

实现工厂智能化的
“可视化”KPI 工具
SMKL (Smart Manufacturing Kaizen Level)
白皮书

(公开第 1 版)

~工厂导入篇~

2020/4/1

IAF (Industrial Automation Forum)

CLiC (Control Layer Informational Cooperation)

KPI 科分会

目 录

1. 序言	4
1.1 背景和课题	4
1.2 解决课题的提案	4
2. SMK L 概述	6
2.1 SMK L 的主要特征	6
2.2 SMK L 导入环境	6
2.3 关于其他指标	7
3. SMK L 描述	8
3.1 关于可视化水平	8
3.2 关于被管理对象水平	10
3.3 关于管理项目	12
3.4 SMK L 的命名	12
4. SMK L 现状值评估方法	15
5. 确认 SMK L 的改善目标值	28
5.1 把某个设备、产线或整体工厂设定为「管理对象」，进行 SMK L 评价	28
5.2 确定可视的「管理项目 (KPI)」进行 SMK L 评价	28
6. 关于 SM 化的投资决策	29
7. 关于 SMK L 的使用成员	30
7.1 SMK L 的 PDCA 序列图	30
7.2 操作时的 KPI 管理工作流程序列图	31
8. 实现智能制造 (SM 化) 的技术	32
9. 结束语	33
10. 参考文献等	34
<附录 A> 「KPI (ISO 22400-2)」	35
<附录 B> 「SMKL 管理表」	36

「SMKL 管理表」	36
<附录 C> 「SM 投资计划书」	39
<附录 D> 「对各个管理项目的 SMKL 雷达图」	41
<附录 E> 「SMKL 综合管理表」	43
<附录 F> 「与其他指标的对比」	44

1. 序言

1.1 背景和课题

2011 年，德国提出了 Industry4.0 (I 4.0)。同时，智能制造 (SM: Smart Manufacturing) 和工业物联网 (IIoT: Industrial Internet of Things) 等概念开始出现，这些概念现在已普及在国内外的各种讨论中。此外，工厂制造现场的智能化（以下称为“SM 化”）正在逐步发展，目前有很多测试床在进行实验和运用。这些测试床的普遍做法是部分实现 SM 化。

工厂的经营者期望 SM 化能够实现智能工厂，从而能够提高工厂的生产力、产品质量、库存控制能力、产品可追溯性和维护效率，以及降低对环境的影响等。但为了推进 SM 化，需要将工厂中的所有数据进行数字化分析，同时，为了实现厂内数据与厂外供应链数据的互联互通，需要大量的投资，且很难判断为了实现这一目标，应将 SM 化推进到什么程度。另外，即使尝试局部推进工厂的 SM 化，也难以判断投入成本和产出效益是多少。因此，很难以做出持续的投资判断决策。特别是中小型企业，就工厂的 SM 化咨询的预算也不一定有，更别提工厂 SM 化的实际推进了。

例如，想通过库存管理和产品生命周期等来实现产品的可追溯性，是否可以引入 IC 标签附加到产品上实现数据采集？是否需要单独的设备或系统来收集数据？如何分析收集到的数据？如果增加成本为所有产品添加 IC 标签，能产生效益吗？为实现这一点，可能需要设备制造商、IT 供应商、系统集成商等合作伙伴，将花费大量时间甚至金钱。此外，即使能够实现产品可追溯性，也不知道工厂能够在多大程度上实现 SM 化。所以很难实现适合其业务规模和制造的 SM 化。

对于 SM 化，基于 S/W 开发能力成熟度模型 (CMM: Capability Maturity Model、ISO/IEC 15504) 的成熟度指标已经在欧洲、美国、中国、日本、新加坡等国家被提出。但由于这些 SM 化指标包含组织和教育的内容，在理解和实用上存在很多问题。截至 2020 年 4 月，SM 化指标没有相关的国际标准。

1.2 解决课题的提案

本白皮书是为了解决 SM 化中的这些问题，基于重要绩效评估指标 (KPI: Key Performance Indicator)，以工厂生产力、质量、库存、维修、环境等要素作为 SM 的基本指标，提出 Smart Manufacturing Kaizen Level (SMKL)。

通过使用 SMKL，工厂经营者可以简单的做出关于 SM 化的投资决策。作为一个基础指标，工厂即使没有专业的顾问，工厂相关人员都可以使用 SMKL 工具来讨论 SM 化。

SMKL 的目标是日本提出的国际共识，为评估 SM 成熟度的一个工具。目前正在向 ISO/TC 提案成为国际标准技术报告 (TR)。此外为了现场导入带来亲和感，该标准使用了日语中的“改善” (KAIZEN) 这一词汇，命名为 SMKL (Smart Manufacturing Kaizen Level)。

白皮书将 SM 定义为「把工厂内与 KPI 相关的各种信息进行数字化，实现数据的收集、可视化、分析、改进等 4 个阶段，从而实现“可视化”的工厂」。“可视化”在纵轴上表示从数据收集到改进的 4 个阶段，在横轴上表示从工人到供应链的管理对象的 4 个阶段，纵轴和横轴的组合整体展示出 SM 的情况。SMKL 把 SM 定义在 4×4 的 16 个具体分格中(参见图 1)。

级别 d	可优化 (改善) Optimizing				
级别 c	可分析 (分析) Analyzing				
级别 b	可显示 (可视化) Visualizing				
级别 a	数据收集 Collecting				
可视化 级别 管理对象 级别		设备/作业员 Installation or Worker	产线/工序 Workstation	整个工厂 Factory	整个供应链 Supply Chain
		级别 1	级别 2	级别 3	级别 4

图 1 SMK 指标

SMK 白皮书分为以下两部分。根据不同的用户，可以分开使用。

- ① 实现智能工厂的可视化 KPI 工具——SMK(Smart Manufacturing Kaizen Level)白皮书 (本书)使用 SMK 轻松实现自诊断和改善工厂 SM 化水平的方法
- ② 用于销售和咨询的 SMK 白皮书 (暂定)：(编写中)
从供应商的角度用简单的方式向 SMK 的用户解释与 SM 化相关的服务和产品，例如智能化设备、软件、解决方案、咨询等。

2. SMK 概述

SMK 是一个简单的评估指标，可以将工厂 SMK 化转换为 4 个直观的阶段和 4 个管理目标范围，并判断工厂 SMK 化进展到哪个阶段 (参见图 1)。

2.1 SMK 的主要特征

SMK 的主要特征如下：

- 1) 为工厂提供实现 SMK 化的具体指标：「出于什么目的 (KPI)」 「以哪里为对象」 「到什么程度 (=数据可视化和 AI 改进)」。
- 2) 可在人员、设备、生产线、工序、工厂和整个供应链 “对工厂 SMK 化推进方向进行评价”。
- 3) 它可以“掌握可视化的成熟度”。例如在生产现场收集数字化的信息，并可视化、分析和改进这些信息，从而帮助工厂持续推进 SMK 化的活动 (Kaizen)。
- 4) 帮助工厂经营者与设备负责人之间就 “工厂 SMK 化的计划性投资判断” 达成共识。
- 5) 使用 SMK 工具评价工厂，让工厂顾问和系统集成商轻松地就工厂 SMK 化进行沟通，活用 SMK 工具进行工厂改善。

2.2 SMK 导入环境

SMK 的目标是提高工厂效率和构建良好的工作环境，而不是使用 SMK 来管理和运行工厂。如果使用 SMK 来管理和运行工厂，就会出现不考虑工厂实际情况和使用效果，只一味关心 SMK 级别高低的情况出现。因此，将 SMK 用于工厂经营者和现场人员之间的沟通工具，并结合实际资本投资计划 (请参照「SM 投资计划书」 <附录 C>)，做出衡量成本与效益的理智投资决策。

因此，导入 SMK 并实施工厂的 SMK 化，重要的是管理者（实际进行投资判断的人）对改善的理解和指示，并针对性的提出对工厂效率和工作环境进行改善。

- 1) 管理者提出促进制造现场 SMK 化的目标；
- 2) 管理者对于具体管理项目的改进提出要求,例如提高生产率和质量；
- 3) 管理者提出要求多个相关工厂按照统一的标准推进 SMK 化；
- 4) 改善用手工纸张记录工业现场数据的情况，对工厂数据进行数字化改造；
- 5) 由于生产线有时会出现停止运行的情况，采用传感器等方式收集数据，并进行分析和改进；
- 6) 通过掌握每个设施的维护状态和维护时间来提高设备的维护效率；

在上述 1) ~6) 的情况下，SMK 将成为在进行 SMK 化投资决策的管理者、现场导入设施负责人、顾问、和设备供应商之间的沟通工具。

与自上而下决定所有工厂设施且没有太多来自现场的改进请求的工厂相比，使用自下而上的方式获取现场改进请求，并通过 SMK 化的方式持续解决问题，是一种合适的评估手段。

2.3 关于其他指标

日本经济产业省推荐的 DX 「Digital Transformation)推进指标」,新加坡政府根据 I 4.0 创建的 SIRI 「Smart Industry Readiness Index)指标」,中国电子技术标准化研究院 (CESI) 制作的「智能制造能力成熟度指标 (China Manufacturing Maturity Model)」等,各国和企业都开发了 SM 化的企业诊断指标。SMKL 与其他指标的不同请参考<附录 F> 「与其他指标的比较」。

简而言之,DX 指标和 SIRI 指标就像医生等专家的「病历表和血液检查水平」,每年进行诊断。另一方面,SMKL 指数就像一个可以由公司管理的「体重计」,从经营者到设备人员根据需要进行评估,考虑到 SM 转换的成本效益结合 PDCA 对其进行综合改善更加合适。另外,可以制定 5 年中期的 SM 化计划。

由于每个指标都有其特点,建议根据不同的用途来确定其使用方法。例如,若工厂没有可进行 SM 化咨询的专家,SMKL 工具可以帮助经营者到设备安装人员对工厂的 SM 化进行目标评估。

3. SMKL 描述

3.1 关于可视化水平

级别 a：收集电子数据；

级别 b：通过显示器等实现被收集数据的可视化；

级别 c：数据分析；

级别 d：依据分析结果，通过 AI，自动反向控制实现改进（参考表 1）。

以上所有的级别，如果不能自动或者由简单的人工作业达到数据的数字化收集，则不达到该级别。

例如：所需的数据已经数字化存储在数据库中，但如果需要通过纸张的方式显示输出。则视为级别 a 尚未达到级别 b。

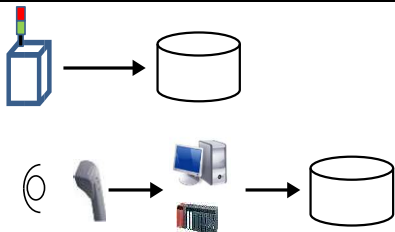
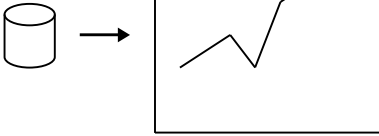
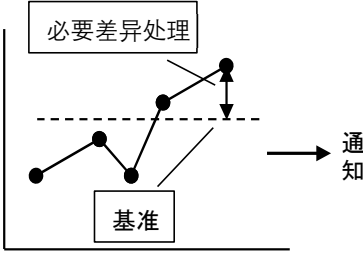
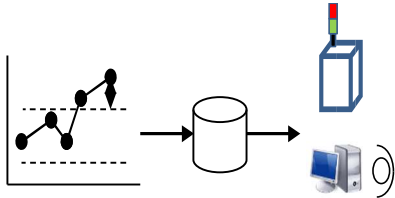
另外，所需的数据可以由显示器等方式自动图表化它，但是无法计算并显示分析结果，或从分析结果发出警告的功能。则视为级别 b 尚未达到级别 c。

