

# 太原理工大学

## 2024 年 CIMC 流程行业自动化 校赛规则

### 一、测试目的：

1. 引导我校参加 2024 年“西门子杯”中国智能制造挑战赛智能制造工程设计与应用类赛项：流程行业自动化的选手的学习进程；
2. 确定参赛人员；
3. 模拟比赛基本流程；
4. 组队的重要参考依据

### 二、测试对象：

全体参加 2024 年“西门子杯”中国智能制造挑战赛智能制造工程设计与应用类赛项：离散行业自动化方向（逻辑算法）的选手。以队伍形式参赛，每队 1-3 人。

### 三、测试时间：

5 月 18 日（周六）上午

### 四、测试形式

锅炉控制。要求根据所提供的工艺对象，通过分析其对象动态特性，设计系统控制方案，现场实施并投入运行。

### 五、设备描述

比赛环境是由 SMPT-1000 设备与西门子 SIMATIC PCS 7 过程控制系统组成的现场站、控制站和操作站三级完整的工业控制环境。其中，控制器采用西门子 S7-400 系列 CPU，被控对象即为 SMPT-1000 半实物仿真设备。整个系统中，上位机、S7-400 以及 SMPT-1000 之间均采用 Ethernet 通讯协议来实现连接。

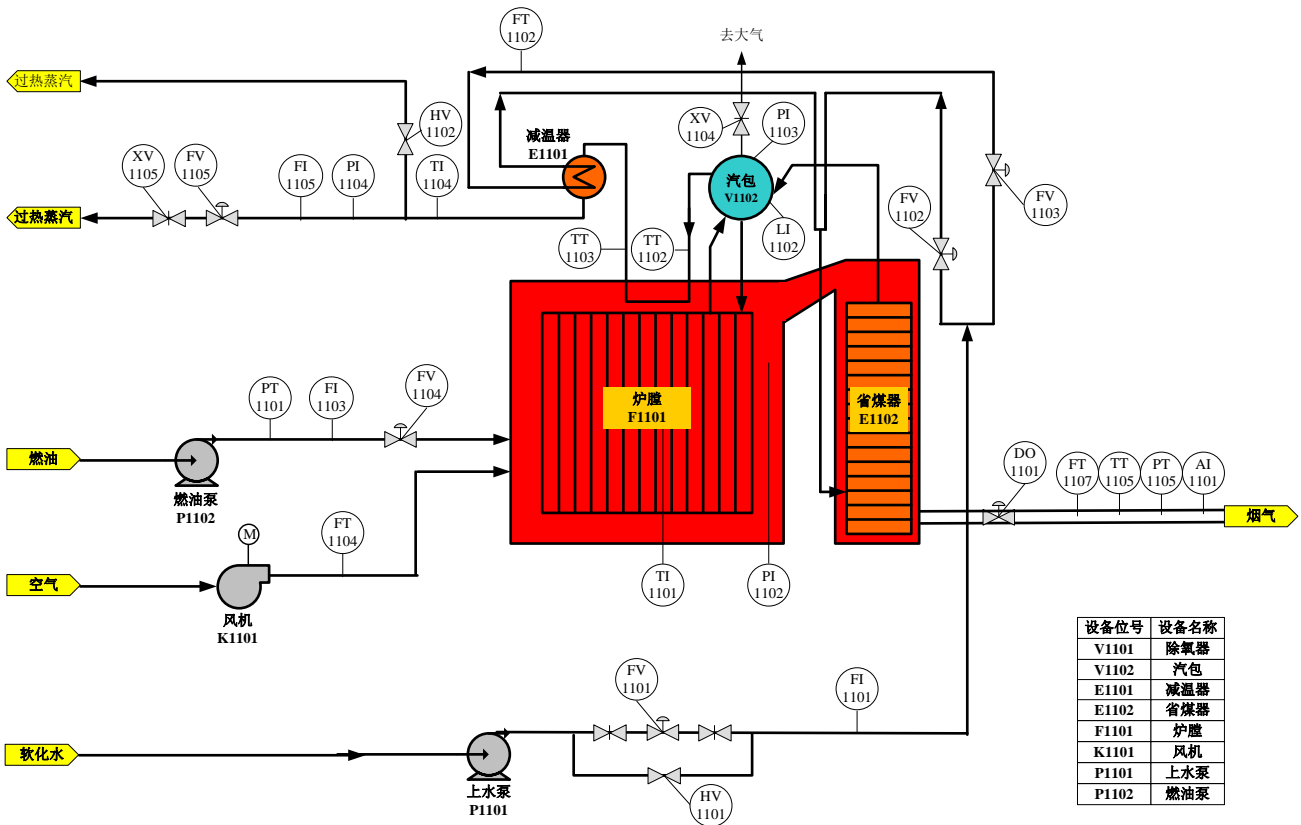
（不再支持 S7-400 和 SMPT-1000 之间的 Profibus DP 通讯）

