充分运用 IoT 的产品制造改革

Manufacturing Reform Utilizing IoT Technology

大野　胜史 ONO, Masabumi　　**山田　隆典** YAMADA, Takanori　　**成濑　光洋** NARUSE, Mitsuhiro

富士电机除了继续推进原有的生产革新活动外，从 2009 年度开始致力于发展贯穿整个供应链流程的 SCM（Supply Chain Management）改革活动，建立起销售与制造同步自主流通的机制。另外，努力开展“提高生产效率和品质”“安全安心和节省劳动力”“节能”活动，并根据各工厂的产品及经营特性，推动生产革新及 IoT 化。在 IoT 化方面，充分发挥作为 IoT 解决方案供应商的特点，积极运用自己公司的产品及系统。

In addition to the existing production innovation activities, Fuji Electric has developed its supply chain management (SCM) reform activity since FY2009 to build the system in which sales and manufacturing processes synchronize autonomously. We are committed to productivity and quality improvement, security and safety, labor saving, and energy saving. We also promote production innovation and the use of IoT according to each factory's manufactured items and business characteristics. Fuji Electric, an IoT solution vendor, proactively utilizes its own products and systems.

1　引言

除了继续推进原有的生产革新活动外，富士电机从 2009 年度开始致力于发展贯穿整个供应链流程的 SCM（Supply Chain Management）改革活动，建立起销售与制造同步自主流通的机制。

利用飞速提高的信息处理能力和 AI（人工智能）来运用大量数据，推动产品制造 IoT（Internet of Things）。通过上述努力来进行产品制造改革，力争实现自律同步化生产，也就是富士电机生产方式（FePS：Fuji Electric Production System）（**图 1**）。

2　产品制造 IoT 的理念

富士电机的产品制造 IoT 理念如**图 2** 所示。为了实现“提高生产效率和品质”“安全安心和节省劳动力”“节能”，从 SCM 和 PLM（Product Lifecycle Management）两个方面推动 IoT 化。力争实现包括节能在内的工厂整体最优的“连接式智能工厂”。

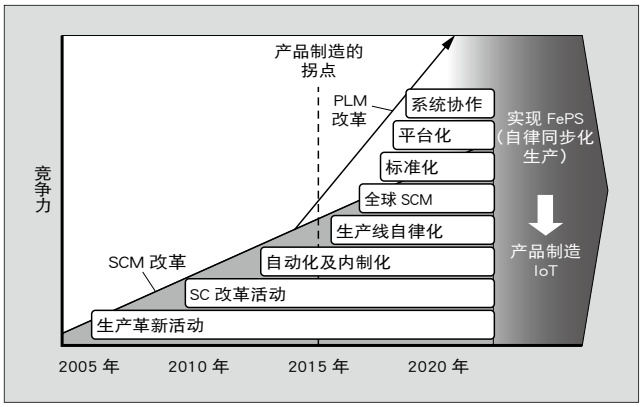

图 1　富士电机生产革新的步伐

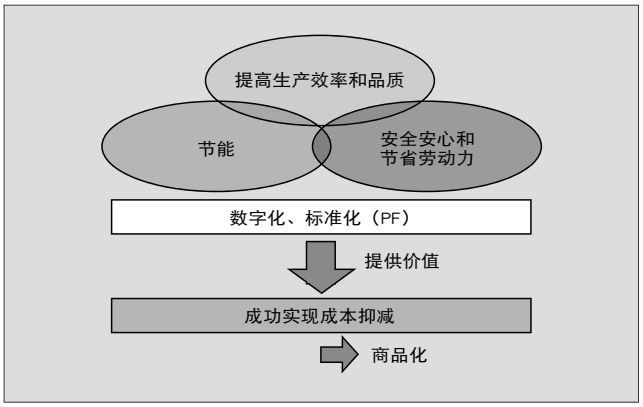

图 2　产品制造 IoT 的理念

在 SCM 方面利用 IoT 推动生产设备和生产线的自动化。在 PLM 方面推动标准化、数字化、CPS（Cyber Physical System）的运用。

运用 IoT 的产品制造改革是根据在现场取得的数据在电脑上对产品制造进行仿真，然后反馈到现场以实现优化。首先，确立传感技术、信息收集技术和连接技术，开发“工厂可视化仪表板”（后述 **3. 2 节**），并在各工厂展开。

