

2025 年 CIMC “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：流程行业自动化方向

初赛 样题（本科组/高职组）

一、赛项须知

- 1、本样题旨在对初赛出题形式及评分方式进行说明，帮助参赛队伍了解本赛项的比赛任务和控制要求，样题的内容、数量、分值等内容与初赛赛题并不完全相同。
 - 2、初赛比赛题目分为两部分：团队题目+个人题目。
 - 3、每个队伍的成绩=团队题目成绩（80%）+所有队员个人题目成绩的平均值（20%），按照队伍成绩进行评奖。
 - 4、初赛的赛题和评分标准（团队题目）在初赛现场发布。
 - 5、初赛的赛题和评分标准（个人题目）在初赛比赛之前发布，供参赛队练习。
 - 6、初赛（团队题目）和初赛（个人题目）满分均为 100 分，全部为现场上机比赛环节的成绩。由全国竞赛组委会提供的自动评分系统进行现场评分，分赛区竞赛裁判组负责监督比赛过程，并确认评判成绩。
 - 7、个人题目成绩达到 60 分及以上的参赛队员，大赛组委会额外颁发赛项认证证书。
- 比赛时长、比赛评分方式以及更多比赛注意事项，详见初赛竞赛规则。

二、团队题目

本样题是为了让参赛队伍了解本赛项的工艺对象及控制要求。参赛队伍根据比赛任务要求进行工艺分析、开车步骤设计、仪表选型及控制系统设计等。在仿真对象发布后，可进行控制方案优化、控制参数调试、控制方案实施等，以形成完整的设计方案。在完成基本控制设计的基础上，提倡从先进控制、生产优化、节能、安全等多角度出发进行方案的设计与实施。在正式比赛时，参赛选手将得到一份正式赛题。正式赛题与样题在物性参数、工艺参数、设备参数、对象特性、控制要求、评分考查点及扰动类型等方面会有 10~30% 的差异。

1、工艺描述

工艺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。工艺过程如下图所示：

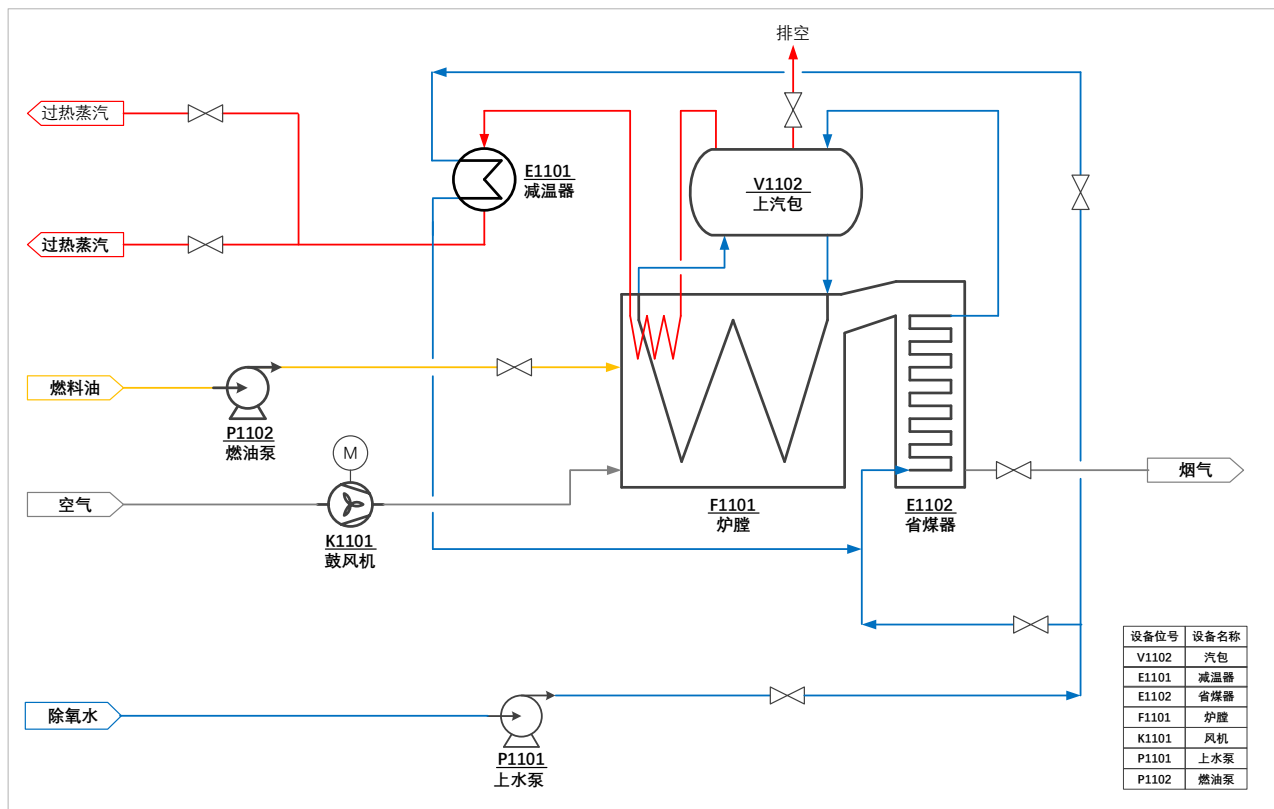


图 1 锅炉工艺流程简图

除氧水经由上水泵 P1101 泵出，分两路为锅炉上水，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。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。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。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。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。

