

# 破解工业4.0 自主调控的工厂



第4阶段：有效互联的工厂

第3阶段：自主调控的工厂

第2阶段：快速响应的工厂

第1阶段：透明工厂



## MPDV白皮书 知识就是力量！

MPDV白皮书简明扼要地为您提供MES和工业4.0信息。白皮书内容丰富，包括有趣的专业文章、行业趋势报告、产品信息、令人振奋的专家采访及工作生活的重要必备清单。

目前，MPDV的白皮书有：

- 制造集成平台
- 自主调控的工厂
- 快速响应的工厂
- 智能工厂四步骤
- 工业4.0必需横向一体化



MPDV Mikrolab GmbH • [www.mpdv.com](http://www.mpdv.com) • [info.cn@mpdv.com](mailto:info.cn@mpdv.com)

## 前言-Prof. Dr.-Ing. Jürgen Kletti

# 人员 - 智能工厂的核心

工业4.0的热潮仍在继续，越来越多的人在讨论工业4.0具体应用场景及其优势的问题。准确地讲，就是我们介绍的智能工厂四步骤。本白皮书主要阐述第三阶段“自主调控的工厂”。虽然听起来非常抽象时尚，但重要的是我们正在讨论的高效生产方式满足未来需要。

而且，我确信随着工业4.0的发展，我们的工厂也不会落伍。人员会成为自主调控工厂的一部分，现代化的制造执行系统（MES）会提供重要信息和计划选项。作为“增强型操作人员”，员工起到了关键作用，首次提出工业4.0时便确定了人员的核心地位。

工业4.0当前应用程序的一个例子是小批量灵活高效、经济实惠地生产产品。随着工业4.0的出现，主要在汽车行业使用的“多变量顺序生产”，现在与其他行业的相关性也越来越大。通过阅读该白皮书您能学习如何使用MES灵活监控相关的复杂组装工艺流程。

以MPDV的企业精神为指导，我们以MES专家的身份支持您，伴您实现智能工厂！

祝您阅读愉快！



Prof. Dr.-Ing. Jürgen Kletti  
MPDV Mikrolab GmbH CEO



## 实现智能工厂第3阶段 自主调控的工厂

在工业4.0出现之初，像自主调控、自主优化或自学习设备这类的概念便已出现，直到最近，也不断地在热化这些概念。但话题的背后隐藏着什么呢？最重要的是，这些问题对生产企业有益吗？

工业4.0的崇拜者仍在梦想着无人干预的自主调控生产。为了掌握提前编程的复杂性，工作人员必须将整套经验和人类智慧融入到IT系统中。因为这种场景的实现还有很长的路要走，而且工业4.0的目的也不是让工厂废弃，所以这篇文章以相对清晰的定义规则着重介绍自主调控。应将自主优化或自学习设备这类的创新概念看作更高级的生产方式，很可能是创建自主调控的顶级目标。按照自主调控的定义，应该注意到这基本上是反馈控制系统的现代化概念。新增的内容专门指增加的透明度，从而可以尽早回目标偏差，或理想化地预期偏差，提前采取相应措施。

简单来讲，自主调控是，某个生产顺序或过程按照规定的参数形式进行自主调控。我们可依照散热器和空调装置的原理深入了解这点。传统恒温

控制器/调节旋钮和现代的反馈控制系统之间的区别是，传统的方法仅用于决定提供多少功率，而反馈控制系统可以定义目标情况。准确地讲：传统的操作是“级别3”，而自主调控（闭环控制）指“室温22° C”。装置如何自我落实达到所需的温度 - 主要看请求的温度，然后维持此温度。

### 生产上自主调控

生产环境中的目标情况非常复杂，比如，最佳利用设备、质量保证、坚持标准或提高生产力。可以管控的变量数及所规定的目标参数是巨大的。而且，某些参数只能手动干预更改。然而，自主调控的方法会获得成功 - 若定义所规范的控制闭环（图1）并配备必须的能力和职责。自主调控的先决条件是一定程度的基于中央同步的分布式管理。

