

白皮书：数字化带来的简单。 通过“智慧”系统提高生产率的新途径

FESTO



本白皮书中信息涵盖：

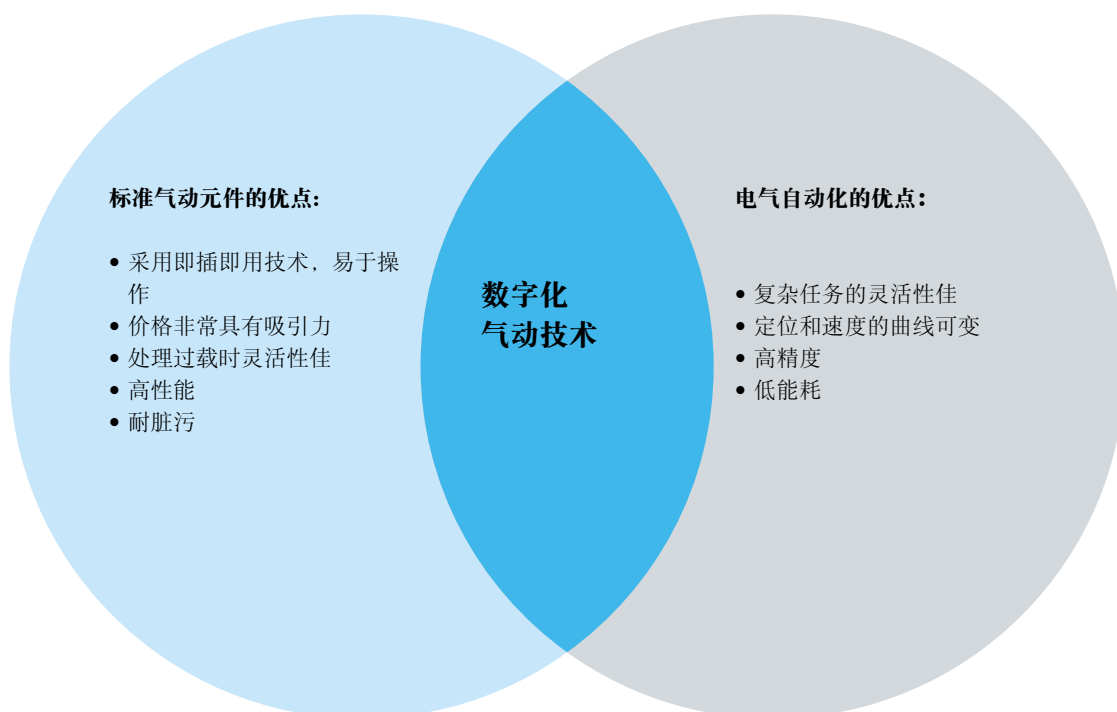
- 传统机电系统和物理信息系统各自的特性以及在自动化中所扮演的角色。
- 覆盖整个价值链的物理信息系统提供的各项优势，以及凭借数字化带来的简约性，如何确保投资快速收到回报。

概述

所谓的“智慧”物理信息系统 (CPS) 是全新的。就是为了提高生产，赋予生产更好的灵活性。通过简化传统的过程，注定对价值链的传统过程进行变革 – 这就被称之为数字化带来的简约性。通过自调节系统最终成就自主控制生产。

诸如Festo Motion Terminal（数字控制终端）这样的物理信息系统让机器和系统制造商及运营商的新工厂未来也不会过时。凭借数字化气动技术，Festo Motion Terminal（数字控制终端）不仅有着极高的标准化程度，同时又兼具极高的灵活性。也让 Festo 推动气动技术进入工业 4.0 时代。

Festo Motion Terminal（数字控制终端）背后的技术将传统气动技术与受控、复杂的电驱动的种种优点集于一身。尽管简单，但其所集成的功能却超越了传统技术。



工业 4.0 时代的智能自动化

自动化领域中具备最优功能集成的网络化、分散式、智能系统已是大势所趋，因为技术和经济要求一直在提高。在工业 4.0 时代，对于诸如对环境信息解析的附加特性的需求亦在提高。新的通信机遇，包括元件相互之间通信的能力，正在开创出全新的工作领域。这不仅可实现更为有针对性的预防维护，而且为采用自调节系统的自主控制生产扫清了道路。

