

# 2021 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：流程行业自动化方向

### 全国总决赛 评分规则

本赛项全国总决赛采用“方案评审+线上答辩”的方式进行，满分 100 分，详见下表。

环节	评分项	主要内容	分值
方案评审 共 70 分	文档质量 15 分	文档结构完整，逻辑清晰，格式规范，组织合理	5
		文字表达简练规范，描述易于理解无歧义，专业术语使用准确，标准、规范引用正确	5
		绘图、表格规范，符合技术报告的要求；控制回路图、P&ID 图等，符合行业、国家标准	5
	方案设计 25 分	系统分析，包括从设计任务出发，层层推进到控制需求、系统安全要求的分析过程。要求分析的过程立证准确、逻辑严谨，分析得到的结果合理有效	6
		控制回路设计合理可执行；P&ID 图绘制规范，且完整准确的表达了所有的控制回路	4
		方案中所述开车操作规程清晰、明确，符合工业技术规范；冷态开车过程安全平稳，可操作执行	4
		安全系统的设计依据充分，设计结果满足甲方的安全要求，符合行业、国家标准；同时注意节省成本、易实施。鼓励应用安全保障、故障排除等技术	4
		有人工智能、优化控制、节能减碳等技术的创新应用	4
		监控画面，应包含全流程关键工艺参数及各控制器的监控，且可观测关键工艺参数随时间变化的趋势	3
	方案实施 30 分	方案实施得分以 SMPT 工程文件的评分结果为准。详见附录-方案实施评分规则。	30
		工程设计方案中需有完整的运行曲线截图及评分结果截图，样式见模板。若是与所提交的 SMPT 工程文件不一致，则扣除 10 分	-10
线上答辩 30 分	答辩评分规则将于 11 月 11 日随答辩名单一起公布		30

## 附录 方案实施评分规则

以 SMPT1000 中自带的评分系统来考核方案实施之后，放热反应器控制系统的运行结果是否良好。评分系统给出的分数在 0—100 之间，以 **0.3** 的权重计算到全国总决赛的总分中。

评分过程分两个阶段，总计 45min。第 1 阶段自动开车为 30min，完成从冷态到稳态的自动开车操作；第 2 阶段自动投运 15min，为开车结束后系统已投入自动运行的阶段。在第 2 阶段，将进行系统抗扰动测试，具体扰动形式详见赛题。

### 1) 第 1 阶段：自动开车 (30min)

评分项	具体要求	分值
控制指标 反应器 R101 温度	<p><b>稳态指标：</b>第一阶段最后时刻，要求反应器 R101 温度 TI1103 控制在某一温度，该温度必须在 120℃—160℃之间（含 120、160）。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 如果不在该区间，则该项得分为 0 分；</li> <li>● 如果在该区间，则以第一阶段最后的温度值（假设为 <math>x</math>）为设定值，允许偏差 <math>\pm 3^\circ\text{C}</math>。要求从第一阶段结束时刻倒推计算，TI1103 能够在 <math>x \pm 3^\circ\text{C}</math> 的范围内，至少稳定持续 300s，且在最开始稳定的 300s 时间内，TI1103 越接近设定温度 <math>x</math>，该项得分越高</li> </ul>	4
控制指标 反应器 R101 液位	<p><b>稳态指标：</b>第一阶段最后时刻，要求反应器 R101 液位 LI1102 控制在某一液位，该液位必须在 20%—70%之间（含 20、70）。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 如果不在该区间，则该项得分为 0 分。</li> <li>● 如果在该区间，则以第一阶段最后的液位值（假设为 <math>x</math>）为设定值，允许偏差 <math>\pm 2\%</math>。要求从第一阶段结束时刻倒推计算，LI1102 能够在 <math>x \pm 2\%</math> 范围内，至少稳定持续 300s，且在最开始稳定的 300s 时间内，LI1102 越接近设定液位 <math>x</math>，该项得分越高</li> </ul>	2
控制指标 闪蒸罐 V102 液位	<p><b>稳态指标：</b>第一阶段最后时刻，要求闪蒸罐 V102 液位 LI1201 控制在某一液位，该液位必须在 20%—70%之间（含 20、70）。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 如果不在该区间，则该项得分为 0 分。</li> <li>● 如果在该区间，则以第一阶段最后的液位值（假设为 <math>x</math>）为设定值，允许偏差 <math>\pm 2\%</math>。要求从第一阶段结束时刻倒推计算，LI1201 能够在 <math>x \pm 2\%</math> 范围内，至少稳定持续 300s，且在最开始稳定的 300s 时间内，LI1201 越接近设定液位 <math>x</math>，该项得分越高</li> </ul>	2
控制指标 闪蒸罐 V102 压力	<p><b>稳态指标：</b>第一阶段最后时刻，要求闪蒸罐 V102 压力 PI1103 控制在某一压力，该压力必须在 30kPa—101kPa 之间（含 30、101）。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 如果不在该区间，则该项得分为 0 分。</li> <li>● 如果在该区间，则以第一阶段最后的压力值（假设为 <math>x</math>）为设定值，允许偏差 <math>\pm 3\text{kPa}</math>。要求从第一阶段结束时刻倒推计算，PI1103 能够在 <math>x \pm 3\text{kPa}</math> 范围内，至少稳定持续 300s，且在最开始稳定的 300s 时间内，PI1103 越接近设定压力 <math>x</math>，该项得分越高</li> </ul>	4

