现状与展望

有助于自动化、节能的测量和控制解决方案的现状与展望

Instrumentation and Control Solutions Contributing to Automation and Energy Savings: Current Status and Future Outlook

铁谷　裕司 TETSUTANI, Hiroshi　　笹谷　俊幸 SASAYA, Toshiyuki

1　引言

如今，工业领域面临着两大环境变化。

第一是人才严重不足，很多企业都面临着难以确保人才的课题，这种情况甚至对业务方面也造成了影响。此外，通过使用机器人、IoT (Internet of Things)、AI 等先进技术，数字技术不断进展，带来了“第四次工业革命”。与此同时，制造业的要素条件也发生了巨变，效率逐年提高。

第二是近年来气候异常造成的灾害巨大，据说气候异常主要是缘于全球气候变暖。在 2018 年的联合国气候变化框架条约第 24 次缔约国会议 (COP24) 上，确立了《巴黎协定》的使用规则。日本承诺 2030 年 CO_2 等温室气体排放量比 2013 年度减少 26%，因此，在节能领域需要采取的举措已成为企业挑战的重大课题。

富士电机的目标是通过测量控制解决方案所需的测量仪器、控制器等强力组件，以及将这些组件与 IoT 技术相结合的系统化技术，为自动化和节能做出贡献，进而实现全球化。

本专辑对支持测量、控制解决方案的最新组件和最新技术以及将它们结合的解决方案例进行阐述。

2　测量、控制领域的技术动向

为满足测量控制系统的各种需求，该系统问世以来的 40 年，一直以监视和控制为主要功能，同时，致力于提高以可靠性和扩展性为首的工程功能和维护性能。而且，随着 IT 的发展，通过与制造执行系统 (MES：Manufacturing Execution System) 和产品数据管理 (PDM：Product Data Management) 等外部功能联动，整个系统的功能也得到强化。

在这一发展过程中，不仅提高了各构成设备的性能，而且极大地促进了控制技术、网络技术、数据安全健全性的发展。

为了实现“不把任何人排除在外”的具有多样性和包含性的可持续发展社会，在 2015 年 9 月举行的联合国峰会上通过了 SDGs (Sustainable Development Goals)。该 SDGs 规定了 2030 年前应在全球范围内解决的 17 个目标。为了在解决这一社会课题的同时兼顾经济发展，日本提出了实现社会 5.0 (Society 5.0)[*1] 的目标。并强调需构建 IoT、大数据分析及 AI 等基础技术。

IoT 可将所有物品连接至互联网，并利用收集到的数据产生新的价值。这样，针对质量改进、生产效率提高、工作方式改革等经营课题全面优化的举措不断扩大。测量控制系统的目的也一样。为了实现 IoT，测量控制系统是重要一环。

另一方面，构成 IoT 的物理空间以传感技术为基础，作为测量控制系统基本要素技术的“测量”成为 IoT 中的重要元素[1]。

3　富士电机的 IoT 举措[2]

富士电机将功率半导体和传感器定位为电力电子技术的关键器件，并向客户提供使用了这些器件的高性能、高功能组件。同时，利用这些组件群和工程技术、服务、先进优化控制及各种解决方案技术，通过工业领域，为实现安全、放心、可持续发展的社会做出了贡献。

富士电机为制造、流通、社会基础设施等领域提供了节能、高生产效率、高品质的监控系统。其基础技术，则是传感和控制。富士电机提供的 IoT 中，基于过去的交货经验，整合了多年来积累的现场工程、分析、AI 及网络技术。

富士电机将客户现场的所有信息进行数字化，将在网络空间创造新客户价值的 IoT 系统定位成系统解决方案的核心 (**图 1**)。其理念是“Small，Quick Start & Spiral-up”，让用户可以快速启动、取得实际效果，并持续扩充功能和性能。

4　技术基础

4.1　传感器技术

如**图 2** 所示，富士电机的传感器技术是在压力、流量、

(＊1) Society 5.0

Society 5.0 是指通过 IoT 将网络空间 (虚拟空间) 和物理空间 (现实空间) 联动，将所有的物品、信息、人联系在一起，同时使用 AI 等方式，使质和量全都达到优化状态的社会。在第五期科学技术基本计划中，首次提出了日本未来社会的应有形象。

