

无人驾驶载货汽车线控底盘 关键技术研究

刘艳萍¹, 张军海², 林方军²

1. 烟台科技学院海洋工程学院 山东烟台 265600

2. 山东蓬翔汽车有限公司研发中心 山东烟台 265600

摘要: 针对无人驾驶载货汽车领域商用发展缓慢的问题, 从线控底盘方面进行关键技术的分析和研究, 重点展开线控节气门、线控转向、线控制动三个关键模块在人工驾驶和无人驾驶两种模式下的运行机制分析, 对无人驾驶线控底盘技术的发展具有一定的借鉴和指导意义。

关键词: 线控节气门; 线控转向; 线控制动

DOI:10.16173/j.cnki.ame.2024.07.006

近年来, AI人工智能的快速发展引发了全球范围内的无人驾驶热潮。无人驾驶这项技术已经逐渐成熟, 一方面各种类型的企业不断涌现, 另一方面各级政府也推出了支持无人驾驶的相关政策^[1]。

目前国内外无人驾驶乘用车的研发和商用有了一定的规模和基础, 但是在无人驾驶载货汽车方面发展较为缓慢, 且主要是在商用车底盘上进行线控改造, 改造技术尚不成熟且改造费用较高。针对仓储、物流、码头、大型基础建设项目及矿业环境, 在封闭式或半封闭交通环境下的无人驾驶以及排队通行需求呈现快速增长的局面, 对载货汽车底盘节气门、转向及制动线控关键技术进行研究和集成, 并提出解决方案。

无人驾驶载货汽车线控底盘整体方案设计

目前, L3车规级无人驾驶载货汽车在全球范围内被广泛探讨。为实现无人驾驶, 需配备先进的车载传

感器、控制系统和执行装置等, 同时还需融合互联网技术和人工智能技术等^[1], 使载货汽车能够在封闭式或半封闭交通环境下无人驾驶来进行物料转运。载货汽车无人驾驶系统包含四大模块: 定位与感知层、决策和规划层、控制层及执行层。执行层是指底层的驱动系统, 如节气门、制动、转向、变速和车桥做相应的操作动作, 也是无人驾驶车辆线控底盘的层面。

车辆的线控系统是无驾驶技术最终执行端, 图1所示为载货汽车线控底盘关键模块结构方案, 主要包括线控节气门(驱动)、线控转向及线控制动三大模块。根据整车运行需求, 智能驾驶VCU向驱动、转向及制动发送指令, 实现无人驾驶。线控系统也是影响车辆安全的重大要素。

无人驾驶载货汽车线控底盘关键技术

1. 线控节气门系统 (ABW)

节气门控制系统是无驾驶车辆最基本的控制系统之一, 在车载雷达和各种传感器的数据采集支持

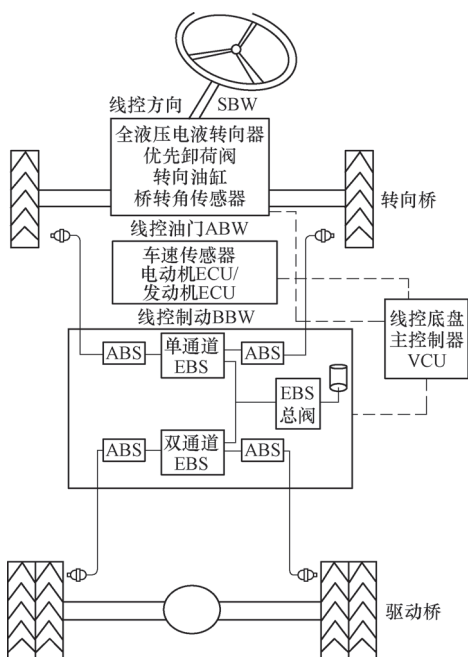


图1 载货汽车线控底盘关键模块结构方案

下，车辆能够在电子控制单元（ECU）的控制下做出速度调整的决策。

图2所示为燃油发动机线控节气门系统工作原理图，线控节气门系统由整车智能驾驶VCU、CAN、电子节气门踏板、发动机ECU、传递线路及喷油泵等组成。传感器主要包括转速传感器和车速传感器等。

