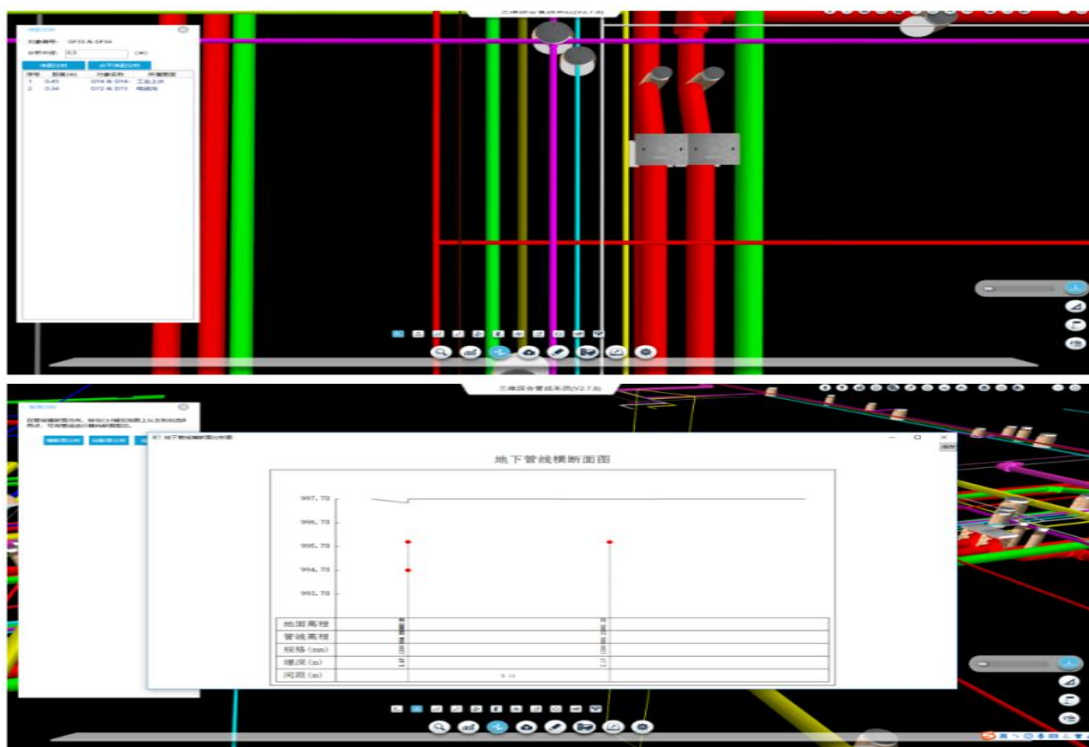
### 3.4.3.4 查询功能

用户可将查询结果输出为数据文件(xls);用户对查询结果进行分类统计,统计的结果以直方图、饼图等形式表示。所有的统计结果输出为Excel格式的数据文件。用户可将查询条件及其选项进行保存,方便下次进行快速查询;用户可将统计条件及其选项进行保存,方便下次进行快速统计。



### 3.4.3.5 管网分析





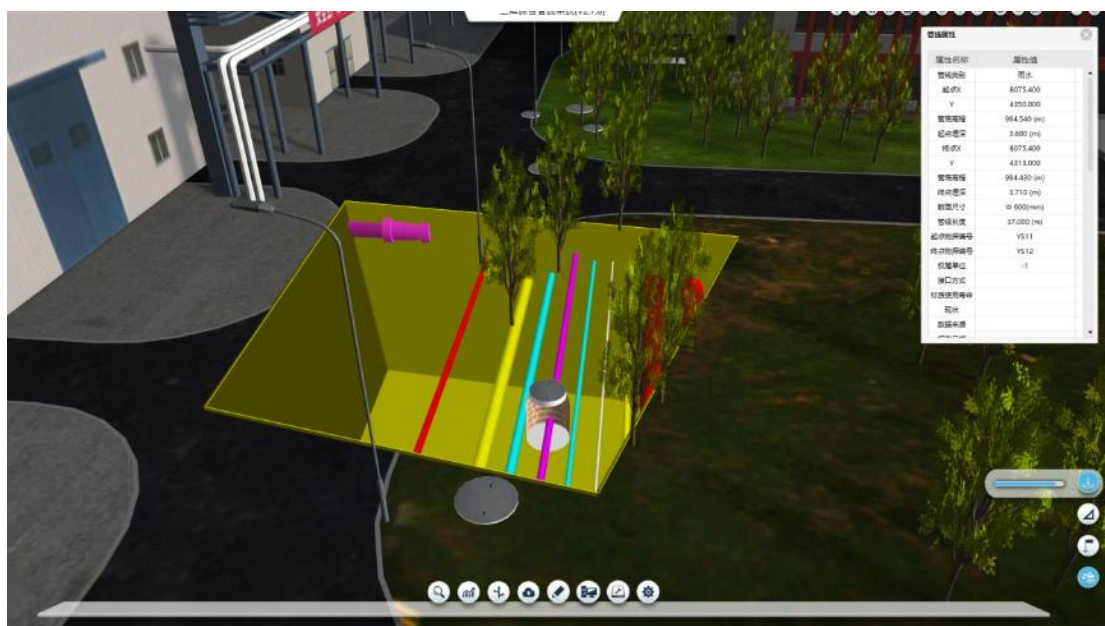
水平净距离分析:分析两管线之间的水平方向的距离是否符合管线设计规范。垂直距离分析:分析两管线之间的垂直方向的距离是否符合管线设计规范。

埋深分析:根据设置的埋深条件检查管线的埋深是否符合标准。

横断面分析:用户可以在地图上任何位置单击两点绘制一条剖面线,系统根据剖面线画出该处与剖面线相交的管线横断面图,以便于查看管线间的空间位置关系。

### 3.4.3.6 开挖分析

开启地形时,设置挖洞形状和挖土厚度,可以在地形上挖洞,展示挖洞效果及洞内管线,并计算按照设定条件挖洞的挖土里放量。



### 3.4.4 5G全方位远程诊断与支持

#### 3.4.4.1 实施目标

随着5G、大数据、云计算等新一代信息技术的快速发展，万物互联的时代加速到来。随着人工智能技术在电厂发电生产的应用，电厂已具备一系列智慧化生产功能。电厂在运行过程中将会产生海量数据，它具有极大的应用价值，通过分析电厂运行数据，可以实现对电厂运行状态的诊断、预测等功能，从而进一步保证电厂运行的可靠性、安全性、稳定性。

#### 3.4.4.2 实施内容

5G具有高速率、低延时、大带宽等特性，云计算可以使用远程服务器提供运算力，采用5G与云计算技术将电厂海量运行数据传送至远程服务器进行运算处理能够很好地解决电厂本地运算力不足的问题，提高数据处理能力。

通过5G工业网关将电厂的实时设备监测信息发送至集团总部云端服务器，便于实施远程诊断和远程指导，对电厂运行信息进行采集、处理、存

储、传输、共享，与政府、陕煤公司、设备厂家、科研院所等专业机构的大数据中心连接，实现任务远程下达、远程监督评价，设备故障远程诊断、协同处理，充分提升诊断与决策效率。基于大数据技术可充分挖掘和利用电厂运行信息数据的价值，并进行应用、评价、辅助决策。数据上传到云平台可提供安全可靠电厂数据传输，实现信息资源共享、系统互联互通，为电厂设备运行诊断提供强大技术支撑。

5G全方位远程诊断与支持系统包括智慧电厂云计算平台、电厂运行数据管理系统、远程诊断与指导系统、辅助决策系统等几个部分。使用5G工业网关连接以上系统，利用5G超高的上行速率将电厂现场监控数据实时传输到云平台，在云端服务器利用人工智能、大数据等技术实现同类型机组及厂级的各项经济指标、能耗、运行绩效、设备运行状况等指标的分析 and 对比，建立远程专家服务系统，为各电厂的设备预警和故障诊断、节能潜力评估、生产运行优化提供远程技术支持。

### 3.4.4.3 系统功能

#### 3.4.3.3.1 智慧上传

为了在云端实现远程诊断与支持，电厂运行数据通过5G网络上传至集团总部数据中心，数据遵循“全量采集、按需上传”的原则，电厂本地可以设置数据开放权限，在电厂本地全量采集所有运行数据，针对不同的诊断需求，按照需求将对应的数据上传至云端。使用5G上传数据可以保证数据采集的实时性、准确性、唯一性，同时采用加密机制以保证数据传输的可靠性、安全性、稳定性。

电厂运行数据上传至数据中心后要进行标准化、唯一化，以满足数据挖掘、数据分析的处理要求。系统具备所有数据进一步上传至上级单位的

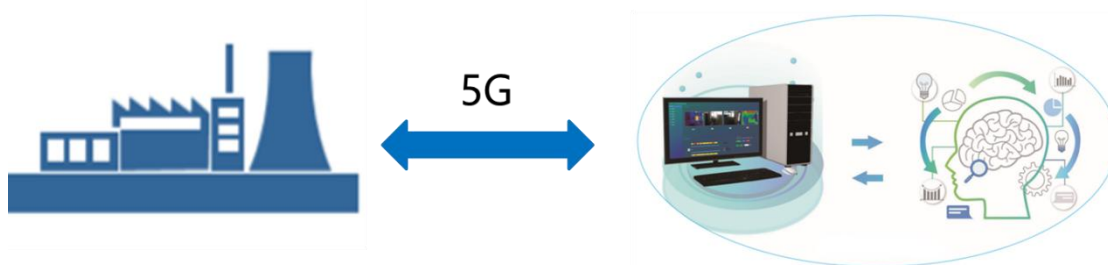
功能，预留对外的通讯接口，能够实现后续扩展功能。

### 3.4.3.3.2 专家库诊断

在云端服务器利用人工智能、大数据等技术实现同类型机组及厂级的各项经济指标、能耗、运行绩效、设备运行状况等指标的分析 and 对比，根据故障案例及专家经验建立故障诊断知识库。

专家库中包含多种典型性工况下的设备特征模型，基于此可实现对异常工作状态的快速诊断，对运行设备进行全方位的诊断管理；实现故障或劣化状态的自动推理分析和快速定位，给出具有参考价值的故障根源提示；将高级运行员的专业知识和丰富经验、运行规程、设备设计资料等表达和固化为代码形式的逻辑故障树和专家知识图谱；根据固化的逻辑故障树和专家知识库对当前发生的故障进行故障推理，自动识别故障类型，快速定位原因，通过智慧监盘或预警，提示运行人员。

