

ICS 27.060.01

CCS N10

# 团体标准

T/CI 063-2022

## 锅炉燃烧优化先进控制系统

Boiler Combustion Optimal Energy-Saving Control System

2022-9-15 发布

2022-9-15 实施

中国国际科技促进会 发布

## 目次

前言.....	1 1
1 范围.....	1
2 规范性的引用文件.....	1
3 术语和定义.....	2
4 技术要求.....	5
5 锅炉燃烧优化先进控制系统实施基础.....	7
6 试验内容.....	9
7 锅炉燃烧优化先进控制系统.....	11
8 施工、安装.....	14
9 检验规则.....	15
10 标志、包装、运输和贮存.....	15
附录 A.....	16
附录 B.....	16
附录 C.....	17
附录 D.....	17
附录 E.....	17
附录 F.....	18

## 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》起草。

某些内容可能涉及专利，本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本文件由西安理工大学提出。

本文件由中国国际科技促进会归口。

本文件由西安理工大学、西安艾贝尔科技发展有限公司、西安交通大学、西安热工研究院有限公司、中国石油天然气股份有限公司独山子石化分公司、榆林榆神工业区清水源热电有限公司、榆林禾信和元环保科技有限公司。

本文件主要起草人：弋英民、刘柏均、崔栋刚、张浩、张新雨、苑易伟、李艳恺、沈乾坤、徐宝平、陈轶敏、田黎、尚秦玉、范强、郗建军、刘彦平、董连平、郑润生、郭鑫、武莉。

本文件为首次发布。

# 锅炉燃烧优化先进控制系统

## 1 范围

本文件规定了锅炉燃烧优化先进控制系统的技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输和贮存。

本文件适用于电力、供汽、供暖行业以燃煤锅炉为主体的锅炉燃烧优化先进控制系统（以下简称 AI COSYS）。其他类型（行业）的锅炉燃烧优化先进控制系统的设计、开发亦可做参考。

## 2 规范性的引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

GB/T 11943-2008	电工名词术语 锅炉
GB/T 2900.48-2008	锅炉制图
GB/T 34912-2017	工业锅炉系统节能设计指南
GB/T 34348-2017	电站锅炉技术条件
GB/T 38553-2020	工业锅炉系统节能管理要求
GB 24500-2020	工业锅炉能效限定值及能效等级
GB/T 39777-2021	节能量测量和验证技术要求 工业锅炉系统
GB/T10184-2015	电站锅炉性能试验规程
GB/T 10180-2017	工业锅炉热工性能试验规程
GB/T 19215.1-2003	电气安装用电缆槽管系统 第1部分：通用要求
GB50217	电力工程电缆设计规范
GB4793-2007	电子测量仪器安全要求
DL/T435	电站煤粉锅炉炉膛防爆规程
DL/T715	火力发电厂金属材料选用导则
DL/T752	火力发电厂异种钢焊接技术规程
DL/T777	火力发电厂锅炉耐火材料技术条件
DL/T869	火力发电厂焊接技术规程
DL/T5175	火力发电厂热工控制系统设计技术规定

DL/T5182	火力发电厂热工自动化就地设备安装、管路、电缆设计技术规定
DL/T5161.5	电气装置安装工程质量检验及评定规程 第5部分：电缆线路施工
DL/T5240	火力发电厂燃烧系统设计计算技术规程
GB 13271-2014	锅炉大气污染物排放标准
GB/T 5468-1991	锅炉烟尘测试方法
GB/T 1921-2004	工业蒸汽锅炉参数系列
DL 5190-2019	电力建设施工技术规范
GBT 15464-1995	仪器仪表包装通用技术条件
GB/T 17678.1-1999	CAD 电子文件光盘存储、归档与档案管理要求 第一部分:电子文件归档与档案管理
GB/T 17678.2-1999	CAD 电子文件光盘存储、归档与档案管理要求 第二部分:光盘信息组织结构

### 3 术语和定义

GB/T 11943-2008、GB/T 2900.48-2008、GB/T 34912-2017、GB/T 34348-2017、GB 24500-2020 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1

燃煤锅炉 coal fired boiler

燃料为燃煤的锅炉，经过燃煤在炉膛中燃烧释放热量，把热媒水或其它有机热载体加热到一定温度（或压力）的热能动力设备。

#### 3.2

燃烧系统 combustion system

组织燃料和空气在锅炉炉膛内燃烧，并将生成的燃烧产物排出所需的设备和相应的燃料（煤、煤粉、空气等）、风烟管道的组合。燃烧系统通常包括燃料制备系统、燃烧器、空气系统及烟气系统等。

#### 3.3

炉膛 furnace

燃料及空气发生连续燃烧反应直至燃尽，并产生辐射传热过程的有限空间，是锅炉本体的一部分。现代电站锅炉炉膛形状多呈高大的长方体，由蒸发受热面管子（部分可能是过热器或再热器管子）组成的气密性炉壁构成，亦称燃烧室。

#### 3.4

烟道 gas duct, flue duct

烟气流动的通道（包括其中布置有受热面的）。

## 3.5

飞灰 fly ash

燃料在锅炉炉膛内燃烧产生的灰渣中随烟气一起从炉膛上部烟窗逸出的灰粒。

## 3.6

风烟系统 air and flue gas system

锅炉燃烧系统中将空气加压、加热后送往燃料制备设备和燃烧器的空气流程通道, 将燃烧产物从炉膛及烟道中抽出的烟气通道, 直接或经净化后排至烟囱 (或部分返回燃烧系统) 的烟气流程通道和相关设备所组成的系统。

