

[经营·管理]

DOI:10.3969/j.issn.1005-2895.2019.05.018

基于 FTA-FMEA 和威布尔分布改进法的 巧克力生产设备维护方法研究

周彭瑞, 鲁玉军*

(浙江理工大学 机械与自动控制学院, 浙江 杭州 310018)

摘要:针对巧克力食品制造企业生产线设备维护体系不健全、设备管理效率低等缺点,建立了基于故障树分析法(fault tree analysis, FTA)、失效模式和影响分析(failure mode and effect analysis, FMEA)以及威布尔分布改进方法的巧克力生产线专用设备管理状态维护方法和模块。以某巧克力生产企业 F 公司的榛子巧克力球生产线设备管理为研究对象,利用 FTA-FMEA 对生产线设备关键失效模式进行筛选识别;结合贝叶斯规则优化威布尔分布,并提出组件实时可靠度函数;在 SAP PM 通用模块的基础上,建立了专用设备管理模块,介绍了主要功能模块的工作流程及原理。应用结果表明提出的设备状态维护方法不仅可以提高设备维修的反应速度,且可有效提高食品制造企业设备管理水平。课题组研究的专用设备管理模块能减少故障损失,延长设备使用寿命。

关键词:设备管理;食品生产;故障树;失效模式及其影响分析;贝叶斯规则

中图分类号:TS243;F273.2

文献标志码:A

文章编号:1005-2895(2019)05-0094-09

Chocolate Manufacturing Equipment Maintenance Method Based on FTA-FMEA and Improved Weibull Distribution

ZHOU Pengrui, LU Yujun*

(Faculty of Mechanical Engineering & Automation, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China)

Abstract: Aiming at the shortcomings of the equipment maintenance system of food enterprises, such as imperfect maintenance system and low efficiency of equipment management, a special equipment management module of Chocolate production line was established based on fault tree analysis (FTA), failure mode and effect analysis (FMEA) and improved Weibull distribution method. The equipment management of hazelnut chocolate ball production line of company F was taken as the research object. FTA-FMEA was used to identify and screen the critical failure mode of production line equipment. The Weibull distribution was optimized with Bayes rule, and the component real-time reliability function was proposed. On the basis of SAP PM general module, a special equipment management module was established, and its main functions and workflows were introduced. The application results show that the dedicated equipment management module can not only improve the response speed of equipment maintenance, but also effectively improve the equipment management level of food enterprises. This special equipment management module can reduce the failure loss and extend the service life of the equipment.

Keywords: equipment management; food production; FTA (fault tree analysis); FMEA (failure mode and effect analysis); Bayes rule

收稿日期:2019-01-19;修回日期:2019-05-10

基金项目:国家科技部创新方法工作专项(2016IM020100);浙江省科技厅重点研发计划项目(2018C01074)。

第一作者简介:周彭瑞(1993),男,江苏溧阳人,硕士研究生,主要研究方向为生产线设备管理、精益生产。通信作者:鲁玉军(1976),男,重庆人,博士后,教授,硕士生导师,主要研究方向为数字化设计与制造、大批量定制技术及企业信息化等。E-mail:luet_lyj@zstu.edu.cn

巧克力是民众喜爱的食品之一,2002-2018 年我国巧克力销售额持续保持 10% 以上的增长,未来增长空间巨大^[1-2]。巧克力产品工艺复杂,品牌依赖性高,需求波动性大,巧克力生产企业面临的生产负荷高。近几年,巧克力生产企业逐步运用先进技术,如传感技术、系统化管理和全员生产维护(total productive maintenance, TPM)^[3],用于提升产线设备的整体管理水平,但由于侧重各异,在生产设备维护体系不健全的前提下,单一的项目改善对设备整体的效果并不显

著^[4]。因此,为巧克力生产线建立一套完整、全面和准确的设备维护方法具有现实意义。

1 F 公司榛子巧克力球生产线设备现状分析

F 公司是世界 4 大巧克力生产商之一,主要产品是榛子威化巧克力球。该产品采用多层式用料,表面为牛奶巧克力和碎榛子,内部有威化、软巧克力和一粒完整的榛子^[5]。该公司榛子巧克力球生产线的主要设备包括储罐设备、研磨设备、筛选设备和烘焙成型设备等,工艺流程如图 1 所示。