（1）人工驾驶模式 电子节气门通过驾驶人控制节气门踏板的位置发送模拟电压信号给发动机ECU，ECU接收电子节气门信号后，向喷油泵发送喷油量命令，发动机转速传感器将转速反馈给ECU，ECU通过CAN通信将转速信息发送至仪表，驾驶人根据仪表转速显示确认节气门需求状态。

（2）无人驾驶模式 智能驾驶VCU根据整车运

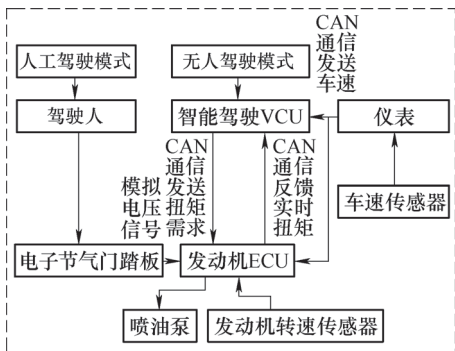


图2 燃油线控节气门系统模块工作原理

行需求，通过CAN通信向发动机ECU发送扭矩需求，ECU接收扭矩需求后向喷油泵发送喷油量指令，发动机ECU通过CAN通信将发动机扭矩信息发送给VCU控制器，VCU根据发动机ECU反馈扭矩信息确认是否满足扭矩需求。

当驾驶人踩踏节气门踏板时，发动机ECU接收到电子节气门踏板位置信号^[2]，节气门系统自动从无人驾驶切换到人工驾驶模式。

图3所示为电动机线控节气门系统工作原理图。智能驾驶VCU通过接收节气门踏板发送的模拟电压信号，综合其他传感器的数据，分析驾驶人的操作意图，进一步通过内置程序向电动机TCU发送扭矩需求信号，电动机控制器控制电动机电流，达到所需扭矩。线控驱动时电动机TCU在接收到相关请求后，向电动机控制器发送指令，通过调整电动机电流，实现控制车速的目的。

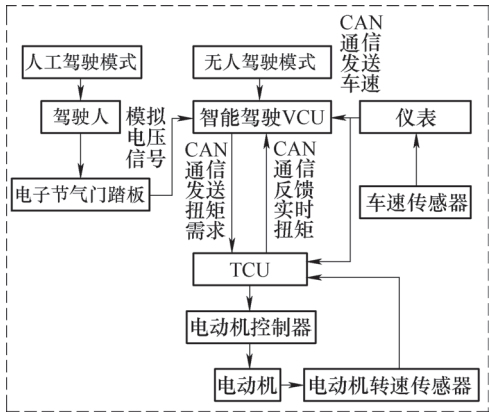


图3 电动机线控节气门系统模块工作原理

2.线控转向系统（SBW）

线控底盘转向系统在全液压转向结构的基础上，将PVED液压电控模块、转向控制器与转向器集成为电液转向器，同时增加转向盘转角传感器和前桥转角传感器，通过闭环控制策略，实现线控转向，如图4所示。

