



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 108490807 B

(45) 授权公告日 2021.02.02

(21) 申请号 201810436839.8

CN 107340765 A, 2017.11.10

(22) 申请日 2018.05.09

CN 101430738 A, 2009.05.13

(65) 同一申请的已公布的文献号

CN 106444421 A, 2017.02.22

申请公布号 CN 108490807 A

CN 103745624 A, 2014.04.23

CN 102800221 A, 2012.11.28

(43) 申请公布日 2018.09.04

刘志盼. 基于模型的安全相关系统仿真方法的研究与应用.《中国优秀硕士学位论文全文数据库·信息科技辑》.2012, (第7期), 第I138-2608页.

(73) 专利权人 南京恩瑞特实业有限公司

地址 210039 江苏省南京市江宁区将军大道39号

谭平. 城际铁路车载列控系统安全及智能控制关键技术研究.《中国博士学位论文全文数据库·工程科技II辑》.2014, (第8期), 第C033-4页.

(72) 发明人 刘勇 吴迪 滕飞

(74) 专利代理机构 南京知识律师事务所 32207

代理人 高娇阳

朱琳等. 城市轨道交通运营列车故障影响仿真分析系统.《都市快轨交通》.2017, 第30卷(第2期), 第113-119页.

(51) Int. Cl.

G05B 17/02 (2006.01)

审查员 刘慧

(56) 对比文件

CN 102004489 A, 2011.04.06

CN 103386994 A, 2013.11.13

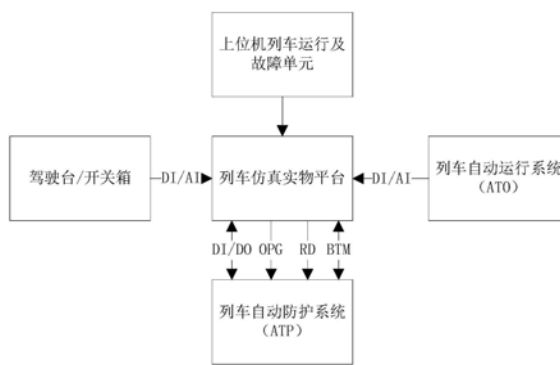
权利要求书3页 说明书7页 附图7页

(54) 发明名称

列车故障仿真系统及测试方法

(57) 摘要

本发明公开了一种列车故障仿真系统及方法,包括上位机列车运行及故障设置单元、列车仿真实物平台、驾驶室/开关箱、列车自动运行系统ATO、列车自动防护系统ATP,所述列车仿真实物平台分别与上位机列车运行及故障设置单元、驾驶室与列车仿真实物平台、列车自动运行系统ATO、列车自动防护系统ATP相连接。本发明通过模拟列车故障,以检测列车自动防护系统根据相关故障类型做出防护提示或动作。



1. 一种列车故障仿真系统,其特征在于:包括上位机列车运行及故障设置单元、列车仿真实物平台、驾驶室、列车自动运行系统ATO、列车自动防护系统ATP,所述列车仿真实物平台分别与上位机列车运行及故障设置单元、驾驶室、列车自动运行系统ATO、列车自动防护系统ATP相连接;

所述列车仿真实物平台与上位机列车运行及故障设置单元之间的接口为网口,列车仿真实物平台与列车自动防护系统ATP之间的接口包括DI/DO开关量点位输入输出接口、485接口和422接口,列车仿真实物平台与列车自动运行系统ATO之间的接口为DI开关量和AI输入,列车仿真实物平台与驾驶室之间接口为DI开关量;

所述上位机列车运行及故障设置单元包括上位机控制界面及故障设置界面,输入列车运行命令,根据需要模拟故障设置相应故障位,实现列车控制命令及故障模拟输入设置;

所述列车仿真实物平台,包括列车运行及故障仿真模块,所述列车运行及故障仿真模块实现列车运行参数、指标、功能、接口、故障的模拟;

所述列车运行及故障仿真模块包括列车运行仿真模块、DI/DO故障仿真模块、RD故障仿真模块、OPG故障仿真模块、BTM故障仿真模块以及组合故障仿真模块;

所述列车运行仿真模块是根据外部输入模拟列车运行,所述外部输入包括上位机输入列车运行命令及列车自动防护系统ATP输入控制模拟列车运行;