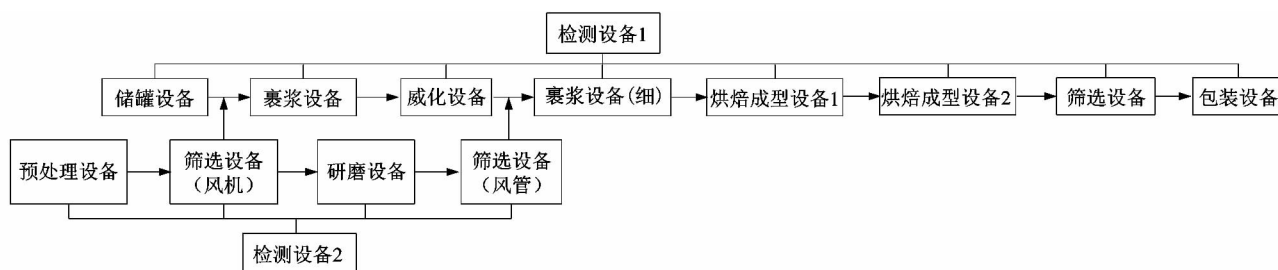


图 1 榛子巧克力球生产线生产工艺流程

Figure 1 Process flow chart of hazelnut chocolate balls production line

储罐设备根据工艺要求进行布局,功能单一,具有特殊性和专门性;研磨设备以整体为单位,工艺和密封性要求高;筛选设备分为成品筛和预处理筛,对生产、指标检查和除杂等环节的要求严格;包装设备由多个单功能设备组成,布置在生产线末端,对订单调整缺乏适应性;烘焙成型设备组是生产线上最大的设备,布置在生产线后半段,呈线性分布,结构复杂,维护难度高^[6-9]。

榛子巧克力球生产线设备管理主要存在 3 方面问题:①单一设备检测和人工检查导致维修反应时间过长;②故障维修效率低;③故障损失严重。

针对上述存在的问题,课题组对榛子巧克力球生产线设备维护方法进行了研究。

2 基于 FTA-FMEA 的关键组件失效模式分析方法

在失效模式的分析过程中,FMEA 有条理,但操作繁琐,评估标准过于定性^[10]。FTA 逻辑性较强,分析全面,但存在耗时长问题^[11]。因此,课题组提出了基于 FTA-FMEA 的设备组件失效模式分析方法,从而提高分析效率和维修决策的可靠性。联合运用 FTA-FMEA 是对设备失效模式分析的二次优化的过程,对故障树展开的底事件进行 FMEA 分析,阶段性修正树状图中不够细致、准确的地方,以此来提高失效分析的效率,减少分析的资源消耗。

2.1 FTA-FMEA 联合运用的实施步骤

FTA-FMEA 联合运用的实施步骤如图 2 所示。

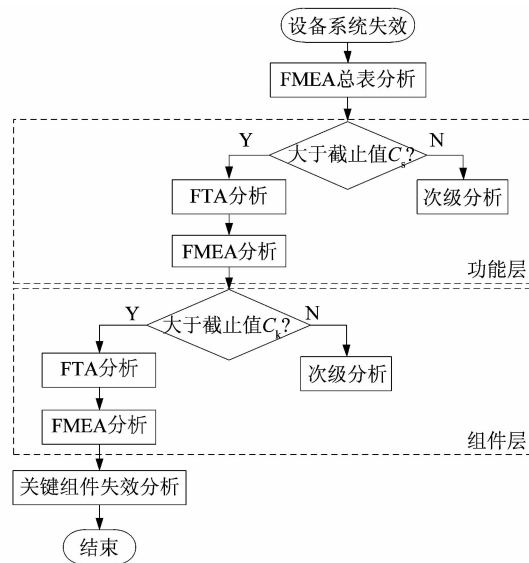


图 2 FTA-FMEA 联合运用的实施步骤

Figure 2 Implementation steps of FTA and FMEA combined utilization

第 1 步,进行 FMEA 总表分析。复杂设备系统的故障表征主要体现在功能失效模式,但考虑到设备结构复杂、功能繁多,根据维修的历史信息,运用 FMEA 表进行失效模式预处理区分风险等级高的失效,减少分析的冗余度。

第2步,进行功能层级 FTA-FMEA 综合分析。在功能层级的失效分析主要分为2个阶段,包括失效模式识别和风险系数评估。

1) 在 FMEA 总表的基础上,通过运用 FTA 展开导致设备整机故障的功能失效模式。顶事件是设备系统的整体失效(停机或者不完全工作),中间事件和底事件都是功能失效,其影响、原因和风险可以被量化评估。

2) 对展开的功能失效模式运用 FMEA 分析,通过固有风险分析评估造成系统故障的失效模式。通过截止值 C_s 筛选出风险等级高的功能失效,保证功能失效分析的工作效率。

