

以“三机一控 数智驱动” 为核心的数字化转型探索与实践

十堰智慧电厂建设以**信息化→数字化→智能化（更高形态智慧化）**的递进逻辑进行建设，通过研发基于模型驱动的智慧运行体系，实现生产控制过程、生产管理过程、生产经营过程深度大融合，提高火电厂运行安全性、高效性与经济性，最终提升火电企业参与**市场竞争的核心竞争力**，为发电企业提质创收。

核算项目	单位	年初计划数	年初实际数	差异	1月		2月		1-2月
					计划	实际	计划	实际	
发电量	万千瓦时	300000.0	102204.4	-197795.6	36595.8	36596.0	32837.38	35252.0	25952.63
上网电量	万千瓦时	230017.5	96043.2	-133974.3	34000	33999.64	30536.76	33621.27	25008.29
其中：国调计划电量	万千瓦时	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
其中：网内计划电量	万千瓦时	230017.5	96043.20	-133974.30	34000	33999.64	30536.76	33621.27	25008.29
供热电	万千瓦时	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
外购电(含热)	万千瓦时	1.04	0.0	-1.04	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
外购热量	万千瓦时	217.5	0.0	-217.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
供热费	万元	800.0	325.46	-474.54	160.38	160.38	136.04	137.48	32.0
燃料费(不含)	万元	600.0	0.0	-600.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
燃料费(含热)	万元	600.0	325.46	-274.54	160.38	160.38	136.04	137.48	32.0
折旧费	万元	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
工资及福利	万元	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
材料费	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
发电材料费	元	1630025.93	593698.71	-1036327.22	230440.93	230440.93	206677.24	214508.28	133617.18
发电材料费(不含税)	元	1071762.00	380113.79	-691648.21	148006.93	148006.93	134044.78	140193.84	88562.25
发电材料费(含税)	元	658263.93	220584.92	-437679.01	82033.99	82033.99	72632.46	74359.44	44954.93
燃料材料费	元	240000.00	181189.84	-588110.16	64153.42	64153.42	54474.14	54995.40	10910.00



信息化(业务)：“业务数据化”，让业务活动能被数据记录下来。

数字化(知识)：“数据业务化”，用已累积的业务数据去反哺优化业务流程。

智能化(智慧化)：“人机一体化”，无需过多干涉即可帮助运行人员做出决策和自处理。



京能集团

京能十堰热电有限公司

Jingneng Shiyan Thermal Power Co.,Ltd.

传递光明 温暖生活



CONTENTS

目 录

01 当前完成的工作

02 当前达到的效果

03 下一阶段建设内容

04 工作展望



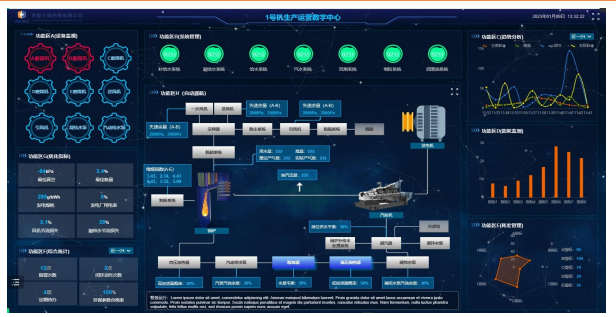
当前完成的工作



三机一控智能生产运营一体化平台-依托该平台将生产一区传统的控制模式升级为**智能控制**，开发了自主可控的**模型驱动、闭环控制、热更新**等具体功能，实现生产数据和经营数据模型化应用，赋能数字化转型。

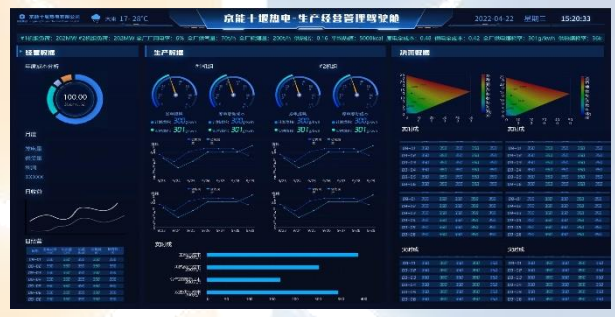
生产控制管理中心

- 智慧运行
- 智慧监盘
- 智慧优控

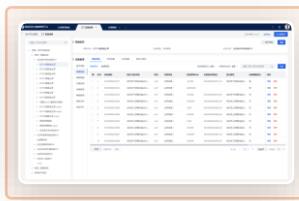


生产经营决策中心

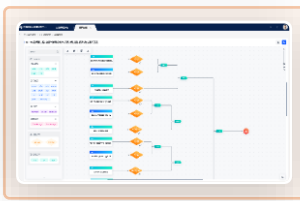
- 经营分析
- 成本分析
- 经营指导



工业AI底座平台：AI+大数据+仿真+优化



数字专家知识库
数字孪生、诊断、控制等所有知识统一表达和管理，知识无限积累



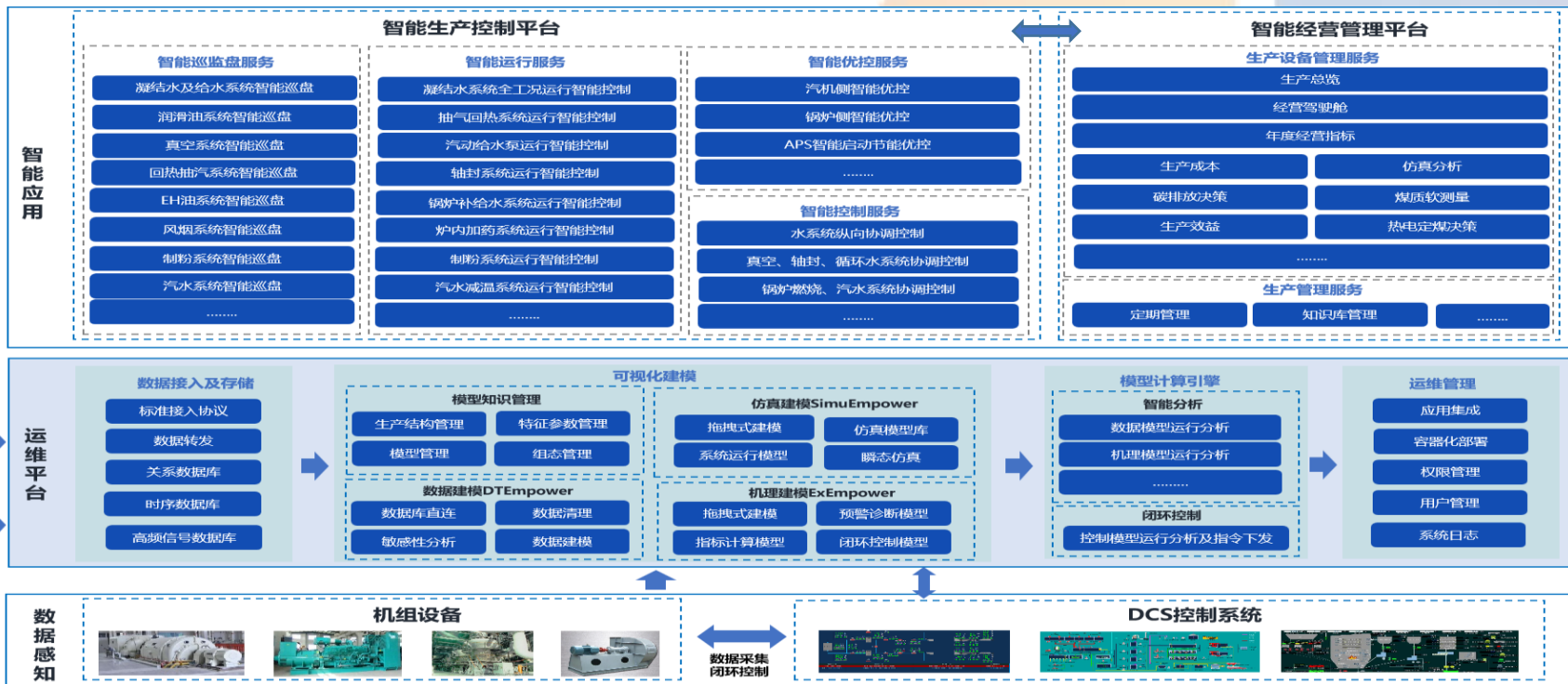
低代码建模
图形化的**数据建模和机理建模工具**，让专家自行开展数据挖掘和知识模型化