远程诊断支持数据、图形同步功能，根据诊断专家库，能对设备监测数据进行远程自动诊断并提供针对性的诊断结论及详实的改善方案系统，通过远程诊断数据库或远程诊断管理模块，可以满足电厂随时随地的远程诊断需求。

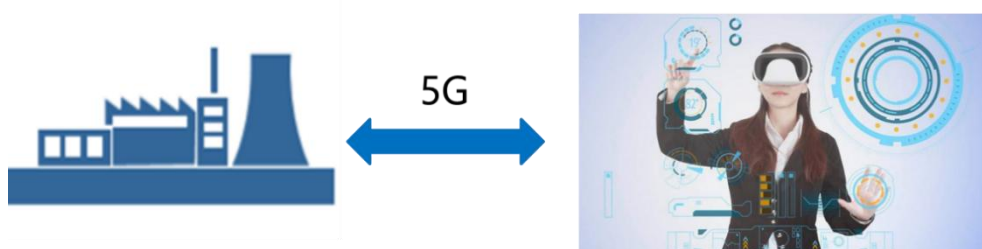


### 3.4.3.3.3 5G+VR/AR专家远程诊断

公司强大的技术专家团队可通过远程用户访问机组振动数据，远程调取长周期秒级间隔的振动历史数据，通过远程技术支持精确诊断机组故障，为机组的长周期安全运行提供专业的技术支持。

基于5G的VR技术，结合眼球跟踪渲染技术、GPU定点渲染、LED 高PPD屏幕技术，VR终端可以完全实现无线化和轻量化，由于电厂本地设备运行状况与远程专家端无线VR直连，电厂数据不能被远程复制，进一步保护了内容版权；电厂设备数据传输到云端并进行计算处理，再反馈回专家端，大大降低VR的成本。通过VR的沉浸式观看，远程专家可以详尽、直观地掌握设备的运作状态。利用基于5G的AR远程协助，后台专家可以通过语音视频通讯、AR实时标注进行远程协作，实现了现场人员和远程专家的“零距离”沟通，大大提高了工业生产、设备维修、专业培训等价值链的效率。

基于高清视频和虚拟现实技术AR、增强现实技术VR、混合现实技术MR的指导系统，实现实时5G传输高清音视频、超媒体电厂运行操作指导等功能，便于资深专家远程沉浸式指导缺陷处理，完成电厂全方位远程实时诊断与支持。



远程诊断管理支持电厂定向诊断功能，厂级、分公司和总部人员可直接通过各自的权限掌握设备状态；在远程建立强大的专家团队提供远程技术支持服务，完全有能力完成远程诊断服务，专家团队中有相应的国

际振动分析师资质或国家振动分析师职业资格，专家团队包括设备维修或改善、电气设备诊断和维修、大型转机工程等专家或专业人员。

### 3.5 智慧监盘

#### 3.5.1 概述

智慧监盘属于智慧电厂中的智慧运行范畴。智慧运行是利用大数据、人工智能与机器人等先进技术，实现电力生产全过程的运行智慧化，使发电机组能自适应工况（煤质、网调负荷、环境温度、设备状况等）变化，实现安全、环保、节能、灵活运行，智能指导现场监盘人员更好、更优的调整机组运行，降低运行人员工作强度，提高工作效率，降低误操作风险。

智慧监盘以广泛梳理火电机组运行监盘工作经验为基础，重点关注监盘工作的普遍痛点和盲点，智能辅助运行监盘人员全面掌握机组、系统、设备运行情况，主要实现机组多维指标智慧监盘、简洁高效的智慧报警、试验与设备轮换等定期工作实时提醒、系统及设备异常标准化识别与处理指导。指导并智能监护监盘人员正确、安全的完成各项运行操作内容，提高集控运行工作效率、降低运行人员工作量。

功能特点如下：

##### （1）主动监盘

- 安全、经济、自动等需人工响应的多维指标主动监测报警
- 参数幅值、规律特性、异常状态、大数据分析综合监盘
- 通过参数规则化报警和异常智能判断，代替人翻看画面与运行抄盘巡检。

##### （2）智慧报警

- 报警分类、分级、分系统的声光报警



- 有效减少无效报警，实现滋扰报警抑制

### (3) 故障识别

- 设备与系统异常的标准化识别
- 基于大数据的异常风险预警
- 代替人实现大部分故障和风险的360°、24h主动监视与智能识别

### (4) 操作指导

- 吹灰、定期试验、辅机设备定期轮换等定期工作主动提醒
- 基于大数据的参数调整优化指导
- 设备与系统启停、试验、异常处置的规范化操作指导
- 在操作指导过程中主动弹出关联参数的智能监护曲线和目标范围实现

现操作指导的智能监护



### 3.5.2 智慧监盘架构

由于智慧监盘需要基于实时可靠的数据分析与人机交互应用，智慧监盘采用控制安全区的数据平台为支撑，向上可与智慧电厂大数据平台进行

单向隔离输出，向下关联基于DCS系统的自动巡航、APS、ABS应用和基于分布式智能控制器的优化控制模块，为运行监盘人员提供智慧化交互接口，利用专家经验与大数据分析技术，辅助提高监盘效率和质量。

### 3.5.3 多维指标主动监盘（智慧驾驶舱）

针对运行人员翻阅画面查看参数和参数巡检记录的工作，实现机组、系统、设备的安全、经济、自动等多维指标的主动监盘。主动监盘功能以服务运行的工作为核心目标，尽量减少不必要的提示和提醒，指标量化以运行人员能够响应或能够操作干预为目标范围，不增加无意义的数据加工信息，不进行sis数据处理的重复功能，对于没有手段或不需运行人员手动响应的部分仅做提示记录，不做报警提醒。

主动监盘功能分参数幅值、规律特性、异常状态、大数据分析四个层次做参数和设备的主动监盘：

**参数幅值：**对各设备、系统和机组参数进行基础的幅值监测，重点关注保护连锁定值等信息，对于关键参数超限数据主动提示三区中等多数据源情况和所涉及的连锁保护动作内容、点KKS码等需要人员查询的相关信息；

**规律特性：**人工监盘时，除基础限幅外，对一些如汽温、水位、真空等参数还希望能对升降负荷速率进行监测，对其它参数还有各种如振荡幅度频率、两侧偏差、风机喘振工况点、蒸汽饱和温差等需要加工或计算的规律性特性进行监测。主动监盘功能将提供各种常见的参数规律特性的监测或自定义公式输入监测的规则，从而实现参数规律特性判断知识的逻辑化；

**异常状态：**主动识别各种运行工况条件，对容易出现异常的阀门、泵



等设备的异常启停、开关、联锁等状态进行异常状态的检查和判断；

大数据分析：以运行人员参数巡检记录内容为核心，通过实时大数据分析，掌握各系统重点参数是否超出对应工况下的常见范围，从而对主要参数的合理性进行在线监测，及时发现潜在系统级异常和风险。

### 3.5.4 智慧报警

电厂监控系统随着接入系统增加，报警信息量大，存在大量过程无效报警，报警缺乏关联分析，无法提前预警，导致值班人员监盘任务繁重，无法抓住最重要的事件，遗漏报警的风险较高，直接影响集控设备的安全运行。

智慧报警以运行人员更加方便、快速、一目了然、少动手为目标，从DCS内部报警系统着手，对DCS系统报警进行优化（分级、分类、分系统、显示优化、减少冗余报警、抑制无效和错误报警等）。

在此基础上，综合利用大数据分析 with 工艺系统物理机理相结合的手段，辅助数据滤波等数据清洗方法，实现无效或滋扰报警的抑制。

最后通过声光等手段对报警展示进行优化，主动弹出，自动排序，借鉴汽车仪表盘的报警，利用简单的图标、颜色等让运行人员快速区分报警级别、专业，并能展开所需系统、相关测点、是否带连锁保护等关联信息。

#### 故障主动识别

运行监盘的重要职责除了监测系统与设备参数变化外，更重要的是需要根据参数的异常变化和报警信息，快速判断设备与系统的异常与故障，为异常的处理提供关键基础。

一方面系统通过建立的设备与系统异常的标准化识别知识库，对报警信号通过工艺系统物理机理进行测点故障判断，确认真实发生异常后，利用知识决策树，逐一对相关系统进行自动诊断，并提供诊断决策过程图示，

展示参数判定条件和原则，给出判定的故障或无法判定的故障发生可能，提示就地查看或人工检查诊断。

另一方面，采用大数据趋势预测技术，对关键数据建立趋势判定池，基于大数据反映的类似工况下的统计学特征空间，掌握系统参数的不可逆微小趋势变化，从而在尽可能早地在发生严重的故障之前发现潜在风险。

这样，故障识别模块采用经验知识化与实时大数据驱动的结合，代替人实现大部分故障和风险的360°、24h主动监视与智能识别。

### 3.5.5 操作指导

操作指导包括四个部分的内容

#### （1）定期工作提醒

为了确保机组设备安全、可靠、经济、节能、环保运行，进一步提高热控设备的运行可靠性，需要机组运行及检修人员做大量定期试验、定期检查与维护、定期轮换等定期工作。机组智慧监盘系统的定期工作自动提醒功能可根据电厂的制定的运行规程、检修规程等相关文件，依据机组的运行状况优化各项定期工作的执行时间并自动提醒运行人员处理各项定期工作，避免延误或疏漏。

#### （2）数据驱动的参数调整优化指导

针对目标机组，梳理运行人员需要手动设置和调整的定值与偏置，并通过大数据建立这些调整参数与类似工况下的机组安全、环保、灵活、经济等参数和指标的影响规律，从而对参数给定值的调整和偏置的设置给予规律性的提示。

其特点是不仅仅是提示一个目标值，而是期望让运行人员全面掌握该被调整参数对所涉及的各种指标参数的影响规律、历史统计的常见调节范

围、从而系统评估所需调整目标设置的安全、环保、灵活、经济等指标，从而为人工决策提供最强大的支撑。

该模块还可选配人工互动功能，通过单击任意指标，可更新左侧的分布规律回归曲线，例如，可掌握类似工况下不同氧量给定对应的炉膛出口 NO<sub>x</sub>浓度的统计学变化规律，并在最下方展示当前控制目标下该指标的实时曲线和虚拟的按优化目标操作的参数估计曲线。人工互动功能还支持手动调整优化目标值，展示所关心的参数变化与实际曲线的偏差。