所述DI/DO故障仿真模块模拟列车运行输入输出,配置DI输入,通过逻辑运算,产生DO输出,可配置任意组合的DI/DO组合;

所述RD故障仿真模块根据外部输入得到的运行速度大小、方向、位移大小模拟雷达故障,所述雷达故障包括RD报文断线故障、RD速度设置、RD工作状态,发射质量故障、时标不变故障、报文发送周期故障、CRC故障;

所述OPG故障仿真模块根据外部输入得到的运行速度大小、方向、位移大小模拟OPG故障,所述OPG故障包括OPG断线故障、OPG速度设置、OPG空转打滑、OPG方向设置;

所述BTM故障仿真模块根据外部输入得到的运行速度大小、方向、位移大小模拟BTM故障,BTM故障包括BTM断线故障、BTM硬件故障、时标不变故障、应答器故障、CD信号与BTM报文延时故障、校验和故障位;

所述组合故障仿真模块根据DI/DO故障仿真模块、RD故障仿真模块、OPG故障仿真模块和BTM故障仿真模块之间的组合故障,配置组合故障模拟。

2. 如权利要求1所述的列车故障仿真系统,其特征在于:所述DI/DO故障仿真模块包括DI输入模块、逻辑A模块、逻辑B模块、逻辑C模块、DO输出模块,所述DI输入模块为DI输入,所述逻辑A模块为DI输入处理逻辑,所述逻辑B模块为列车仿真系统内部DI/DO处理逻辑,所述逻辑C模块为DO输出选择逻辑。

3. 如权利要求2所述的列车故障仿真系统,其特征在于:所述DI输入包括硬件输入与软件输入;

所述硬件输入包括驾驶室DI1、列车自动防护系统ATP的DI4、列车自动运行系统ATO的DI5;

所述软件输入包括上位机的模拟驾驶室DI2、上位机驾驶室DI强制赋值DI3、上位机自动防护系统ATP的DI强制赋值DI6、上位机列车自动运行系统ATO的DI强制赋值DI7;

所述DO输出模块为在DO板上输出DO输出,所述DO输出为所述DI输入选择逻辑A模块处

理得到DI,所述DI再经过逻辑B模块处理得到的DO1,所述DO1与列车仿真系统上位机DO强制赋值的DO2经过逻辑C模块处理,得到DO输出。

4.如权利要求1所述的列车故障仿真系统,其特征在于:所述DI/DO故障仿真模块中的所述任意组合的DI/DO组合包括:(1)配置不同输入组合,根据处理逻辑产生对应DO输出;(2)配置DO输出,不响应相应DI输入;(3)配置不符合正常处理逻辑的输入输出组合。

5.如权利要求1所述的列车故障仿真系统,其特征在于:所述BTM故障仿真模块中所述BTM硬件故障包括内部总线故障、射频能量发射通道故障、上电链路信号接收通道故障、解码板故障、上电自检故障;

所述BTM故障仿真模块中所述应答器故障包括应答器丢失、立刻发送X号应答器、接收到的应答器索引号改为X号,应答器报文错误、应答器版本号错误;

所述BTM故障仿真模块中所述CD信号与BTM报文延时故障包括不发送CD信号但发送报文、CD信号上升沿一段距离后发送报文、CD信号下降沿一段距离后发送报文。

6.如权利要求1所述的列车故障仿真系统的测试方法,其特征在于:上位机列车运行及故障设置单元通过上位机控制界面及故障设置界面设置命令给列车仿真实物平台,列车仿真实物平台进行列车运行及故障仿真,列车自动防护系统ATP根据列车仿真实物平台的输出作出相应动作与提示;

所述设置命令为输入列车运行命令,实现列车控制命令及故障模拟;

所述列车运行及故障仿真的过程包括列车运行仿真、DI/DO故障仿真、RD故障仿真、OPG故障仿真、BTM故障仿真以及组合故障仿真;通过输入DI,输出相应DO、RD报文、OPG方波、BTM报文,且各报文及DO输出间无逻辑冲突错误;

所述列车运行仿真的过程需要依据上位机列车运行及故障设置单元的输入、列车运行命令的输入、所述列车自动防护系统ATP提供的输入DI,最终实现模拟列车运行;