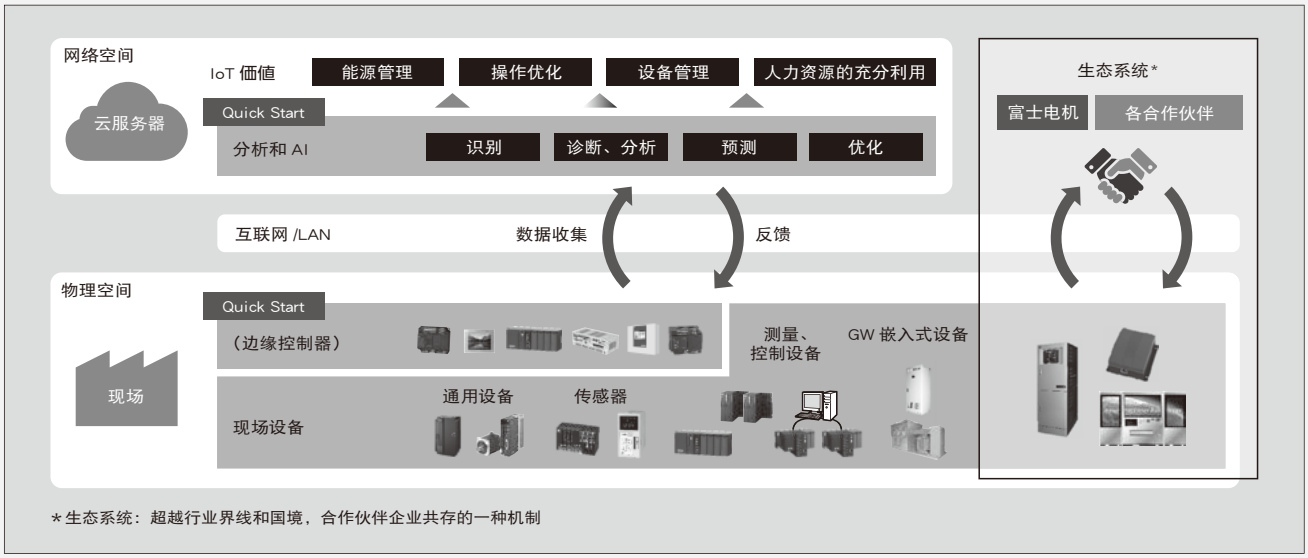


图 1　富士电机的 IoT 概念

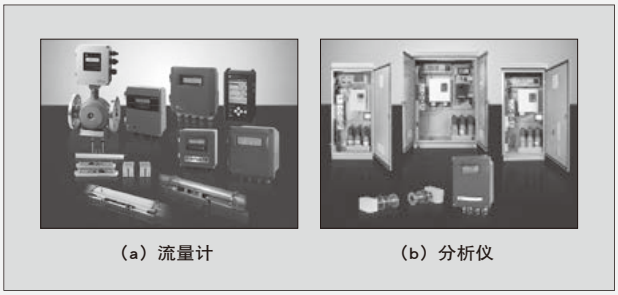


图 2　富士电机的流量计和分析仪

温度等物理量测量以及气体与水的分析仪的基础上发展起来的。

以前，需要通过昂贵的分析仪及以手动来测量浓度、水分量和质量等，测量成本高、测量频率低。近来，针对此类测量对象，可以通过对温度等的高频率、实时且低成本测量获得传感器数据，并通过使用统计、机器学习方法来推测的软传感器(*2)技术，很多传感检测均得以实现。

新传感技术的确立往往需要数年的时间。但是，富士电机应用过去积累的传感器技术，在短时间内即新开发出了可促进可视化的传感器。

⑴　蒸汽的可视化

富士电机开发了有助于减少温室气体的节能设备。近年来，通过提供能源的可视化与优化实现节能的系统——能源管理系统（EMS：Energy Management System），为电力节能做出了贡献。

不过，最终能源消耗量不仅仅是电能，“热能”占了大部分。例如，在日本的工业部门中，最终能源消耗量中约56%(3)为热利用。如果能削减热能的消耗量，则有望在温室气体削减方面取得巨大效果。

因此，富士电机开发出了世界首创可从配管外部轻松测量工厂生产线所用低压〔0.1 ～ 0.9 MPa(G)〕蒸汽的夹紧式蒸汽用超声波流量计（参照 72 页，“全球首创蒸汽浪费可视化夹紧式蒸汽用超声波流量计”）。

