

2024 年（第 12 届）“泰迪杯”数据挖掘挑战赛——

A 题：生产线的故障自动识别与人员配置

一、问题背景

随着新兴信息技术的大规模应用，工业生产线的智能化控制技术日益成熟。自动生产线可以自动完成物品传送、物料填装、产品包装和质量检测等过程，极大地提高了生产效率和产品质量，减少了生产成本。自动生产线融入故障智能报警技术，能避免因故障带来的生产中断和经济损失；同时合理的人员配置，能够减少资源浪费、提高生产效率。

二、解决问题

问题 1 根据附件 1 中的数据，分析生产线中各装置故障的数据特征，构建故障报警模型，实现故障的自动即时报警。

问题 2 应用问题 1 所建立的模型，对附件 2 中的数据分析判断，实现生产线中各装置故障的自动即时报警，给出故障报警的日期、开始时间与持续时长，将结果存放到 result2.xlsx 中（格式见表 1，模板文件在附件 2 中），并在论文中给出每条生产线中各装置每月的故障总次数及最长与最短的持续时长。

表 1 result2.xlsx 的格式

| 故障 编号 | 1001 | | | 2001 | | | ... | 6002 | | |
|----------|------|----------|------------|------|----------|------------|-----|------|----------|------------|
| 序号 | 日期 | 开始 时间 | 持续 时长/秒 | 日期 | 开始 时间 | 持续 时长/秒 | ... | 日期 | 开始 时间 | 持续 时长/秒 |
| 1 | 3 | 579 | 67 | 1 | 4792 | 98 | ... | 1 | 2047 | 51 |
| 2 | 4 | 1648 | 101 | 1 | 18379 | 72 | ... | 2 | 9482 | 48 |
| 3 | 7 | 20947 | 96 | 3 | 1971 | 122 | ... | 3 | 1903 | 58 |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |

问题 3 根据附件 3 中的数据，分析产品的产量、合格率与生产线、操作人员等因素的关系。

问题 4 根据实际情况，现需要扩大生产规模，将生产线每天的运行时间从 8 小时增加到 24 小时不间断生产。针对问题 3 的 10 条生产线，结合问题 3 的分析结果，考虑生产线与操作人员的搭配，制定最佳的操作人员排班方案，将结果存放到 result4-1.xlsx 和 result4-2.xlsx 中（格式见表 2 和表 3，模板文件在附件 4 中），并在论文中给出最佳的排班方案及相关结果。

要求排班满足如下条件：

- (1) 各操作人员做五休二，尽量连休 2 天；
- (2) 各操作人员每班连续工作 8 小时；
- (3) 班次时间：早班（8:00-16:00）、中班（16:00-24:00）、晚班（0:00-8:00）；
- (4) 各工龄操作人员的人数比例与问题 3 中的比例相同；
- (5) 各操作人员的班次安排尽量均衡。

表 2 result4-1.xlsx 的格式

| 日期 | B001 | B002 | B003 | ... |
|-----|------|------|------|-----|
| 1 | 早 | 中 | 休 | ... |
| 2 | 中 | 休 | 休 | ... |
| 3 | 晚 | 早 | 中 | ... |
| ... | ... | ... | ... | ... |

表 3 result4-2.xlsx 的格式

| 日期 | 班次 | M301 | ... | M310 |
|-----|-----|------|-----|------|
| 1 | 早 | B001 | ... | ... |
| 1 | 中 | B002 | ... | ... |
| 1 | 晚 | B004 | ... | ... |
| 2 | 早 | B005 | ... | ... |
| 2 | 中 | B001 | ... | ... |
| 2 | 晚 | B006 | ... | ... |
| ... | ... | ... | ... | ... |