现状：机电系统作为基础

传统的机电系统组合了机械系统、电子元件、控制技术和信息技术，让这些技术能在实际的自动化应用中进行交互。他们也是确保能将气动元件集成到机电应用场合中的唯一途径，是气缸实现精确定位必不可少的。

模块化机电系统为更高程度的功能集成提供了便利，如更高的系统适应能力和标准化。这不仅改进了系统，而且对价值链有了巨大的优化，减少了必须选择、采购、装配和接线的元件。数字化通信又带来了更多优势，因为不存在模拟量值电磁兼容性影响的困扰，所以系统不再为故障而烦恼。

➤ 自动化需要更快、更多能、更灵活、更智能。这不仅要求有更高的可用性和灵活性，而且也要求有更高的生产率、能效以及及时经济地生产批量 1 的能力。这是传统机电系统的极限。

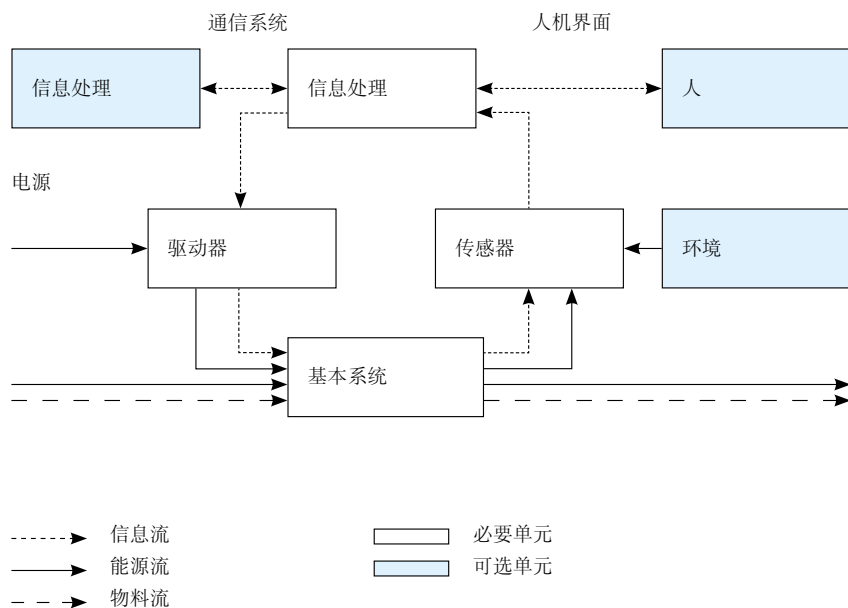


图 1: 机电系统的基本构架¹

¹ VDI 2206, 2004-06: Entwicklungsmethodik für mechatronische Systeme (机电系统设计方法)

机电系统：缺乏灵活性，推高系统调整适应成本

尽管模块化机电系统种种的优点，但是在灵活性方面还有改善空间。在设计和工程过程中对系统进行改造或在工作中需要根据规格变更而修改参数只有通过费时费钱的改动才能实现。

模块化的结构特点提供了一定程度的灵活性，但是仅限于特定的模块。因此，常规上任何可能会变化的参数必须在设计阶段就考虑进去。毕竟，根据 10 倍法则，后续改动成本会乘以 10^2 的系数增加。

