

2024 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

样题（本科组/高职组）

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。

一、 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：

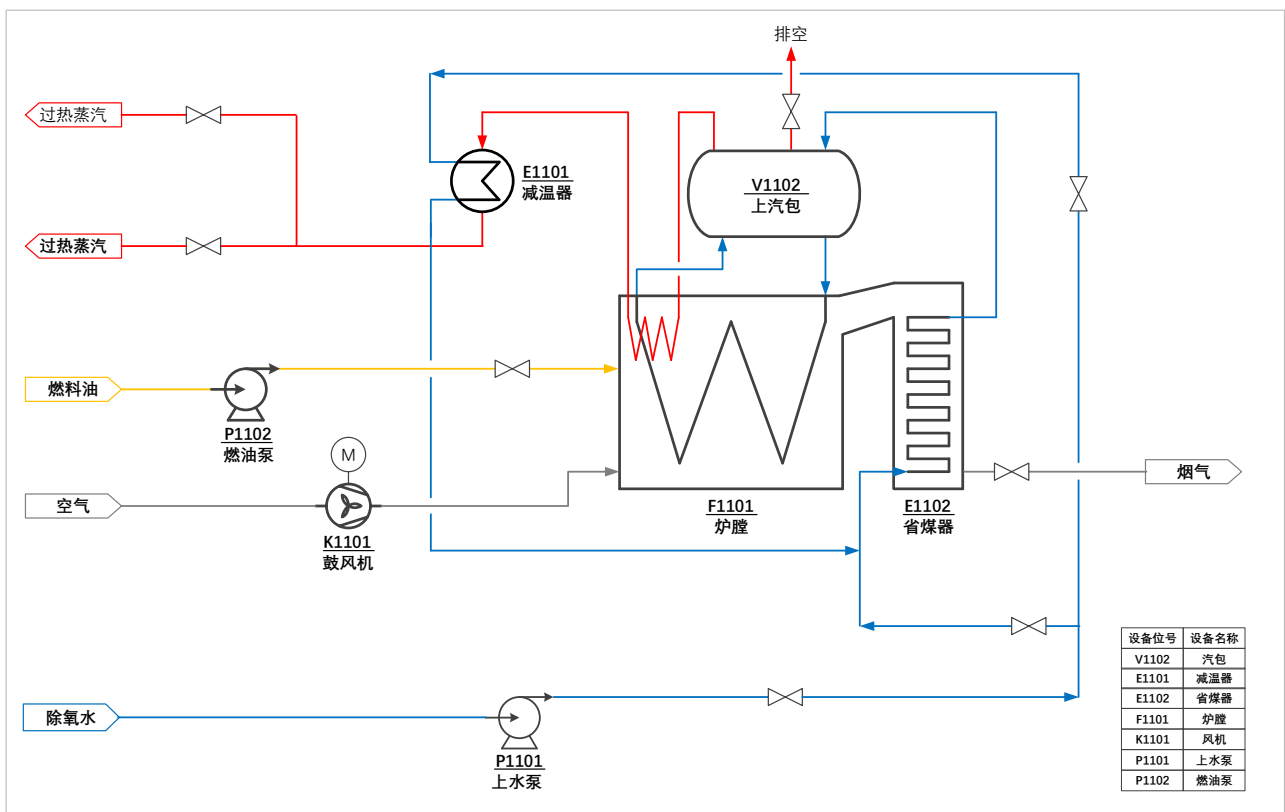


图 1 锅炉工艺流程简图

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。

***更多工艺参数信息随练习对象发布。**

二、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

三、 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。**

四、 决赛比赛任务

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) 现场接线。

(2) 在初赛基础上进行方案改进和完善。包括开车步骤设计、仪表选型、控制系统设计、控制系统的组成、系统实施说明等。

(3) 控制系统方案在西门子控制系统上实施并调试，使用人机界面完成从冷态开车到控制系统投运、生产稳定运行的全部过程。

(4) 识别系统中可能存在的故障，并进行处理。

(5) 在负荷改变或干扰产生时，实现稳定控制。

而随着数字化技术的发展，流程工业生产运营过程中解决问题的思路，已经由自动化向数字化变更。决赛中计划引入部分**数字化**内容，比如：

1. 团队协作，完成控制系统的开发和实施

使用基于 Web 的 B/S 架构的过程控制系统，参赛队各队员并行完成硬件组态、连续控制系统组态、顺序控制系统组态以及人机监控画面组态，最终实现冷态开车到生产运行。

2. 借助数据与业务的可视化，识别系统故障并进行处理

将给定的锅炉三维模型上与 DCS 系统建立通讯，选取并显示生产运营过程中的核心数据，在系统发生故障时，依据三维模型快速有效的判定出故障原因并处理。

***决赛的更多内容请关注后续发布。**