# 实现高效维护管理的垃圾焚烧设施套件

## Garbage Incineration Facility Package for Efficient Maintenance

古川　浩司　FURUKAWA, Koji

PFI（Private Finance Initiative：私人融资计划）活动有多种方式，垃圾焚烧领域采用的几乎都是 DBO（Design Build Operate）方式。DBO 方式的目的之一，是削减在项目实施期间所产生的生命周期成本。通过可传承技术诀窍的运行支援系统、检测异常征兆并提醒最佳检查和维护时间的异常征兆早期检测套件，以及能够毫无遗漏，对设备管理等日常性工作和突发故障应对等非日常性工作提供优化支持的设备保全管理系统，富士电机为成套设备的高效维护管理做出了贡献。

There are several business models of private finance initiative (PFI) projects, but the garbage incineration sector almost always uses the design, build and operate (DBO) model. One of the aims of the DBO model is to reduce the life cycle costs incurred during the project period. Fuji Electric is contributing to efficient plant maintenance by providing various kinds of systems for plant operation: operation support systems that allows inheritance of our cultivated technical expertise; early-stage abnormality sign detection package that detects abnormalities and inform operators of optimal inspection and maintenance schedules; and equipment maintenance management systems that optimally and reliably support regular tasks, such as equipment management, and irregular tasks, such as providing guidance on sudden failures.



## 1　引言

根据 1997 年 7 月制定的法律，公共设施等的建设、维护管理与运营等开始使用运用民间资金、经营能力和技术能力的 PFI（Private Finance Initiative）方式，2000 年起将其用于垃圾焚烧的自治体在逐年增加。

该 PFI 项目有几种方式。垃圾焚烧领域大都使用 DBO（Design Build Operate）方式。该方式是由自治体先对垃圾焚烧设施建设进行规划。然后，由自治体或多区域组合等筹措建设费用，由经投标确定的设备制造商设计（Design）、建设（Build）和运营（Operate），运营期限通常为 15 ～ 20 年。

DBO 方式的目的之一，是削减在项目实施期间所产生的生命周期成本。

富士电机可为垃圾焚烧设施提供特高受变电设备、高压配电盘、不间断电源装置、分散控制系统（DCS：Distributed Control System）、可编程控制器、电动机、通用变频器、分析仪、测量仪器等各种产品。将这些产品用于**第 2 章**所述的套件中，可高效地维持管理成套设备，为降低生命周期成本做出贡献。

另一方面，用户希望得到使用了 AI 技术和带 IoT（Internet of Things）技术的产品。

本文将对使用了这些技术，可实现高效维持管理的富士电机垃圾焚烧套件进行说明。

## 2　垃圾焚烧设施套件概要

垃圾焚烧设施需具备以下四种主要功能。最近，其中的余热利用很受欢迎。

(a)　在将燃烧残渣中的未燃烧物维持在一定限值以下的同时，焚烧规划垃圾量

(b)　不超过公害限值的稳定燃烧

(c)　使用余热利用设备，在设施内外使用余热和蒸汽

(d)　在设施内外的使用通过发电设备产生的电力

为确保设施的平稳运行，焚烧设备、防公害设备、发电设备等持续稳定地正常工作不可或缺，基于年度计划的焚烧运行及停机检查也非常重要。

在通过 DBO 方式进行高效运行和维护管理的基础上[1]，对于传统操作中存在的一些问题可通过利用维持管理套件来解决。

### 2.1　运行支援系统

垃圾焚烧设施由多种设备相互关联而组成。为确保设备能安全放心的运行，需进行复杂的控制。此外，还存在为应对少子化、操作人员老龄化、全球化而接受外国工人等课题。除了少子化导致的操作人员数量不足，还有因设备投资预算缩小造成的成本降低，导致操作人员工作量增加，运行质量令人担忧。

另外，精通设备操作的熟练操作人员因届龄退休而逐年减少，结果，现场应对能力降低，操作遗忘和操作错误等风险变高，对安全、放心且稳定的设备运行造成影响[2]。

另一方面，每个操作人员掌握的技术都有所侧重，操作的顺序和时机各不相同。如果不能共享和继承熟练人员所掌握的个人技术，则可能会因技术诀窍的个人化阻碍设备的平稳运行[3]。

因此，为了传承技术诀窍，如**图 1** 所示，富士电机在进行 PDCA 管理循环的同时，还构建了主要由运行支援 PC 和运行支援平板组成的运行支援系统（**图 2**）。

