

2020 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：工业自动化（线上）方向

初赛 样题

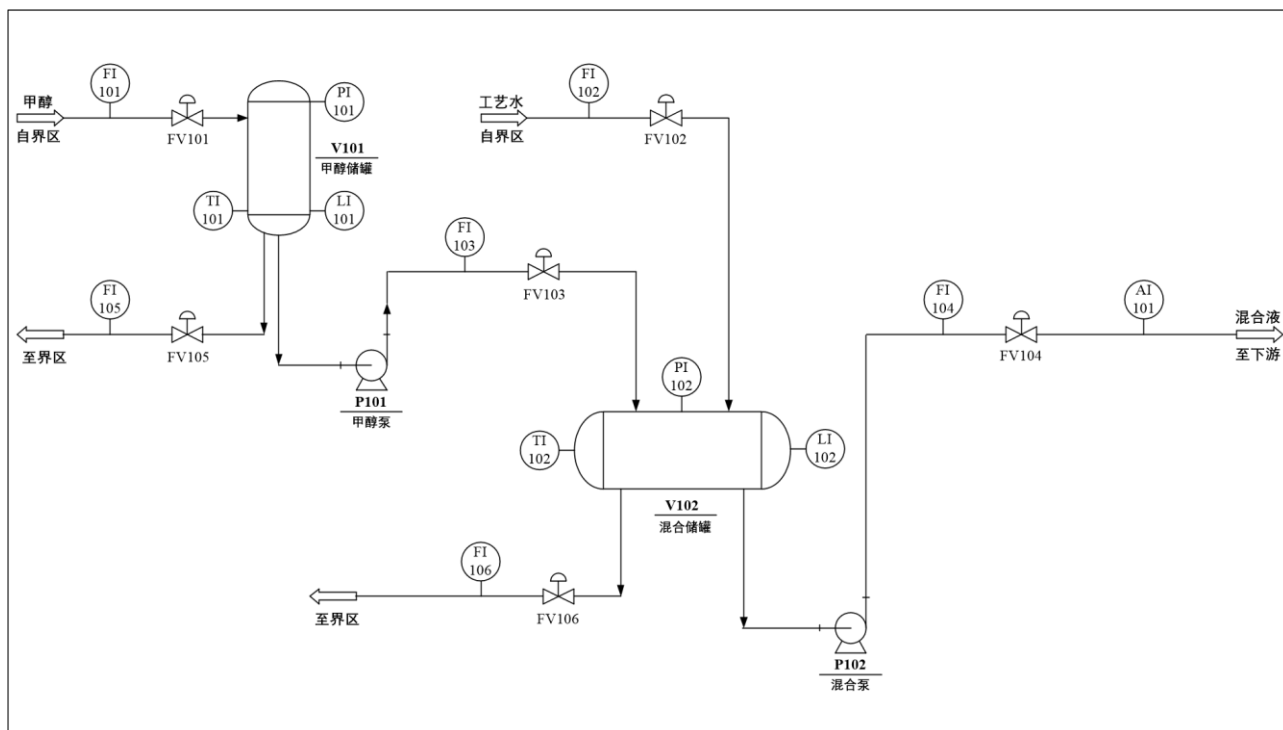
本样题是为了让参赛队伍了解赛项《智能制造工程设计与应用类赛项：工业自动化（线上）方向》的工艺对象类型及控制要求。参赛队伍根据本样题的要求，基于发布的练习工程进行工艺分析、开车步骤设计以及控制系统设计实施等。在正式比赛时，参赛选手将得到一份正式赛题，正式赛题与样题在工艺流程、物性参数、工艺参数、设备参数、对象特性、控制要求、评分考查点及扰动类型等方面会有一定的差异。

一、工艺对象

1.1 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 15%的甲醇/水混合溶液。

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，界区压力偶有扰动，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；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 V102，由 FT103 测量 V102 入口甲醇流量，由调节阀 FV103 控制 V102 入口甲醇流量。当 V101 液位 LI101 过高时，可以通过调节 FV105 将甲醇排至界区。

原料工艺水自界区进入混合储罐 V102，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，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 LI102 达到一定工艺要求后，混合液经混合泵 P102 升压后输送至下游工序，由 FT104 测量 V102 出口混合液流量，由调节阀 FV104 控制 V102 出口混合液流量；当 V102 液位 LI102 过高时，