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。烟气经烟道，靠烟囱的抽力抽出，通入大气。

表 1 关键工艺参数表

序号	工艺说明	位号	单位	工艺参数
1	过热蒸汽出口流量	FI1105	kg/s	16 ~ 42
2	汽包水位	LI1102	%	48 ~ 52
3	过热蒸汽出口温度	TI1104	℃	447 ~ 453
4	烟气温度	TT1105	℃	< 260
5	炉膛真空度	PI1102	mmH ₂ O	10 ~ 120
6	汽包压力	PI1103	kPa	< 4500
7	过热蒸汽出口压力	PI1104	kPa	3750 ~ 3850
8	烟气含氧量	AI1101	%	1 ~ 3

表 2 设备数据表

序号	位号	设备	设备参数
1	V1102	汽包	型式：卧式；半径 1.2m，长度 2m 设计压力：4500kPa，设计温度：280℃
2	E1101	省煤器	--
3	E1102	减温器	换热面积：28m ² ， 外部空间体积：10.63m ³ ，内部空间体积：1.33m ³ ；
4	F1101	炉膛	高度 10m，长度 5m，宽度 5m； 设计温度：1500℃；
5	K1101	风机	最大风速：100m ³ /s，转速范围：0-3000RPM
6	P1101	上水泵	操作介质：水；设计扬程：500m
7	P1102	燃油泵	操作介质：燃料油；设计扬程：20m；

2、开车步骤

序号	开车步骤	详细内容和技术指标
1	启动锅炉工艺流程，关闭所有调节阀，机，泵，工艺阀门	
2	打开汽包顶部放空阀	
3	锅炉上水管线工艺截断阀 打开锅炉上水管线调节阀 打开直接去省煤器的锅炉上水管线调节阀 启动上料泵 P1101	维持汽包水位在 50%附近
4	打开烟道挡板 启动鼓风机 打开燃料管线调节阀 打开燃料泵 为锅炉点火	汽包压力 PI1103 达到并超过 1.5MPa
5	关闭汽包顶部放空阀 打开过热蒸汽出口管线开关阀 打开过热蒸汽出口管线调节阀	维持过热蒸汽出口温度在 450℃附近 维持过热蒸汽出口压力在 3.8MPa 附近 维持过热蒸汽出口流量在 10kg/s 附近 维持汽包水位在 50%附近
6	调节出料量，提升负荷	使锅炉处理量 FI1105 提升到指定产量范围内

3、初赛比赛任务

甲方需求：

(1) 生产指标

- 维持过热蒸汽出口流量稳定，保证过热蒸汽出口压力、出口温度均维持在工艺要求范围之内。
- 操作有序进行，工况保持全程稳定，且对生产过程中可能出现的异常工况有预案。

(2) 节能指标

结合效能、环境等因素，在控制系统的设计和实施过程中，对燃料用量、烟气含氧量等能耗指标予以充分考虑。

(3) 生产安全

确保锅炉生产安全，不发生汽包超压等安全事故。

根据工艺过程及甲方需求，参赛队伍完成：

(1) 项目方案设计，根据提供的工艺参数、设备数据、物性数据等完成方案设计，包括工艺分析、开车步骤设计、控制系统设计（对象特性及控制需求分析、仪表和调节阀选型、控制回路设计、控制算法研究、人机界面设计等）、控制系统的组成（控制器、IO 卡件、通讯网络等）、系统实施说明（系统连接、系统组态、系统调试、系统投运等）等。

(2) 控制系统方案在西门子控制系统上实施并调试。开车过程允许将控制器置手动、并修改控制器输出，或是直接修改阀门开度等操作。

现场比赛中，参赛队员在 SMPT-1000 软件平台上，根据所提供的变量仪表，按方案要求选择所需的仪表。工艺过程图管线上均可根据方案的需要设置阀门。参赛队员可根据需要自行选择阀门的特性（线性、等百分比、快开）和阀门类型（手操阀、调节阀），其中调节阀用于控制回路。

***初赛成绩以现场实施为准。项目方案不做考核。**

三、个人题目

针对流程行业典型工艺对象，比如换热器、蒸发器、除氧器等，参赛队员以个人形式，完成工艺对象的控制需求分析、控制方案设计和控制系统实施。具体的任务**要求以比赛前发布的个人题目任务书为准**。个人题目的样题如下：

题目：关键工艺参数的控制回路设计与实施（比如换热器温度/蒸发器液位/除氧器压力等）

任务：将工艺参数控制在某一数值。参赛队员基于 SMPT-1000 设备的软件平台，搭建控制回路、完成控制器投运和控制器参数整定。在有扰动时，控制回路能够克服扰动，快速平稳的使系统回到稳态。

评分：是否按照工艺要求的操作步骤进行操作、有扰动时工艺参数是否能够快速平稳的回到允许的范围、整个调节过程中系统是否没有满罐/超压/超温等异常。

个人题目的练习对象，将随初赛团队题目练习对象，一起发布。