

汽车生产线AGV机械系统的 模块化设计探讨

梁宽, 高思远

沈阳新松机器人自动化股份有限公司 辽宁沈阳 110169

摘要: 汽车生产线对AGV多样化与个性化的需求, 极大增加了研发的时间与成本投入。为解决这一难题, 依托实际项目, 以汽车生产线AGV机械系统为研究对象, 对其进行了模块划分与设计, 保证各模块的通用性与可扩展性; 同时, 研究了模块接口组装技术, 以提升模块互换的速度与准确性。最终, 通过模块化设计实现了满足不同客户要求的AGV机械系统高效且低成本的开发。

关键词: 汽车生产线; AGV; 机械系统; 模块化设计; 接口组装

DOI:10.16173/j.cnki.ame.2025.06.014

AGV自动引导车凭借其高效、灵活且精准的自动化搬运能力, 在汽车生产线中得到了广泛应用^[1-3]。它的应用不仅实现了汽车生产流程的精准管控和优化升级, 还极大地促进了信息与物理系统的深度融合, 为工业4.0背景下的智能工厂构建提供了坚实的技术支撑, 并有力推动了汽车制造业向更高水平的智能化、自动化方向发展。

由于不同汽车生产线在工艺流程、生产规模、零部件种类及生产环境等方面存在显著差异, 其对AGV的需求也呈现出多样化与个性化的特点^[4]。这就使得AGV的设计与制造面临更高的复杂性和难度, 需要针对不同客户的具体需求进行定制化研发, 从而耗费大量的时间与成本。模块化设计理念的提出为解决这一问题提供了有效思路。模块化设计通过模块的合理

划分、模块的通用化设计以及模块的灵活组合, 以实现研发效率的极大提高^[5-6]。模块化设计能够快速适应AGV市场需求变化, 是实现高效研发设计出满足不同客户要求的AGV的有效途径。

本文探讨了汽车生产线AGV机械系统的模块化设计。根据实际项目需求, 按照功能和结构特点对某货车动力总成五条分装线上的AGV机械系统进行了模块划分与设计, 并完成了接口的设计, 保证了夹具快速且准确的更换。最终实现AGV机械系统高效快速地研发, 降低设计与制造成本的同时, 也提高维修便利性与系统的可扩展性。

项目介绍

某项目货车动力总成AGV生产线的流程如图1所

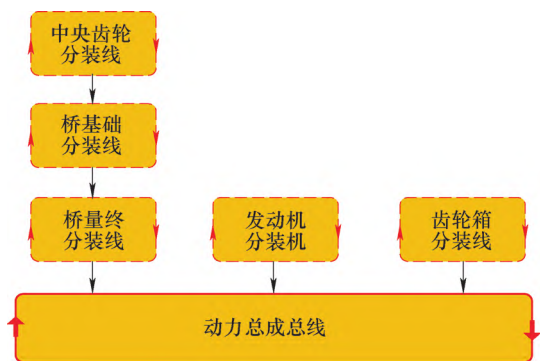


图1 某货车动力总成生产线流程

示，在动力总成生产总线下设计有三条支线，共包含五条分装线。

中央齿轮分装线、桥基础分装线以及桥最终分装线共同组成桥分装支线。具体而言，中央齿轮分装线主要是将中央齿轮及其相关部件进行组装和调试，确保齿轮系统的正常运转，后通过人工操作吊具的方式移栽到桥基础分装线；桥基础分装线完成桥壳、轴承等关键部件的安装，为后续的桥最终组装打下基础；桥最终分装线接收并整合来自桥基础分装线的动力部件，在桥基础分装线的基础上，进行桥的最终组装，确保桥系统的完整性和功能性。

发动机分装支线主要是组装和调试动力总成的核心部件发动机，包括发动机本体、燃油系统、冷却系统等关键部分的组装调试。齿轮箱分装线完成齿轮箱及其内部齿轮、轴承等部件的组装，确保齿轮箱的传动效率和稳定性。最终，这三条支线将各自装配完成的部件移栽至动力总成总线，由总线统筹完成动力系统的最终组装。

该项目要求为五条分装线设计AGV小车。按照传统的设计方法，每条分装线均需独立设计专属的AGV小车，则五条分装线共需设计5种不同的AGV小车，以确保各分装线装配任务的顺利完成。这种设计方法不仅会显著增加企业的设计制造成本，还不利于后期设备的维修与升级。相比之下，若采用模块化设计方法，则仅需要设计一款通用性强、适应性广的AGV小车，便能够满足所有分装线的需求，既节省了成本，又提升了维护升级的便捷性。

