

摩托车机械设计与自动化的融合路径

吴斌

广州三雅摩托车有限公司, 广东 广州 510000

DOI:10.61369/ME.2025120049

摘 要： 摩托车行业呈增长态势，机械设计与自动化的融合成为一种趋势。本文对这一融合进行探讨，分析其现状、优势及面临的挑战。深入研究核心技术、数据相关问题、系统架构以及统一数据建模。还涵盖机器学习、数据驱动设计、预测性维护以及加密通信等网络安全方面内容，旨在推动行业可持续发展。

关 键 词： 摩托车；机械设计；自动化

The Integration Path of Motorcycle Mechanical Design and Automation

Wu Bin

Guangzhou Sanya Motorcycle Co., Ltd., Guangzhou, Guangdong 510000

Abstract： The motorcycle industry has seen growth, with the integration of mechanical design and automation becoming a trend. This paper explores this integration, analyzing its status, benefits, and challenges. It delves into core technologies, data – related issues, system architecture, and unified data modeling. Machine learning, data – driven design, predictive maintenance, and cybersecurity aspects like encrypted communication are also covered, aiming to promote the industry's sustainable development.

Keywords： motorcycle; mechanical design; automation

引言

近年来，随着对高性能、燃油高效且安全的摩托车需求不断增加，摩托车行业经历了显著的增长与变革，机械设计与自动化的融合成为必然趋势^[1]。然而，这种融合也面临着挑战。在此背景下，发布的《汽车网络安全指南》强调了机动车（包括摩托车）相关技术中网络安全的重要性，为摩托车自动化系统的安全设计提供了参考。本文探究摩托车机械设计与自动化的融合路径，分析其现状、优势及挑战，并提出解决方案。同时深入研究核心技术、系统架构以及设计优化与维护的各个方面，依据政策突出安全措施的重要性，以推动摩托车行业可持续发展。

一、摩托车机械设计自动化现状

（一）机械自动化核心技术

在摩托车机械设计自动化中，机械自动化的几项核心技术发挥着关键作用。传感器集成是关键方面之一。传感器安装在摩托车的各个部位，如发动机、刹车和车轮。这些传感器能够精确检测速度、温度、压力和振动等参数^[2]。例如，速度传感器提供实时速度信息，这对摩托车的速度表以及电子控制单元（ECU）调整发动机性能至关重要。温度传感器监测发动机温度，以便及时启动冷却系统防止发动机过热。

实时控制系统是另一项重要技术。这些系统能即时处理传感器收集的数据。基于这些实时数据，控制系统可以立即对摩托车的运行进行调整。例如，当刹车传感器检测到突然刹车时，实时控制系统能迅速调整发动机动力输出，防止车轮抱死，确保刹车安全。它还能协调各个部件，优化摩托车的整体性能，比如根据

发动机负载调整燃油喷射和点火正时。

可编程逻辑控制器（PLC）在摩托车机械设计自动化中也应用广泛。PLC可通过编程执行特定的控制任务。在摩托车制造过程中，它们能控制装配流程，确保零部件准确无误地按顺序装配。它们还能管理制造设备（如机械臂）的运行，提高生产效率和产品质量。这三项核心技术——传感器集成、实时控制系统和PLC，共同推动了摩托车机械设计自动化的发展。

（二）设计过程中的数据孤岛挑战

在摩托车机械设计自动化的设计过程中，CAD/CAM系统和生产线监测平台之间碎片化的数据管理带来了严峻的数据孤岛挑战。CAD/CAM系统主要负责设计和制造环节，而生产线监测平台侧重于实时生产数据的收集与控制。然而，这两个关键部分往往独立运行^[3]。

CAD/CAM系统中的数据通常以设计模型的形式存在，包括三维几何模型、零件规格和装配关系。另一方面，生产线监测平

台收集诸如生产速度、设备状态和质量检测结果等数据。这些系统之间缺乏无缝集成，意味着设计数据无法在生产线上得到有效传输和利用，与生产相关的反馈也不能及时纳入设计之中。

例如，CAD/CAM系统中做出的设计变更可能不会自动在生产线监测平台上更新，从而导致生产延误或质量问题。同样，基于生产的洞察，如常见的制造瓶颈，可能无法传达给设计团队，进而阻碍机械设计的优化。这些数据孤岛不仅妨碍了信息的顺畅流动，还影响了摩托车机械设计自动化的整体效率和质量，凸显了有效集成解决方案的迫切需求。