### （3）规范化操作指导

根据机组运行规程，主动提示设备与系统启停、试验、异常处置的规范化操作步骤和注意事项的指导。

### （4）操作指导的智能监护

智慧监盘还有一个重要的特点就是在操作指导过程中，主动展示所需关注的各参数实时曲线、多次参数相对曲线偏差及其所期望的调整范围，对其中重要的带保护参数进行重点预警。

## 4. 智慧管理（ISS）应用

### 4.1 智慧管理平台

集群管理：平台提供集群高可用管理，扩缩容管理。

存储资源管理：存储资源管理向PaaS平台中运行的容器提供逻辑卷资源。存储管理需要支持使用容器挂载来自存储节点共享式存储卷方式，支持Flannel网络、Calico网络、Canal网络的容器网络管理。

应用/服务软件部署与管理：PaaS平台能够提取应用微服务编排、微服务运行参数信息、动态运行策略信息，遵照应用部署规则，部署应用及各微服务部分，并按照运行策略运行、管理应用/微服务容器实例。

统一日志管理：PaaS平台应提供租户集群下的应用日志统一收集、容器运行日志、日志可视化查询展示、关键字搜索等日志工具。

运行监控与告警服务：PaaS平台应提供租户集群下的资源池监控、应用监控、容器运行监控等监控方式，并提供各类监控数据可视化展示，以及告警管理功能。

应用和容器监控：PaaS平台提供RESTful API，支持通过平台门户的调用，向门户返回应用监控数据，监控数据包括应用运行情况(资源占用、健康情况)等。

通用中间件与数据库服务：提供通用中间件与数据库服务。

工业信息模型库及管理：要求系统能够灵活组态、建模，要能通过组态实现业务、流程、数据的配置，易维护、可调整，包括数据模型可组态、业务规则可组态、流程可组态、程序界面可组态、生产实时监视画面可组态、实时数据规则可建模等等

工业时序数据服务：提供专门针对工业资产的大量时间序列数据的时序数据服务，包括历史库及服务、实时库及服务。工业时序数据服务不仅能够实现高吞吐的写入、压缩存储、高性能的读取，支持对时序数据的各类聚合计算。

工业事件库服务：提供工业事件库服务，支持对采集上报的工业事件、报警进行存储，提供历史事件查询、实时事件查询和报警状态查询服务。

对象存储服务：分布式对象存储服务适合于存储大容量非结构化的数据，例如图片、视频、日志文件、备份数据和容器/虚拟机镜像。对象存储服务要求支持容器云数据、容器持久卷的备份和恢复。

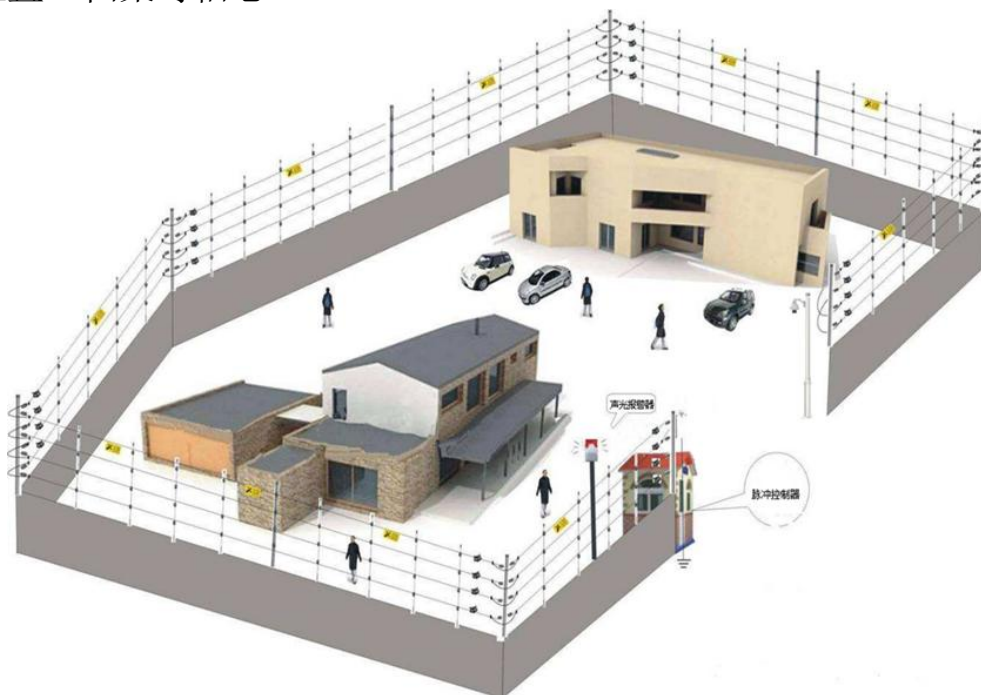
## 4.2 智慧安全

### 4.2.1 电子围栏

具有围墙电子围栏防护，提供对非法入侵和异常事件进行报警的功能；可进行远程管理和控制，同时支持网络与智能安全应用集成平台进行连接，实现多级控制；支持报警设备和控制键盘的方式进行分控，提供键盘远程撤防，布防，电压调节，系统工作状态查看，报警设置，电子地图联动，视频联动等功能。

特定区域电子围栏。检修改造期间，起吊区域、孔洞区域等事故多发点可利用电子围栏功能，可对危险区域进行快速设置、区隔，同时对接近或进入危险区域的人员发出本地提示和远程提示。

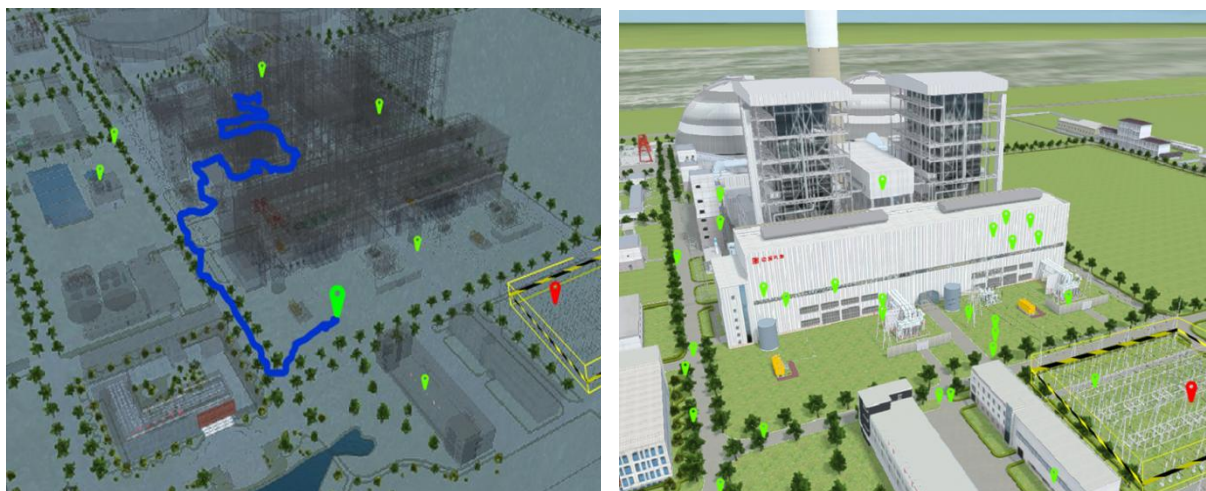
借助电子围栏和声光报警装置，在数字地图中设置重点危险作业区域，对工作人员和移动设备进行授权，当非授权人员或移动设备靠近危险作业区域时，现场及监控中心双向报警，监控中心推送现场联动的视频、涉事人员位置、档案等信息。



#### 4.2.2 人员及移动设备定位

结合三维虚拟平台展现现场作业人员的位置和运动轨迹，并对其进行监控和分析；具备电子围栏与告警功能：根据生产现场情况划定电子围栏范围和规则；基于时间和空间要素，对相应的工作人员进行授权，同时对非授权人员的闯入进行报警和监控；支持与工作票系统及检修工程管理模块集成：工作票开票或工程创建时，自动激活并指定工作区域，当人员坐标不在指定的区域范围内时自动告警；具备危险源、危险区域提醒、告警功能；具备即时通讯功能：支持以短信或者即时消息等方式发送告警、提醒信息，支持双向沟通。

人员定位系统能接受来自全厂卫星时钟同步系统的时钟同步信号，并能实现各个操作站以及服务器的时钟同步，保证全厂时间的唯一性。人员定位技术采取超宽带技术（UWB）及其它现行主流定位技术，具有较高的识别精度，达到50cm。通过在生产现场的危险区域、大型设备安装基站，检测人员与危险区域或大型设备的实时高精度距离，当人员的位置超过所设置的安全距离后，系统进行报警，避免人员安全事故的发生；通过通讯接口实现与现场视频监控系统联动，自动触发发生距离定位报警的位置附近摄像头进行聚焦摄像，实现及时监控现场实际情况，并完成现场情况的摄像录制。



人员异常状态监控及主动报警。基于定位标签可实时记录、分析人员的移动轨迹，定位标签超速移动、快速跌落或长时间静止等异常情况，监控系统后台可触发报警，也可由人员主动触发定位标签报警按钮，实现远程报警。

发生局部、轻度灾害或事故，UWB基站与定位管理系统未受影响的情况，可在定位管理系统中快速定位人员标签的实时位置，实施快速救援；重度灾害或事故，UWB基站与定位管理系统均失效的情况，可通过部署应急基站与定位管理系统的方式，重新定位人员标签位。

采用“可视化系统”、“定位系统”、“电子围栏”、“门禁系统”等先进技术，具备作业全过程实时监控功能，实现作业各类违章即时预警。

人员现场作业期间，应用智能穿戴设备实时监控人员的作业是否规范，对违章行为及时发现，对危险源、防范措施进行提示；并同时与监控中心联动提出预警告警、甚至闭锁，防止人身受到伤害。

对于特定风险区域或高风险作业，应用机器人替代人工作业，规避人身风险，例如使用机器人代替人工对输煤车间等区域进行巡检。

#### 4.2.3 智慧三票



基于5G网络全覆盖、标准票数据库、全厂三维可视化系统、完善的逻辑闭锁安全防护等前提，可实现各种措施执行自动化，人员办票信息化、措施确认可视化、人员监护智能化，有效防止安全措施的误提、误实施、漏操作、误操作，实现三票的本质安全管控。