设计实例

根据某货车项目要求，应用模块化设计方法，为

其五条分装生产线设计了一款通用型AGV小车的机械系统。这款机械系统通过高度集成的模块化组件，实现了对各分装线物料搬运任务的高效适配，确保了在不同生产线间灵活切换的能力。模块化设计使得AGV小车的结构更加紧凑、稳定，同时便于后期的维护、升级以及故障排查，提升了生产效率，并降低了运营成本。

1. 模块划分与设计

考虑部件功能的互换性与相对独立性以及结构部件的尺寸互换性，根据功能和结构的模块划分方法，将五条分装线的AGV小车机械系统划分为五个模块，分别为车架模块、举升模块、驱动模块、旋转模块以及夹具模块。模块化设计的结果如图2所示。

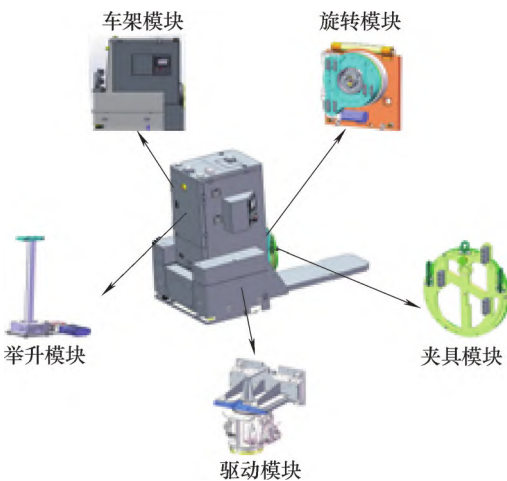


图2 AGV机械系统模块设计

车架模块的设计，布局合理紧凑，并保证了其能承载续驶、驱动、通讯、防碰撞、电源以及车载控制等所有关键功能部件，并为这些部件提供安装平台。车架模块设计了电池仓、电气仓、举升仓，仓体各面采用钢板焊接成一个封闭的内腔，预留一定数量的排风扇安装孔，用于安装散热风扇。仓体的盖板四周有胶条密封，起到很好的防尘密封作用。

举升模块设计有丝杠举升机构、举升电动机等，以保证实现对不同高度零部件的自动举升、搬运和放置。直流伺服电动机通过电机连接支架与丝杠提升相连接，伺服电动机旋转时带动丝杠提升完成上升和下降的动作。所设计的举升机构最大负载为1500kg，举升行程为550~1250mm，保证了不同生产线对不同作

业高度与负载的要求。

驱动模块设计有行走电动机、行走减速器、行走轮片、转向电动机、转向减速器、驱动轮、随动轮等。电动机提供动力源，减速器则用于降低转速、增大扭矩，确保AGV小车在承载重物时仍能保持稳定的运动状态，行走轮片与驱动轮，起到支撑小车整备质量，使AGV小车能够前进、后退和转向。同时，设计了随动轮为万向行走轮，其承载力大，转动灵活，随动轮与驱动轮共同构成轮系结构，六点支撑车体，形成一个稳定的支撑形式。

旋转模块的设计实现了夹具与AGV的连接，并保证夹具能实现不同角度的旋转。设计的旋转模块行程为 $-225^{\circ} \pm 90^{\circ}$ ，以实现不同分装线部件安装角度的要求。

夹具模块的设计确保了AGV在自动化搬运过程中，能够夹持和搬运各种形状、尺寸的零部件，通过精确的夹持和固定，防止零部件滑落或倾斜，减少零部件在运输过程中的震动和冲击，保护零部件不受损坏，实现零部件的无损转移和高效搬运。

针对该项目模块化设计的货车动力总成生产线AGV小车机械系统，只需更换夹具模块，其他模块无需更换，即可满足五条不同分装线的生产需求，极大减少了该企业的成本投入。

2. 接口设计

接口设计是模块化设计成功与否的关键。合理的接口设计可以降低各模块间组装的难度，并实现快速的互换与连接。

依据该项目设计的AGV机械系统通过更换不同的夹具模块，即可灵活适应五条分装线的多样化生产需求。而其他模块的互换则主要用于满足维修与升级的需要。综合考虑机械系统各模块功能及互换频率，为所设计的AGV机械系统设计了两种模块接口方式：夹具模块与旋转模块采用插销连接（见图3），以便快速更换夹具，满足高效生产切换需求；其他模块则采用螺栓连接，确保连接的稳固性与可靠性，同时便于维修与升级操作。

