



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 107977000 B

(45) 授权公告日 2021. 11. 02

(21) 申请号 201711174283.1

(22) 申请日 2017.11.22

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 107977000 A

(43) 申请公布日 2018.05.01

(73) 专利权人 清华大学
地址 100084 北京市海淀区清华园1号

(72) 发明人 黄晋 杨帆 赵曦滨 高跃
黄思光

(74) 专利代理机构 北京律谱知识产权代理事务
所(普通合伙) 11457

代理人 罗建书

(51) Int. Cl.
G05D 1/02 (2020.01)

(56) 对比文件

CN 105365851 A, 2016.03.02

CN 104590333 A, 2015.05.06

CN 103863364 A, 2014.06.18

CN 106647269 A, 2017.05.10

CN 1400127 A, 2003.03.05

CN 105353693 A, 2016.02.24

CN 104960553 A, 2015.10.07

WO 2012155840 A1, 2012.11.22

刘翔.城市轨道交通列车自动运行(ATO)最优控制策略的研究.《中国优秀硕士学位论文全文数据库工程科技II辑》.2011,(第09(2011)期),第C033-63页.

审查员 王玮

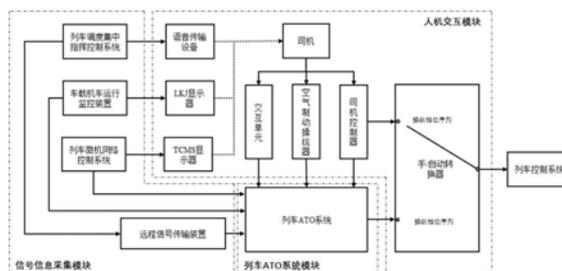
权利要求书2页 说明书6页 附图1页

(54) 发明名称

一种铁路机车自动驾驶系统

(57) 摘要

本发明涉及一种铁路机车自动驾驶系统,其中信号信息采集模块负责采集铁路机车自动驾驶所需的机车信息,并传输给列车ATO系统,以及通过人机交互模块发送给列车司机进行监控控制;列车ATO系统根据信号信息采集模块发送的机车信息计算得到机车控制的优化操纵档位序列,将机车控制操纵指令序列发给人机交互模块,人机交互模块通知列车司机根据机车控制操纵指令序列进行手/自动操纵安全切换;列车ATO系统通过人机交互模块接收列车司机的指令,并根据指令将手/自动转换器置位。本发明将列车ATO系统与现有车载系统进行了良好融合,能够得到优化的机车控制操纵序列,并能够根据机车控制操纵序列实现铁路机车的自动驾驶。



1. 一种铁路机车自动驾驶系统,其特征在于,所述铁路机车自动驾驶系统,包括:
信号信息采集模块、人机交互模块和列车ATO系统;

所述列车ATO系统的输入口和人机交互模块中的人机交互单元、空气制动操纵器以及司机控制器的输出口相连接;

所述信号信息采集模块负责采集铁路机车自动驾驶所需的机车信息,并传输给列车ATO系统;并通过人机交互模块将信息发送给列车司机进行监控控制;

所述列车ATO系统接收到的信息包括:所述信号信息采集模块传输的用于自动控制计算的机车信息,和,所述人机交互模块传输的司机操纵指令;所述司机操纵指令包括:人机交互单元、空气制动操纵器以及司机控制器传输过来的操纵指令;

所述列车ATO系统根据信号信息采集模块发送的机车信息通过优化计算得到机车控制的优化操纵档位序列,将所述机车控制的优化操纵档位序列发给人机交互模块,人机交互模块通知列车司机根据所述机车控制的优化操纵档位序列进行手/自动操纵安全切换;

所述列车ATO系统通过人机交互模块接收列车司机操纵指令,并根据所述列车司机操纵指令将手/自动转换器置位;

接收到列车司机通过人机交互单元传来的手动控制指令后,所述列车ATO系统将手/自动转换器切换到手动控制档位序列,并接收司机控制器的输出作为列车控制档位序列;

接到列车司机通过人机交互单元发送的自动控制指令后,所述列车ATO系统将手/自动转换器切换到自动控制档位序列,由列车ATO系统优化计算单元的控制序列输出作为列车控制档位序列;

接收到空气制动操纵器输出的操作指令后,所述列车ATO系统将手/自动转换器切换到手动控制档位序列,由司机进行空气制动操纵;