⑵　工业用传感器的应用领域扩大

根据《防止船舶污染国际公约》(MARPOL 公约)，国际上对船舶燃料油中的硫酸成分浓度进行了管制，从 2020 年 1 月开始，作为柴油发动机的硫氧化物的排放管制（SO_X 管制），燃料油中的硫成分限值从低于 3.5% 改为低于 0.5%（重量浓度）。富士电机开发了利用海水净化废气中 SO_X 的洗涤塔(*3)，于 2018 年 10 月开始发售。此外，还开发了船舶洗涤塔用激光式气体分析仪。该分析仪可连续监控应遵守管制的二氧化硫（SO_2）及 CO_2 气体浓度，小巧轻量易维护，于 2019 年 8 月开始发售。将取得船舶标准的认证扩大至工业用组件，提供组合了这些组件的 EGCS（Exhaust Gas Cleaning Systems）（**图 3**）（参照 76 页，“船舶洗涤塔用激光式气体分析仪”）。

4. 2　动作控制器“MICREX-SX SPH5000M”

工业用机械装置要求可应对复杂的动作和加工，缩短工序时间以及提高精度。因此，工业用机械装置中所用的动作控制器需要具备通过更多控制轴、更短控制周期进行同步控制的性能。

为满足这些要求，富士电机开发了集成控制器“MICREX-SX 系列”的新 CPU 模块“SPH5000M”（**图 4**）。该模块利用基于双核微机应用程序的并行执行性能技术和共享内存高速化技术，可以传统的“SPH3000MM”三倍速度执行动作控制程序。

通过由一个运算执行引擎执行序列控制，另一个运算

（* 2）软传感器
直接测量温度、湿度和压力的设备称为硬传感器。虽然密度和聚合度之类的参数无法直接测量，但通过反复实验获得数据，计算与硬传感器之间的关系来推估其值，实时进行推测的设备称为软传感器。

