**ICS 19.020**

|  |
| --- |
| **CCS K85** |

CSEE

中国电机工程学会标准

T/CSEE XXXX-YYYY

|  |
| --- |
|       |

大型火电机组自动控制品质在线评估系统技术导则

（征求意见稿）

|  |
| --- |
|  |
| Technical guidelines for on-line evaluation system of automatic control quality for large thermal power units |

XXXX - XX - XX发布

XXXX - XX - XX实施

中国电机工程学会   发布

目  次

[目  次 I](#_Toc107733114)

[前  言 II](#_Toc107733115)

[大型火电机组自动控制品质在线评估系统技术导则 3](#_Toc107733116)

[1 范围 3](#_Toc107733117)

[2 规范性引用文件 3](#_Toc107733118)

[3 术语和定义 3](#_Toc107733119)

[3.1基础回路 Basic control loop 3](#_Toc107733120)

[3.2控制回路分级 3](#_Toc107733121)

[3.3控制回路分类 3](#_Toc107733122)

[3.4一级回路 Primary control loop 3](#_Toc107733123)

[3.5二级回路Secondary control loop 4](#_Toc107733124)

[4 数据要求 5](#_Toc107733125)

[5 功能范围 5](#_Toc107733126)

[5.1 在线自动投入率 5](#_Toc107733127)

[5.2 在线品质评价 6](#_Toc107733128)

[5.3 远程试验评价 6](#_Toc107733129)

[5.4 执行机构特性分析 7](#_Toc107733130)

[6 评价指标及计算方法 7](#_Toc107733131)

[6.1 基础回路自动投入率 7](#_Toc107733132)

[6.2 自动投入率分级和分类标准 7](#_Toc107733133)

[6.3 综合自动投入率计算 7](#_Toc107733134)

[6.4 确定性指标评价 7](#_Toc107733135)

[6.5 误差积分准则 8](#_Toc107733136)

[6.6 偏差统计指标评价 9](#_Toc107733137)

[6.7 随机性评价指标 9](#_Toc107733138)

[附　录　A （规范性附录） 自动投入率分级、分类标准 10](#_Toc107733139)

[附　录　B （规范性附录） 各级、各类自动投入率计算方法 12](#_Toc107733140)

[附　录　C （规范性附录） 偏差统计指标计算方法 13](#_Toc107733141)

[附　录　D （规范性附录） 自动控制调节品质要求 14](#_Toc107733142)

前  言

本文件按照《中国电机工程学会标准管理办法（暂行）》的要求，依据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》给出的规则起草。

本文件的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。

本文件由中国电机工程学会提出。

本文件由中国电机工程学会测试技术及仪表标准专业委员会技术归口和解释。

本文件起草单位：华润电力技术研究院有限公司、润电能源科学技术有限公司、西安热工研究院有限公司、国网浙江省电力公司电力科学研究院、南方电网电力科技股份有限公司、浙江浙能技术研究院有限公司、江苏南京化学工业园热电有限公司、华润江苏南热发电责任有限公司、铜山华润电力有限公司、华润广州热电有限公司

本文件主要起草人：马成龙、陈世和、张政委、朱峰、张含智、陈建华、杨旭、聂怀志、王旻、方青帅、刘磊侠、肖冰

本文件为首次发布。

本文件在执行过程中的意见或建议反馈至中国电机工程学会标准执行办公室（地址：北京市西城区白广路二条1 号，100761，网址：http：//www.csee.org.cn，邮箱：cseebz@csee.org.cn）。

大型火电机组自动控制品质在线评估系统技术导则

1. 范围

本技术导则规定了大型火电机组自动控制品质在线评估系统的定义和术语，主要功能和范围，接口规范，数据采集与清洗要求，模型要求，控制回路分级和分类要求，评价要求，展示与分析要求等。