可实现对开票、签发、接收、措施执行、审批、打印、许可开工、终结等流程的全过程管控，支持移动设备办票，可实现自动办票、综合查询、统计汇总等综合管理功能。

可基于三大风险数据库样本，实现自动关联作业风险预控票，并根据作业风险等级和到位管理制度要求，自动推送相关人员。

可基于时间和空间要素，基于虚拟电子围栏技术与全厂三维可视化系统对相应的工作人员进行授权，同时对非授权人员的闯入进行报警和监控，防止非授权人员误入设备间造成误操作。

工作票许可和终结环节，可与DCS系统实现联动，通过设置安措执行实现相关设备运行参数的校验

具备操作逻辑判断功能，生成的操作任务必须经过逻辑判断，若不符合五防逻辑，应自动弹出相应提示；支持与的五防系统进行通信（需提供接口），保证操作票系统在开票前状态与五防系统上的状态一致，并可实时获取设备状态与闭锁监控系统。

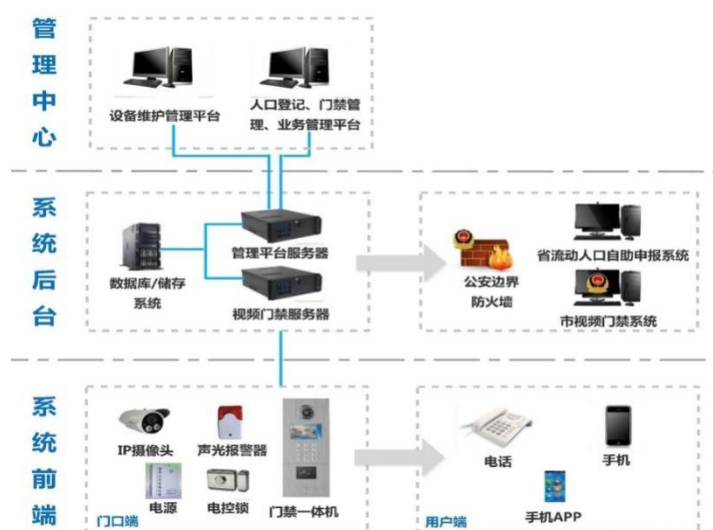




#### 4.2.4 智慧门禁

在生产区域和生产区域之间部署门禁系统，在生产区域中封闭区域和非封闭区域之间部署门禁系统，在封闭区域中重点区域和其他封闭区域之间部署门禁系统。

具有通道进出权限的管理、时段控制、实时监控、远程授权、出入记录查询、反潜回、周界防护、消防报警监控联动、网络设置、逻辑开门、紧急逃生等功能；具备与智能安防系统、工作票系统的数据对接能力。初次进厂的基本培训、授权；对出入生产现场人员授权；对进入重点部位和危险点区域的生产管理人员授权；对具有单独巡视升压站和高压区域资格的授权人；通过工作票许可与终结自动授权工作负责人进入所选工作场所。



#### 4.2.5 智慧5G安防视频监控

超高清视频是继视频数字化、高清化之后的新一轮重大技术革新，将带动视频采集、制作、传输、呈现、应用等产业链各环节发生深刻变革。高清视频被认为是5G时代应用最早的核心场景之一，加快发展超高清视频产业，对满足人民日益增长的美好生活需要、驱动以视频为核心的行业智

能化转型、促进我国信息产业和文化产业整体实力提升等具有重大意义。

随着技术发展，超高清视频已不局限于监视、录像、回放等传统功能，开始向字符识别、人脸识别、行为分析、物体识别等智能化方向发展，对视频流的清晰度以及流畅度提出了更高的要求，而5G网络的承载力成为解决这些需求的有效手段。在工业环境下，高清视频的主要应用在于智慧园区的安防、人员管理等场景，通过5G高速率的特性，将采集的监测视频/图像实时回传，实现视频、图片、语音、数据的双向实时传输，同时结合5G MEC统一监控平台，实现人员违规、厂区的环境风险监控的实时分析和报警，大大提高作业安全规范性。

电厂全厂智慧视频监控及安防系统采用基于5G的网络视频监视系统，即前端采用网络高清摄像机，摄像机输出的数字高清信号，通过5G网络传输至后台监控系统。

5G智慧安防视频监控系统包含系统配置、实时监控、电子地图、录像管理、报警管理、工具集等功能模块，采用人工智能、模式识别、概率论和图像处理技术，借助计算机强大的数据处理能力来分析超高清监控视频数据，过滤掉图像中的无用信息或干扰信息、抽取视频源中的关键信息、判断有无异常情况，并以最快、最佳的方式进行处理。

将智能监控视频数据实时通过5G移动互联网发送至后台监控系统。5G网络相比上一代网络具有大带宽、低延时、广连接的优势，大带宽保证了视频和图片极其清晰，最高可达8K分辨率，同时延时控制在毫秒级，有效保证了监控视频的实时性与流畅性，大大提高了用户体验。同时，采用5G实现全厂安防监控，可以节省传统的全厂视频监控网络的通讯网络电缆。5G智慧安防视频监控系统能有效进行事前预警、事中处理、事后及时取证。

## 4.3 智慧巡检

### 4.3.1 智慧巡检系统

智慧巡检系统由数据库服务器、巡检管理系统、无线通信网络和移动智能终端设备组成。

巡检管理系统部署在高性能的数据库服务器上，包括机器人巡检管理系统与无人机巡检管理系统两部分，用于为巡检任务管理、巡检结果分析等提供运算平台。巡检管理系统部署于运维站控制室，通过无线专网远程监控各厂站巡检机器人与无人机的状态及巡检信息，供运维人员完成巡检任务编排派发、厂站巡检信息查看、图像视频浏览、数据分析报表与智能巡检设备管理等功能。

智慧巡检系统需要配置无线通信网络，实时将智能巡检设备的巡检数据发送至后台巡检管理系统。在巡检区域覆盖专用无线网络，实现巡检设备的无缝漫游，保证巡检数据可靠、快速地传至后台。本方案中智能巡检设备通过5G网络实现无线通信。

移动智能终端设备即智能巡检设备，为了实现巡检的智能化、无人化，本项目采用智能轮式机器人、轨道式机器人以及无人机代替人员完成巡检任务。

### 4.3.2 智慧5G机器人巡检

智能巡检机器人是一个集成了多种传感器的智能机器人。它整合了图像识别、非接触检测、多传感器融合、导航定位、模式识别、人工智能等技术，可以进行红外测温、表计识别、振动测量、声音识别等功能监测，并将识别结果上传到数据中心，保证了数据的准确性和及时性，同时也可以适应更复杂的工作环境。

在全厂5G覆盖的前提下，通过事先定义的巡检路线并在巡检路线上布设相关的数据采集点，使巡检机器人实现定时自动巡检，通过内设的摄像头、传感器，实现巡检点数据的自动拍照、数据采集，进一步通过5G上传至后台管理系统。

基于5G的机器人巡检可以将机器人采集的超高清数据高速传送至后台系统进行运算处理，后台系统可以将通过人工智能、模式识别等算法识别的巡检结果进一步传送至机器人，实现巡检过程中机器人的实时报警，保证了机器人能够对特殊情况进行快速响应。

### 4.3.3 智慧5G无人机巡检

无人机作为高新科技发展的产物，目前在我们周边的应用已经越来越广泛。从应用领域来说，无人机可分为消费级无人机和工业级无人机，相对于已经较为成熟的消费级无人机，工业级无人机的应用还处在不断探索的阶段。目前，工业级无人机被广泛的应用在智慧物流、智慧园区、设备巡检等领域。无人机是集飞行控制、智能检测、多传感器融合、自主定位、路径规划等技术的多旋翼小型飞机，可以很好地完成高空巡检任务。

在电厂中，为了确保厂区每一个角落都能得到合理的监控，需要大量的摄像头设备进行固定视角的管控，对于摄像头的盲区，需要安排安保人

员定期巡检。这种传统方式往往存在固定视角监控不到位、安保人员人工费用成本高以及昼夜交替等原因带来的管理问题。还存在一些人员难以巡检的区域，例如水源管线、烟塔顶部、厂房顶部等。



通过5G无人机平台，可以实现厂区范围内规范化、常态化的空中巡检。采用 5G 的无人机巡检有两个优势：一是 5G 的上行速率可达 200Mbps，可以支持 4K、8K 甚至全景的视频回传；二是 5G 毫秒级的低时延高可靠特性可以有效地保障无人机的精确控制和精准定位。利用 5G 的高速率、高可靠低时延无线网络，可以将搭载在无人机上的摄像头视频（可见光高清、红外等）实时传送到厂区综合控制中心。通过对视频图像进行基于人工智能的物体识别、模式识别分析，判断所巡检的地点是否存在安保异常或火警异常并实现智能提示，最大限度降低安保人员日常劳动强度。

用户可根据需要选择自动巡检与遥控巡检两种工作模式。自动巡检模式下，无人机按照用户预定的巡检航线与巡检区域，完成巡检任务。遥控模式下，无人机由用户全权控制，在无人机的安全可飞区域内均可进行巡

检。无人机完成巡检任务时，无人机携带高清摄影载荷，对巡检区域进行检查，将拍摄的视频实时传输至后台供工作人员查看以便发现异常。巡检过程中根据图像识别技术自动发现安全隐患，提醒工作人员处理。巡检结束后，自动出具巡检报告，显示异常位置。使用无人机对厂区边界进行巡检能够很好的识别人员入侵，并通过语音告警入侵人员。

#### 4.3.4 智慧可视化巡检

根据系统巡检路线及巡检设备设置自动在电站三维可视化模型中进行标注。

具备安装传感器条件的设备以安装测点上传数据替代人员巡检，具有明显外观表征的缺陷可通过智能摄像头替代人员巡检，巡检结果自动上传至后台系统进行保存。

实时监测智能巡检设备的巡检位置，展示在三维模型中，并自动记录位置、时间以及巡检路线，可查询并回放路线。结合智能门禁和监控子系统，可实现现场拍照、拍照/视频影像实时反馈、离线巡检、偏移告警提醒。巡检中，自动提醒当前设备在当前时间有相关缺陷、定期工作、工作票记录等。实时将机器人或无人机的定位信息显示在电站三维可视化模型中，同时将实时巡检视频画面及红外检测画面进行展示。巡检结束后可以离线查看机器人或无人机的巡检路线及巡检过程历史数据。



用户可配置巡检路线、巡检时间、巡检设备、需要确认和录入的信息及参数。系统根据巡检周期自动生成巡检任务，并推送至相关岗位人员。巡检人员到达某个巡检区域后，系统自动识别该巡检区域内的巡检设备、巡检项目，同时可即时查看每个巡检项目对应的巡检标准和技术规范，最大程度提高巡检工作智能化水平。