随着产品制造的标准化，目前正通过运用数据来提高生产效率和品质。

3　所采取的措施事例

富士电机的产品制造涉及电子元件、组件到成套设备的广大领域。因此根据各工厂的产品及经营特性，推动生产革新及 IoT 化。

富士电机同时也是 IoT 解决方案供应商，因此在 IoT 化方面，积极运用自己公司的产品及系统。

3.1 通过运用 CPS 来进行生产准备

产品功能要求高度化多样化，而且还需缩短投放到市场的时间。为此，富士电机不断运用 CPS 来优化制造工序，缩短量产前的生产准备工艺的时间（**图 3**）。

⑴ 运用设计信息的工序设计的高度化及效率化

工序设计根据产品设计对制造性进行验证，并设定制造方法、人员、工时、设备、工夹具等。因此这是影响产品 QCD 的极为重要的作业。进行该作业时必须制作 QC 工序图、作业指示书等票据类，耗费时间。

为此我们建立起一套机制，运用产品设计数据在电脑上对制造性进行验证，并提取最优的制造步骤，减少试制次数，同时还建立起能够以半自动方式制作票据类的机制。

如此便能同时开展产品设计和工序设计，还能建立起向产品设计进行反馈，并缩短生产准备时间且方便制作的工序设计。

⑵ 生产线设计的高度化及效率化

为了建立高效的生产线，富士电机还开发出在电脑上进行人、物及设备动作仿真的系统。这样，使用上述运用制造性验证信息的生产线设计工具，便可进行节拍时间、生产线的能力和工时仿真。而且，通过对作业人员的动作进行仿真，可以在作业难度大的工序及产品品质相关工序中预先进行验证，并解决课题。如此来实现作业品质的稳定化，缩短生产线投产时间。

⑶ 提高自动化设备的设计品质，并缩短验证时间

在进行机械设计、电气设计、软件设计等设备设计后，使用实际设备进行试制和评估。

试制和评估以实机进行，不仅耗费时间，还需要确保进行多次试制的时间。

为了减少返工，提高设计品质，将设备开发时间减少 20%，建立了能使用 3D-CAD 数据在电脑上进行与实机相同的试制和评估的环境。

在将多台机器人联合使用的生产线中，可以事先验证机器人之间或机器人与人之间的干涉，确保实机验证时的安全性。

而且，还具有在手边的电脑上对包括全球网点在内的远处设备量产运行时的动作进行评估、对软件进行改良的优点。

3.2 工厂可视化仪表板

富士电机长期以来在制造现场运用生产进度管理板和警报灯等，以共享现场信息，提高采取对策的速度。

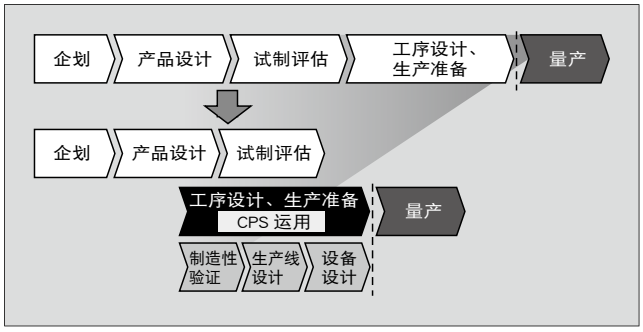

图 3 通过运用 CPS 来提高生产准备的效率

图 4 工厂可视化仪表板

为了进一步提高速度，运用 IoT 来实时收集制造现场的 4M（人、设备、材料、作业方法）数据，将各种现场信息进行整合，开发出将产品制造 KPI（Key Performance Indicator）统一可视化的“工厂可视化仪表板”，并推动安装（**图 4**）。