固有风险分析通常用风险优先数法(risk priority number, RPN),通过对故障模式发生的频度、故障影响的严重程度及故障可检程度按经验分级打分并乘积得到。故障模式的严重度、发生度和探测度如表1~3所示^[12-14]。

$$N_{RP} = S \times O \times D. \quad (1)$$

式中: S 为潜在故障发生时,对子系统、系统影响严重程度的评价指标; O 为某一特定故障机理出现的可能性; D 为发现故障原因的难易性,是探测故障模式、机理和原因的能力的指标。

表1 影响严重度评价标准 S

Table 1 Impact severity evaluation standard S

等级	评价标准	影响严重程度
10	非常高的严重度,影响安全操作	无事先预兆的严重破坏
9	严重度很高,有安全隐患但有预兆	有预兆的严重破坏
8	丧失主要功能,无法操作	很高
7	性能降低	高
6	操作可实现但存在泄漏	中等
5	操作可实现但存在小问题	低
4	操作可实现但有时会有小问题	很低
3	极小的问题	极低
2	基本无问题	罕见
1	无问题	极为罕见

表2 故障发生频度评价标准 O

Table 2 Failure frequency evaluation standard O

等级	评价标准	故障发生频度
10	发生概率很高,失效几乎是不可避免	大于 1/2
9	发生概率很高,失效几乎是不可避免	约 1/3
8	发生概率高,反复发生的失效	约 1/8
7	发生概率高,反复发生的失效	约 1/20
6	发生概率中等,偶尔发生的失效	约 1/80
5	发生概率中等,偶尔发生的失效	约 1/400
4	发生概率低,相对很少发生的失效	约 1/2 000
3	发生概率低,相对很少发生的失效	约 1/15 000
2	发生概率极低,失效不太可能发生	约 1/150 000
1	发生概率极低,失效不太可能发生	约 1/1 500 000

表3 检测难易程度评价标准 D

Table 3 Difficulty evaluation standard D

等级	评价标准	检测难易程度
10	确定绝对无法探测	几乎不可能
9	现行控制方法将不可能探测	很微小
8	现行控制方法只有很小的机会去探测	微小
7	现行控制方法只有很小的机会去探测	很小
6	现行控制方法可能可以探测	小
5	现行控制方法可能可以探测	中等
4	现行控制方法有好的机会去探测	中上
3	现行控制方法有好的机会去探测	高
2	现行控制方法几乎确定可以探测	很高
1	现行的控制方法肯定可以探测	几乎肯定

根据风险优先级系数,结合分析所需时间、分析目标要求,对功能失效模式进行排序,根据截止值取值表调整截止值 C_s ,筛选出风险优先级高的失效模式。

第3步,在组件层进行 FTA-FMEA 综合分析,包括失效模式识别和风险优先数评估。

1) 对筛选出的功能层失效模式进行 FTA 展开,将分析范围缩小到组件本身,包括零件、组件或结构体失效的物理机制,例如疲劳、磨损或过载等。

2) 通过 FMEA 定量分析,识别出风险等级高的组件失效模式。根据截止值取值表设置调整截止值 C_k ,用来筛选关键组件失效模式。

对于榛子巧克力球生产线中结构复杂,修理难度大的设备,通过联合运用 FTA-FMEA 方法,设备管理人员可以合理选择传感器类型和位置,实时掌握组件可靠度的变化信息,提高设备管理的效率,缩短故障的诊断时间。

3 生产设备组件实时可靠度函数研究

通过联合运用 FTA 和 FMEA,可以识别出榛子巧克力球生产线设备中的关键组件,以进行针对性维护,但是状态监测手段缺乏。课题组利用贝叶斯规则改进威布尔分布,提出组件实时可靠度函数,以提高诊断和维修的敏捷性。

3.1 确定共轭先验分布

威布尔分布多应用于机电类产品的磨损失效,提供准确的失效分析和小数据样本的失效预测^[15]。课题组主要采用贝叶斯规则对二参数威布尔分布进行优化研究。

为了保证先验分布中赋予的物理意义和传递到后验分布中物理意义的一致性,在分布函数较为复杂的情况下,通常运用共轭先验将两者关联。共轭分布的后验和先验概率都属于同类型,先验概率分布对应于

似然函数的共轭先验,这里运用逆伽玛分布对比例参数 λ 进行参数化。

假设 m 表示比例参数 λ 的先验预测, n 表示之前收集的先验数据,二者关系为: $E[\lambda | n, m] = m$, 可以将专家对组件寿命的预期评估量化为 m 的对应值。