## 4.4 智慧设备

### 4.4.1 全厂设备管理

设备管理通过统一的编码体系为纽带，从逻辑设备、设备位置和设备类型三维角度建立电厂全部设备的整体框架和各类设备管理台帐，对设备的基础信息、技术标准、运维信息、设备安装、评级、异动等信息进行综合管理。

设备按照机组、系统、子系统、设备、备品配件顺序建立树结构。实现设备标识编码、设备编码、物料编码、资产编码四码联动，实现设备

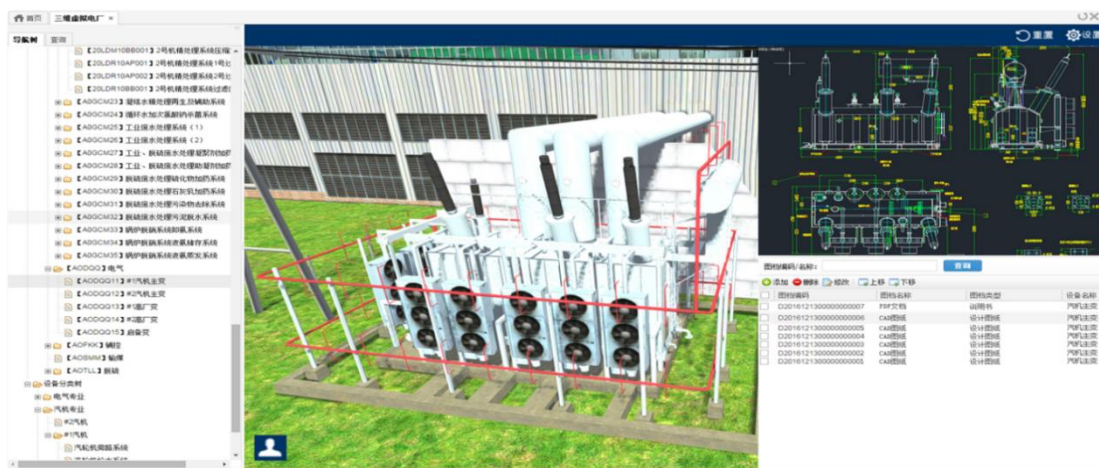


价值数据线上同步。

提供对静态设备台帐的新增、修改、删除、查询功能。设备静态台帐主要包括：设备基础信息、备品备件信息（与物资管理系统互联互通）、型号规格信息、安装信息、维修信息、技术参数、文档信息等。

支持动态设备台帐汇总展示设备运行、检修的动态信息，包括缺陷处理信息、故障信息、工单信息、检修记录、技改信息、工作票信息、异动信息、试验报告等。

提供三维可视化功能与设备台账集成。通过三维模型，展现设备基础信息、型号规格信息、安装信息、维修信息、技术参数、文档信息等；通过设备编码与穿戴智能设备、手持扫描设备连接，为设备巡检、检修提供设备信息支持。



#### 4.4.2 设备全生命周期管理

基于大数据平台将设计过程中的三维模型、图纸和文档，建设过程中产生的设计、制造、施工、监理和调试、运行等文档，以及运营过程中产生的检修台账、资产管理及实时数据在同一平台上集成应用，建立设备健



康状态管理知识库，利用可视化技术和三维定位技术，实现设备安装、运行、巡检过程中的三维仿真和实时互动，逐步实现全生命周期的状态预测和管理。

#### 4.4.3 设备健康管理

设备健康管理系统建立设备健康状态管理知识库，收集、整理设备从设计、建设到运行等各个时期的数据。

通过对重要设备的运行历史数据进行特征挖掘，结合设备固有属性等历史档案，建立基于多种典型工况下的设备特征模型，作为设备健康诊断的基础。采用机理与数据驱动混合建模、机器学习与知识推理等技术，通过分析模型输出与辅机设备的实际输出之间的关联度信息，实现对辅机设备的健康度评价。设备健康度从多个维度给出设备运行状态的综合评估并进行数据可视化展示，使运行人员能够实时掌握设备整体运行情况、可靠性及经济性，为电厂生产运行、检修和管理人员提供生产决策支持。设备健康度评分范围覆盖锅炉和汽机侧重要辅助系统和设备。

#### 4.4.4 设备状态监控

采用设备状态识别技术及智能视频技术，对重要系统和设备进行不间断在线监视，在基础监控界面采用数据可视化技术，借助多种图形显示手段，嵌入三维监控操作窗口，以参数、云图等方式动态展示复杂设备及部件的运行状态。

运行人员可变换角度、层次、尺寸查看细节，监控复杂设备和大量监测测点部件的内部结构、监测部位。与实时数据融合联动展现，将实时状态识别发现的异常情况和安全隐患，以短信、声音提醒等方式自动发出警报并提供关键信息，使运行人员快速了解设备及部件的动态运行数据，协助值班人

员及时发现隐患，及时定位报警发生的位置，准确分析判断故障产生的原因。

#### 4.4.5 设备状态检修管理

具备状态检修功能。结合数据分析报告、设备健康评估报告，并依据状态检修导则和检修决策标准库，形成状态检修报告，确定设备检修类别、检修内容（检修项目）及检修时间。

状态检修管理也支持工单策划的功能，新建工单后策划的内容包含：工单的执行班组和负责人、计划工单执行时间、工作所需的物料和备件，所需执行的安全计划、工作所需的人员及工器具。策划好的工单按照预先定义好的流程进行审批，工作完成后在系统中回填工单执行情况，回填内容包含：工序、安全措施完成情况，物料实际使用情况，人员实际到场情况，工器具实际使用情况等。

工单执行中可直接开工作票，开票时将相应工单信息带入工作票。可查验工单完成情况，支持按照工单关联设备、负责人、检修班组、工单状态等条件查看工单的查询功能。

根据状态检修报告，基于大数据平台进行自动统计，统计内容包含：按照设备、检修事件、机组等条件统计工单完成情况、工单物料领用情况、工单费用等，自动生成检修计划或大修技改项目。

### 4.5 智慧燃料

智慧燃料模块基于数据平台、算法模型和智能设备实现燃料计划预测、采购、验收监管、数字化煤场、采制化一条化、燃料价值链管理等功能，实现燃煤的收、耗、存对应量、质、价信息的精准化管理与全过程闭环管控。

#### 4.5.1 智能接卸

运煤火车进入轨道衡应实现自动过磅，测量数据实时传发送至监控室数据中心，自动保存过磅记录。进入翻车机，实现自动摘钩对钩、自动翻卸、自动归位等功能，系统根据来煤的煤种及煤场存储信息，可自动选择存煤。

#### 4.5.2 智能煤场

监控储煤场相关设备的运行状态和工作参数，展示储煤场及分区信息，实时显示分区或分层存煤的数量、质量、价格以及时间、煤种等信息，并以三维图形显示储煤场煤堆形状。同时显示储煤场风速、风向、粉尘、可燃气体等数据参数。

通过自动扫描煤炭表层温度分布，结合历史数据及斗轮机取煤时的煤堆断面温度，计算煤堆内部温度，煤场温度场三维图像，快速自动发现、识别和定位煤场早期火灾隐患，并与消防灭火喷淋系统联动；煤场的进煤、耗煤、存煤三方面进行信息化、数字化管理，生成3D动态图（表），实现自动盘煤、温度场监视预警、根据损耗、堆存时间、掺烧需求建立数学模型自动优化计算场地安排和优先加仓计划；支持煤炭移库。读取智能燃料管控系统推送的煤场移库用车辆，煤场位置、堆存煤种、进出场地时间、衡器重量、移库记录，同步形成移库台帐及明细，实时更新煤场动态，并能查询移库过程监控图像。

#### 4.5.3 斗轮机无人值守

具备自动寻址的功能，在确认好作业方案后，系统自动选择好目标煤垛/堆料区域，自动计算斗轮机作业点并实现系统自动定位功能；采用编码器定位技术，结合格雷母线完成定位信号的采集与运算输出，精确定位大车位置、悬臂俯仰角度以及悬臂回转角度，实现斗轮机大车及斗轮位置

的三维空间定位。

采用先进的传感技术与智能控制算法，实现恒流量取煤和精确配煤；具备自动堆料的功能；支持斗轮机作业过程中手/自动无扰切换；斗轮机相关出入口、电气房和司机室相关位置增设人脸识别出入防护系统，防止闲杂人员擅自进入斗轮机的电气房和司机室；应用斗轮机安装行人检测保护装置、悬臂防撞装置，有效防止各类人身安全事故的发生。

斗轮机的各个关键部位安装工业摄像机，图像传送至煤控室进行智能图像识别，全程实时监视斗轮机作业过程；与智能燃料管控系统结合，根据来船、煤种、流量等信息，综合分析与决策，形成作业工单并将作业指令下发到斗轮机/螺旋式卸船机无人值守系统，实现斗轮机和螺旋式卸船机全自动化作业

#### 4.5.4 智能采制化

采用射频、红外和超声波定位、图像识别、人工智能等相关技术，实现对燃料调度、入厂、接卸、采样、制样、化验各环节自动执行、自动记录，规避人为因素，有效提高燃料入厂的智能化水平，同时保证数据的实时性、准确性、可追溯性。

关联轨道衡通过称重传感器、数据采集器、车号识别系统获取的计量数据，对数据进行计算、分析和查询，智能监测负荷超限，误差超限和计量异常时报警。

关联全自动采制、制样、化验的数据，自动绑定车次、批次等信息。

根据预设时间间隔自动采集计量模块（衡器、皮带秤）数量验收信息，对称重数量进行数据分析管理。

自动采集计量模块入炉煤皮带称底码读数和分炉计量数据、皮带秤号、

采样编码、制样编码，自动采集智能化验模块入炉化验数据。入炉数量、质量同步关联到实时入炉成本核算模块，通过模拟法实时核算入炉燃料成本及燃料指标。

生成各类日报、周报、月报等燃料相关报表的功能，实现各报表的管理与报表数据采集、分类汇总；以系统中各种燃料数据为基础，以各种适应的可视化图形对数据进行展示与分析。

#### 4.5.5 配煤掺烧管理

配煤掺烧管理应以燃料配煤掺烧精确计算、精益实施、精细管理为目标，根据性能计算与耗差分析的反馈数据，系统自动进行优化配比闭环计算，形成以机组性能分析为基础的优化配煤掺烧方案，如煤场配煤（叶轮给煤机配煤）或者煤仓配煤（分磨掺烧）及其比例，并以数据可视化方式展示优化配煤结果。

