OEE 的改善

■ 特约撰稿 蒋坛军

在设备密集型的制造企业，常采用 OEE 衡量生产设备的效率，其英文全称是 Overall Equipment Efficiency,即“设备综合效率”。OEE 的结构如图 1 所示。

OEE 改善是设备密集型制造企业的一个关注焦点。由于不少企业实施 OEE 改善缺乏必要的系统性，要么改善效果差强人意，要么短期内虽有一定效果却难以长期维持。OEE 改善一般可包括下述步骤:成立 OEE 小组;数据收集;数据分析;改善目标;原因分析；改善方向；改善实施；人才育成;标准化;验收;OEE 管理评价;持续改善等。

一、成立 OEE 小组

应依据 OEE 所涉及的功能部门，从这些功能部门选取人员来组成 OEE 小组,例如:设备、生产、供应链、研发、模具、工装夹具等;也应依据 OEE 改善所必需的延伸,来决定所需的组员,例如:财务、客户、设备供方、维修供方等。

OEE 小组应定期、不定期召开 OEE 改善会议,会议场所可以是会议室、车间现场等。

二、数据收集

按照“整体 → 产线 → 单机”的层次，确定要进行 OEE 数据收集的对象生产设备；应结合企业生产设备的实际情况并参考本文图 1，进行 OEE 各构成部分的数据收集。

通过人工记录来收集 OEE 数据，因生产繁忙、人员意识不强等原因,较易出现数据漏记或失真,故在条件可行的情况下,应尽量为设备加装 OEE 数据自动记录装置(并可带有自动停机、报警等功能)。

应同时记录 OEE 各构成项数据的来源岗位、人员姓名等信息,以便准确安排他们参与后续的改善活动。

三、数据分析

3.1 单机 OEE

OEE = 时间工作效率 × 性能工作效率 × 一次合格品率

时间工作效率 = (负荷时间 — 停机时间)÷ 负荷时间 × 100%

性能工作效率 = (单品理论加工周期 × 加工数量)÷ 开动时间 × 100%

一次合格品率 = 一次合格品数 ÷ 生产总数 × 100%

例题:

计划工作时间为 8 小时，专业计划维护 20 分钟,自主维护上下午各 10 分钟,早会 5 分钟,故障 23 分钟,换产 2 次(每次 25 分钟)，一件产品的理论加工周期 3 分钟,共生产了 105 个产品,返工率 3%,报废率 4%,求该设备的 OEE 值。

负荷时间 = 8 小时 – 20 分钟 – 10 分钟 × 2 – 5 分钟 = 435 分钟

停机时间 = 23 分钟 + 25 分钟 × 2 = 73 分钟

开动时间 = 435 分钟 – 73 分钟 = 362 分钟

时间工作效率 = (435 – 73)÷ 435 × 100% = 83.2%

性能工作效率 = 3 × 105 ÷ 362 × 100% = 87.0%

一次合格品率 = 93.0%

则 OEE = 83.2% × 87.0% × 93.0% = 67.3%

3.2 整线 OEE

依据“瓶颈管理”原理,可得知整线产能取决于最弱环节,故对于多台(套)设备组成的连续生产线,其整线的 OEE 值,取最低者。

3.3 OEE 财务化

应分别计算出时间工作效率、性能工作效率、合格品率,然后求出 OEE 值;企业应设法将 OEE 值转化为财务数据,以令设备所创造的、损失的价值更直观。

3.4 数据分析

应采用柏拉图(Pareto chart)或其他恰当的方式,对单机和产线 OEE 的构成部分数值进行排序、对单机和产线 OEE 值进行排序;应进行投入产出比估算,以准确判定优先改善哪些单机 OEE、产线 OEE、OEE 构成项。换言之,OEE 改善应为企业获取整体收益最大化、继而为达成企业经营战略目标作出贡献。

值得留意的是,若单从效率角度看,有的 OEE 构成项导致的现有损失,可能并不严重(排序可能并不靠前),但若这些 OEE 构成项具有重大安全隐患，则应作为优先改善的对象。