另外，虽然数据可以被自动分析，但是如果利用分析结果进行改进的过程需要人为去介入，则视为级别 c 尚未达到级别 d。

为了达到级别 d，需要使用 AI 等自动处理算法，根据分析结果自动判断并执行改进。

此外，未达到级别 a 的状态判断为级别 0 (零)。

表 1 SMK 的可视化级别

「可视化」 级别	评价标准	图像	例
级别 a 数据收集 Collecting	- 自动或简单的操作，如操作员的条形码扫描，实现所需电子数据的自动收集和数据累计。 *手写日报、手动输入 Excel 等不包括在内。		- 资料库管理 - CSV 等文件管理
级别 b 可显示 (可视化) Visualizing	- 级别 a 的数据和目标 (基准) 数据可以在表格或图形中自动显示。 *手动下载数据，每次使用 Excel 等创建表格和图表等都不符合条件。		- 列表显示 - 图表 (柱状图, 趋势图)
级别 c 可分析 (分析) Analyzing	- 在达到级别 b 的情况下，自动显示实际数据和目标 (基准) 数据，并确认其差异。 - 并且，针对差异需要处理的结果 (警告)，自动通知有关人员进行处理。		- 过程省略管理 - 过程遗忘管理 - 处置警告
级别 d 可优化 (改善) Optimizing	为了抑制级别 c 的差异，自动对人、设备、物进行反馈。		- 活用 AI - 自动控制

除了在下一章将要提到的管理对象之外，这种可视化级别的管理思路还适用于与 SM 相关的硬件产品、软件产品、解决方案产品等。

例如，传感器是级别 a，显示器是级别 b，分析设备是级别 c，达到级别 d 需要有 AI 功能的软件 (参考 8.有关可实现 SM 化的技术)。

3.2 关于被管理对象水平

对于自动化工厂 (下称 FA 工厂), 我们将设备和工人的范围定义为 1 级, 将生产线和工序定义为 2 级, 将整个工厂定义为 3 级, 将整个供应链定义为 4 级 (图 2、表 2)。

使用 SMK 判定整个 FA 工厂的情况, 从零件仓库到捆包/入库的所有设备即使没有严格满足 SMK 可视化水平, 但只要某一条的设备和生产线全部满足 SMK 的可视化水平的话, 工厂全体仍可算做满足 SMK 可视化级别评分。

在流程自动化 (PA) 和建筑自动化 (BA) 等领域, 我们将范围划分为人员和单个设备 (公司内部), 人员和设备组合 (公司内部), 人员和设备全体 (公司内部), 整个供应链 (公司外部) 等。本书将使用经过验证的 FA 工厂案例进行介绍。

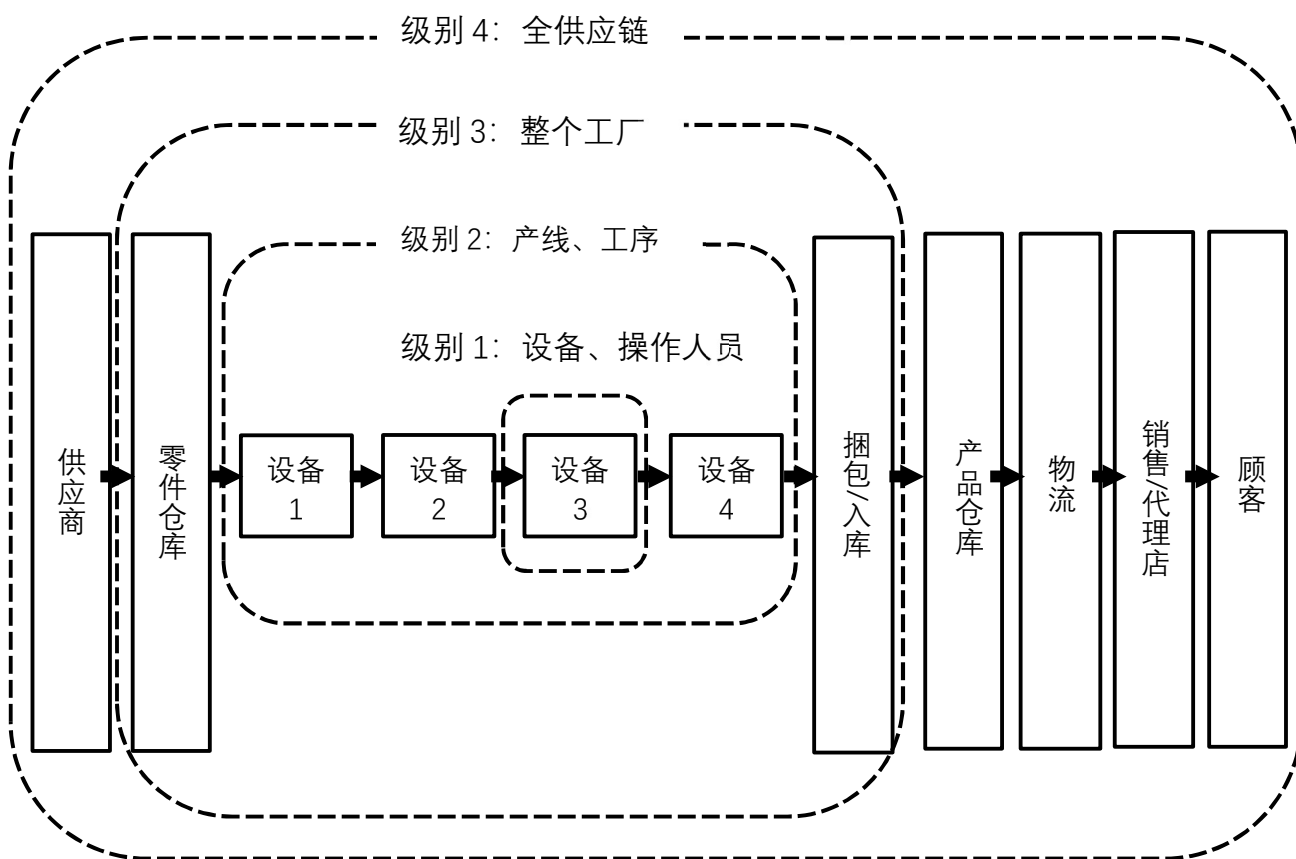


图 2 SMK 的管理对象示意图

※这里的设备包括操作人员。

表 2 SMK 被管理对象级别

「被管对象」 级别	对象标准	例
级别 1 设备/作业人员 Worker or Installation	目标是管理制造现场的最小单位，例如一个设备和一个工人。 (IEC 62264:2013 Levels 2,1,0 Work Units)	· 人 · 机床 · 检测设备
级别 2 生产线/工序 Workstation	对象由多个设备和多个操作者构成，把产品的部分（整体）工序完成（半完成）的生产线（工序）。 (IEC 62264:2013 Levels 3 ,Work Centers,Area)	· 产品的工序 (加工、组装、喷涂等) · 产线
级别 3 整个工厂 Factory	由一条以上的生产线（工序）构成，由零件仓库、包装以及仓储工序在内的整个工厂为对象。 (IEC 62264:2013 Levels 4 , Enterprise , Site)	· 产品工厂
级别 4 整个供应链 Supply Chain	覆盖整个供应链，包括一个或多个工厂和与产品仓库相关的公司，从零件制造商到产品仓库、物流、销售公司/代理商、客户。 (Enhancement Industrial 4.0, Connected World)	· 产品的整体流通

※级别 1 和级别 2 的补充说明：

将要管理的特定最小单位定义为 1 级。级别 2 的生产线/工序和级别 1 的区别为：

- 1) 由复数的人或设备组合来完成一个产品的不同工序称为产线；
- 2) 和级别 1 相同的工序由多人或多个设备实施的情况下，称为工序。但是，由工厂决定集中管理的对象也可定义为级别 2。

※级别 3 的补充说明：

严格来说，只有当工厂内的所有设施和生产线满足 SMK 的可视化水平，才能作为整个工厂的可视化水平。但 SMK 是一个沟通工具，主要用于完善 SM 化的设备投资计划书，确认目标范围，并帮助经营者和设备负责人之间达成一致的成本效益目标，因此没有必要严格按照 SMK 的目标执行，可通过加分的方法进行评估。

此外，如果一个公司的多个工厂完成一个产品，则可将多个工厂定义为全工厂。但是，如果每个工厂的管理项目和管理员不同，则可以将每个工厂定义为 SMK 的 3 级。

※级别 4 的补充说明：

为了实现这一水平，有必要与产品相关的各个公司合作。首先，将目标定为公司内的 3 级，如果快要达到 3 级，则可将下一步定为 4 级。但是，是否将所有供应链升到 4 级取决于公司的投资成本与效益。

当然，如果有可以从一开始就达到 4 级的 KPI，则可以跳过 1~3 级。理想情况下，未来的设备和 IT 系统可以在工厂建设时达到 4 级。

※其他：

关于本书的英文表述，「Worker or Installation」是「Worker and Equipment」。

可将「Workstation」替换为「Production line and Manufacturing process」。本书将术语定义为前者。欲知更多信息,参考 IEC 62264:2013。

3.3 关于管理项目

对于管理项目, 请参考 ISO 22400 (<附录 A> 「KPI (ISO 22400-2)」) 作为工厂内的 KPI。

但是, 由于所需的 KPI (例如行业和产品) 因工厂而异, 因此有必要从 ISO 22400 中选择适合其工厂的 KPI 或创建新的管理项目。要创建新的管理项目, 请参阅 <附录 B> 「SMKL 管理表」。

此外, 根据所选择的 KPI 类型的不同, 收集数字化数据所需的传感器, 显示方法, 分析方法和改进方法也不同。因此, SMKL 评估后要改进的管理项目也是 SM 化投资所需要进行的一个重要判断。

在这里参考电机产品组装工厂的实例, 参照 ISO 22400, 介绍通过 SMKL 工具实现对电子产品组装工厂 KPI 的评价, 包括生产、在库、成本、品质、维护、环境等管理项目。