经营层、工厂管理层、生产线监督层等各阶层使用工厂可视化仪表板，可以定量且实时掌握日常管理所需的 KPI。如此准确快速地应对和开展整体优化。

仪表板由网络画面构成，可以根据工序及生产线构成的变更来简单地编辑显示内容。而且，网络采用了考虑到安全和分散访问负荷的结构。

没有运行信息输出功能的旧型设备通常采用根据运行情况显示灯的信号来收集运行信息的方式。但这种方式只能得到正常、异常、停止等几种信息。因而建立起从设备控制线读取运行信息，在仪表板上显示详细运行情况的机制，以实现运行可视化。

量产品的综合自动化生产线如**图 5** 所示，在仪表板上统一显示各设备的运行情况和节拍时间。如此可尽早发现节拍发生紊乱的部位。然后可运用网络摄像头的视频，查明原因，并实施改善对策。

今后将继续使该仪表板发展进化，通过联合使用分析 AI 来逐渐加强分析能力。

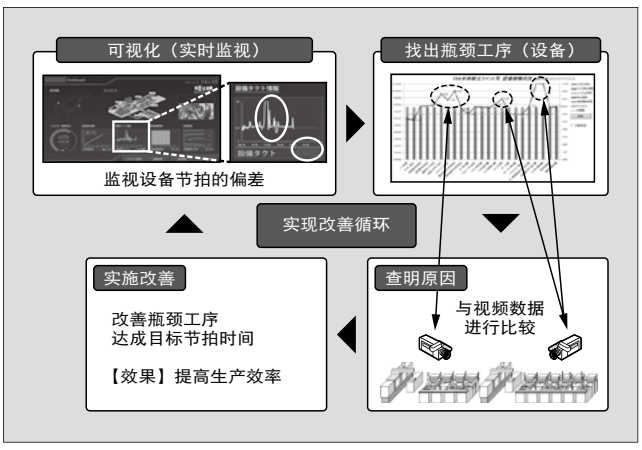

图 5 运用仪表板的改善事例

3.3　利用多变量分析改善品质并进行预防性保护

使用富士电机的多变量分析工具“MainGATE/MSPC”，可以检测到仅凭单个数据无法监视的由多个因素造成的异常，并根据品质和制造因素的关系提取最优制造条件。将该工具运用到制造现场，努力改善品质，并提高设备运行能力。[1]

⑴　半导体制造中的品质改善

富士电机的压力传感器利用等离子蚀刻对 Si 晶圆背面进行加工，可将传感器部厚度打薄到几十 μm。该厚度超出规格范围时会导致灵敏度不良，所以要求高精度加工（**图 6**）。

为了提高品质，运用针对批量处理工艺的 MSPC 对制造工艺的数据分析调查了厚度偏差的原因。

根据结果可知，几十个参数中有两个特定参数对 Q 统计量〔从诊断对象数据正常模型偏离的程度〕的影响力较高，可判定这是造成偏差的主要因素。

只要将这两个参数控制在一定范围内，便可将厚度偏差减半。

⑵　冲压加工中设备异常的预兆分析

冲压加工中冲压残渣粘在冲压锤上从模具孔中排出的“残渣浮起”现象是一大问题。引发问题的因素多种多样，包括：工具磨损、间隙量、加工油粘度、模具磁化、冲压锤与模具之间产生的吸引作用等，很难检测出预兆（**图 7**）。

因而将富士电机的“诊断传感器 HUB”安装到冲压设备上进行监控，而该“诊断传感器 HUB”拥有将温度、电流电压、三轴加速度、形变等各种传感器的取样周期统一，对测量数据进行统一管理的功能。