##### 掺烧方案

包含机组在各种典型负荷下的掺配煤种、配煤比例、约束条件、配比要求、适用情况等。由于锅炉技改、煤源变动等情况，某些不再使用的掺烧方案，采取“停用”处理，不允许被执行。

以热值与硫分为主要掺配指标，根据发电负荷计划或运行上煤指令，通过预设的掺配因子、煤种质量边界件、锅炉燃烧特性等约束，利用数学规划方法，通过内置模型自动形成基于综合燃料成本的优先排序配煤方案的功能。

通过与监控系统集成或表计直读等方式，获取锅炉燃耗情况的主要指标，实时监控入炉煤燃烧情况，并将对应参数与“执行的掺烧方案”匹配，进行数据分析，评定燃烧效果，并记录到掺烧方案的执行记录中，以指标

评定掺烧方案的好坏。

### 掺烧执行

掺烧执行管理界面实时显示机组负荷、锅炉燃烧情况、煤仓煤位情况、供电标煤耗、总给煤量、各煤炭品种的预计耗煤量等信息。自动推荐1个或多个掺烧方案，值长可以自行选择，选择后系统结合煤场存煤情况，自动转换为加仓方案（支持手工修正）。确认后的加仓方案指令，系统自动生成取煤计划，自动下达到出库管理环节。

## 4.6 智慧物资

对物资进行柔性化库存管理，结合物资计划申报制度和平衡利库技术，全面降低库存成本，并借助人工智能、数据挖掘等手段推进物资管理的规范化、精细化、智能化。

### 4.6.1 智慧物资管理

通过物联网技术，实现全厂设备部件、工器具、固定资产、办公用品等物资数据互联互通。

根据物资设定的条码管理策略，生成物资条码、批次码或者唯一身份ID。按库、区、排/架、层、位等方式查询打印库区库位标签，也可按照物料的入库单、出库单、移库单来补打库区库位条码标签。

根据电厂的实际情况自由设置多个仓库和库管，实现库位管理。各分支机构库存的独立管理与核算，自定义设置物资存储方式，各单据自动编号。根据实际情况为仓库总量、每个品种设置最大、最小库存和重订货点警戒线。

支持基于手持移动终端的物资条码或二维码扫描功能，支持特定物资的拍照及图片上传。具备虚拟库房创建及管理功能，应与实际库房信息、

物资信息实时同步。扫码确认物资入库、上架管理功能，并将入库信息同步给库存管理模块，生成入库单信息。

支持库存盘点功能（包括月盘、年盘、临时性盘点等），根据盘点结果修正库存量。服务端发起并生成盘点表，盘点人员使用手持移动终端接收并查看已分配的盘点任务。盘点结果在移动终端的自动提交、上传服务端，服务端确认盘点结果。

移动终端可实现对超市物资的入库、出库及盘点管理功能。

支持废旧物资的管理功能，废旧物资可依照“报废”、“返修”、“消耗”进行分类管理。全过程跟踪维修完成、物品入库的循环使用流程，与出入库模块进行数据及流程关联。使用移动终端扫码登记废旧物资的维修入库、领用、报废。



#### 4.6.2 智慧采购

根据定额数据库，系统自动补充采购计划。

与上级管理单位财务系统的数据进行对接，自动获取物资采购合同信

息，根据合同编号生成货物清单。

提供管理层级、时段、采购方式、类别、组织机构等多维度智能查询统计分析功能。提供对采购合同执行签订情况、变更情况、交付情况、履约情况、结算情况、付款情况等信息的记录和管理功能，为供应商评价提供数据支撑。对实际到货时间与合同约定到货时间的对比分析，并对于延期到货在线预警提醒。

## 4.7 智慧经营

智慧经营功能应在甘能化集团的统一部署下实施，若集团侧已具备智慧经营相关功能模块，则不用重复建设，直接使用集团模块即可。

### 4.7.1 智慧绩效计算与分析

通过绩效考评发现当前生产经营指标的实际情况以及存在的问题，并通过对标，不断提升指标绩效，优化指标运行情况。绩效考评涵盖电厂、部门、班组三级的与年度目标指标、去年同期指标、先进指标进行对标管理，找出差距，采取针对性措施，提高指标经济性。

建立完整的指标考核、评价、管理体系，使公司各级管理者以及员工清楚了解其在公司管理目标实现中所处的位置，以及各自需要达到的目标；建立全员奖惩方案和绩效考评档案，依据制定的规则实现对员工工作的奖惩和绩效的考评；实现迅速精确定位各项绩效指标，并能提供绩效的应用分析；实现规范生产管理工作，提升管理水平和效能，提高经济效益，增强市场竞争力。

建立健全目标责任体系；建立健全考核评价体系；建立完善的激励机制；建立有效的监督机制；与经营、生产管理系统有机融合：实现绩效目标分解至经营、生产管理系统，通过经营、生产管理系统控制发电绩效指



标。实现对生成管理系统中涉及到业务人员（一线操作员工，包括运行人员、点检人员、检修人员等）的绩效管理。绩效监控与分析能根据企业各部门、各工作岗位职责建立绩效模型，形成完整的绩效指标体系，并能与安全、运行、设备检修、经营等业务关联，能通过业务过程数据自动形成部门绩效、岗位绩效和人员绩效，能够对人员进行客观、透明的绩效考评和360度考评。

### 1) 绩效模型管理

实现对人员角色进行分类、系统、区域等定义管理。对人员角色进行分类，以及系统、区域等定义。可自定义人员角色的计分考核模型。同时对绩效测评权限进行管理。

### 2) 考核体系管理

建立各种绩效考核体系，如360度反馈考核体系、平衡计分卡考核体系、KPI管理考核体系等，并给每种考核体系设置考核指标和权重。

被考核员工主要分为三类：领导、中层干部和普通员工，然后针对不同类型的员工选择对应的考核方法，针对各种不同员工可以设置不同的考核体系和考核方式，建立绩效考核规范。

### 3) 绩效考核

根据业务执行情况自动计算指标得分情况，如运行小指标、两票合格率、消缺及时率等；根据人员日常工作，自动计算工作得分情况；根据人员的日常行为和日常工作表现，自动计算得分情况；能按照周期自动统计、计算人员的绩效考核得分；能根据申诉情况，调整人员绩效考核得分。

绩效考核与指标管理、任务管理、缺陷管理、两票管理、考勤管理等业务进行对接，由业务中抽取数据做绩效考核的基础依据。

#### 4) 绩效统计

能按照部门、岗位对绩效考核得分进行统计，并进行层层追溯。包括发电人员绩效统计，管理人员绩效统计，检修人员绩效统计等。

#### 5) 绩效应用

能将绩效考核成绩与薪酬调整、岗位晋升、评优评先进行关联。能将绩效考核成绩与薪酬调整、岗位晋升、评优评先进行关联。

#### 6) 绩效分析

能对组织绩效情况进行分析，找到业务领域的短板并进行绩效回溯。能对人员绩效情况进行分析，找到人员短板并进行绩效沟通。包含全面责任分析、全面绩效分析、指标对标分析。

### 4.7.2 智慧预算执行管控

以全面预算为龙头，以预算目标的确定与分解为起点，依次通过预算编制、预算执行、预算考评等各环节完成年度的预算管理循环。

以年度和月度两个维度对预算进行管控，支持预算完成率统计报表功能，实现本年累计同比、单月环比等功能。对预算执行情况偏差超过设定值的费用和指标进行预警提示；进行售电量和利润目标值的滚动计算，根据年度和月度计划售电量、目标利润、年度累计实际情况，推算为完成年度、月度目标，后续每天平均应完成的售电量和利润。在相应的管理阶段配以严格的预算制度，并辅以相关的预算指标体系、规则以及预算管理权限，以实现资源的有效配置。

### 4.7.3 智慧成本管理

结合当前成本数据、成本计划等数据，借助关联分析、启发式数据分析等方法，实现对远期固定成本数据的自动测算。通过外部系统平台自动

获取往年同期成本数据，并借助数据对比和修正方法实现当期固定成本的自动测算；以国家及银行业财政税收、电力行业电价补贴等政策为依据，结合往期财务成本数据，实现对远期财务成本的自动测算。

跟踪各项成本完成情况，成本超月度或年度预算则系统流程控制该项成本不能入账。基于大数据平台通过与历史成本进行比较、分析，得出各项成本或各生产系统成本变化情况，找出非正常成本，做到及时发现问题，达到不断降本增效；具备实时成本统计分析功能，同时系统提供相应周期内的实时成本分析的工具，分析实时成本趋势以及构成比例，并且能够以图形化的方式进行显示；支持智能开票方案，实现公司开票信息挂接，联动市场营销售电业务。

通过成本过程管控，从源头做好经营管理。通过实时利润曲线与目标曲线的比较，找到经营差距。通过实时经营指标的逐层攥取，发现实时生产过程中的问题。

#### 4.7.4 智慧利润管控

基于算法平台使用精准模型代替平均电价模型计算日利润，准确实时的估算售电收入。根据日利润系统记录的产量趋势、价格趋势和成本趋势构建风险指标控制库，汇总集合日利润系统所承载的重要业务风险指标和财务风险指标，每日开展监测，发现企业经营活动中的问题，及时预警、快速反应，实现企业经营风险的动态监控。

实时展示和跟踪日、月利润完成规律的变化情况，展示和跟踪日利润趋势变化规律与上网电量之间的关系，展示和跟踪不同的售电类型对利润的贡献程度；监控年度、月度利润预算完成率，对比日历进度，生成利润完成情况功能。自动采集并计算生产、物资、计划等外部系统数据，将企

业经营成果细化到日，甚至到小时、分钟；具备网侧电量和经营利润等指标的单日状态和变动趋势分析能力和利润波动较大情况的重点分析能力。可进行不同层级数据的钻取分析，钻取分析影响利润变动的主要因素；具备对影响日/月利润的其他因素的环比和同比分析功能，可衡量每项指标对利润影响的额度和占比，并通过不同颜色表示利润的上升和下降。

#### 4.7.5 经营决策分析

提供为生产经营提供动态智能及预测性分析，为领导层提供决策依据，为各级管理人员提供强大的综合分析和报表功能的智能分析平台，在平台上实现收入、成本和四个成本、四个电价测算及预警功能，并进行盈亏平衡点分析管控和成熟度模型分析预警。