三、数据说明

附件 1 问题 1 的数据

M101.csv~M110.csv: 10 条生产线一年的运行记录数据

数据字段说明.xlsx: 运行记录表中各字段的说明

附件 2 问题 2 的数据与结果的模板文件

M201.csv~M202.csv: 2 条生产线一年的运行记录数据，但不包含各装置的故障信息

result2.xlsx: 结果的模板文件

附件 3 问题 3 的数据

M301.csv~M310.csv: 10 条生产线一年的运行记录数据

操作人员信息表.xlsx: 各生产线操作人员的信息

附件 4 问题 4 结果的模板文件

result4-1.xlsx~result4-2.xlsx: 最佳排班方案的模板文件

附录 1 生产线的装置与运行流程说明

一、生产线的装置

生产线由物料推送、物料传送带、物料检测、容器放置、主传送带、灌装、加盖、拧盖和质量检测等装置组成（图 1），各装置的组成与功能见表 4。

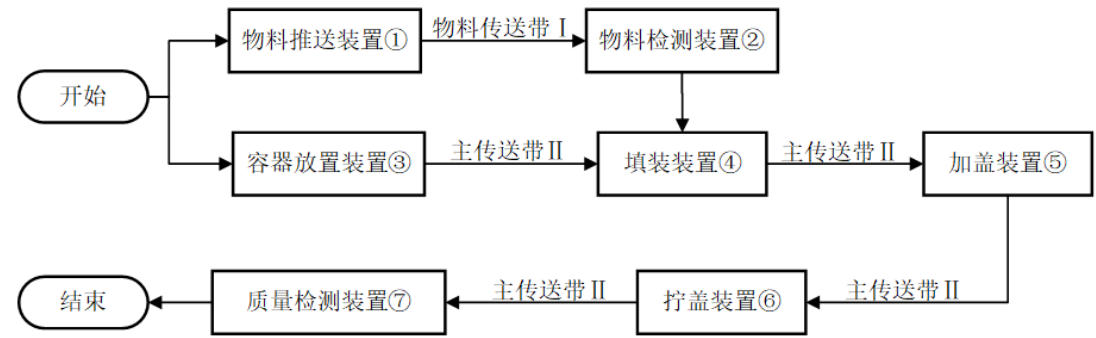


图 1 装置关系图

表 4 各装置的组成与功能

| 装置 | 组成部分 | 功能 |
|---------|--------------------------------------|---|
| 物料传送带 I | 物料传送带 | 将物料从物料推送装置传送至物料检测装置。 |
| 主传送带 II | 主传送带 | 用于传送容器、产品（当容器中填装了 3 个物料，称为产品）。 |
| 物料推送装置① | 物料存储管道 推送气缸 | 通过推送气缸将管道内的物料推出至物料传送带。 |
| 物料检测装置② | 红外探头 待抓取区 | 通过红外探头检测物料是否位于待抓取区。 |
| 容器放置装置③ | 机械摆臂 红外探头 | 通过机械摆臂抓取容器，将其放置到主传送带上。通过红外探头探测主传送带是否在传送容器。 |
| 灌装装置④ | 定位器 红外探头 机械摆臂 | 通过红外探头检测容器是否到达定位器的位置。当定位器固定容器后，机械摆臂进行抓取物料、旋转、下降操作完成物料灌装。 |
| 加盖装置⑤ | 定位器 红外探头 瓶盖存储筒 推送气缸 下压气缸 | 通过红外探头检测产品是否到达定位器的位置。当定位器固定产品后，推送气缸将瓶盖存储筒中的瓶盖推出，下压气缸将瓶盖下压至产品瓶口。 |
| 拧盖装置⑥ | 定位器 红外探头 拧盖头 | 通过红外探头检测产品是否到达定位器的位置。定位器固定产品后，拧盖头下降并旋转，完成拧盖操作。 |
| 质量检测装置⑦ | 质量检测拱门 | 产品经过质量检测拱门时，检测产品是否合格。 |