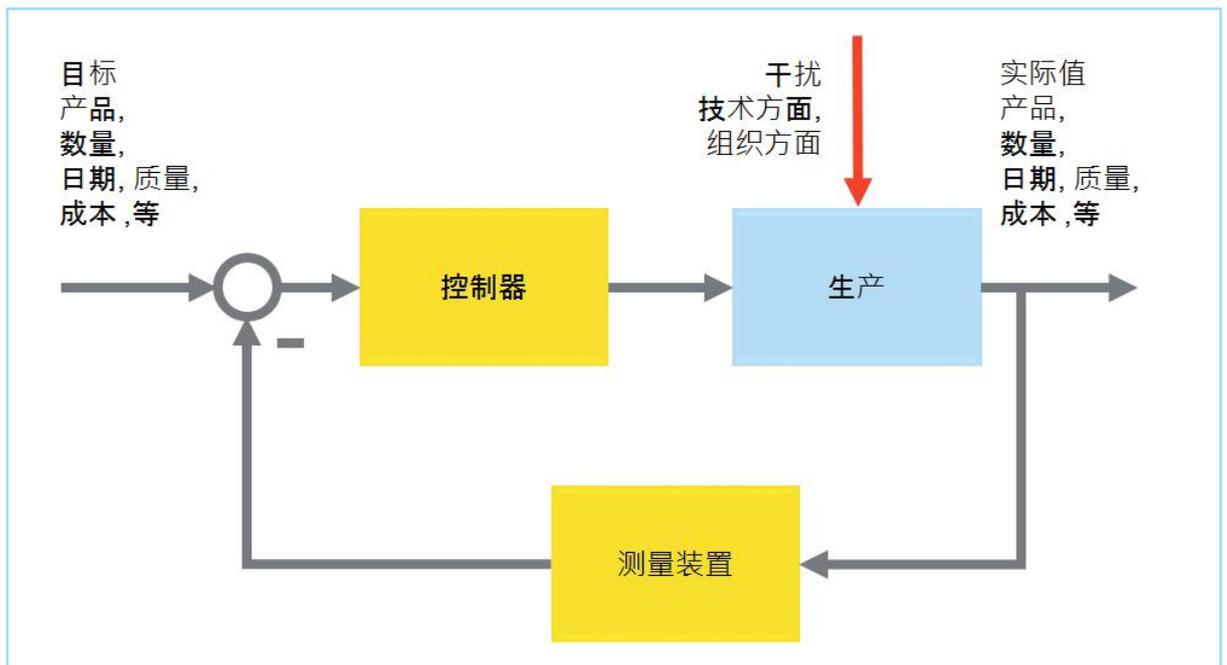


图1：展示闭环生产 - 细节问题的程度！

## 智能工厂 - 第3阶段

根据MPDV“智能工厂”四阶段模型<sup>[1]</sup>，现代化的生产要实现自主调控首先需要全透明化和快速响应。前两个阶段的基础是集成化的制造执行系统（MES），既可以实时采集数据又具有显示和控制生产的各项功能<sup>[2]</sup>。自主调控是下一环节，使用已采集的数据和集成的控制机制（图2）。

## 不同类型的自主调控

自主调控最简单的形式是监控一个或多个参数，在超过设定的阈值时发送通知或信号，然后相关负责人手动做出回应。在MES系统中，将这些功能称作“预警管理”<sup>[3]</sup>或“消息&预警”。

在MES组件“ workflow管理”中能够发现增加的功能。这些功能不仅显示目标值的偏差，还可以建议或采取相应措施。比如，设备温度超过60°C时，会触发一个预期的检查。这个过程保证不会有外界因素对生产质量造成影响。

若再进一步，我们彻底实现自主调控的系统，如Kanban或数字化支持的eKanban。于是，若物料库存马上短缺时，系统会自动保证连续的物料供应，同时会避免堆积不必要的物料库存。

高级别的自主调控是过程互联，保证仅用于所需的工序物料，确保接下来仅加工无瑕疵部件。特



图2：“智能工厂”四阶段模型

别在多变量顺序生产中，过程互联是非常关键的，因为零缺陷产品是每个客户的目标。一个集成化的MES能够体现所有这些类型的自主调控，因为该系统已经包含了所需的信息，同时，相关人员也可以和MES互动。

## 人员与技术的互动

此外，还需要研究设备或MES如何与生产车间或管理层的有效人机互动。技术支持人员而不是人员支持技术，这点至关重要。在MES的帮助下，现在操作人员是“增强型操作人员”（图4）。这个概念背后的意思是操作人员直接访问相关特殊情况的更多重要信息，然后做出充分依据的决定。友好的人机界面能够让操作人员按照人体工程学