插销连接是一种灵活且可调的连接方式，便于模块间的快速切换，但必须保证插销的精确定位与良好配合。为此，本项目设计了开关组配合插销连接，以

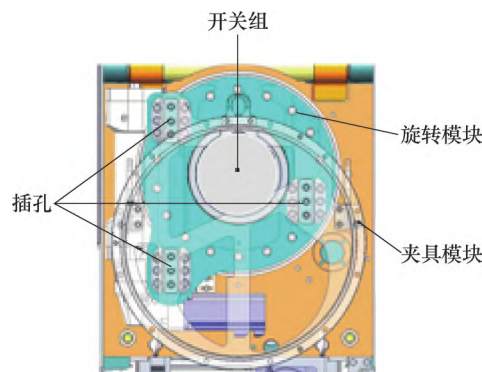


图3 插销连接方式示意

保证插销定位的准确性，实现夹具模块快速且准确的互换。更换夹具模块时，保证将模具上的插销插入旋转模块的插孔中的同时，也要通过开关组确认夹具是否正确到位且安转完成。

效果探讨

1.快速设计，降低设计成本

模块化设计是将AGV机械系统拆分成多个独立的具有特定功能的模块，每个模块设计完成后，可以在不同的AGV机械系统设计中重复使用。在新产品的设计中，无需从头开始设计每个组件，只需对有不同需求的模块重新设计即可，再与现有的标准化模块进行组合配置，就可以快速构建出满足特定需求的AGV机械系统，这大大提高了设计效率，缩短了设计周期，降低了设计成本。

2.快速交付，降低制造成本

模块化设计使得AGV制造商可以预先生成标准化的模块，这大大缩减了新产品生产制造时间。且模块化设计的AGV机械系统在现场安装时更加简单快捷，各个模块已经预组装和测试过，也减少了现场安装和调试的时间，使得AGV系统能够更快地完成交付，投入使用。同时，由于标准模块的批量化加工也降低了AGV的制造成本。

3.快速维护，提高维修便利性

当AGV机械系统出现故障时，维修人员可以快速定位到具体的故障模块，而无需进行整个系统的全面排查。模块化设计使得AGV的零部件更加通用化，

降低了备件的成本，企业可以针对常见故障模块准备备件，在故障发生时可以迅速更换备件，恢复系统运行，最大限度地减少系统停机时间。同时备件的管理和存储也更加方便和高效。因此，模块化的设计简化了维修过程，提高了维修速度和便利性。

4.快速升级，提高系统可扩展性

模块化的设计将AGV机械系统划分为多个独立的功能模块，每个模块负责特定的功能。这种设计方法使得每个模块可以独立升级，而无需对整个系统进行大规模改动，加快升级的速度。且模块化接口设计具备即插即用功能，AGV机械系统可以根据实际需求进行灵活配置，当需要扩展系统功能时，只需添加或更换相应的模块即可，从而提高了系统的可扩展性。

结语

本文应用模块化设计理念，为某汽车生产线设计了一款通用型AGV机械系统，实现只需更换夹具模块就可满足其五条分装线生产需求。先按照功能和结构，对其AGV的机械系统进行了模块的划分，并完成了各模块的设计；后根据各模块功能及互换频率，

设计了不同的接口组装方式，保证了各模块稳固可拆卸的连接，也实现了夹具模块快速互换的生产需求。AGV机械系统的模块化设计，在满足不同客户的定制需求的同时，加快了开发速度，降低了成本，并提高维修与扩展升级的便利性。

参考文献：

[1] 闵四宗，祖基龙，刘家昶.自动导向车AGV开发技术综述与展望[J].汽车工艺师，2022（9）：34-36.

[2] 刘敏伟.汽车生产行业精益物流系统中AGV自动导引车的设计研究[D].苏州：苏州大学，2016.

[3] 于海月，董欣阳.AGV系统关键技术及其在汽车总装车间的应用[J].汽车工艺师，2023（1）：42-45

[4] 李逸琛.基于模块化的新能源汽车底盘设计研究[D].长沙：湖南大学，2020.

[5] 韦圣兵.模块化设计对汽车多功能底盘性能的影响[J].汽车与驾驶维修（维修版），2025（2）：57-59.

[6] 湛雪姣，余云，谢佳宾.复杂装备模块化设计技术及应用[J].装备制造技术，2024（5）：118-120，136.

AUTO1950

汽车工艺师 2025年 第6期 广告目次 Advertisement Catalogue

单位名称	查询编号	位置
汽车工艺师		封面
金粉商城	8000	封二
《汽车工艺师》杂志订阅	0001	封三
公益广告	8000	封底
SMALLEY钢圈有限公司	8086	1
公益广告	0001	2