

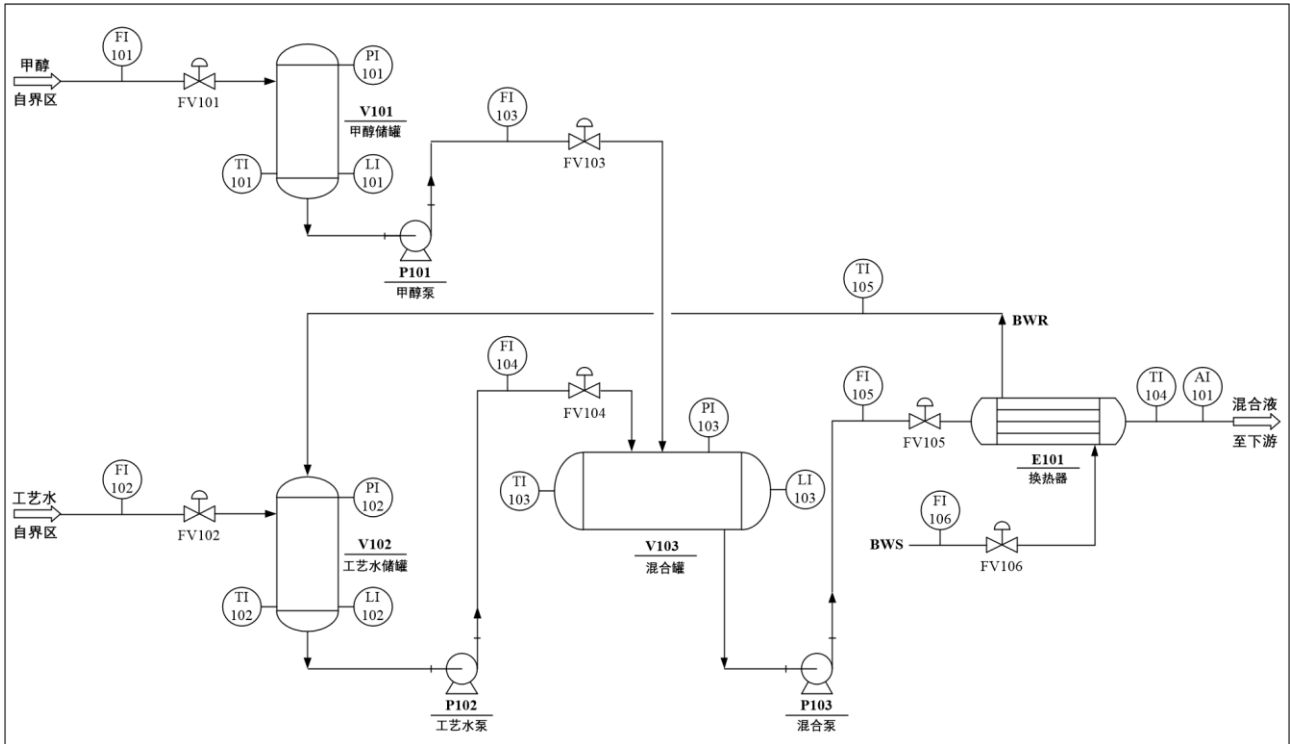
2020 年 CIMC“西门子杯”中国智能制造挑战赛
智能制造工程设计与应用类赛项：工业自动化（线上）方向
决赛 赛题

决赛题 原料混合工艺的控制系统设计与实施

1. 工艺流程

某厂物料供应工段生产任务：为下游工段提供摩尔分数 20%的甲醇/水混合溶液，温度要求 40℃。

物料供应工段的工艺流程如下图所示：



原料甲醇自界区进入甲醇储罐 V101，由 FT101 测量 V101 入口甲醇流量，由调节阀 FV101 控制 V101 入口甲醇流量，界区偶有扰动；当 V101 液位 LI101 达到一定工艺要求后，甲醇根据流量配比（满足工艺浓度摩尔分数）要求，经甲醇泵 P101 升压后输送至混合罐 V103，由 FT103 测量 V103 入口甲醇流量，由调节阀 FV103 控制 V103 入口甲醇流量。