所述DI/DO故障仿真的过程为模拟列车运行输入输出,配置DI输入,通过逻辑运算,产生DO输出,可配置任意组合的DI/DO组合;

所述RD故障仿真的过程为根据外部输入得到的运行速度大小、方向、位移大小模拟雷达故障,所述雷达故障包括RD报文断线故障、RD速度设置、RD工作状态、发射质量故障、时标不变故障、报文发送周期故障、CRC故障;

所述OPG故障仿真的过程为根据外部输入得到的运行速度大小、方向、位移大小模拟OPG故障,所述OPG故障包括OPG断线故障、OPG速度设置、OPG空转打滑、OPG方向设置;

所述BTM故障仿真的过程为根据外部输入得到的运行速度大小、方向、位移大小模拟BTM故障,BTM故障包括BTM断线故障、BTM硬件故障、时标不变故障、应答器故障、CD信号与BTM报文延时故障、校验和故障位;

所述组合故障仿真的过程为根据DI/DO故障仿真模块、RD故障仿真模块、OPG故障仿真模块和BTM故障仿真模块之间的组合故障,配置组合故障模拟。

7.如权利要求6所述的列车故障仿真系统的测试方法,其特征在于:所述DI/DO故障仿真的过程包括DI输入、逻辑A处理、逻辑B处理、逻辑C处理、DO输出,所述逻辑A为DI输入处理逻辑,所述逻辑B为列车仿真系统内部DI/DO处理逻辑,所述逻辑C为DO输出选择逻辑。

8.如权利要求7所述的列车故障仿真系统的测试方法,其特征在于:所述DI输入包括硬件输入与软件输入;

所述硬件输入包括驾驶台DI1、列车自动防护系统ATP的DI4、列车自动运行系统ATO的DI5；

所述软件输入包括上位机的模拟驾驶台DI2、上位机驾驶台DI强制赋值DI3、上位机自动防护系统ATP的DI强制赋值DI6、上位机列车自动运行系统ATO的DI强制赋值DI7；

所述D0输出为所述DI输入选择逻辑A处理得到DI，所述DI再经过逻辑B处理得到的D01，所述D01与列车仿真系统上位机D0强制赋值D02经过逻辑C处理，在D0板上输出D0输出。

9. 如权利要求6所述的列车故障仿真系统的测试方法，其特征在于：所述DI/D0故障仿真的过程中所述任意组合的DI/D0组合包括：(1) 配置不同输入组合，根据处理逻辑产生对应D0输出；(2) 配置D0输出，不响应相应DI输入；(3) 配置不符合正常处理逻辑的输入输出组合。

10. 如权利要求6所述的列车故障仿真系统的测试方法，其特征在于：所述BTM故障仿真的过程中所述BTM硬件故障包括内部总线故障、射频能量发射通道故障、上电链路信号接收通道故障、解码板故障、上电自检故障；

所述BTM故障仿真的过程中所述应答器故障包括应答器丢失、立刻发送X号应答器、接收到的应答器索引号改为X号，应答器报文错误、应答器版本号错误；

所述BTM故障仿真的过程中所述CD信号与BTM报文延时故障包括不发送CD信号但发送报文、CD信号上升沿一段距离后发送报文、CD信号下降沿一段距离后发送报文。

列车故障仿真系统及测试方法

技术领域

[0001] 本发明属于城市轨道交通领域,具体涉及一种列车故障仿真系统及测试方法。

背景技术

[0002] 随着城市轨道交通和通讯技术的发展,基于通讯的列车控制系统(CBTC)已经成为当前轨道交通领域主流的列车控制技术,而车载列车自动防护系统(ATP)作为其重要组成部分,在确保列车运行安全列车性能及系统正常运行功能方面有重要作用。为保证在真实运营线路中系统工作正常,需对产品功能进行验证。在研发阶段,若产品功能未经验证即在列车实际线路调试验证防护系统故障防护功能,安全难以保障,且实际线路调试不能全面验证相应故障,因而在正式投入运营线运行之前,在实验室通过仿真平台测试和验证相关功能,同时可以缩短研发周期和降低现场调试成本。