图3：MES中集成的预警管理通知员工生产上的重要事件

的方式成为自主调控系统的一部分。为了提升集成过程的效率，各个部门的人员应具备必须的能力以在需要时做出分散的决定。

### 分布式的要点

迈向自主调控，也就是迈向分布式，这需要的不仅仅是MES或其他的IT支持。更是关乎根深蒂固的生产文化范式变更。因此，开始时我们建议，全面分析实际情况：过程和顺序、职责、编档的和非编档的规则以及积累的经验，这些因素对各个部门的决策起到关键作用。此时，至少应对实际情况产生疑问，而且最好将根本的流程合理化。精益生产的方法已证明是有效的。现在在控制闭环中体现已记录和已优化的所有情况是必要的。为此，简单的条件式（IF-THEN）关系和复杂可行的运算相互依存是恰当的。第三步在合适的IT系统中体现这些控制闭环。使用现代化的MES可以实现多数的制造控制闭环。

### 日常生产的实例

许多应用程序用事实证明控制闭环、自主调控不是工业4.0发明创造的，因为这些应用程序已在MES的协助下，在不同行业、不同规模的生产企



图4：使用MPDV移动的MES应用程序HYDRA：作为“增强型操作人员”，工人根据手头上拥有的所有信息作出有价值的决定。

业得以成功实施。

### 智能的内部物流

一家中型金属加工公司在生产上根据设备的状态变更通知仓库工作人员物流的库存情况，反过来，仓库工作人员能够根据MES中设备和工单号快速识别出设备上所需的物料。这仅是MES的一小部分功能。对于更多的功能，在严重的物料短缺前，就能通知仓库工作人员 – 比如针对某些物料基于MES的库存监控功能。控制闭环如下：



图5：MPDV MES HYDRA能源管理：关联数据作为复杂控制闭环的基础。

如果设备上的输入物料水平低于所规定的库存水平，而且现有物料无法完成当前工单，那么系统会从仓库请求一定量的物料。使用eKanban系统，物料供应工作会更加顺利。然后系统自己便能保证设备上充足的物料可用。

#### 智能保养

塑料加工企业依据已记录工单上设备的能源消耗判定设备需要下次保养的时间（图5）。为此，MES比对目标消耗值和实际消耗值，按照闭环控制进行定义：如果已记录的消耗值超过规定的30%以上，必须执行未计划的保养工单。<sup>[4]</sup> 反过来，根据工单池自动登录相关的保养工单。未排定的保养工单完成后，重置定期的保养时间间隔，从而更加高效地使用设备。

#### 智能的质量检查

通常，随机的质量检查基于已加工的数量或时间周期。若使用MES，修改设备状态会触发预期的检查，使得对设备故障或更改物料等事件作出快速响应，保证无需额外精力按照所需质量标准进行生产。质量部门的工作人员也能根据抽样建立检验点。物料样品一送达质量部门，便能脱产处理相关检验点。若质量部门相对远些的话，可自动生成样品的运输工单。

#### 智能的组装线

生产汽车行业的多变量部件，一方面必须记录全部生产流程，另一方面必须保证仅加工和交付无瑕疵部件 - 通常按照预定义的顺序。这样的过程互联在每个工作步骤都会检查部件，确定当前步



图6：过程互联确保只加工已下达的物料。

骤该部件是否合格以及是否无误地处理了上个步骤（图6）。基于连续记录所有参数，在MES中轻松检查请求比对目标值和实际值。

#### 回到真实世界

工业4.0的出现引发了很多话题的讨论，建议准确地定义什么环境下可以实施自主调控并定义要实现的目标。之后，决定要使用哪些方法和技术。这种情况下，已经实践验证的技术会高效地实现各种需求。为实现自主调控的工厂，精益生产方法和经典的反馈控制系统应用程序是合适的。两种方式都使企业接近智能工厂。很明显像MPDV HYDRA这样集成化的制造执行系统（MES）可助力实现自主调控。我们一直拥有可预见未来的生产流程，这些生产流程完全需要人员参与管控。事实上，以往非常复杂的制造行业中人员始终起到关键、无法替代的作用，因此在自主调控的工厂中同样如此。