原料工艺水自界区进入工艺水储罐 V102，由 FT102 测量 V102 入口工艺水流量，由调节阀 FV102 控制 V102 入口工艺水流量；当 V102 液位达到一定工艺要求后，工艺水根据流量配比（满足工艺浓度摩尔分数）要求，与甲醇按照一定的流量比值进料，经工艺水泵 P102 升压后输送至混合罐 V103，由 FT104 测量 V103 入口工艺水流量，由调节阀 FV104 控制 V103 入口工艺水流量。

当 V103 液位达到一定工艺要求后，混合液经混合泵 P103 升压后输送至换热器 E101 进行预热，由 FT105 测量混合液流量，由调节阀 FV105 控制混合液流量；混合液与锅炉水在换热器 E101 中进行热交换，混合液加热到一定温度指标后，送入下游工段，由 TT104 测量混合液加热后温度，由 AI101 测量混合液甲醇含量；热料锅炉水由 FT106 测量流量，由调节阀 FV106 控制锅炉水流量，降温后的锅炉水进入 V102 循环利用。

注：

甲醇/水流量配比公式如下所示：

$$\frac{F_A}{F_B} = \frac{x_A \times M_A}{(1-x_A) \times M_B}$$

其中： x_A — 甲醇摩尔分数，%； F_A — 甲醇流量，kg/s； F_B — 工艺水流量，kg/s； M_A — 甲醇分子量，g/mol； M_B — 工艺水分子量，g/mol；

1.1 工艺参数

工艺参数表				
序号	位号	工艺说明	工艺参数	单位
1	LI101	甲醇罐 V101 液位	30~70	%
2	LI102	工艺水罐 V102 液位	30~70	%
3	LI103	混合罐 V103 液位	30~70	%
4	TI101	甲醇罐 V101 温度	20~40	℃
5	TI102	工艺水储罐 V102 温度	20~40	℃
6	TI103	混合罐 V103 温度	20~40	℃
7	TI104	混合液预热温度	40	℃
8	TI105	锅炉水回水温度	20~80	℃
9	PI101	甲醇罐 V101 压力	100~200	kPa
10	PI102	工艺水罐 V102 压力	100~200	kPa
11	PI103	混合罐 V103 压力	100~200	kPa
12	AI101	混合液甲醇浓度（摩尔分数）	20	%
13	FI101	甲醇入 V101 流量	-	kg/s
14	FI102	工艺水入 V102 流量	-	kg/s
15	FI103	甲醇出 V101 流量	-	kg/s
16	FI104	工艺水出 V102 流量	-	kg/s
17	FI105	混合液出 V103 流量	-	kg/s
18	FI106	E101 锅炉水流量	-	kg/s

1.2 设备参数

设备参数表			
序号	位号	名称	设备参数
1	V101	甲醇储罐	型式：立式；内径：0.3m，高度：2.5m； 操作介质：甲醇； 设计压力：200kPa，设计温度：100℃；
2	V102	工艺水储罐	型式：立式；内径：0.4m，高度：2m； 操作介质：工艺水； 设计压力：200kPa，设计温度：100℃；
3	V103	混合罐	型式：卧式；内径：0.4m，长度：3m； 操作介质：甲醇、工艺水； 设计压力：200kPa，设计温度 100℃；
4	E101	换热器	型式：卧式、列管式换热器； 内径：0.2m，长度：3m，换热面积：25.6 m ² ； 操作介质：管程：甲醇、工艺水混合液，壳程：锅炉水； 设计压力：管程：200kPa，壳程：250kPa； 设计温度：管程：100℃，壳程：150℃；
5	P101	甲醇泵	操作介质：甲醇；扬程：6m； 操作温度：20~50℃；
6	P102	工艺水泵	操作介质：工艺水；扬程：5m； 操作温度：20~50℃；
7	P103	混合泵	操作介质：甲醇、工艺水；扬程：6m； 操作温度：20~50℃；