至于这种改动是要调整选型来适应负载变化还是终端用户后期要求增加新功能，都没有区别。

全新突破有很多方面值得道来：物理信息系统提高灵活性，优化联网

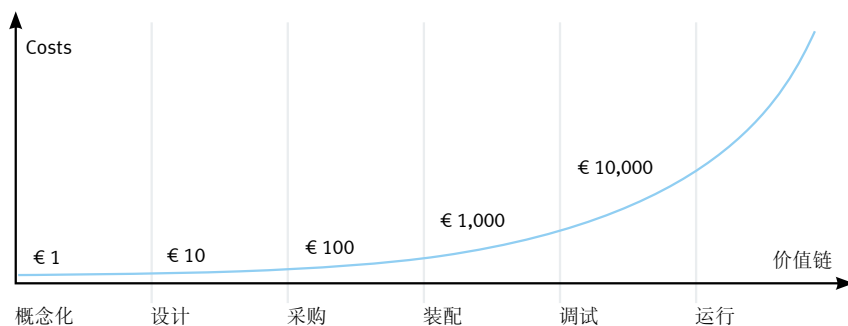


图 2: 后期系统改动 10 倍法则

尽管文字上对物理信息系统有多种定义，但是没有一个被广泛认可，定义也不精确。³ 不过，确定的是物理信息系统将在工业 4.0 应用中起到关键作用。⁴

就基础结构而言，物理信息系统也是机电系统。此外，也集成了智能传感器和更高的软件智能。一个可能的应用就是用内部记录的数据预确定影响，而无需额外传感器，通过相匹配的通信接口可与其它系统进行内外部分享信息。这样做的好处在于，因为功能调整是通过软件 and 应用程序来执行或系统自行进行调整或通过控制系统指令来调整，所以就不需要新硬件或添加硬件。

传统的机电系统通过功能集成在整条价值链上提供各种优点。不过，后期设计或工作中所需的任何改动都费时费钱。在这方面，物理信息系统在工程设计阶段就灵活得多。

² Robert Schmitt, Tilo Pfeifer, Masing Handbuch Qualitätsmanagement (马辛质量管理手册), 2007 年第五版。

³ VDI/VDE 测量与自动化工程协会，物理信息系统：Chancen und Nutzen aus Sicht der Automation (物理信息系统：从自动化的角度看机遇和优势), 2013 年 4 月

⁴ 弗劳恩霍夫生产技术和自动化 IPA 学院，学术研究“INDUSTRIE 4.0 FÜR BADEN-WÜRTTEMBERG” (巴登符腾堡州工业 4.0), 2014

工业 4.0 各项要求的实施，如整个系统的数据使用，取决于系统和产品，会有限制。理由很简单：传感器记录在设备内的数据因为没有数据接口就无法与其它站点分享。例如，比例阀中测得的温度数据只在阀本身内进行处理。例如，尽管这为确定控制柜内的风扇是否出现故障提供了途径，但是没有执行其它诊断功能。

总之，可以说，对于未来工厂，需要集成的传感器和工业 4.0 接口。接口必须满足数据管理和通信的国际标准。软件接口标准 OPC UA 作为 IEC 62541 系列标准的组成部分已出版，这是这类标准的一个好例子。

Festo Motion Terminal（数字控制终端）VTEM：灵活的新技术让工业 4.0 成为可能

Festo Motion Terminal（数字控制终端）气动部分采用的驱动器为桥形回路形式，是驱动工业 4.0 向前发展的新技术之一。四个两位两通压电式先导膜片提动阀集成了智能传感器，提供了高度的灵活性。与传统的机电系统不同，这些智能传感器直接内嵌在 Festo Motion Terminal（数字控制终端）VTEM 中。这意味着，压力测量传感器不再是单独的模块，需要在配置器来选择。因为压力测量传感器可用于各种任务，如诊断功能，所以工作范围也得到了扩展。

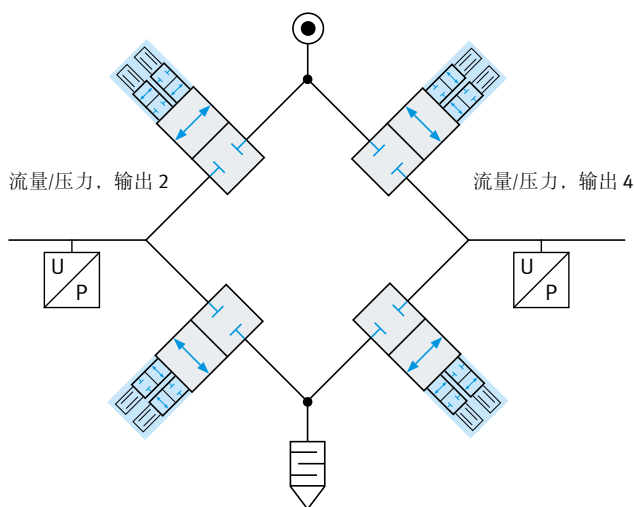


图 3：Festo Motion Terminal（数字控制终端）VTEM 内的驱动器为数字量控制活塞。可以完成常见方向控制法中机械控制活塞的多种功能。控制活塞由带压电式先导膜片提动阀的桥形回路组成。