#### 参考文献

- [1] 白皮书“破解工业4.0 - 智能工厂四步骤”，MPDV Mikrolab GmbH，2016年3月，<http://mpdv.info/whitepaperen>
- [2] 白皮书“破解工业4.0 - 快速响应的工厂”，MPDV Mikrolab GmbH，2016年9月，<http://mpdv.info/whitepaperen>
- [3] MES-制造执行系统，Prof. Dr.-Ing. Jürgen Kletti (Hrsg.)，2007英语版，Springer-Verlag
- [4] 白皮书“工业4.0必需横向一体化 - MES可以实现但要正确选择实施！”，MPDV Mikrolab GmbH，2015年8月，<http://mpdv.info/whitepaperen>



## MES助力多变量顺序生产 灵活的软件击败传统的技术

顺序生产指多变量产品的多阶段组装工艺，在汽车行业已经众所周知。这种生产方法不仅因工业4.0得到重视，而在所有行业变得愈加重要。因此，出现了以标准化方式协助集成具体需求的灵活软件系统的问题。那么，先进的制造执行系统（MES）便是解决该问题的完美工具。

一方面，多样化产品组装过程需要快的生产节奏；另一方面还需要连续的信息流，包含电子工作说明，以及连接外围工具或亮灯拣料系统（Pick-by-Light）等的控制指令。目前为止，已使用精心编程的JIT / JIS系统实现PLC技术满足这些需求。该方法是应用于较长时间产品配置合适方法，但对于较短产品生命周期的情况略有不同。将来，生产企业都需要JIT/JIS系统的生产节奏和先进MES系统的柔性生产。因此，MES中集成支持复杂组装流程的功能是必不可少的。这是小批量高效生产、批量定制经济实惠的唯一方法。

### 变更的需求

对先进的MES而言，在生产工作站提供当前工序信息是很常见的功能。实时采集相关数据是这类软件系统的基本特征，但对于复杂的组装过程，仅粗略地构建 workflows 却行不通。若MES中已知工

序有最小单元，组装过程会促使他们更加细化，即细化工作步骤。同时，操作人员相关信息的重要性和已连接周边设备的控制也在逐步上升。因较高的周期率和大量的变量，操作人员需要以电子形式快速掌握工作步骤相关的必要信息。

### MES映射组装过程

顺序生产需要集成到MES中的最新实时控制和信息概念。MES系统映射生产线后，必须建模所有包含各分支的工作流（图2）。根据相关包括所有工作站及本地连接周边设备的工作说明，必须考虑所有规范的生产变量。同时，也将返工闭环看作顺序方案的一部分。第二步，将每个产品变量定义成整体模型的子集。一旦触发某个具体生产场景的生产，相应的工作流步骤便用作生产线和操作人员的模板。通常，针对具体变量的一个部件并按照规定顺序（JIS）通过call-off发出“绿灯”信号。

## 每个操作人员的指南

MES清楚每个工作站合适的工作步骤，在每个工作站识别待加工产品及其装载车。之后，MES系统为操作人员显示相关的工作说明，然后工作人员执行或确认。此外，操作人员接收预防出错的信息和随后返工的信息。分步出现所需生产变量（图3）。集成半自动和全自动工作步骤也是可行的。

为了保证产品质量，重复进行检查，对各个部件的进一步处理产生立竿见影的效果。比如，查出错误时，自动的过程互联保证不会进一步处理缺陷部件并需返工处理。经过一些规定处理步骤后（如返修），之前拒收的部件才能成为良品。

每个操作人员指南的中央组件是人体工程学的用户界面，该界面准确显示每位操作人员工作站当前工作步骤所需的信息。在此，已经证明依据防呆原则（Poka-Yoke）设计的报表是有利的。传统的工业PC、移动平板电脑或数据眼镜（智能眼

镜）可用作显示设备。任何时候，设备的选择根据工作站操作人员的需要，这是最基本的。连接所需的外围设备也是非常有用的。比如，必须监控连接的气动螺丝刀，确保正确拧紧部件，而且该作业需要编档。