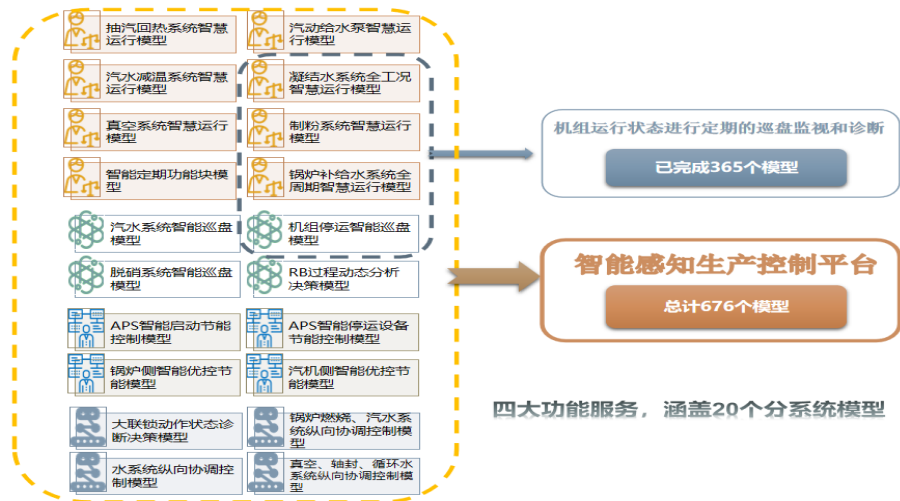
模型运行引擎
海量模型并行驱动能力，可部署在一区，实现基于模型的闭环控制

将平台**下沉至生产I区**，研发智慧运行、智慧监盘、智慧优控等模块服务于**实际生产**；同步将平台**部署至生产III区**，研发辅助经营模块，将**生产与经营相结合**，驱动生产运营体系建设。

十堰热电
一体化平台



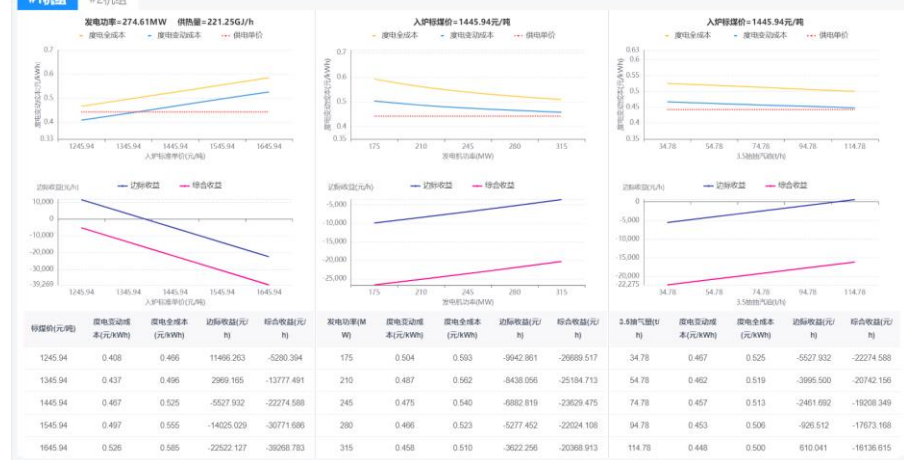
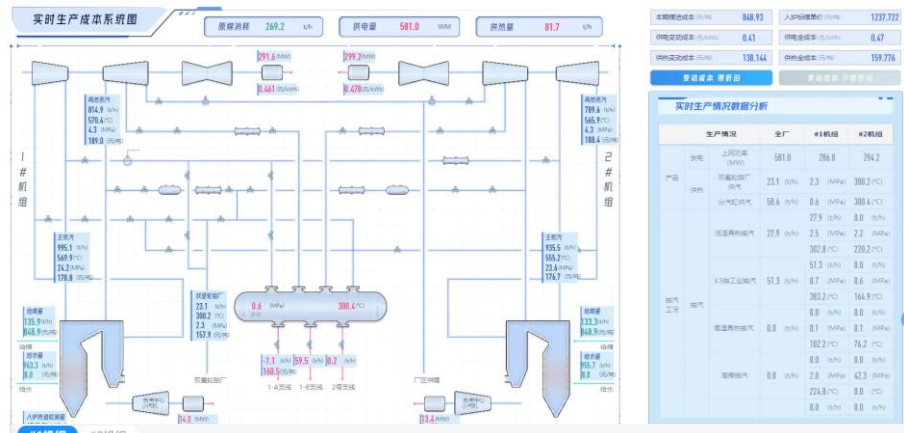
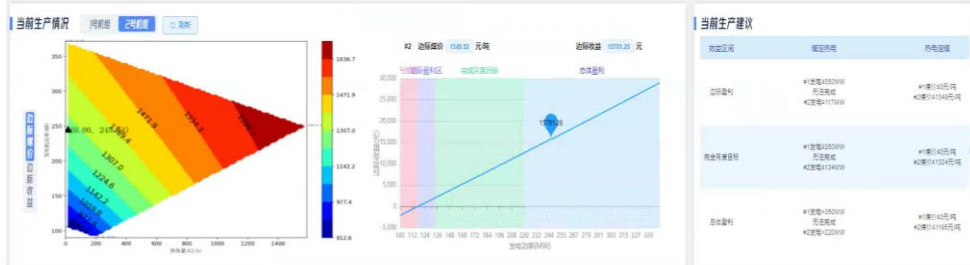
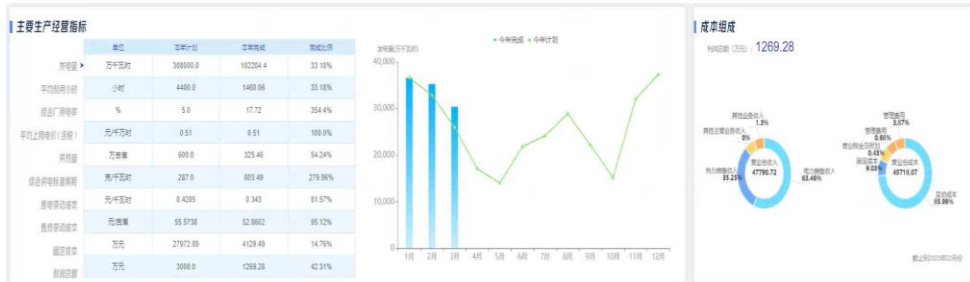
智慧运行模型-开发了包括凝结水系统、制粉系统、锅炉补给水系统、机组MFT保护系统在内的各类巡盘监视模型和状态监测评估模型**共计365个**，各类巡盘监视模型在上述系统出现**潜在异常时提前预警**，同时对设备或系统运行的**安全指标、经济指标**完成实时监测和评价，在保证上述系统运行**本质安全**的前提下，实现系统**最大化经济运行与自动巡航运行**。



