

零故障实现的路径

■ 特约撰稿 蒋坛军

日本工业标准协会对故障的定义为:“对象(系统、机器、零件等)丧失规定的功能”。中岛清一先生将故障分为三类:① 功能停止型② 功能下降型③ 潜在故障。前两类的表征有龟裂、变形、脱落、磨损、泄漏、腐蚀、烧焦、异响等;而第三类故障的表征不明显,但在某一时候却会比较突然地导致设备的功能丧失。

在设备密集型企、或设备对企业经营业绩有比较关键影响的企业,设备故障经常带来停机停产损失、产品质量不合格、环保污染、工伤与职业病、财产损失、能源浪费、甚至人员伤亡等负面后果。对于故障后果严重的设备,追求设备零故障是一个无法回避的话题,以使设备更好地创造价值。若企业的经营战略分析结果显示有必要开展零故障工程工作时,可参考下述步骤予以实施。

一、组织架构与职责

应清晰划分零故障管理流程各环节的责任部门、岗位,可采用矩阵表的方式予以识别和罗列。

零故障管理一般会涉及下述部门:高层或主管高层、设备、生产、采购、财务、设备供方、维修供方等。

应确定开展零故障管理所需的沟通方式、频次、场所等。例如微信群、定期会议等。也可将零故障管理工作所需的沟通并入其他沟通,以减少沟通的繁复,例如并入 OEE(设备综合效率)管理会议、设备资产管理会议等。

二、零故障管理方案

零故障管理方案可包括但不限于下述方面:追求零故障对本企业的重要意义;组织架构与职责、设备或设备产线范围、故障数据收集、故障等级区分、故障数据分析、故障原因分析与排序、改善目标、维修策略选择、维修策略实施、备件与维修材料管理、标准化、人才育成、零故障管理评价与激励、持续改进等。

三、故障数据收集

应界定零故障管理所需覆盖的对象设备或设备产线,并识别本企业整体生产效率的瓶颈设备或设备产线。

应确定每一台(套)设备或产线的故障数据收集方式、时机、记录方式、表格式等。若条件允许,应尽量采用自动采集的方式,以便减少手工收集容易产生的低效与失真。

故障数据可包括但不限于下述方面:设备名称与编号、故障部位、故障名称、故障代码、故障等级、故障现象、故障损失、操作工姓名、维修工姓名、故障原因、故障原因代码、拟采取的维修策略或措施、备件与辅料规格与用量、工具等。

为了清晰地观察故障的发生时间规律,继而可时机精准地实施维修策略,有必要强调收集下述三个数据:① MTTF (Mean Time to Failure,平均无故障时间);② MTTR (Mean Time to Repair,平均修复时间);③ MTBF (Mean Time between Failures,平均失效间隔)。

四、故障等级

为了准确地确定改善的优先度,对于设备故障、潜在故障繁多的企业,应划分故障的等级。故障等级的划分应综合考量故障可能带来的停产经济损失、人员伤亡、工伤与职业病、环境事件、导致的财产损失等因素。

划分故障等级时,可能会涉及一些法律法规要求,应注意与法律法规要求保持一致、或严于法律法规要求。所涉及的安全事故等级,应遵守或严于国务院《生产安全事故报告和调查处理条例》;工伤与职业病遵守或严于 GB/T16180《劳动能力鉴定 职工工伤与职

业病致残等级》;环境事件应遵守或严于国务院办公厅《突发环境事件分级标准》。

应为不同等级的故障确定与之相称的针对性维修策略;对于严重等级的故障,应策划、演习应急预案,并检查应急预案的科学性与有效性。

五、故障数据分析

故障数据分析有助于观察与定义故障所导致的各类损失、劣化程度、劣化发展趋势等。应确定故障数据的分析责任人、频次、报告方式、接收报告的对象等。故障数据分析可包括但不限于下述内容:

- ①设备故障导致的总体经济损失、非计划停机时间、次数、伤亡、环境污染等;
- ②故障设备排序(经济损失、MTTF、MTTR、MTBF、环境事件、伤亡、职业病等);
- ③故障部位的排序(经济损失、MTTF、MTTR、MTBF、环境事件、伤亡、职业病等);
- ④各等级故障的数目、分布(设备与部件)、排序;等。

六、原因分析与排序

应采取恰当的方法,例如鱼骨图、WHY-WHY、故障树、关联图、P-M 分析法等,对故障的根本原因进行分析。为了准确判定导致故障产生的系统性管理短板,有必要将原因进行总结并归类:① 基本条件不完备(即缺乏三基本条件:清扫、润滑、螺栓紧固);② 未遵守使用条件(电流、电压、压力等);③ 忽视劣化(强制劣化;对劣化随任之);④ 设备设计与制造的缺陷;⑤ 人员技巧欠佳。(资料来源:日本设备维护协会《新 TPM 加工组立篇》;有微调)

在归类完成后,应采用柏拉图、柱状图或其他恰当方式进行分析,可包括但不限于:① 各类原因的总数目;② 各类原因的占比、次数排序;③ 各类原因的导致损失的总数目、损失占比、损失排序。

之所以强调对归类后的原因要进行分、排序,是因为借此可看出管理工作中所存在的普遍性管理短板,然后采取有针对性的管理改进措施,以免陷入“只见树木不见森林”片面性的藩篱之中(只关心单个故障的排除,而不同时从管理系统上予以改进)。比方说,如果“基本条件不完备”在五类原因中的占比非常高,则企业应及时优先开展自主维护(含设备清扫及源头根除;日常设备点检;自主产品质量点检;设备日常维护;自主管理等)。

七、改善目标

罗马不是一日建成的,追求零故障也不可能一蹴而就,尤其是对于生产设备众多的企业,在资源、精力都有限的情况下,应当分阶段、分设备实施零故障工程。

若企业执行力比较强,在一年之内,可将故障导致的非计划时间削减 50%或更多。有人可能会认为,将设备全部更换新部件,根本不需要一年,而非计划时间马上就可大幅削减。但若未基于“以养代修”实施恰当的维护措施,非计划停机时间会迅速反弹。故而,在此需特别说明的是,“非计划时间削减 50%或更多”,是指长期保持稳定的目标值。

同时,应建立与总目标配套的子目标,以便精准地支撑总目标的实现。以上述的“非计划时间削减 50%”为例,其子目标可有“预防维修时间占总维修时间的 60%以上”、“生产设备的自主维护覆盖率 100%”等。

八、维修策略选择

维修策略(maintenance strategy),即:助资产(含设备)最大化创造价值的维修策划和维修行动。常见的维修策略可粗分为四大类,其选用理由见表一《维修策略的选用理由》。为了避免错选或漏选维修策略,作为维修策略的选用者,应清晰知晓应当选取何种维修策略去根除故障的何种根本原因。应基于故障控制目标、故障严重程度、故障产生的根本

原因、投入产出比等因素,来分析和决定采用何种(些)维修策略,并覆盖到设备的功能系统、子系统、组件、零部件,并应为每一类设备建立《维修策略清单》。

九、维修策略实施

基于所建立的《维修策略清单》,应展开制定对应的维护指导书,以将维修策略予以落地,例如:自主维护指导书;定期维护指导书、轮保指导书;状态监测指导书;点巡检指导书;无损探伤指导书;专业润滑指导书、油液分析指导书等。

应基于维护指导书、生产计划、设备的实际劣化状况等因素,制定维护计划并予以执行。

在实施维修策略追求零故障的过程中,相关人员应进行恰当的宣传,以营造改善的氛围;应在设备或产线旁建立展示板,以动态地反应零故障工程的进度、成效、阻力等;责任人员应全过程予以跟踪,以及时对不足之处进行纠偏;应定期召开沟通会、现场交流会等活动,以把取得的成果能及时分享、收集更多意见把对象设备或产线改得更好更快;相应的阶段性激励措施应予以兑现。在此过程中,要特别注意收集改善前后的对比证据,例如图片、数据等——用事实说话、用数据说话,可起到较好的带动作用。

