



自动化辅助功能，提高收割效率

可控 收割

CLAAS 联合收割机新的辅助系统持续监视收割过程，自动根据收割状况调整机器设置，比操作员更快速、更准确。这种自动优化基于分布式控制系统。dSPACE 的产品级代码生成器 TargetLink 支持这种复杂项目的开发。



每年的收割季节时间很短。小麦、黑麦、大麦和玉米必须在合适的成熟期收割。一旦成熟度达到收割要求，联合收割机将会昼夜不停地在田间工作。但是联合收割机的运行是一项十分复杂的任务。从拨禾轮到切碎器，有多达 50 个参数影响着收割产量。操作员必须不断地监视和评估其中的十多个参数。几乎任何操作员都无法留意一切变化并充分发挥机器的全部潜力。

降低田间作业复杂性

高度的设置和参数依赖性是由许多不同的环境因素（如气候和地形）和基本目标（如吞吐量、燃油消耗和脱粒质量）造成的。这使得优化收割过程变得十分复杂。操作员几乎难以应对重复选择收割设置并检查显示数值带来的挑战。为了减轻

一些负担，以便只需要输入最重要的设置，有些功能可以变为半自动化。新的辅助系统 CEMOS AUTOMATIC（CLAAS 电子化机器优化系统）可以应对挑战并优化粮食收割。CEMOS 可以监视收割过程，调整过程参数，使机器不断适应收割条件。成功的关键是在线建模：辅助系统持续地计算机器和环境模型，分析各个参数，并确定最佳参数集。然后将这些参数传送给机器。

自动化收割

联合收割机进入田间之前，驾驶员通过基于对话框的图形用户界面输入收割目标。CEMOS AUTOMATIC 会分析收割目标、传感器数据和机器设置，十分快速地确定最佳参数组合。在一整天的作业中收割条件时有变化，所以系统会反复检查这

些最佳设置，然后不断做出调整。这意味着 CEMOS AUTOMATIC 会持续地重新调整收割，以至于操作员不用再亲自处理。自动调整参数确保产生最佳效果，例如获得最大吞吐量、最高籽粒质量和籽粒清洁率、最低燃油消耗。与其他辅助系统如 CRUISE PILOT（巡航导航）行驶速度控制和 LASER PILOT（激光导航）辅助转向结合使用时，联合收割机将实现全自动运行。

ECU 系统确保最佳收割

当联合收割机的所有系统协调工作时，将会达到最佳收割效果。在比单个系统 ECU 更高的级别上使用自动控制机制可以实现这一点。ECU 网络由负责基本控制任务的控制单元和高级 ECU 组成。配备齐全的 LEXION 780 联合收割机含有 35 个 ECU，通过 CAN 总线将其连接在一起。对于收割过程直接涉及的系统，CLAAS 开发出了自己的 ECU。内燃机等购买的系统配有供应商提供的 ECU。根据任务的不同，会插入带有定点或浮点算法处理器的 ECU。CEMOS AUTOMATIC ECU 针对 32 位 PowerPC 设计。

基于模型的 ECU 软件开发

ECU 软件开发是基于模型的开发。所有大型控制单元均通过 MATLAB®/ Simulink® 和 dSPACE TargetLink® 进行开发。必要的机器功能按照一个总模型表示的分布式自动化原理进行设计。这一复杂模型达到了 50 兆字节。任务控制和系统功能之间的通信基于 OSEK（汽车电子开放式系统和通信接口）操作系统。OSEK 模块在 TargetLink 中用于定义接口和任务。因此所开发的辅助功能只需要连接到现有环境即可。

CEMOS AUTOMATIC 包含 AUTO SEPARATION（自动分离）、AUTO CLEANING（自动清选）和 CRUISE PILOT（巡航导航）子系统。