将转向控制器与PVED液压电控模块集成到电液转向器中，因此整个转向系统与原有车辆转向系统安装差异不大，只需要增加相应的控制线路，其原理如图5所示。

（1）人工驾驶模式 在驾驶人操纵转向盘的情况下，转向盘通过转向管柱与摆线液压转向器机械连

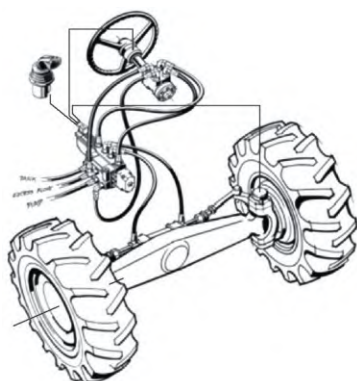


图4 线控转向系统结构

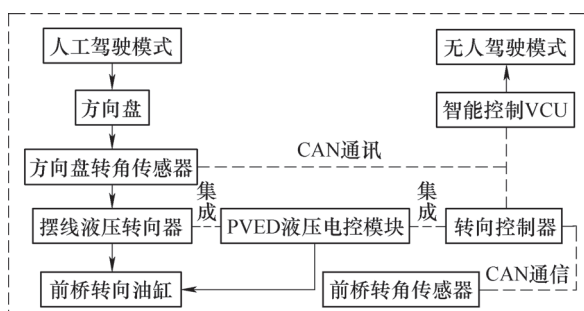


图5 线控液压转向系统工作原理

接，直接通过转向器控制转向助力缸，完成转向动作。

(2) 无人驾驶模式 智能控制VCU根据感知系统判定，向转向控制器发送命令，转向控制器将转向命令发送给PVED液压电控模块，电控模块控制液压油输入到前桥转向助力缸进行转向，同时前桥转角传感器将转角反馈给转向控制器，控制器根据反馈确认是否完成转向指令。此时前桥的转角传感器将实际转角数据通过CAN通信反馈给智能驾驶控制VCU，进行修正调整，实现自动驾驶转向功能。

无人驾驶过程中，若人工接管方向盘，方向盘转角传感器将转向管柱转角发送给转向控制器，转向系统自动切换为人工驾驶模式。

3. 线控制动系统 (BBW)

制动系统由气泵、制动总泵、单双通道EBS、ABS、EPB模块、轮速传感器及EBS-EPB-ESC控制器等装置组成。为实现线控制动系统的功能，将传统气制动继动阀升级为电控单双通道模块，驻车继动阀升级为EPB模块，并增加了ABS和制动系统控制器，可以实

现与整车通信。

结合对汽车总体稳定性控制的考量，同时考虑到紧急制动系统 (EBS) 和车身稳定控制系统 (ESC) 的融合性，把ESC纳入到线控制动系统技术范畴之内。图6所示为线控制动系统的工作原理图。

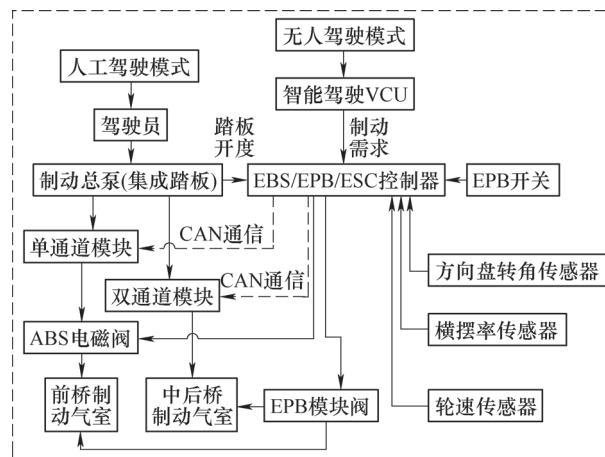


图6 线控制动系统工作原理

(1) 人工驾驶模式 当驾驶人脚踩制动踏板时，制动踏板开度输入至EBS-EPB-ESC控制器，该控制器接收到制动踏板开度信号后自动退出无人驾驶模式，踏板控制制动总泵向单双通道输入控制气。单双通道接收控制气源后，向制动气室输出制动气源，配合ABS系统，整车完成行车制动。驻车制动，需要人工打开驻车制动EPB开关。

(2) 无人驾驶模式 车辆感知与决策集成系统产生制动指令，智能驾驶控制单元VCU计算出车辆所需的目标速度，并将此信息经由CAN总线传递至EBS-EPB-ESC控制器^[3]，随后该控制器按照智能驾驶VCU发出的制动指令，向单、双通道发送行车制动命令，在ABS系统配合下，整车完成无人驾驶行车制动。当车辆感知与决策集成系统提出停车制动需求时，智能控制VCU直接向EPB模块阀发送驻车命令，实现整车驻车制动。

结语

纵观国际趋势，载货汽车逐渐迈向更大型、智能化和无人化的进程。因商用车驾驶员少、薪资成本上升、劳动力匮乏以及驾驶安全等紧迫问题，迫切需要开发并普及自动驾驶技术。这将释放驾驶人的劳动力，降低事故和职业病带来的风险，减少驾驶员因驾

(下转第54页)