3.2 推导后验分布

假设 N 表示可观测寿命的组件数量, H 表示已失效的组件数量, W 表示尚未失效的组件数量,满足: $N = H + W$ 。

更新过的后验参数:

$$n' = n + H; m' = \frac{W}{n + H} \cdot \frac{\Gamma(t)}{W} + \frac{n}{n + H} m。$$

式中: $\Gamma(t) = \sum_{j=1}^S (t_j)^\beta + \sum_{i=1}^H (t_i)^\beta, i = 1, 2, \dots, H; j = 1, 2, \dots, S$ 。

3.3 确定后验预测分布

假设系统启动时运行周期为 0, 通过后验分布概率表示同类型组件的初始参数。根据在设备系统第 t_k 个正常运行周期收集到组件的可用信息, 可以得到

$$P(T \leq t | T > t_k, \lambda) = \frac{P(t_k < T \leq t | \lambda)}{P(T > t_k | \lambda)} = 1 - e^{-\frac{t^\beta - (t_k)^\beta}{\lambda}}。$$

式中 T 表示同批次同类型组件的威布尔分布寿命。

对于任何 $t > t_k$, 都有:

$$P(X = x | n_0, m_0, t_k) = \binom{z}{x} \sum_{j=0}^{z-x} (-1)^j \cdot \binom{z-x}{j} \left(\frac{n_{t_k} m_{t_k}}{n_{t_k} m_{t_k} + (x+j)(t^\beta - t_k^\beta)} \right)^{n_{t_k} + 1}。$$

式中: n_{t_k} 表示截至第 t_k 个运行周期结束收集的先验数据; m_{t_k} 表示截至第 t_k 个运行周期结束比例参数 λ 的先验预测; n_0 表示系统启动前收集的先验数据; m_0 表示系统启动时比例参数 λ 的先验预测。

3.4 建立组件实时可靠度函数

已知在第 t_k 个运行周期的组件后验预测分布, 通过在 $t < t_k$ 时传感器得到的特征参数信息, 可以确定在 $t > t_k$ 时相同工作环境的同批次同类组件的实时可靠度函数 $R(t)$ 。

$$R(t) = \prod_{x=1}^Z P(X = x | n_0, m_0, t_k)。$$

式中: x 表示相同类型组件中第 x 个组件; Z 表示该批次同类型组件的数量。

根据贝叶斯推理的迭代性, 将更新过的后验参数作为新的先验参数, 并重复更新函数。

4 应用实例研究

目前, F 公司主要以 ERP 系统 SAP 作为生产设备

管理的信息化工具, 对包括需求订单、维修历史和包材采购等业务环节进行科学化管理^[16-17]。该系统的 PM 模块可以完成检测计划、单据处理和历史数据等管理任务^[18]。

由于 SAP PM 模块局限于计划层财务方面, 为了能高效开展维护活动, 课题组在 PM 通用模块的基础上, 针对榛子巧克力球生产线设备, 建立了专用设备管理模块。该设备管理模块的总体结构设计如图 3 所示。

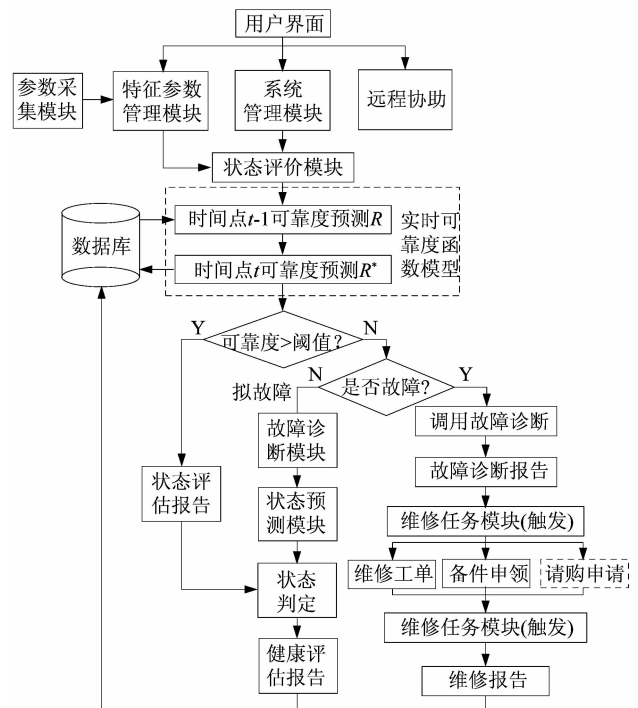


图3 设备管理模块的总体结构设计

Figure 3 Overall structure of equipment management module

4.1 特征参数管理模块

特征参数管理模块主要用于区分生产线设备失效模式的风险程度, 联合运用 FTA-FMEA 筛选出高风险优先级的组件失效模式。

以榛子巧克力球生产线烘焙成型机组为例, 特征参数管理模块工作流程如下:

首先, 运用 FMEA 总表对该设备的故障进行风险评估, FMEA 总表如表 4 所示, 其中已忽略对设备正常运行无显著影响的失效。

根据风险优先系数对失效模式进行排序, 然后选择风险优先系数高的功能故障模式进行进一步研究。根据表 5 所示的截止值取值表, 设置截止值为 100, 筛去风险优先级较低的失效模式。

表4 FMEA 总表
Table 4 Failure mode and effect analysis general table

项目	潜在缺陷和失效模式	严重度 S	潜在缺陷和失效发生原因	发生率 O	现有过程预防措施	探测度 D	风险优先数 N_{RP}
果仁制备	果仁预处理管道压力不足	5	1) 风机电机低负荷 2) 管道破损	4	压力计监测	8	160
	预制果仁规格差距大	3	1) 筛网破损 2) 研磨电机转速低	5	技术文件交底	4	120
	半成品粉末管道沉积	5	风机功率不够	3	仪表监测/人工清理	7	105
	榛子果仁球破损	6	切削缺陷	4	人工分拣/剔除	3	72
烘焙包浆	巧克力浆污染	10	发生器泄漏	7	仪表监测	5	350
	巧克力浆融解不完全	4	加热管损坏	3	仪表监测	5	120
	半成品包浆不足	4	注压机供给泵缺陷	2	仪表检测	4	32
	威化层焦化	6	烤炉温控失效	4	仪表检测	5	120
	榛子粉末给量过少	2	粉末层管道沉积破坏	3	仪表检测	3	18
冷却成型	冷冻箱温度不够	4	制冷系统缺陷	5	仪表检测	5	100
	制冷仓结霜严重	3	温控元器件失效	3	仪表检测	5	45
	系统漏水	4	冷凝管件破损失效	5	仪表检测	6	120
	在制品冷却缺陷/不完全	4	制冷模块功能缺陷	6	人工分拣/手动剔除	5	120
振动翻转	果仁芯偏置	3	翻转振动缺陷	2	仪表检测	2	12
	榛子威化碎末粘附不均匀	4	翻转工作台缺陷	5	人工分拣	5	100
	过程在制品畸形	5	振动筛振幅缺陷	5	人工分拣	5	125
	污染	9	1) 料斗失效 2) 传动电机缺陷	5	点检	8	360
半成品输送	装载/卸载速率不均	3	1) 传送链传动电机失效 2) 传送链破坏失效	4	仪表监测	7	84
	输送囤积卡死	8	1) 皮带破坏失效 2) 楔形轮槽污渍 3) 围挡破损失效 4) 传动电机失效	5	仪表监测/人工排障	5	200
	分拣模块崩溃/环节卡顿	8	滑块/挡片失效	8	射频传感/人工排障	10	640
	在制品一致性机械缺陷	10	传送链板啮合缺陷	4	人工分拣	5	200
	状态监测	3	—	6		5	90

表5 截止值取值表
Table 5 Cut-off values table

截止值	功能失效模式数	失效百分比/%
300	6	16
200	13	35
100	23	62
50	33	89

其次,在功能层级进行 FTA-FMEA 综合分析,展开由功能故障模式组成的故障树,如图 4 所示。功能失效模式列表如表 6 所示。

针对故障树展开的功能失效模式,运用 FMEA 进行失效模式的风险优先级评估,如表 7 所示。

根据截止值取值表,结合榛子巧克力球生产线的实际情况,设置截止值 C_k 为 100,淘汰风险优先级系数较低的功能失效模式。并在组件层中运用 FTA 对功能失效模式进行树状展开。以烘焙成型机组 MK248 料斗 A 类型失效为例展开 FTA 图,如图 5 所示。