本文件适用于以下的机组范围：

——额定功率300MW及以上的燃煤火力发电机组。

1. 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件，不注日期的引用文件，其最新版本适用于本文件。

DL/T 657 《火力发电厂模拟量控制系统验收测试规程》

DL/T 1210《火力发电厂自动发电控制性能测试验收规程》

DL/T 701-2012《火力发电厂热工自动化术语》

DLT+1056-2007 发电厂热工仪表及控制系统技术监督导则

1. 术语和定义

DL/T 657和DL/T 1210界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1基础回路 Basic control loop

自动调节系统每一套应为能够独立工作形成闭环控制的最小系统，该最小系统为基础回路。

3.2控制回路分级

将火电厂控制回路按重要程度划分等级，以用于在不同等级下控制回路的权重划分，分等级进行分析和展示。

3.3控制回路分类

将火电厂控制回路以被调量的物理特性进行分类，相同或者相近的控制回路划分为同一分类，按控制回路类型进行分析和展示。

3.4一级回路 Primary control loop

对火电机组运行的经济、安全和环保指标有较大影响的，其主要包括如下几项： CCS（包含主蒸汽压力控制）、送风控制系统、引风控制系统、一次风机控制系统、给水控制系统、主汽温控制系统、再热汽温控制系统、脱硝喷氨控制系统。

3.5二级回路Secondary control loop

对机组运行的稳定性或对主要设备的安全性有较大影响的，以及在技术监督要求中有明确要求的，其主要包括如下控制系统：除氧器水位控制、凝汽器水位控制、高压加热器水位控制、低压加热器水位控制、轴封系统控制（含轴封压力控制、轴封温度控制）、磨煤机风温控制、磨煤机风量控制、燃料量控制（给煤机控制或容量风控制）。

3.5三级回路Third grade control loop

在机组中正常运行中投运的其他自动控制回路，如氢、水、油系统冷却作用的控制回路。

3.6确定性指标Deterministic indicator

涉及控制系统动态品质的时域和频域的指标，主要指衰减比（衰减率）、最大动态偏差（超调量）、残余偏差、稳定时间时间（震荡频率）、幅值裕度和相位裕度等动态响应指标，是传统控制系统对控制性能的基本要求。

3.7误差积分准则Error integration criterion

误差积分准则是用系统期望输出与实际输出或主反馈信号之间的偏差的某个函数的积分式表示的一种性能指标，是衡量控制系统性能优良度的一种尺度。

3.8最小方差控制Minimum Variance Control：MVC

一个稳定的闭环过程的输出方差的不变部分未最小方差与该闭环过程中的实际方差之比。

3.9偏差统计指标deviation statistics performance specification

偏差统计指标是指，在评价周期内，过程值偏离设定值的偏差值，按正向偏差最大值、负向偏差最大值、正向偏差平均值、负向偏差平均值分别计算。

3.10动态过程品质指标transient performance specification

在协调状态或AGC状态下，AGC负荷指令或机组负荷指令在一定时间内不断变化，即为动态过程。在动态过程中的各主要控制回路的偏差统计指标为动态过程品质指标。

3.11稳态过程品质指标Steady-state performance specification

在协调状态或AGC状态下，AGC负荷指令或机组负荷指令维持一定时间内不变化，即为稳态过程。在稳态过程中的各主要控制回路的偏差统计指标为稳态过程品质指标。

3.12时滞性和准确性Time lag & accuracy

时滞性是指执行机构在和执行DCS发出动作指令的过程中,出现的时间滞后的现象。

准确性是指执行机构动作结束后，指令与反馈偏差的程度。

3.13自动发电控制Automatic Gain Control：AGC

按电网调度中心的控制目标将指令发送给有关发电厂或机组，通过电厂或机组的自动控制调节装置，实现对发电机功率的自动控制。

3.14协调控制系统Coordination Control System：CCS

将锅炉-汽轮发电机组作为一个整体进行控制，以满足机组负荷要求为主要控制目标，保持主蒸汽压力等主要参数在允许范围，兼顾机组效率和节能减排要求的单元级控制系统，主要包括机组负荷指令控制、机炉主控、热值校正、一次调频、辅机故障减负荷等控制回路。