[0003] 现有列车仿真平台多以模拟仿真列车正常运行行为为主,缺少故障检测功能,或者仅含部分故障模拟功能,且为静态单点测试,不能对列车系统运行态的功能验证及故障模拟测试,不能真实全面模拟列车可能出现的运行故障,即不能满足全面检测车载列车自动防护系统对安全防护功能的要求。

[0004] 因此,建立可对列车系统运行态功能验证及故障模拟系统,在实现列车运行基本通讯条件基础上,仿真模拟列车实际运行过程中常见故障,验证防护功能是否完备,为列车调试开发及产品安全性验证提供可能很有必要。

发明内容

[0005] 本发明所要解决的技术问题是克服现有技术的缺陷,提供一种列车故障仿真系统及测试方法。本发明能够实现列车系统故障仿真,测试列车自动防护系统(ATP)在列车出现故障或异常情况下的防护功能,保证列车运行安全可靠。

[0006] 为解决上述技术问题,本发明提供一种列车故障仿真系统,包括上位机列车运行及故障设置单元、列车仿真实物平台、驾驶室、列车自动运行系统ATO、列车自动防护系统ATP,所述列车仿真实物平台分别与上位机列车运行及故障设置单元、驾驶室与列车仿真实物平台、列车自动运行系统ATO、列车自动防护系统ATP相连接;

[0007] 所述列车仿真实物平台与上位机列车运行及故障设置单元之间的接口为网口,列车实物仿真平台与列车自动防护系统ATP之间的接口包括DI/DO开关量点位输入输出接口、485接口和422接口,列车仿真实物平台与列车自动运行系统ATO之间的接口为DI开关量和AI输入,列车仿真实物平台与驾驶室之间接口为DI开关量;

[0008] 所述上位机列车运行及故障设置单元包括上位机控制界面及故障设置界面,输入列车运行命令,根据需要模拟故障设置相应故障位,实现列车控制命令及故障模拟输入设置;

[0009] 所述列车仿真实物平台,包括列车运行及故障仿真模块,所述列车运行及故障仿真模块实现列车运行情况基本模拟;

[0010] 所述列车运行及故障仿真模块包括列车运行仿真模块、DI/DO故障仿真模块、RD故障仿真模块、OPG故障仿真模块、BTM故障仿真模块以及组合故障仿真模块；

[0011] 所述列车运行仿真模块是根据外部输入模拟列车运行，所述外部输入包括上位机输入列车运行命令及列车自动防护系统ATP输入控制模拟列车运行；

[0012] 所述DI/DO故障仿真模块模拟列车运行输入输出，配置DI输入，通过逻辑运算，产生DO输出，可配置任意组合的DI/DO组合；

[0013] 所述RD故障仿真模块根据外部输入得到的运行速度大小、方向、位移大小模拟雷达故障，所述雷达故障包括RD报文断线故障、RD速度设置、RD工作状态、发射质量故障、时标不变故障、报文发送周期故障、CRC故障；

[0014] 所述OPG故障仿真模块根据外部输入得到的运行速度大小、方向、位移大小模拟OPG故障，所述OPG故障包括OPG断线故障、OPG速度设置、OPG空转打滑、OPG方向设置；

[0015] 所述BTM故障仿真模块根据外部输入得到的运行速度大小、方向、位移大小模拟BTM故障，BTM故障包括BTM断线故障、BTM硬件故障、时标不变故障、应答器故障、CD信号与BTM报文延时故障、校验和故障位；

[0016] 所述组合故障仿真模块根据DI/DO故障仿真模块、RD故障仿真模块、OPG故障仿真模块和BTM故障仿真模块之间的组合故障，配置组合故障模拟。

[0017] 进一步的，所述DI/DO故障仿真模块包括DI输入模块、逻辑A模块、逻辑B模块、逻辑C模块、DO输出模块，所述DI输入模块为DI输入，所述逻辑A模块为DI输入处理逻辑，所述逻辑B模块为列车仿真系统内部DI/DO处理逻辑，所述逻辑C模块为DO输出选择逻辑。

[0018] 进一步的，所述DI输入包括硬件输入与软件输入；

[0019] 所述硬件输入包括驾驶台DI1、列车自动防护系统ATP的DI4、列车自动运行系统ATO的DI5；

[0020] 所述软件输入包括上位机的模拟驾驶台DI2、上位机驾驶台DI强制赋值DI3、上位机自动防护系统ATP的DI强制赋值DI6、上位机列车自动运行系统ATO的DI强制赋值DI7；