接收到司机控制器输出的操作指令后,所述列车ATO系统将手自动转换器置位为手动操纵,由列车司机控制列车。

2. 根据权利要求1所述的一种铁路机车自动驾驶系统,其特征在于,所述信号信息采集模块包括:

列车调度集中指挥控制系统、车载机车运行监控装置、列车微机网络控制系统和远程信号传输装置;

所述列车调度集中指挥控制系统负责采集调度指挥信息;并将信息传给所述人机交互模块以通知列车司机,以及通过所述远程信号传输装置传输给所述列车ATO系统;

所述车载机车运行监控装置负责采集线路信息和机车实时运行状况信息;并将信息传给所述人机交互模块以呈现给列车司机,同时发送给所述列车ATO系统;

所述列车微机网络控制系统用于获取机车性能特征信息;并将信息传给所述人机交互模块以呈现给列车司机,同时发送给所述列车ATO系统。

3. 根据权利要求2所述的一种铁路机车自动驾驶系统,其特征在于,所述人机交互模块包括:

语音设备,所述语音设备接收所述信号信息采集模块传给的车调度指挥信息并通知给列车司机用于监视列车运行状态;

和/或,

LKJ显示器,所述LKJ显示器接收所述信号信息采集模块传给的车实时运行状况信息

并呈现给列车司机用于监视列车运行状态；

和/或，

TCMS显示器，所述TCMS显示器接收所述信号信息采集模块传给的车性能特征信息并呈现给列车司机用于监视列车运行状态。

4. 根据权利要求1所述的一种铁路机车自动驾驶系统，其特征在于，所述列车ATO系统输出的操纵指令信号格式和现有机车的司机控制器输出的操纵指令信号格式相同。

5. 根据权利要求1所述的一种铁路机车自动驾驶系统，其特征在于，所述列车ATO系统包括：

实时交互单元和优化计算单元；

所述列车ATO系统通过所述实时交互单元从所述信号信息采集模块接收到用于自动控制计算的机车信息；所述优化计算单元利用所述机车信息在多约束多目标下进行优化计算，得到机车控制的优化操纵档位序列；

所述实时交互单元通过与人机交互模块进行交互，通知列车司机根据所述机车控制的优化操纵档位序列实现手/自动操纵安全切换；

所述实时交互单元通过与人机交互模块进行交互，获取列车司机的操作动作信号，并根据所述操作动作信号将手/自动操纵置位。

6. 根据权利要求5所述的一种铁路机车自动驾驶系统，其特征在于，所述优化计算单元利用所述机车信息在多约束多目标下进行优化计算的过程包括：

首先以机车信息和司机驾驶机车的历史数据为输入，使用序列模式挖掘技术挖掘驾驶操作，指导当前目标优化计算，预规划机车驾驶档位和速度曲线，得到初始机车自动驾驶优化曲线；

其次，根据实时接收到的机车信息在预规划的初始优化曲线上进行二次优化调整，使得机车自动驾驶优化曲线满足限速、时刻表、时间偏差要求；

在基于限速、时刻表、时间偏差调整后的机车自动驾驶优化曲线基础上，针对频繁换挡以及逐级切换档位要求对优化曲线进行调整修改生成符合多约束条件的机车自动驾驶优化操纵曲线。

一种铁路机车自动驾驶系统

技术领域

[0001] 本发明涉及铁路运输调度领域,尤其是涉及一种铁路机车自动驾驶系统。

背景技术

[0002] 铁路机车作为常见交通工具,具有运输量巨大、速度较快、运输距离长等特点。随着各地区之间的人员流动量和货物流动量的快速增长,对机车驾驶提出了更加安全、稳定、节能的要求。对于非自动化驾驶的铁路机车,存在行驶平均速度低、安全性差、停车不准等缺点,且司机的驾驶技术严重影响列车运行状况。司机驾驶技术依靠长期实践、不断积累经验而来,且仅习惯于在一条线路上驾驶,难以达到最优的控制效果。因此,针对现有状况,实现铁路机车自动驾驶的需求越来越迫切。

[0003] 目前ATO系统只是应用于城市轨道交通中,城际铁路ATO系统的研究相对空白。城际铁路相对于城市轨道交通,环境因素更为复杂多变,行驶距离更长,线路调度更为复杂,因而实现铁路机车的自动驾驶难度更大。

发明内容

[0004] 本发明的目的是针对现有技术存在的问题,提供一种铁路机车自动驾驶系统,其能够将列车ATO系统与现有车载系统进行良好融合,结合机车信息、线路既定状态信息和实时运行信息,实现铁路机车的自动驾驶。