Ethernet 通讯的相关说明，见文档 [siemenscup-cimc.org.cn/uploadEditor/202307\\_25/file/20230713/关于以太网通讯的配置说明](http://siemenscup-cimc.org.cn/uploadEditor/202307_25/file/20230713/关于以太网通讯的配置说明)。

## 六、被控对象描述

### 1. 工艺流程

赛题的被控对象是流程工业领域常见的自然循环锅炉。锅炉是用于生产蒸汽的装置，生产的蒸汽用于发电和提供热能。



软化水经由上水泵 P1101 泵出，锅炉上水流量为 FI1101，锅炉上水管线上设有调节阀 FV1101，调节阀有前、后阀以及旁路阀 HV1101。锅炉上水被分为两路，其中一路进入减温器 E1101，与过热蒸汽换热，然后与另外一路混合进入省煤器 E1102。进入减温器 E1101 的锅炉上水走管程，用于调整过热蒸汽的温度，同时也对锅炉上水进行预热。锅炉上水管道上分别设有调节阀 FV1102 和 FV1103。正常工况时，大部分锅炉上水直接流向省煤器，小部分锅炉上水流向减温器，其流量为 FT1102。省煤器 E1102 由多段盘管组成，燃料燃烧产生的高温烟气自上而下通过管间，与管内的锅炉上水换热，回收烟气中的余热并使锅炉上水进一步预热。

被烟气加热成饱和水的锅炉上水全部进入汽包 V1102，再经过对流管束和下降管进入锅炉水冷壁，吸收炉膛辐射热在水冷壁里变成汽水混合物，然后返回汽包 V1102 进行汽水分离。锅炉上汽包为卧式圆筒形承压容器，内部装有给水分布槽、汽水分离器等，汽水分离是汽包的重要作用之一。汽包 V1102 顶部设放空阀 XV1104，汽包压力为 PT1103。汽包中部设水位检测点 LI1102。分离出的饱和蒸汽再次进入炉膛 F1101

进行汽相升温，成为过热蒸汽。在汽包中通过汽水分离得到的饱和蒸汽温度为 TT1102，经过炉膛汽相升温得到的过热蒸汽温度为 TT1103。出炉膛的过热蒸汽进入减温器 E1101 壳程，进行温度微调并为锅炉上水预热，最后以工艺所要求的过热蒸汽压力、过热蒸汽温度输送给下游生产过程。最终过热蒸汽出口压力为 PI1104，出口温度为 TI1104，出口流量为 FI1105。过热蒸汽出口管线上设调节阀 FV1105 和开关阀 XV1105。

燃料经由燃料泵 P1102 泵入炉膛 F1101 的燃烧器；空气经由变频鼓风机 K1101 送入燃烧器。燃料流量为 FI1103，燃料压力为 PT1101，燃料流量管线设调节阀 FV1104。变频器频率为 S1101，被归一化到 0~100% 之间，空气量为 FT1104。燃料与空气在燃烧器混合燃烧，产生热量使锅炉水汽化。燃烧产生的烟气带有大量余热，对省煤器 E1102 中的锅炉上水进行预热。烟气经由烟道，靠烟囱的抽力抽出，通入大气。烟道出口处的烟气流量为 FT1107，温度为 TT1105。烟气含氧量为 AI1101，设有在线分析检测仪表。烟道内设有挡板 DO1101。