根据正常运行时的数据创建正常模型，然后对发生残渣浮起前后的数据进行分析。根据其结果可知发生残渣浮起前传感数据的 Q 统计量上升，从而可以检测预兆。目前，为防止残渣浮起，正在推进数据储蓄，并进行详细分析（**图 8**）。

今后将使用 MSPC 开展实时分析，发现残渣浮起征兆时停止设备运转或者发出警报，以改善品质，并实现一人控制操作多台设备。

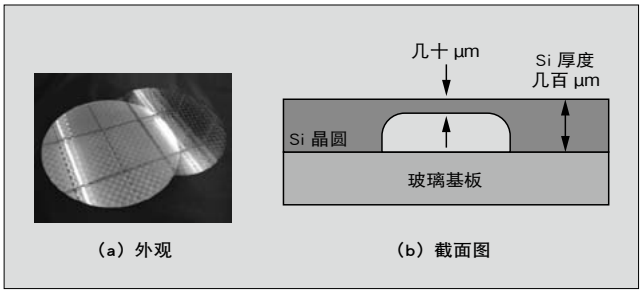

图 6　晶圆的外观与截面图

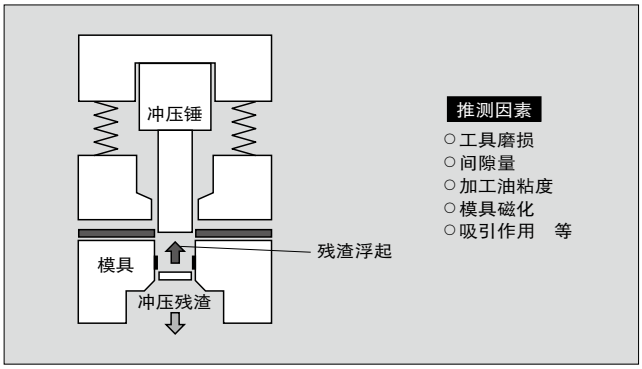

图 7　发生残渣浮起

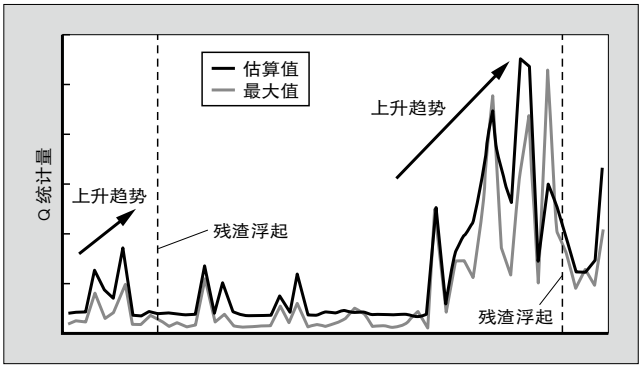

图 8　残渣浮起的征兆

3.4　通过将熟练焊接作业数字化来提高焊接品质

焊接作业需要具备以熟练技术工高水平技能为支持的感觉、技巧和诀窍，作业偏差将对生产效率和品质造成巨大影响。

近年来随着熟练技术工的老龄化，技能传承成为一大课题。而且全球网点可以进行指导的熟练技术工数量不足。在当地培养技术工比日本国内更加困难，培养技术工的工作具体应怎样进行也是一大课题。

为此，我们将焊接工艺数字化以期实现定量化，并推动在技能传承中的运用。

今后日本国内将面临劳动力不足已是不容置疑的事实，实现焊接工艺的自动化势在必行。下面针对焊接作业自动化的三个阶段和所采取措施的事例进行介绍。

⑴　焊接工艺的数字化

在焊接品质方面，焊接部分的强度非常重要。要确保焊接部的强度，就需对焊接深度、焊接状态进行管理。

将焊接工艺和焊接状态数字化来进行定量化，从而可维持并提高焊接品质。

⑵　将数字化运用到技能培训

过去培养焊接技术工主要是通过 OJT（On the Job Training）积累经验来提高节能水平。但由于是通过感觉来进行指导，并传达经验，所以提高技能需要花费很长时间。为了尽快培养出技术工，而运用传感技术开发出能够对技能水平进行定量评估的技能诊断系统，并推动该系统的运用（**图 9**）。