## 3.7

一次风 primary air

首先参加燃料燃烧的那部分空气, 具体指煤粉燃烧时携带煤粉经由主燃烧器送入炉膛的空气。

## 3.8

二次风 secondary air

随一次风后参加燃料燃烧的那部分空气。燃料燃烧时进入炉膛的总空气量中扣除一次风、三次风 (乏气风) 和炉膛漏风以外的部分

## 3.9

三次风 exhaust air, tertiary air

热风送粉的贮仓式制粉系统中通过专用喷口送入炉膛的乏气; 通过布置在拱式燃烧炉膛前后墙上的喷口送入炉膛的分级二次风。

## 3.10

燃尽风 over fire air (OFA)

为降低  $\text{NO}_x$  的生成, 炉膛内采用分级送风方式而在主燃烧器上部单独送入的二次风, 以使可燃物在后期进一步燃尽。

## 3.11

炉膛负压控制 negative pressure control system of boiler

锅炉燃烧过程中在满足充足风量的情况下, 维持炉膛内压力为一定值, 通常在负压运行 (-19.6~-49Pa)。

## 3.12

烟气含氧量控制 oxygen content in flue gas

烟道气含氧量是衡量锅炉燃烧过程是否经济的主要指标。烟气氧含量控制通过改变空燃比将氧含量控制在最佳范围内, 主要控制手段为燃料量和送风量的协调控制。

## 3.13

一次风压控制 primary air pressure control system

使一次风压力稳定在设定范围内的模拟量控制系统。

3. 14

主汽压力控制 main steam pressure control

主汽压力控制指汽轮机控制系统的一种功能,即根据主汽阀前汽压与主汽压力设定值之间的偏差控制调节汽门开度,以维持主汽压力在设定值。

3. 15

主汽温度控制 main steam temperature control

主汽温控制是通过维持过热器出口蒸汽温度在允许的范围之内,保护过热器,使其管壁温度不超过允许的工作温度。它是检验锅炉运行质量的重要指标之一。

3. 16

给水控制 water supply system

控制进入锅炉的给水量,使其适应锅炉负荷需求的模拟量控制系统。在汽包锅炉中常称为汽包水位控制系统。

3. 17

再热汽温控制 reheat steam temperature control

再热汽温控制是指控制保持再热器出口汽温为给定值。

3. 18

锅炉效率 efficiency of boiler

锅炉使用期间、蒸汽带走的热量与燃料的低热值之比,也就是锅炉的热利用率。通常采用反平衡法测量(通过测定和计算锅炉各项热量损失,以求得热效率的方法叫反平衡法),炉效计算公式为:

式中  $\eta$  —— 锅炉效率

$q_2$  —— 排烟热损失, %;

$q_3$  —— 气体未完全燃烧热损失, %;

$q_4$  —— 固体未完全燃烧热损失, %;

$q_5$  —— 散热损失, %;

$q_6$  —— 灰渣物理热损失, %。

3. 19

燃烧优化 combustion optimization

搜索锅炉燃烧系统的运行状态,使其满足某一目标(例如锅炉效率最大或一定的产量下 NO<sub>x</sub> 排放最低)。

3. 20

燃烧调整试验 boiler combustion adjustment (regulation) test

通过对锅炉燃料供给和配风参数的调整,以及对其控制方式的改变等,保证送入锅炉炉内的

燃料及时、稳定、完全和连续燃烧，并在满足机组负荷需要前提下，获得最佳燃烧工况的试验。又称燃烧优化试验。

### 3.21

优化站 optimization station

优化站为实现锅炉燃烧优化的硬件和软件系统。

### 3.22

先进控制系统 advanced control system

对模型要求低，在线计算方便，对过程和环境的不确定性具有适应能力的控制系统。

### 3.23

软测量 soft sensor

选择一些容易测量的变量，应用计算机技术对难以测量或者暂时不能测量的变量来推断或者估计，通过构成数学关系，以软件计算来替代硬件测量的功能。

## 4 技术要求

4.1 锅炉燃烧优化先进控制系统根据使用厂家的工艺条件和设备状况进行方案设计，经双方确认后，按方案进行生产和安装，并应符合 GB/T 19215.1-2003 中相关条款。

4.2 锅炉燃烧优化先进控制系统所使用的电缆、管路、元器件和零部件选材均符合 GB 4793-2007、GB/T 19215.1-2003、GB50217、DL/T715、DL/T777 中的相关要求进行选材。

### 4.3 测量与执行机构、性能试验

锅炉燃烧优化先进控制系统测量与执行机构、验收、试验符合 GB/T 38553-2020、GB 24500-2020、GB/T 39777-2021、GB/T10184-2015、GB/T 10180-2017、GB 13271-2014、GB/T 5468-1991、GB/T 1921-2004 中的相关要求执行。

其中，自动回路中所涉及的相关测点与执行机构进行逐一排查消缺、校正、更换，确保测点与执行机构达到一定的精度，适用于自动控制，主要包括：

- 1) 飞灰含碳测量装置，在线检测飞灰含碳量将有利于指导运行正确调整风煤比。
- 2) 激光原位气体分析仪，针对锅炉燃烧过程中 CO/O<sub>2</sub> 气体的在线检测。
- 3) 风粉在线测量，对制粉系统在不同工况条件下进行实时监测。
- 4) 风粉均衡阀，调节分离器到多管线出口处的空气和煤粉均衡的问题，减少飞灰含碳量和 NO<sub>x</sub>。

通过性能试验可给出不同负荷和煤质时的最佳配风和氧量值以及锅炉效率指导，便于运行人员参考调整。

### 4.4 锅炉燃烧优化先进控制系统回路自动控制

锅炉燃烧优化先进控制系统符合 DL/T5175、DL/T5240 中的相关要求，结合现场控制要求对目前的控制逻辑进行算法优化，通过增加优化站与原 DCS 逻辑进行切换，保证原逻辑不变，通过优化站增加先进控制算法，参考附录 A 的控制回路优化软件配置，针对以下回路的自动控制：