（* 3）洗涤塔
是指用于从空气、烟道气体或其他气体中除去各种污染物质和烟尘颗粒的设备。

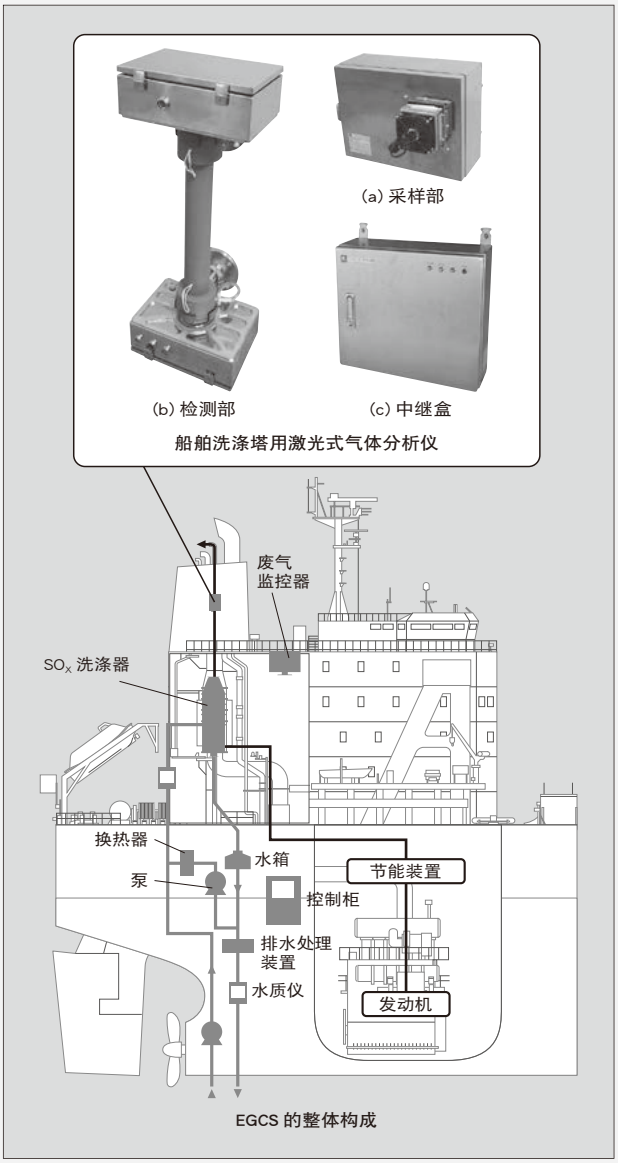


图 3　船舶的 EGCS

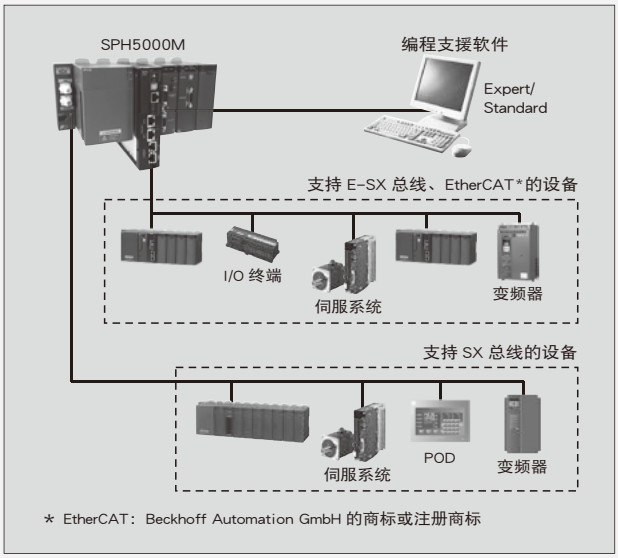


图 4　使用“SPH5000M”的动作控制系统的构成示例

执行引擎执行动作控制，在继承与传统模式相同的序列控制与动作控制一体化的同时，满足客户的进一步要求（参照 80 页，“动作控制器‘MICREX-SX SPH5000M’”）。

4. 3　监控系统[4]

富士电机提供主干监控系统“MICREX-VieW XX (Double X)”(**图 5**)。作为监控系统，该系统可靠性高，便于维护，可确保不可停机设备的连续运行。

IoT 层包括物理空间层和网络空间层。在 IoT 的物理空间中，监控系统是输入输出装置等的 I/O，在网络空间中是控制装置〔控制器或 HMI (Human Machine Interface)〕。另一方面，也可将整个监控系统视为物理空间。在此类 IoT 层中，监控系统可与很多器件和设备有机连接，需处理大量的数据，可应对规模扩大、长期数据的记录和保存、确保安全性。

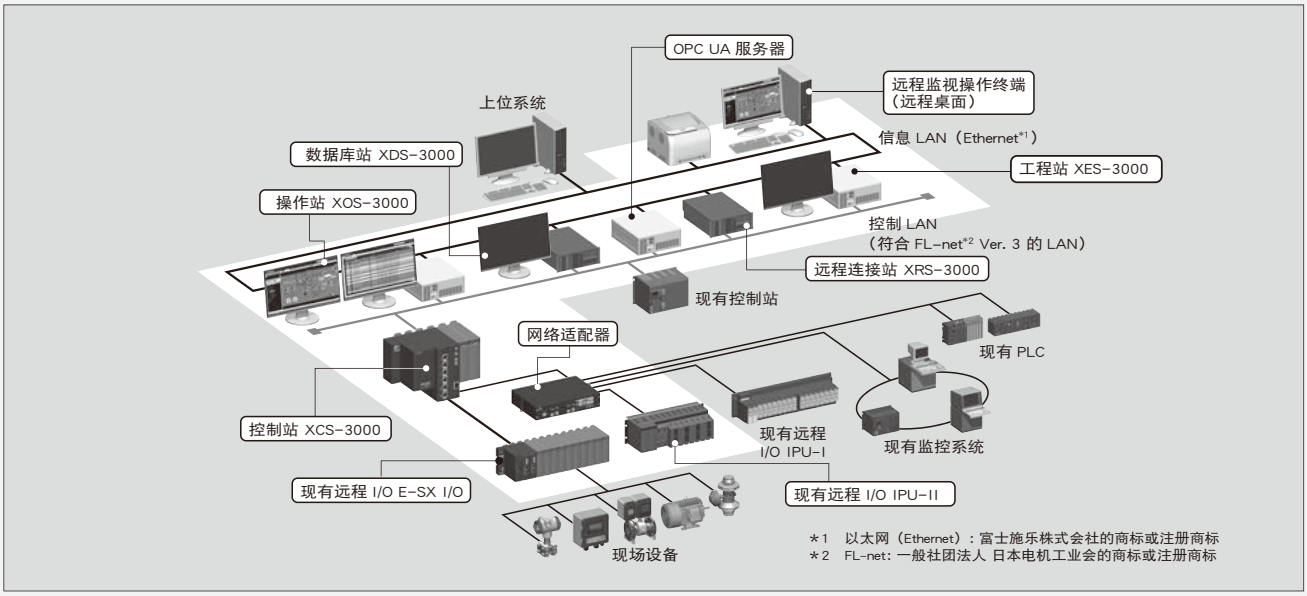


图 5　监控系统“MICREX-VieW XX”