必要时,应及时对维修策略及其相关事项进行优化,以期取得最佳的改善效果。优化方向可能有:维修组织、劣化探测方法和工具、维护周期(应避免过维修、欠维修的两个极端)、维护路径、维修失误率、零部件质量、人员技能、技术资料等。

十、备件与维修材料管理

因备件与维修材料的价格、交期、质量、库存数目等因素,均会直接影响到零故障工程的成败,故不可忽视对备件与维修材料的管理。

应对备件与材料的供方进行综合评价、督促、或辅导,以增强供方的能力,确保其供应能力可满足本企业的要求;对于备件与材料的质量与可靠性,应通过试用、内检、外检等手段予以验证;计算备件与材料的库存数

目时,应综合考虑其劣化规律与成本;对库存的备件与材料,应予以清晰标识和入账,并采取恰当的防护措施;备件与材料的发放,应依据维修计划进行提前准备;等。

十一、标准化

应将经运行证实有效、经优化后的做法与方法,形成图文、软件、视频等,以便把这些做法与方法在更久、更广范围中传承下去。与零故障管理相关的标准化,可包括但不限于下述方面的内容:

设备清单;零故障管理方案;故障分类与代码;故障统计与分析;维修策略清单;自主维护;定期维护;状态监测;专业点巡检;无损探伤指导书;润滑;油液分析;故障解决表;故障字典(或维基百科式维修案例库);备件与材料管理;零故障管理评价;零故障激励措施等。

十二、人才育成

应着眼于零故障管理流程的每一环,识别相关人员需掌握的知识与技能,以便相关人员可有效地开展零故障管理工作。零故障管理知识与技能包括但不限于下述方面:

零故障管理的意义;维修组织设计与优化;设备原理、结构、操作;故障机理;故障的潜在后果与损失;维修工具的使用;设备编号;故障代码;故障类别;故障等级划分;故障统计与分析;故障削减目标;故障诊断、分析、排除;维修策略选择与实施;故障字典;故障管理标准化;备件与材料管理;零故障管理评价设计;激励措施等。

十三、零故障管理评价

应定期、或不定期实施零故障管理评价,以全面评价零故障所取得的成绩、存在的不足,继而确定持续改进的方向。

在进行评价之前,应策划评价方案,其内容包括:管理评价目的;对象设备或产线简介;评价小组的组成及分工;评价时机(必要时,可采取分阶段验收的方式);评价的流程;评价标准(应紧扣改善目标、投入产出比等);评价报告的表格;其他相关的事宜。在此环节