## 编档和交叉评估

根据透明性，在生产时全面整合评估所有已采集的数据 - 包括那些具体生产线上已记录的数据是必须的。此时，在MES系统中无缝集成组装线具有很大的优势，因为MES熟悉所有上下游生产步骤及组装时已采集的数据。为了生成物料、流程、质量参数、加工时间或设备运行情况的相关评估，实际上可从任何视角显示数据。此外，MES能够根据已采集的数据计算重要的关键指标，从而在连续的过程优化时进行监控这些指标。此外，针对可追踪性和确定性的原因，很多企业必须编档记录产品的生产流程。在MES中集成生产线能够进行端到端的视图 - 指从头到尾的工作步骤。

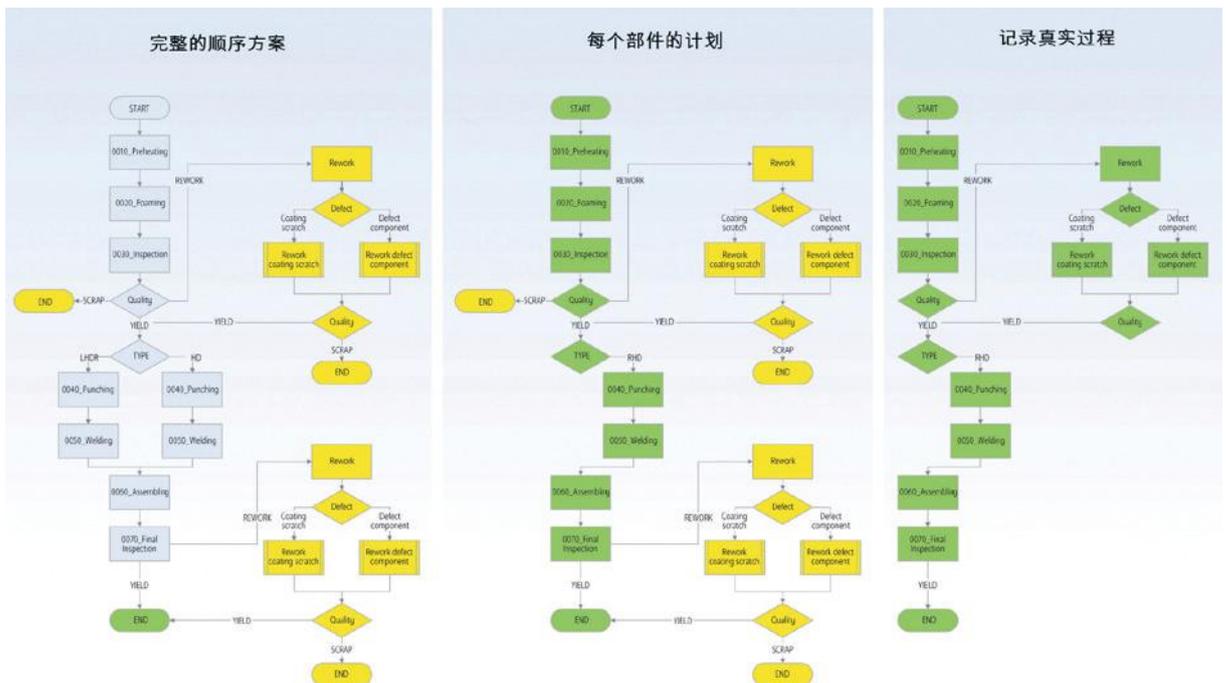


图2：包括返工闭环复杂组装过程的建模

## 使用HYDRA的工作实例

2016年9月HYDRA用户组大会期间，MPDV作为第一家MES供应商展示新的应用程序包，在MES中集成多变量组装线：动态生产（DMC）。DMC全面覆盖上述需求，而这些需求正逐渐成为越来越多生产企业的真正挑战。

使用基于动态MES Weaver高绩效子系统，HYDRA-DMC可在合适周期时间内在相关工作站提供所有必需的信息并实时干预生产流程。单独设计的动态生产线控制面板轻松指导操作人员完成特殊流程。（图4）分布式的流程逻辑保证在网络或中央IT组件出现故障时，生产线仍能继续生产。完全集成到MES HYDRA中的动态生产模块（DMC），保证无需额外接口便能全面整合组装线上已采集的数据，并为了进一步的生产而加以评估。因此，完全按照工业4.0定义的，MPDV的HYDRA能够实现完整的产品加工流程数字化，包括相关数据。