应计算企业的单机、产线的 OEE 总平均值,以方便直接判定本企业的 OEE 整体管理水平，并方便与同行优秀企业进行对标、学习、追赶。

四、改善目标

OEE 改善目标应符合“SMART 原则”:Specific (具体成果)、Measurable (可测量)、Achievable (可达成)、Realistic (符合现实)、Time-bound (时限)。

应确定量化的主要目标与分解目标，并分析将会遇到何种阻力，继而策划消弭阻力所需的措施。例如:提供培训以令相关人员理解 OEE 的本质与意义；实施激励来消除人员的抵触情绪；提供必要的工器具与监测装置；在已估算投入产出比的前提下，提供必要的资金以令改善项目顺利启动;等。

确定改善目标后,应策划“OEE 改善方案”,其可包括但不限于下述方面:

A.OEE 改善的意义与重要性;
B.改善小组及分工、职责、权限;
C.OEE 改善的对象设备(清单);
D.OEE 结构图及计算方法;
E.OEE 改善总体目标、分解目标;
F.所投入资源的来源与具体用途;
G.预期效果(投入产出比估算;阶段性与最终的有形、无形效果);
H.数据收集;
I.数据分析;
J.原因分析;
K.改善策划;
L.改善进度;
M.标准化工作的要求;
N.OEE 人才育成;
O.验收与激励;
P.OEE 管理评价;
Q.持续改善;等。

五、原因分析、改善方向

应采用恰当的方法，分析 OEE 各构成项效率损失的根本原因，然后确定改善方向，所确定的改善方向应与原因分析结果逐一对应。有时候消除一个根本原因,可能需要不止一个改善措施。结合新乡重夫先生(Shigeo Shingo,换模与不合格品部分)、日本设备维护协会(其余部分)的观点,现将 OEE 主要构成项效率低下的原因分析方法、改善方向,予以归纳,见表一。

六、改善实施

在 OEE 改善的过程中，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 OEE 改善的进度、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。

七、标准化

应对有明显改善效果的做法，予以及时提炼,形成对应的 OEE 管理机制(程序文件、指导书、记录表格、软件、绩效考核办法等);就形成的 OEE 管理机制,应通知、发放给、培训相关人员,并监督、验证其落实情况及有效性。标准化文件可包括但不限于下述内容:

A.设备和产线的操作、维护维修规范(操作、自主维护、点检、润滑、定期更换、状态监测、故障、小停机、设备安全事故预案、维修等);
B.快速换模;
C. 设备速度下降处理、设备动作时序图;
D.产品设计与制造过程的 FMEA(潜在失效模式与后果分析,potential failure mode and effects analysis);
E.质量维修;
F.设备调整与调节;
G.暖机;
H.车间物流图、车间布局图;等。

八、OEE 人才育成

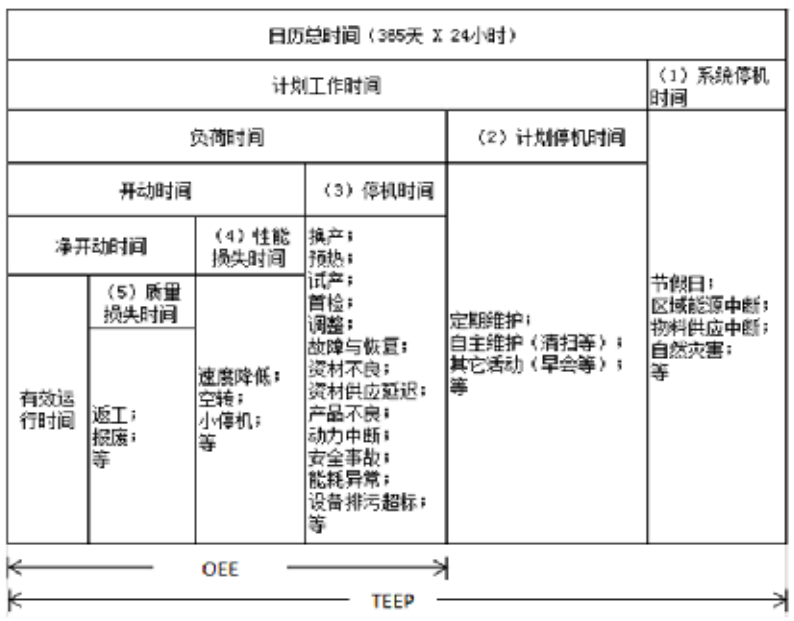

图 1 OEE 的结构

(备注：TEEP，即“设备完全有效生产率，Total Effective Equipment Performance)