1.3 阀门参数

阀门参数表					
序号	位号	阀门类型	阀门作用方式	阀门精度	流通能力（m ³ /h）
1	FV101	线性阀	气开阀	0.6%	18
2	FV102	线性阀	气开阀	0.6%	20
3	FV103	线性阀	气开阀	0.6%	20
4	FV104	线性阀	气开阀	0.6%	40

5	FV105	线性阀	气开阀	0.6%	50
6	FV106	线性阀	气开阀	0.6%	20

1.4 物性数据

物性数据表					
序号	名称	分子量 g/mol	密度 kg/m ³	沸点℃	汽化潜热 J/mol
1	甲醇	32	791.8	64.7	35488
2	水	18	998	100	44848

2. 变量列表

序号	位号	说明	单位	仪表下限	仪表上限	类型
1	LI101	甲醇罐 V101 液位	%	0	100	输出
2	LI102	工艺水罐 V102 液位	%	0	100	输出
3	LI103	混合罐 V103 液位	%	0	100	输出
4	TI101	甲醇罐 V101 温度	℃	20	100	输出
5	TI102	工艺水储罐 V102 温度	℃	20	100	输出
6	TI103	混合罐 V103 温度	℃	20	100	输出
7	TI104	混合液预热温度	℃	20	100	输出
8	TI105	锅炉水回水温度	℃	20	100	输出
9	PI101	甲醇罐 V101 压力	Pa	0	200000	输出
10	PI102	工艺水罐 V102 压力	Pa	0	200000	输出
11	PI103	混合罐 V103 压力	Pa	0	200000	输出
12	AI101	混合液甲醇含量（摩尔分数）	%	0	100	输出
13	FI101	甲醇入 V101 流量	kg/s	0	5	输出
14	FI102	工艺水入 V102 流量	kg/s	0	5	输出
15	FI103	甲醇出 V101 流量	kg/s	0	10	输出
16	FI104	工艺水出 V102 流量	kg/s	0	10	输出
17	FI105	混合液出 V103 流量	kg/s	0	10	输出
18	FI106	E101 锅炉水流量	kg/s	0	6	输出

1	FV1101	V101 入口甲醇管线阀门	%	0	100	输入
2	FV1102	V102 入口工艺水管线阀门	%	0	100	输入
3	FV1103	V101 出口甲醇管线阀门	%	0	100	输入
4	FV1104	V102 出口工艺水管线阀门	%	0	100	输入
5	FV1105	混合液出 V103 流量	%	0	100	输入
6	FV1106	E101 锅炉水上水管线阀门	%	0	100	输入
7	P101	甲醇泵P101开关		0	1	输入
8	P102	工艺水泵P103开关		0	1	输入
9	P103	混合泵P103开关		0	1	输入

说明:

- (1) 变量列表中, 依据**位号**建立工艺对象和控制系统的关联。
- (2) 参赛队员要根据自己的设计方案选择变量仪表, 表中所提供的变量仪表不一定都要使用到。
- (3) 所有阀门均是调节阀, 不支持现场手操。所有泵均是远程控制的泵, 泵的启停方式详见“PIAS 流程行业自动化仿真实训系统使用说明书-附录 2.2”。
- (4) 工艺过程的设备参数、阀门参数、仪表量程由全国竞赛专家组设置, 参赛队员不可自行变动。

3. 比赛任务

甲方需求:

- (1) 关键工艺参数达到相关控制要求。
- (2) 产物在满足规定参数要求的前提下, 产量(流量)越多越好。
- (3) 不能出现安全事故。

根据工艺过程及甲方需求, 参赛队需完成如下任务:

- (1) 控制方案设计, 根据提供的工艺参数、设备数据、物性数据等, 进行工艺分析、开车步骤设计以及控制回路的设计;
- (2) 控制方案实施, 基于流程行业自动化仿真实训系统提供的“控制器组态”功能, 完成控制方案的组态、调试及优化, 实现从冷态开车到平稳生产。

4. 评分细则

从冷态工程(设备处于常温常压空罐的状态, 管道内流量为零)开始评分, 评分时长 **25** 分钟。

评分项	具体要求	分值
产品 累积量指标	在同时满足以下条件的前提下： ● 甲醇罐 V101 液位 LI101 大于等于 39%且小于等于 41% ● 工艺水罐 V102 液位 LI102 大于等于 39%且小于等于 41% ● 混合罐 V103 液位 LI103 大于等于 39%且小于等于 41% ● 混合液预热温度 TI104 大于等于 39℃且小于等于 41℃ ● 混合液中甲醇摩尔分数 AI101 大于等于 19.5%且小于等于 20.5% 将混合罐 V103 出口混合液流量 FI105 计入产品累积量。 累积量越大越好，达到 7200kg 时，该项得分 80 分	80
TI105 高温 稳定与安全指标	锅炉水回水温度 TI105 超过上限（超过 60℃）	-15
TI104 高温 稳定与安全指标	混合液预热温度 TI104 超过上限（超过 50℃）	-5
	混合液预热温度 TI104 异常高温（出现 TI104 大于等于 45℃且小于等于 50℃的时间段累计超过 20s 的现象）	-3
TI104 低温 稳定与安全指标	混合液预热温度 TI104 低于下限（当 TI104 大于 35℃后，出现低于 30℃的现象）	-5
	混合液预热温度 TI104 异常低温（当 TI104 大于 35℃后，出现大于等于 30℃且小于等于 35℃的时间段累计超过 20s 的现象）	-3
LI101 高液位 稳定与安全指标	甲醇罐 V101 有满罐的风险（液位大于 90%）	-5
LI101 低液位 稳定与安全指标	甲醇罐 V101 有抽空的风险 （液位大于 10%后，出现液位小于 5%的现象）	-5
	甲醇罐 V101 处于低液位 （液位大于 10%后，出现液位大于等于 5%且小于等于 10%的时间段累计超过 20s 的现象）	-3
LI102 高液位 稳定与安全指标	工艺水罐 V102 有满罐的风险（液位大于 90%）	-5
LI102 低液位 稳定与安全指标	工艺水罐 V102 有抽空的风险 （液位大于 10%后，出现液位小于 5%的现象）	-5
	工艺水罐 V102 处于低液位 （液位大于 10%后，出现液位大于等于 5%且小于等于 10%的时间段累计超过 20s 的现象）	-3

LI103 高液位 稳定与安全指标	混合罐 V103 有满罐的风险（液位大于 90%）	-5
LI103 低液位 稳定与安全指标	混合罐 V103 有抽空的风险 （液位大于 10%后，出现液位小于 5%的现象）	-5
	混合罐 V103 处于低液位 （液位大于 10%后，出现液位大于等于 5%且小于等于 10%的时间段累计超过 20s 的现象）	-3
混合液预热温度 控制指标	从评分结束时刻倒推计算，要求混合液预热温度 TI104 能够在 $40\pm 1^{\circ}\text{C}$ 的偏差范围内，至少稳定持续 300s，且越接近 40°C 得分越高。	20

注：评分细则说明

1) 累积量指标：通过统计某些变量的累积量来进行评分的指标。当前时刻，若是前提条件全部满足，则将当前时刻的目标变量计入累积量。若否，则不计入，但不影响后续满足条件时再次计入累积量。

2) 控制指标：要求工艺参数从控制结束时刻开始，倒推一段时间内能保持在规定的数值范围内，才能得分，与规定的数值越接近得分越高。

3) 稳定与安全指标：一旦触发扣分条件，会扣除相应分数，每个安全指标只扣一次。对于某些指标，一旦出现两个扣分条件都满足的情况，则只扣除分值最大的那一项。