

ICS 25.040.40

CCS N10

T 团 体 标 准

T/TMAC ×××—2023

煤电环保数字化控制平台建设指南

Guide for construction of digital control platform for coal power environmental protection

（征求意见稿）

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

已授权的专利证明材料为专利证书复印件或扉页，已公开但尚未授权的专利申请证明材料为专利公开通知书复印件或扉页，未公开的专利申请的证明材料为专利申请号和申请日期。

××××-××-××发布

××××-××-××实施

中国技术市场协会 发布

中国技术市场协会（TMAC）是科技领域内国家一级社团，以宣传和促进科技创新，推动科技成果转移转化，规范交易行为，维护技术市场运行秩序为使命。为满足市场需要，做大做强科技服务业，依据《中华人民共和国标准化法》《团体标准管理规定》，中国技术市场协会有序开展标准化工作。本团体成员和相关领域组织及个人，均可提出修订 TMAC 标准的建议并参与有关工作。TMAC 标准按《中国技术市场协会团体标准管理办法》《中国技术市场协会团体标准工作程序》制定和管理。TMAC 标准草案经向社会公开征求意见，并得到参加审定会议多数专家、成员的同意，方可予以发布。

在本文件实施过程中，如发现需要修改或补充之处，请将意见和有关资料反馈至中国技术市场协会，以便修订时参考。

本文件著作权归中国技术市场协会所有。除了用于国家法律或事先得到中国技术市场协会正式授权或许可外，不许以任何形式复制本文件。第三方机构依据本文件开展认证、评价业务，须向中国技术市场协会提出申请并取得授权。

中国技术市场协会地址：北京市丰台区万丰路 68 号银座和谐广场 1101B。

邮政编码：100036 电话：010-68270447 传真：010-68270453

网址：www.ctm.org.cn 电子信箱：136162004@qq.com

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 缩略语 2

5 煤电环保数字化控制平台系统架构、硬件及网络 3

 5.1 煤电环保数字化控制平台架构 3

 5.2 硬件架构 4

 5.3 生产控制网规范 5

6 智能控制技术 6

 6.1 环保装置自启停（APS） 6

 6.2 工艺系统设备智能定期自启停控制 7

 6.3 系统智能优化控制 7

7 智能分析技术 8

 7.1 概述 8

 7.2 智能分析内容 8

 7.3 智能分析的方法 8

8 智能监盘技术 9

 8.1 概述 9

 8.2 系统架构 9

 8.3 算法模型 9

 8.4 评价内容 9

9 智能故障溯源技术 10

 9.1 概述 10

 9.2 智能故障溯源内容 10

10 智能预警技术 11

 10.1 技术描述 11

 10.2 机理建模方法 11

 10.3 数据分析方法 11

 10.4 人工智能方法 11

 10.5 智能预警内容 11

参考文献 13

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件由国能龙源环保有限公司提出。

本文件由中国技术市场协会归口。

本文件起草单位：国能龙源环保有限公司、××××××××。

本文件主要起草人：×××、×××、×××、×××、×××、×××。

煤电环保数字化控制平台建设指南

1 范围

本文件给出了煤电环保数字化控制平台建设原则，并提供了控制平台的架构、网络、功能等方面的指导和建议。

本文件适用于燃煤电厂脱硫、脱硝、除尘及输灰系统数字化控制平台建设。

2 规范性引用文件

本文件没有规范性引用文件。

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件

3.1

生产控制网 production control network

连接分布在生产现场不同地点（如车间、工段、单元等）的工业控制设备，用于完成生产现场控制、监测和管理的信息交互。

3.2

高级应用服务网 advanced application service network

独立于实时控制数据网络，用于在数据存储服务器、数据计算服务器、高性能实时数据库、人机界面站等之间进行高强度数据交互。

3.3

智能控制器 intelligent controller

与常规控制器相比，可提供更高性能的硬件资源，保证先进控制算法、智能优化算法的高可靠、高实时运行和维护环境，同时高度开放。

3.4

常规控制器 conventional controller

硬件主频在 500MHz 及以下，内存在 256MB 及以下，其他性能参数满足火电厂分散控制系统相关技术规范，可满足分散控制系统（DCS）正常控制算法计算和运行需要的分散处理单元（DPU）。

3.5

大数据 big data

具有体量巨大、来源多样、生成极快、且多变等特征并且难以用传统数据体系结构有效处理的包含大量数据集的数据。

注：国际上，大数据的 4 个特征普不加修饰地直接用 volume variety、velocity 和 ariability 予以表述，并分别赋予了它们在大数据语境下的定义：