二、生产线的运行流程

该生产线运行时，实时采集物料推送、容器上传、容器定位、物料填装、产品加盖、产品拧盖、产品质量检测等操作和故障信息。

生产线的运行流程如图 2 所示。

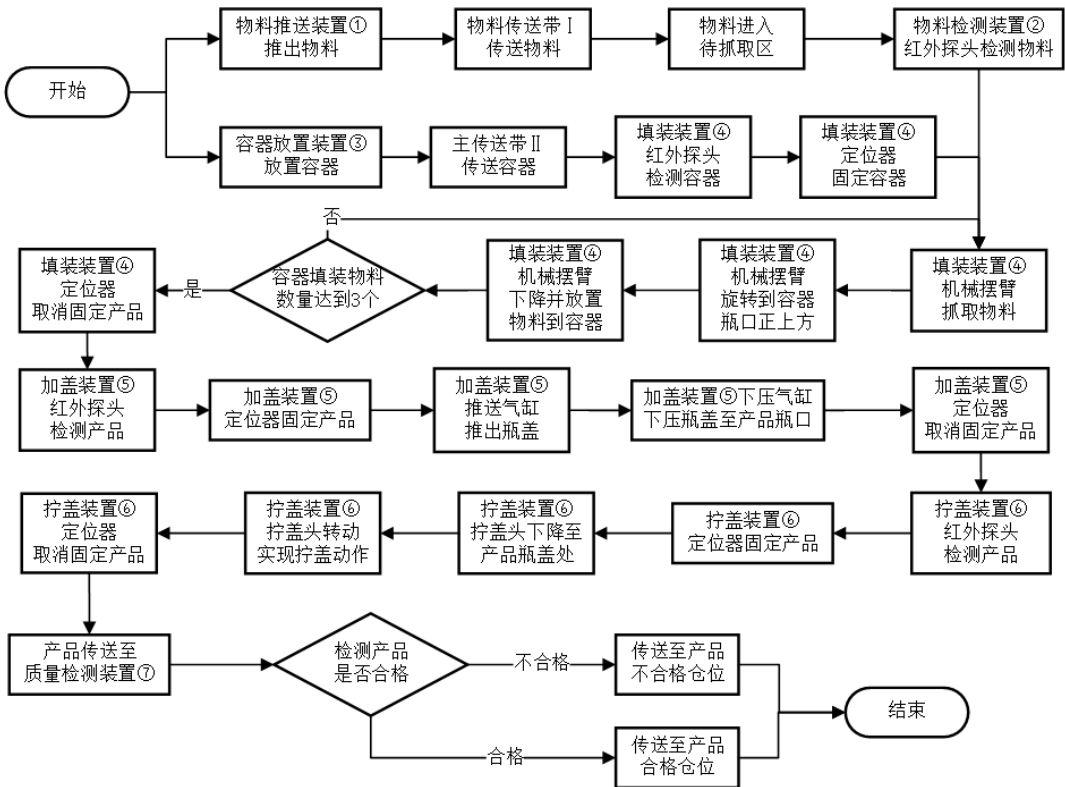


图 2 生产线的运行流程图

生产线运行流程的说明：

(1) 生产线开机时，物料传送带 I 和主传送带 II 处于运动状态，物料推送装置①推送气缸处于收回状态，填装装置④、加盖装置⑤和拧盖装置⑥的定位器处于放开状态。

(2) 物料推送装置①的推送气缸从物料存储管道推出物料到物料传送带 I 上。

(3) 物料通过物料传送带 I 传送到待抓取区，物料检测装置②的红外探头检测到物料后，物料等待填装装置④的机械摆臂抓取。

(4) 容器放置装置③将容器放置在主传送带 II 上，通过红外探头确认主传送带 II 传送容器，容器匀速地传送至填装装置④。

(5) 容器进入填装装置④，被填装装置④中红外探头检测到后，主传送带 II 停止运动，填装装置④的定位器固定容器，等待填装物料。定位器处于固定状态。

(6) 当填装装置④的定位器固定容器，且物料检测装置②在待抓取区检测到物料时，填装装置④的机械摆臂下降、抓取物料、升起、旋转至容器口上方、下降、填装物料、回旋至待抓取区上方，等待下一次物料抓取。

(7) 当容器填装 3 个物料后，填装装置④的定位器取消固定产品，定位器处于放开状态，主传送带 II 重新运动。

(8) 完成填装后的产品，通过主传送带 II 传送至加盖装置⑤。加盖装置⑤的红外探头检测到产品后，主传送带 II 停止运动，加盖装置⑤的定位器固定产品，等待产品加盖。定位器处于固定状态。

(9) 产品被固定后，加盖装置⑤的推送气缸推出瓶盖，下压气缸下压瓶盖至产品瓶口，完成加盖操作，定位器取消固定产品，定位器处于放开状态，主传送带Ⅱ重新运动。

(10) 完成加盖后的产品，通过主传送带Ⅱ传送至拧盖装置⑥。拧盖装置⑥的红外探头检测到产品后，主传送带Ⅱ停止运动，拧盖装置⑥的定位器固定产品，等待产品拧盖，定位器处于固定状态。

(11) 产品被固定后，拧盖装置⑥的拧盖头下降至产品瓶盖处、旋转拧紧瓶盖，拧盖装置⑥的定位器取消固定，定位器处于放开状态，主传送带Ⅱ重新运动。

(12) 完成拧盖后的产品，通过主传送带Ⅱ传送至质量检测装置⑦，判断产品是否合格。不合格产品被传送至不合格仓位，合格产品被传送至合格仓位。

附录 2 生产线各装置的故障说明

表 5 生产线各装置的故障说明

| 故障编号 | 故障名称 | 故障说明 |
|------|----------|--|
| 1001 | 物料推送装置故障 | 物料推送装置①的推送气缸无法推出物料，或推出物料后无法收回推送气缸。 |
| 2001 | 物料检测装置故障 | 物料已经推出，但物料检测装置②的红外探头在待抓取区没有检测到物料，物料推送装置①与物料传送带 I 停止工作。 |
| 4001 | 填装装置检测故障 | 容器已经上传，但填装装置④的红外探头没有检测到容器，该容器不在填装装置④停留，继续向前传送。 |
| 4002 | 填装装置定位故障 | 填装装置④的定位器无法固定容器或松开容器。 |
| 4003 | 填装装置填装故障 | 填装装置④的机械摆臂无法抓取物料、旋转或下降。 |
| 5001 | 加盖装置定位故障 | 加盖装置⑤的定位器无法固定产品或松开产品。 |
| 5002 | 加盖装置加盖故障 | 加盖装置⑤的推送气缸无法推出瓶盖或下压气缸无法下压瓶盖。 |
| 6001 | 拧盖装置定位故障 | 拧盖装置⑥的定位器无法固定产品或松开产品。 |
| 6002 | 拧盖装置拧盖故障 | 拧盖装置⑥的拧盖头无法下降或旋转。 |