➤ Festo Motion Terminal（数字控制终端）可用于数字化定义和查询大量的过程参数。为控制和分析相关的过程提供了多种选项。因为“智能”传感器可自主工作，过程的可复制性也得到了改进。促进了质量的提高和一致性。

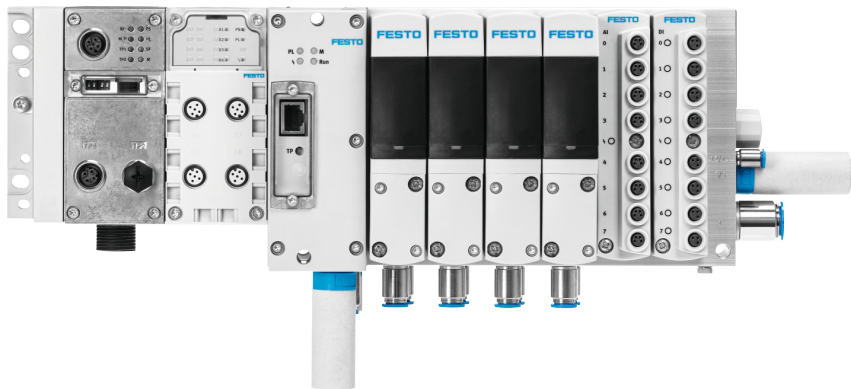
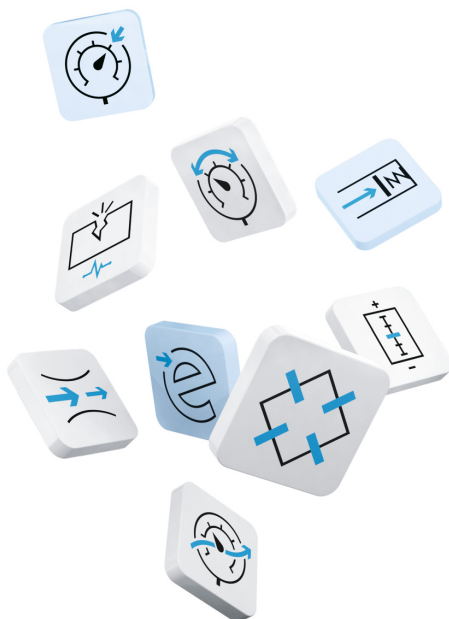
Motion App 代替硬件

得益于 Motion App, Festo Motion Terminal (数字控制终端) 一种设备就可提供两位两通、两位三通、两位四通或三位四通的传统阀功能以及比例阀和气伺服功能。其它功能包括行程时间预设、ECO 节能运行和泄漏诊断。所有这些功能用 Motion App 在诸如 Festo Motion Terminal (数字控制终端) 这样的物理信息系统中执行。最为特殊的一点就是, 这些功能只需要单个阀就可执行, 阀的结构自始至终保持一致。

这种阀兼具气动和电驱动自动化技术的优点。Festo Motion Terminal (数字控制终端) 在一个元件上集成了复杂的运动、可变定位、状态监控和许多其它功能 – 消耗更少的能源。

相比“硬接线”的传统系统, 灵活性、执行速度和整体经济性优点要高出许多倍。因为在诸如 Festo Motion terminal (数字控制终端) 这样的系统中变更参数不要更换硬件, 10 倍法则就不在有用。调整成本被保持在很低水平, 即使是在设计阶段后的几个阶段进行改动。