[0005] 本发明的目的通过如下技术方案实现:

[0006] 本发明提供一种铁路机车自动驾驶系统,其包括:

[0007] 信号信息采集模块、人机交互模块和列车ATO系统;

[0008] 所述信号信息采集模块负责采集铁路机车自动驾驶所需的机车信息,并传输给列车ATO系统;并通过人机交互模块将信息发送给列车司机进行监控控制;

[0009] 所述列车ATO系统根据信号信息采集模块发送的机车信息通过优化计算得到机车控制的优化操纵档位序列,将所述机车控制操纵指令序列发给人机交互模块,人机交互模块通知列车司机根据所述机车控制操纵指令序列进行手/自动操纵安全切换;

[0010] 所述列车ATO系统通过人机交互模块接收列车司机的指令,并根据所述指令将手/自动转换器置位。

[0011] 更优选地,所述信号信息采集模块包括:

[0012] 列车调度集中指挥控制系统、车载机车运行监控装置、列车微机网络控制系统和远程信号传输装置;

[0013] 所述列车调度集中指挥控制系统负责采集调度指挥信息;并将信息传给所述人机交互模块以通知列车司机,以及通过所述远程信号传输装置传输给所述列车ATO系统;

[0014] 所述车载机车运行监控装置负责采集线路信息和机车实时运行状况信息;并将信息传给所述人机交互模块以呈现给列车司机,同时发送给所述列车ATO系统;

[0015] 所述列车微机网络控制系统用于获取机车性能特征信息;并将信息传给所述人机

交互模块以呈现给列车司机,同时发送给所述列车ATO系统。

[0016] 更优选地,所述人机交互模块包括:交互单元;列车司机通过所述交互单元向所述列车ATO系统发送手动/自动控制指令;所述列车ATO系统接收到手动/自动控制指令后,按照该控制指令将手/自动转换器置位为手动操纵或自动操纵。

[0017] 更优选地,所述人机交互模块包括:

[0018] 语音设备,所述语音设备接收所述信号信息采集模块传给的车调度指挥信息并通知给列车司机用于监视列车运行状态;

[0019] 和/或,

[0020] LKJ显示器,所述LKJ显示器接收所述信号信息采集模块传给的车实时运行状况信息并呈现给列车司机用于监视列车运行状态;

[0021] 和/或,

[0022] TCMS显示器,所述TCMS显示器接收所述信号信息采集模块传给的车性能特征信息并呈现给列车司机用于监视列车运行状态。

[0023] 更优选地,所述人机交互模块包括:空气制动操纵器;所述空气制动操纵器根据列车司机的空气制动操纵动作向列车ATO系统发送操纵指令;所述列车ATO系统接收到操纵指令后,将手/自动转换器置位为手动操纵。

[0024] 更优选地,所述人机交互模块还包括:司机控制器;所述司机控制器根据列车司机操纵档位控制手柄的操作动作,向列车ATO系统发送手动操纵指令;所述列车ATO系统根据所述手动操作指令将手/自动转换器置位为手动操纵。

[0025] 更优选地,所述列车ATO系统输出的操纵指令信号格式和现有机车的司机控制器输出的操纵指令信号格式相同。

[0026] 更优选地,所述列车ATO系统包括:

[0027] 实时交互单元和优化计算单元;

[0028] 所述列车ATO系统通过所述实时交互单元从所述信号信息采集模块接收到用于自动控制计算的机车信息;所述优化计算单元利用所述机车信息在多约束多目标下进行优化计算,得到机车控制操纵指令序列。

[0029] 所述实时交互单元通过与人机交互模块进行交互,通知列车司机根据所述机车控制操纵指令序列实现手/自动操纵安全切换;

[0030] 所述实时交互单元通过与人机交互模块进行交互,获取列车司机的操作动作信号,并根据所述操作动作信号将手/自动操纵置位。

[0031] 更优选地,所述优化计算单元利用所述机车信息在多约束多目标下进行优化计算的过程包括:

[0032] 首先以机车信息和司机驾驶机车的历史数据为输入,使用序列模式挖掘技术挖掘驾驶操作,指导当前目标优化计算,预规划机车驾驶档位和速度曲线,得到初始机车自动驾驶优化曲线;

[0033] 其次,根据实时接收到的机车信息在预规划的初始优化曲线上进行二次优化调整,使得机车自动驾驶优化曲线满足限速、时刻表、时间偏差要求;

