

实验一 田纳西伊斯曼过程异常状态检测

1. 实验目的

掌握田纳西伊斯曼过程基础与异常状态监测方法。

2. 实验内容

基于给定数据集，采用任一机器学习或深度学习方法，实现异常状态的准确判别。

3. 实验要求

(1) 可使用任一机器学习或深度学习方法，编程语言推荐为 Matlab。

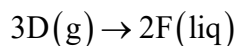
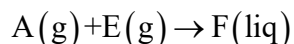
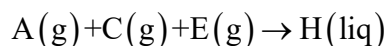
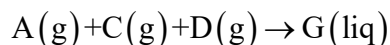
(2) 给出异常状态的监测率，并可视化监测结果。

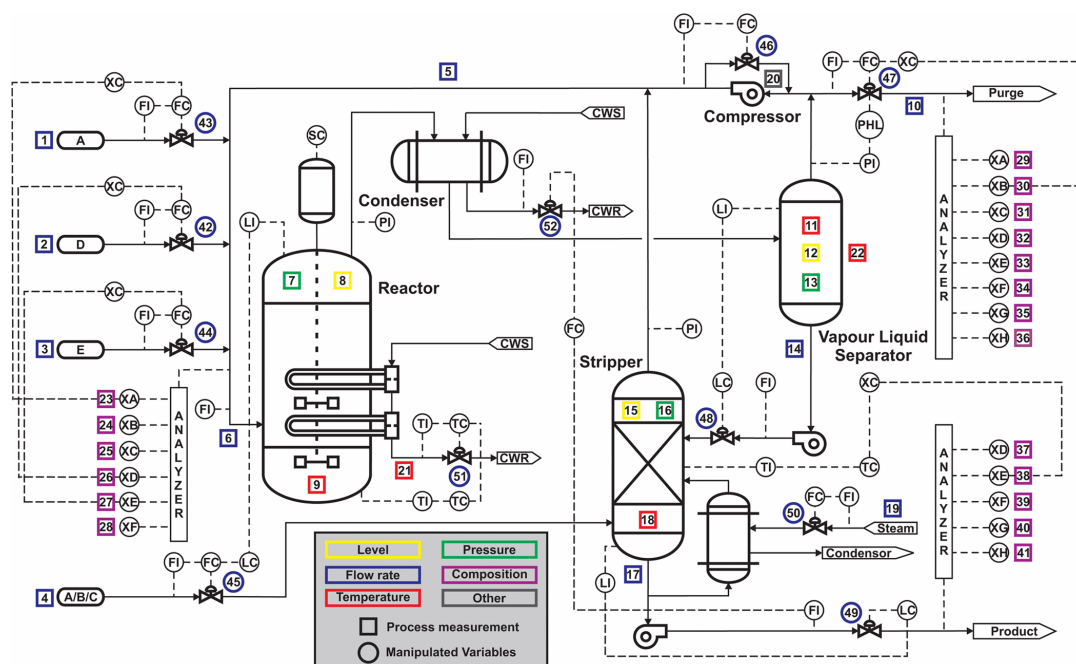
(3) 提交程序源代码和实验报告。实验报告中包含程序运行结果，算法监测结果和分析讨论。

4. 数据集信息

田纳西伊斯曼 Tennessee Eastman(TE)过程被作为实验仿真平台，已经被广泛应用于过程监控方法的测试与对比。其来源于一个真实的复杂化工过程，并首次由 Down 和 Vogel 提出。TE 过程中共包含五个子操作单元，分别为反应器(reactor)、冷凝器(condenser)、气液分离器(vapor/liquid separator)、循环压缩机(recycle compressor)和产品汽提塔(product stripper)，其工艺流程如图所示。

在 TE 过程中，共存在 8 种物料成分：A、B、C、D、E、F、G 和 H。其中 A、C、D、E 为参与反应的进料，B 为惰性组分，G 和 H 为该反应的主产物，F 为副产物。在反应器中共存在 4 个不可逆的放热反应，如公式所示：