最后,利用 FMEA 对展开的组件失效进行风险优先级评估,如表 8 所示。

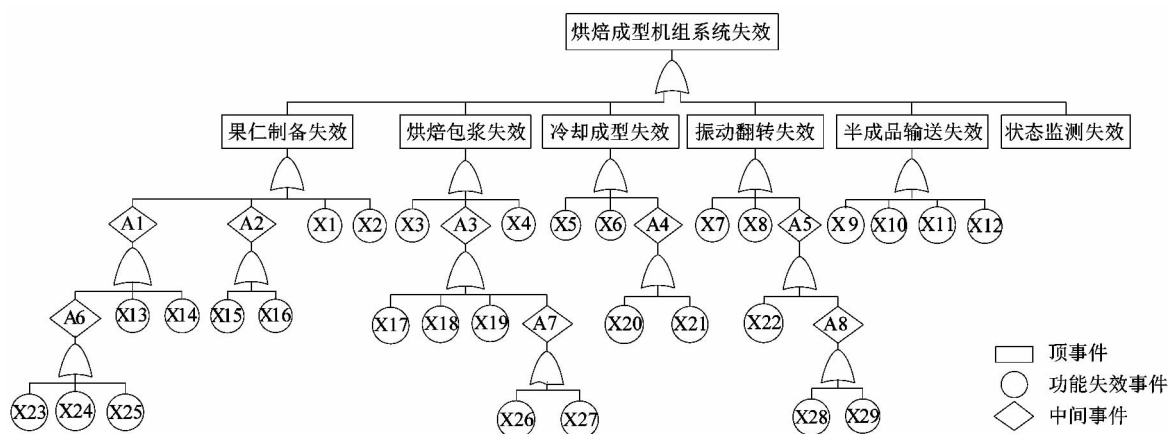


图4 功能失效模式故障树

Figure 4 Functional Failure Mode Fault Tree

表6 功能失效模式列表

Table 6 Functional failure list

代号	事件名称	代号	事件名称	代号	事件名称
X1	半成品机械破损	X14	刀片失效	X27	压力泵失效
X2	(榛)粉末沉积	X15	管道失效	X28	传动链条密封失效
X3	巧克力浆融解不完全	X16	泄压阀功能失效	X29	料斗/抬升机齿轮箱密封失效
X4	威化层焦化	X17	密封功能失效	A1	预制果仁一致性差
X5	冷冻箱温度不够	X18	贮存功能失效	A2	管道压力不足
X6	漏水	X19	负载泄漏	A3	巧克力浆污染
X7	榛子威化碎末粘附不均匀	X20	温控失效	A4	在制品冷却缺陷/不完全
X8	在制品畸形	X21	计时模块失效	A5	预处理果仁污染
X9	装载/卸载速度不均	X22	输送机构密封失效	A6	风机驱动电机失效
X10	输送囤积卡死	X23	欠压	A7	疲劳失效
X11	分拣模块崩溃/环节卡顿	X24	轴承失效	A8	输送机构密封失效
X12	料斗失效	X25	匝间绝缘失效		
X13	筛网失效	X26	管道失效(烘焙包浆)		

表7 功能失效模式 FMEA 表

Table 7 Failure mode and effect analysis table of functional failure

失效模式	严重程度 S	发生率 O	探测度 D	风险优先系数 N_{RP}	失效模式	严重程度 S	发生率 O	探测度 D	风险优先系数 N_{RP}
半成品机械破损	4	6	8	192	输送机构密封失效	3	7	5	105
粉末沉积	2	5	4	40	欠压	7	7	8	392
巧克力浆融解不完全	5	7	4	140	轴承失效	6	1	8	48
威化层焦化	8	3	5	120	匝间绝缘失效	5	1	7	35
冷冻箱温度不够	7	4	5	140	管道失效	6	8	9	432
漏水	3	5	7	105	柱塞泵失效	8	3	5	120
榛子碎末粘附不均匀	5	8	9	360	传动链条密封失效	5	7	8	280
料斗失效	9	7	6	378	料斗/齿轮箱密封失效	5	7	8	280
筛网失效	4	5	3	60	预制果仁一致性差	9	5	7	315
刀片失效	5	6	6	180	管道压力不足	4	3	8	96
管道失效	7	5	8	280	巧克力浆污染	10	5	5	250
泄压阀功能失效	4	8	7	224	在制品冷却缺陷	2	6	1	12
密封失效	3	8	8	192	预处理果仁污染	8	5	7	280
储存失效	8	5	8	320	风机驱动电机失效	7	1	3	21
负载/无负载泄漏	2	4	7	56	疲劳失效	6	4	8	192
温控失效	3	4	8	96	输送机构密封失效	8	9	4	288
定时模块失效	4	2	8	64					