➤ Motion App 只需配合一种硬件设备就可实现多种功能。用这些应用程序, 通过控制器后期可实现功能变更, 不会产生问题, 成本微乎其微。



以 Festo Motion Terminal（数字控制终端）为例的物理信息系统：在整个价值链中提高速度和灵活性

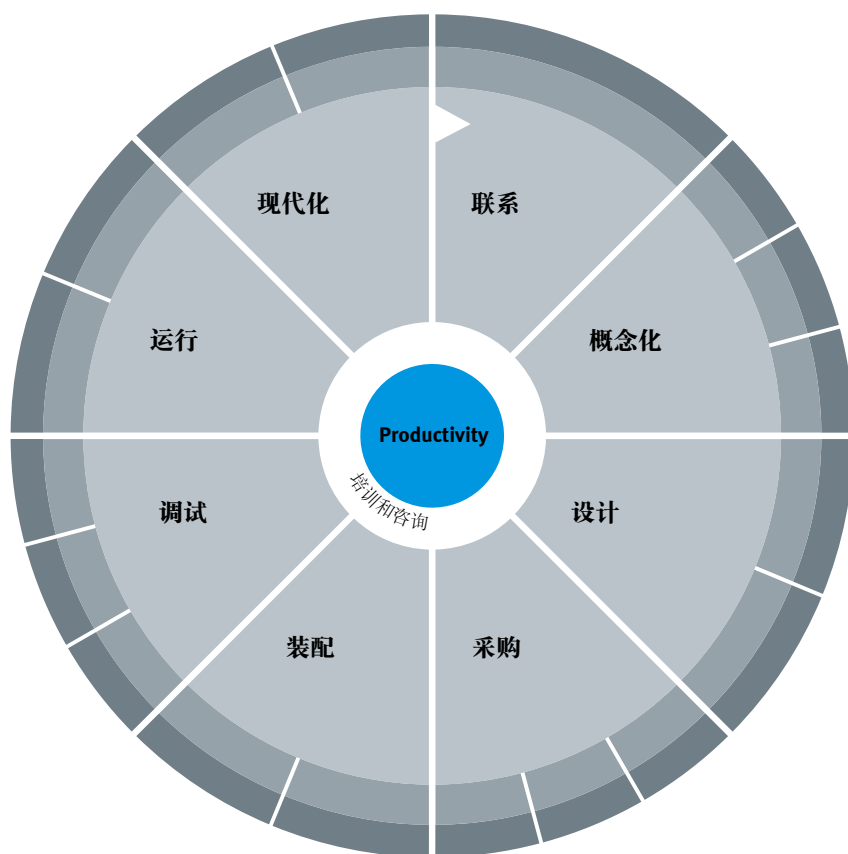


图 3: 基于 Festo 生产率循环的完整价值链模型

加快推向市场的速度，投资回报更快，提高生产率

物理信息系统 (CPS) 的特点就是灵活性最大化。通过软件可调整系统内的功能和运动，甚至在工作时也可实现，无需更改硬件。通过软件更新可快捷地实现改进或新功能。所以，系统始终能用最新更新。

因此，一个标准化的平台可用于多种应用场合 – 也无需更换任何硬件。从下文可看出，这精简、简化了一个系统生命周期内的所有阶段。

阶段：联系 与正确的伙伴实现创新

在许多公司，支持“智慧”解决方案的决策很大程度上取决于一个公司的业务模型和创新能力。这也会对供应商的要求产生影响，因为供应商也需要有决心和能力。如果供应商达到这些要求，还需要解决的问题就是：这个供应商是否在全球各地都有运营？甚至更为重要的是：可不可以指望供应商将来成功交付更先进的技术？毕竟，终端用户只会对具有未来潜力的新技术进行投资。

对于 OEM 厂商和终端用户而言，重要的卖点包括最大限度标准化带来的高水平灵活性、降低的能源成本、预防维护以及更为精简的过程。物理信息系统的许多功能从外部是看不见的，所以为不容易量化的价值链提供了附加值（如，知识产权保护）。

阶段：概念化

从开始就亮起绿灯

在概念化阶段，设计工程师为工厂或系统创建基础。“智慧系统”，如 Festo Motion Terminal（数字控制终端），非常有助于系统模块硬件的标准化，同时允许对任何变化作出快速灵活的响应。通过 Motion App 可方便地实现所有功能变更，无需更换现有的硬件。

快捷分配更新和新任务

采用物理信息系统，后期进行变更变得尤为方便和经济。测试所需时间和成本也得到显著降低，正在进行的实现最佳客户解决方案的过程通过数字方式完成，而不是通过手动更换硬件完成。