- 1) 主蒸汽压力（流量）控制
- 2) 烟气含氧量控制
- 3) 炉膛负压
- 4) 汽包水位
- 5) 主汽温度
- 6) 制粉系统控制
- 7) 母管压力控制
- 8) 喷氨控制优化
- 9) 床温、床压（针对流化床锅炉）

#### 4.5 技术效果

- 1) 提高自动化水平。利用 DCS 系统的可扩展性实现优化站与 DCS 之间数据传输，通过优化站实现锅炉各个回路自动控制。
- 2) 提高运行水平。通过锅炉燃烧优化调整试验，获得更为准确的操作依据与规范，为运行人员提供离线或在线指导参数。
- 3) 可视化综合指标。通过锅炉效率在线计算结果、煤质分析结果等在线数据实时监测，通过指标量化运行指标考察，规范化运行管理。
- 4) 智能燃烧优化。通过配风模型、锅炉效率在线模块、多目标函数以及优化算法等综合性多技术融合，实现锅炉效率和氮氧化物排放综合指标最优，并长期保持在最佳燃烧区。

#### 4.6 技术指标

- 1) 通过性能试验实现锅炉运行工艺参数及制粉系统参数优化、指导；
- 2) 实现锅炉燃烧控制回路及制粉系统控制回路的自动控制；
- 3) 锅炉控制系统自动投入率 >95%；
- 4) 降低风机电耗 5%，降低厂用电率；
- 5) 降低氮氧化物排放 8%；
- 6) 飞灰含碳量降低 0.5%~1%；
- 7) 喷氨控制优化；
- 8) PID 参数自整定；
- 9) 实现提高锅炉效率 0.3%~1%；
- 10) 实现炉效在线软测量。

#### 4.7 验收指标

- 1) 锅炉效率整体提高  $\geq 0.3\%$
- 2) 各回路控制性能指标，参见附录 B
- 3) 提高能源利用率，节能降耗；
- 4) 提高锅炉运行自动化水平；

- 5) 减轻运行人员的劳动强度；
  - 6) 延长设备的使用寿命，减少事故，提高安全生产率。
- 4.8 优化站硬件配置，参见附录 C 为优化站常用配置。
  - 4.9 根据现场运行工况完善附录 E、附录 F，参考国标、行标用于计算相关指标。
- 5 锅炉燃烧优化先进控制系统实施基础

锅炉燃烧优化先进控制系统实施流程如下图所示，具体实施内容参见附录 D，其中：

#### 5.1 系统框架

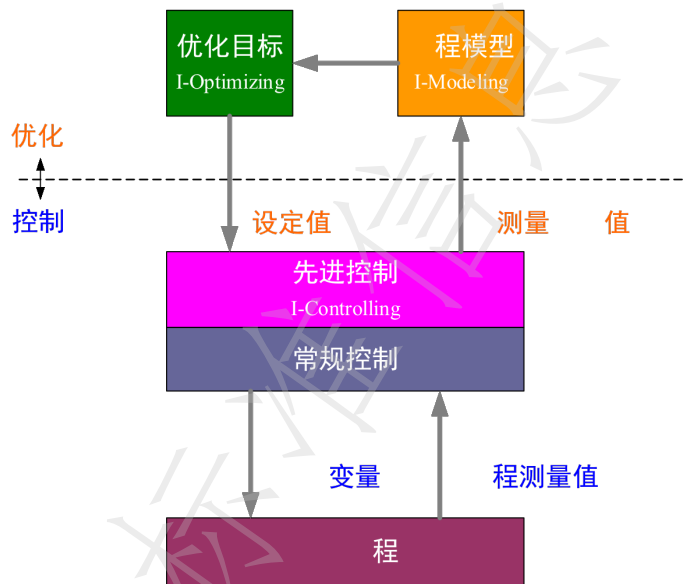


图 1 系统框架图

- Data Acquiring——数据获取与处理技术，用来获取生产过程的实时和历史数据，并对数据进行处理，为建模、控制和优化提供数据基础。
- Modeling——建模技术，用来进行软测量模型、控制对象模型及优化模型的构建。
- Controlling——控制技术，用来对生产过程实施先进控制，保证生产过程自动、安全、稳定运行，现包涵主要控制算法有无模型自适应控制、自整定自适应控制等，适用于燃煤锅炉的强耦合、非线性、时变性等特点。
- Optimizing——优化技术，一方面用来优化生产过程控制器参数，另一方面优化生产过程的运行状态，既保证生产过程的控制性能，又能实现生产过程的经济运行。