[0021] 所述DO输出模块为在DO板上输出DO输出，所述DO输出为所述DI输入选择逻辑A模块处理得到DI，所述DI再经过逻辑B模块处理得到的DO1，所述DO1与列车仿真系统上位机DO强制赋值DO2经过逻辑C模块处理，得到DO输出。

[0022] 进一步的，所述DI/DO故障仿真模块中的所述任意组合的DI/DO组合包括：(1) 配置不同输入组合，根据处理逻辑产生对应DO输出；(2) 配置DO输出，不响应相应DI输入；(3) 配置不符合正常处理逻辑的输入输出组合；

[0023] 进一步的，所述BTM故障仿真模块中所述BTM硬件故障包括内部总线故障、射频能量发射通道故障、上电链路信号接收通道故障、解码板故障、上电自检故障；

[0024] 所述BTM故障仿真模块中所述应答器故障包括应答器丢失、立刻发送X号应答器、接收到的应答器索引号改为X号，应答器报文错误、应答器版本号错误；

[0025] 所述BTM故障仿真模块中所述CD信号与BTM报文延时故障包括不发送CD信号但发送报文、CD信号上升沿一段距离后发送报文、CD信号下降沿一段距离后发送报文。

[0026] 本发明还提供一种列车故障仿真系统的测试方法，上位机列车运行及故障设置单元通过上位机控制界面及故障设置界面设置命令给列车仿真实物平台，列车仿真实物平台进行列车运行及故障仿真，列车自动防护系统ATP根据列车仿真实物平台的输出作出相应

动作与提示；

[0027] 所述设置命令为输入列车运行命令,实现列车控制命令及故障模拟；

[0028] 所述列车运行及故障仿真的过程包括列车运行仿真、DI/DO故障仿真、RD故障仿真、OPG故障仿真、BTM故障仿真以及组合故障仿真；通过输入DI,输出相应DO、RD报文、OPG方波、BTM报文,且各报文及DO输出间无逻辑冲突错误；

[0029] 所述列车运行仿真的过程为根据上位机列车运行及故障设置单元列车运行命令输入及所述列车自动防护系统ATP输入DI模拟列车运行；

[0030] 所述DI/DO故障仿真的过程为模拟列车运行输入输出,配置DI输入,通过逻辑运算,产生DO输出,可配置任意组合的DI/DO组合；

[0031] 所述RD故障仿真的过程为根据外部输入得到的运行速度大小、方向、位移大小模拟雷达故障,所述雷达故障包括RD报文断线故障、RD速度设置、RD工作状态、发射质量故障、时标不变故障、报文发送周期故障、CRC故障；

[0032] 所述OPG故障仿真的过程为根据外部输入得到的运行速度大小、方向、位移大小模拟OPG故障,所述OPG故障包括OPG断线故障、OPG速度设置、OPG空转打滑、OPG方向设置；

[0033] 所述BTM故障仿真的过程为根据外部输入得到的运行速度大小、方向、位移大小模拟BTM故障,BTM故障包括BTM断线故障、BTM硬件故障、时标不变故障、应答器故障、CD信号与BTM报文延时故障、校验和故障位；

[0034] 所述组合故障仿真的过程为根据DI/DO故障仿真模块、RD故障仿真模块、OPG故障仿真模块和BTM故障仿真模块之间的组合故障,配置组合故障模拟。

[0035] 进一步的,所述DI/DO故障仿真的过程包括DI输入、逻辑A处理、逻辑B处理、逻辑C处理、DO输出,所述逻辑A为DI输入处理逻辑,所述逻辑B为列车仿真系统内部DI/DO处理逻辑,所述逻辑C为DO输出选择逻辑。

[0036] 进一步的,所述DI输入包括硬件输入与软件输入；

[0037] 所述硬件输入包括驾驶室DI1、列车自动防护系统ATP的DI4、列车自动运行系统ATO的DI5；

[0038] 所述软件输入包括上位机的模拟驾驶室DI2、上位机驾驶室DI强制赋值DI3、上位机自动防护系统ATP的DI强制赋值DI6、上位机列车自动运行系统ATO的DI强制赋值DI7；