[0034] 在基于限速、时刻表、时间偏差调整后的机车自动驾驶优化曲线基础上,针对频繁换挡以及逐级切换档位要求对优化曲线进行调整修改生成符合多约束条件的机车自动驾

驶优化操纵曲线。

[0035] 由上述本发明的技术方案可以看出,本发明具有如下技术效果:

[0036] 本发明最大程度地结合了我国机车现有的车载装置,根据铁路路线的具体情况,将列车ATO系统与现有车载系统进行了良好融合,其中包括原有机车的车载监控系统、列车微机网络控制系统及调度系统的信息获取和共享以及人机交互单元的系统集成。

[0037] 列车ATO系统输出的操纵指令信号格式和原有机车的司机控制器输出的操纵指令信号格式相同。这样列车ATO系统模拟司机控制器的输出,能够最小化对原有机车控制系统的改动,并合理地替代原有机车的司机控制器。

[0038] 列车ATO系统的优化计算结合考虑机车信息、线路既定状态信息和实时运行信息,能够得到优化的机车控制操纵序列,并能够根据机车控制操纵序列实现铁路机车的自动驾驶。

附图说明

[0039] 图1为本发明铁路机车自动驾驶系统的结构示意图。

具体实施方式

[0040] 以下将结合附图对本发明的技术方案做进一步详细说明。

[0041] 实施例一

[0042] 本发明提供一种铁路机车自动驾驶系统,该铁路机车自动驾驶系统结合机车现有车载装置,即与现有车载机车运行监控装置、列车微机网络控制系统以及司机控制器相连接,接收机车性能、运行状况、线路状况、调度指挥等多方面的信息,模拟司机驾驶操作,输出机车的优化操纵指令,包括空气制动操纵控制,实现机车精确合理的自动化驾驶控制,同时达到监控司机操作,实现与司机实时交互,手动控制和自动控制灵活切换,保障了机车的安全运行。

[0043] 该铁路机车自动驾驶系统的结构如图1所示,包括:信号信息采集模块、人机交互模块和列车ATO系统。

[0044] 信号信息采集模块主要负责采集铁路机车自动驾驶所需的机车信息,并传输给列车ATO系统。同时信号信息采集模块也通过人机交互模块将信息发送给司机,以便司机进行监控控制。所述列车ATO系统根据信号信息采集模块发送的机车信息通过优化计算得到机车控制的优化操纵档位序列,将所述机车控制操纵指令序列发给人机交互模块,人机交互模块通知列车司机根据所述机车控制操纵指令序列进行手/自动操纵安全切换;列车ATO系统通过人机交互模块接收列车司机的控制指令或者操纵指令,并根据所述指令将手/自动转换器置位。

[0045] 各个模块的功能具体如下:

[0046] 一、信号信息采集模块

[0047] 该信号信息采集模块主要分为三个部分:列车调度集中指挥控制系统、车载机车运行监控装置、列车微机网络控制系统和远程信号传输装置。

[0048] 列车调度集中指挥控制系统主要完成调度指挥信息的发送、记录和分析,包括列车运行时刻表、进出站时间、停车时间、目标速度、目标距离及调度命令信息等。该列车调度

集中指挥控制系统包括地面传输设备(如车轮传感器、地面天线、地面网络系统等)以及车载传输设备(如车载传感器和车载天线等)。通过这些地面传输设备和车载传输设备一方面将调度信息传给人机交互模块,人机交互模块基于现有的语音设备通知给列车司机;另一方面,将调度信息通过远程信号传输装置传输给列车ATO系统中。该远程信号传输装置分为两个发送单元,第一发送单元用于通过通用分组无线服务GPRS网络将调度信息发送给机车;第二发送单元用于通过无线局域网WLAN网络将调度信息发送给机车。

[0049] 车载机车运行监控装置,如LKJ2000、CTCS2设备等,主要负责采集线路信息和机车实时运行状况信息。该装置一方面将线路信息和机车实时运行状况信息传给人机交互模块,通过LKJ显示器将信息呈现给列司机,以便司机实时监控掌握运行状况,另一方面将信息发送给列车ATO系统。

[0050] 列车微机网络控制系统,如CTMS等通过串口线或CAN总线相连接,用于获取机车信息,主要包括机车性能特征信息,一方面该系统将机车性能特征信息传给人机交互模块,人机交互模块通过TCMS显示器将机车性能特征信息呈现给列车司机;另一方面将机车性能特征信息传输给列车ATO系统。