#### 5.2 网络构架

AICOSYS 通过 OPC 读取数据，网络拓扑如下：

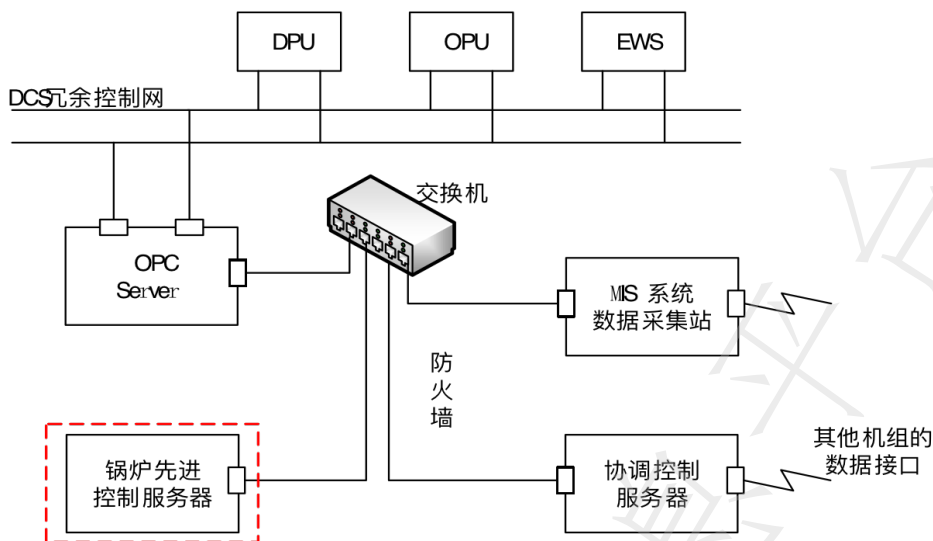


图 2 网络构架图

通过多种技术来保证通讯数据的正常以及先进控制系统与 DCS 系统的协调运作正常，通过通讯故障诊断模块确保机组运行的安全，主要包括：

- (1) 先进控制系统以不断向 DCS 发送心跳波的方式来表征系统的运行状态，DCS 一旦检测不到心跳波，立即切回原控制系统；
- (2) 先进控制系统不断检测由 DCS 侧获取的实时数据的正确性（包括上、下限，变化率等），一旦发现任意信号故障，立即将所有输出控制指令保持，并立即切回原控制系统；
- (3) DCS 与先控站之间采用无扰切换原则，当投入优化算法时，DCS 侧处于跟踪状态，当 DCS 侧控制时，先控站处于跟踪状态，两者之间控制算法的切换属于无扰切换；
- (4) DCS 侧接收到先进控制系统的新的控制指令后，根据当前运行参数状况进行上、下限约束，以保证先控系统的故障不会使控制指令大幅突变。

通过上述技术，即使先进控制系统在运行过程中掉电，也不会对机组安全运行造成影响。

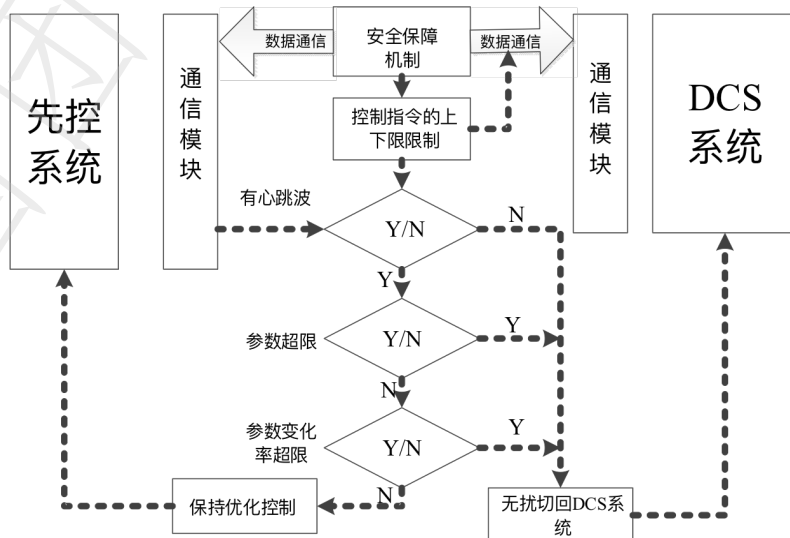


图 3 通讯安全防护技术原理图

### 5.3 系统构架

AICOSYS 系统构架主要为两个层面：

- 1) 一个是 DCS 层面，该层主要实现与 AICOSYS 系统的数据通信，实现无扰切换，并兼顾切手动条件、通信检测、保护等逻辑的实现，确保系统整体的安全；
- 2) 另一个是先进控制站（AICOSYS）层面，该层面主要实现各个回路的先进控制与制粉和燃烧系统的节能优化，程序总体构架如下图所示。

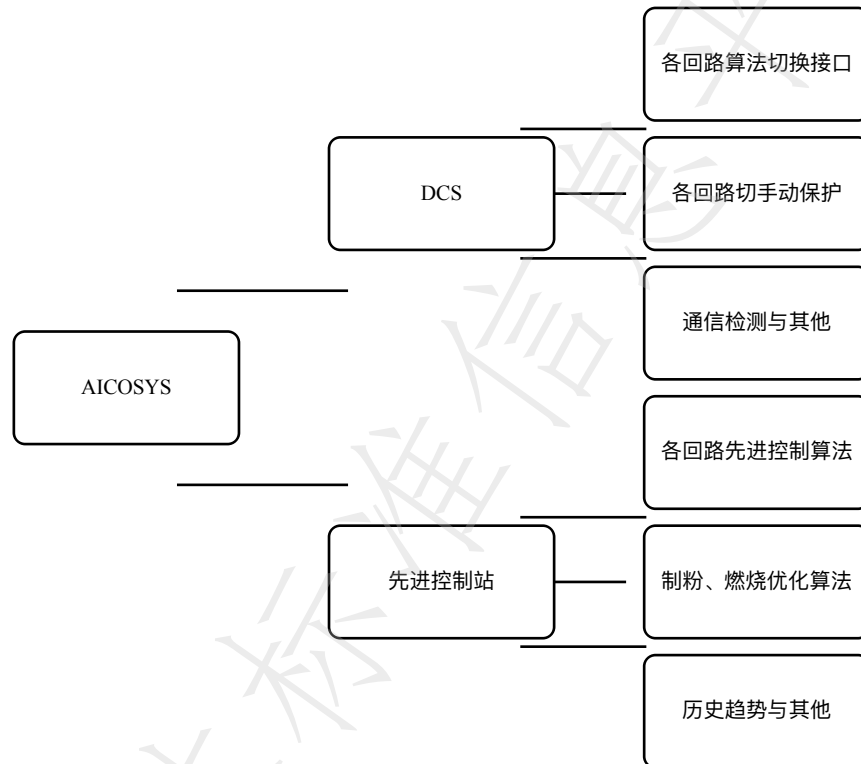


图 4 程序构架图

## 6 试验内容

### 6.1 预备性试验

锅炉正常运行时完成预备性工况试验，检验锅炉、测试仪器及测试系统是否正常，并进行排烟氧量场、排烟温度场及 SCR 入口 NO<sub>x</sub> 排放的标定，对空气预热器进、出口烟道进行烟气温度场、氧量场测量，选定后续试验空预器进、出口烟气温度及氧量测量的代表点。试验目的在于：