表二:《零故障管理的评价标准》

满分为 100 分;85 分为合格;85 分以下需再次评价				
序号	工作	工作要求	结果	分数
1	组织架构	设定与零故障所需的组织架构,应覆盖零故障管理所需的职能部门,例如高层、设备、生产、安全、财务、供应链等	无	0
			有但不合理	1-4
			有且合理	5
2	管理职责与分工	零故障开展所需的职责已被明确规定,包括故障数据收集、故障统计、故障分类、原因分析、故障等级划分、目标设立、维修策略策划与实施、效果验证、故障管理评价、激励、持续改进等 职责担当人必须知道自己的职责且履行	无	0
			有但不清晰	1-4
			有且清晰	5
3	故障削减方案	制定、执行故障削减方案,包括对下述方面的策划:故障数据收集、故障统计、故障分类、原因分析、目标设立、维修策略策划与实施、效果验证、故障管理评价、激励、持续改进	不知道	0
			知道但未履行	1-4
			知道且履行	5
4	数据收集	真实、全面地收集故障数据(覆盖所有在用的生产设备)	未制定	0
			已制定但不完善、科学	3-9
			已制定且完善、科学	10
5	数据分析	可清晰看到故障的排序、故障设备的排序(例如 MTTF、MTTR、MTBF、停机时间与生产计划时间占比等)	未收集	0
			已收集但不真实、全面	1-4
			已收集且真实、全面	6
6	故障分类	故障分类清晰,且包括了对停机经济损失、安全、环保等法规的引用	未排序	0
			有排序且准确	4
			未分类	0
7	原因分析	对设备故障原因分别进行了分析,且予以了归类(基本条件不完备、未遵守使用条件、忽视劣化、设计与制造设备的缺陷、人员技巧欠佳)	知道但未履行	1-4
			知道且履行	5
			未分析	0
8	改善目标	按 SMART 原则设立目标	已分析、归类,但不准确、全面	1-4
			已分析、归类且准确、全面	6
			未设立	0
9	维修策略	维修策略得以科学策划、全面执行且有效(例如投入产出比数据、前后故障时间对比,已经显示有效)	已设立但不符合 SMART 原则	1-2
			已设立且符合 SMART 原则	4
			未策划	0
10	标准化	结合故障管理的需要,开展标准化工作,包括下述内容:自主维护指导书、定期维护指导书、轮保指导书、状态监测指导书、专业点巡检指导书、无损探伤指导书、专业润滑指导书、油液分析指导书、故障解决表等	有策划但不科学	1-7
			有科学策划且执行	8-15
			有科学策划、执行且有效	16-20
11	人才育成	识别、培训、考核针对零故障管理所需的知识与技能	未策划	0
			有策划但不全面	1-2
			有全面策划且局部执行	4-5
12	零故障管理自我评价	制定、执行零故障管理自我评价准则(含评价标准、考核与激励)	有策划且全面执行	6
			未识别	0
			有识别但未培训、考核	1-2
13	持续改进	采取措施对零故障管理不足之处进行分析,且采取纠正措施、预防措施,且验证其有效性	有识别、培训、考核,且对应人员已掌握	8
			有识别、培训、考核	3-6
			未制定	0
			有制定但不合理	1-3
			合理制定但未执行	4
			合理制定且局部执行	5-6
			合理制定且全面执行	8
			未分析	0
			有分析但不科学	1-2
			科学分析且已采取改善措施	3-6
			科学分析且以采取改善措施验证了改善措施的有效性	8

中,评价标准的设计比较关键,可参考表二《零故障管理的评价标准》。

评价完成后,应依据计分制、或分级制的评价标准形成评价报告。评价标准应偏重于零故障工程所取得的实际效果、为公司经营战略目标所做出的贡献,而不宜偏重于文件的完美性。应将评价结果及时予以公布,并实施对应的激励措施。

十四、持续改进

应依据零故障管理评价的结果、改善进度、目标达成程度、投出产出比等数据,及时识别、落实需要持续改进之处,并验证持续改进的有效性、及时性。

持续改善的方向一般会有:① 指标类:非计划停机时间、MTBF、MTTF、MTTR、投入产出比、备品质量与供应速度等;② 管理机制:组织架构、标准化、人员技能、评价与激励等。

结束语:

有必要特别说明的是,若零故障管理涉及到外包方,则对外包方的要求应与内部保持一致。

在设备密集型企、设备对经营业绩有关键影响的企业里,设备故障往往是影响企业整体经营业绩的绊脚石之一,若可将其消除或削减之,则在效率、质量、成本、安全、环保等方面的回报,远远超出所投入的精力与资源。

但实现零故障是一个漫长的过程,甚至过程之中常出现反复、拉锯;而你又涉及到企业运行的多个方面,恰当地协调各方面的运行也并非易事,所以企业业务必要有不厌其烦的耐心。

参考文献:

- [1] 中岛清一.用于生产革新的 TPM 入门[M].柳汗工等,译.北京:中国经济出版社,1985.
- [2] 日本设备维护协会.新 TPM 加工组立篇[M].财团法人中卫发展中心译.台北:财团法人中卫发展中心,1996.
- [3] 蒋坛军.精益 TPM 现场实战[M].北京:清华大学出版社,2016.