六大“模型+”智慧运行体系：

- 1、生产系统数字映射多维场景展示；
- 2、生产过程数字状态监测与管理；
- 3、过程参数态势感知与自主分析；
- 4、模型+数据+知识三轮驱动故障诊断预警与自主决策；
- 5、生产过程智能寻优与优化闭环控制；
- 6、运行结果评价与进化。

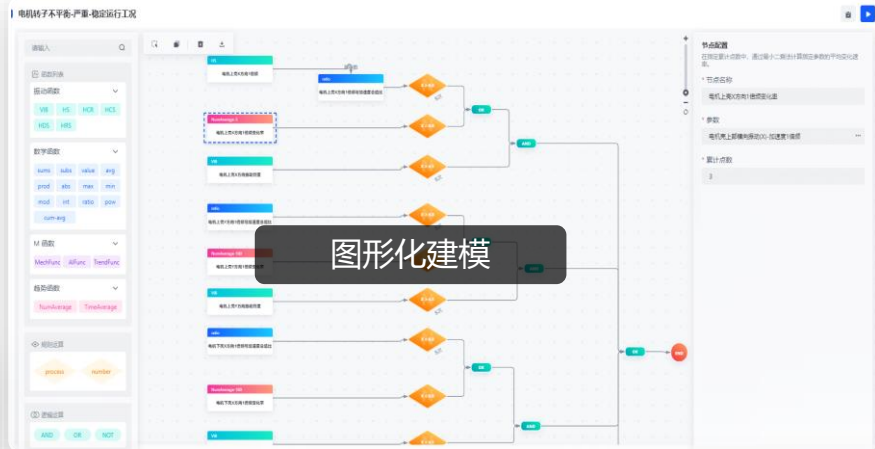
将生产和经营相结合，对**生产成本进行实时分析**，实现关键岗位参与**经营透明化、指标可视化、成本敏感化**。提供**看得懂，交互快、时效高**，数据准的经营数据，为精准制订发电计划、精细分析成本利润，精确开展电力交易等辅组决策。





当前达到的效果

平台提供了多种建模方法和路径，并提供了快速部署的建模环境，专业人员可利用此平台上建立**“0基础”**的**指标模型、数据模型、数据+机理模型、经营模型、控制模型**等，也可引入**第三方模型**等专业化模型。



模型代码

```

from qd_model import Qd_model, qishi_model
from qd_system_qd_model import Qd_model, qishi_model
cndm_model = Qd_model()
cndm_qishi_model = qishi_model
                    
```

输入参数

序号	输入参数	对应脚本参数	操作
1	A-副给水泵定频给煤机转速	a	...
2	A-副给水泵变频给煤机转速	a1	...
3	除渣器水位调节水位位置反馈	a2	...
4	副给水泵出口母管压力【均值】	a3	...
5	副给水泵流量反馈	a4	...
6	副给煤器小流量调节水位位置反馈	a5	...

第三方模型调用

```

def main():
    print("开始")
    print(data)
    print("结束")

# data.columns = [temp]
data.columns = temp
print(data)
result = cndm_qishi_model(data, cndm_model)
print(result)
print(temp[result])
print("*****")
a1 = result[0]
a2 = result[1]
pse_p = result[2]
pse_p = result[3]
pse_a = result[4]
bias_p = result[5]
bias_q = result[6]
                    
```

输出参数

序号	脚本编码	脚本位置	对应脚本参数	操作
1	UNIT022BM0035_09	母管流量反馈系数	bias_Q	...
2	UNIT022BM0035_08	母管压力反馈系数	bias_P	...

数学函数

- Subs Sums Value Avg
- Prod Abs Max Min
- Mod Int Pow Ratio
- Idec Ti Char Lag
- Var NO A V
- Base Formula Round

振动函数

- VIB HS HCR HCS
- HDS

控制函数

- SFC PID

时序函数

- OSP TON TOF

规则建模

- 规则运算
- NumRules ProRules

模型引用函数

- MechFunc AIFunc TrendFunc

趋势函数

- NumAverage TimeAverage

判断函数

- Cmp Swch Lim QC
- D(And) D(Or) D(Xor) D(Not)
- MRS

专业人员可无需开发介入，针对专业问题完成数据分析、模型建立、模型部署和页面组态，实现从问题提出、问题分析到问题解决的**完全自主可控**，专家知识以**模型形式不断注入平台**，智能程度将得到不断提升。