炉膛压力为 PI1102，炉膛中心火焰温度为 TT1101，为红外非接触式测量，仅提供大致温度的参考。

锅炉的典型控制包括：

- （1）燃烧控制，需要控制燃料和空气的配比，以达到充分燃烧；
- （2）给水控制，需要与蒸汽产量匹配，以控制锅炉汽包内水的储量；
- （3）过热蒸汽出口压力控制，要求能够根据负荷的变化控制蒸汽压力；
- （4）过热蒸汽出口温度控制，需要根据工艺要求精确控制蒸汽温度。

## 2. 仪表及操作设备

### （1）检测仪表

序号	名称	位号	单位
1	锅炉上水流量	FI1101	kg/s
2	去减温器的锅炉上水流量	FT1102	kg/s
3	燃料流量	FI1103	kg/s
4	空气量	FT1104	m <sup>3</sup> /s
5	过热蒸汽出口流量	FI1105	kg/s
6	烟气流量	FT1107	kg/s
7	汽包水位	LI1102	%
8	炉膛中心火焰温度	TI1101	°C
9	汽水分离后的饱和蒸汽温度	TT1102	°C
10	进入减温器的过热蒸汽温度	TT1103	°C

11	最终过热蒸汽出口温度	TI1104	℃
12	烟气温度	TT1105	℃
13	燃料压力	PT1101	MPa
14	炉膛真空度	PI1102	mmH <sub>2</sub> O
15	汽包压力	PI1103	MPa
16	过热蒸汽出口压力	PI1104	MPa
17	烟气出口压力	PI1105	mmH <sub>2</sub> O
18	烟气含氧量	AI1101	%

## (2) 执行机构

序号	名称	位号
1	汽包上水管线调节阀	FV1101
2	直接去省煤器的锅炉上水管线调节阀	FV1102
3	去减温器的锅炉上水管线调节阀	FV1103
4	燃料管线调节阀	FV1104
5	变频鼓风机	S1101
6	过热蒸汽出口管线调节阀	FV1105
7	烟道挡板	DO1101

## (3) 手操阀

序号	名称	位号
1	汽包上水管线调节阀旁路阀	HV1101
2	去蒸汽管网管线旁路阀	HV1102

## (4) 开关阀

序号	名称	位号
1	汽包上水管线截断阀	XV1101
2	燃料管线截断阀	XV1102
3	汽包顶部放空阀	XV1104
4	过热蒸汽出口管线截断阀	XV1105

## (5) 开关和按钮

序号	名称	位号
1	上料泵启停开关	HS1101
2	燃料泵启停开关	HS1102
3	鼓风机启停开关	HS1103
4	炉膛点火按钮	HS1104

## (6) 状态指示

序号	名称	位号
1	炉膛燃烧状态指示	D1101
2	去蒸汽管网的过热蒸汽有无指示	D1102

## 七、控制任务

### 1. 满足生产指标的考虑

在过热蒸汽出口流量稳定的前提下，保证过热蒸汽出口压力维持和出口温度维持在工艺要求范围之内。

所有操作要保证有序进行，工况要保持全程稳定，并要充分考虑生产过程中可能出现的异常工况。

### 2. 满足节能指标的考虑

出于对效能、环境等因素的考虑，要求在控制系统的设计和实施中对燃料用量等能耗等指标予以充分考虑。

### 3. 满足生产安全的考虑

在控制系统的设计要确保锅炉生产安全。

### 4. 自动化要求

从生产单元冷态起，自动开车，按照开车步骤依次将控制回路投用，保证开车稳步进行，保证系统无扰投运。