[0039] 所述DO输出为所述DI输入选择逻辑A处理得到DI,所述DI再经过逻辑B处理得到的D01,所述D01与列车仿真系统上位机DO强制赋值D02经过逻辑C处理,在DO板上输出DO输出。

[0040] 进一步的,所述DI/DO故障仿真的过程中所述任意组合的DI/DO组合包括:(1)配置不同输入组合,根据处理逻辑产生对应DO输出;(2)配置DO输出,不响应相应DI输入;(3)配置不符合正常处理逻辑的输入输出组合；

[0041] 进一步的,所述BTM故障仿真的过程中所述BTM硬件故障包括内部总线故障、射频能量发射通道故障、上电链路信号接收通道故障、解码板故障、上电自检故障；

[0042] 所述BTM故障仿真的过程中所述应答器故障包括应答器丢失、立刻发送X号应答器、接收到的应答器索引号改为X号,应答器报文错误、应答器版本号错误；

[0043] 所述BTM故障仿真的过程中所述CD信号与BTM报文延时故障包括不发送CD信号但发送报文、CD信号上升沿一段距离后发送报文、CD信号下降沿一段距离后发送报文。

[0044] 本发明所达到的有益效果：

[0045] 列车仿真系统主要模拟列车开关量输入输出 (DI/DO)、测速测距雷达 (RD)、编码里程计 (OPG)、应答器接收单元 (BTM) 相关故障,并结合相关测试方法,各模块故障单独模拟或各模块间联合模拟列车故障,以检测列车自动防护系统能否根据相关故障类型做出防护提示或动作。其中,故障模拟基本逻辑可实现:

[0046] (1) 为各功能模块单独模拟,包括各信号不发送或发送内容、格式故障模拟;

[0047] (2) 功能模块间组合故障模拟,如各模块内容正常,但交互内容各模块间相互冲突,或两功能模块同时出现故障,相应的故障组合。

附图说明

[0048] 图1是本发明的列车故障仿真系统硬件连接示意图。

[0049] 图2是本发明的列车故障仿真系统信息处理框架图。

[0050] 图3是本发明的列车运行及故障仿真模块示意图。

[0051] 图4是本发明的DI/DO故障仿真模块示意图。

[0052] 图5是本发明的RD故障仿真模块示意图。

[0053] 图6是本发明的OPG故障仿真模块示意图。

[0054] 图7是本发明的BTM故障仿真模块示意图。

[0055] 图8是本发明的列车故障仿真系统的测试方法流程图。

具体实施方式

[0056] 下面结合附图对本发明作进一步描述。以下实施例仅用于更加清楚地说明本发明的技术方案,而不能以此来限制本发明的保护范围。

[0057] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚了,以下结合附图及实施例,对本发明进行进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实例仅仅用以解释本发明,并不用于限定本发明。

[0058] 如图1所示,列车故障仿真系统硬件连接示意图,故障模拟系统硬件主要包括上位机和列车仿真实物平台,上位机与列车仿真实物平台间接口为网口,列车实物仿真平台与列车自动防护系统 (ATP) 之间接口包括DI/DO开关量点位输入输出接口、485接口和422接口,与列车自动运行系统 (ATO) 之间结构结构为DI开关量和AI输入,与驾驶室/开关箱之间接口为DI开关量。

[0059] 模拟输出编码里程计OPG方波接口,测速测距雷达RD报文485接口,应答器接收单元BTM报文422接口。上位机与列车仿真实物平台之间通过网络通讯传输控制信息和故障设置信息,列车仿真实物平台向上位机传输列车运行状态、故障信息等。列车故障仿真实物平台向ATP传输OPG方波和测速测距雷达报文,在获取请求报文后回复BTM报文。

[0060] 如图2所示,上位机界面设置或结合ATP提供部分模拟列车运行基本条件,根据需模拟故障设置相应故障位;命令下发至列车运行及故障仿真模块,根据设置命令模拟列车运行,并根据故障设置模拟相应故障;列车仿真实物平台输出相应故障模拟DO及报文至列车防护系统 (ATP);ATP根据仿真平台故障输出做出相应动作及提示。