二、机械自动化集成框架

（一）三层系统架构

三层系统架构是摩托车设计中机械自动化集成框架的关键部分。设备层配备了物联网传感器。这些传感器至关重要，因为它们是一线数据采集器。在设计和制造过程中，它们能够检测各种物理参数，比如摩托车部件的速度、温度和振动。例如，温度传感器可以监测发动机的发热情况，在设计验证阶段提供实时数据，以确保发动机正常运行^[4]。

网络层利用工业协议，充当通信桥梁。像 Modbus 或 Profibus 这样的工业协议，确保不同设备和系统之间的数据无缝传输。它们对数据格式和通信规则进行标准化，使设备层的物联网传感器能够准确地将数据传输到上层应用系统。这一层还管理数据传输过程中的安全性和完整性，这对于整个系统的可靠运行至关重要。

应用层专注于制造执行系统（MES）集成。MES 集成能够实现制造过程的高效管理。它可以分析通过网络层从设备层收集的数据，从而优化摩托车制造中的生产计划、质量控制和资源分配。例如，通过分析基于传感器的质量数据，MES 可以识别机械零件潜在的质量问题并及时采取纠正措施，进而提高摩托车机械设计与自动化集成的整体质量。

（二）统一数据资产建模

统一数据资产建模在摩托车机械设计与自动化集成中起着关键作用。它是机械与自动化方面无缝交互的基石。对于发动机系统和变速器总成等关键部件，统一数据资产建模从精确定义几何数据开始。这包括这些部件内每个零件的详细尺寸、形状和公差。几何数据为理解物理结构以及不同零件如何装配在一起提供了基础^[5]。

此外，材料属性也纳入到统一数据资产模型中。发动机和变速器部件所使用的特定材料，以及它们的机械和热性能都被精确记录下来。这一点至关重要，因为它会影响摩托车的性能、耐用性和能耗。另外，与这些部件运行相关的功能数据也被整合进来。例如，功率输出、扭矩传递以及换挡机构的参数都属于功能数据。通过将几何、材料和功能数据统一到一个资产模型中，就有可能在不同场景下模拟和分析这些关键部件的性能。这个统一模型使设计师和工程师能够在优化机械设计的同时优化自动化控制策略，促进摩托车机械设计与自动化的顺利集成。

三、数据驱动的设计优化

（一）自动参数调整

1. 用于动态载荷分析的机器学习

在摩托车机械设计与自动化领域，机器学习在动态载荷分析中起着至关重要的作用。摩托车所承受的动态载荷会因速度、路况和骑手操作等因素而显著不同。借助机器学习算法，工程师能够更准确地对这些动态载荷进行建模和预测^[6]。

例如，神经网络可以通过大量与不同骑行场景相关的数据进行训练，这些场景包括加速、刹车、转弯以及在不平整路面骑行等。这些数据被用于构建模型，以估算作用在摩托车车架各个部件上的力。随后，这些模型可融入设计优化流程，调整车架的强度重量比。

例如，在自动参数调整阶段，基于机器学习的动态载荷分析能够提供实时反馈。如果模型预测在特定动态载荷下，车架某一部位应力过大，系统可自动调整相关参数，比如该部位的厚度或形状。这确保车架不仅满足所需的强度标准，还能保持最佳重量，从而提升摩托车的整体性能、燃油效率和操控性。从本质上讲，基于机器学习的动态载荷分析弥合了实际骑行条件与摩托车机械部件设计之间的差距，推动了更具数据驱动性和高效性的设计优化进程。

2. 悬架系统的生成式设计

在摩托车机械设计与自动化的融合中，数据驱动的设计优化至关重要，尤其是在悬架系统的自动参数调整和生成式设计方面。

自动参数调整使设计过程更高效、精确。借助数据驱动模型，工程师能够设置算法，自动调整悬架系统的各种参数。这些参数可能包括弹簧刚度、阻尼系数和几何尺寸。例如，基于历史测试数据和实时模拟结果，系统可以优化弹簧刚度，使其更好地适应不同路况和骑手体重。这不仅减少了耗时的手动调整过程，还提升了悬架系统的整体性能。