数据分析和模型建立



模型创建

在知识库创建模型基本信息、关联工况



数据建模

抽取历史数据，进入数据建模环境，进行建立泵的运行特性模型建模



机理建模

进入机理建模工具，搭建规则逻辑，并引用数据模型的输出，完整模型的搭建，并绑定测点



模型验证

利用样本数据对模型进行验证，减少模型上线后的漏报和误报

界面组态-实现开环指导和闭环控制



开环指导

在界面中直接查看模型输出，一旦出现报警，可以直接推送人员指导措施，以及监控闭环控制动作过程



页面组态

模型一键发布运行



模型运行结果可以回送控制系统，参与闭环控制，可送入人机交互系统用于指导。提供模型监视画面，掌握模型实时运行情况



应用实例

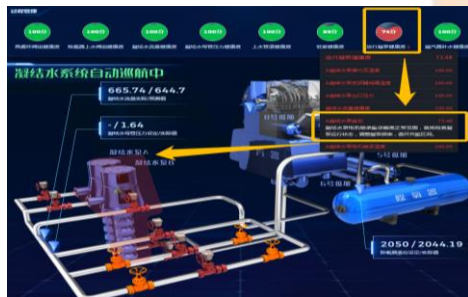
凝结水系统全工况智慧运行模型



2023年3月4日,16:27:30, 发生A凝结水泵的上轴承X振动高的情况。

模型运行

模型全周期运行

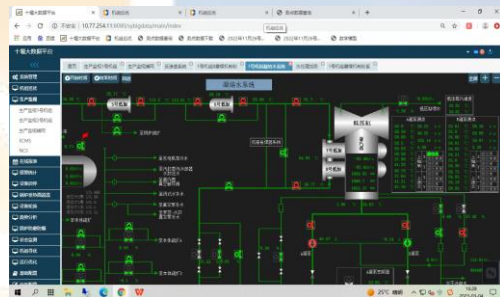


运行凝泵健康度模型已提前发出指标低提示,并精准发现是由A凝结水泵振动引起的此次警报。



应用效果

平台DCS画面



16:28:00, 现场运行人员通过DCS画面的振动高报警才发现此事, DCS预警晚于模型预警提示的时间。



模型预警时刻比DCS画面提早约**1min**左右。

应用实例

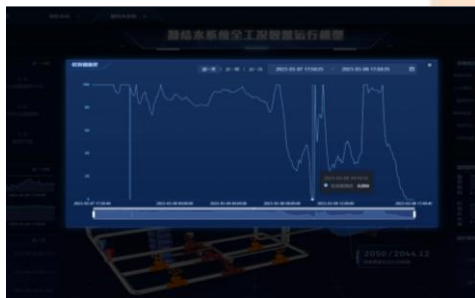
凝结水系统全工况智慧运行模型



2023年3月7日,10:17:00, 发生D低温省煤器轻微泄漏的情况。模型精准发现是由D低温省煤器泄漏引起的此次警报。

模型运行

模型全周期运行



10:16:10, D低温省煤器健康度降为0, 在之前健康度已出现下降的趋势, 泄漏情况随之健康度的降低变得严重。



应用效果

平台DCS画面

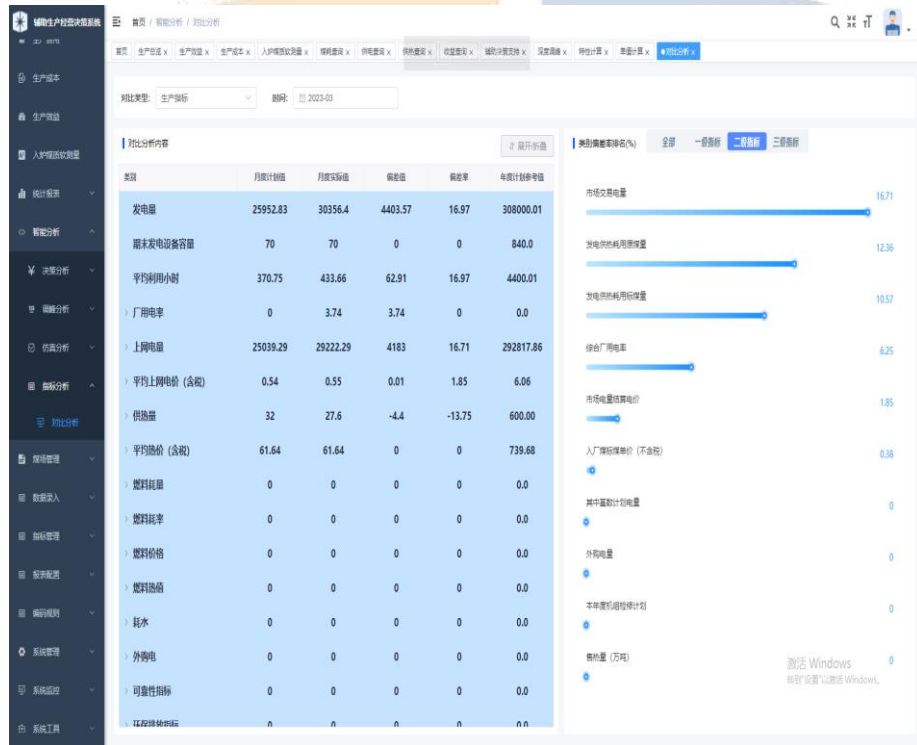
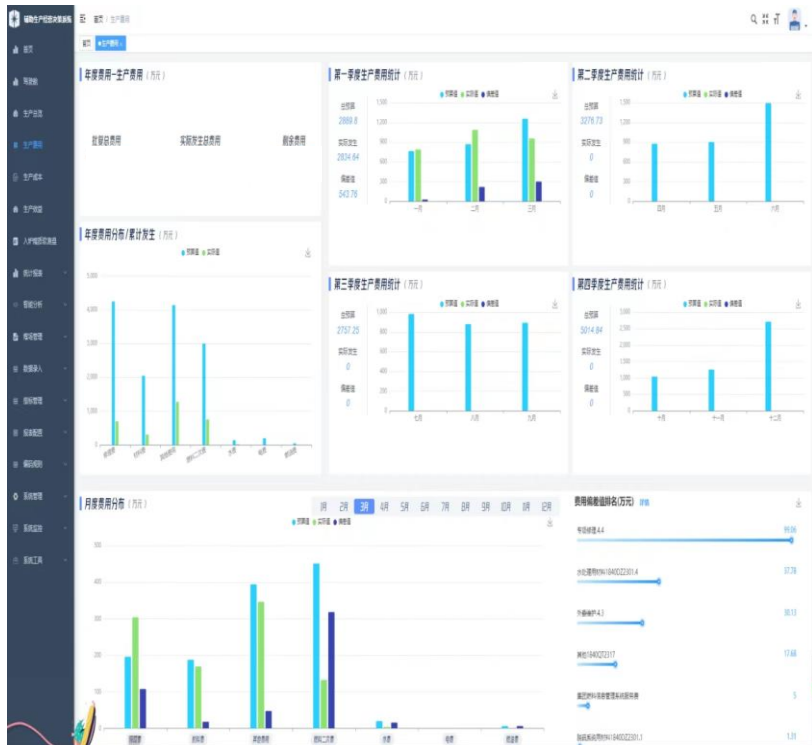


15:00:00, 现场运行人员巡检时发现D低温省煤器出现泄露情况, 并通过现场设备DCS曲线图进行确认。



模型在巡航过程中提前**5h**预警。

指标、费用进行可视化管理，对于预实差偏差大的指标按照的指标分级分类进行敏感
度分析，落实责任部门

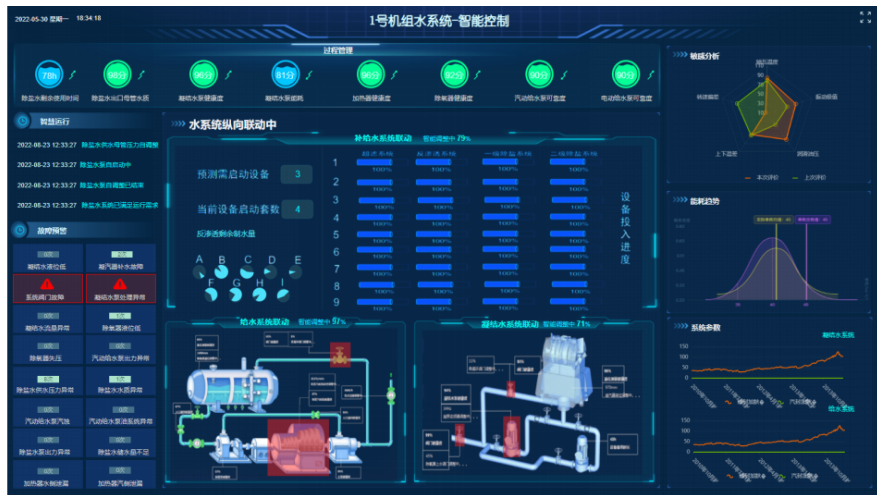


三

下阶段建设内容

下一阶段重点工作

- 一、根据现场生产实际需求不断完善、优化、开发一体化功能，打造**系统功能更全、数据传输更稳、控制品质更高**的智能生产运营一体化平台。
- 二、开发包括给水系统、抽汽回热系统、真空系统、锅炉减温水系统等智慧运行模型**共计275个**，继续探索研究智慧运行模型与生产监控相结合的建模方法，进一步**提高设备巡检自我评价能力，减少监盘人员，降低运行人员劳动强度**。
- 三、开发包括APS系统、制粉系统、汽水系统、燃烧系统等节能寻优、故障自处理闭环控制模型**共计36个**，形成**模型间横向、纵向的互联互动智能控制**，实现全流程工况自动巡航运行。
- 四、打造**生产运营数字中心**，将生产管理与智慧运行相结合，实现**设备卡片化管理**，指导设备劣化分析。