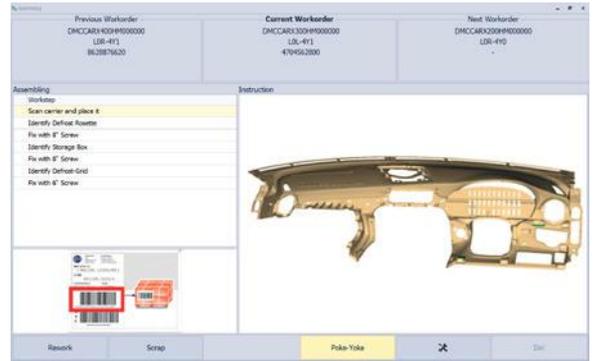


图3：HYDRA DMC在动态生产线控制面板上指导操作人员

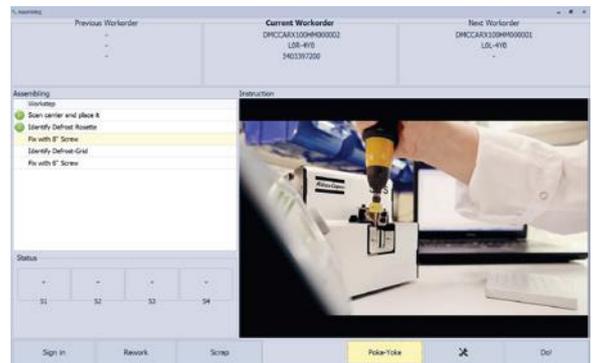


图4：动态生产线控制面板按照人体工程学的形式显示工作说明。



## MPDV Mikrolab GmbH

总部位于德国莫斯巴赫 ( Mosbach ) 的MPDV集团是全球领先的制造执行系统 ( MES ) 供应商，在创新技术开发和成功提供MES解决方案及服务方面具有近40年的行业经验，公司业务包括应用咨询、实施定制、项目管理、培训、支持等服务。目前已在德国、中国、新加坡、瑞士和美国等地设有10家分支机构，超过330名高素质和富有活力的企业人才正服务于德国总部和各分支机构。集团至今已拥有从中等体量到世界级大型跨国集团的庞大客户群体，包括江森自控、泰科电子、杜尔涂料、菲尼克斯电气、爱励铝业等知名企业，专注于机械加工和装配、金属加工、塑料橡胶业、家具制造和初加工、印刷和包装、光学和精密仪器、电子和电气、医疗设备/制药等行业。每天有超过1000家生产企业正在受益于MPDV的创新型MES解决方案。MPDV是德国最具创新力的100强中型企业之一。



## MES HYDRA

制造执行系统 ( MES ) 支持制造企业改善生产效率、提高生产力，进而保证或增强其竞争力。最先进的MES帮助制造企业实时记录和评估整个价值链上的数据。从而使负责人员能对日常生产工作中的意外事件迅速做出反应并采取对策。MPDV的MES通过提供可靠数据支持所有管理层在短期内做出重大决策。

MPDV提供的模块化结构MES HYDRA，具有广泛的功能范围且能满足VDI 5600标准规定的所有要求。无需接口即可随意组合基于中央MES数据库的单个HYDRA应用程序。因此，HYDRA能为生产中的所有资源提供一个360度全方位视图，并能合并重叠的流程。强大的配置和定制工具确保能调整HYDRA进而满足企业和行业的特殊要求。HYDRA可被集成到企业现有的IT环境中，实现从管理层 ( 如ERP系统 ) 到生产车间层的管控透明化。制造企业通过使用MES系统HYDRA实现精益生产、高效生产，进而在通往工业4.0的道路上保持着强劲的竞争力。





## 客户身边的MES专家！

### 版权声明

Published by: MPDV Mikrolab GmbH  
Römerring 1, 74821 Mosbach, Germany, Phone +49 6261 9209-0  
info@mpdv.com, www.mpdv.com

© 2017 MPDV Mikrolab GmbH  
文件号: White paper CN 03/2017

上述产品名称为各个生产商或供应商的商标。  
HYDRA, UMCM, SMA, MES 4.0和MES-Cockpit是MPDV Mikrolab GmbH的注册商标。