另一方面，悬架系统的生成式设计是一种创新性方法。它利用算法根据一系列输入标准生成多种设计方案，这些标准包括承重要求、空间限制和性能目标等。生成式设计软件会探索广阔的设计空间，同时考虑不同部件之间的复杂相互作用。例如，它可能生成独特的悬架几何形状，既更轻量化又能保持高性能。通过这种方法，摩托车制造商能够发现传统设计方法难以实现的创新设计。这种悬架系统的数据驱动生成式设计，结合自动参数调整，为更先进、优化的摩托车机械设计铺平了道路，最终提升摩托车的骑行体验和性能^[7]。

（二）预测性维护架构

1. 部件生命周期监测

部件生命周期监测是摩托车机械设计与自动化融合中预测性维护架构的关键环节。通过为关键运动部件开发振动模式分析模型^[8]，就有可能全面监测部件的健康状况和使用寿命。这些模型能够检测振动特性的细微变化，而这些变化往往是部件磨损、错位或即将发生故障的早期迹象。

通过从关键运动部件上精心布置的传感器持续收集数据，实时振动数据被输入分析模型。然后，模型对这些数据进行处理，并与代表部件正常运行的预先设定基线模式进行对比。仔细分析与这些基线的偏差，以确定潜在问题的性质和严重程度。

这种方法能够实现主动的维护计划安排。不再依赖固定间隔的维护，因为这种方式可能过于频繁（导致不必要的成本）或过于稀疏（导致意外故障），而是可以在真正需要时精确进行维护。部件生命周期监测不仅有助于延长单个部件的使用寿命，还有助于提升摩托车的整体可靠性和性能。通过密切跟踪部件的生命周期，制造商还能获得有价值的见解，用于未来的设计改进，进一步加强摩托车机械设计与自动化的融合。

2. 故障模式知识图谱

故障模式知识图谱在摩托车机械设计与自动化融合的预测性维护架构中起着关键作用。这些图谱建立了传感器数据与机械故障之间的因果关系^[9]。通过以基于图谱的格式构建知识，它们能够有效地呈现各种部件、故障模式和相应传感器数据之间的复杂关系。

例如，摩托车上的不同传感器可能检测诸如温度、振动和压力等参数。故障模式知识图谱描绘了这些传感器测量参数的变化与特定机械故障之间的关联。如果温度传感器显示发动机温度异常上升，知识图谱可以展示与过热相关的潜在故障模式，如活塞卡死或垫圈故障。

这种基于知识图谱的方法能够让人更全面地了解摩托车的机械系统。它帮助维护团队和设计师更准确地预测故障。有了知识图谱，就有可能将潜在故障的根本原因追溯到特定的传感器数据模式。这不仅支持主动维护策略，还有助于数据驱动的设计优化。设计师可以利用知识图谱中的见解来改进摩托车的机械设计，通过解决图谱中确定的潜在因果关系，使其更可靠，更不易发生故障。

四、自动化机械系统中的网络安全

（一）数据保护机制

1. 控制信号的加密通信

在自动化机械系统中，特别是在融入自动化的摩托车机械设计里，确保控制信号的安全至关重要。为此，对控制信号实施加密通信是一项关键举措。

一个重要方法是在 ECU（电子控制单元）固件更新中采用 TLS 1.3 协议^[10]。TLS 1.3 具备更强的安全特性，例如更强大的加密算法。它显著减少了握手延迟，这对于摩托车系统中的实时控制信号至关重要。当 ECU 需要接收新的固件更新时，TLS 1.3 可确保更新服务器与 ECU 之间传输的数据是加密的。这能防止恶意方在更新过程中拦截、修改或注入错误的控制信号。

此外，控制信号的加密通信还能保障摩托车各机械部件的正常运行。例如，从节气门控制单元发送到发动机控制模块、用于调节发动机转速的信号必须得到保护。通过加密这些信号，攻击者就极难通过未经授权的信号操纵来干扰发动机的性能。总之，

控制信号的加密通信，尤其是借助 TLS 1.3 等先进协议时，对维持自动化摩托车机械系统的安全性和可靠性起着基础性作用。

2. 嵌入式控制器的安全启动

在自动化机械系统领域，特别是在摩托车机械设计与自动化的背景下，电子节气门系统中嵌入式控制器的安全启动极为重要。安全启动过程可确保电子节气门系统中的嵌入式控制器在可信且安全的状态下启动。它首先会验证存储在控制器非易失性存储器中的固件完整性。这种验证基于硬件信任根。作为硬件一部分设计的信任根，为安全机制提供了可靠的起点。