(1)　Plan

管理人员整理从操作人员那里获取的故障发生时的应对步骤，并从中选取最佳的。

(2)　Do

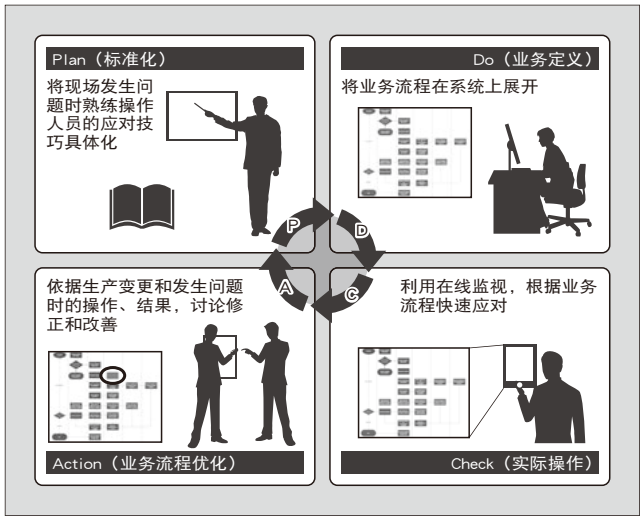


图 1　现场技术传承的 PDCA 管理循环

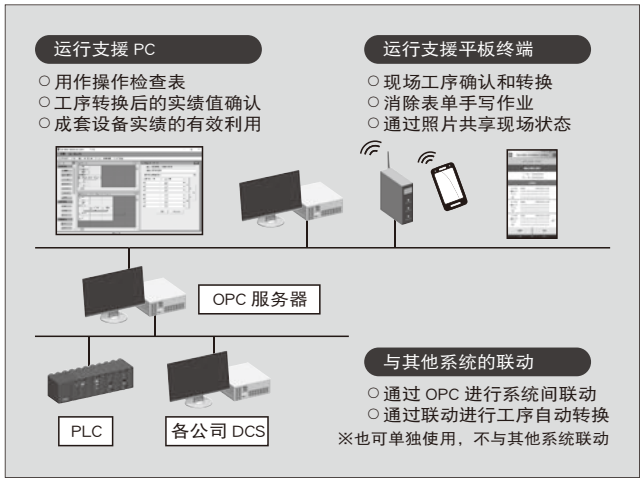


图 2　运行支援系统构成

以管理人员选中的应对步骤为基础，将作业流程输入到运行支援 PC 中并执行。

⑶　Check

实际发生故障时，操作人员按照运行支援平板中显示的作业流程进行操作。

完成的操作结果可事后确认，因此可在改善作业流程时发挥作用。

⑷　Action

根据第⑶步的作业结果，再次与操作人员探讨作业流程中存在的问题和需改善之处，管理人员对第⑵步中创建的作业流程进行优化。

此外，还可通过与其他公司的 DCS 和 OPC（OLE for Process Control）通信进行系统联动，也可将制作的作业诀窍应用到其他事业所等。

导入本运行支援系统，个人化的技术诀窍可高水平推广给经验值不同的操作人员。这样，可通过优化运行创造利益，实现安全放心的成套设备运行。此外，如**图 3** 所示，可根据成套设备的实绩数据重新调整运行计划等，推动向数据驱动型工厂的变革。

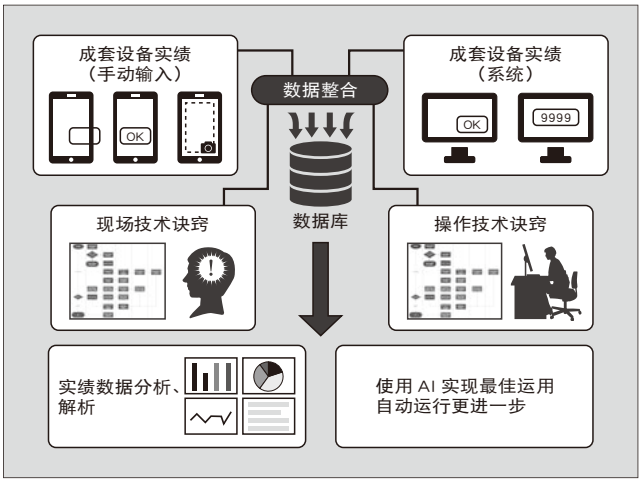


图 3　成套设备实绩数据的整合与利用

## 2. 2　异常征兆早期检测套件

在垃圾焚烧设施的 DCS 中，为优化控制各种控制对象，可进行相应调整。另一方面，在应对因设备老化而变化的控制范围的同时，掌握成套设备侧（设备）的异常征兆非常重要。