[0061] 如图3所示,列车运行及故障仿真模块包含列车运行仿真模块、DI/DO故障仿真模块、RD故障仿真模块、OPG故障仿真模块、BTM故障仿真模块、组合故障仿真模块,具体每个模

块功能如下。

[0062] 列车运行仿真模块根据上位机输入列车运行命令及ATP输入DI控制模拟列车运行,实现列车根据外部输入等模拟列车运行。

[0063] 如图4所示,DI/DO输入输出故障仿真模块模拟列车运行输入输出。系统输入包括驾驶台/开关箱(DI1)、上位机的模拟驾驶台(DI2)、上位机驾驶台DI强制赋值(DI3)、来自ATP的DI(DI4)、来自ATO的DI(DI5)、上位机ATP的DI强制赋值(DI6)、上位机ATO的DI强制赋值(DI7)。

[0064] 基本处理逻辑为,列车仿真系统DI/DO处理逻辑(逻辑B)根据DI输入选择逻辑(逻辑A)选择的DI处理得到的D01和列车仿真系统上位机DO强制赋值D02,最终DO输出由DO输出选择逻辑(逻辑C)选择并输出至DO板。

[0065] 由以上处理逻辑可知,来自ATP的DI(DI4,DI6)、来自ATO的DI(DI5,DI7)、来自驾驶台的DI(DI1,DI2,DI3)均包含硬件输入和软件强制赋值设置两部分,因而可根据需要单独设置所有DI状态,然后列车运行模块根据处理逻辑产生相应DO输出;DO输出同样包括列车仿真系统DI/DO处理逻辑(逻辑B)根据DI输入选择逻辑(逻辑A)选择的DI处理得到的D01和上位机根据需要设置的输出D02,最终可单独设置所有DO输出状态值。

[0066] 由以上可知,DI/DO故障模拟单元可配置任意一种的DI输入组合,根据处理逻辑产生对应DO输出;可不受DI影响,配置任意一种DO输出组合;可配置任意一种DI和DO输出组合,不受DI/DO处理逻辑限制,即配置所有理论上的DI和DO组合,可模拟所有与DI/DO处理逻辑相关的故障。

[0067] 更进一步地,来自ATP的DI包括,左侧车门释放、右侧车门释放、紧急制动、牵引释放、车辆零速、AR控制、AR前进、AR后退、右开门指令、左开门指令、右关门指令、左关门指令;来自驾驶台的DI包括,车辆EB按钮、确认按钮、ATO启动按钮、车门允许按钮、右侧开门按钮、左侧开门按钮、驾驶室钥匙激活、右侧关门按钮、左侧关门按钮、门控模式、模式升/降级按钮;来自ATO的DI包括,ATO模式1、ATO模式2、牵引指令、制动指令、保持制动;DO输出包括,车辆保持制动已施加且牵引已切除、右关门指示、左关门指示、车辆EB状态、列车完整性。

[0068] 如图5所示,测速测距雷达故障仿真模块模拟实现雷达相关故障。系统根据外部输入进入相应运行模式,列车模型运算得到运行速度大小、方向、位移大小。列车运行速度传入RD故障仿真单元,若雷达报文断线故障位有效,则不传送雷达速度报文;若雷达速度设置位有效,可设置RD速度大小为某一固定值,或者根据在上位机设置的速度范围内随机设定某一值VRD下限+random(VRD上限-VRD下限);根据上位机雷达工作状态、雷达发射质量、运行方向可靠性状态位设置相应报文位;传输周期根据上位机设置;若报文传输时标不变故障位有效,则报文使用上一周期时标;若CRC故障有效,则计算CRC校验位并取反。即RD故障模拟位可设置雷达发送速度大小和方向,可模拟雷达断线故障及相关雷达通讯故障。

[0069] 如图6所示,OPG故障仿真模块模拟实现OPG相关故障。系统根据外部输入进入相应运行模式,列车模型运算得到运行速度大小、方向、位移大小。列车运行速度传入OPG仿真单元,若OPG断线故障有效,则置OPG速度大小为0;若OPG速度设置有效,可设置OPG速度大小为某一固定值,或者根据在上位机设置的速度范围内随机设定某一值V下限+random(V上限-V下限);若打滑及空转模拟故障有效,则OPG根据列车运行速度、空转/打滑次数、时间间隔、持续时间、幅值输出相应速度值,空转/打滑周期及幅值可设置为可随机或固定值。即OPG故