⑴ 监控系统“MICREX-VieW XX”

随着规模的扩大，客户要求进一步提高运行效率、节省人力资源。为此，在监控系统中增加了新功能。通过在监控系统上再现成套设备的过去动作历史数据再现功能，可加快异常分析，实现成套设备的高效使用。

此外，通过开发的新双重化 I/O，确保系统更换中的连续性，从而提高维护性（参照 85 页，“提高了维护性和可靠性的监控系统‘MICREX-VieW XX (Double X)’”）。

⑵ 工程设计软件

同样面临人才不足问题的顾客和用户，对于最近的工程设计软件，强烈要求经验欠缺的工程师也能高效、快速地设计出先进而优质的控制软件。工程设计支援软件“HEART”可通过利用通用 OA 软件制作的规格书自动生成控制软件，可缩短监控系统工期，提高质量。同时，还可提供不依赖于控制对象机型，可轻松进行工程设计和维护的环境。此外，还搭载了软件自动生成传统普通运行方案的描述方式——流程的说明的新功能，实现了进一步的进化（参照 101 页，“可缩短监控系统的设计工期且提高品质的工程设计支援软件‘HEART’”）。

5 测量、控制解决方案

5.1 基于边缘控制器(*4)的优化

一直以来，为了改善生产设备的运行和使用，除了分析和优化，还需要导入高性能 ICT 设备，构建专用系统。富士电机的 IoT 解决方案的理念是“Small，Quick Start & Spiral-up”，让用户可以快速启动、取得实际效果，并持续扩充功能和性能。

⑴ 现场型诊断设备“SignAiEdge”

提供可在现场实现低成本、易于安装和诊断的显示器一体型边缘控制器“SignAiEdge”。该控制器搭载了现场信息分析功能和优化功能，可支持间歇生产或批量生产，从引进到使用均可由用户进行，因此可快速导入至现场。

⑵ 通过“MICREX-SX”动作的模型预测控制

模型预测控制是使用成套设备模型，可一边预测未来动作，一边进行高精度控制的卓越控制方式。此次，为确保低成本边缘元件也可进行模型预测控制，应用方程处理技术实现了高速化。这样，可在通用 PLC (Programmable Logic Controller)“MICREX-SX”执行操作。与传统的 PID (Proportional-Integral-Differential) 控制相比，控制性能得到提高，有望缩短间歇时间和稳定质量。此外，还可搭载于现有的监控系统或其他公司生产的 PLC（参照 89 页，“基于边缘控制器的模型预测控制）。

5.2 IoT 对成套设备运行的适应

通过操作人员的卓越运行技术，日本制造业的生产效率得以提高，在先进制造方面取得了优异的成果。但是，由于熟练操作人员高龄化，人才不足，稳定而安全的操作开始出现问题。

而且，为了适应多样化的消费者需求，应对多品种、少量生产，需要频繁对设备进行强化和改造。因此，要求在短时间内且人数少的情况下对控制系统实施改造的需求逐渐增多。

经验丰富的操作人员减少，意味着在发生异常时的应对经验不足，有时可能会导致重大事故和设备停机，因此通过活用丰富的交货实绩分析和 AI，可提供针对该课题的解决方案。

此外，还提供一种打包系统，即使工程经验不足，也可在设备的强化和改造方面支持 IoT。

⑴ 检测异常征兆并显示回避步骤的成套设备运行支援系统

监控系统通过网络连接工厂内的传感器和设备，通过数据的收集和分析来操作生产设备。为确保制造产品的品质，成套设备通常会采取对影响品质的工艺变量设定上下限值，来判断设备有无异常。但是，因多个工艺值存在相关关系，仅通过监视各个变量难以进行合理的判断，往往依赖于熟练操作人员的技术诀窍。