控制指标 产品 D 混合物流量	<p><b>稳态指标:</b> 第一阶段最后时刻, 要求产品 D 混合物流量 FI1106 控制在某一流量, 该流量必须在 2kg/s—40kg/s 之间 (含 2、40)。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 如果不在该区间, 则该项得分为 0 分。</li> <li>● 如果在该区间, 则以第一阶段最后的流量值 (假设为 <math>x</math>) 为设定值, 允许偏差 <math>\pm 0.5\text{kg/s}</math>。要求从第一阶段结束时刻倒推计算, FI1106 能够在 <math>x \pm 0.5\text{kg/s}</math> 范围内, 至少稳定持续 300s, 且在最开始稳定的 300s 时间内, 越接近设定流量得分越高</li> </ul>	3
安全指标 加入抑制剂	生产过程中, 加入抑制剂中止反应	-5
安全指标 混合罐 V101 抽空	混合罐 V101 有抽空的风险 (混合罐 V101 液位 LI1101 < 10% 时, 原料混合进料流量 FI1103 > 0.5kg/s)	-10
安全指标 混合罐 V101 满罐	混合罐 V101 有满罐的风险 (混合罐 V101 液位 LI1101 > 80%)	-10
安全指标 反应器 R101 抽空	反应器 R101 有抽空的风险 (反应器 R101 液位 LI1102 < 10% 时, 反应生成液流量 FI1105 > 0.5kg/s)	-10
安全指标 反应器 R101 满罐	反应器 R101 有满罐的风险 (反应器 R101 液位 LI1102 > 80%)	-10
安全指标 闪蒸罐 V102 抽空	闪蒸罐 V102 有抽空的风险 (闪蒸罐 V102 液位 LI1201 < 10% 时, 产品 D 混合物流量 FI1106 > 0.5kg/s)	-10
安全指标 闪蒸罐 V102 满罐	闪蒸罐 V102 有满罐的风险 (闪蒸罐 V102 液位 LI1201 > 80%)	-10
安全指标 冷凝罐 V103 抽空	冷凝罐 V103 有抽空的风险 (冷凝罐 V103 液位 LI1202 < 10% 时, 循环物料流量 FI1108 > 0.5kg/s)	-10
安全指标 冷凝罐 V103 满罐	冷凝罐 V103 有满罐的风险 (冷凝罐 V103 液位 LI1202 > 80%)	-10
安全指标 反应器 R101 超压	反应器 R101 出现超压现象 (反应器压力 PI1102 $\geq 180\text{kPa}$ , 且 PI1102 $\leq 250\text{kPa}$ )	-15
	反应器 R101 出现超压现象 (反应器压力 PI1102 > 250kPa)	-50
收益指标	<p>收益 = 产品 D 收入 - 原料 A 成本 - 原料 B 成本 - 催化剂 C 成本 - 反应器 R101 冷却水成本 - 反应器 R101 加热蒸汽成本 - 冷凝器 E102 冷却水成本。</p> <p>收益 (元) 按照 100:1 折算为收益指标得分, 示例: 收益为 1540 元, 则收益指标得分为 15.4 分; 若是收入 &lt; 成本, 收益为负, 则收益指标得分为负分。</p> <p>收益指标得分上限是 25 分, 下限是 -25 分</p>	25/-25