标准化平台概念让工程设计更简单

所带的单个阀片可提供 50 种元件的功能性，诸如 Festo Motion Terminal（数字控制终端）这样的物理信息系统为系统和系统模块标准化平台概念打开了大门。也大幅度减少了气动控制链，因为需要客户定义并仓储为备件的各类元件数量大大减少。例如，不需要压力控制的垂直叠加集成安装的阀，阀的种类只有一种，压力传感器和节流阀已集成，且不需要消声器。通过从一开始就以灵活的物理信息平台为中心，就可缩短规划阶段中对适用产品和供应商筛选时间和初步会面时间。

得益于采用 APP，集成了知识产权保护

通过 APP 配置功能，阻止了未经授权方快速分析和识别出未来的功能性和系统设计。因为所有的功能是用提供灵活控制的软件模块、APP 和基本技术实现，这是物理信息系统能精准提供的。

阶段：设计和编程

就绪后，快速运行

设计阶段是机器和系统制造价值链中成本最高的一块之一，约占到 25 到 30%⁵。诸如 Festo Motion Terminal（数字控制终端）这样的物理信息系统与传统的阀平台相比，虽然控制系统集成和参数设置的费用更高，但是可实现可观的时间增益和节省。在某些情况下，与用模块化阀岛和其它单个元件进行设计和参数设置相比，最多可节省 70% 的时间。

采用模块化阀岛的解决方案有多个步骤，采用物理信息系统的解决方案让您更快地实现目标。功能调整通过数字化手段在产品本身上实现，所以无需重新配置阀岛，下载和创建 CAD 模型，或调整孔型和装配图纸，包括零件清单。最后，这同时加速了电路图生成、文档（备件和耗材清单）以及 PLM 系统中的认证流程。

➤ 诸如 Festo Motion Terminal（数字控制终端）这样的物理信息系统已经可替代最多 50 种的元件。这加速了规划阶段，精简了复杂性，最大程度降低了任意后期更改和创新的后续成本。

**概念化阶段中变更和节省潜力：
高**

⁵ Festo AG & Co. KG, 成本？降低！ – 持续使用 Festo 产品和服务能将总拥有成本降低约 50%。2016 年 10 月 (www.festo.com/net/SupportPortal/Files/9496/BioPharma_TCO_de.pdf).

标准化的其它优点

对于气动解决方案标准化潜力的评估取决于应用和公司的流程。VDMA 的研究“大型工业制造工厂内的模块化和标准 – 迷局或现实”从整体业务业绩的角度看估计这样的潜力在 10 到 20%⁶。因为调整都是通过软件更新完成，所以不再需要对设计进行变更以及之后的零件清单、图纸、电路图或流体图进行变更。这就意味着所需的元件更少，用于维护机器维修所需订购、仓储的元件种类变得更少。比如说，要额外集成一个比例阀，需要规划、采购和安装，这要花上几周时间，而现在只需点击几下鼠标。这无疑是一个受欢迎的延伸作用：因为所需的元件变少，所以一个阀就可覆盖两种比例压力应用，所需的费用就减半。

系统成本不只是产品成本

工程师要早在设计阶段就开始考虑产品成本。不过，要有一个清晰的计算，总拥有成本 (TCO) 更为重要 – 将优点销售给终端客户。所以，一个物理信息系统必须始终在价值链各个阶段进行整体分析，而不是仅仅比较单个硬件成本。

以 Festo Motion Terminal（数字控制终端）及 Motion App“进气和排气节流”。您不能只关注于省却了节流阀，这只能节省几个欧元；您需要有大局观。例如，在调试时不需要耗时地进行设置，气缸速度（如在串联系统中）完全一致。避免了重新调节节流阀带来的过程崩溃，数字化进行优化，无需靠近系统。此外，新的气动过程也可实现，例如数字化速度调节，慢速启动后加速。

阶段：采购 降低数据管理、物流和仓储成本

在采购阶段，会处理巨量的数据，例如交货日期、价格、供应商信息、内部存放位置等，然后在 ERP 系统中进行输入和维护。从成本观点看，这个复杂的任务通常被作为管理费用的组成部分，意味着这些成本不是直接可见。

因为一个订货号可订购多个元件，所以诸如阀岛这样的模块化系统就能节省很多费用。但是一个物理信息系统让数据管理、物流和仓储变得更简单。如果您将上述用于单个订货号的流程考虑进去，同时将发票管理、收货、收货验收、系统入库以及存储算在内，就很快能实现成本的节省。专家估计每条数据记录的年度管理费用约为 1,000 欧元或更高。⁷