[0051] 二、人机交互模块

[0052] 人机交互模块包括交互单元和手/自动转换器,还可以包括语音设备、LKJ显示器和TCMS显示器中的一个或者多个。

[0053] 列车司机通过语音设备、LKJ显示器及TCMS显示器,接收调度、列车实时运行状况、线路信息及机车性能特征信息,实时监控控制列车运行状况。

[0054] 为了实现列车司机主动操作列车,该人机交互模块还进一步包括空气制动操纵器或司机控制器。

[0055] 列车司机可以通过交互单元、空气制动操纵器和司机控制器分别与列车ATO系统进行交互。具体实现情况如下:

[0056] 列车司机通过交互单元向列车ATO系统发送手动/自动控制指令,列车ATO系统接收到手动/自动控制指令后,按照指令将手/自动转换器置位为手动操纵或自动操纵。

[0057] 在列车行驶过程中可能会出现速度过高等隐患,列车司机在此情况下需要启动空气制动操纵器进行制动操作,空气制动操纵器根据列车司机的制动操作动作向列车ATO系统发送空气制动操纵指令,列车ATO系统接收到操纵指令后,将手/自动转换器置位为手动操纵。

[0058] 列车司机根据需要通过司机控制器操作档位手柄,司机控制器接收司机操纵动作后,向列车ATO发送手动操纵命令,将手/自动转换器置位为手动操纵。

[0059] 上述手/自动转换器是一个继电器序列,分别和现有机车的司机控制器的输出接口、列车ATO系统的输出接口相连接,进行数据通信。列车ATO系统输出的操纵指令信号格式和现有机车的司机控制器输出的操纵指令信号格式相同。通过手/自动转换器,将操纵指令信号在司机控制器和列车ATO系统间切换,使本申请中的列车ATO系统完全并列于现有机车的司机控制器,实现手动驾驶和自动控制驾驶的安全切换,且司机控制器具有更高的控制权。

[0060] 三、列车ATO系统

[0061] 列车ATO系统是本申请的铁路机车自动驾驶系统的核心模块。该列车ATO系统与司

机控制输入并列,但是比司机的控制权低。该列车ATO系统主要包括优化计算单元和实时交互单元。

[0062] 其中,优化计算单元主要负责预规划和智能操纵两个步骤,计算得到最优的机车操纵档位序列,该序列格式和现有机车司机控制器的信息输出格式完全相同。实时交互单元与机车司机进行交互,实现手自动操纵安全切换。

[0063] 该列车ATO系统模块通过实时交互单元可以接收如下两类信息:

[0064] 其中一类信息为用于自动控制计算的机车信息。

[0065] 通过实时交互单元从列车调度集中指挥控制系统接收的调度信息、从车载机车运行监控装置接收的列车实时运行状况及线路信息、从列车微机网络控制系统接收的机车性能特征信息。列车ATO系统接收到这类机车信息,通过优化计算单元在多约束多目标下进行优化计算,得到机车控制操纵指令序列。

[0066] 在优化计算过程中,列车ATO系统首先以机车信息、线路信息和司机驾驶机车的历史数据为输入,使用序列模式挖掘技术挖掘驾驶操作,用于指导当前目标优化计算,预规划机车驾驶档位和速度曲线,即初始优化曲线。其次,根据接收到的线路限速信息、调度信号等信息在预规划的初始优化曲线上进行二次优化调整,使得机车自动驾驶优化曲线满足限速、时刻表、时间偏差等要求。除了上述限制条件以外,机车还应当满足运行平稳安全,在基于限速、时刻表、时间偏差调整后,针对频繁换挡以及逐级切换档位要求对优化曲线进行调整修改生成符合多约束条件的最终预规划优化操纵曲线。而在列车运行过程中,列车ATO系统接收临时限速及临时调度信号信息,应用智能操纵算法如PID控制算法,实时计算得出当前最优操纵档位序列,可以在列车编组、载重、机车车辆特性参数以及外界因素存在误差时确保系统的优化结果。在列车ATO系统的优化计算过程中,具体使用的机车运行物理模型如下:

$$[0067] \quad v \frac{dv}{dx} = \frac{p(x)}{Mv(x)} - w_0(v) - b_b(r, v, v_0) + \int_0^{L_e} \theta(s)g(x-s)ds$$