针对此类问题，相应功能可分析从成套设备收集的大量测量日志（趋势、警报、操作历史），使用分析与 AI，通过模型化来预测异常征兆并进行指导。

这样，有助于确保非熟练操作人员的稳定安全操作、降低操作人员的负荷（参照 94 页、“检测异常征兆并显示回避步骤的成套设备运行支援”）。

⑵ 利用 AI 技术提高预测精度的能源控制

日本钢铁厂的能源效率水平领先于世界。究其原因，影响最大的就是废热回收率和钢铁生产过程中产生的副生气体利用率。特别是对副生气体进行最佳运用时使用的能源中心，可谓功不可没。如**图 6** 所示，通过以能源可视化为中心的 PDCA 循环，能源中心实现了能源的稳定供应、节能、合理化与省力化、环境控制与防灾中心的功能。

日本的钢铁厂基本上 100% 导入了能源中心。与日本不同的是，国外没有能源中心这种理念，仅停留在单个设备的优化层面。因此，能源效率无法得到大幅改善。

最近，针对国外的钢铁厂，富士电机开发了利用 AI 技术提高预测精度的能源控制系统，可简单地进行钢铁厂的能源优化。

使用 AI 技术，根据最低限度的装置设备信息、生产计划及成套设备操作的历史数据，计算出优化且高预测精度的运行模型，为节能和降低操作人员负荷做贡献（参照 113 页，“利用 AI 技术提高预测精度的能源控制软件包‘EMS-Package’”）。

⑶ 实现平稳操作的水泥成套设备

（* 4）边缘控制器 安装于现场的各种设备数据的设备。
是在工业工艺等工业领域的 IoT 系统中，收集

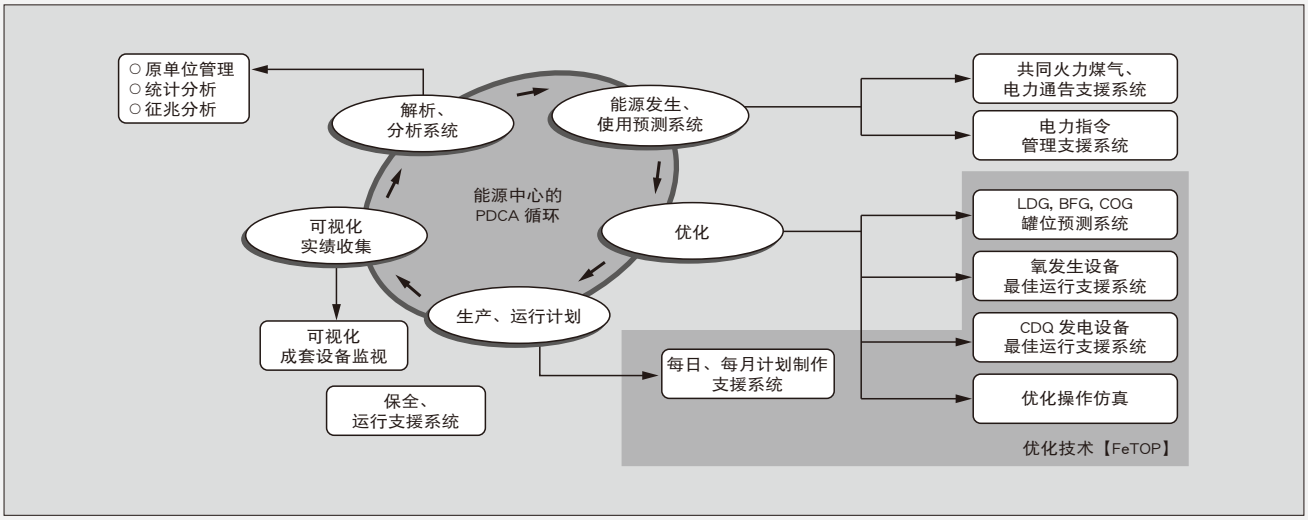
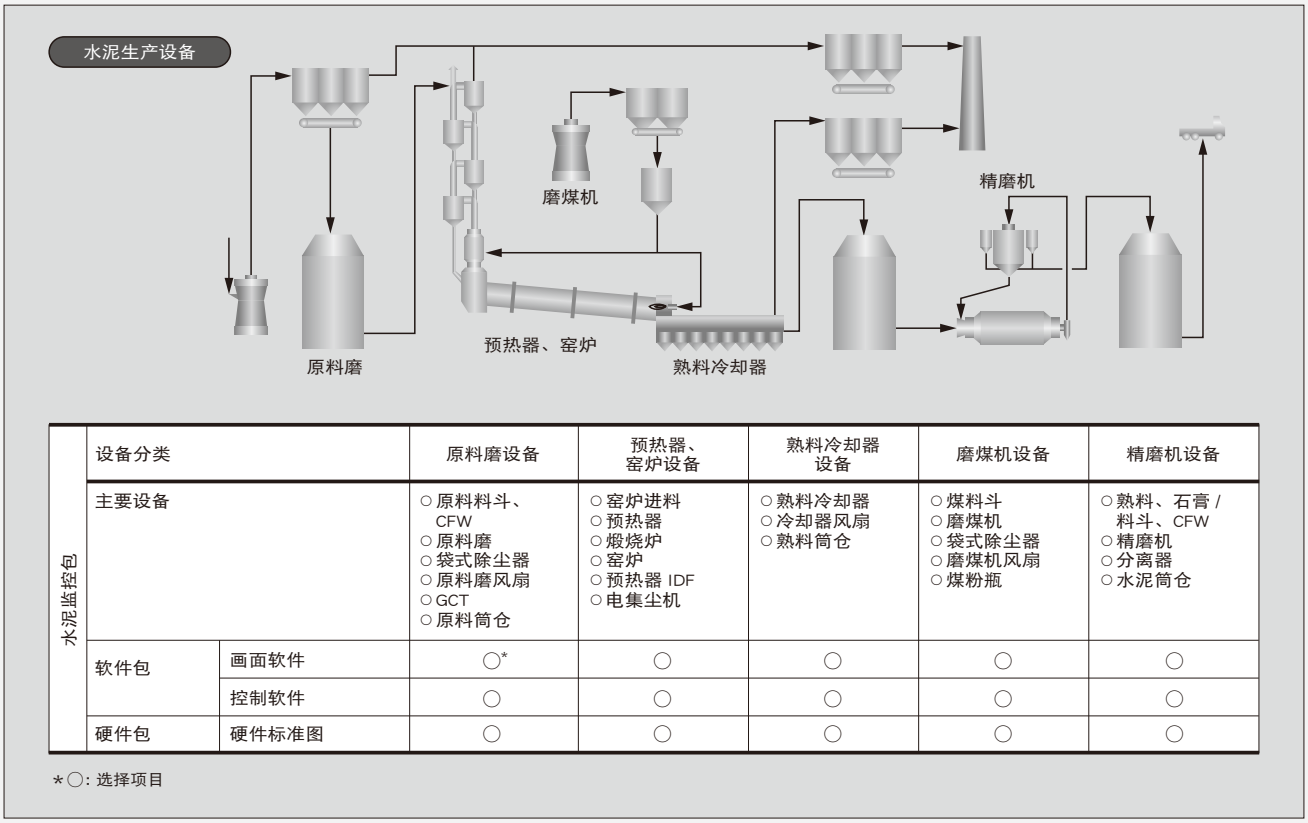