- 1) 测定锅炉目前运行状况及特性，并以此作为后续调整试验的相对比较基准，提高试验的可比性；
- 2) 针对不同煤粉锅炉特性，通过试验研究制定相应的低氧燃烧及二次风分配策略，旨在保证锅炉运行安全，燃烧稳定；
- 3) 在保证锅炉效率的前提下，调整降低排烟温度。通过试验调整得到适合锅炉的燃烧运行参数，为之后的低氧燃烧及 CO 的控制提供控制参数数据。

## 6.2 习惯运行工况

习惯运行工况为电厂运行人员习惯操作运行方式下的试验工况, 该项试验目的在于测定锅炉目前运行状况及特性, 并以此作为后续调整试验的相对比较基准, 提高试验的可比性。试验记录锅炉主要运行参数及 SCR 入口的 NO<sub>x</sub> 排放, 实测空气预热器进出口氧量、烟温、观察 CO 值, 并采集原煤、飞灰、炉渣样品, 计算锅炉热效率。

## 6.3 一次风调平及风压(速)调整试验

通过调整一次风缩孔开度, 使得各一次风风速基本一致, 以便在热态运行时达到各角着火状况比较一致、防止火焰中心偏斜、一次风粉贴墙的目的。维持炉膛出口负压, 二次风风门挡板关闭, 一次风挡板全开, 以便了解一次风管路阻力状况是否合理, 分析一次风管路中的设备、部件是否正常。其它工况一次风缩孔开度根据前一个工况结果采用试凑的方法进行调整, 最终使各层一次风喷口风速均匀。

在锅炉常用负荷, 其他运行参数不变的状态下, 仅通过调整一次总风门开度改变一次风压(即改变一次风速), 目标是考察一次风速变化对锅炉燃烧、结焦等的影响, 并兼顾炉膛火焰亮度、过热器减温水量等参数较佳。一次风压(速)偏低可能导致燃烧器喷口烧损和结渣, 一次风压(速)偏高, 导致高温烟气回流, 加快煤粉气流着火, 可能导致燃烧器壁温度过高或者结渣。

## 6.4 煤粉细度调整试验

煤粉细度, 影响煤粉气流着火特性, 一定程度上决定煤粉的燃烧行程, 对炉内燃烧稳定、经济有较大影响。

在锅炉常用负荷下, 维持锅炉其它运行参数基本不变, 仅通过调整粗粉分离器折向门的开度改变入炉煤粉细度, 以考察煤粉细度对炉内燃烧、飞灰可燃物、锅炉热效率及制粉电耗等的影响, 确定经济煤粉细度控制值。

## 6.5 氧量调整试验

以省煤器出口氧量为变化参数, 以送风机入口门控制入炉风量的变化, 以确定最佳的运行氧量。进行以下分析判断氧量与飞灰可燃物的关系; 从排烟热损失和机械不完全燃烧热损失综合考虑, 氧量变化对锅炉运行综合经济性影响; 氧量变化对汽温影响; 氧量对 NO<sub>x</sub> 生成的影响。

在控制锅炉氧量的同时, 时刻关注 CO 值的变化情况。控制氧量逐渐变低的情况下, 势必会造成 CO 的上升, 通过逐步变动控制 CO 在 100~200ppm。根据经验, CO 在此区间范围内对于锅炉燃烧相对有利。以此值为基础, 通过多组试验, 寻找低氧燃烧的最佳氧量点和 CO 控制策略。

根据试验结果, 确定在不同负荷点下, 锅炉低氧燃烧的最佳控制氧量, 得到氧量与燃烧性能的关系数据。由于不同负荷下的最佳氧量不相同, 因此, 该项试验拟在较多负荷下进行。

## 6.6 二次风配风方式试验

二次风配风方式对组织炉内高温烟气流场及改善炉内的燃烧状况有着显著的作用, 并且还会影响到过热汽温和再热汽温。

在维持锅炉其它运行参数基本不变的条件下, 仅通过调整各二次小风门的开度改变各层二次

风的分配比例，改变二次风的配风方式，测取锅炉特性数据，观察分析：

- 1) 二次风配风变化对燃烧稳定性影响；
- 2) 二次风配风对飞灰可燃物的影响；
- 3) 二次风配风变化对汽温的影响；
- 4) 二次风配风（尤其是在高负荷段）对 NO<sub>x</sub> 生成的影响；
- 5) 二次风配风对炉内燃烧区域分布的影响。

根据试验结果，了解炉内燃烧区域相应分布状况，综合考虑燃烧稳定性、安全性和环保性，制定较佳的二次风配风策略尽量调整炉内燃烧状况稳定，燃烧分布均匀。得到二次配风与燃烧性能的关系数据。记录工况下的锅炉主要运行参数和 NO<sub>x</sub> 排放，计算锅炉效率。在不同的配风方式下测取锅炉特性数据从而确定最佳配风方式。

#### 6.7 变燃尽风试验

在锅炉满负荷时，通过调整燃尽风风门开度分别为 100%，60%，40%，来调整燃尽风率和燃尽风的配风方式，测试不同工况下的 NO<sub>x</sub> 排放和锅炉效率。旨在通过燃尽风的调整进一步优化燃烧控制同时调整 NO<sub>x</sub> 排放情况，保证锅炉环保性。

通过锅炉燃烧性能试验，调整不同工况下的最佳配风方案，使低氧燃烧下能合理的实现各二次风的合理分配，实现配风优化燃烧，同时，试验数据会作为基础数据模型进行深入开发，构建燃烧优化模型数据库。