## 2) 第 2 阶段：自动投运 (15min)

评分项	具体要求	分值
生产负荷变更	<p><b>第二阶段开始，要求降低负荷，具体的评分标准如下：</b></p> <p>第一阶段的生产负荷，以产品 D 混合物流量 FI1106，在第一阶段最后时刻的数值为准（假设其值为 <math>x</math>）。同理，第二阶段的生产负荷，以第二阶段最后时刻的产品 D 混合物流量 FI1106 为准（假设其值为 <math>y</math>）。要求 <math>y</math> 必须在 <math>2\text{kg/s} - 40\text{kg/s}</math> 之间（含 2、40），且 <math>y = 80\% x</math>，允许偏差 <math>\pm 10\% x</math>。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 如果 <math>y</math> 不在 <math>2\text{kg/s} - 40\text{kg/s}</math> 之间（含 2、40），或者 <math>y</math> 不在 <math>70\% x - 90\% x</math> 之间（含 <math>70\% x</math>、<math>90\% x</math>），均视为降负荷失败，扣 40 分；</li> <li>● 如果在该区间，则以 <math>80\% x</math> 为设定值，要求从第二阶段结束时刻倒推计算，产品 D 混合物流量 FI1106 能够在设定值 <math>\pm 10\% x</math> 的偏差范围内至少稳定持续 600s，且在最开始稳定的 600s 时间内，越接近设定值扣分越少，越远离设定值扣分越多，最多扣除 20 分</li> </ul>	-40/-20
控制指标 反应器 R101 温度	<p><b>稳态指标：</b>第二阶段最后时刻，要求反应器 R101 温度 TI1103 控制在某一温度，该温度必须在 <math>120^\circ\text{C} - 160^\circ\text{C}</math> 之间（含 120、160）。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 如果不在该区间，则该项得分为 0 分；</li> <li>● 如果在该区间，则以第二阶段最后的温度值（假设为 <math>x</math>）为设定值，允许偏差 <math>\pm 3^\circ\text{C}</math>。要求从第二阶段结束时刻倒推计算，TI1103 能够在 <math>x \pm 3^\circ\text{C}</math> 的范围内，至少稳定持续 300s，且在最开始稳定的 300s 时间内，TI1103 越接近设定温度 <math>x</math>，该项得分越高。</li> </ul> <p><b>动态指标：</b>调节时间指标（600s），动态偏差指标（<math>8^\circ\text{C}</math>）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 调节时间指的是从第二阶段开始时刻到温度进入稳态时刻之间的时间，调节时间越小越好，大于 600s 得分为 0；</li> <li>● 在调节时间内温度波动范围要求在设定值 <math>\pm 8^\circ\text{C}</math> 以内，波动越小越好，一旦超限得分为 0。</li> </ul> <p>如果稳态指标得分为 0，则动态指标全部为 0 分；一旦调节时间超过 600s，则动态偏差指标得分也为 0</p>	6 分 包括： 稳态指标 3 分 调节时间指标 1.5 分 动态偏差指标 1.5 分
控制指标 反应器 R101 液位	<p><b>稳态指标：</b>第一阶段最后时刻，要求反应器 R101 液位 LI1102 控制在某一液位，该液位必须在 <math>20\% - 70\%</math> 之间（含 20、70）。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 如果不在该区间，则该项得分为 0 分。</li> <li>● 如果在该区间，则以第一阶段最后的液位值（假设为 <math>x</math>）为设定值，允许偏差 <math>\pm 2\%</math>。要求从第一阶段结束时刻倒推计算，LI1102 能够在 <math>x \pm 2\%</math> 范围内，至少稳定持续 300s，且在最开始稳定的 300s 时间内，LI1102 越接近设定液位 <math>x</math>，该项得分越高</li> </ul> <p><b>动态指标：</b>调节时间指标（200s），动态偏差指标（5%）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 调节时间指的是从第二阶段开始时刻到液位进入稳态时刻之间的时间，调节时间越小越好，大于 200s 得分为 0；</li> <li>● 在调节时间内液位波动范围要求在设定值 <math>\pm 5\%</math> 以内，波动越小越好，一旦超限得分为 0。</li> </ul> <p>如果稳态指标得分为 0，则动态指标全部为 0 分；一旦调节时间超过 200s，则动态偏差指标得分也为 0</p>	4 分 包括： 稳态指标 2 分 调节时间指标 1 分 动态偏差指标 1 分