图 6　钢铁厂能源中心的概念



水泥监控包	设备分类		原料磨设备	预热器、窑炉设备	熟料冷却器设备	磨煤机设备	精磨机设备
	主要设备		○ 原料料斗、CFW ○ 原料磨 ○ 袋式除尘器 ○ 原料磨风扇 ○ GCT ○ 原料筒仓	○ 窑炉进料 ○ 预热器 ○ 煅烧炉 ○ 窑炉 ○ 预热器 IDF ○ 电集尘机	○ 熟料冷却器 ○ 冷却器风扇 ○ 熟料筒仓	○ 煤料斗 ○ 磨煤机 ○ 袋式除尘器 ○ 磨煤机风扇 ○ 煤粉瓶	○ 熟料、石膏 / 料斗、CFW ○ 精磨机 ○ 分离器 ○ 水泥筒仓
	软件包	画面软件	○*	○	○	○	○
		控制软件	○	○	○	○	○
	硬件包	硬件标准图	○	○	○	○	○

*○: 选择项目

图 7　水泥监控包功能一览

东日本大地震灾后重建告一段落后，日本的水泥需求呈现出减缓趋势。而在东南亚，为扩充社会基础设施，水泥需求呈现扩大的趋势，水泥厂的建设方兴未艾。

基于向日本国内外大量交付的水泥成套设备监控系统的实绩，通过从设备分类的菜单中选择所需的设备，如**图 7** 所示，富士电机开发出可自动生成与画面图像对应的控制逻辑模板的水泥成套设备监控包，提高了工程效率。同时，通过与 IoT 技术相结合，实现了稳定的质量。