##### 1) 收入监测及预警

对计划发电量与实际发电量进行对比分析，自动计算和分析电价，对实际售电电价与测算电价偏差的进行预警功能。可对不同售电结构收入数据自动进行计算，并通过人工智能算法模型提供合理化的售电结构优化建议。

##### 2) 成本监测及预警

自动获取主营业务相关联的各类成本数据，对主营业务成本的进行自动计算、横/纵向对比分析，对成本执行过程中发生的异常情况进行预警，并能够根据智能化数据分析模型对主营成本结构提出调整建议；对银行贷款利率、融资成本、资金占用成本的变化情况进行实时监测，以实现财务成本的实时监测及跟踪，对影响成本的异常情况进行预警，提出合理化调整意见。

##### 3) 四个成本、四个电价测算及预警

对度电变动成本、度电固定成本、度电财务成本、度电完成成本和边际电价、资金平衡电价、盈亏平衡电价、目标利润电价进行自动测算，在经营过程中对四个成本、四个点价的异常情况进行预警。通过四个成本、四个电价创新管理模式的应用，突出强化成本领先战略，提高市场报价的快速反应能力，实现对不同经营目标下的价格底线控制，从而获取更多的市场份额和更好的盈利水平。

#### 4) 盈亏平衡点分析及管控

结合经营日利润、售电单价、变动成本等多维度的数据，判断企业收入和成本趋势。基于成本、收入数据对盈亏平衡电量进行自动测算，对企业边际利润和盈亏平衡的进行动态管控。

结合收入、成本数据实现对企业盈亏平衡点的自动测算及实时监控，当盈亏平衡点出现异常时，应提供合理化调整建议，实现售电结构的精准优化。实现业务前端在控制生产的同时也能控制经营成果，助力企业创造更高的经营价值。

#### 5) 成熟度模型分析及预警

借助启发式算法、自动决策机制、数据仿真应用、智能专家系统等人工智能算法及模型，对发电企业经营成熟度模型的进行智能化分析和预警；具备成熟度模型指标数据的排行分析功能，借助深度数据挖掘、关联数据分析等创新技术，智能分析成熟度低的影响因素，并形成有针对性地经营调控策略。

### 4.7.6 交易辅助决策

建立完善的数据指标体系，结合当前燃料系统、生产系统、财务系统、调度系统等传输数据，支持数据人工导入功能。

基于大数据分析技术对各类用户用电特性、用电行为的海量数据进行差异化分析，融入趋势回归法、神经网络预测法、GDP弹性系数法等预测模型，实现短期和中短期负荷预测功能；通过构建电力交易价格预测模型，在算法平台上利用回归分析、时间序列、神经网络等预测模型，实现电力交易价格预测功能；根据发电企业入炉综合标煤单价、环保单位成本、机组经济性指标等数据，测算机组长期边际成本和短期边际成本。

#### 4.7.7 报价方案寻优

用电力营销的海量生产数据、营销数据、社会经济数据、地理信息数据进行并行化分析与挖掘，结合购售电计划、交易辅助决策、历史交易数据，实现报价方案策略展示。在报价方案管理中可进行方案审批、修改；提供现货报价曲线建议方案，包括根据基于典型曲线和负荷预测对比结果产生的报价方案。具备多报价方案对比分析功能。与交易中心数据可进行交互，实现报价信息自动上传。

#### 4.7.8 自动报表系统

自动报表系统是基于网络和数据库的通用统计数据采集处理系统，与电厂各专业系统集成，实现报表制作及数据填报和数据处理分析。通过报表对业务系统的数据集成完成基础数据共享，由业务数据源头部门一次录入多次复用，大幅提升报表数据准确度和自动采集比率。基于数据整合共享理念和实施框架，使系统间数据不再具有差异性和不确定性，真正实现数据一次填报，多次使用，可大大提高报表的填报效率，以及报表数据的精确程度，显著提高工作效率。

### 4.8 智慧党建

智慧党建功能应在甘能化集团的统一部署下实施，若集团侧已具备智

慧党建相关功能模块，则不用重复建设，直接使用集团模块即可。

#### 4.8.1 党委工作管理

具备党组织办公管理、党员管理、党务管理、考核激励、学习教育、积分管理、查询分析等相融合的党建体系管理功能。

党组织管理包括党委收发文、公告公示、申请审批、计划任务、制度管理等业务模块；党员管理包括干部管理、党员管理、教育培训等业务模块；党务管理包括党委会、党委中心组学习、民主生活会、党委委员纪实管理、组织生活会、民主评议党员、换届管理、组织机构管理、党建例会管理、主题实践活动管理、党务经费管理、党建政研会课题管理、党建项目化管理、党支部管理等业务模块；考核激励包括“一先两优”评选、党组织书记述职管理、计划跟踪管理、工作考核等业务模块；积分管理包括个人、党组织的积分评价管理功能；查询分析包括党组织、党员、党务工作人员的统计分析查询管理功能。

#### 4.8.2 纪检监察决策

#### 4.8.3 工会工作管理

具备工会组织机构、工会组织管理、会议管理、厂务公开、会员信息库、年度计划、“一簿化”电子台账、月度工会考核自查、年度工会工作考评、职工代表管理、职工代表提案管理、会费管理等工会管理业务模块。

应具备工会发文、公告通知、近期工作提醒、图片新闻、月度工会信息、基层工会之声、先进工会形象展示、职工文化作品展示、荣誉管理等信息发布业务模块。

具备网上书屋、工会干部培训、班组长培训、职工代表培训、规章制度学习等线上教育业务模块。



具备创新工作室、QC成果展示、优秀合理化建议展示、创新管理经验交流等创新业务功能。

具备困难职工档案、会员满意度测评、工会主席信箱、维权政策宣传等服务模块。

#### 4.8.4 团青工作管理

具备团委会议管理、换届管理、组织机构管理、“三会两制一课”管理、团费管理等团组织管理业务模块。

具备团干部管理、团员管理、教育培训等团员管理业务模块。

具备收发文管理、计划管理、工作提示、工作总结等团务管理业务模块。

具备服务企业、服务青年、主题实践活动等团青一线业务模块。

具备评选表彰管理、计划跟踪管理、述职管理、考核管理等考核激励业务模块。

#### 4.8.5 文化宣传工作管理

具备文化理念、VI标识、文化建设、品牌建设、文化故事、评估考核等企业文化业务模块。

具备思想教育、文明单位创建活动、道德讲堂、创建考核等精神文明建设业务模块；具备意识形态管理，党员、员工思想动态分析管控等思想动态建设业务模块。

具备新闻展示平台、关联第三方软件、广告宣传费用管理、新闻采访管理等宣传管理业务模块；具备编辑平台管理、稿件管理、稿费管理等编辑管理业务模块；具备要闻及工作提醒的推送管理功能；具备通讯员在线培训、考核业务模块。

### 4.9 智慧办公

智慧办公功能应在甘能化集团的统一部署下实施，若集团侧已具备智慧办公相关功能模块，则不用重复建设，直接使用集团模块即可。

智慧办公是各部分相互沟通和交流的主要平台，要求在信息管理系统

中实现公文管理、会议管理、车辆管理、任务管理、印信管理、出差管理、加班管理、工作餐管理、接待管理、礼品管理、个人事务管理和邮件管理等功能模块，要求以 workflow 引擎驱动，突出体现整体的、高效的协同办公精神，实现提高整体办公效率和领导决策水平的目的。

#### 4.9.1 公文管理

能够根据不同用户的不同行文流程，由 workflow 引擎推动自动实现收发文的办理、审批、统计查询直至办公结束（归档）的全过程，对整个工作流程实现实时跟踪和对修改审核信息进行记录，并能按照有关办公规定，自动报告，需要提供公文在其处理过程中的状态，并能提供催办和提醒功能。

系统根据实际需要，提供多种输入手段，并提供公文处理过程中的痕迹保留功能。同时需要提供公文与档案系统的接口，归档的公文数据能够直接导入到档案的待归档部分，保证公文数据与档案数据保持同步，目录及时提交登录，原件集中移交。

#### 4.9.2 会议管理

会议管理包括会议预算、会议申请和通知发布、会议纪要、会议督办、统计分析功能，需要实现对会议时间、会议室、会议费用、参会人员，会议任务的信息化审批，使得会议管理规范化、会议制定相关的工作安排有监督执行机制，并需要实现会议过程、会议资料的归档化。整个流程进行科学有效管理，能对会议过程中形成的决议任务通过任务系统进行闭环管理，同时能对于会议纪要可以做到统一编写、编号、发布，对重要会议、重要活动日程表、内容、出席范围、会议结果等信息进行管理。

#### 4.9.3 任务管理

任务管理需要支持公司领导、部门领导给下属部门或员工下达管理任务（工作计划），并能实现对所下达的任务进行全过程的跟踪管理。任务下达分为两种方式：一种是根据早会记录由专人直接录入下达给任务执行人；另外一种是由领导安排交班的其他任务，由领导登记并下达给任务执行人。任务执行要定期反馈任务的执行情况。执行情况直接能与个人的绩效考核挂钩。

#### 4.9.4 印信管理

通过印信管理程序，要实现印信使用的申请、审批、建立印信使用台帐。界面元素应该包括申请部门、申请人、用印事由、印章类别、申请日期、用印时间等信息。

#### 4.9.5 出差管理

系统能够通过出差申请实现出差流程的审批，并通过出差申请中预算项目实现和项目、预算的自动关联；出差报销能够自动和借款单、出差申请单关联。

#### 4.9.6 加班管理

要求能够通过加班申请程序，将已审批通过的加班申请自动汇总到考勤管理程序，能够实现加班和人员考勤、绩效薪资自动关联。

#### 4.9.7 工作餐管理

系统能够通过工作餐申请，实现对工作餐的费用管理，并和费用报销程序自动关联；同时记录用餐标准，用餐人数，早、中、晚用餐消费金额情况。

#### 4.9.8 接待管理

系统需要提供业务接待申请、来访接待（包括行程安排、费用计划、

接待人员、会议室）等，能和费用报销关联。应该包括领导审批、相关部门办理、来宾登记、就餐、活动、接待工作管理，并可按部门、类别、时间的统计、查询。能与收发文、会议管理、礼品管理、车辆管理等模块密切相关。

#### 4.9.9 邮件管理

要求邮件管理系统支持SMTP/POP3/IMAP/WEB协议，邮件系统功能包括：收件箱、发件箱、已发邮件等，还支持自定义Web界面、垃圾邮件防范、病毒扫描、黑白名单、自动回复等功能。