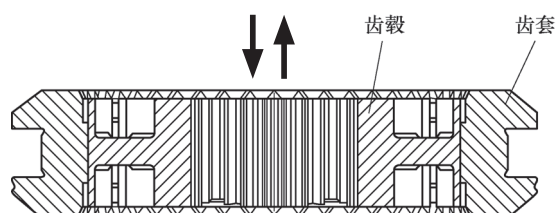


图6 齿毂、齿套合件

4.零件花键齿顶倒角影响

花键齿顶倒角控制如图7所示，需要在合理范围内。一般情况下不能小于 0.05° 。如果倒角比较小，零件加工过程中容易产生毛刺，出现与配合件之间干涉，影响换挡性能。同时，倒角也不能太大，需要保证与配合件之间有效的接触范围。

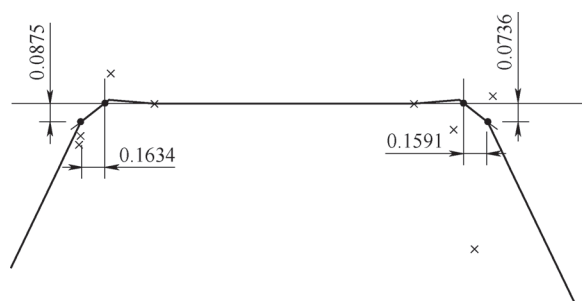


图7 花键齿顶倒角控制

5.零件花键齿形精度影响

同步器齿毂、齿套的配合，是靠花键联接，花键齿形精度直接影响配合质量。如果花键齿形有异常凸起，齿毂、齿套相对滑动时会产生卡滞的风险，影响配合的自滑性，从而影响换挡性能。

图8所示是花键齿形有凸起的报告，这样会影响换挡自滑性效果。图9所示是齿形没有明显凸起的报告，换挡自滑性比较好。

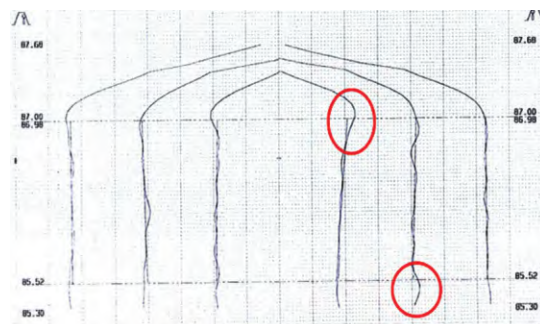


图8 花键齿形有凸起时换挡自滑性

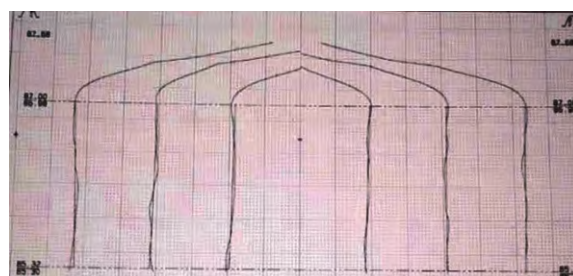


图9 花键齿形无凸起时换挡自滑性

结语

以上是针对影响汽车同步器换挡性能的分析，主要从花键齿向精度、表面粗糙度、装配自滑性、花键齿顶倒角及花键齿形精度等方面进行描述。希望这些内容，对从事相关行业的人士有所帮助。 **AUTO1950**

（上接第51页）

驶问题带来的工作时间的延误，提高车辆利用率和运输效率。

线控底盘是无人驾驶载货汽车关键的部分，从线控底盘模块结构方案及线控节气门（驱动）、线控转向及线控制动三大模块方面展开系统工作流程和关键技术研究。无人驾驶载货汽车线控底盘关键技术的研究，是解决我国无人驾驶载货汽车推进缓慢的重要举措，同时也可提升企业的创新能力，提升市场的竞争力。

参考文献：

- [1] 袁政，米承继，刘洲，等.自动驾驶矿卡底盘线控改装设计研究[J].汽车实用技术，2021，46（12）：14-18.
- [2] 徐金榜，赵泓昊，熊文羽，等.基于IMC原理的电子节气门控制策略[J].控制与决策，2018，33（12）：2277-2282.
- [3] 赵苗苗，陈志元，袁葭杰.基于纯电动客车自动驾驶线控底盘技术[J].客车技术与研究，2020，42（6）：15-18. **AUTO1950**