$$[0068] \quad t(0) = 0, t(S) = T$$

$$[0069] \quad v(0) = v(S) = 0$$

[0070] 其中,S是列车运行的距离,T是调度的运行时间,x是列车的当前位置且 $0 \leq x \leq S$,v或者v(x)是列车的当前行驶速度,p(x)为列车的牵引功率,M是列车的牵引总重量, $w_0(v)$ 是列车速度为v时的单位运行基本阻力,r是列车管减压量, v_0 为制动的初速度, $b_b(r, v, v_0)$ 为制动单位合力, $\theta(s)$ 为距离列车头部s处的列车质量密度函数,g(x-s)表示距离列车头部s处的线路附加阻力, L_e 是列车的长度, $\int_0^{L_e} \theta(s)g(x-s)ds$ 表示加权单位附加阻力,t则表示列车的运行时刻。

[0071] 其中第二类信息为列车ATO系统接收到的司机交互信息。

[0072] 列车ATO系统输入口和人机交互单元、空气制动操纵器以及司机控制器的输出口相连接,列车ATO系统接收司机操纵指令,根据指令将手/自动转换器进行相应置位。

[0073] 列车司机通过交互单元发送手动控制指令,列车ATO系统通过实时交互单元接收该指令后将手/自动转换器切换到手动控制档位序列,接收司机控制器的输出作为列车控制档位序列。列车司机也可通过交互单元发送自动控制指令,列车ATO系统接收到该指令后将手/自动转换器切换到自动控制档位序列,由列车ATO系统优化计算单元的控制序列输出

作为列车控制档位序列。司机启动空气制动操纵器,ATO系统接收空气制动操纵器输出,将手/自动转换器切换到手动控制档位序列,接收司机空气制动操纵。司机直接操纵司机控制器,列车ATO系统接收司机控制器操纵后将手自动转换器置位为手动操纵,由列车司机控制列车。

[0074] 由上述可以看出,本发明是以我国机车现有的车载装置为基础,将列车ATO系统与现有车载系统进行结合,综合考虑机车、线路既定状态信息和实时运行信息,以及调度信号指令,优化控制操作,模拟司机控制,同时实现列车ATO系统和司机控制安全无缝切换。

[0075] 虽然本发明已以较佳实施例公开如上,但实施例并不限定本发明。在不脱离本发明之精神和范围内,所做的任何等效变化或润饰,同样属于本发明之保护范围。因此本发明的保护范围应当以本申请的权利要求所界定的内容为准。

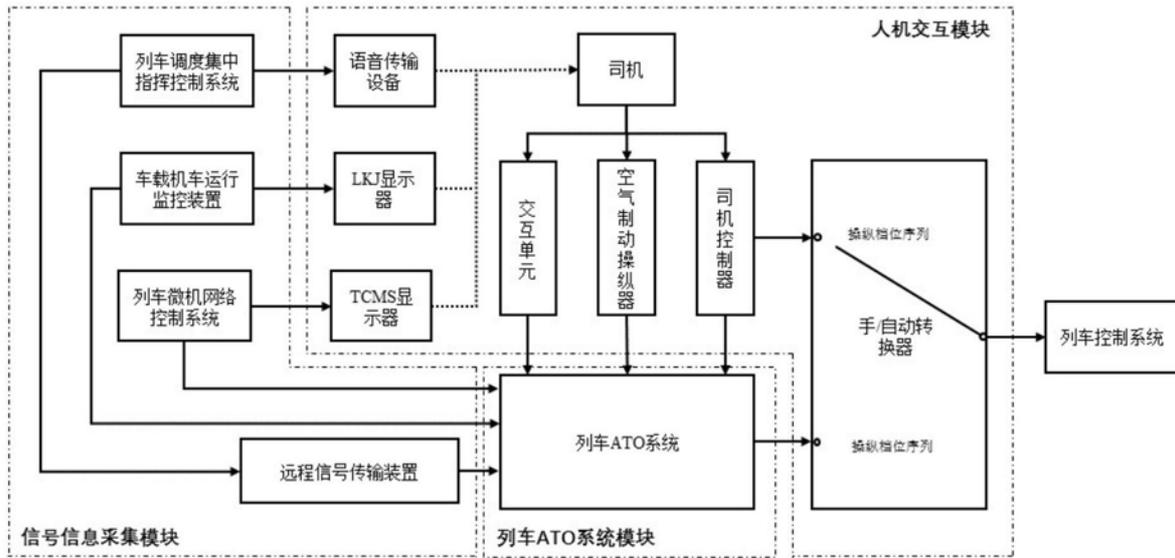


图1