TE 工艺流程图

TE 过程中，物料 A、B、C、D、E 分别由流 1，2，3，4 送入反应器，并进行公式中的化学反应，反应产物经流 7 进入冷凝器冷凝后，被送入气液分离器。分离所得的气体经流 8 重新进入反应器，形成循环流。气体进入压缩机循环之前，需要事先释放部分蒸汽，以避免反应器中副产物和惰性组份的累积。液态组分被送入汽提塔中进一步分离提纯，得到主产物 G 和 H 并从流 11 中流出。在 TE 过程中，共有 12 个控制变量，22 个过程测量变量和 19 个成分变量，分别由表 1，表 2 和表 3 给出。

表 1 TE 过程中的 12 个控制变量

变量	描述	单位
1	物料 D 的进料量（流 2）	kg/h
2	物料 E 的进料量（流 3）	kg/h
3	物料 A 的进料量（流 1）	km^3/h
4	A、B、C 总进料量（流 4）	km^3/h
5	压缩机再循环阀	%
6	排空阀（流 9）	%
7	分离器液体成分流量（流 10）	m^3/h
8	汽提塔液体成分流量（流 11）	m^3/h
9	汽提塔水流阀	%
10	反应器冷却水流量	m^3/h
11	冷凝器冷却水流量	m^3/h
12	反应器搅拌速度	r/min

表 2 TE 过程中的 22 个过程测量变量

变量	描述	单位
1	物料 A 的流量 (流 1)	km^3 / h
2	物料 D 的流量 (流 2)	kg / h
3	物料 E 的流量 (流 3)	kg / h
4	A、B、C 总进料的流量 (流 4)	km^3 / h
5	压缩机再循环流量 (流 8)	km^3 / h
6	反应器进料速度 (流 6)	km^3 / h
7	反应器压力	kPa
8	反应器等级	%
9	反应器温度	°C
10	排空速度 (流 9)	km^3 / h
11	分离器温度	°C
12	分离器液位	%
13	分离器压力	kPa
14	分离器塔底流量 (流 10)	m^3 / h
15	汽提塔等级	%
16	汽提塔压力	kPa
17	汽提塔底流量 (流 11)	m^3 / h
18	汽提塔温度	°C
19	汽提塔流量	kg / h
20	压缩机功率	kW
21	反应器冷却水出口温度	°C
22	分离器冷却水出口温度	°C

表 3 TE 过程中的 19 个成分变量

变量	描述	定位
1	成分 A 浓度	流 6
2	成分 B 浓度	流 6
3	成分 C 浓度	流 6
4	成分 D 浓度	流 6
5	成分 E 浓度	流 6
6	成分 F 浓度	流 6
7	成分 A 浓度	流 9
8	成分 B 浓度	流 9
9	成分 C 浓度	流 9
10	成分 D 浓度	流 9
11	成分 E 浓度	流 9
12	成分 F 浓度	流 9
13	成分 G 浓度	流 9
14	成分 H 浓度	流 9
15	成分 D 浓度	流 11

16	成分 E 浓度	流 11
17	成分 F 浓度	流 11
18	成分 G 浓度	流 11
19	成分 H 浓度	流 11

表 4 TE 过程中 21 种异常状态

故障	描述	类型
1	A/C 进料比率, B 不变 (流 4)	阶跃
2	B 成分, A/C 进料比率不变 (流 4)	阶跃
3	物料 D 的进料温度 (流 2)	阶跃
4	反应器冷却水入口温度	阶跃
5	冷凝器冷却水入口温度	阶跃
6	物料 A 的进料损失 (流 1)	阶跃
7	物料 C 存在压力损失, 可用性降低 (流 4)	阶跃
8	物料 A、B、C 的进料成分 (流 4)	随机变量
9	物料 D 的进料温度 (流 2)	随机变量
10	物料 C 的进料温度 (流 2)	随机变量
11	反应器冷却水入口温度	随机变量
12	冷凝器冷却水入口温度	随机变量
13	反应动态	慢漂移
14	反应器冷却水阀门	粘滞
15	冷凝器冷却水阀门	粘滞
16	未知	未知
17	未知	未知
18	未知	未知
19	未知	未知
20	未知	未知
21	流 4 的阀门固定在恒定位置	粘滞

在 TE 过程中, 共设计有 21 种异常运行状态, 并在表 4 中列出。过程中样本采样间隔为 3 分钟。在线测试时, 每个测试案例包含 960 个样本, 其中故障发生从第 161 个样本开始引入。

给定的数据集共有 22 组, 其中 d00 组为正常数据, d01-d21 分别为 21 种故障数据。