- a) 体量 volume;构成大数据的数据集的规模。
- b) 多样性 variety:数据可能来自多个数据仓数据领域或多种数据类型
- c) 速度 velocity;单位时间的数据流量。
- d) 多变性 variability:大数据其他特征，即体量、速度和多样性等特征都处于多变状态。

[来源：GB/35295-2017, 2.1.1]

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

APS 机组自启停系统 (Automatic Process System)

ADRC 自抗扰控制 (Active Disturbance Rejection Control)

BP 反向传播 (Back Propagation)

DCS 分散控制系统 (Distributed Control System)

DPU 分散处理单元 (Data Processing Unit)

FGD 烟气脱硫 (Flue Gas Desulfurization)

pH 酸碱度 (Potential of Hydrogen)

PLC 可编程逻辑控制器 (Programmable Logic Controller)

I/O 输入/输出 (Input/Output)

ICS 智能控制系统 (Intelligence Control System)

IMC 内模控制 (Internal Model Control)

GPC 广义预测控制 (Generalized Predictive Control)

GPU 图形处理器 (Graphics Processing Unit)

LSTM 长短期记忆网络 (Long Short-Term Memory)

MCS 模拟量控制系统 (Modulating Control System)

MMI 人一机接口站 (Man-Machine interface)

MIMO 多输入多输出 (Multi Input Multi Output)

RAID 磁盘冗余阵列 (Redundant Arrays of Independent Disks)

SCR 选择性催化还原法 (Selective Catalytic Reduction)

SCS 顺序控制系统 (Sequence Control System)

5 煤电环保数字化控制平台系统架构、硬件及网络

5.1 煤电环保数字化控制平台架构

5.1.1 平台架构图

煤电环保数字化控制平台（下称“数字化平台”）整体建设包括基础设施层、平台层、应用层和交互层共四层的统一架构，架构图见图 1。



图 1 煤电环保数字化控制平台架构图

5.1.2 基础设施层

基础设施层是整个平台的支撑层，为其他各层提供基础类库服务，包括工业控制设备和生产控制网络等。

- 工业控制设备是数字化平台的基本类硬件，宜包含以下两部分：一是DCS、现场总线控制系统（FCS）等传统的硬件设备，二是智能控制器、智能计算平台服务器、实时数据库服务器、数据可视化平台服务器等为智能化建设提供硬件支持的设备。
- 生产控制网包含但不限于以下三种网络：I/O 通讯网、实时控制网和高级应用服务网。

5.1.3 计算平台层

计算平台层对设施层集成的生产数据进行加工处理，并将加工后的数据传输到应用层。
计算平台层包含但不限于以下平台：

- 数据分析平台：通过数据建模和机理建模进行数据的一次加工。
- 智能控制平台：支持先进控制策略与智能控制策略的组态、执行与维护。
- 智能计算平台：主体框架由流式计算和知识计算构成，包含智能算法和时序任务。

5.1.4 应用层

应用层提供具体应用，包含但不限于以下业务应用：

- 智能控制；
- 智能监盘；
- 智能定期；
- 智能预警；
- 故障溯源处理；
- 智能分析。

5.1.5 交互层

宜通过操作员站、服务器、工程师站完成信息监视、设备遥控，打造交互友好，人机协调的智能人机交互层。

5.2 硬件架构

5.2.1 智能计算服务器

包括但不限于以下配置：

- 宜根据计算强度需求进行选型配置，一般支持集群式架构，可支持图形处理器（GPU）多核并行计算；
- 可支持冗余配置；
- 提供与智能控制器相同的算法组态和运行环境以及可靠高效的接口，各种高级应用能够利用这一环境和实时历史数据库进行复杂的寻优和智能计算、功能扩展。

5.2.2 实时数据库服务器

包括但不限于以下配置：

- 宜采用机架式服务器；
- 处理器宜适应数据库系统功能要求；
- 内存宜满足所采集的标签点的容量要求；
- 宜配置可热插拔的冗余电源系统和冗余风扇散热系统；
- 存储系统宜采用独立的磁盘冗余阵列（RAID），存储技术宜为 RAID10 或 RAID5，存储容量宜大于 2T；
- 可根据需要配置为集群方式。