<p>控制指标 闪蒸罐 V102 液位</p>	<p><b>稳态指标:</b> 第一阶段最后时刻, 要求闪蒸罐 V102 液位 LI1201 控制在某一液位, 该液位必须在 20%—70%之间 (含 20、70)。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 如果不在该区间, 则该项得分为 0 分。</li> <li>● 如果在该区间, 则以第一阶段最后的液位值 (假设为 <math>x</math>) 为设定值, 允许偏差 <math>\pm 2\%</math>。要求从第一阶段结束时刻倒推计算, LI1201 能够在 <math>x \pm 2\%</math> 范围内, 至少稳定持续 300s, 且在最开始稳定的 300s 时间内, LI1201 越接近设定液位 <math>x</math>, 该项得分越高</li> </ul> <p><b>动态指标:</b> 调节时间指标 (200s), 动态偏差指标 (5%)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 调节时间指的是从第二阶段开始时刻到液位进入稳态时刻之间的时间, 调节时间越小越好, 大于 200s 得分为 0;</li> <li>● 在调节时间内液位波动范围要求在设定值 <math>\pm 5\%</math> 以内, 波动越小越好, 一旦超限得分为 0。</li> </ul> <p>如果稳态指标得分为 0, 则动态指标全部为 0 分; 一旦调节时间超过 200s, 则动态偏差指标得分也为 0</p>	<p>4 分</p> <p>包括: 稳态指标 2 分 调节时间指标 1 分 动态偏差指标 1 分</p>
<p>控制指标 闪蒸罐 V102 压力</p>	<p><b>稳态指标:</b> 第一阶段最后时刻, 要求闪蒸罐 V102 压力 PI1103 控制在某一压力, 该压力必须在 30kPa—101kPa 之间 (含 30、101)。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 如果不在该区间, 则该项得分为 0 分。</li> <li>● 如果在该区间, 则以第一阶段最后的压力值 (假设为 <math>x</math>) 为设定值, 允许偏差 <math>\pm 3\text{kPa}</math>。要求从第一阶段结束时刻倒推计算, PI1103 能够在 <math>x \pm 3\text{kPa}</math> 范围内, 至少稳定持续 300s, 且在最开始稳定的 300s 时间内, PI1103 越接近设定压力 <math>x</math>, 该项得分越高</li> </ul> <p><b>动态指标:</b> 调节时间指标 (400s), 动态偏差指标 (8kPa)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 调节时间指的是从第二阶段开始的时刻到压力进入稳态时刻之间的时间, 调节时间越小越好, 大于 400s 得分为 0;</li> <li>● 在调节时间内压力波动范围要求在设定值 <math>\pm 8\text{kPa}</math> 以内, 波动越小越好, 一旦超限得分为 0。</li> </ul> <p>如果稳态指标得分为 0, 则动态指标全部为 0 分; 一旦调节时间超过 400s, 则动态偏差指标得分也为 0</p>	<p>6 分</p> <p>包括: 稳态指标 3 分 调节时间指标 1.5 分 动态偏差指标 1.5 分</p>
<p>安全指标 加入抑制剂</p>	<p>生产过程中, 加入抑制剂中止反应</p>	<p>-5</p>
<p>安全指标 混合罐 V101 抽空</p>	<p>混合罐 V101 有抽空的风险 (混合罐 V101 液位 LI1101 &lt; 10% 时, 原料混合进料流量 FI1103 &gt; 0.5kg/s)</p>	<p>-10</p>
<p>安全指标 混合罐 V101 满罐</p>	<p>混合罐 V101 有满罐的风险 (混合罐 V101 液位 LI1101 &gt; 80%)</p>	<p>-10</p>
<p>安全指标 反应器 R101 抽空</p>	<p>反应器 R101 有抽空的风险 (反应器 R101 液位 LI1102 &lt; 10% 时, 反应生成液流量 FI1105 &gt; 0.5kg/s)</p>	<p>-10</p>
<p>安全指标 反应器 R101 满罐</p>	<p>反应器 R101 有满罐的风险 (反应器 R101 液位 LI1102 &gt; 80%)</p>	<p>-10</p>
<p>安全指标 闪蒸罐 V102 抽空</p>	<p>闪蒸罐 V102 有抽空的风险 (闪蒸罐 V102 液位 LI1201 &lt; 10% 时, 产品 D 混合物流量 FI1106 &gt; 0.5kg/s)</p>	<p>-10</p>