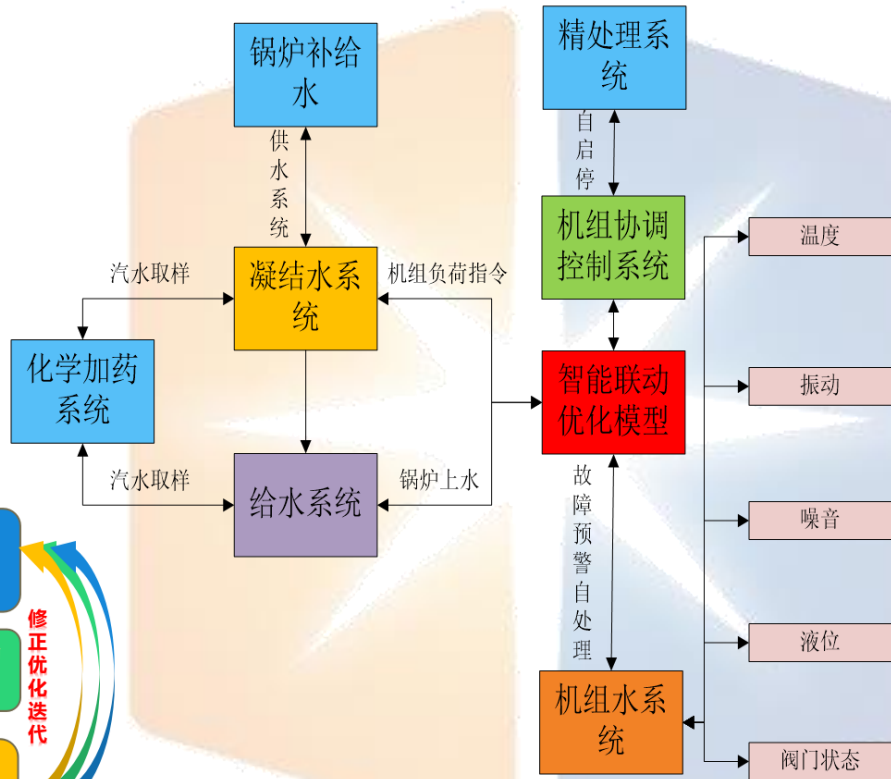
机组负荷变化时，以锅炉给水流量、除氧器液位、凝结水压力及凝结水流量为特征值建立联动控制模型，智能调控给水泵转速、凝结水泵频率，以满足除氧器上水及锅炉给水要求。

以凝汽器液位，凝结水泵频率为特征值建立凝汽器智能补水联动控制模型，及时对系统凝结水进行补充，以维持凝汽器液位稳定。

建立除盐水供水系统智能运行调节模型，保证除盐水稳定、正常供应，结合除盐水箱液位的变化特征，获得锅炉补给水系统自启停智能控制模型，从而实现辅网和主机水系统的联动控制。

修正优化迭代

修正优化迭代

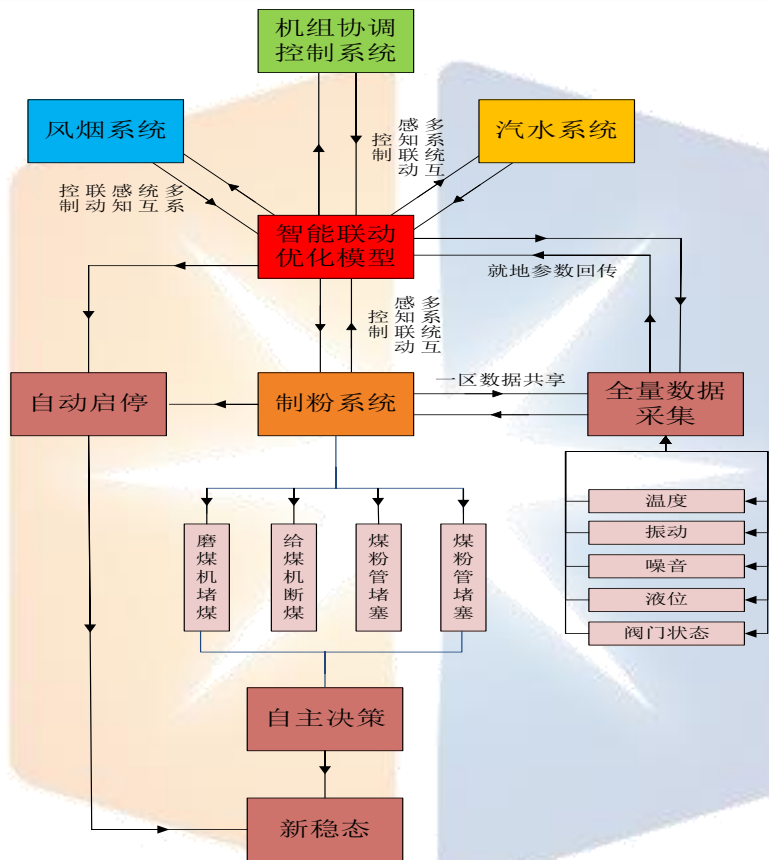


模型开发中，敬请期待.....