〔来源：DL/T 657-2015，3.2〕

3.15负荷变动试验load change test

在一定的负荷变化范围内，CCS负荷指令以确定的变化速率和变动量，单方向增加负荷和减少负荷的试验，以考核CCS在不同负荷下稳定工况之间的转换能力。

〔来源：DL/T 657-2015，3.5〕

1. 数据要求

为满足自动调节品质、阶跃扰动试验评价等相关功能的准确计算，参与系统计算的测点数据应满足秒级传输速率和高分辨率的数据质量。

数据质量应满足规范性、完整性、准确性、一致性、时效性、稳定性要求。

1. 功能范围

大型火电机组在线自动品质系统主要功能包括在线自动投入率统计、自动品质评价、远程试验评价以及执行机构响应特性等主要功能。

* 1. 在线自动投入率
		1. 基础回路自动投入率

对应单个基础回路，满足规定投入条件下实际投入时间与应投入时间的比值，以百分比形式展示。

每套基础回路均独立统计计算自动投入率，以报表的形式进行展示，并可以EXCEL表格的形式导出。

表1

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **回路名称** | **电厂** | **机组** | **回路级别** | **系统** | **实际投入时间（h）** | **理论应投入时间（h）** | **自动投入率** |
| 协调控制 |  |  |  |  |  |  |  |
| 主汽压控制 |  |  |  |  |  |  |  |
| …… |  |  |  |  |  |  |  |

* + 1. 综合自动投入率

额定容量300MW及以上的机组，依据各回路的重要程度和调节对象进行分级和分类，根据系统配置相应的权重，分别计算出各级、各类以及机组在线自动投入率，以百分比的形式展示。

对机组、各级回路、各类回路自动投入率综合结果的展示，各类回路以柱状图的形式进行展示，厂级、机组级和各级回路自动投入率以饼图的形式进行展示，便于工程师感知自动投入情况。展示详细信息包含电厂名称，机组号，回路类别，自动回路套数，基础回路自动投入率指标，并可查看该类回路的详情。

* 1. 在线品质评价

#####  在线监测热工自动控制系统动态品质指标和稳态品质指标，评价方法包括最小方差控制准则评价方法及基于数据模型的评价方法等。

* + 1. 稳态过程品质评价

在线监测热工自动控制系统稳态过程的调节品质，通过调节回路设定值与被调量偏差数据分布规律和特征值来量化调节过程的调节品质。

稳态过程调节品质指标包括最大偏差、正向最大偏差、负向最大偏差、平均偏差、交叉点以及中值等。

稳态过程机组主要参数调节品质指标要求见表D.1。

* + 1. 动态过程品质评价

在线监测热工自动控制系统动态过程的调节品质，通过调节回路设定值与被调量偏差数据分布规律和特征值来量化调节过程的调节品质。

动态过程调节品质指标包括动态过程调节速率、最大偏差、正向最大偏差、负向最大偏差、平均偏差、交叉点以及中值等。

动态过程机组主要参数调节品质指标要求见表D.2。

* + 1. 随机性指标评价

通过最小方差控制准则来表征控制系统在稳定状态下抗随机干扰能力，评价控制回路的性能基准。在控制系统稳定状态下，控制回路的控制过程输出方差与理论意义上的最小方差的比值为随机性指标评价，可用MVC表示，指标范围为0~1。

* + 1. 综合调节品质评价

结合控制回路动态过程调节品质、稳态过程调节品质、控制回路的随机性指标，结合阶跃扰动过程中的确定性指标评价，综合得出量化的控制回路综合调节指标。

* 1. 远程试验评价
		1. 阶跃扰动试验

在人为设定的时间段内采用远程召唤方式采集高精度高分辨率试验数据或者在历史运行过程中找到满足确定性指标设定值阶跃条件下的历史数据，并按照确定性指标进行评价，并将有效的试验结果进行保存。