缩短零件清单，减少错误

因为实现很多功能不再需要一大堆元件，所以错误风险就降低了。对于 Festo Motion Terminal（数字控制终端）而言，一片阀就能替代最多 50 种元件。从用于进气和排气节流的阀到液压缓冲器和附加的压力传感器。

➤ 物理信息系统所需订货号更少，从而加速了设计过程。降低了系统复杂性，提高了标准化。无需设计修改，通过 APP 快捷地实现后续变更。

**设计阶段中变更和节省潜力：
非常高**

➤ 得益于减少了元件种类，物理信息系统最大限度减少了物流和仓储所需的过程步骤。降低了数据管理和维护的成本。采用 Festo Motion Terminal（数字控制终端），集成新功能就是购买相关的 Motion App 的许可。

**采购阶段变更和节省的潜力：
中低（不算材料节省）**

⁶ Stecken Olaf; Modularisierung und Standardisierung im Anlagenbau (制造工厂内的模块化和标准); 2015.07.16, VDMA

⁷ André Guld, Alexander Hoffmann, Alexander Mahl, Stefan Sander, Hans-Eckard Scholz, Paul Thierse, Jörg Weißkopf; Unternehmensspezifisches Klassifikationssystem zur effizienten Datenverwaltung (公司级高效率数据管理等级体系) (有实际应用案例, 2005)

交货周期短，奠定竞争优势

物理信息系统为全新的业务模型和未来的交货期打开了大门。Festo Motion Terminal（数字控制终端）的用户只需购买相应的 Motion App 许可，随后就可立即使用所需的功能。这种现成的即可使用性为终端用户提供的重要优点包括缩短的上市销售时间、提高 OEE 且减少崩溃次数，及更方便的系统优化。

阶段：装配

得益于标准化，提高可靠性，减少工作量

考虑到“人为错误在造成系统故障成因中愈来愈突出。”⁸ 采用智能功能集成且接口更少的解决方案非常适用于效率最大化。这减少了装配工作以及可能会出现错误以及问题。只有一种标准化元件优化了过程顺序，适用于各类功能。

阶段：调试

气动系统重复设置更方便

协调每个过程步骤，如设置气缸的行程速度，在传统的机电系统中是一个非常耗时的过程。物理信息解决方案通常不需要对元件（有时难以企及的一些元件）进行复杂的手动设置过程，可以自行调节，在能耗方面可自我优化。这对于系列机器制造商而言是显而易见的优点。通过 APP 参数命令只需鼠标点击几下就可为每条气缸设定行程速度。每个节流阀能节省三到四分钟。对于一个系列机器制造商的年度生产而言，会有巨大的节省潜力。而所有系统配置完全一致奠定大优势。

复杂解决方案的配置和参数设置

参数设置应尽可能快。截至目前，如果您想精确而快速地控制压力以补偿气源管线中摩擦引起的压降，您还是需要根据经验来确定参数，例如更高的设定值以及压力保持在这个值后掉落回目标值的时间。得益于物理信息系统中的传感器智能和软件模块，这些任务就不再必要。Festo Motion Terminal（数字控制终端）VTEM 可以提供“基于模型的比例压力调节”App 用于这个过程。对参数变化可主动和自主作出响应，如输入压力的波动。

物理信息系统标准化的结构特点适用于多种类型的工作，所需的装配和接线工作更少，防止出现安装错误。这加速了装配和调试工作，降低了成本。

装配阶段的变更和节省潜力：高

物理信息系统免去了耗时的手动设置。一旦配置完成后，设置的复制非常方便。可以提供自我调节的 App（例如，用于定义行程时间）以及自主智能。

调试阶段变更和节省潜力：高到非常高

⁸ Hermann Himmelbauer, Albert Treytl; Fehlerbaumanalyse (故障树分析 (FTA)), 1996

阶段：运行

兼具生产率最大化与能效

对于关注效率的终端客户而言，目标就是确保整体设备高有效性 (OEE) 同时在维护或维修时缩短停机时间。当涉及成本、可持续性以及更严格的法律法规时，对于能效的关注越来越高。Festo Motion Terminal（数字控制终端）将这些优点集于一身。