为了使 OEE 管理成为企业的新常态并行之有效，有必要培育一批对 OEE 有深刻理解、且能进行有效改善的人员。这类人员应掌握的知识与技巧，包括但不限于下述内容:

设备或产线的原理与结构、OEE 结构图及计算方法;数据收集;数据分析;原因分析;改善方法与策划;改善实施;标准化;OEE 管理机制的设计;等。

九、验收

应就 OEE 改善活动拟定验收方案,其内容包括：验收目的；对象设备或产线简介;验收小组的组成及分工;验收时机(必要时,可采取分阶段验收的方式);验收的流程;验收标准(应紧扣改善目标、投入产出比等);验收报告的表格;其他相关的事宜。

验收结束后，应将验收结果及时予以公布,并实施对应的激励措施。激励措施应包括正负激励、精神与物质激励。及时的激励可调动更高、更广泛的改善积极性。

十、OEE 管理评价

应就 OEE 管理建立评价准则(计分、或分级),并定期、不定期对相关部门的 OEE 工作进行检查、评比(可并入其他工作的检查、评比),以动态检查本企业 OEE 的管理水准，并促使 OEE 管理成为企业日常运行的一部分。

应按照 PDCA 的原则建立 OEE 管理评价准则,包括但不限于下述内容:职责与权限；对设备和产线的原理与结构的掌握程度;对 OEE 结构图及计算方法的理解程度;OEE 改善目标；数据收集；数据分析与排序;原因分析与排序;改善策划;改善进度管理；改善结果与投入产出比；标准化工作;OEE 人才育成;验收与激励;持续改善;等。

OEE 管理评价应偏重于改善的有效性(例如:被明显改善的设备,是整个制造系统的瓶颈环节；或已获较高的投入产出比等)。应将评价结果及时予以公布,并实施对应的激励措施。

十一、持续改善

应依据 OEE 数值的监测结果、改善进度、目标的达成程度、改善活动的投入产出比、OEE 管理评价的结果等信息，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。

结束语

尽管 OEE 并不适用于所有设备，但对于制造业的多数生产设备是适合的，是一个有较好针对性的衡量指标，所以设备密集型制造企业不应回避 OEE 指标。

但可惜的是，我国尚有不少设备密集型制造企业，并未借 OEE 来开展设备效率改善活动。其原因比较繁杂,但有两点是显而易见的：不理解 OEE 改善对提高制造系统效率的重要性;怕麻烦或畏难情绪。总的来说,与欧美日发达国家的同行企业相比,我国制造企业的 OEE 普遍偏低、差距明显。

对于有志于践行“中国制造 2025”的企业,可考虑 OEE 数据的智能化,例如:OEE 数据的自动收集、分析、排序;OEE 值与财务价值的换算与实时显示等。

参考文献

[1] Shigeo Shingo. A Revolution in Manufacturing: The SMED System [M]. UK and USA:Productivity Press,1985.

[2] Shigeo Shingo. Zero Quality Control: Source Inspection and the Poka-Yoke System[M]. New Yoke: Productivity Press, 1986.

[3] 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.