使用 TargetLink 开发的辅助功能

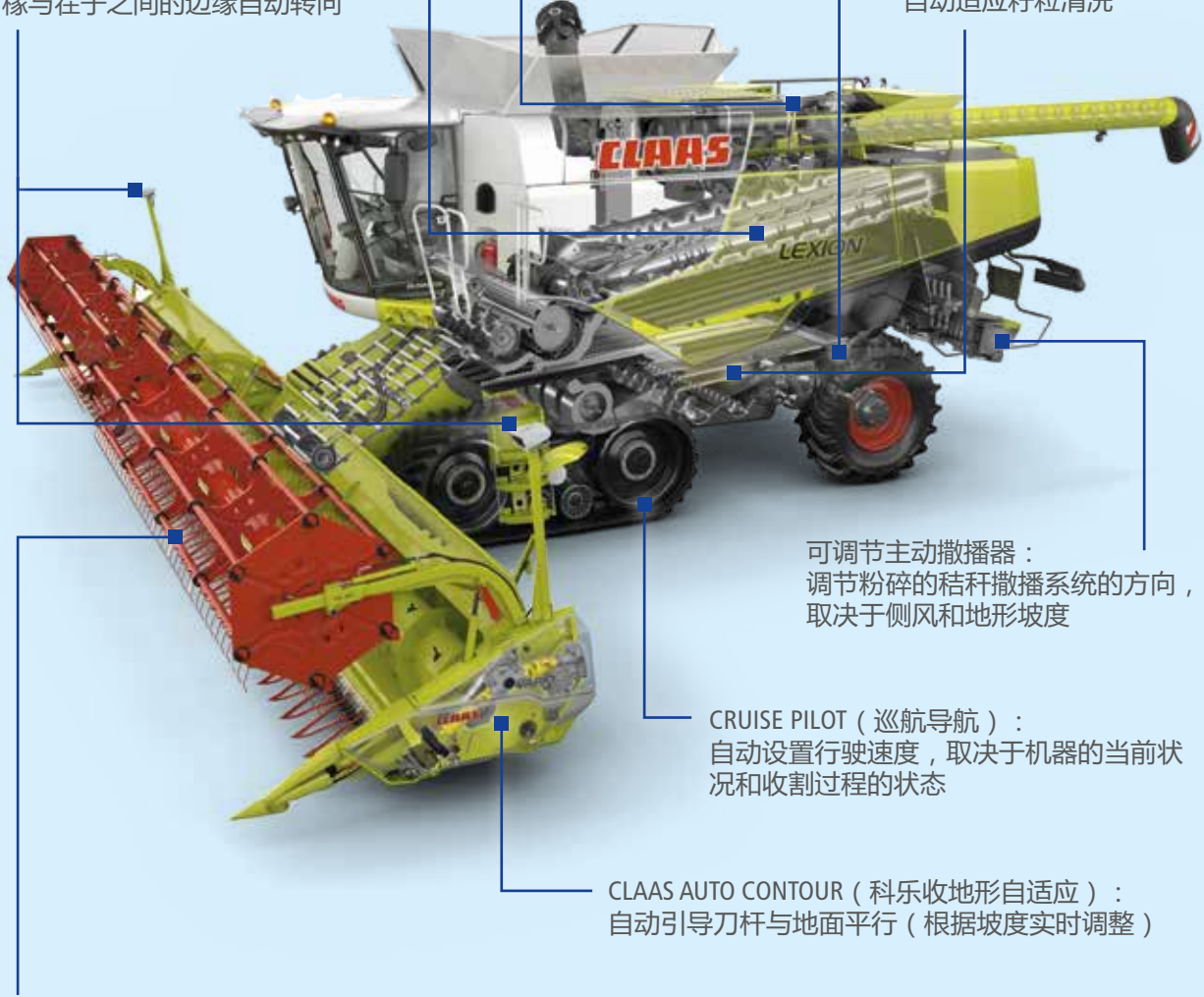
DYNAMIC COOLING (动态冷却) :
自动设置联合收割机冷却系统 (适用于柴油机和液压系统), 取决于所需冷却功率

CEMOS AUTO SEPARATION (CEMOS 自动分离)
自适应残留籽粒分离

CLAAS LASER PILOT (科乐收激光导航) :
使用激光扫描仪使机器沿着庄稼与茬子之间的边缘自动转向

MONTANA :
自动底盘可摆动门式轮轴以补偿最大 17% 的交叉倾斜和最大 6% 的纵向倾斜, 适合在陡峭地形上作业

CEMOS AUTO CLEANING (自动清选) :
自动适应籽粒清洗



可调节主动撒播器 :
调节粉碎的秸秆撒播系统的方向, 取决于侧风和地形坡度

CRUISE PILOT (巡航导航) :
自动设置行驶速度, 取决于机器的当前状况和收割过程的状态

CLAAS AUTO CONTOUR (科乐收地形自适应) :
自动引导刀杆与地面平行 (根据坡度实时调整)

自动控制拨禾轮速度 :
使拨禾轮圆周速度与收割机行驶速度同步 (2001 : TargetLink 试点项目, 从开发出可用液压部件到第一个原型集成在 ECU 中仅用 5 天开发时间)

基本功能 :

- 各种速度设置
- 各种位置设置



图形用户界面简化了收割目标的输入。

>> 代码生成和离线测试

完成基于模型的新功能开发之后，可以逐渐或完全地为控制器生成代码。只能为单个功能（增量代码生成）或整个控制器功能（完全代码生成）生成代码。TargetLink 支持不同的仿真模式，以便可以尽快测试新功能。收割之前的验证阶段极其重要。当收割季节来临时，开发人员没有任何时间在田间查找实施错误。收割过程需要一开始就使用经过全面测试的软件。验证阶段包括集成测试，还包括集中的功能验证，这要使用复杂的被控对象模型。离线测试场景使用了每个收割阶段在田间收集的大量数据。