可以通过调节 FV106 将混合液排至界区。混合液由 AT101 测量甲醇含量（摩尔分数）。

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) 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	甲醇储罐 V101 液位	20~70	%
2	LI102	混合储罐 V102 液位	20~70	%
3	TI101	甲醇储罐 V101 温度	20~100	℃
4	TI102	混合储罐 V102 温度	20~100	℃
5	PI101	甲醇储罐 V101 压力	100~200	KPa
6	PI102	混合储罐 V102 压力	100~200	KPa
7	FI101	V101 入口甲醇流量	-	kg/s
8	FI102	V102 入口工艺水流量	-	kg/s
9	FI103	V102 入口甲醇流量	-	kg/s
10	FI104	V102 出口混合液流量	-	kg/s
11	FI105	V101 出口至界区甲醇流量	-	kg/s
12	FI106	V102 出口至界区工艺水流量	-	kg/s
12	AI101	甲醇含量（摩尔分数）	15	%

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：2m； 操作介质：甲醇； 设计压力：200kPa，设计温度：100℃；
2	V102	混合液储罐	型式：立式；内径：0.3m，高度：2m； 操作介质：甲醇/水； 设计压力：200kPa，设计温度：100℃；
3	P101	甲醇泵	操作介质：甲醇；扬程：6m； 操作温度：20~50℃；
4	P102	混合泵	操作介质：甲醇/水；扬程：5m； 操作温度：20~50℃；

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	0.5%	15
2	FV102	线性阀	气开阀	0.5%	15
3	FV103	线性阀	气开阀	0.5%	15
4	FV104	线性阀	气开阀	0.5%	20
5	FV105	线性阀	气开阀	0.5%	20
6	FV106	线性阀	气开阀	0.5%	30

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

5) 变量列表

变量列表						
序号	位号	说明	单位	仪表下限	仪表上限	类型

1	FI101	V101 入口甲醇流量	kg/s	0	4	输出
2	FI102	V102 入口工艺水流量	kg/s	0	4	输出
3	FI103	V102 入口甲醇流量	kg/s	0	6	输出
4	FI104	V102 出口混合液流量	kg/s	0	10	输出
5	FI105	V101 出口至界区甲醇流量	kg/s	0	4	输出
6	FI106	V102 出口至界区工艺水流量	kg/s	0	4	输出
7	AI101	甲醇含量（摩尔分数）	kg/s	0	100	输出
8	LI101	甲醇储罐 V101 液位	%	0	100	输出
9	LI102	混合储罐 V102 液位	%	0	100	输出
1	FV101	V101入口甲醇管线阀门	%	0	100	输入
2	FV102	V102入口工艺水管线阀门	%	0	100	输入
3	FV103	V101出口至V102入口甲醇管线阀门	%	0	100	输入
4	FV104	V102出口混合液管线阀门	%	0	100	输入
5	FV105	V101出口至界区甲醇管线阀门	%	0	100	输入
6	FV106	V102 出口至界区工艺水管线阀门	%	0	100	输入
7	P101	甲醇泵P101开关	-	0	1	输入
8	P102	混合泵P102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。

二、比赛任务与评分细则

2.1 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，实现从冷态开车到安全平稳生产。

2.2 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 15 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： ● V101 液位 LI101 大于等于 29%且小于等于 31%； ● V102 液位 LI102 大于等于 29%且小于等于 31%； ● V102 出口混合液中甲醇摩尔分数 AI101 大于等于 14.5%且小于等于 15.5%； 将 V102 出口混合液流量 FI1104 计入产品累积量。 累积量越大越好，达到 2200kg 时，该项得分 100 分。	100
LI101 高液位 安全指标	V101 有满罐的风险（液位大于 90%）	-10
LI101 低液位 安全指标	V101 有抽空的风险（液位大于 10%后，出现液位小于 5%的现象）	-10
	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 50s 的现象）	-5
LI102 高液位 安全指标	V102 有满罐的风险（液位大于 90%）	-10
LI102 低液位	V102 有抽空的风险（液位大于 10%后，出现液位小于 5%的现象）	-10

安全指标	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 50s 的现象）	-5
------	--	----

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) 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。比如，对于罐设备，在开车过程中液位已经达到 10%之后，在某些时间段液位大于等于 5%且小于等于 10%，并时间累积超过 50s，而在另外时间段罐设备液位小于 5%，则只扣除液位小于 5%对应的分数。