3.4 SMKL 的命名

对 3.1 章中的可视化级别和 3.2 章中的管理对象级别进行以下命名。

「管理对象级别」+「可视化级别」

例如: 如果管理对象级别为“2”, 可视化级别为“b”, 则级别为「2b」。

再如: 在管理对象级别为“2”, 可视化级别为“0”的情况, 它被称为「2 零」。但管理对象级别没有 0 或「零」的情况。

3.5. SMK 的导入步骤

SMK 作为评估工厂现场数据可视化和管理范围指标的工具，导入的步骤如下：（参照图 3 的导入程序图）。

Step1: 使用 SMK 工具评估工厂的现状，由引入 SM 化设备的人员决定目标 KPI，这是工厂的重要管理项目。

Step2: 根据评估结果，相关负责人决定是否改进，按需要填写实现可视化所需的机器与设备、数据收集方法以及费用效果等内容(<附录 C> 「SM 投资计划」)。

Step3: 在实施改进时，向经营者提交 SM 化的投资计划。提交给经营者的时间因公司而异。例如在工厂要扩建或改造时提交；或者在制定下一个财政年度计划的时候提出，或者在工厂现场本身要进行改进活动的时候提出等。管理层来判断 SMK 和 SM 化投资计划中描述的成本效益与公司整体投资方向是否匹配。

Step 4: 如果管理层允许投资，则导入并评估导入后 SM 化的实际效果，并决定是否继续导入。

从 KPI 的角度，实现对生产、库存、质量、环境、维护等数据的收集和分析。通过现场可视化的情况，继续判断是否持续推进改进活动。此外，如果公司通过 SMK 工具导入 SM 化后，并没有产生显著效果，则可以决定不再投资。

此外,在综合判断对公司重要的各种 KPI 指标时，可活用<附录 D> 「管理项目 SMK 雷达表」 <附录 E> , 「SMK 综合管理表」 等。

但是，最重要的是在考虑成本效益的前提下，找出适合公司的最佳 SM 化策略。理想情况下，是所有 KPI 和被管理对象都达到了 SMK 中最高的 4d 级别，但最高级别并不是唯一的目的和结果。

公司最重要的是确定 SM 化的真实目的，管理现场人员使用 SMK 工具来评估当前工厂的 SM 化情况，并决定将来在哪里以及如何实施 SM 化。

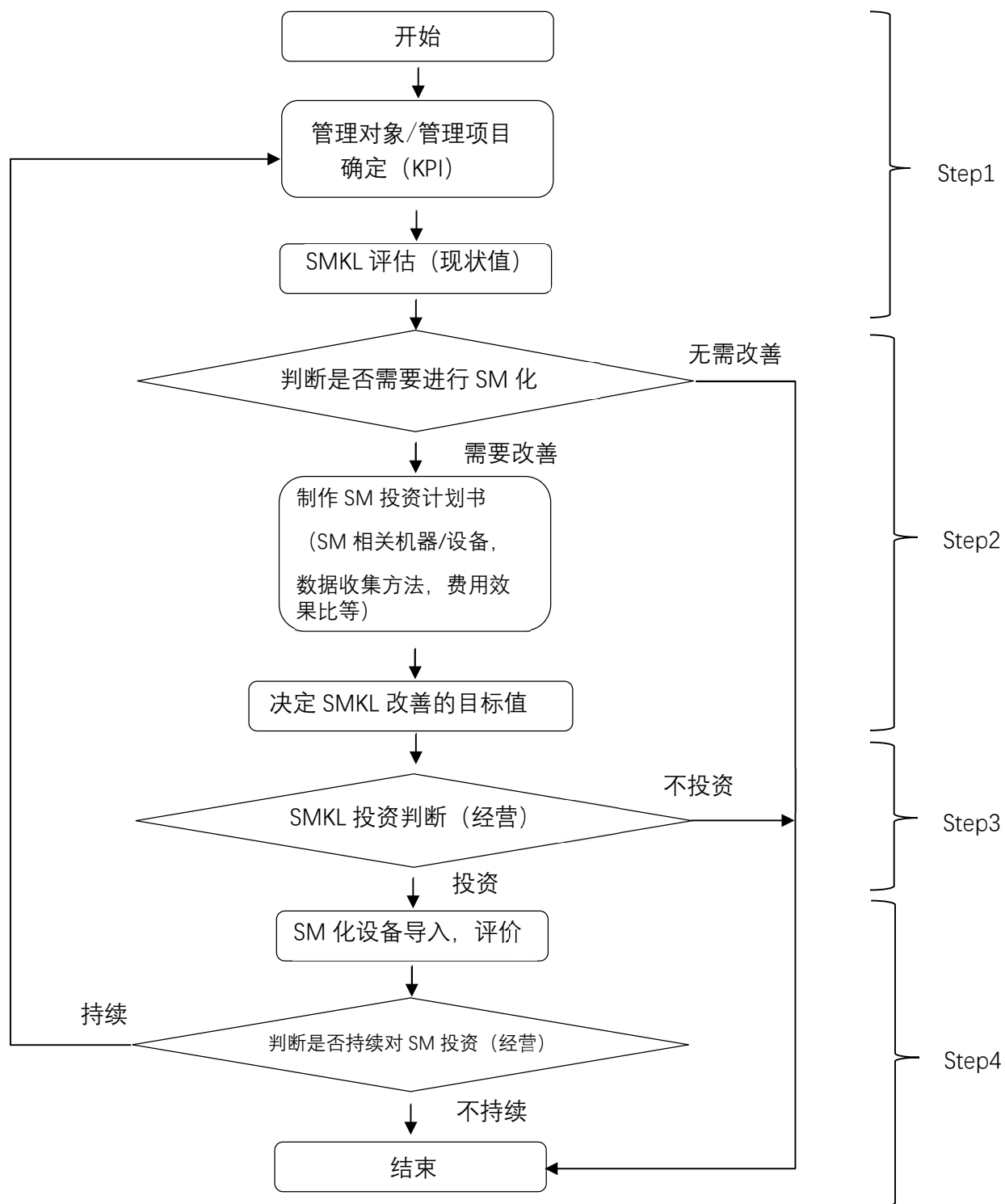


图 3 SMK L 导入流程

4. SMK 现状值评估方法

SMK 有两种评估方法：决定管理对象后推进和决定管理项目后推进。

1) 对特定设备、产线和工厂等确定「管理对象」的评估方法，可使用 SMK 工具进行评估；

大致评估每个设备、产线或工厂的 SM 化的现状。该方法的特点是可以先粗略地了解到 SM 化的状况，因评估时间较短，所以设备负责人可以快速简单地进行评估工作。此外，在推进 SM 化的过程中，SMK 工具能有效的筛选出设备、产线或工厂中的需要被改进的对象。

2) 使用 SMK 进行评价，确定可视化「管理项目 (KPI)」

适用于设备稼动状况和能耗等需要管理或可视化的信息。但是评估不仅需要设备负责人，还需要熟悉当前设备、生产线和工厂管理情况的成员。适合实际 SMK 导入。

4.1 使用 SMKL 工具对特定设备,产线,整个工厂等进行评估

首先,选择希望推进 SM 化的设备、生产线、工厂等管理对象。

接下来参考表 1 (SMKL 的可视化) 由目标设备, 生产线和工厂的负责人 (设备负责人等)来判断目前数据可视化已经做到了什么程度, 并给出理由。

此时, 从评分方法评估的角度出发,选择可视化最好的数据进行说明(稼动情况、功耗、温度管理等。(参考表 3)。

表 3 对确定对象可视化判定示例 (例)

No.	对象	可视化级别判定值	理由
1	A 工厂	a	整个工厂的 <u>稼动实绩</u> 情况, 作为电子数据 <u>收集储存</u> , 稼动实绩表格印刷后贴在公告板上。
2	B 工厂	b	整个工厂的 <u>功耗</u> 可视化, 实绩数据也通过 <u>显示屏图表</u> 表示。但没有自动阈值警告, 需要人工分析判断数据。
3	C 工厂	d	整个工厂的 <u>空调</u> 可自动管理, 设置温度和湿度传感器, 按需要将温度 <u>自动调整</u> 保持在 $25^{\circ}\text{C}\pm 1^{\circ}\text{C}$ 。
4	D 工厂	0	整个工厂几乎是手动的, 没有可视化的 <u>电子数据</u> 。

如上述表格情况, 每个工厂的 SM 化水平各不相同, 但可以从数据可视化的角度比较和评估每个工厂的现状。

每个被管理对象的可视化级别基本上参考表 1 的 SMK 的可视化。

1) 关于设备和作业人员的可视化级别

表 4 设备·操作人员的可视化级别

可视化级别	思维方式 (判断判据)
级别 a	在「特定的设备和作业人员」的管理中，通过自动或由操作员简单手动扫描，以电子的形式收集数据，并存储管理。 *手写日报或手动输入 Excel 不在对象范围内
级别 b	在「特定的设备和作业人员」的管理中，级别 a 的数据和目标 (标准) 数据可以在表格或图形中自动显示。 *手动下载数据，每次使用 Excel 等创建表格和图表时不在对象范围内。
级别 c	在「特定的设备和作业人员」的管理中，目标数据在级别 b 状态下自动显示，并且可以确认和分析差异。 并且，针对需要处理的差异,自动通知有关人员进行处理。
级别 d	在「特定的设备和作业人员」的管理中，为了抑制级别 c 中需要处理的差异，使用 AI 等自动对人、设备、物体进行反馈。

2) 关于生产线、工序的可视化级别

表 5 生产线、工序的可视化水平

可视化级别	思维方式 (判断判据)
级别 a	在「特定的生产线和工序」的管理中，通过自动或由操作员简单手动扫描，以电子的形式收集数据，并存储管理。 *手写日报等 Excel 的输入不在对象范围内
级别 b	在「特定的生产线和工序」的管理中，级别 a 的数据和目标 (标准) 数据可以在表格或图形中自动显示。 *手动下载数据,每次使用 Excel 等创建表格和图表时不在对象范围内。
级别 c	在「特定的生产线和工序」的管理中，目标数据在级别 b 状态下自动显示，并且可以确认和分析差异。 并且，针对需要处理的差异，自动通知有关人员进行处理。
级别 d	在「特定的生产线和工序」的管理中，为了抑制级别 c 中需要处理的差异，使用 AI 等自动对人、设备、物体进行反馈。

3) 关于整个工厂的可视化

表 6 工厂整体的可视化级别

可视化级别	思维方式 (判断判据)
级别 a	在「工厂内生产特定产品」的管理中, 通过自动或由操作员简单手动扫描, 以电子的形式收集数据, 并存储管理。 *手写日报等 Excel 的输入不在对象范围内
级别 b	在「工厂内生产的特定产品」的管理中, 级别 a 的数据和目标 (标准) 数据可以在表格或图形中自动显示。 *手动下载数据, 每次使用 Excel 等创建表格和图表时不在对象范围内。
级别 c	在「工厂内生产的特定产品」的管理中, 目标数据在级别 b 状态下自动显示, 并且可以确认和分析差异。 并且, 针对需要处理的差异, 自动通知有关人员进行处理。
级别 d	在「工厂内生产的特定产品」的管理中, 为了抑制级别 c 中需要处理的差异, 使用 AI 等自动对人、设备、物体进行反馈。