### 7 锅炉燃烧优化先进控制系统

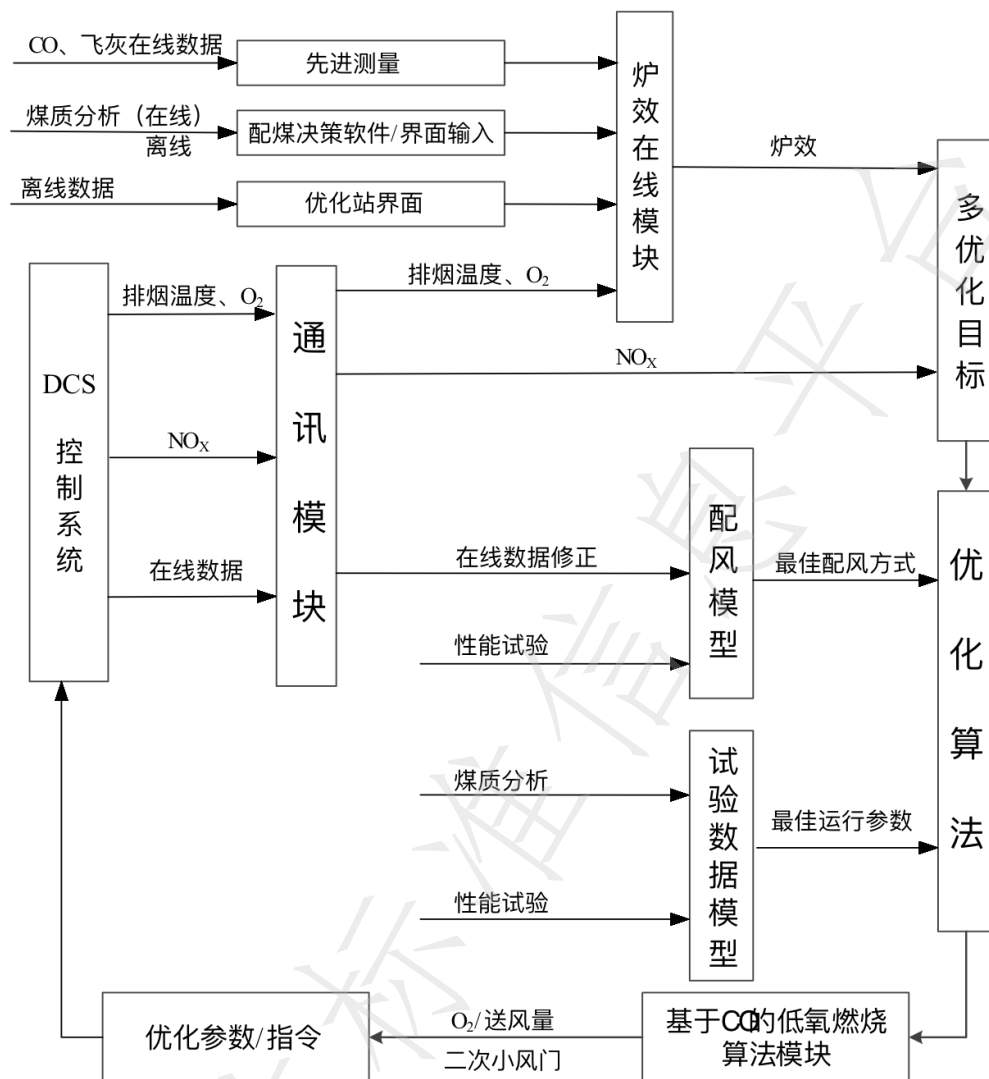


图5 锅炉燃烧优化先进控制系统方案

锅炉燃烧优化先进控制系统方案为综合化较强的一种实现方式，内部有若干模块组成，可单独开发实现，也可按照不同的需求拆分组合为新的方案，具体方案如图5所示，锅炉燃烧优化先进控制系统。

## 7.1 DCS 算法逻辑

### 7.1.1 各回路无扰切换逻辑

各回路DCS控制输出与先进控制站之间采用无扰切换模式，相互跟踪。当回路为手动状态时，先进控制站跟踪DCS系统的输出；当投入自动时，DCS侧跟踪先进控制站的输出。串级控制回路分为内外环控制输出分别相互跟踪，实现内外环投切自动过程的无扰切换，以单回路为例，逻辑如下图所示：

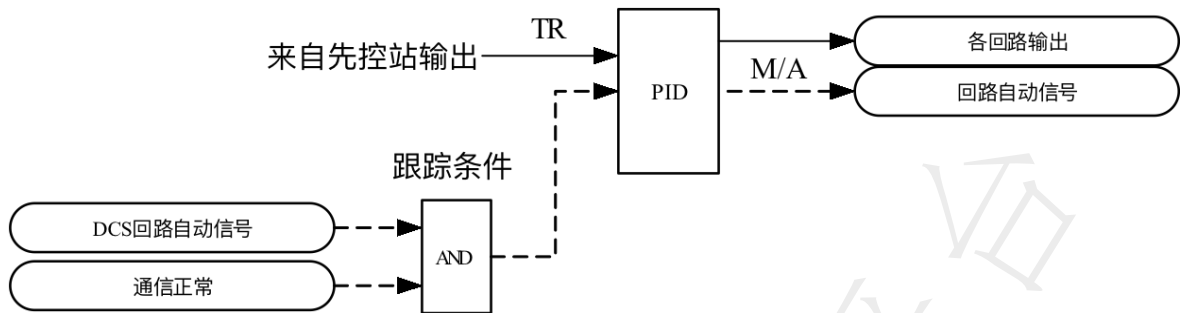


图 6 各回路无扰切换逻辑图

### 7.1.2 外给设定值逻辑

制粉系统中的料位控制回路、燃烧系统中的氧量、主汽流量（母管模式下）控制回路中的设定值，分别参与制粉系统优化、燃烧系统优化算法的计算，当以上两个回路在自动状态下，并投入优化时，设定值处于外给状态，接收先进控制站输出的优化设定值结果 OSP，先进控制站再将 DCS 中的当前设定值接收到先控站中采用先进控制算法进行控制回路的计算；以上两个回路在自动状态下，但未投入优化时，设定值处于内给状态（即操作员给定状态），此时当前设定值为操作员给定值，先控站将该值接收到先控站中采用先进控制算法进行控制回路的计算，并且优化算法进行实时设定值跟踪，实现优化投切状态下的设定值无扰切换，其 DCS 部分的切换逻辑如下图所示。