建立风烟、汽水及制粉系统联动控制模型，用于消除磨煤机启、停及运行调整过程对锅炉主参数（如主汽温度、主汽压力等）的影响。通过对磨煤机启停和运行调整操作过程及对锅炉主参数（如主汽温度、主汽压力等）影响因素进行机理分析，通过对风烟、汽水及其他制粉系统联动控制。

建立制粉系统故障自决策联动控制模型。提出制粉系统故障自动处理控制策略，用于消除因制粉系统参数发生变化而对锅炉主参数产生的不利影响，通过风烟、汽水及制粉系统联合控制使锅炉系统运行工况达到平衡。

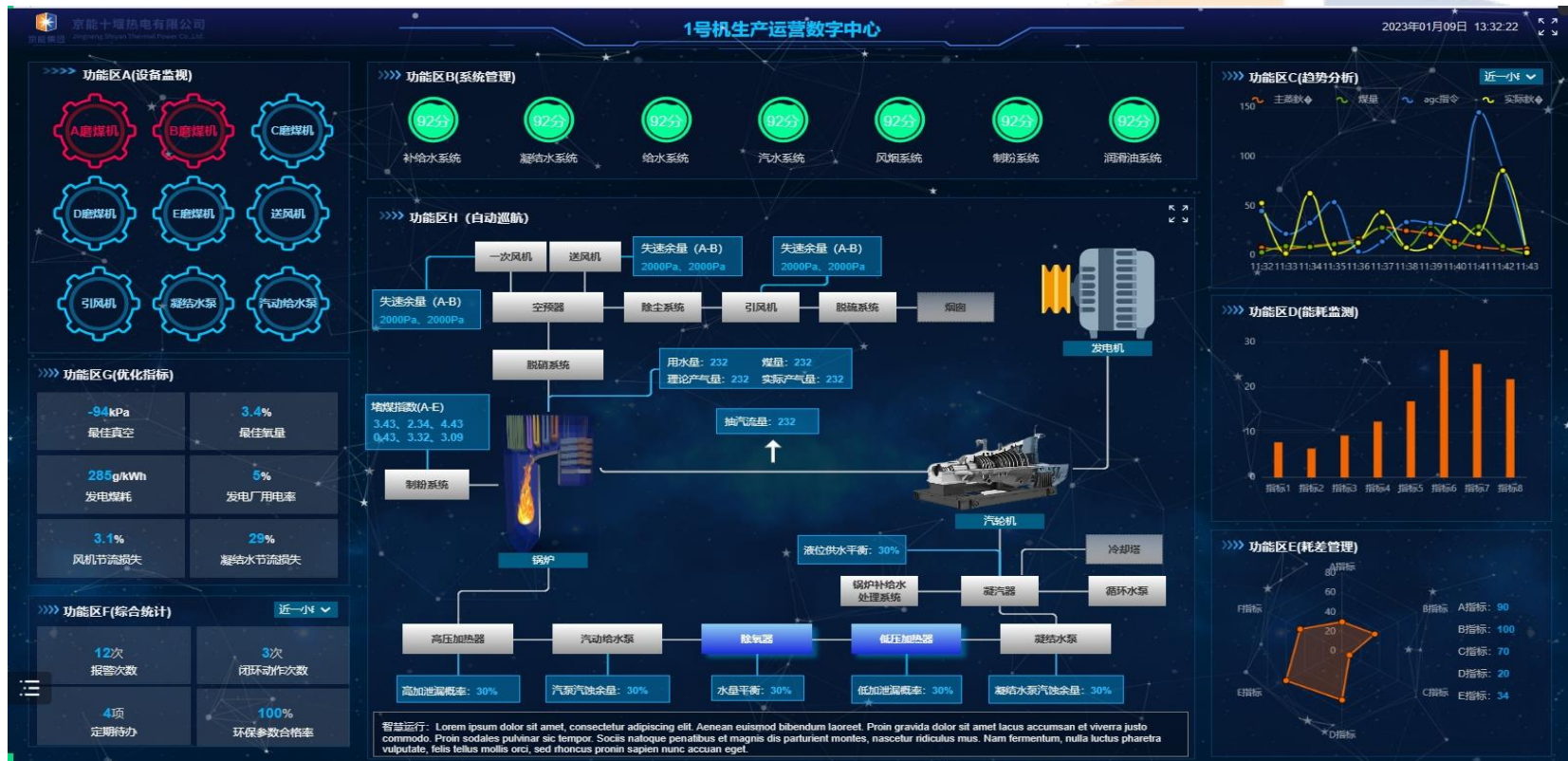


模型开发中，敬请期待.....

四

工作展望

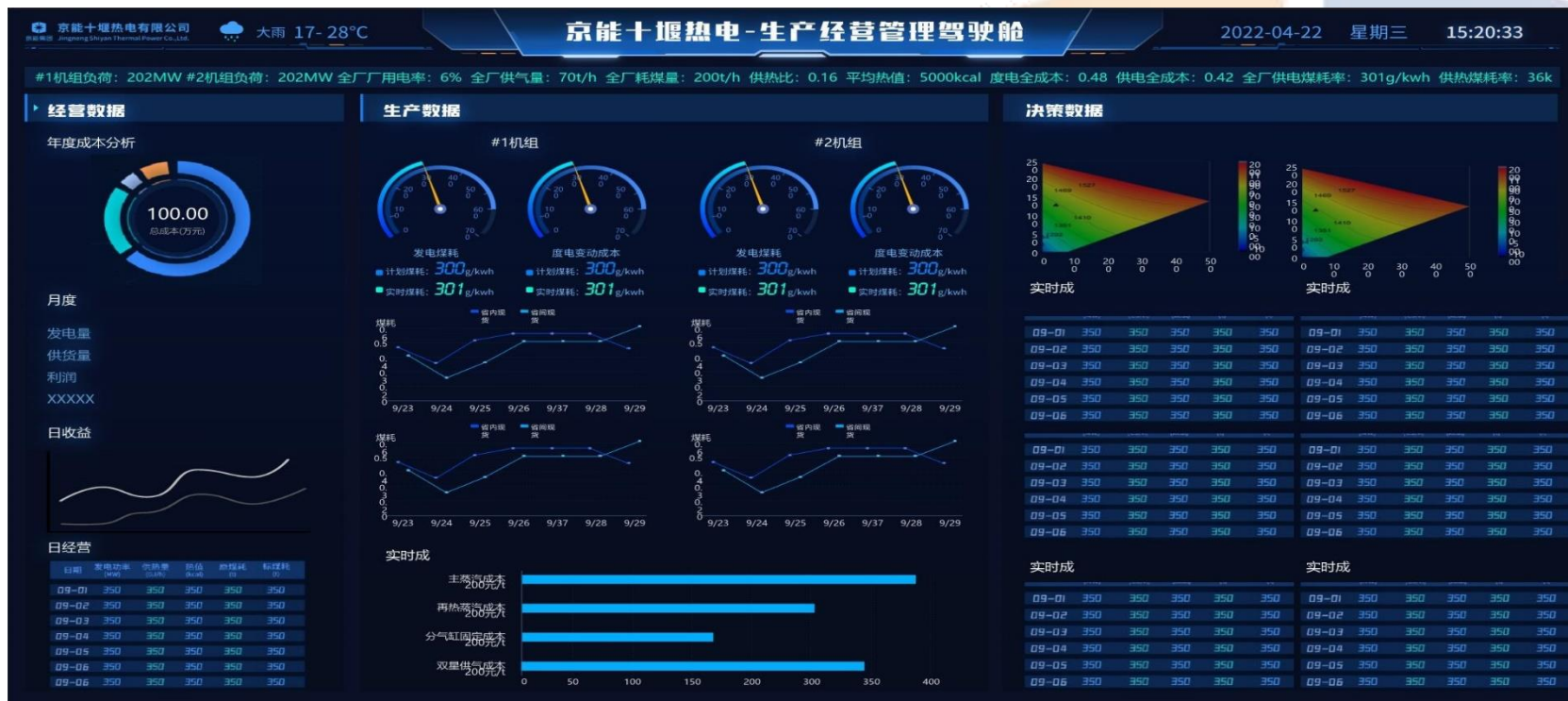
在安全、经济、高效的基础上，实现机组**自动巡航**，生产过程高度智能化。



平台基础上，将生产管理和智慧运行相结合，建立**设备卡片**，设备管理高度集中化。



重构统计和经营分析系统，构建**智慧经营系统**，经营高度透明化。





京能十堰热电有限公司
Jingneng Shiyan Thermal Power Co.,Ltd.