4) 整个供应链

表 7 整个供应链的可视化级别

可视化级别	思维方式 (判断判据)
级别 a	在「从零件厂家到产品仓库、物流、销售店的整个供应链中本公司的特定产品」的管理中, 通过自动或由操作员简单手动扫描, 以电子的形式收集数据, 并存储管理。 *手写日报等 Excel 的输入不在对象范围内
级别 b	在「从零件厂家到产品仓库、物流、销售店的整个供应链中本公司的特定产品」的管理中, 级别 a 的数据和目标 (标准) 数据可以在表格或图形中自动显示。 *手动下载数据, 每次使用 Excel 等创建表格和图表时不在对象范围内。
级别 c	在「从零件厂家到产品仓库、物流、销售店的整个供应链中本公司的特定产品」的管理中, 目标数据在级别 b 状态下自动显示, 并且可以确认和分析差异。 并且, 针对需要处理的差异, 自动通知有关人员进行处理
级别 d	在「从零件厂家到产品仓库、物流、销售店的整个供应链中本公司的特定产品」的管理中, 为了抑制级别 c 中需要处理的差异, 使用 AI 等自动对人、设备、物体进行反馈。

4.2 使用 SMKL 对确定管理项目 (KPI)进行 评估

此方法符合图 3 的 SMKL 导入流程。

首先,选择希望可视化的管理项目 (KPI) 。

请参考 ISO 22400 (<附录 A> 「KPI (ISO 22400-2)」) 创建工厂内的 KPI, 但由于工厂所需的 KPI 不同, 可从 ISO 22400 选择符合工厂的产线、工程、设备的 KPI, 或者创建适合公司的新 KPI。

以使用 SMKL 工具对电气零部件组装工厂的评价为例。首先选择和电子零件组装 KPI 相关的生产、库存、交付日期、成本、质量、维护、环境等相关的管理项目(KPI) (参考表 8) 。

在这个阶段仅仅是收集和改进 KPI 数据,重要的是要有理由收集必要的 KPI (参照表 8 的选定理由栏) 。

接下来, 选择要应用 KPI 的管理对象 (管理范围请参考 3.2 章关于管理对象级别) 。

作为选择管理对象的标准, 应该选择对公司重要的产品或对生产量有明显改善效果的设备、人、产线、工程、工厂。

然后, 对各个 KPI 进行 SMKL 评价。

表 8 电气部件组装工厂的事例

分类		管理项目 (KPI)	选定理由
生产	管理生产所需设备状态的功能	(1)设备运行管理	想分析在产线、生产过程中出现短停等停止的情况
存货	管理生产所需的半成品状态的功能。	(2)现货管理	通过现货管理来分析和改善半成品的状况
交货期	在考虑交货日期,产品特征,设备限制等情况下创建生产计划的功能。	(3)日生产管理	为了准确告知客户交货日期,在现场能够查看生产管理信息,以及资源计划信息
		(4)按时间分类的生产管理	根据计划和实际结果之间的差异,实时更新制造说明,以便资源的重新分配,并与交付时间联动
成本	能够管理工作人员本身的信息(资格、作业单价、履历等)和工作状态(负荷、作业时间/履历等)。同时用于生产资源分配和最佳工作分配。	(5)工人实绩管理	通过查看产品所花费的工时记录来提高工作成本
		(6)工人状态管理	分析工人从事的工作是否与技能相匹配,以及工人工作效率的可视化
品质	能够从制造现场收集测量数据并进行分析;管理/跟踪产品与过程的质量。(确定原因后,将症状和对策相关联)。	(7)产品质量控制	希望掌握产品质量是否稳定,检查相关特性值
		(8)过程质量控制	捕捉制造条件的变化(温度等),以免产生不良品
		(9)产品跟踪管理	通过在生产过程中为半成品和最终产品添加ID来掌握哪些批次出现问题
维修	管理生产所需设备的主信息(ID、名称等),定期维护设备,制定预测性维护计划,管理实际结果的功能。	(10)工具管理	将更换工具的时间可视化
		(11)定期维护管理	将设备的维护时间可视化
		(12)预测性维护管理	防止设备停机,进行预测性维护
环境	管理设备,空调,建筑物的温度和湿度,以及电量的目标和实绩值的功能。	(13)温度控制	防止由于温度环境变化而产生次品
		(14)湿度控制	同上
		(15)电量管理	与生产计划相结合,通过抑制峰值功率来降低电力成本

(1) 设备运行管理

表 9 设备运行管理

可视化级别	思维方式 (判断依据)
级别 a	是否已将运行结果数字化? (运行时间、停止时间、产品数量、错误代码、循环时间、设定时间等)
级别 b	是否已将稼动情况可视化? (或者,目标值和实际值的差是否可视化?或者, 稼动实绩的各种管理图的生成/趋势是否在管理?)
级别 c	是否有对稼动数据的实际值和目标值之间差异因素分析的功能? (或者, 是否具有判断稼动数据的沉默异常功能?如: 不仅检测设备停机, 还具备能率低下造成的生产性低下的监测功能)
级别 d	是否有针对操作性能目标值和实际值之间差异的自动指示或执行改进操作的功能? (或者, 是否存在当检测出操作性能异常时,能够停止设备或者改变设备制造条件的功能? 或者对工人工作的修正或改善支援或自动改进的功能?)

(2) 现货管理

表 10 现货管理

可视化级别	思维方式 (判断依据)
级别 a	是否已将现货的销售业绩 (开始日期、完成日期等) 电子化。 (或者是否将正在进行的项目的生产记录进行数字化并积累)
级别 b	是否可视化当前产品的进度? (或者,是否将现有项目的进度计划 (开始预定日、完成预定日等) 数字化, 并可视化进度计划与进度结果之间的差异) (或者是否将正在进行的项目的生产记录和进度可视化)
级别 c	有没有分析现货进度计划和进度实绩之间差异因素的功能。 (或者, 是否已确定正在进行的的工作的进度的正常/异常? (延迟、省略工程))
级别 d	根据项目进度计划与进度实绩之间的差异因素, 是否有可以指示或实现改进的功能 (例如对工人指示, 停止生产等) (或者, 是否可以确定正在进行的的工作的异常并自动执行操作 (例如对工人指示、停止生产等))

(3) 日生产管理

表 11 日生产管理

可视化级别	思维方式 (判断依据)
级别 a	是否将创建计划的（主）数据实现了数字化？ (或者，是否具备可以维护 (添加/编辑/删除) 计划所需（主）数据的机制) (或者，是否取得实绩信息 (作业实绩、运转实绩、生产实绩等) 并电子化)
级别 b	是否能够根据创建计划的（主）数据而制作每日生产计划？ ※也可以最终有人调整。 (或者，是否将计划与实际结果进行比较，并确认了差距?)
级别 c	是否可以根据创建的计划和实绩之间的差异，来支持创建资源计划的决策？ (或者，可以比较计划和实绩，并检查差距。操作员/管理员是否根据差距手动重新创建新的计划 (重排) ?)
级别 d	是否有一种机制可以根据创建的计划与实际结果之间的差异自动从系统创建资源计划？ (或者是否可以自动比较计划和实绩，并根据差距自动重新创建新的计划 (重排) ?)

(4)按照单位时间的生产管理

表 12 单位时间的生产管理

可视化级别	思维方式 (判断依据)
级别 a	是否将创建计划的（主）数据实现了数字化 (或者，是否具备可以维护 (添加/编辑/删除) 计划所需（主）数据的机制) (或者，是否实现制造指令 (采购,着手,搬运) 所需信息 (各作业单位、作业者、提前开始等) 的数字化?)
级别 b	是否能够根据创建计划的（主）数据，制定单位时间的生产计划。 ※也可以最终有人调整。 (或者，是否考虑上述信息以时间为单位执行电子化的制造指示。)
级别 c	是否可以实时比较计划数据和实绩数据？ (或者，可以实时比较计划数据和实绩数据，并检查差距。操作人员/管理者是否能够根据差距采取相应的对策 (挽回指示,先到先得等))
级别 d	是否具备根据计划数据与实际结果之间的差异，自动执行实时工作指令的机制？ (或者，是否实时比较计划数据和实绩数据,系统是否自主地根据差距采取相应的对策 (挽回指示,先到先得等) ?)

(5)工人实绩管理

表 13 工人实际业绩管理

可视化 级别	思维方式 (判断依据)
级别 a	是否将工人的工作记录 (实际现场时间、直接作业时间、管理不善时间、产量标准时间等)实现了 数字化
级别 b	是否将工人的工作记录实现了可视化 (或者, 是否将工人的工作目标数字化, 并可视化工作目标与工作实绩之间的差异?)
级别 c	是否能够分析工人工作目标和实绩之间差异因素的功能? (或者, 是否可以根据工人工作的情况和负载分析, 自动判断工作是否有延迟?)
级别 d	是否可以根据工人的工作目标和实绩之间的差异因素, 自动对人员或设备采取行动 (作业支援等)? (或者, 是否自动监视工人的工作情况 (1) 合理分配生产资源、(2) 自动判断工作进度的延迟,从而给出最佳的工作分配和指令?)

(6)工人状态管理

表 14 工人状态管理

可视化 级别	思维方式 (判断依据)
级别 a	是否能够将工人的技能信息 (可操作的设备、熟练程度等) 实现数字化? (或者,是否将工人的状态 (工作内容、位置等) 实现数字化)
级别 b	是否能够将工人的技能信息可视化 (或者是否能够实时可视化工人的状态)
级别 c	是否有一种机制可以根据工人的技能和状态来支持工作分配和工作指令的决策?
级别 d	是否根据工人的技能和状态自动从系统分配最佳工作分配/工作指令?

(7)产品质量控制

表 15 产品质量控制

可视化 级别	思维方式 (判断依据)
级别 a	检查指示和检查结果 (检查日期、时间、判定结果、特性值等) 是否实现了数字化。
级别 b	检查结果的实际质量百分比 (或不良率) 是否实现了可视化 (或者,是否将良品率 (或不良率) 的目标值实现了数字化,并能够可视化目标值和实际值之间的差异。)
级别 c	是否具备当检查结果的趋势发生变化时, 能够通知相关人员 (工作人员、生产技术人员等) 的功能 (或者,是否有分析不良因素的功能)
级别 d	是否可以根据不良因素, 自动对人员和设施采取行动 (作业支援等)?