阶跃扰动试验评价指标为超调量、延迟时间、上升时间、峰值时间、稳定时间、衰减率，以及四项误差积分准则指标。

确定性指标评价主要控制回路调节品质指标要求及图表展示方式见D.4。

* + 1. 负荷变动试验

在人为设定的时间段内采用远程召唤方式采集高精度高分辨率试验数据或者在历史运行过程中找到满足负荷变动条件下的历史数据，并按照动态过程偏差统计指标进行品质评价，并将有效的试验结果进行保存。

负荷变动试验评价指标为负荷指令变化率、实际负荷变化率以及负荷变动过程中负荷、主汽压力、主汽温度、再热蒸汽温度、中间点温度（直流炉）、汽包水位（气包炉）、炉膛压力、烟气含氧量的最大偏差和平均偏差。

动态过程及稳态过程机组主要参数调节品质指标要求见表D.1、D.2。

* 1. 执行机构特性分析

通过实时和历史数据对执行机构时滞性和准确性进行超限统计和报警，对特定阀门进行流量特性分析，辅助现场分析。

* + 1. 时滞性和准确性分析

通过实时和历史数据对执行机构时滞性和准确性进行超限统计，记录正常和非正常的时间，评价执行机构时滞和准确性。用于分析执行机构动作指令与反馈直接动态跟踪情况和静态偏差情况。

* + 1. 执行机构流量分析

通过实时和历史数据对执行机构与流经该阀门设备的流量关系进行分析，得出调节拟合曲线，供专业技术人员对控制系统的调节阀的调节质量进行实分析和判断。

以执行机构开度作为输入信号x，以调节对象y作为输出信号y，进行数据相关性分析，并通过数据拟合的方式得出流量特性拟合曲线。

1. 评价指标及计算方法
	1. 基础回路自动投入率

基础回路自动投入率以月度为周期进行统计，计算公式为：

自动投入率 = 实际投入时长/理论应投入时长………………………………(1)

其表现方式为百分率（0%-100%）

理论应投入时长：以理论应投入状态测点及其判断条件作为统计依据，当理论应投入测点满足其条件判断表达式式，进行应投入时长统计（单位小时h）。

实际投入时长：以该回路实际投入状态测点作为依据，在理论应投入条件下，统计实际投入时长（单位小时h）。

* 1. 自动投入率分级和分类标准

按控制系统对火电机组安全稳定运行的重要程度，对300MW及以上容量的机组控制回路分级。对机组安全、经济性运行有很大影响的控制回路划分为一级回路，对机组主要设备的安全、经济性运行有影响的控制回路划分为二级回路，其他控制回路归为三级回路。

按火电厂控制回路被调量的特点，对其进行分类，相同或者相近的控制回路划分为同一分类。同时规定一级回路共有8项分类，二级回路共有8项分类，三级回路共有4项分类，各分类之间权重相同。

具体回路分级、分类标准详见附录A。

* 1. 综合自动投入率计算

单个机组分级和分类后，根据由时间统计出的各基础回路自动投入率及各级、各类控制回路分配的权重，计算更科学和准确的各级、各类的自动投入率指标数据。计算方法和标准标准详见附录B。

* 1. 确定性指标评价

确定值指标是控制系统动态品质的时域和频域的指标，包括衰减比（衰减率）、最大动态偏差（超调量）、稳定时间时间（震荡频率）、幅值裕度和相位裕度等动态响应指标，是传统控制系统对控制性能的基本要求。



1. 确定性指标计算示意图

超调量：如图1 Mp所示，用比率展示。反映系统调节过程中被调量超过稳态值得最大程度。

………………………………………….(2)

延迟时间：如图1 d所示，设定值开始时间后，被调量开始动作的延迟时间

上升时间：如图1 tr所示，

峰值时间：如图1 tp所示，

稳定时间（调节时间）：如图1 ts所示，被调量变化在允许范围内。一般稳定值的误差范围可选取为稳定值的。

衰减率：两次波峰的比值，如公式（2）

……………………………………………(2)

* 1. 误差积分准则

误差积分准则是用系统期望输出与实际输出或主反馈信号之间的偏差的某个函数的积分式表示的一种性能指标，是衡量控制系统性能优良度的一种尺度。

IAE:绝对值积分准则的形式为公式（3）：

……………………………(3)