今后，将向国外工程制造商推广本监控包的应用（参照 105 页，“实现平稳操作的水泥成套设备监控包”）。

⑷　垃圾焚烧设施

富士电机向日本国内的垃圾焚烧设施交付了众多监控系统。**图 8** 所示为交付例。

近年来，虽然垃圾焚烧设施的使用年限出现了延长趋势，但通常使用 30 年后，设备需要进行报废与重建（S&B）。另一方面，使用年限为 10 ～ 15 年的监控系统，在垃圾焚烧设施报废与重建前需要进行中间更新。

中间更新为监控系统的单纯更新，可进行软件的自动转换，因此可在短时间内进行整个系统的切换与启动。但是，如果进行报废与重建，则成为一家新工厂，各公司会

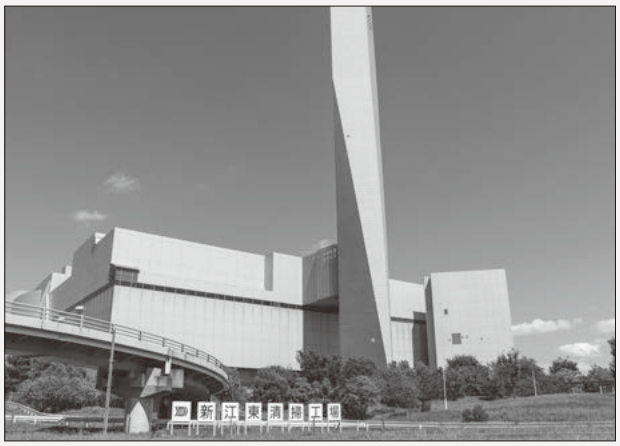


图 8　日本最大的清扫工厂（新江东清扫工厂）
（东京二十三区清扫一部事务组合提供、合作）

进行竞争。最近，自治体的报废与重建订单多为自治体筹措资金，将该设施的设计、建设与运营委托给民间的 DBO（Design Build Operate）方式，有必要构建新的应对方案。

垃圾焚烧设施由受变电设备、焚烧设备、发电设备等组成，富士电机在这些领域的产品齐全。将监控系统进行打包，推进工厂整体打包订单（参照 109 页，“实现高效维护管理的垃圾焚烧设施套件”）。

5. 3　安全可靠的辐射管理服务解决方案

辐射管理系统是测量核能设施、相关设施及其周围地区环境中辐射量的系统。以前，该系统规模较大，安装成本和运行等负担大，导入门槛较高。

富士电机开发了接合 IoT 技术的新型辐射测量装置。辐射的检测采用了在福岛县灾后重建中表现突出的半导体检测器，确保了高可靠性。此外，通过使用移动电话网和云服务器，大幅削减了安装费用和安装空间。

另外，还通过将这些数据提供给附近居民的服务，提高了透明度。

而且，还新开发了具备借助互联网的远程运行监测功能的系统，由此应对系统平稳运行的课题（参 117 页，“安全可靠的辐射管理服务解决方案”）。

6　后记

本文对富士电机正在展开的测量控制解决方案例的现状和展望进行了论述。

富士电机希望通过应对 SDGs，以能源和环境为重点，为实现具有多样性和包容性的可持续发展社会做出贡献。

参考文献

⑴　本多敏．超スマート社会をささえる「はかる」技術．計量計測，はかる．平成 28 年第 34 巻第 4 号，p.2-3.
⑵　保川幸雄等. 从 IoT 开始创造价值的全新解决方案的现状与展望. 富士电机技术期刊. 2018, vol.C10, no.4, p.152-156.
⑶　“熱の有効利用について”. 資源エネルギー庁. 平成 27 年. https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/shoene_shinene/sho_energy/pdf/012_03_00.pdf,（参照 2019-12-08）.
⑷　吉川让等. 实现成套设备最佳运用的测量和控制系统解决方案. 富士电机技术期刊. 2016, vol.C8, no.4, p.195-198.

铁谷　裕司
现为富士电机株式会社执行役员、电力电子系统工业事业本部长。

笹谷　俊幸
从事自动化系统的工程设计业务。现为富士电机株式会社电力电子系统产业事业本部技师长。一般社团法人 日本电热中心理事。测量自动控制学会会员。

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。