(8)过程质量控制

表 16 过程质量控制

可视化 级别	思维方式 (判断依据)
级别 a	是否实现了制造条件的设定值和实际值 (电压、电流、温度、压力等)的数字化; (或者, 制造条件的设定值是否实现了数字化。)
级别 b	是否能够将制造条件的设定值和实绩值生成管理图 (或者, 是否能够生成趋势管理等各种管理图表)
级别 c	是否具备在制造条件实际值的趋势发生变化时, 能够通知相关人员 (工作人员、生产技术人员等) 的功能 (或者, 当制造条件的实际值的管理图的趋势发生变化时, 是否具备分析趋势变化因素的功能)
级别 d	是否在管理制造条件的实际值趋势发生变化的时候,能够根据趋势变化的因素, 自动对人员和设备采取行动 (作业支援) (或者, 是否能够根据制造条件的设定值和结果值之间的实际差异, 自动控制相关制造条件设定值的功能)

(9)产品跟踪管理

表 17 产品跟踪管理

可视化 级别	思维方式 (判断依据)
级别 a	是否能将生产过程中的半成品 ID (批号 No、序列 No) 与最终产品 ID (批号 No、序列 No) 相关联, 并将其实现数字化。 (或者, 是否能将生产过程中的零件 ID (批号 No, 序列 No) 与最终产品 ID (批号 No, 序列 No) 相关联, 并将其实现数字化。) (或者, 是否数字化的实现了上述 ID 与市场销售情况的相关联)
级别 b	是否可以从最终产品 ID (批号 No 或序列 No) 中识别半成品 ID (批号 No 或序列 No) 。 或者是否可以从半成品 ID (批号 No 或序列 No) 中识别最终产品 ID (批号 No 或序列 No) ? (或者, 从最终产品 ID (批号 No 或序列 No) 识别到部件 ID (批号 No 或序列 No) ? 或者能从零件 ID (批号 No 或序列 No) 识别最终产品 ID (批号 No 或序列 No)) (或者, 是否上述 ID 可以互相关联, 根据市场销售记录, 对市场不良率进行趋势管理)
级别 c	是否具有通过最终产品的制造记录(时间、作业人员、设备、检查结果、制造条件等) 来获取产线/过程的制造记录的功能? (或者, 是否具有通过将最终产品的制造记录(时间、作业人员、设备、检查结果、制造条件等) 来获取产线/过程的相关联部件信息的功能) (或者是否能分析检查结果和市场销售情况的相关性)
级别 d	是否具有分析最终产品的制造记录 (时间、作业人员、设备、检查结果、制造条件等) 与生产线/工艺的制造记录之间的相关性, 并自动进行改进的功能 (或者, 是否具有分析最终产品的制造记录(时间、作业人员、设备、检查结果、制造条件等) 与产线/过程的部件信息之间的相关性, 并自动进行改进的功能) (或者, 根据检查结果与市场销售情况的相关性,是否具有设计值审查的功能, 以及支持故障因素识别并自动改进的功能)

(10)工具管理

表 18 工具管理

可视化级别	思维方式 (判断依据)
级别 a	是否将工具的使用实绩(使用次数、使用时间等) 实现数字化
级别 b	是否将工具的使用期限 (可使用次数、可使用时间等) 实现数字化, 并可视化与使用实绩的差异
级别 c	是否具有在到达工具的可用次数/有效期之前通知相关人员 (工人、生产技术人员等) 的功能?
级别 d	是否有根据工具的使用实绩自动创建工具更换/维修计划的功能,并将计划自动通知相关人员

(11)定期维护管理

表 19 定期维护管理

可视化级别	思维方式 (判断依据)
级别 a	是否能将设备的维护记录 (维护日、维护内容、维护部件等)实现 数字化
级别 b	是否能将设备的维护计划 (维修期限、维修内容、维修部件等) 实现数字化,并可视化与设备维护实际情况 (维护日、维护内容、维护部件等) 的差异
级别 c	当设备接近预定的维护日期和时间时, 是否具有通知相关人员 (工人、生产技术人员等) 的功能?
级别 d	能够自动创建设备的维护计划, 并根据维护内容自动向相关人员 (工作人员、生产技术人员等) 进行通知(准备零件等)

(12)预测性维护管理

表 20 预测性维护管理

可视化级别	思维方式 (判断依据)
级别 a	是否能够将可能导致设备故障的预测性数据 (振动、声音、电流等) 实现数字化?
级别 b	是否能够将以上数据实现可视化?
级别 c	设备发生故障时,是否具有提取与设备故障相关数据的功能 (大数据分析)
级别 d	是否能够根据设备故障的预测数据与故障历史之间的相关性来自动预测故障, 并通知相关人员 (工作人员、生产技术人员等) 提前进行零件更换?

(13)温度控制

表 21 温度管理

可视化级别	思维方式 (判断依据)
级别 a	是否能够将温度实现数字化
级别 b	是否能够可视化实时温度? (或者, 是否能够将温度的目标值实现数字化, 并将温度的目标值与实际值的差异实现可视化)
级别 c	当温度目标值和实际值之间出现差异时,是否具有通知相关人员 (工作人员、生产技术人员等) 的功能
级别 d	是否具有能够根据温度目标值和实际值之间的差异, 自动执行控制的(空调的控制等)功能?

(14)湿度控制

表 22 湿度管理

可视化级别	思维方式 (判断依据)
级别 a	是否能够将湿度实现数字化
级别 b	是否能够可视化实时湿度 (或者, 是否能够将湿度的目标值实现数字化, 并将湿度的目标值与实际值的差异实现可视化)
级别 c	当湿度目标值和实际值之间出现差异时, 是否具有通知相关人员 (工作人员、生产技术人员等) 的功能
级别 d	是否具有能够根据湿度目标值和实际值之间的差异, 自动执行控制的(空调的控制等)功能?

(15)电量管理

表 23 电量管理

可视化水平	思维方式 (判断依据)
级别 a	是否能够将电量实现数字化
级别 b	是否能够可视化电量和原单位的实际值 (或者, 是否能够将电力量和原单位的目标值实现数字化, 并将电力量和原单位的实际值和目标值的差异实现可视化。)
级别 c	是否能够在电力量和原单位的目标值和实绩值产生差异时, 通知相关人员 (工作人员,生产技术人员等) (或者, 是否有分析电力量与单位目标值和实际值之间差异因素的功能)
级别 d	是否具有能够根据电力量与原单位目标值和实际值之间的差异, 进行自动控制的(设备、照明控制等)功能

5. 确认 SMK 的改善目标值

接下来,将根据 SMK 的当前状态值, 设定目标值, 并进行改进。

5.1 把某个设备、产线或整体工厂设定为「管理对象」, 进行 SMK 评价

在首次使用 SMK 进行可视化状况判断的时候, 先评价设备、产线或工厂的大致 SM 化现状, 从中选取可推进 SM 化的目标「管理对象」。

基于当前 SMK 的评估结果:

- 1) 审查工厂 A 的打印工作, 是否能够将其从 a 级别提升到 b 级别。如, 能够把被打印的数据显示在显示器上。
- 2) 工厂 B 的电量消耗是否能够从级别 b 提升到级别 c?如, 电量到达阈值后发出警报。或者, 是否像工厂 A 那样不将运行状态可视化。
- 3) 虽然工厂 C 在空调方面处于 d 级, 但是否有必要像工厂 B 那样使功耗数据可视化?
- 4) 工厂 D 否有必要继续可视化?

让设备导入者和管理者从 SMK 可视化的角度, 就是否进行改进, 目标如何设定两项内容展开讨论。

但是, 随着管理项目的扩大, 投资成本也会相应增加。因此, 有必要审查成本效益, 并实施在预算可控范围内的改进项目。

5.2 确定可视的「管理项目 (KPI)」进行 SMK 评价

此方法符合图 3 SMK 的导入流程。

由于预先知道想要管理或可视化怎样的信息, 如设备运行状态和功耗。因此, 有一个优点是可以轻松设置改进目标。

当然, 随着管理项目的扩大, 投资成本也会相应增加。因此, 有必要审查成本效益, 并实施在预算可控范围内的改进项目。

在某些情况下, 若可视化 KPI 对公司的发展没有帮助, 在中长期计划中可不进行改进。

6. 关于 SM 化的投资决策

在工厂经营中，SM 化改善的重要目的是预测经营投资效果和实现 SM 化培训，SMKL 工具可以帮助设备导入者和经营者选定「管理对象」和「管理项目」。(参考表 24)

具体来说，我们将创建一个包含所选管理目标和管理项目 (设备、设备、数据收集方法、成本效益等) 的 SM 投资计划 (<附录 C> 「SM 投资计划」)。

在 SM 投资计划中,我们会描述改进前的状态，以及 Before→After 实施可视化后的显著改进状态。还会描述投资成本、投资效果 (削减时间、改善费用、次要效果、其他注意事项) 等内容。

此外，虽然 SM 投资计划中描述了 SMKL 的当前水平和目标改进水平，但即使目标不在 SMKL 的 4×4 的图内，若有改进效果，也应该进行投资。

此外，即使不能预期短期效果，但如果可以看到双重效果或中长期效果*,也应该投资。

*例如，培养 SM 的新人，积累熟练工人的专业知识,激励工人等。

表 24 SMKL 现状和改善目标的记载例

管理项目		SMKL 现状	SMKL 改善目标
(P)生产	(1)设备运行管理	3 b	←
(I)存货	(2)现货管理	1b	2b
(D)交货期	(3)日生产管理	2a	←
	(4)按时间分类的生产管理	0	1a
(C)成本	(5)工人实绩管理	0	←
	(6)操作员状态管理	0	←
(Q)品质	(7)产品质量控制	0	←
	(8)过程质量控制	0	←
	(9)产品跟踪管理	0	←
(M)维护	(10)工具管理	0	2a
	(11)定期维护管理	0	←
	(12)预测性维护管理	0	←
(E)环境	(13)温度控制	1a	←
	(14)湿度控制	0	←
	(15)电量管理	0	1b

7. 关于 SMKL 的使用成员

为了通过 SMKL 进行改进，需要明确在工厂中担任各角色的负责人。

7.1 SMKL 的 PDCA 序列图

应用 SMKL 和构建 KPI 信息所需的参与者，并在每个 UML (ISO/IEC 19501:2005) 序列图中描述与 PDCA 的相关性 (请参阅图 4)。

Plan: 计划, Do: 执行, Check: 确认, Act: 改善

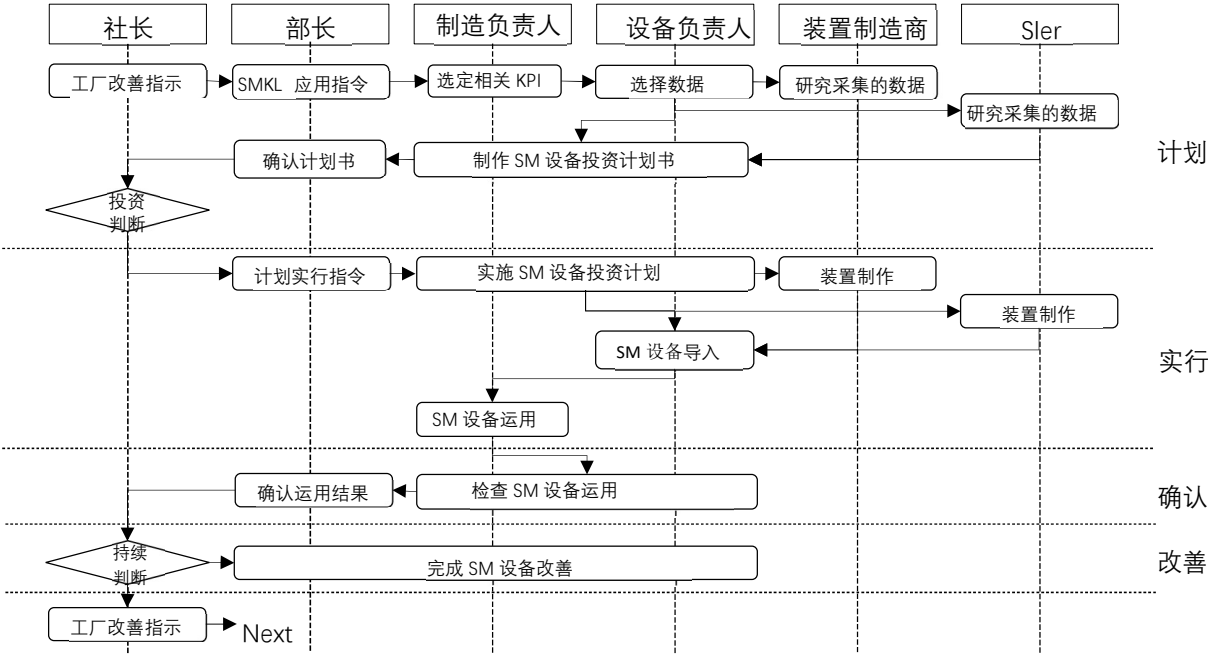


图 4 SMKL 的 PCDA 序列图 (例)