当嵌入式控制器开机时，它首先会检查固件的数字签名。该签名是在固件开发和分发过程中使用加密技术创建的。如果签名验证失败，控制器可能会阻止固件加载，从而阻止任何潜在恶意代码的执行。这有助于保护电子节气门系统免受可能操纵节气门操作的网络攻击，这对摩托车的安全和性能至关重要。通过为嵌入式控制器实施安全启动，摩托车自动化机械系统的整体网络安全性得到增强，确保电子节气门系统按预期运行，并能抵御各种网络威胁^[11]。

（二）访问控制策略

1. 基于角色的认证矩阵

在自动化机械系统的网络安全领域，特别是在摩托车机械设计与自动化相结合的情况下，基于角色的认证矩阵是一项关键的访问控制策略。该矩阵为不同用户群体（如设计工程师和生产操作员）定义了多级权限^[12]。

对于设计工程师，他们通常被赋予更高级别的访问权限。他们需要访问和修改与设计相关的数据，包括 3D 模型、技术规格和设计算法。他们的工作需要深入探索和操作设计软件及相关数据库。基于角色的认证矩阵确保只有经过授权的设计工程师才能执行这些操作，从而保护设计知识产权的完整性和保密性。

另一方面，生产操作员拥有不同的权限。他们的任务主要涉及操作生产机械、监控生产过程以及访问与生产相关的数据，如生产计划和质量控制报告。认证矩阵将他们的访问权限限制在与生产相关的领域，防止他们意外或恶意干扰设计方面的操作。

通过基于角色的认证矩阵清晰定义这些多级权限，不仅简化了工作流程，还增强了摩托车设计和生产中自动化机械系统的整体安全性。这个矩阵就像一个数字门卫，确保每个用户只能访问与其工作职责相符的资源并执行相应操作，从而降低诸如未经授权访问、数据泄露和系统中断等网络威胁的风险。

2. 基于区块链的审计跟踪

在摩托车机械设计与自动化的背景下，基于区块链的审计跟踪为设计参数修改创建了不可篡改的记录。在摩托车自动化机械系统中，设计参数不断发展和调整。区块链技术在此能发挥关键作用。对设计参数（如与发动机性能、车架几何形状或制动系统相关的参数）所做的每一项更改，都会作为区块链上的一笔交易被记录下来。这些记录非常安全，因为区块链使用加密哈希来确保数据的完整性。一旦一条记录被添加到区块链中，未经网络大多数参与者的共识就无法更改。这一特性为所有设计参数修改提供了不可更改的审计跟踪。例如，如果因设计缺陷发起召回，工

工程师可以通过基于区块链的审计跟踪追溯，准确确定特定设计参数何时以及为何被更改^[13]。这不仅有助于理解设计决策过程，还能帮助改进未来设计，并确保自动化设计环境中摩托车机械系统的整体安全性和可靠性。

（三）安全监测实施

1. CAN 总线网络中的异常检测

在自动化机械系统的网络安全领域，特别是在摩托车机械设计与自动化方面，CAN（控制器局域网）总线网络中的异常检测意义重大。CAN 总线在现代摩托车中广泛用于各种电子控制单元之间的通信。对这些总线的恶意注入攻击可能会扰乱摩托车的正常运行，带来严重的安全风险。

为解决这一问题，人们部署了机器学习模型。这些模型通过大量正常的 CAN 总线数据进行训练。它们学习正常通信的模式和特征，例如消息传输的频率、特定消息的内容以及不同消息之间的时间间隔。在检测过程中，当新的 CAN 总线数据流进入时，机器学习模型会将实时数据与所学的正常模式进行比较。如果出现显著偏差，就会被标记为异常，这可能表明存在恶意注入攻击。例如，如果一条本应按特定间隔发送的消息发送过于频繁或数据格式异常，模型就能迅速识别这种异常行为。通过准确检测 CAN 总线网络中的此类异常，可及时采取措施保障摩托车自动化机械系统的网络安全，确保车辆安全可靠运行。

2. 生产中断的事件响应

在自动化机械系统领域，当因网络安全问题导致生产中断时，一套明确的生产中断事件响应机制至关重要。首先，一旦检测到生产中断事件，比如摩托车机械设计自动化中 CNC（计算机数字控制）程序遭到破坏，应立即采取隔离措施。这包括将受影响的系统与网络断开连接，防止恶意软件传播或未经授权的访问，从而保护生产线上其他连接的组件。