表一 OEE 改善的原因分析方法、改善方向

序号	OEE 构成项	原因分析方法	改善方向
1	计划停机时间(定期维护;早会等其他活动)	定期维护: 平均故障间隔期(MTBF); 平均修复时间(MTTR); WHY-WHY 法 鱼骨图; 关联图; P-M 分析法; FMEA (潜在失效模式与后果分析);等。	A、在确保可靠性的前提下,取消、合并维修项目; B、采用同步维修策略、机会维修策略; C、识别和削减维修浪费,提高维护效率; D、延长维护周期(例如实施技改,增强设备的可靠性); E、在投入产出比允许的情况下,换用可靠性更好的设备; F、提高人员技能; G、采纳恰当的工器具与仪器;等。
		早会等其他活动: 工作流程图;价值分析等	取消、合并、调整、简化;等。
2	故障停机	平均故障间隔期(MTBF); 平均修复时间(MTTR); WHY-WHY 法 鱼骨图; 关联图; P-M 分析法; FMEA (潜在失效模式与后果分析);等。	A、基本条件的整备; B、使用条件的遵守; C、劣化复原; D、设备设计与制造缺陷的改善; E、人员技能的提高。
3	换模(换产)	换模流程图; 换模面条图; 换模时间分布图;等。	A、区分内、外部设置; B、把内部设置转为外部设置(以压缩停机时间浪费); C、改善内部设置(进一步压缩停机时间浪费); D、改善外部设置。
4	小停机 (5 分钟之内)	平均故障间隔期(MTBF); 平均修复时间(MTTR); WHY-WHY 法 鱼骨图; 关联图; P-M 分析法; FMEA (潜在失效模式与后果分析);等。	A、设备所处的环境 a、洁净度符合设备规定要求; b、温湿度符合设备规定要求; c、能源符合要求(水、汽、电、气、油等)。 B、设备基础条件 (十字作业法) a、清扫(污物、水渍等); b、润滑(磨损等); c、紧固(螺栓、连接部位等); d、调整(精度、平衡、动作等); e、防腐(除锈、喷漆等)。 C、改善设备微缺陷 a、改善设备部件外观(变形、损伤、磨损等); b、改善设备部件尺寸(精度、公差等); c、改善设备部件动作(顺序、幅度、异音、偏心等); d、采取措施预防设备微缺陷(例如采用材质更好的设备部件); e、增加对微缺陷的防呆措施。 D、设备适用性 a、上机条件(精度、角度、位置、共振、气压、真空度、振幅等); b、加工条件(精度、速度、角度、产品个数、吨位等)。 E、来料 符合设备加工能力(尺寸、形状、毛边、光洁度、浓度、粘度、重量等)。 F、设备作业 a、作业准备; b、正确操作; c、设备状态判定。 G、人员技能 a、熟悉设备结构、加工原理、作业要求等; b、清晰掌握小停机对效率、质量等方面的影响; c、熟练处理小停机(发生机理、处理思路、方法等); d、可采取措施有效预防或改进小停机;等。
5	速度下降	设备动作时序图; 鱼骨图; WHY-WHY 法; P-M 分析;等	A、缩短空转时间(air cut) 即缩短材料/产品装机后却未被加工的时间,包括在加工之前、过程中、完工后。例如:减少设备故障、降低不合格品率等。 B、缩短动作与动作衔接的怠机时间(idle time) 即缩短前面设备动作与后续设备动作之间的时间跨距。例如:采用自动化搬运、缩短产品传递距离等。 C、设备动作的速度提升 即提升动作速度,例如:加快转速等。 D、设备动作的并行作业 即把设备串联形式的动作,改为并联形式(包括同时加工一个以上的产品)。 E、人员技能熟练度的提升;人员轻松度的提升。
6	不合格品	WHY-WHY 法 鱼骨图; 关联图; P-M 分析法; FMEA (潜在失效模式与后果分析);等。	A、判定性检验,包括自检、后工序检查、抽检、全检等; B、信息性检验，例如：基于统计的质量控制(statistical quality control,SQC); C、“防错法”、“究源性检验”;等。
7	调整、调节	WHY-WHY 法 鱼骨图; P-M 分析法;等	A、转调整为调节; B、数据化、刻度化; C、提高刚性(改善材质、紧固等); D、对设备机构不完整进行改善(例如增加阀门等); E、提高人员技能;等。
8	暖机	热变形曲线图; P-M 分析法;等	A、在购买设备、产品设计时,考虑暖机损失及其改善方法; B、开机到热平衡期间,测量设备、工治具、工件、油温的变化,记录数据并绘图; C、设计过程中,考虑设备、工治具、工件等的热变形,并采取预防措施; D、在生产过程中,采取补偿手段;等。
9	内部物流	价值流程图; 布局规划图;等	A、重新规划物流路径(距离尽量短,例如:直线路径、线边仓、水蜘蛛等); B、优化物料计划编排、生产计划编排; C、减轻人员搬运的重量;等