7.2 操作时的 KPI 管理工作流程序列图

表 8 电子零件组装工厂的事例的 KPI 管理项目的大分类,或者 KPI 的详细管理项目 (1) ~ (15) 的每个角色不一样的情况下, 整理各个角色, 制作每天、每周、每月的业务流程 (请参考图 5)。

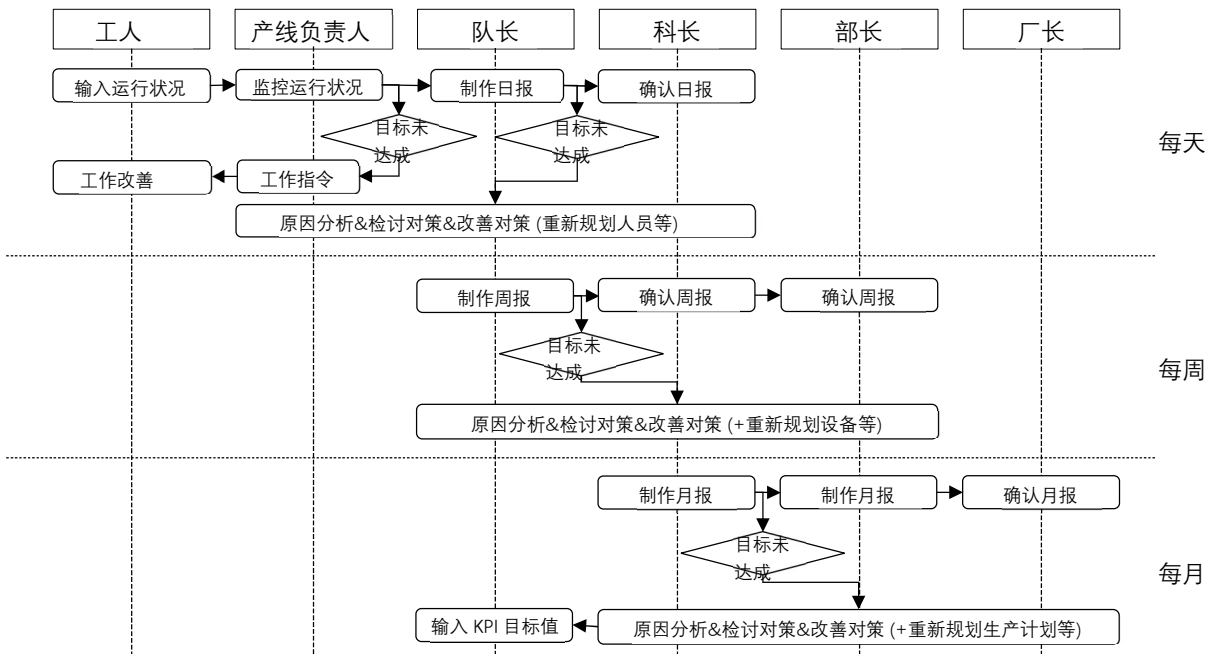


图 5 表 24 中的生产 (P)·设备运转管理 (1) 的业务流程 (例)

8. 实现智能制造（SM 化）的技术

在向客户提供 SM 相关产品和解决方案时,可以使用 SMKL 指标。

可以向客户简单说明“产品或解决方案有助于帮助客户实现哪种程度的可视化?”(请参照图 6)。此外,还可以向客户说明,通过使用 SM 相关的产品,客户可以快速实现公司所需的 SM 级别。

- 数据收集级别: 如符合 KPI 要求的各种传感器,网络和 5G 产品
- 可视化级别: 如显示器和 SCADA 的各种应用
- 分析的可视化: 如边缘计算
- 改善的可视化: 利用各种 AI 技术与算法的系统解决方案等
- 此外,为了提高从工厂到供应链的覆盖范围,有必要考虑安全性并利用云。

通过向客户介绍合适的 SM 化技术,可以巧妙地开展 SM 设备、软件和解决方案的销售活动。

还可以从供应商的角度 (如顾问和销售) 使用 SMKL 工具向客户提供 SM 相关的服务、产品和解决方案。

对于上述情况,正在计划编写「用于销售和咨询的 SMKL 白皮书 (暂定)」。

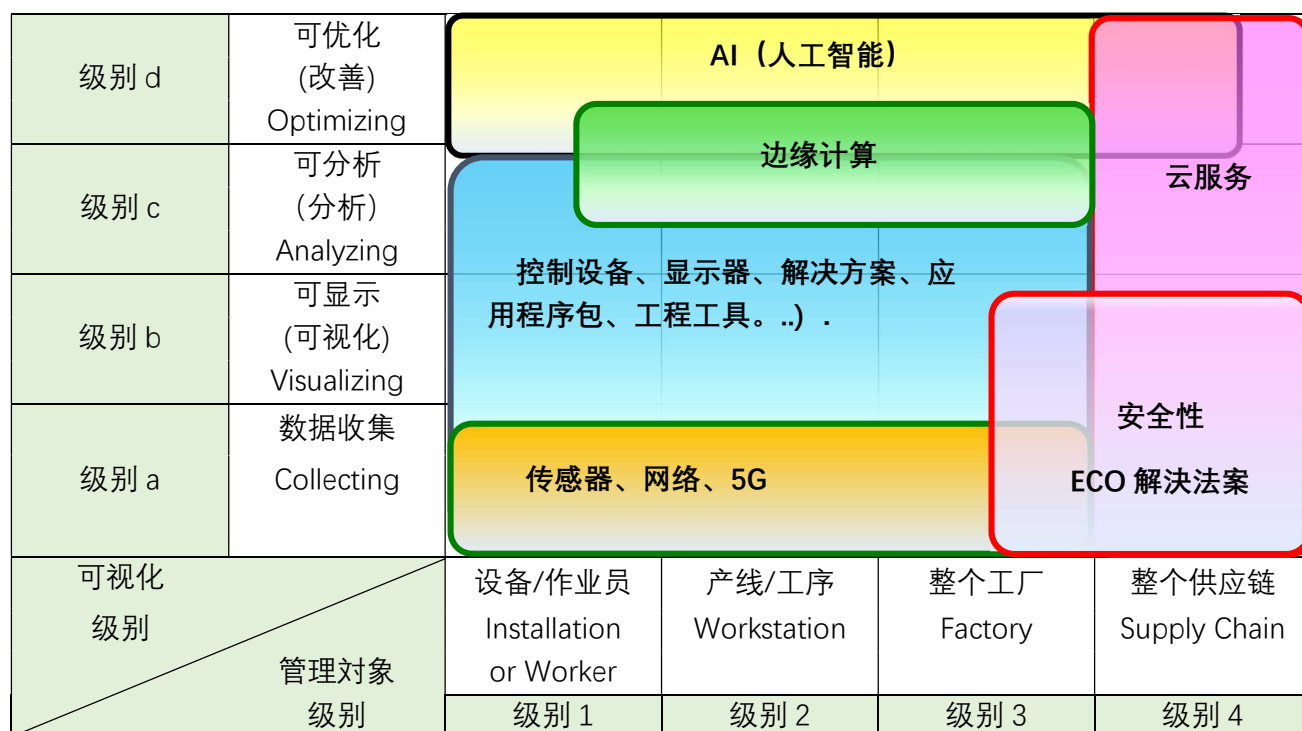


图 6 SMKL 技术地图 (例)

9.结束语

本书讨论的 SMK 工具，是实现 SM 化的一个简单指标。

SMK 工具让经营者和现场人员站在相同的角度，讨论 SM 化的投资成本与效益，以及 SM 化的具体方向，并推动了 PDCA 在实际制造现场的使用。在实施 SM 化的改进中，SMK 是一款合适的工具。

此外，由于 SMK 工具指数简单易懂，即使没有 SM 的特殊专业知识，任何人都可以通过可视化和覆盖范围的基本概念而立即使用它。

因此，除本书中提到的管理人员和设备人员外，SM 化的开发和设计人员、顾问、销售人员、金融和保险公司等也可以开发应用 SMK 工具的业务，IAF/CLIC/KPI 分组委员会将在未来考虑这些可能性。

10. 参考文献等

- [1] ISA-95 (ISO/IEC 62264) :Enterprise – Control System Integration
- [2] ISO 22400:自动化系统及其集成-制造操作管理的关键性能- Automation systems and integration – Key performance indicators(KPIs) for manufacturing operations management)
- [3] X. SHI , T. BABA , D. OSAGAWA , M. FUJISHIMA and T. ITO , "Maturity Assessment:A case Study toward Sustainable Smart Manufacturing Implementation , " 2019 年国际智能制造会议,工业与物流工程与 2019 年国际研讨会半导体制造智能 (SMILE&ISMI 2019) ,杭州,中国, 2019 pp. 67-70. [Best Faculty Paper Nomination]
- [4] X. SHI , T. BABA , D. OSAGAWA , M. FUJISHIMA and T. ITO , "在智能制造中实现可持续系统的成熟度模型。" 2019 24 th IEEE 国际新兴技术与工厂自动化会议 (ETFA) , Zaragoza , Spain , 2019 , pp. 1649-1652.
- [5] IAF CLiC (控制层信息协作意见交流会) :推动生产一线物联化及可视化的 SMKL 指标关于“ , IIFES November 2019 ,http://www.mstc.or.jp/iaf/event/iifes2019s/SMKL_seminor.pdf, [Accessed:03-April-2020]
- [6] DX 推进指标、经济产业省、 https://www.meti.go.jp/policy/it_policy/dx/dx_seisaku/dx_index/dx_index.html, [Accessed:03-April-2020]
- [7] SIRI 指标,新加坡经济发展局, <https://www.edb.gov.sg/en/news-and-events/news/advanced-manufacturing-release.html>, [Accessed:03-April-2020]
- [8] IIFES 2019 SMKL Seminar Website in Japanese, http://www.mstc.or.jp/iaf/event/iifes2019s/SMKL_seminor.pdf, [Accessed:03-April-2020]
- [9] IAF forum 2019 Website in Japanese,<http://www.mstc.or.jp/iaf/event/2019f/04chino.pdf>, [Accessed:03-April-2020]
- [10] K. Kumagai , M. Fujishima , H. Yoneda , S. Chino , S. Ueda , A. Ito , T. Ono , H. Yoshida ,H. Machida ,“用于 ISO 22400 使用 OPC UA 的 KPI 元素信息模型 (KEI 模型) ”FDT , PLCopen and AutomationML , SICE 年度会议 2017 pp 602-604
- [11] N. Sugawara , S. Chino , A. Ito , T. Ono , H. Yoshida , M. Okuda , Use Case Analysis Integrating OPC UA , FDT , PLCopen 和 AutomationML for Factory Automation Systems , SICE 2018 年度会议, pp 594-596
- [12] 中国电子技术标准化研究院. 2016 China Manufacturing Maturity Model 智能制造能力成熟度模型白皮书(1.0 版).