ITAE：时间乘绝对误差积分准则为公式（4）：

……………………………(4)

其中|e(t)|表示e(t)的绝对值。积分时间开始到$\infty $稳定时间，$\infty $的时间可根据残差进行定义统计。

* 1. 偏差统计指标评价

偏差统计指标是指在机组正常运行期间，依照DL/T 657的标准，结合分类算法，对机组和各控制回路运行状态进行运行状态提取，包括稳态过程和动态过程，在动态和稳态过程中，正向最大偏差、负向最大偏差、正向平均偏差、负向平均偏差、最大偏差、平均偏差、交差点以及动态过程超差面积、稳态过程超差面积。

偏差统计指标详见附录C。

* 1. 随机性评价指标

随机性指标评价是控制回路的控制过程输出方差与理论意义上的最小方差的比值，以最小方差控制指标MVC表示。分子为评价的基准（理论可实现的最小方差），分母为实际的方差计算结果（实际达到的方差）通过比较得到一个比值。实际方差越接近理论值，即随机性指标越接近1，表示系统抗随机干扰能力越强。

最小方差控制指标（MVC）定义为：

$η\left(d\right)=\frac{σ\_{mv}^{2}}{σ\_{y}^{2}}$…………………………………………………(5)

其中，$0<η\left(d\right)<1$



1. （规范性附录）
自动投入率分级、分类标准

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | **回路名称** | **回路名称** | **统计原则** |
| 一级回路(8类） | 1、协调控制 | 协调自动控制系统CCS | 机组实际负荷大于50%，可配置 |
| 机跟炉方式 | 机组实际负荷大于50%，可配置 |
| 炉跟机方式 | 机组实际负荷大于50%，可配置 |
| 燃料主控 | 机组实际负荷大于50%，可配置 |
| 主汽压力控制 | 机组实际负荷大于50%，可配置 |
| 2、给水自动（汽包炉） | 水位控制 | 机组实际负荷大于50%，可配置 |
| A汽动给水泵自动 | 机组实际负荷大于50%，可配置 |
| B汽动给水泵自动 | 机组实际负荷大于50%，可配置 |
| 电泵自动 | 机组实际负荷大于50%，可配置 |
| 2、给水自动（直流炉） | A汽动给水泵自动 | 机组实际负荷大于50%，可配置 |
| B汽动给水泵自动 | 机组实际负荷大于50%，可配置 |
| 电泵自动 | 机组实际负荷大于50%，可配置 |
| 中间点温度 | 机组实际负荷大于50%，可配置 |
| 3、送风调节 | A送风机自动 | 机组实际负荷大于50%，可配置 |
| B送风机自动 | 机组实际负荷大于50%，可配置 |
| 氧量调节 | 机组实际负荷大于50%，可配置 |
| 4、引风调节 | A引风机自动 | 并网后 |
| B引风机自动 | 并网后 |
| 5、一次风机调节 | A一次风机调节自动 | 机组实际负荷大于50%，可配置 |
| B一次风机调节自动 | 机组实际负荷大于50%，可配置 |
| 6、过热器汽温调节 | 过热器一级减温水A自动 | 机组实际负荷大于50%，可配置 |
| 过热器一级减温水B自动 | 机组实际负荷大于50%，可配置 |
| 过热器二级减温水A自动 | 机组实际负荷大于50%，可配置 |
| 过热器二级减温水B自动 | 机组实际负荷大于50%，可配置 |
| 过热器二级减温水C自动 | 机组实际负荷大于50%，可配置 |
| 过热器二级减温水D自动 | 机组实际负荷大于50%，可配置 |
| 7、再热器汽温调节 | 再热器微量喷水调阀A自动 | 机组实际负荷大于50%，可配置 |