异常征兆早期检测套件是基于控制范围的变化来检测异常征兆，并提醒最佳检查和维护时间的系统。

以前，在成套设备运行时，因故障发生的预测具有统一性和局限性，而大部分故障都会在意想不到的情况下突然发生，因此其预测并不可靠。而且，判定发生故障的主要原因以及确定针对发生频率低的异常处理措施有时也需要时间。造成这些问题的原因之一，是随着熟练操作人员的减少，异常应对技巧未能得到传承，出现了缺失。

因此，异常征兆早期检测套件利用大数据，通过以下功能实现了高可靠性地检测异常征兆的系统（**图 4**）。

⑴　成套设备数据收集

将趋势、警报历史数据和操作历史数据收集到实绩数据库中。

⑵　模型自动生成

通过成套设备的历史数据，自动生成预测监视对象的模型。

⑶　模式自动提取

从成套设备历史数据中，自动提取监视对象发生异常前在日志中频繁出现的模式。

⑷　模型自动更新

通过随时自动更新模型生成及模式提取，提高预测模型精度。

这样，当在上述预测模型中输入当前数据进行预测时，可以通过与异常模式依次比较来检测异常征兆。如**图 5** 所示，以前，发出预备警报至发出正式警报之间的余量时间改善后，于出现异常征兆的时间点 A（当前时间点）即可预测正式警报的发出时刻，并提醒。因此，操作人员可以有更多的空余时间进行校正操作，从而将成套设备的异常控制在最小限度。