※SMKL (Smart Manufacturing Kaizen Level)是三菱电机的注册商标。本出版物中列出的团体和技术名称是各公司或各团体的商标或注册商标。

以上

<附录 A> 「KPI (ISO 22400-2)」

分类	项目 (中文)	项目 (英语)
生产指标 (Efficiency indicators)	劳动生产率	Worker efficiency
	负载度	Allocation degree
	产量	Throughput
	负载效率	Allocation efficiency
	利用效率	Utilization efficiency
	设备综合效率	OEE Index
	净设备效率	NEE Index
	设备有效性	Availability
	工程效率	Effectiveness
质量指标 (Quality indicators)	品质因数;良品率	Quality ratio
	段取样率	Preparation degree
	设备维护利用率	Technical usage level
	直通率	First pass yield
	废弃程度	Scrap degree
	报废率	Scrap ratio
	工程利用率	Production process ratio
	返工率	Rework ratio
	衰减率	Fall-offratio
能力指数 (Capacity index)	机械能力指数:Cm	Machine capability index
	临界机械能力指数:Cmk	Critical machine capability index
	工程能力指数:Cp	Process capability index
	临界工程能力指数:Cpk	Critical process capability index
环境指标 (Environmental indicators)	材料利用率	Ratio of used material
	有害物质	Harmful substances
	危险物质废弃率	Hazardous waste ratio
	总能耗	Comprehensive energy consumption
库存管理指标 (Inventory management indicators)	库存周转率	Inventory turns
	良品率	Finished goods ratio
	综合良品率	Integrated goods ratio
	产品废弃率	Production lost ratio
	库存运输废弃率	Storage and transportation lost ratio
	其他废弃率	Other lost ratio
维护指标 (Maintenance indicators)	设备负载率	Equipment load rate
	平均故障间隔	Mean time between failures
	改进维修率	Corrective maintenance ratio

<附录 B> 「SMKL 管理表」

「SMKL 管理表」

管理对象级别: [] ☐1 级、☐2 级、☐3 级、☐4 级

管理项目 (KPI)	可视化 级别	思维方式 (判断判据)	判定栏
	a		
	b		
	c		
	d		

可视化级别 判定理由

可视化级别				
级别 d: 可优化				
级别 c: 可分析				
级别 b: 可显示				
级别 a: 数据收集				
	级别 1: 设备/作业员	级别 2: 产线/工序	级别 3: 整个工厂	级别 4: 整个供应链

0 级全部是“-”，现状级别:“●”，改善目标级别:“◎”

「SMKL 管理表」 (例 1)

管理对象级别: [B 工厂] □1 级、□2 级、■3 级、□4 级

管理项目 (KPI)	可视化 级别	思维方式 (判断判据)	判定栏
电量	a	把电量数字化了吗?	●
	b	是否把电量和实际单位值可视化? (或者, 是否将电力量 and 原单位的目标值数字化, 将电力量 and 原单位的实际值的差可视化。)	●
	c	当电量与单位目标值和实际值之间存在差异时, 是否有通知相关人员 (工人、工作人员、生产技术人员等) 的功能? (或者, 是否有分析电力量与单位目标值和实际结果之间差异因素的功能?)	◎
	d	根据电量和基本单位的目标值和实际成绩的差距, 有没有自动控制 (设备、照明控制等) 功能?	—

可视化级别 判定理由
可以看到整个 B 工厂的功耗, 并且实际数据也以图形方式显示在监视器上。但是, 没有通过设置阈值来发出警报的功能, 并且通过查看图表来分析和判断。 此外, 没有在设备单元、线路、过程和单元中实施功耗可视化。

可视化级别				
级别 d: 可优化	—	—	—	—
级别 c: 可分析	—	—	◎	—
级别 b: 可显示	—	—	●	—
级别 a: 数据收集	—	—	●	—
	级别 1: 设备/作业员	级别 2: 产线/工序	级别 3: 整个工厂	级别 4: 整个供应链

0 级全部是“—”, 现状级别:“●”, 改善目标级别:“◎”

「SMKL 管理表」 (例 2)

管理对象级别: 「C 产线线」 □1 级、■2 级、□3 级、□4 级

管理项目 (KPI)	可视化 级别	思维方式 (判断判据)	判定栏
设备运行管理	a	是否将稼动实绩 (运行时间、停止时间、产品数量、错误代码、循环时间、设定时间等) 数字化?	●
	b	是否将运行实绩可视化? (或者,是否可视化目标值和实际值之间的差异?或者,是否生成/趋势管理运行结果的各种管理图表?)	●
	c	是否有分析运行结果目标值和运行实绩之间差异因素的功能? (或者, 是否具有判断实际操作的异常的功能?例:不仅停止设备, 还检测由于效率降低导致的生产率降低)	●
	d	基于运营结果的目标值和实际值之间差异的因素, 是否有能力动态指导改进操作? (或者, 是否存在检测操作性能异常、停止设备、改变设备制造条件的功能, 以及支持修改和改进工人工作的决策的功能?)	◎
可视化级别 判定理由			
C 线的运行状态被数字化, 并且显示在屏幕上。此外, 当目标值和实际值之间存在差异时, 基于设定的阈值向产线管理人员自动警报或通过智能电话通知。但是无法使用 AI 等自动重新定位资源等来指示提高利用率。			

可视化级别				
级别 d: 可优化	—	◎	—	—
级别 c: 可分析	—	●	—	—
级别 b: 可显示	—	●	—	—
级别 a: 数据收集	—	●	—	—
	级别 1 设备/作业员	级别 2 产线/工序	级别 3 整个工厂	级别 4 整个供应链

0 级全部是“-”, 现状级别:“●”, 改善目标级别:“◎”

<附录 C> 「SM 投资计划书」

「智能制造 (SM) 投资计划书」

SMKL※

d				
c				
b				
a				
	1	2	3	4

部门名称		日期		管理对象	
主题		管理项目 (KPI)			
改善前 Before		改进后 After			
《课题》		《改进点》			
改善效果	《投资费用》				
	《投资效果》 削减时间: 改善费用: 次要效果: 其他:				

※SMKL=0 级全部是“—”，现状水平：“●”，改善目标水平：“◎”

批准人	确认人	负责人

「智能制造 (SM) 投资计划书」 (例)

SMKL※

d				
c				
b		◎		
a		●		
	1	2	3	4

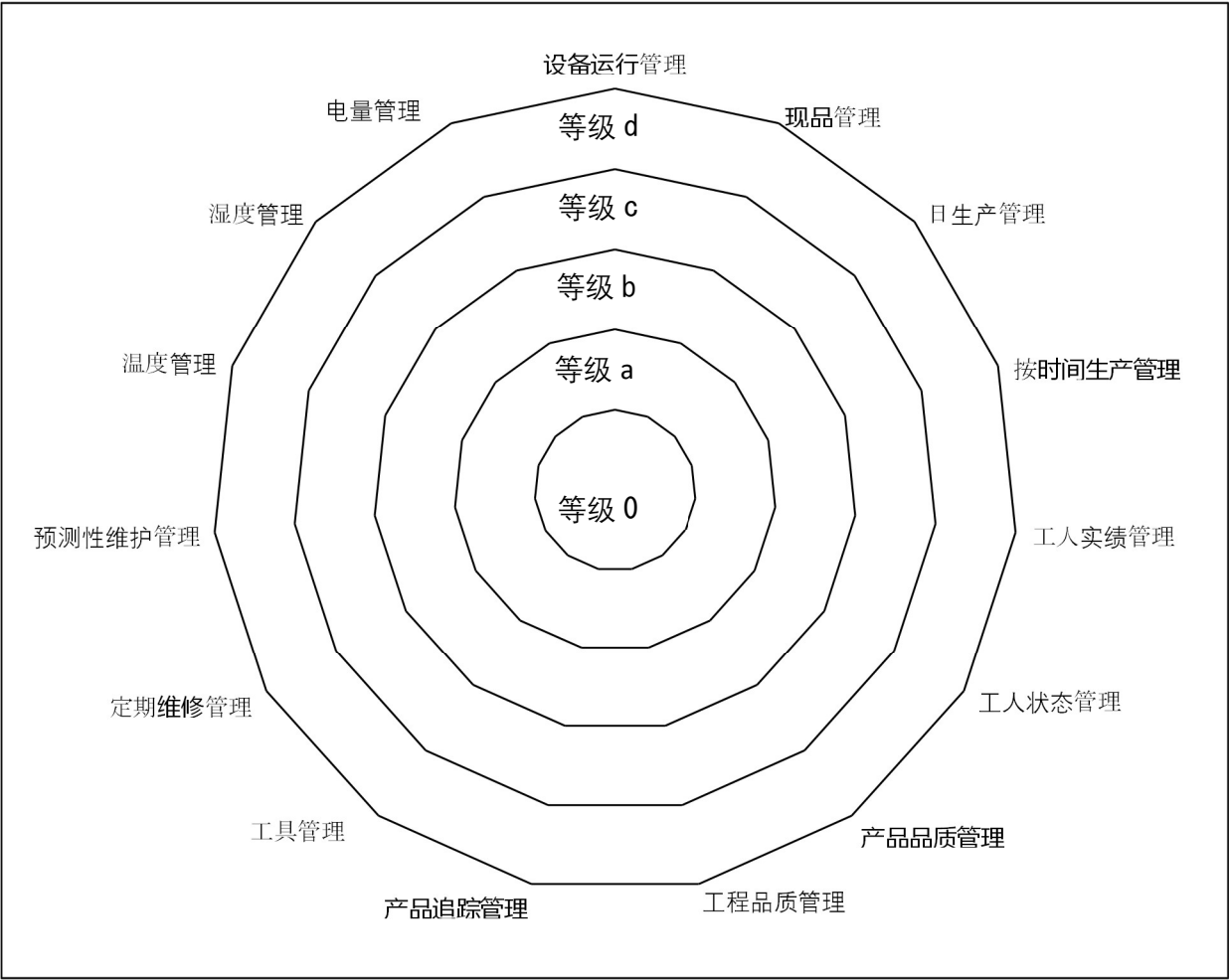
部门名称	A 制造部	日期	2019/10/01	管理对象	B 线
主题	C 产品在生产时引入平板电脑, 提高图纸检查的效率	管理项目 (KPI)	生产切换/分步、库存、交货期、成本) · 品质、预测性维护、环境、其他		
改善前 Before		改进后 After			
在 B 生产线上生产 C 产品时, 操作人员利用图纸对产品进行检查。		在 B 线上生产 C 产品时, 工人将能够使用平板电脑进行无纸化产品检查, 并使用电子图纸进行产品检查。			
《课题》 · 数据都在旧图纸上。 · 新图纸包含 CAD 数据并将其数字化但不能直接在商用平板电脑上阅读。		《改进点》 · 对旧图纸进行了高分辨率扫描。 · 新图纸引入了数据转换 S/W, 以便可以直接从 CAD 显示在商用平板电脑上。			
改善效果	《投资费用》 平板电脑 10 万日元×10 台, 扫描 200 日元×1000 张, CAD 数据变换 S/W 3 万日元×10 个 SI 外包费用 1 人工/月×100 万日元 合计 250 万日元				
	《投资效果》 缩减时间:检索时间等 10 人×4 个产品/日×▲0.25 h/件=▲10 h/日=▲2500 h/年 (250 天) 改善费用:▲2500 h×4000 日元 (小时工资) =▲1000 万日元/年 →可以在 3 个月内恢复投资成本 副作用:由于平板电脑可以放大显示, 因此比纸质图纸更容易看到, 减少了工作错误。 其他:纸图纸老化。但是, 由于平板电脑容易损坏, 因此需要确保更换费用。				