| 再热器微量喷水调阀B自动 | 机组实际负荷大于50%，可配置 |
| 再热器事故喷水调阀A自动 | 机组实际负荷大于50%，可配置 |
| 再热器事故喷水调阀B自动 | 机组实际负荷大于50%，可配置 |
| 挡板控制 | 机组实际负荷大于50%，可配置 |
| 8、脱硝喷氨自动 | 脱硝喷氨调阀A自动 | 机组实际负荷大于50%，可配置 |
| 脱硝喷氨调阀B自动 | 机组实际负荷大于50%，可配置 |
| 二级回路（8类） | 1、高压加热器水位自动 | #1高加正常疏水调节 | 机组实际负荷大于50% |
| #1高加事故疏水调节 | 机组实际负荷大于50% |
| #2高加正常疏水调节 | 机组实际负荷大于50% |
| #2高加事故疏水调节 | 机组实际负荷大于50% |
| #3高加正常疏水调节 | 机组实际负荷大于50% |
| #3高加事故疏水调节 | 机组实际负荷大于50% |
| 2、低压加热器水位自动 | #5低加正常疏水调节 | 机组实际负荷大于50% |
| #5低加事故疏水调节 | 机组实际负荷大于50% |
| #6低加正常疏水调节 | 机组实际负荷大于50% |
| #6低加事故疏水调节 | 机组实际负荷大于50% |
| #7低加正常疏水调节 | 机组实际负荷大于50% |
| #7低加事故疏水调节 | 机组实际负荷大于50% |
| #8低加正常疏水调节 | 机组实际负荷大于50% |
| #8低加事故疏水调节 | 机组实际负荷大于50% |
| 3、除氧器水位调节 | 除氧器水位主调阀 | 并网后 |
| 除氧器水位副调阀 | 并网后 |
| 除氧器水位变频A调阀 | 并网后 |
| 除氧器水位变频B调阀 | 并网后 |
| 除氧器水位变频C调阀 | 并网后 |
| 4、凝汽器水位调节 | 凝汽器水位调阀A | 并网后 |
| 凝汽器水位调阀B | 并网后 |
| 凝汽器水位调阀C | 并网后 |
| 凝汽器水位调阀D | 并网后 |
| 5、磨煤机冷风控制 | 磨煤机A冷风控制 | 磨煤机启动后 |
| 磨煤机B冷风控制 | 磨煤机启动后 |
| 磨煤机C冷风控制 | 磨煤机启动后 |
| 磨煤机D冷风控制 | 磨煤机启动后 |
| 磨煤机E冷风控制 | 磨煤机启动后 |
| 磨煤机F冷风控制 | 磨煤机启动后 |
| 6、磨煤机热风控制 | 磨煤机A热风控制 | 磨煤机启动后 |
| 磨煤机B热风控制 | 磨煤机启动后 |
| 磨煤机C热风控制 | 磨煤机启动后 |
| 磨煤机D热风控制 | 磨煤机启动后 |
| 磨煤机E热风控制 | 磨煤机启动后 |
| 磨煤机F热风控制 | 磨煤机启动后 |
| 7、燃料量控制 | 磨煤机A控制 | 磨煤机启动后 |
| 磨煤机B控制 | 磨煤机启动后 |
| 磨煤机C控制 | 磨煤机启动后 |
| 磨煤机D控制 | 磨煤机启动后 |
| 磨煤机E控制 | 磨煤机启动后 |
| 磨煤机F控制 | 磨煤机启动后 |
| 8、轴封温度压力调节 | 低压轴封温度调节 | 机组实际负荷大于50% |
| 轴封溢流阀调节 | 机组实际负荷大于50% |
| 主汽至轴封压力供汽调节 | 并网后 |
| 辅助蒸汽至轴封供汽调节 | 并网后 |
| 三级回路（4类） | 1、主机润滑油温度调节 | 主机润滑油温度调节 | 并网后 |
| 2、发电机冷却系统控制 | 发电机冷却系统控制 | 并网后 |
| 3、小机油温度控制 | 小机油温度控制 | 并网后 |
| 4、小机密封水控制 | 小机密封水控制 | 并网后 |
| 5、闭冷水系统控制 | 闭冷水系统控制 | 并网后 |
| …… | …… | 并网后 |