安全指标 闪蒸罐 V102 满罐	闪蒸罐 V102 有满罐的风险 (闪蒸罐 V102 液位 LI1201 > 80%)	-10
安全指标 冷凝罐 V103 抽空	冷凝罐 V103 有抽空的风险 (冷凝罐 V103 液位 LI1202 < 10% 时, 循环物料流量 FI1108 > 0.5kg/s)	-10
安全指标 冷凝罐 V103 满罐	冷凝罐 V103 有满罐的风险 (冷凝罐 V103 液位 LI1202 > 80%)	-10
安全指标 反应器 R101 超压	反应器 R101 出现超压现象 (反应器压力 PI1102 ≥ 180kPa, 且 PI1102 ≤ 250kPa)	-15
	反应器 R101 出现超压现象 (反应器压力 PI1102 > 250kPa)	-50
收益指标	收益 = 产品 D 收入 - 原料 A 成本 - 原料 B 成本 - 催化剂 C 成本 - 反应器 R101 冷却水成本 - 反应器 R101 加热蒸汽成本 - 冷凝器 E102 冷却水成本。 收益 (元) 按照 100:1 折算为收益指标得分, 示例: 收益为 3540 元, 则收益指标得分为 35.4 分; 若是收入 < 成本, 收益为负, 则收益指标得分为负分。 收益指标得分上限是 40 分, 下限是 -40 分	40/-40

#### 说明:

1) 控制回路指标: 包括稳态指标与动态指标。稳态指标要求控制结束时被控变量达到规定的数值, 且从控制结束时刻倒推一段时间内能保持在规定的数值范围内, 才能得分。**如果稳态指标得分为零, 则动态指标得分也全部为零。**动态指标包括调节时间与误差, 调节时间指的是被控变量从动态达到稳态所需要的时间, 调节时间越短得分越高, **超过最大允许的调节时间不得分, 这时对应的误差性能指标亦不能得分。**误差指的是被控变量从动态到稳态时间内的变化情况, 误差变化越平缓得分越高, 超过最大偏差限不能得分。

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, 对于反应器超压这个指标, 在某些时间段反应器压力 ≥ 180kPa, 且反应器压力 ≤ 250kPa, 同时在另外时间段反应器压力 > 250kPa, 则只扣压力 > 250kPa 应扣除的分数。

3) 方案实施得分, 为第 1 阶段自动开车和第 2 阶段自动投运的得分之和, 最低分为 0 分。