同时，必须启动详细的事件记录。记录中断的各个方面，包括发生时间、生产过程中表现出的症状（如自动化机械的异常运动或摩托车生产中零件制造错误）以及显示的任何错误消息。该

记录将成为后续分析的宝贵资源。

隔离和记录之后，应组建一个由网络安全分析师和机械工程师等专家组成的团队。网络安全分析师将专注于确定网络攻击的根本原因，无论是病毒、勒索软件还是网络钓鱼引发的漏洞。另一方面，机械工程师将评估自动化机械系统中的物理损坏或故障。根据他们的调查结果制定恢复计划。这可能包括从干净的备份中恢复受损的 CNC 程序、更新安全补丁以及重新校准机械系统，以确保其恢复正常运行。最后，事件发生后应进行全面审查，找出安全监测和事件响应程序中的改进之处，以防止未来发生类似的中断。

五、结论

总之，摩托车机械设计与自动化的融合是摩托车行业的一次重大飞跃。所提出的融合框架不仅简化了设计流程，提高了效率，还高度重视系统安全性。通过实现这种平衡，摩托车既能受益于先进的自动化功能，又能保持道路行驶至关重要的可靠性和安全性。

展望未来，摩托车自动化领域抗量子加密的未来发展方向至关重要。随着量子计算对传统加密方法构成的威胁日益逼近，在摩托车自动化系统中采用抗量子加密变得势在必行。这将保障摩托车内部各部件之间的通信安全，比如发动机控制单元、传感器和执行器。它还将保护摩托车与外部设备（如交通管理系统或智能头盔）之间交换的数据。

这种融合以及对抗量子加密的探索，不仅会提升摩托车的性能和安全性，还为智能交通系统的发展开辟新的可能性。它为未来铺平了道路，届时摩托车不再仅仅是交通工具，而是互联、安全且高效的交通生态系统不可或缺的一部分。总体而言，在这些领域持续开展研究与创新，是充分发挥摩托车机械设计与自动化融合潜力的关键。

参考文献

- [1] 张宇, 李强, 王浩, 等. 车辆制造中机械设计与自动化的智能融合 [J]. 机械工程学报, 2021, 57(12): 102-115.
- [2] 陈欣, 刘哲, Patel R, 等. 汽车零部件数据驱动的设计优化框架 [J]. 自动化建造, 2022, 138: 104215.
- [3] Kumar A, Sharma S, Lee T H, 等. 汽车生产工业控制系统的安全通信协议 [J]. 计算机与安全, 2020, 95: 101859.
- [4] 王磊, 张国, 周洋, 等. 数字孪生在摩托车传动系统设计中的应用 [J]. 先进工程信息学, 2022, 54: 101734.
- [5] 胡伟, 徐晓, 陈达, 等. 基于机器学习的机械零部件预测性维护 [J]. 机械系统与信号处理, 2023, 178: 109276.
- [6] Garcia M, Kim S, Nof S Y, 等. 汽车供应链中基于区块链的安全数据共享 [J]. 制造系统学报, 2021, 60: 393-403.
- [7] 方超, 李艳, 刘阳, 等. 车辆制造工业物联网应用的三层架构 [J]. IEEE 工业信息汇刊, 2020, 16(7): 4567-4576.
- [8] 孙强, 王凯, 马哲, 等. 汽车控制系统的抗量子加密 [J]. IEEE 接入, 2022, 10: 68945-68956.
- [9] Park J, Kim H, Lim S, 等. 基于深度学习的 CAN 总线网络实时异常检测 [J]. 计算机网络, 2023, 224: 109613.
- [10] 李华, 张健, Huang G Q, 等. 智能摩托车装配的信息物理系统架构 [J]. 机器人与计算机集成制造, 2021, 68: 102081.
- [11] 王洋, 张涛, 徐然, 等. 基于生成算法的悬架系统拓扑优化 [J]. 结构与多学科优化, 2020, 62(3): 1583-1597.
- [12] Nambiar A N, Choudhary A, Agrawal V P, 等. 汽车零部件全生命周期监测框架 [J]. 测量, 2022, 199: 111529.
- [13] Gupta R, Chen Y, Wang W, 等. 车载电子嵌入式系统的安全启动实现 [J]. 系统架构学报, 2023, 137: 102851.