传递光明 温暖生活

智慧热网

智慧热网建设背景：

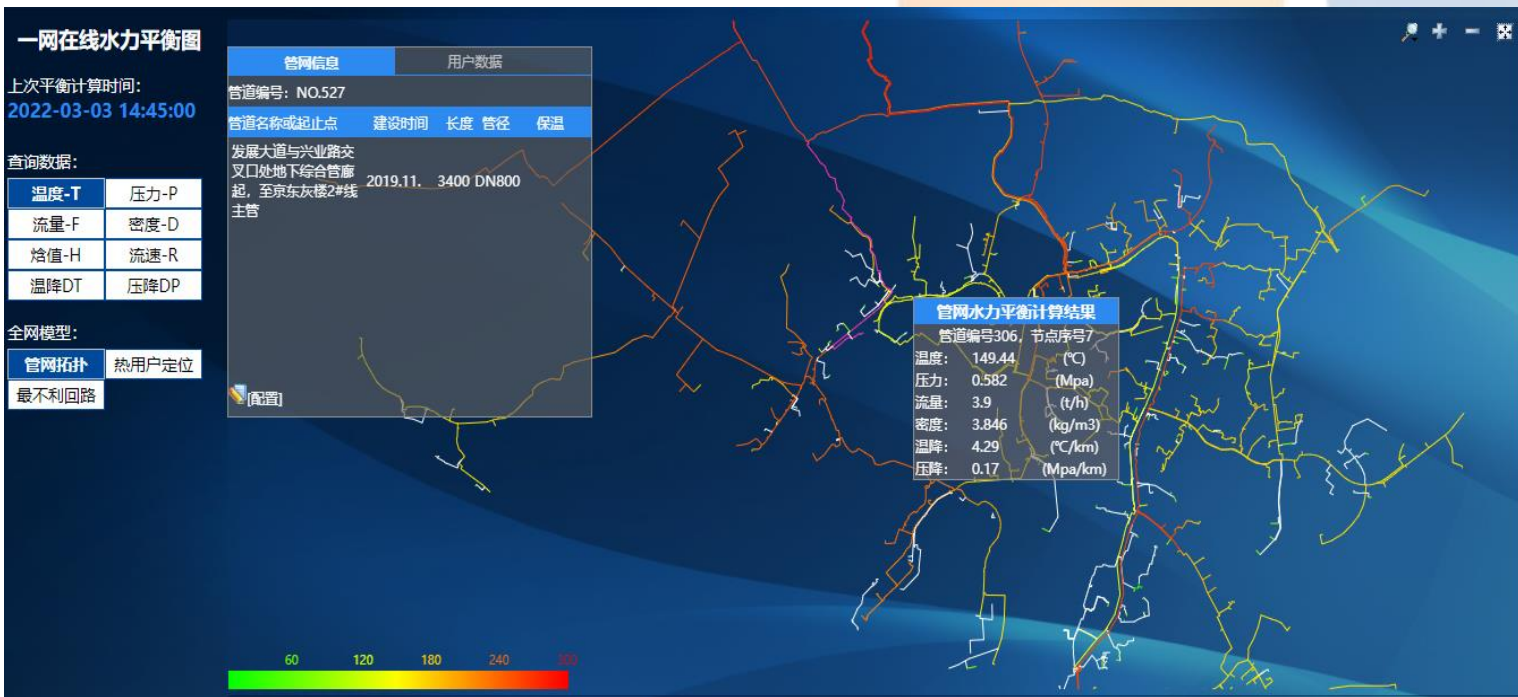
十堰市城区供热自1984年开始在全市范围内逐步推广，供热管理模式粗放老旧，生产经营的存在多个独立系统切换，水力和热力的平衡失调严重，现供热（采暖）市场需求大于热电联产机组及管网供热能力，蒸汽管网周边末端用户用热压力等参数偏低，用热效果较差，管网供热网损高达32%等问题。

智慧热网建设主要内容：

1) 优化一网水力与热力平衡做好供热源网站线户协调控制原则，根据采暖季和非采暖季用汽量季节性区别明显特点，管网内蒸汽流速、流量截然不同，除物理泄漏量因素外，决定管网损失的温降、压降因素发生本质变化。

2) 通过智能模型，找出采暖期压力与网损对应关系，指导调度运行抓住“温降、压降”核心，控制好供热压力，协调电与热的关系，明确市政府要求的保供热的民生定位，确定在大方式下“以热定电”调度原则，取得民生认同和发电收益的社会和经营的综合效益最大化。

一网水力平衡在线分析：包含33热力站数据更新，优化管网计算模型，实现GIS地图功能，同时找到最不利回路、最大压差点、最大温差点，为供热调度提供依据，为一网平衡和管网优化设计提供支撑。



一次网动态平衡：将热源生产的热量合理平衡的分配到换热站里，使用户达到同时增温，同时减温的效果，即调度热源即可控制全网。实现热源、热网调度预测控制，负荷预测模块生成的调度曲线，根据天气预报及时调整全网热负荷指标，实现动态平衡源负荷生产。



一站一优化模型：根据天气数据、热力站设备特性曲线、负荷预测数据、建筑特性、供暖用户用热习惯等，综合计算出热力站合理热负荷运行区间，指导生产；同时运算出最优采暖供水温度和差压建议值，为运行人员提供运行参考策略，从而提高供热质量，降低供热能耗。



全网热负荷预测：采集已完成33个热力站的数据，采用机器学习算法，训练生成各个热力站的供热负荷模型，在综合工业蒸汽用户、非自管站采暖用户和公司终端采暖用户供热负荷模型基础上，建立全网负荷预测模型，指导不同工况条件下的热源负荷生产。