而且，对根据警报历史数据制作的异常发生时的警报模式和最近的数据进行比较，使用与导致异常的模式相似度作

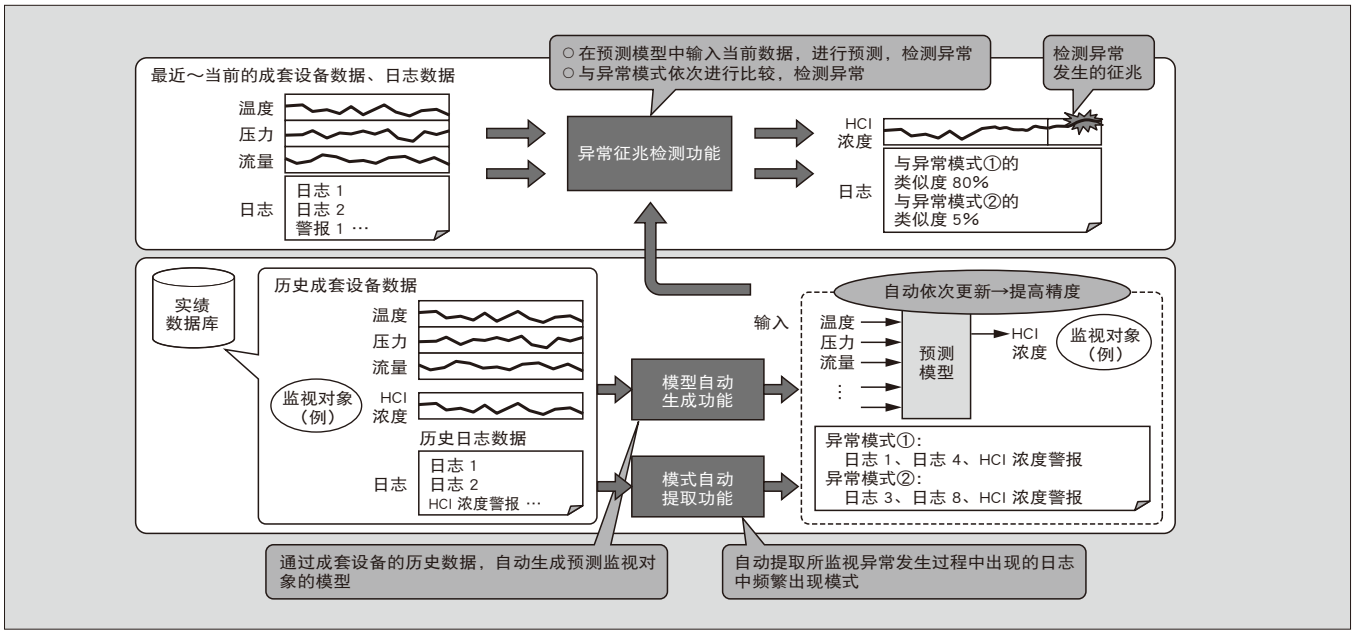


图 4　使用大数据的异常征兆检测系统

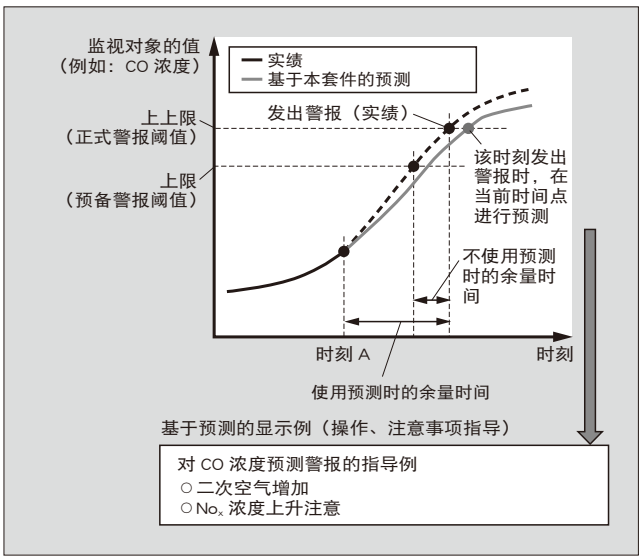


图 5　基于模型生成预测的异常征兆检测

为指标来检测异常征兆。

这样，在发生模型无法预测的意想不到的动作时，可补充异常征兆模式，提高异常征兆检测功能的精度。

### 2.3　设备维修管理系统（维护站）

维护站是通过以下功能掌握机械设备状况，并支持最佳和全面的维修业务系统。

(a)　设备信息的管理
(b)　部件信息及仓库出入库管理
(c)　检查作业的计划与记录
(d)　故障信息的制作与记录
(e)　设备维修相关成本的输出
(f)　数据输出至用户固有的表单

对成套设备管理所需的日常性工作进行系统化，并专注于突发故障应对业务。

日常性工作是按照手册规定的步骤进行的业务，其中包括信息收集作业、日常表单制作、日常故障与恢复应对、检查结果登记等。这些日常性工作属于手动作业和重复性工作，大多简单但很费时间。

另一方面，非日常性工作需要丰富的经验，像应对突发性故障之类，需要基于在操作手册中并未出现的内容（隐性知识）判断情况并采取随机应变的应对措施。具体而言，还包括故障原因分析、能源与环境评估、安全与可靠性评估、检查结果评估、维修计划和成本评估等工作。