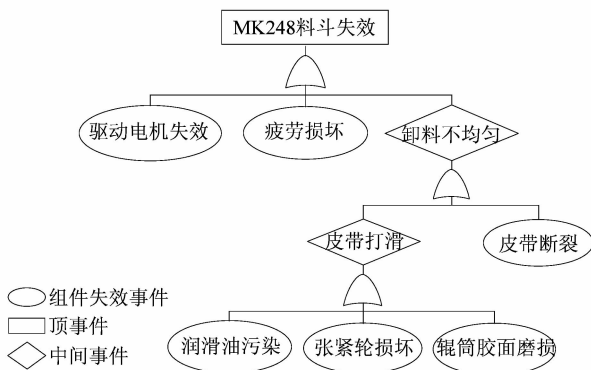


图 5 MK248 料斗 A 类型失效故障树

Figure 5 Fault tree analysis of type A failure of MK248 hopper

表 8 MK248 料斗的 FMEA 表

Table 8 Failure mode and effect analysis table of MK248 hopper

失效模式	严重度 S	发生率 O	探测度 D	风险优先系数 N_{RP}
驱动电机失效	7	3	8	168
疲劳损坏	8	8	5	320
皮带断裂	7	3	6	126
张紧轮损坏	3	4	6	72
辊筒胶面磨损	6	4	6	144
润滑油污染	7	4	6	168

根据 MK248 料斗失效的 FMEA 表,疲劳损坏失效的风险优先级系数高达 320,远远高于其他失效 N_{RP} ,需要针对性设计预防和维护方案。

4.2 状态评估模块

状态评估模块主要是用于处理生产线设备安装的传感器实时采集的特征参数信息,工作流程如图 6 所示。

根据失效模式的风险等级不同,在设备管理模块中设置特征值阈值,状态评估模块对传感器收集的实时数据进行处理,为故障诊断和维修活动提供数据支持。

由于 F 公司榛子巧克力球生产线生产节奏快,料斗作为主要输送机构,数量多、损耗快,更换时机难以把握。因此,文中以该生产线烘焙成型机组 MK248 料斗为研究对象,如图 7 所示。

MK248 料斗由聚碳酸酯塑料制成,强度和耐久度较低,结构不规则,不利于安装传感器,并且抬升机料斗的主要失效是突耳的疲劳失效。因此,传感器安装在烘焙成型机组抬升机主驱动轴上。

通过维修历史的参数分析,研究料斗失效和抬升

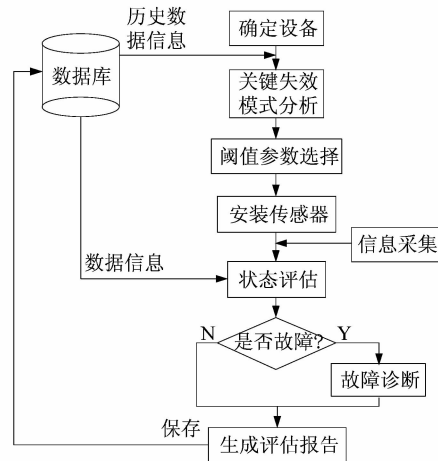


Figure 6 Status assessment module flow chart



Figure 7 MK248 hopper

链条驱动轴转数的关系,编制参数阈值表。在榛子巧克力球生产线正常运行过程中,MK248 料斗 A 类型失效相关参数如表 9 所示。

表 9 MK248 料斗 A 类型失效的相关参数

Table 9 Related parameters of type A failure of MK248 hopper

运行周 期数 t	已失效 数 H	转数 $N \times 10^6$	抬升机料 斗总数 M	形状 参数 β	期望 $E(T)$
0	0	0	32	2	10.0
1	0	10	32	2	10.0
2	0	15	32	2	10.0
3	0	20	32	2	10.0
4	0	25	32	2	10.0
5	0	30	32	2	10.0
6	1	35	32	2	10.0
7	4	40	32	2	10.0
8	9	45	32	2	10.0
9	13	50	32	2	10.0
10	16	55	32	2	10.0
11	18	60	32	2	10.0
12	-	65	32	2	10.0
13	-	70	32	2	10.0

根据组件实时可靠度函数,结合历史运行数据,使用 Python 仿真软件进行编程,关于 MK248 料斗 A 类型失效的可靠度曲线如图 8 所示,其中 t_k 表示当前运