5.2.3 智能控制器

包括但不限于以下配置：

- 宜配置实时计算能力优于常规控制器的智能控制器，以保证智能发电平台先进控制和智能算法对高可靠、高实时运行和维护环境的要求；
- 宜具有与常规控制器一致的扫描周期和负荷率要求、网络接口方式与可靠性设计。
- 宜封装及加载定制的先进控制算法库，供控制组态和调用；
- 通过两种方式兼容第三方算法：宏算法封装、算法容器。宏算法采用系统已有基础算法模块搭建并封装，算法容器可将第三方独立开发的 d11 文件加载运行。

5.3 生产控制网规范

5.3.1 I/O 通讯网

宜满足以下要求：

- 实现 DCS 过程控制器与 I/O 模块之间的信息交互；
- 宜保证各 I/O 模块、外设仪表和设备与 DPU、各人一机接口站（MMI）数据通信的可靠性；
- 各 DPU 的 I/O 通信网络宜互相独立；
- 采用串行通信方式时，速率宜不低于 1Mbit/s；采用并行通信方式时，速率宜不低于 256kbyte/s；
- 宜保证控制处理器在其运算处理周期内，与不超过最多允许数量的所有的 I/O 模块完成数据通信；
- 采用现场总线技术的系统可增加现场设备级通讯网络；
- 现场总线设备级通信网络宜采用符合国际电工委员会现场总线国际标准的网络结构和协议，连接现场总线智能仪表和设备。

5.3.2 实时控制网

宜满足以下要求：

- 宜保证 DCS 的各 DPU、MMI 之间数据通信的可靠性；
- 通信网络节点间距离小于 80m 可采用通信电缆（双绞线），大于 100m 距离建议采用光纤；
- 宜采用符合国际电工委员会或国际标准化组织的国际标准通信协议；
- 网络节点的通信速率宜达到 100Mbit/s；
- 冗余的实时控制网宜采用同时工作的方式，当发生单一数据通信网络故障或错误时，不应引起系统数据通信网络的故障或错误；
- 每台单元机组通信网络宜设置单独的网络或网段，单元机组公用系统也宜设置单独的网络或网段。

5.3.3 高级应用服务网

宜满足以下要求：

- 高级应用服务网宜独立于实时控制网，专门用于在计算服务器、大型实时数据库、人机界面站等之间传输大数据量的高级应用实时数据；
- 高级应用实时数据建议与实时控制数据分流，以确保实时控制网高实时、高可用；
- 网络节点的通信速率建议达到 1000Mbit/s；
- 设计智能运行控制系统（ICS）厂级通信网络，宜包含实时控制网和高级应用服务网；
- 各类服务器上运行的应用功能如需使用历史数据，宜通过高级应用服务网与实时数据库交互。

6 智能控制技术

6.1 环保装置自启停（APS）

6.1.1 概述

环保装置自启停（APS）是基于运行操作流程优化的智能控制技术，将智能化与常规 DCS 系统顺序控制系统（SCS）、模拟量控制系统（MCS）等系统功能有机融合，实现环保装置和设备在启动/停止及各种常用生产运行工况间的自动、灵活、快速、稳定切换功能。

6.1.2 功能及技术性要求

包含但不限于以下要求：

- 系统结构：APS 系统宜四层结构，即环保装置控制级、功能组控制级、功能子组控制级和设备驱动级。

- 功能组设置：功能组是相对独立且完整的控制单元，功能组设计宜充分考虑控制流程的完整性。宜包括吸收塔启停功能组、石膏排出启停功能组、石灰石浆液制备功能组等。
- 全程控制系统要求：要实现 APS 功能，MCS 必须完成全程自动调节，MCS 融合到 APS 中并作为其一部分。
- APS 与各系统接口、人机接口要求：包括 APS 与 MCS、SCS、PLC 之间的接口要求；包括 DCS 画面设计方面的要求等。
- APS 智能化要求：包含 APS 智能自动寻优与最佳策略匹配、状态评估与故障诊断、软测量技术等方面的要求。

6.2 工艺系统设备智能定期自启停控制

6.2.1 概述

根据设备本身特有工艺特性和设备轮换管理工作要求设定设备定期切换自启停规则，同时考虑作为子系统根据工艺要求进行的设备自启停，并将两者有机结合，利用智能算法计算运行当量累计时间进行设备定期切换。