维修业务管理所需的最简洁功能构成如**图 6** 所示。

各功能如下所示：

(1)　设备管理

管理设备的层次构成（位置和工序等）和属性数据，管理基于设备的部件信息。

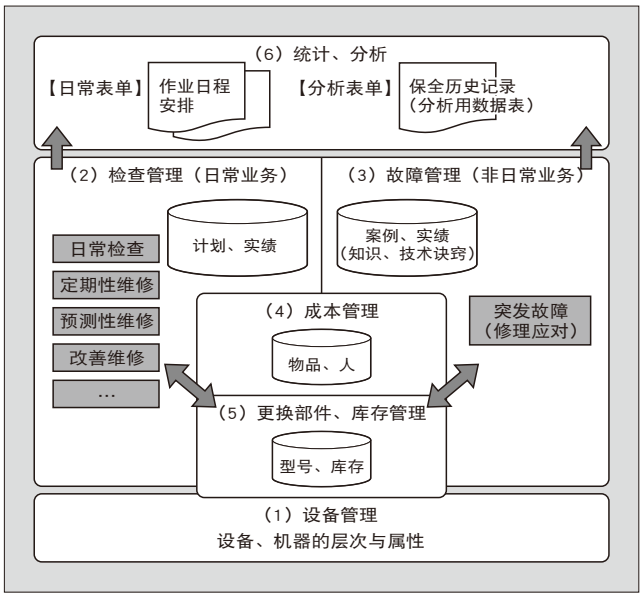


图 6　保全业务管理所需的功能构成

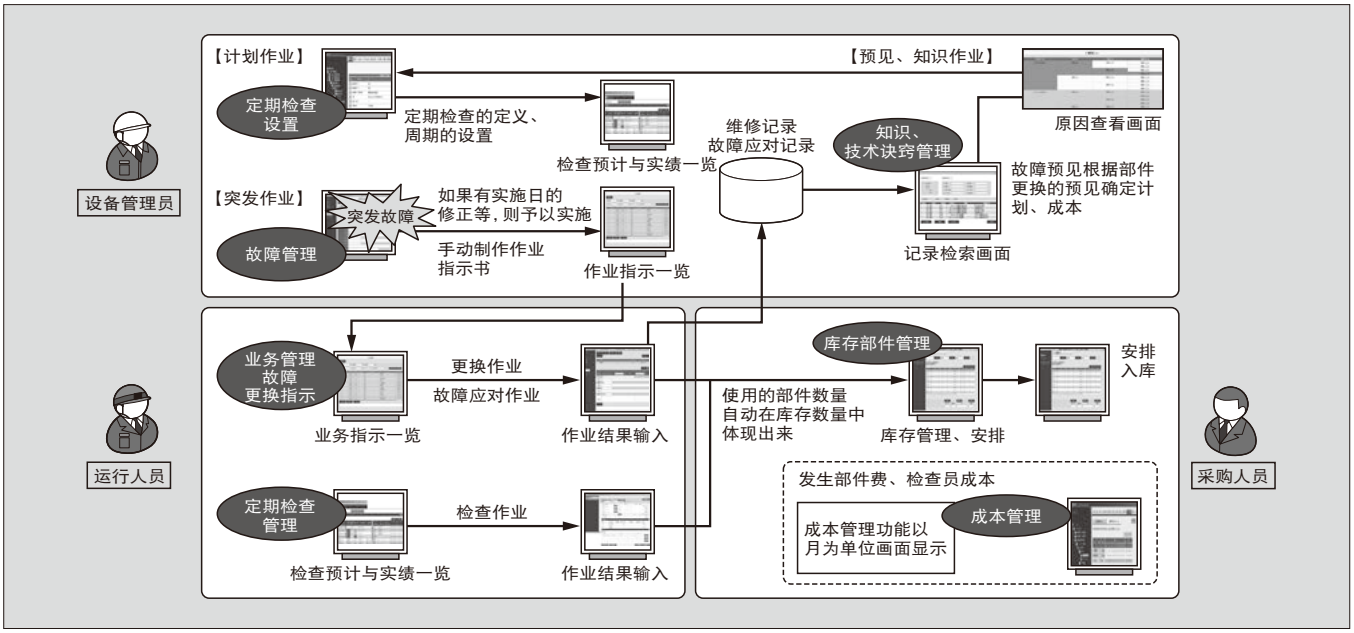


图 7　维护站的使用模型

⑵　检查管理

对设备维修作业（定期检查、预防作业等）的输入项目进行登记、管理。

可管理设备的作业计划和作业实际情况，还可使用平板终端在现场进行在线输入等远程作业。

作为可选项，还具有位置管理功能，可将维修作业的进展状况按每个位置在建筑物和工序的图纸上进行图形表示。

⑶　故障管理

故障发生后，设备管理人应制作应对故障的作业指示书。操作人员应确认该作业指示书，进行应对故障作业，并输入作业结果。

这些信息作为故障应对记录登记在数据库中，作为知识和技术诀窍，在需要参照历史故障数据时使用。

另外，可将故障应对整理为现象、几个因素、真正的原因、处理措施，支持历史故障调查。

⑷　成本管理

统计各设备的保全作业成本（时间、金额）。

⑸　更换部件、库存管理

登记、编辑各设备的更换部件（更换周期、最终交货期确认日等），以仓库的货架为单位管理部件，也管理更换部件的库存信息。

管理更换部件的库存数和安全库存数，日常检查时将部件更换数等实际数据反映在库存数上。

⑹　统计、分析管理

将在维修作业中进行的检查和故障应对等内容作为历史数据表输出，在数据表中自由组合透视表和宏等，可进行再利用。

通过这些功能，可以按照维修管理业务流程进行信息管理和使用，因此可轻松地提高作业效率，对技术诀窍进行综合管理与共享等。

如**图 7** 所示，该维护站首先与用户一起制作业务流程。随后，共享业务流程的目标，进行现状分析。按照重建的业务流程，反映到数据库中，成为可灵活使用的维护站。

## 3　后记

本文对可高效进行维护管理的垃圾焚烧设施套件进行了论述。

今后，计划导入更先进的 AI 技术，为减轻操作人员的负荷做贡献。

例如，如果能进行成套设备运行支援系统和异常征兆早期检测套件的联动，削减操作人员的手动介入次数，即可实现全自动运行，有望通过最佳运行创造更多的利益。

另一方面，通过强化使用了 IoT 的物品与人的联系，可更加安全、放心地使用设备。

**参考文献**

⑴　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.

⑵　北谷保治等. 支援设备稳定运行的服务解决方案. 富士电机技术期刊. 2016, vol.C8, no.4, p.207-210.

⑶　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.

**古川　浩司**

从事测量控制系统的工程设计业务。现就职于富士电机株式会社电力电子系统产业事业本部自动化事业部技术第二部。

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。