行周期数。

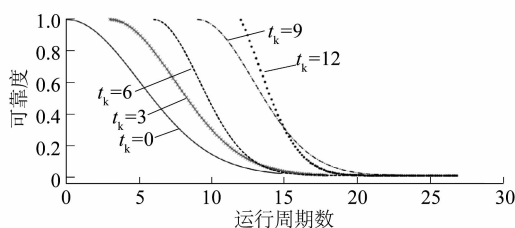


图8 不同运行周期的 MK248 料斗可靠度曲线

Figure 8 MK248 hopper reliability curves with different operating periods

表 10 MK248 料斗 A 类型失效的阈值表

Table 10 Threshold table of type A failure of MK248 hopper

名称	编号	功能位置	阈值参考	健康转数 $\times 10^7$	亚健康转数 $\times 10^7$	故障转数 $\times 10^7$
抬升驱动轴	KZ-322	抬升机	转数	0 ~ 2.5	2.5 ~ 4.0	4.0 以上

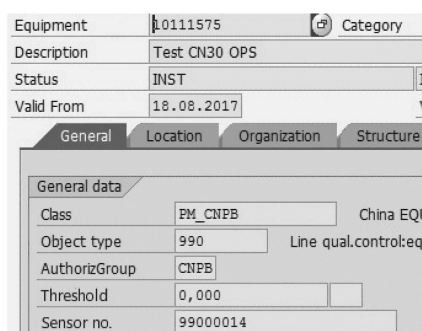


图9 设备管理模块的阈值设置

Figure 9 Threshold settings in equipment management module

对于重要度一般的设备,阈值根据出厂说明书中的标准参数进行设置;而对于重要度高的设备,如烘焙成型机组,除了参考厂家说明书,还应结合专家意见进行设置。

4.3 其他功能模块

除了上述的特征参数管理模块和状态评估模块,该设备管理模块还包括信息采集、故障诊断和预测、维修任务等功能模块。信息采集模块主要作用是处理传感器采集的关键特征参数,如模拟量、数字量和热电阻等。故障诊断和预测模块主要利用现场采集的数据与数据库的特征参数更新可靠度函数,预测组件可靠度的变化趋势。维修任务模块主要按照各类型工单的触发流程,开展工厂日常维修活动。

5 结语

课题组以 F 公司榛子巧克力球生产线设备管理为研究对象,联合运用 FTA-FMEA 对该生产线关键组

对图 8 分析,该批 MK248 料斗在第 8 个运行周期即驱动轴转数为 4.0×10^7 时,失效率明显增加,可靠性显著下降。通过上述数据的采集分析和维修记录,建立了 MK248 料斗 A 类型失效的阈值表如表 10 所示。

根据 MK248 料斗 A 类型失效的参数阈值表,设备管理人员在设备管理模块中进行阈值设置,如图 9 所示。因此,设备管理人员能够准确掌握该生产线设备中部分同类型组件的更替时机,降低了备件库存,加快了资金流动。

件失效进行识别筛选,利用贝叶斯规则改进威布尔分布,提出组件实时可靠度函数。在 SAP PM 通用模块的基础上,建立了专用设备管理模块,缩短了诊断维修的反应时间,提高了设备可靠度,延长了设备的使用寿命。课题组关于设备管理的思想和方法对于巧克力制造企业具有一定的借鉴意义。

参考文献:

- [1] 徐建华. 国产巧克力为何“甜”不起来[N]. 中国质量报,2016-08-30(003).
- [2] 徐建华. 国产巧克力先“苦”才能后“甜”[N]. 中国质量报,2017-02-15(003).
- [3] 薛旻. TPM 管理体系在火电厂中的推进[J]. 设备管理与维修, 2018(24):21-22.
- [4] GEROULAS V, MOURELATOS Z P, TSIANIKA V, et al. Reliability analysis of nonlinear vibratory systems under non-gaussian loads[J]. Journal of Mechanical Design, 2018, 140(2): 021404-021413. DOI:10.1115/1.4038212.
- [5] 修竹. 费列罗:浓郁甜蜜的金色魔法[J]. 现代企业文化(上旬), 2013(9):66-67.
- [6] LOFTUS T J. A comparison of the defect rate between original equipment manufacturer and reprocessed single-use bipolar and ultrasound diathermy devices[J]. Journal of Medical Devices, 2015, 9(4):044501-044503.
- [7] YOUNG S J, JANSSEN D, WENZEL E A, et al. Onboard device encapsulation with two-phase cooling[J]. Journal of Thermal Science and Engineering Applications, 2017, 10(2):021002-021015.
- [8] ADISSI M O, LIMA FILHO A C L, GOMES R D, et al. Implementation and deployment of an intelligent industrial wireless system for induction motor monitoring[J]. Journal of Dynamic Systems Measurement and Control 2017, 139(12):124502-124510.

(下转第 106 页)