6.2.2 设备的智能定期控制

包括但不限于以下智能定期控制功能：

- 石灰石供浆泵定期控制；
- 工业水泵定期控制；
- 工艺水泵定期控制；
- 过滤水泵定期控制；
- 石膏浆液溢流泵定期控制；
- 石膏浆液排出泵定期控制；
- 吸收塔地坑泵定期控制；
- 滤布冲洗泵定期控制；
- 真空皮带机定期控制；
- 磨机再循环泵定期控制；
- 湿式球磨机定期控制。

6.3 系统智能优化控制

6.3.1 概述

系统设计技术路线采用 MIMO 传递函数模型为连续控制模型，应用 BP、LSTM 等算法对部分参数进行超前预测，利用机理模型、专家模型、决策树等算法将预测参数转换为控制前馈，

利用 ADRC、GPC、IMC 等方式设计控制系统，实现复杂对象的经济智能连续控制。

6.3.2 智能控制内容

包括但不限于以下智能控制功能：

- 氧化风系统智能控制；
- 吸收塔及 AFT 塔浆液 pH 值智能控制；
- 出口 SO₂ 浓度控制；
- 循环泵变频与 pH 耦合置换优化控制；
- 石膏厚度智能控制；
- 浆液密度控制；
- 旋流子变个数动态控制；
- 脱硝 SCR 反应器 A/B 侧出口 NO_x 浓度智能控制；
- 烟囱出口 NO_x 浓度控制；
- 干输灰系统智能控制；
- 电除尘高频电源二次电压（电流）智能控制；
- 湿除冲洗智能控制；
- 湿除电场智能定期启停等智能控制系统。

7 智能分析技术

7.1 概述

智能分析可采用机理建模、数据分析、机器学习等方法，实时处理生产运行中产生的大量数据，计算出机组安全、经济、环保等各项指标，在线评价机组运行状态；进行智能寻优，计算参数的最优标杆值，并实时给出当前偏差，指导运行消差或投入自动校正回路，使机组实现自趋优运行。

7.2 智能分析内容

包括但不限于以下内容：

- 物耗和能耗评价分析；
- 小指标竞赛智能统计与分析；
- 运行工况优化指导。

7.3 智能分析的方法

7.3.1 以环保岛海量运行数据为基础，从这些“正常”的运行数据中挖掘环保岛各可调参数与环保岛效率及经济性的关系。

7.3.2 根据环保岛输入参数对运行工况进行划分，在某一个工况簇下，以所有可调参数与环

保岛效率及经济性组成的数据集为基础。

7.3.3 宜采用模糊粗糙集属性约简方法对可调参数进行约简，删除冗余或不重要的参数。

7.3.4 通过规则生成的方法以环保岛经济性为目标对各参数进行设定值优化。

8 智能监盘技术

8.1 概述

通过对各子系统运行指标参数进行实时追踪，根据历史数据寻优建模，同时结合机理模型，对各子系统运行指标和设备参数进行实时评价，给出量化得分，建设涵盖环保岛全部DCS参数建模的智慧监盘，实现全系统参数智能预测和评价。

8.2 系统架构

包括：参数的控制范围原则、参数权重级别设定要求、参数应急级别设定要求、参数级评价规则、模块级评价、系统评价规则等。

8.3 算法模型

通过对目标参数及其关联参数进行建模寻优，确定参数最优动态期望值。

8.4 评价内容

评价内容包含但不限于以下系统及其包含的其下属子系统评价、设备评价、参数评价：

- 吸收塔系统；
- AFT塔系统；
- 氧化风系统；
- 磨制系统；
- 脱水系统；
- 上料系统；
- 辅助系统；
- 电气系统；
- 尿素水解系统；
- 尿素溶液输送及储存系统；
- 脱硝烟气系统；
- 水解公用系统；
- 尿素溶液制备系统；
- 湿除烟气系统；
- 湿除喷淋冲洗水系统；

- 湿除废水排放系统；
- 湿除热密封风系统；
- 湿除电气系统；
- 布袋除尘器清灰系统；
- 布袋除尘预涂灰系统；
- 布袋除尘器配电系统；
- 气化风机系统；
- 气力输灰系统；
- 压缩空气系统；
- 灰库系统。

9 智能故障溯源技术

9.1 概述

智能故障可采用机理建模、数据分析、机器学习等方法，基于逻辑故障树的分析法，提炼出专家经验，建立逻辑故障树的标准分析方法，对已发生过的故障现象进行综合分析，提取故障典型特征，制定报警及控制策略。