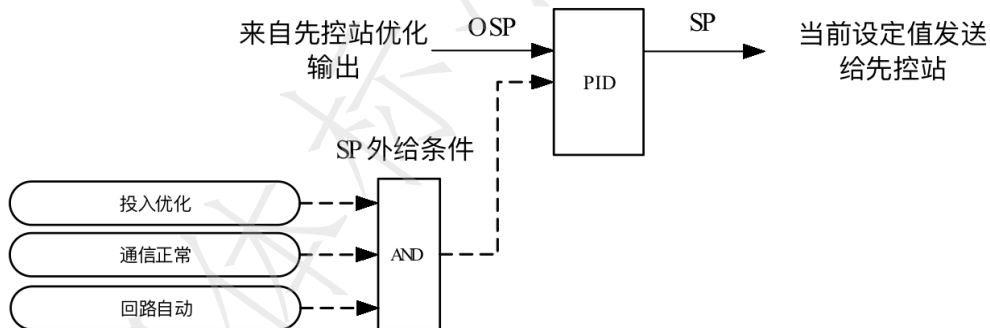


图 7 各回路无扰切换逻辑图

### 7.1.3 切手动保护逻辑

切手动逻辑主要在 DCS 各回路逻辑中实现，并保留原切手动逻辑，主要内容为：

- 1) 过程量品质坏点；
- 2) 控制偏差越限；
- 3) 过程值越限；
- 4) 指令与反馈偏差越限
- 5) 通讯中断

### 7.1.4 通信检测逻辑

DCS 侧不断采集先控站发来的心跳波，通信正常时，由于心跳波为不断 0\1 不断翻转，其翻转周期为控制周期一般为 1 秒，通过延时信号不会出现高电平“1”，通信检测结果为“0”，将该值分别引入各控制回路切手动条件中，进行通信中断检测。当通信中断时，通过延时信号会出现高

电平“1”，通信检测结果为“1”，则各个控制回路切手动条件出发，进行切手动处理，通信检测逻辑如下图所示

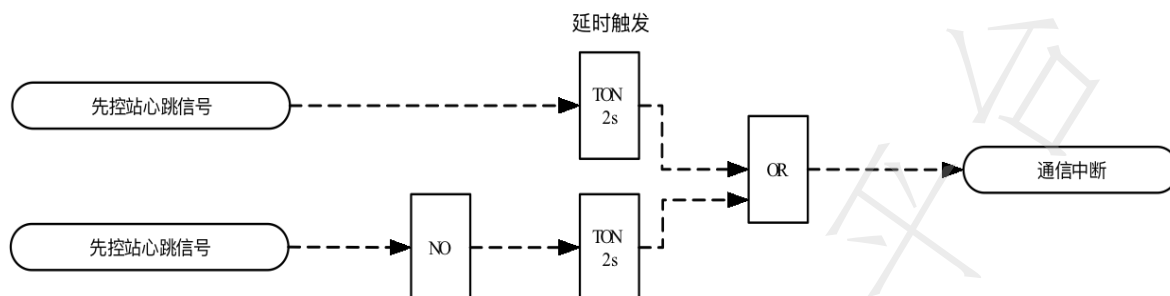


图8 各回路无扰切换逻辑图

## 7.2 先进控制站算法

### 7.2.1 先进控制站中的核心程序

- 1) 燃烧系统控制：主汽压力（流量）、烟气含氧量、炉膛负压，床温、床压（流化床锅炉）
- 2) 汽水系统控制：主汽温度、汽包水位
- 3) 制粉系统控制：煤量控制、出口温度控制、风量控制
- 4) 母管协调（母管制单元的锅炉负荷-压力平衡）
- 5) 燃烧系统优化（提高炉效）
- 6) 评价系统（控制性能及测量数据评价）

### 7.2.2 先进预测控制算法

电厂生产过程中绝大多数控制回路为大滞后，多耦合控制对象，常规的控制算法不能很好的适应，导致控制回路自动投运率过低，系统参数波动大。系统采用常用的先进控制算法有内模控制 IMC、模型预测控制 MAC、动态矩阵控制 DMC、广义预测控制 GPC 等。

### 7.2.3 模型识别与 PID 参数优化

基于电厂实时生产数据的模型识别、控制与优化方案主要通过：控制回路在线监测、控制回路性能分析、控制回路仿真以及控制回路整定等技术，对电厂控制回路进行优化并快速设计控制器的 PID 参数，为电厂过程控制提供最优化的自适应 PID 参数值。

## 7.3 喷氨优化先进控制系统

7.3.1 通过喷氨格栅优化调整试验，通过调节各喷氨节流阀的开度使得各喷嘴截面所对应的调节区域获得不同的喷氨量，使得首层催化剂表面烟气中氨-氮氧化物摩尔比分布均匀，通过最大脱硝效率试验确定最大喷氨量，防止过度喷氨。

7.3.2 基于 MFA 的无模型自适应控制回路改造，解决脱硝自动的大滞后及控制稳定性差问题，保证机组的安全运行，提高锅炉安全性及经济性。

## 8 施工、安装

## 8.1 施工

安装 DL 5190 要求施工。

## 8.2 安装

锅炉燃烧优化先进控制系统设备、电缆、管路、元器件和零部件安装均符合 DL/T435、DL/T752、DL/T869、DL/T5161.5、DL/T5182 中的相关要求进行安装。