Festo Motion Terminal（数字控制终端）的“ECO 节能运行”APP 已经产生了可观的节省。例如，四条气缸每年的能源成本可节省约 400 欧元。⁹ 因为备件的种类、储存和采购得到了简化，同时生产率得到了提高。那些不需要的库存件都节省下了空间和金钱。专家们估计，单个元件的仓储成本超过 30 欧元。¹⁰ 相同的元件大大节省了维护和维修所需的时间。

智能 APP 减少生产故障和停顿

在物理信息系统中可早期识别出停顿或生产错误，借助诊断功能，如泄漏检测，可计划维护工作。硬件元件数量的减少同样有积极的影响。

诸如 VTEM 这样的物理信息系统有着巨量的信息，有一天甚至可能对气缸的状态作出描述。

“软停止” Motion App 大幅度提高了生产率：通过过程优化最多能将循环时间缩短 70%。气缸柔和地返回完全避免了振动（如在气动工具更换门高速打开和关闭时），因此无需易磨损的液压缓冲器。通过多种方式降低能耗，而且具有诊断能力，为经济的运行出了一把力，快速实现投资回报。

一键缩短设置时间和调节

生产规格的变更通常需要更换元件，例如爪手。这就要求调整压力或流量以及行程速度或整个功能。Festo Motion Terminal（数字控制终端）免去了许多人工过程 – 即错误源。通过 app 或通过 PLC 自动完成重新配置和调整，也就是说只需一键就可在规格变更后或在系列机器中提高所有机器的性能和/或过程。

阶段：现代化

调整更方便、更经济、更快

现代化改造有多个目的，例如提高系统产出、扩大生产产品的范围或降低运行成本。在之前各阶段已有叙述，物理信息系统节省能源，通过减少人工步骤改进过程，便于调整整个系列机器。物理信息系统的高灵活性意味着，现有解决方案可回收，并在未来系统中再利用，尽管这个方面本白皮书没有详述。

➤ 物理信息系统运行非常高产、节能和经济。用软件完成重新配置和调整。诊断功能和智能 app 防止出现停顿和生产故障，为投资的快速回报出力。

**运行阶段变更和节省潜力：
非常高**

➤ 物理信息系统通过简化改造和整个系统的调整来扩大各类现代化改造的范围。这就意味着，可以采用最新技术，总是可以适应未来可能出现的新要求。

现代化阶段变更和节省潜力：高

⁹ 根据以下计算：Festo DSBC 32x100 气缸，移动重量 0.5 kg，循环速度 2-3 秒，两班倒和 250 个工作日。

¹⁰ 每个元件每年仓储成本：€ 0.08/天 x 365 天 = € 30
仓储率为 15%，整体采购平均价格为 € 200

准备迎接自动化技术的新维度

数字化将极大地改变生产世界。首次，物理信息系统实现了将机械系统、电子元件和软件集于一身的解决方案，让系统为工业 4.0 应用准备就绪，包括气动领域。与传统的模块化机电系统相比，物理信息系统令人印象深刻地兼具最大程度的标准化和非常高的灵活性水平。因为 Festo Motion Terminal（数字控制终端）首次实现气动功能与机械硬件不那么密不可分，通过 APP 来提供各种气动功能，只需一种类型的阀就可执行各种气动运动任务。在整个价值链中提供可量化的优势。

Festo Motion Terminal（数字控制终端）作为一种物理信息系统解决方案不仅可实现复杂的运动，如柔和地返回终端位置以及不同的速度曲线或以前只能用气伺服或电驱动技术才能实现的定位工作；还易于实现各类功能、状态监控、预防维护，降低能耗。虽然 OEM 和终端客户采购物理信息系统的价格较高，但是可从简化的流程、提高的生产率和过程可靠性中获得补偿，正如前文对每个阶段的分析叙述所示的一样。

出版人/作者:

Festo AG & Co. KG
Philipp Wahl
Marketing Concepts
E-mail: philipp.wahl@festo.com

官网可获得更多信息:

→ www.festo.com/motionterminal
→ 宣传册《数字化简约: Festo Motion Terminal VTEM（数字控制终端）》