※SMKL=0 级全部是“—”, 现状水平:“●”, 改善目标水平:“◎”

批准人	确认人	负责人
2018/10/4 制造部长 C	2018/10/2 设备课长 B	2018/10/1 设备负责人 A

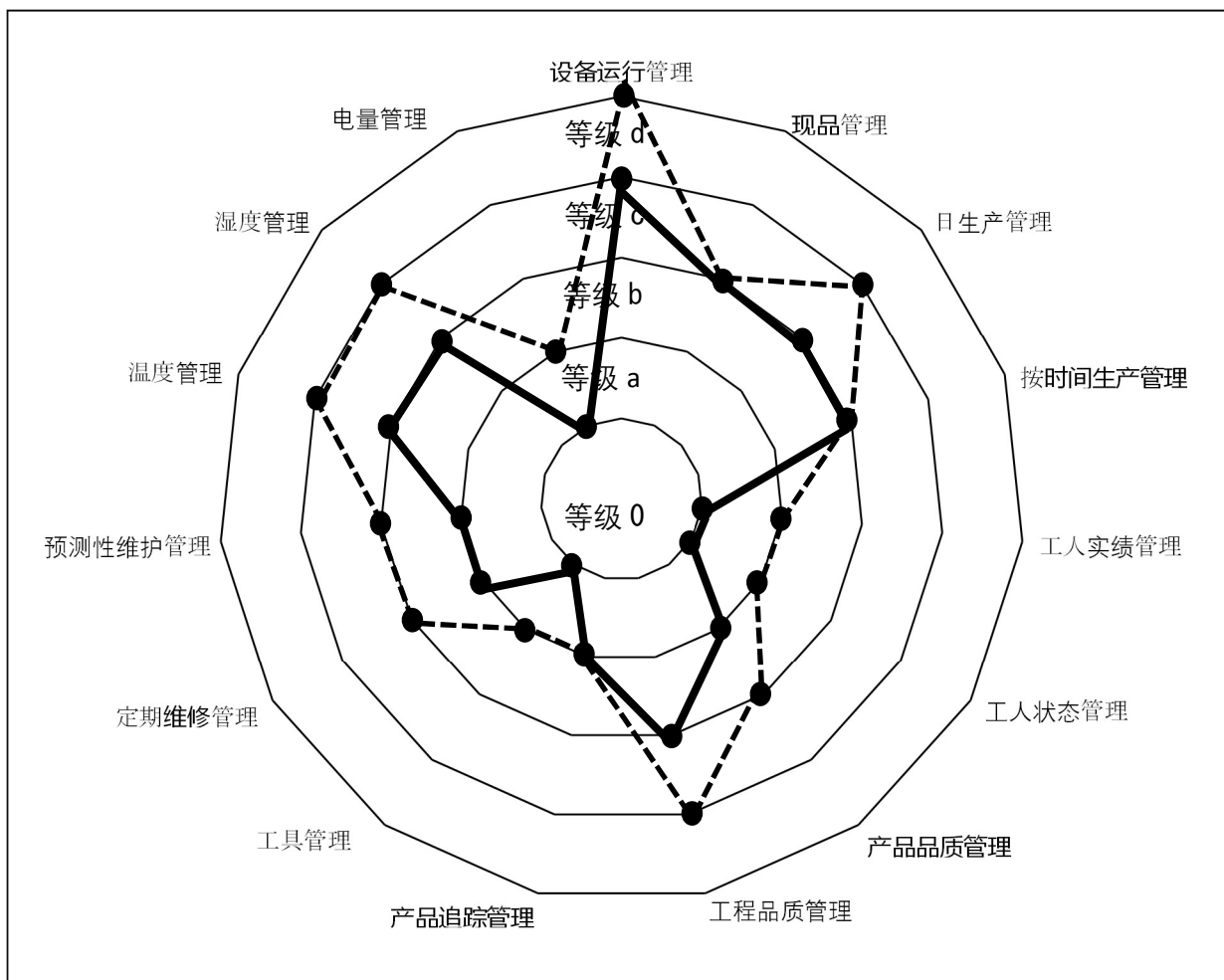
<附录 D> 「对各个管理项目的 SMKL 雷达图」

「对各个管理项目的 SMKL 雷达图」



※ SMKL= 现状值: [实线], 改善目标值[虚线]

「对各个管理项目的 SMKL 雷达图」 (例)



※ SMKL= 现状值: [实线], 改善目标值[虚线]

<附录 E> 「SMKL 综合管理表」

「SMKL 综合管理表」 (例)

*记载管理对象名称: 空白处为“—”、 可视化级别: 级别 0 是“-”, 当前级别: “●”, 目标改进级别: “◎”

分类	管理项目 (KPI)	管理 No.	可 视 化 级 别	管 理 对 象 级 别	管理对象名称							
				4	-	-	-	-	-	-	-	产品 H
				3	-	-	-	-	-	工厂 F	工厂 G	-
				2	-	-	-	产线 D	过程 E	-	-	-
				1	设备 A	设备 B	人 C	-	-	-	-	-
P:生产	(1)设备运行管理	1	a		●	◎	-	●	●	●	●	-
		2	b		●	-	-	●	◎	●	◎	-
		3	c		◎	-	-	◎	-	◎	-	-
		4	d		-	-	-	-	-	-	-	-
I:库存	(2)现货管理	5	a		●	◎	-	●	●	●	●	◎
		6	b		●	-	-	●	◎	●	◎	-
		7	c		◎	-	-	◎	-	◎	-	-
		8	d		-	-	-	-	-	-	-	-
以下同样												

<附录 F> 「与其他指标的对比」

和 SMK 类似的 SM 化成熟度指标有好几个，并且有不同的用法。SMK 工具非常简单，且易于使用。适合以现场人员为中心，采用 PDCA 循环的方法，逐步改进工厂的活动。以下是经济产业省推荐的 DX 促进指数、新加坡推荐的 SIRI 指数和 SMK 指数的对比表。

项目	DX 推进指标 (日本经济省)	SIRI 指标 (新加坡)	SMK 指标
诊断目的 (对象)	企业 DX 化状况的可视化 (每个企业的人员、体制、IT 系统等)	帮助企业有组织地强化工业 4.0 的知识 (3 构成要素=流程、技术、组织)	工厂内信息的可视化 (电子化) (生产、质量、成本、维护、环境等)
使用者	高管、业务部门、DX 部门、IT 部门 (其他: 咨询)	经理、IT 部门和组织内的员工 员工、外部合作伙伴和客户	高管、设备部门 (其他: IT 部门、 产品开发、制造、产品销售、 咨询)、顾客
对象企业	对象为所有企业 (但是, 实际上能设置 DX 部门, 推进 DX 都是大中型公司)	从中小企业到跨国公司。包括离 散及工艺制造设施	以所有企业为对象 (从大企业到小企业)
利用频度 (持续性)	假定每年诊断一次 (可根据负荷增减次数)	不限于一次性评价, 是连续使用	每次用于改善活动和提案活动 (新引进时, 中期计划时等也可 利用)
诊断实施者	管理人员、内部利益相关者 (不可 只交给 IT 部门) 目前可以从经济产 业省的 HP 进行 Web 诊断	没有规定。(支持 TUV-SUD) 例: 需要跨部门团队, 包括主要利 益相关者, 如发电厂总经理、运 营、数字和设施团队高级领导者	与使用者相同
使用场景	董事会等的经营会议	公司需要定义评估范围, 并选择是 评估整个制造设施还是为每个产 品组单独评估	(其他: 产品开发、产品销售、 咨询)。例如改进活动和引入 新设施
原案提出者	大学教授、企业经营者、团体干 部	企业经营者、技术提供者、企业 团体、高等教育机构、研究机 构、政府机构等	设备部门
实绩	自 2019 年以来, 已有超过 100 家 公司执行 PoC → 收集数据未公开	自 2018 年以来, 它已在 200 多家 公司中实施。 (33% 为中小企业、12 家制造业、 14 个国家)	从 2015 年开始在 1 家公司的 多家工厂实施 → 正在计划向几家公司 PoC
总结	DX 指标如「病历表和血液检查 水平」。每年进行一次诊断, 作为 经营者为了判断经营而与公司内 部及顾问等商谈时的指标	SIRI 索引提供公司当前状态的快 照, 而不是未来的改造可能性 (它 与 DX 指标相同) (8 个支柱: 操作、供应链、产品生 命周期、自动化、连接性、智 能、能力评估、结构和管理)	SMK 指数类似于「体重 计」, 从经营者到设备负责人 根据需要, 考虑评价和成本 效益的同时进行自我管理, 用 PDCA 进行持续改善活动的 指标

实现工厂智能化的
“可视化”KPI 工具
SMKL (Smart Manufacturing Kaizen Level)
白皮书
(公开第 1 版)

发行日:2020 年 4 月 1 日

发行人:Industrial Automation Forum (IAF)

控制层信息合作意见交流会 (CLiC) KPI 分组委员会

作者:KPI 小组委员会主任 藤岛 光城 (三菱电机)

监修委员: 伊藤 章雄 (FDT 集团)

植田信夫 (立花 Eletech)

大野 敏生 (日本 OPC 协会)

奥田 诚 (PLCopenJapan)

北山健志 (三菱电机)

熊谷 贤治 (村田机械)

竹内 彻夫 (FDT 集团)

茅野 真一郎(三菱电机)

松俣 隆志 (PLCopen Japan)

吉泽 隆司(Software product)

吉田 宽 (欧姆龙)

米田 尚登 (达索系统)

IAF 秘书处: Kazunori Fukasawa (一般财团法人制造科学技术中心内)

联系地址: 〒105-0004 东京都港区新桥 3-4-10 新桥企划大楼 4e-mail: jim-
iaf@mstc.or.jp

TEL: 03-3500-4891

URL: <http://www.mstc.or.jp/iaf/>

*如擅自复制本书内容,并予以引用,除特殊情况外,均视为对作者及出版社的侵害。有不明白的地方请向 IAF 事務局确认。