## 9 检验规则

### 9.1 出厂检验

出厂检验由本公司质检部门对软件功能和外购部件的标识进行检验，并附相关证明材料，方可出厂。

### 9.2 验收检验

9.2.1 系统安装调试完毕，并连续运行 72h 后，需对系统进行验收检验。

9.2.2 根据第 7 章锅炉燃烧优化先进控制系统中的内容对 4.6、4.7 条 AICOSYS 系统指标中的相关指标（或技术协议中要求的性能指标及实验要求）进行调试、验收检验。

## 10 标志、包装、运输和贮存

10.1 硬件部分的标志、包装、运输和贮存符合 GB/T15464-1995

10.2 CAD 图纸及电子材料归档以光盘形式存储，标志、包装、运输和贮存符合 GB/T 17678.1-1999、GB/T 17678.2-1999。

**附录 A**  
(资料性附录)

**锅炉燃烧优化先进控制系统配置表**

系统类别	名称	型号	单位	数量	备注
控制软件	主汽压力控制回路	AI COS YS - F	套		
	烟气含氧量控制回路	AI COS YS - O	套		
	炉膛负压控制回路	AI COS YS - P	套		
	主蒸汽温度控制回路	AI COS YS - T	套		
	汽包水位控制回路	AI COS YS - W	套		
	制粉系统控制回路	MOCS	套		
	母管压力平衡	AI COS YS - M	套		
	床温 (仅限流化床锅炉)	AI COS YS - CT	套		
	床压 (仅限流化床锅炉)	AI COS YS - CP	套		
	喷氨优化控制	I - MFA	套		
优化软件及系统平台	先进控制与先控站	P r e c i s i o n T 5 8 2 0	台		
	软件平台	L a b V I E W	套		
	先进控制软件	i - A P C	套		
	优化算法软件	i - O P T I	套		

**附录 B**  
(资料性附录)

**锅炉燃烧优化先进控制系统各回路控制性能指标**

稳态 (常规系统波动)	5%负荷扰动
✧ 主汽温度实现先进控制, 控制精度达到 $\pm 3^{\circ}\text{C}$	✧ 主汽温度实现先进控制, 控制精度达到 $\pm 10^{\circ}\text{C}$
✧ 主汽压力实现先进控制, 控制精度达到 $\pm 0.2\text{MPa}$	✧ 主汽压力实现先进控制, 控制精度达到 $\pm 0.5\text{MPa}$
✧ 炉膛负压实现先进控制, 控制精度达到 $\pm 20\text{Pa}$	✧ 炉膛负压实现先进控制, 控制精度达到 $\pm 50\text{Pa}$
✧ 氧含量实现先进控制, 控制精度达到 $\pm 0.3\%$	✧ 氧含量实现先进控制, 控制精度达到 $\pm 1\%$

<ul style="list-style-type: none"> <li>✧ 汽包水位实现先进控制, 控制精度达到 <math>\pm 10 \text{ mm}</math></li> <li>✧ 磨煤机出口温度实现先进控制, 控制精度 <math>\pm 3 \text{ }^\circ\text{C}</math></li> <li>✧ 磨机一次风压实现先进控制, 控制精度达到 <math>\pm 100 \text{ Pa}</math></li> <li>✧ 实现锅炉负荷协调控制, 控制精度达到 <math>\pm 0.2 \text{ MPa}</math> ;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✧ 汽包水位实现先进控制, 控制精度达到 <math>\pm 20 \text{ mm}</math></li> <li>✧ 磨煤机出口温度实现先进控制, 控制精度 <math>\pm 5 \text{ }^\circ\text{C}</math></li> <li>✧ 磨机一次风压实现先进控制, 控制精度达到 <math>\pm 300 \text{ Pa}</math></li> <li>✧ 实现锅炉负荷协调控制, 控制精度达到 <math>\pm 0.5 \text{ MPa}</math> ;</li> </ul>
---	---

**附录 C**  
(资料性附录)  
**优化站硬件配置**

项目	数量	参数
CPU	1	主频 1.9 GHz , 内存最高频率 2133 MHz
内存	2 (双通道)	每个通道 8 G, 共 16 GB
硬盘	1	6 TB 热插拔近线 SAS 硬盘

**附录 D**  
(资料性附录)  
**项目实施内容**

阶段性工作	工作内容	需要条件	配合部门
前期准备	资料收集、实施方案	运行	热控、运行
硬件优化	设备校正	停炉	热控、运行
	新增设备安装	停炉	热控
集成组态	DCS 侧接口组态与测试	停炉	热控
	优化站通讯与测试	停炉	热控
热态试验	锅炉燃烧性能试验	运行	热控、运行
调试验收	优化站安装及通讯调试	运行	热控、运行
	锅炉燃烧回路智能控制调试	运行	热控、运行
	燃烧系统在线调试	运行	热控、运行
	系统调优	运行	热控、运行
	性能验收	运行	热控、运行

**附录 E**  
(资料性附录)  
**锅炉主要技术参数**

名称	单位	设计煤种	校核煤种
排烟温度	$^\circ\text{C}$		

空预器进口烟温	°C		
省煤器出口烟温	°C		
飞灰含碳量	%		
大渣含碳量	%		
冷风温度	°C		

**附录 F**  
(资料性附录)  
**设计煤质**

项 目 名 称	符 号	单 位	设计煤	校核煤I
收到基低位发热量	$Q_{\text{net,ar}}$	kJ/kg		
收到基水分	$M_{\text{ar}}$	%		
收到基灰份	$A_{\text{ar}}$	%		
干燥无灰基挥发份	$V_{\text{daf}}$	%		
收到基碳	$C_{\text{ar}}$	%		
收到基氢	$H_{\text{ar}}$	%		
收到基氧	$O_{\text{ar}}$	%		
收到基氮	$N_{\text{ar}}$	%		
收到基硫	$S_{\text{ar}}$	%		
哈氏可磨系数	HGI			