虚拟 ECU

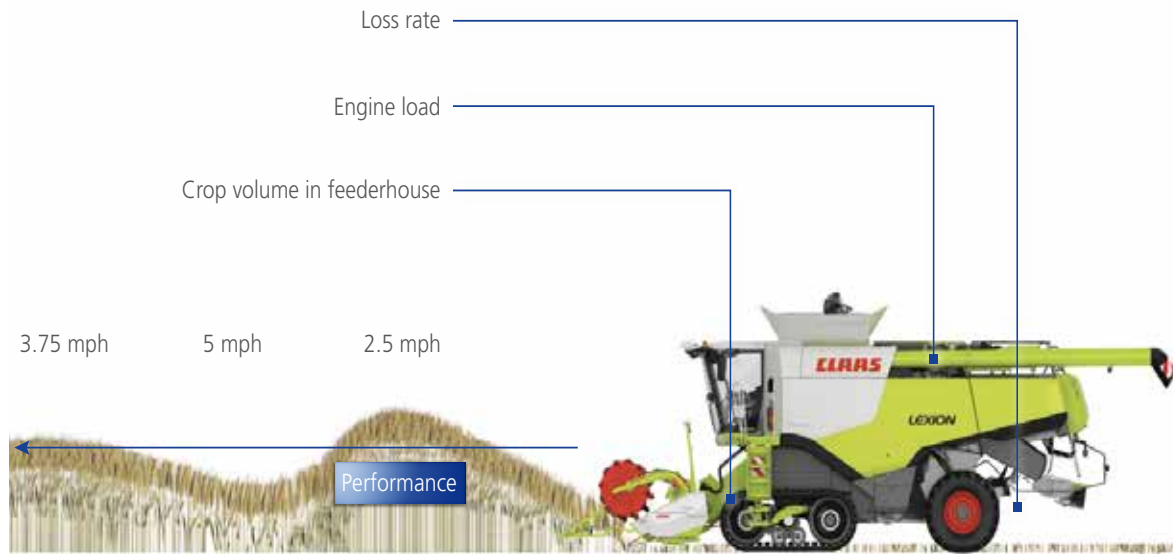
CLAAS 在线仿真器可以在收割之前以及不同的收割条件下测试联合收割机的行为。操作员甚至可以使用仿真场景来熟悉收割机使用以改善并提高操纵方式。基于 PC 的仿真使这一切成为可能。在线仿真器通过虚拟方式表示不同的机器部件和过程模型，该模型含有多年的收割的经验数据。具有实时功能的虚拟 ECU 运行在后台，并配有实际 ECU 配套软件。由于可在收割之前进行这些仿真，所以还能最大限度地降低收割期间的机器损坏和操作错误风险。

TargetLink 历经实践检验

多年以来，CLAAS 使用 TargetLink 成功开发出许多基本功能。其中包括拨禾轮速度自动控制，这是首个使用 TargetLink 的试点项目。从开发可用液压部件开始，直到将第一个原型功能集成在 ECU 中，当时仅用了短短的 5 天开发时间（“TargetLink 走入田间”，dSPACE 新闻 2001/2）。由于联合收割机的 ECU 系统日趋复杂，其开发过程不再只专注于容易操作和快速上手，还关注其他方面。这简化了 CEMOS AUTOMATIC 的功能在模型和复杂 ECU 网络中的集成。软件可以在实验室中通过 TargetLink 自身的工具进行测试，这一点仍然很重要。通过这种方式可以尽早验证各种功能。甚至是诸如定义多速率任务或背景任务等特殊功能也可以使用 TargetLink 精确地描述和实施。对于 CLAAS 而言，TargetLink 和 OSEK 模块的结合意味着开发人员可以集中精力完成必要的开发任务。尽管模型很复杂，仍然可以使用 TargetLink 为单个功能（增量代码生成）和整个 ECU 网络快速生成高效代码。

“新的辅助功能显著提升了联合收割机的效率。我们依靠 dSPACE 的产品级代码生成器 TargetLink 开发收割机。”

Andreas Wilken, CLAAS



考虑了环境影响、驾驶行为和机器参数的收割过程。

CEMOS AUTOMATIC 辅助系统

CEMOS AUTOMATIC 辅助系统很好地诠释了软件在商用车行业的重要性。该系统首先作为 LEXION 740-780 系列联合收割机的可选功能实现了批量生产。借助于基于模型的开发和产品级代码生成，新功能的

实施和测试变得十分简单。所生成的代码十分可靠，没有错误，这让开发人员可以在很短的宝贵时间内集中完成最重要的任务，这就是在田间对机器进行最终的功能测试。■

Andreas Wilken, CLAAS

总结与展望

客户对于高效率、低油耗的现代化联合收割机的需求在稳步增加。CEMOS AUTOMATIC (CLAAS 电子化机器优化系统) 等辅助系统是久经考验的解决方案，其重要性日益凸显。产品级代码生成器 TargetLink 是这类辅助系统在开发过程中广泛使用的工具。TargetLink 便捷的功能支持开发复杂的控制系统，能够生成可靠的产品级代码。出于学习目的，TargetLink 模型还能用在 PC 上的虚拟 ECU 中，便于操作员在收割之前熟悉收割机。TargetLink 等工具

是激发创新的基石。在未来，AUTOSAR 等新标准将为开发分布式控制器和轻松地重复使用软件铺平道路。

Andreas Wilken

Andreas Wilken 在德国哈斯文克 CLAAS Selbstfahrende Erntemaschinen GmbH 公司负责功能系统领域前期开发工作。