1. （规范性附录）
各级、各类自动投入率计算方法

对300MW及以上等级的机组，对单个机组提供一种通用的分级和分类方法，为各等级和各分类控制回路分配权重；依照该方法对控制回路划分，可得出分级和分类的抽象方法，以用于计算更科学和准确的各级、各类的自动投入率指标数据。

1. 自动控制回路分级：由于自动控制回路的重要程度不同，将每套控制回路先划分为三个等级，一级回路、二级回路、三级回路。一级为对大型火电机组安全、经济性运行有很大作用的控制回路，如协调控制；二级回路为对自己主要设备的安全、经济性运行有很大作用控制回路，如磨煤机系统控制；其他控制回路归为三级回路。
2. 按机组各不同的控制对象，在每个等级下，再划分为类，一级回路分为n类，二级回路分为m类，三级回路分为k类，每个类型的控制对象近似或者相同。
3. 单类回路自动投入率计算。对自动控制回路分级、分类后，再通过各基础回路自动投入率指标数据及其对应的权重系数，汇总为各类自动投入率，一级回路下属的每类自动投入率记为$A\_{a1}，A\_{a2}，……，A\_{an}$，二级回路下属的每类自动投入率记为$A\_{b1}，A\_{b2}，……，A\_{bm}$，以此类推。

对于任意一类控制回路自动投入率为：

$$A\_{aj}=\sum\_{i=1}^{n}A\_{i}x\_{i}\*100\%$$

其中，$A\_{i}$为各基础回路自动投入率，$x\_{i}$为各分类下基础回路的权重，权重系数应满足条件$\sum\_{i=1}^{n}x\_{i}$=1，n为该类回路的基础回路套数。

1. 根据各级下各分类回路自动投入率，对应其权重，输出一级回路自动投入率$A1$、二级回路自动投入率$A2$和三级回路自动投入率$A3$。假设一级回路有n类，二级回路有m类，三级回路有k类。则各级投入率

$$A1=\sum\_{i=1}^{n}A\_{ai}x\_{ai}\*100\%$$

 $A2=\sum\_{i=1}^{m}A\_{bi}x\_{bi}\*100\%$

$$A3=\sum\_{i=1}^{k}A\_{ci}x\_{ci}\*100\%$$

其中，各类回路$A\_{a1},…,A\_{an},A\_{b1},…,A\_{bm}$对应的权重系数$x\_{a1},…,x\_{an},x\_{b1},…,x\_{bm}$，应满足同一分级下的各类回路权重系数总和为1：$\sum\_{i=1}^{n}x\_{ai}=1 $

1. 计算基于实时数据平台三级回路及三重权重系数综合计算的机组总投运率A：

$$A=A1\*x1+A2\*x2+A3\*x3$$

其中，$x1,x2,x3$为三级回路$A1,A2,A3$对应的权重系数满，三级回路权重系数之和为1。

1. （规范性附录）
偏差统计指标计算方法

在使用偏差统计指标中的指标计算方法如下：

1. 最大偏差= max(abs(过程值-设定值))；
2. 正向最大偏差=max(过程值-设定值)；
3. 负向最大偏差=min(过程值-设定值)；
4. 正向平均偏差=$\sum\_{0}^{t}\left(过程值\_{i}-设定值\_{i}\right)$/$t\_{正向}$；