在焊接作业中，作业人员需要根据从视觉、听觉、触觉等五感中获得的信息对状态进行判断。其中，根据大小、形状等熔融状态的变化来对焊枪进行控制。

技能诊断系统除了在电脑画面上以列表方式显示焊接时的电流、电压、进给速度、焊枪角度的数据外，还可显示用图像传感器获取的熔融状态测量结果。焊接后，作业人员自己以定量方式对作业进行回顾，可明确技能改善的要点。

除了各工厂的焊接现场外，还在新人技能研修培训中推动技能诊断系统的运用，通过资格认定来维持并提高品质。

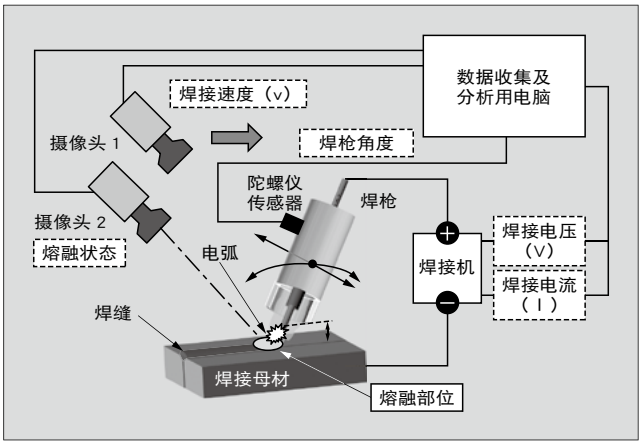

图 9　焊接作业的技能诊断系统

⑶　通过对熔融状态检测来实现难焊接作业的自动化

如果产品结构复杂，则需要根据其结构设定焊接条件。因此很难利用机器人实现自动化，需要手动焊接。特别是结构物厚度变动较大时，为了确保焊缝状态稳定，技术工需肉眼确认熔融状态，并对焊枪的进给动作进行控制。

富士电机针对这类焊接难度大的结构物，应用熔融状态传感技术，正在推动利用机器人控制的自动焊接技术的开发工作。

使用安装在机器人手部的图像传感器检测熔融状态的变动，然后将该信息反馈给机器人动作。这样便可控制焊枪的进给速度，以便始终维持稳定的熔融状态。

利用本技术熟练技术工原来以肉眼确认和判断的作业可实现自动化，对于厚度变动较大的结构物还能够确保稳定的焊缝状态。

今后我们将推动富士电机各产品在焊接工序的自动化运用，并进一步维护和提高焊接品质。

4　后记

本文对运用 IoT 的产品制造改革进行了介绍。要进一步推动该革新，就须将生产技术与 ICT 技术相互融合，培养数据科学家等 IoT 人才，然后与原始设计进行合作。今后我们将继续积极运用富士电机的 IoT 产品及系统，并与相关部门紧密合作，不断推动产品制造改革。

参考文献

⑴　松井哲郎等. 成套设备控制的数据分析技术 富士电机技报. 2014, vol.C6, no.2, p.51-55.

大野　胜史

从事设计及生产平台的建立、设计标准化活动。现为富士电机株式会社生产采购本部生产技术中心产品制造 IoT 推进部主席。

山田　隆典

从事生产技术及制造技术的开发。现就职于富士电机株式会社生产采购本部生产技术中心设备技术部。

成瀬　光洋

从事生产技术及制造技术的开发。现为富士电机株式会社生产采购本部生产技术中心设备技术部主任。精密工学会会员。

富士电机

Fuji Electric

＊本刊记载的公司名称及产品，有可能是各相关公司的商标或注册商标。