#### 4.9.10 人力资源管理

人力资源管理系统包含以下主要功能：

组织管理：提供企业组织结构体系建立功能，管理组织的创设、合并、撤销、更名等变革与调整，建立企业的职位体系。

人事管理：管理企业员工配置需求与配置计划的功能，员工基本信息资料及其变动信息。

绩效管理：系统从绩效考核方案的基本信息、适用岗位（考核对象）、考评人员、绩效等级、绩效权重、校验关系及考核量表（考核指标）等几个方面进行绩效方案（计划）的维护和管理。

薪酬管理：提供和薪酬相关的模块在功能权、操作权、数据权之上的更严格的权限控制和管理。

劳务管理：提供建立劳动合同台账，对企业与劳动者之间签订的各种劳动合同、协议进行集中管理。

社保管理：提供对各种社保的个人缴纳标准和单位缴纳标准及缴费计算基数、计算精度和计算公式的设置。系统预定义的险种有：养老保险、

医疗保险、大额医疗保险、失业保险及企业年金，可根据实际情况定义新险种。

**住房公积金管理：**提供对住房公积金缴纳标准的维护，管理员工的公积金账号。按月对员工的住房公积金数据进行维护处理，可根据设置的条件把住房公积金、房补数据导入到工资的指定项目中。

**招聘管理：**提供招聘的全过程信息实时管理功能，具备人员配置、培训管理、组织管理等功能。

**培训学习：**提供设计关键职位的培训课程的功能（依托能力素质模型和员工职业发展规划）。

**胜任力管理：**提供能力素质模型建立功能，定义每个职位或岗位的任职资格和所需知识体系，定期对员工进行胜任力测评和分析。

## 5. 智能电站实施规划

### 5.1 智能电站方案实施

智能电站基本建设部分内容包括智能发电系统与智慧管理系统两部分，结合初步智能电站的实施方案和本项目智能电站的投资费用，列出本项目智能电站实施方案如下表：

序号	系统	应用模块	子模块	本期建设	后期建设
1	基础建设	网络基础设施建设	信息机房建设	√	
			厂区综合布线系统	√	
			网络系统建设（含广域网对接与安全防护）		
		数据中台规划	数据采集	√	
			数据模型分层		

序号	系统	应用模块	子模块	本期建设	后期建设
			数据模型存储设计		
			数据治理		
			数据服务		
		主机系统	采用虚拟化部署		★
		5G覆盖/人员定位系统	人员定位系统建设		★
			全厂 5G+WLAN 网络建设		★
		信息安全	统一安全防护	√	
		云桌面	云桌面系统建设	√	
2	智能发电系统 ICS	智能发电平台基础建设	ICS 硬件构架(实时库、服务器、高级控制器)	√	
		智能检测及控制	在线软测量		★
			APS 一键启停		★
			AGC 与一次调频优化		★
			主蒸汽温度优化控制		★
			再热蒸汽温度优化控制		★
			吹灰优化控制		★
			制粉系统优化控制		★
		智能运行	智能喷氨优化运行		★
			智能主蒸汽压力优化运行		★
			重要辅机节能优化运行		★
			在线性能计算与耗差分析		★
			性能寻优操作指导		★
			锅炉燃烧优化运行（采取相应的智能检测方案）		★
		智能监测及诊断	汽轮机监测诊断		★
			大型辅机监测诊断		★
			可视化地下管网		★
		智慧监盘	主动监盘	√	
			智慧报警	√	
			故障识别	√	



序号	系统	应用模块	子模块	本期建设	后期建设
			操作指导	√	
3	智慧管理系统 ISS	智慧管理平台	基于工业互联网平台，集群管理、存储资源管理、应用/服务软件部署与管理、统一日志管理等通用基础软件	√	
			三维可视化		★
		智慧工地	包含基建mis和基建智能安全管理与施工指导	√	
		智慧安全	电子围栏	√	
			人员及移动设备定位	√	
			智慧三票	√	
			智慧门禁	√	
			智慧5G安防视频监控		★
		智慧巡检	智慧巡检系统	√	
			智慧5G轮式巡检机器人（2台）	√	
			智慧5G轨道式巡检机器人（3台）	√	
			智慧5G无人机巡检（1台）		★
			智慧可视化巡检		★
		智能设备管理	全厂设备管理		★
			设备健康管理		★
			设备状态监控		★
			设备状态检修管理		★
			5G全方位远程诊断与支持		★
		智慧燃料	智能接卸		★
			智能煤场		★
			斗轮机无人值守		★
			智能采制化		★
			配煤掺烧管理		★
		智慧物资	智慧物资管理	√	
			智慧采购	√	
		智慧经营	智慧绩效计算与分析	√	

序号	系统	应用模块	子模块	本期建设	后期建设
			智慧预算执行管控	√	
			智慧成本管理	√	
			智慧利润管控	√	
			经营决策分析	√	
			交易辅助决策	√	
			报价方案寻优	√	
			自动报表系统	√	
		智慧党建	党委工作管理	√	
			纪检监察决策	√	
			工会工作管理	√	
			团青工作管理	√	
			文化宣传工作管理	√	
		智慧办公	公文管理	√	
			会议管理	√	
			任务管理	√	
			印信管理	√	
			出差管理	√	
			加班管理	√	
			工作餐管理	√	
			接待管理	√	
			邮件管理	√	
			人力资源管理	√	

注：APS一键启停及仿真系统为项目标配，不计入智能电站造价。在方案表中，标记“√”的项目作为本期建设项目，标记“★”的项目作为后期建设项目。业主方也可根据实际需求，结合技经概算，选取若干重要模块最终实施。

5.2 智能电厂建设潜在风险及对策分析

结合西北院已实施的多个项目工程经验以及对国内多个已实施智能

（慧）电厂建设的工程项目实施情况的调研，针对现阶段实施智能电站建设的潜在风险及实施对策进行分析，具体内容见下表。

实施项目	子项目	潜在风险	实施对策
智能发电系统ICS	智能运行	现有系统将智能分析技术直接融入工业控制系统，存在利用通信协议与应用层协议的漏洞进行恶意攻击行为。如应用层面的软件可能存在各种各样的后门和漏洞。	在招标规范中要求相关控制系统采用自主品牌，注意控制系统操作系统的选择，针对相关风险做针对性防护措施。
智能发电系统ICS	智能运行	智能分析应用需要调用海量历史数据进行深度分析，存在影响控制网络带宽，造成控制网络阻塞，导致操作控制卡顿的风险，存在极端情况下由于网络数据风暴造成控制网络瘫痪的重大安全风险。	在招标规范中要求相关控制系统分析应用网络与常规DCS控制系统网络进行严格的物理及功能划分，可灵活处理，同时在发现通信故障时，切除分析应用网络。
智能发电系统ICS	各优化控制模块	现有技术中，所有优化控制模块均在ICS中部署，结合国内现状，某些性能较好的优化模块可能受限。	项目执行时要求ICS系统预留其他外挂式优化控制模块的通讯接口，做到兼顾建设期和生产期的灵活优化。
智能发电系统ICS	各优化控制模块	某些优化控制模块需要以中长期的运行数据做支撑，此部分如何实施并且发挥最大的优势是智慧电厂实施的一大难点。	在智慧电厂实施过程中，一方面，要求智慧电厂供应商针对特有模块进行长期服务，直至达到预期目标；另一方面，针对需要大量运行数据的模块进行择优处理，分步实施。
智能发电系统ICS	智能运行	三维软件需要专业人员进行编辑，存在后期电厂自行维护的困难。	一方面，选择具有较大抗风险能力的公司实施全厂三维建设，同时要求实施厂家终身服务；另一方面，电厂进行人力储备，安排专人负责三维模型维护。
智慧管理系统ISS	智能巡检	智能巡检机器人、无人机本身故障影响模块实施效果、轮轨式机器人的部署受限；机器人投资成本较高。	一方面，选择有成熟应用业绩的设备，同时结合电厂运行环境，有针对性的进行巡检机器人部署；另一方面，在巡检机器人与固定摄像头、设备测点之间折中处理，做到经济合理。

实施项目	子项目	潜在风险	实施对策
智慧管理系统ISS	数据信息化建设	信息化建设过程中数据信息化与集团统建的信息化内容上容易重叠，造成重复投资。	智慧经营、智慧办公、智慧党建、智慧物资等模块在集团统推功能的基础上实施，满足数据共享，同时针对电厂实际需求开发相关模块，做到合理规划部署。

另外，电厂在智能（慧）电厂建设过程中存在以下几方面的相关问题，需要参建各方深入探讨和注意。

1) 服务差异：智能（慧）电厂各供应商服务与项目建设方的要求存在差异，实施过程中项目建设方往往依赖各供应商提供全面服务，没有自主意识；需要各方转变思路，建设方成立智能（慧）电厂建设小组，以发电为核心、以建设方实际需求为基础实施智能（慧）电厂建设，将建设打造成经济效益好、示范意义强、节能减排优的全方位样板工程，做到在行业内首屈一指。

2) 建设方认识不一：同一电厂各部门对电厂智能（慧）化建设的认识不足，对智能（慧）化建设的主动性不强，系统实施有时候处于被动摊派模式，且存在一定的盲目性；需要项目建设方统一思想和目标，各部门齐心协力，建设一个真正适合本项目的智慧化电厂。

3) 人才不足：很多厂智能（慧）化建设人员往往由热控人员兼职处理，不能全身心投入智能（慧）化电厂建设中；需要建设方设置专人负责智慧化电厂建设，以便智能（慧）化建设高效、高质量的执行。

## 6. 实施建议及结论

智能电站系统建设是一个非常复杂的系统工程，横向涉及到参与电厂建设的设计院、制造厂、安装单位、调试单位、业主方等各个单位及工作人员、纵向贯穿设计、采购、施工、调试、运行维护等电厂全生命周期内的各个阶段，其建设必须遵循合理规划、有序实施、经济合理、满足要求的基本原则。

结合电厂实际状况以及智能电厂实施原则，建议本工程采用分步实施智能电厂的方案，由于建设所有模块前期投资费用较多，因此，基于本项目实际情况和国内多个工程智慧电厂实施的工程经验，推荐本报告中的基本模块作为本工程智能电站本期建设方案，智能发电系统及智慧管理系统预留后期扩展的接口，便于后期建设，真正做到经济实用、易于扩展，同时达到了本工程节能减排、减员增效的基本要求。