9.2 智能故障溯源内容

故障溯源功能溯源以下故障：

- 吸收塔地坑液位高；
- 吸收塔溢流；
- 汽水分离器液位高；
- 皮带机真空度异常；
- 工艺水母管压力低；
- 石灰石浆液密度低；
- 再循环箱液位异常故障；
- 吸收塔塔内浆液密度高；
- 吸收塔 pH 值高；
- 循环泵出力下降；
- 电除尘（湿除）本体短路跳闸；
- 电除尘（湿除）效率低；
- 干输灰系统不启动；
- 湿除高频电源故障；
- 湿除冲洗水泵故障；

- 湿除气源压力异常；
- 湿除气动门故障；
- 布袋除尘旋转喷吹电机故障；
- 布袋除尘膜片异常；
- 布袋除尘气源压力异常；
- 布袋除尘电加热器异常；
- 气化风机异常；
- 喷水减温系统故障等。

10 智能预警技术

10.1 技术描述

采用机理建模、数据分析、人工智能等方法，根据设备运行状况或参数本身的变化趋势，在故障发生的早期或是潜在阶段，提前发现异常并发出故障预警，便于消除系统运行的潜在隐患。

10.2 机理建模方法

根据工艺流程内在机理，大量样本数据基础上采用机器学习方法进行模型训练，得到故障预测模型。

10.3 数据分析方法

包括：数据降维方法、特征工程方法、统计分析方法、相似度聚类方法等。

10.4 人工智能方法

包括：BP、LSTM 等神经网络法、故障树等方法。

10.5 智能预警内容

智能预警包含但不限于以下功能：

- 石膏浆液旋流子堵塞预警；
- 搅拌器叶片脱落预警；
- 浆液循环泵入口管道沉积预警；
- 石膏浆液旋流子沉沙嘴磨损预警；
- 石灰石湿式球磨机加钢球预警；
- 磨机再循环箱沉积预警；
- 除雾器堵塞预警；
- 最低喷氨温度；

- 火花率升高；
- 二次电流波动大；
- 干输灰系统控制逻辑不启动延时；
- 灰斗高料位、除灰空压机超压（欠压）；
- 湿除二次电流低、高频电源闪络预警；
- 冲洗水压力高（低）；
- 绝缘子加热器温度高；
- 布袋差压高；
- 喷吹母管压力高（低）；
- 输灰压力高（低）；
- 输灰堵灰；
- 灰库料位高；
- 灰斗料位高；
- 仓泵料位高。

参 考 文 献

- [1]GB/T 20269 信息安全技术 信息系统安全管理要求
- [2]GB/T 20273 信息安全技术 数据库管理系统安全技术要求
- [3]GB/T 20438 电气/电子/可编程电子安全相关系统的功能安全
- [4]GB/T 21109 过程工业领域安全仪表系统的功能安全
- [5]GB/T 26863 火电站监控系统术语
- [6]GB/T 30976 工业控制系统信息安全
- [7]GB/T 35295-2017 信息技术 大数据 术语
- [8]GB/T 50549 电厂标识系统编码标准
- [9]GB 50174 电子信息系统机房设计规范
- [10]GB 50660 大中型火力发电厂设计规范
- [11]DL/T 701 火力发电厂热工自动化术语
- [12]DL/T 774 火力发电厂热工自动化系统检修运行维护规程
- [13]DL/T 924 火力发电厂厂级监控信息系统技术条件
- [14]DL/T 1022 火电机组仿真机技术规范
- [15]DL/T 1212 火力发电厂现场总线设备安装技术导则
- [16]DL/T 1492 火力发电厂优化控制系统技术导则
- [17]DL/T 5175 火力发电厂热工控制系统设计技术规定
- [18]DL/T 5226 发电厂电力网络计算机监控系统设计技术规程
- [19]DL/T 5428 火力发电厂热工保护系统设计规定
- [20]DL/T 5456 火力发电厂信息系统设计技术规定
- [21]DL/T 5512 火力发电厂热工检测及仪表设计规程
- [22]T/CEC 164 火力发电厂智能化技术导则
- [23]国家能源局（2018）72号文关于加强电力行业网络安全工作的指导意见
- [24]国家能源局电力行业网络与信息安全管理办法 国能安全（2014）317号
- [25]国家能源局电力行业信息安全等级保护管理办法 国能安全（2014）318号
- [26]工业和信息化部工业控制系统信息安全防护指南 工业和信息化部 2016.10
- [27]发电厂并网运行管理规定 国家电力监察委员会 2011.1