i为$sp\_{i}$大于$pv\_{i}$的时刻，t为整个统计时段

1. 负向平均偏差=$\sum\_{0}^{t}\left(过程值\_{i}-设定值\_{i}\right)$/$t\_{负向}$；

i为$sp\_{i}$小于$pv\_{i}$的时刻，t为整个统计时段

1. 平均偏差=$ \sum\_{0}^{t}\left(abs(过程值\_{i}-设定值\_{i})\right)$/t；

t为整个统计时段

1. 交叉点=统计时段内设定值与过程值的交汇次数，考虑死区。
2. （规范性附录）
自动控制调节品质要求

D.1 稳态过程机组主要参数调节品质指标要求。

稳态过程机组调节性能指标符合DL/T 657规定要求，见表D.1。

表 D.1 稳态过程机组主要参数调节品质指标要求

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 指标值 | 负荷稳态偏差极值%Pe | 主蒸汽压力MPa | 主蒸汽温度℃ | 再热蒸汽温度℃ | 汽包水位mm | 炉膛压力Pa | 烟气含氧量% |
| 300MW登机及以上亚临界机组 | ±1.0 | ±0.3 | ±3.0 | ±4.0 | ±25 | ±100 | ±1 |
| 超临界及超超临界机组 | ±1.0 | ±0.3 | ±3.0 | ±4.0 |  | ±100 | ±1 |

D.3 动态过程机组主要参数调节品质指标要求。

动态过程机组调节性能指标符合DL/T 657规定要求，见表D.3。

表 D.2 动态过程机组主要参数调节品质指标要求

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 指标值 | 实际负荷平均变化率%Pe/min | 负荷动态偏差极值%Pe | 主蒸汽压力MPa | 主蒸汽温度℃ | 再热蒸汽温度℃ | 汽包水位mm | 炉膛压力Pa |
| 300MW登机及以上亚临界机组 | ≥1.5 | ±1.5 | ±0.5 | ±8.0 | ±10.0 | ±60 | ±100 |
| 超临界及超超临界机组 | ≥1.5 | ±1.5 | ±0.5 | ±8.0 | ±10.0 | ±100 | ±100 |

D.3 稳/动态过程机组主要参数调节品质图表展示参见表D.3

表 D.3 稳定过程机组主要参数调节品质图表展示

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 指标值 | 负荷偏差极值%Pe | 主蒸汽压力MPa | 主蒸汽温度℃ | 再热蒸汽温度℃ | 汽包水位mm | 炉膛压力Pa | 烟气含氧量% |
| 允许值 |  |  |  |  |  |  |  |
| 稳态指标 |  |  |  |  |  |  |  |
| 评价结果 | 合格/不合格 | 合格/不合格 | 合格/不合格 | 合格/不合格 | 合格/不合格 | 合格/不合格 | 合格/不合格 |
| 注1：直流锅炉不包括上表中的汽包水位指标注2：根据机组和机组运行状态登记和表D.1、表D.2中的规定，记录在表“允许值”内。 |

D.4 确定性指标评价主要控制回路调节品质指标要求及图表展示。

表 D.4 确定性指标评价主要控制回路调节品质指标要求及图表展示

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 控制系统 | 被调量 | 扰动量（推荐） | 稳定时间 | 衰减率 |
| 允许值 | 实际值 | 允许值 | 实际值 |
| 主蒸汽压力控制系统 | 主蒸汽压力 | ±0.6MPa | ＜6min |  | 0.9~0.95 |  |
| 给水控制系统 | 汽包水位 | ±60mm | ＜5min |  | 0.9~0.95 |  |
| 中间点温度控制系统 | 中间点温度 | ±8℃ | ＜15min |  | 0.9~0.95 |  |
| 主蒸汽温度控制系统 | 主蒸汽温度 | ±5℃ | ＜15min |  | 0.9~0.95 |  |
| 再热汽温度控制系统 | 再热汽温 | ±5℃ | ＜30min |  | 0.9~0.95 |  |
| 炉膛负压控制系统 | 炉膛负压 | ±200Pa | ＜3min |  | 0.9~0.95 |  |
| 二次风量控制系统 | 二次风量 | ±200t/h | ＜60s |  | 0.9~0.95 |  |
| 一次风压控制系统 | 一次风压 | ±500Pa | ＜60s |  | 0.9~0.95 |  |
| 给煤机出口温度控制系统 | 磨煤机出口温度 | ±3℃ | ＜5min |  | 0.9~0.95 |  |
| 给煤机一次风量控制系统 | 磨煤机入口一次风量 | ±10% | ＜20s |  | 0.9~0.95 |  |
| 给煤机入口风压控制系统（中储式制粉系统） | 磨煤机入口风压 | ±50Pa | ＜20s |  | 0.9~0.95 |  |