改造后主要效果：管损由2020年的32.65%，2021年的22.92%，将至2022年的19.88%。未来继续加大管网保温治理，进一步降低管损。



智慧热网平台



智慧热网三维漫游图



智慧热网调度指挥中心



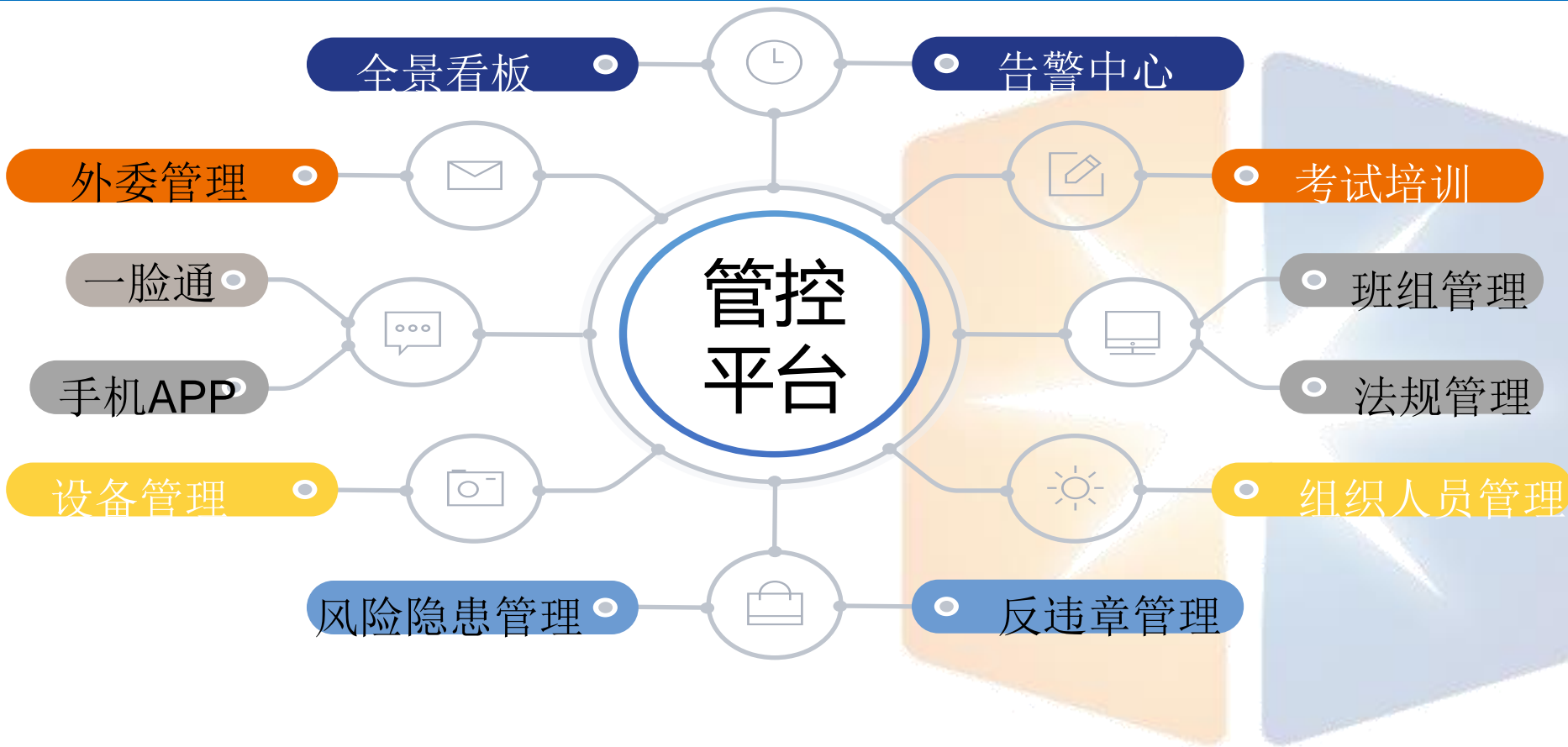
京能十堰热电有限公司

Jingneng Shiyan Thermal Power Co.,Ltd.

传递光明 温暖生活

智慧安监





● 培训
记录

● 题库
管理

● 课程
学习
学员



● 培训 ● 查询

违章
登记

违章
核准

违章
整改

违章
验收

违章
档案

违章
积分

十堰热电智能安全管控平台

反违章管理

违章时间 开始时间 - 结束时间 违章部门 请选择 违章人 请输入违章人 查询 重置 导出 展开

序号	违章编号	违章部门	违章人	违章时间	违章行为	违章地点	操作
1	20220311200734459	发电运行部		2022-03-11	不按操作规定进行操作	汽机0米	
2	20211228200622411	发电运行部		2021-12-28	不按操作规定进行操作	456	
3	20211228100317396	发电运行部		2021-12-28	不按操作规定进行操作	43	
4	20211227190439926	十堰热电		2021-12-27	不按操作规定进行操作	111	
5	20211227163731480	设备管理部		2021-12-27	不按操作规定进行操作	543	
6	20211223175101183	发电运行部		2021-12-23	不按操作规定进行操作	磨煤机	
7	20211223174439423	发电运行部		2021-12-23	不按操作规定进行操作	m2	
8	20211223173702687	发电运行部		2021-12-23	不按操作规定进行操作	www	
9	20211217145851896	发电运行部		2021-12-17	不按操作规定进行操作	323	
10	20211217144753900	发电运行部		2021-12-17	不按操作规定进行操作	231	

共 22 条 10条/页 < 1 2 3 > 前往 1 页



违章登记

违章信息

- *违章时间 2021-07-01
- *违章地点 请输入地点
- 外委工程 请选择工程
- *违章行为 请选择
- *违章类型 点击选择违章类型
- *违章级别 点击选择违章级别
- *作业类型 点击选择作业类型
- *违章部门 点击选择违章部门
- 违章人 点击选择违章人
- *违章场所 点击选择违章场所
- 违章描述 请输入违章描述
- 违章图片 最多上传四张图片,每张图片不超过5M

保存 提交

十堰热电智能安全管控平台

随手拍管理

待核实 核实通过 核实未通过

登记人: 请输入 登记日期: 2022-03-29 - 2022-04-28 问题类型: 请选择

+新增 批量删除

<input type="checkbox"/>	问题类型	问题描述	问题级别	登记日期	登记部门	登记人	操作
<input type="checkbox"/>	隐患	1、2号机底28引风机...	一般	2022-04-11	发电运行部	杜钰	0 0 0
<input type="checkbox"/>	隐患	化学综合泵房二楼酸...	一般	2022-04-06	发电运行部	廖决峰	0 0 0
<input type="checkbox"/>	隐患	化学综合泵房二楼酸...	严重	2022-04-06	发电运行部	廖决峰	0 0 0

共3条 10条/页 < 1 > 前往 1 页

十堰热电智能安全管控平台

隐患非直管理

待整改 已整改

整改期限: 开始日期 - 结束日期 整改人: 请输入 责任部门: 请选择

搜索 重置 展开

问题类型	问题描述	整改期限	问题级别	责任部门	责任人	操作
文明治理	墙面脏污严重	2022-04-30	一般	设备管理部	陈杰	0 0 0
文明治理	化学运行值班室墙面脱漆	2022-04-30	一般	设备管理部	陈杰	0 0 0
文明治理	1号电除尘室引风机...	2022-04-20	一般	发电运行部	李闯	0 0 0
缺陷	供气中心附近的氧管...	2022-03-31	一般	设备管理部	潘敏江	0 0 0
文明治理	2号机组除氧器顶部腐...	2022-03-30	一般	设备管理部	杨泽皓	0 0 0
文明治理	煤仓间布袋除尘器1号...	2022-03-30	一般	设备管理部	陈杰	0 0 0
文明治理	供气中心空压机出口...	2022-03-25	一般	设备管理部	潘敏江	0 0 0
文明治理	1、2号电收尘出口管...	2022-03-21	一般	设备管理部	潘敏江	0 0 0
缺陷	564	2021-12-28	一般	发电运行部	刘户	0 0 0

共9条 10条/页 < 1 > 前往 1 页



京能十堰热电有限公司
Jingneng Shiyan Thermal Power Co.,Ltd.

传递光明 温暖生活

欢迎各位专家批评指正!