障仿真模块可设置OPG速度大小、方向,可真实模拟空转/打滑状态(打滑幅值及周期均随机),可为满足测试需求设置固定的空转/打滑周期及赋值等,可不发送OPG方波实现断连。

[0070] 如图7所示,BTM故障仿真模块实现应答器及BTM相关故障模拟。系统根据外部输入进入相应运行模式,列车模型运算得到运行速度大小、方向、位移大小。列车运行位移传送至BTM故障模拟模块,实现应答器检测及CD信号产生。若BTM报文断线故障有效,则在接收到BTM请求报文后不回复BTM报文;若应答器硬件故障位有效,则设置BTM硬件相关报文内容故障;若应答器故障位有效,则设置应答器相应故障;若报文传输时标不变故障位有效,则BTM回复报文使用上一周期时标;若校验和故障位有效,则计算校验和并取反。若CD信号与BTM报文延时故障有效,则按照上位机设置的发送时机,发送含应答器信息的BTM报文信息。

[0071] 更进一步地,BTM硬件相关故障包括内部总线故障、射频能量发射通道故障、上电链路信号接收通道故障、解码板故障、上电自检故障;应答器故障包括应答器丢失、立刻发送X号应答器、接收到的应答器索引号改为X号,应答器报文错误、应答器版本号错误;CD信号与BTM报文延时故障包括不发送CD信号但发送报文、CD信号上升沿一段距离后发送报文、CD信号下降沿一段距离后发送报文。

[0072] 组合故障模块模拟实现雷达、OPG和BTM功能模块间组合故障,或者功能模块与其他信号量开关量之间配合逻辑不符故障。由以上可知,各模块OPG输出值和方向、雷达输出速度和值均可根据需求进行设置,因而可模拟各种故障组合。可配置雷达和OPG输出速度方向不匹配或大小不一致故障;可更改OPG方波输出值,模拟实现ATP经累计计算得到位移与应答器报文回复位移相差过大故障。可配置功能模块与开关量之间配合故障模拟,如应答器丢失和DO输出列车完整性故障,应答器感应窗口外接收到应答器和列车完整性故障模拟。

[0073] 图8为列车故障仿真系统的测试方法流程图,测试人员或使用者在上位机运行及故障模拟控制单元设置相应的列车控制命令,通过协议形式传输至列车运行及故障仿真模块,该单元列车运行模型根据列车运行设置模拟列车运行,并模拟列车运行中相应输出DO及通讯相关报文。各故障模拟模块根据故障设置命令可单独模拟相应故障;组合故障仿真模块根据设置,模拟模块间组合故障仿真。

[0074] 测试方法,并非故障简单独立注入。列车响应故障模拟设置命令,模拟列车实际运行场景,列车处于运行态,输出相应DO、雷达报文、OPG方波、BTM报文,且各报文及DO输出间无逻辑冲突错误。在此基础上各独立模拟模块可单独故障,各模块模拟故障上文已描述,测试防护系统(ATP)对应响应;各模块间输出量不符合逻辑错误,测试防护系统(ATP)对应响应;单独模拟相关故障防护系统(ATP)响应处理回路或硬件缺失故障模拟,测试防护系统(ATP)对应响应。

[0075] 测试人员根据测试需求和目的可对各模块单独检测相应功能模块正常功能,在此基础上检测某一模块模拟故障而其他模块正常工作,检测系统响应和预期是否相同;除此外不同模块间组合出需要的故障组合,模块和开关量点位状态不匹配或硬件缺失故障模拟等检测需求均可实现。

[0076] 以上单独模块故障防护功能仅简单举例说明,但不仅限于以上故障仿真功能;模块间组合故障组合形式有多种,同样不限于以上组合,取决于测试需求及用例设置。由以上说明可知,本故障模拟系统可模拟各模块独立故障,且可根据测试需求组合出不同故障组

合,适用性强。

[0077] 经过以上步骤后,可模拟列车在运行过程中各模块工作可能出现故障,可单独模拟各模块故障,也可模拟模块间组合故障情况,如模块间数据冲突或逻辑错误等,可模拟列车运行和列车防护系统处理逻辑回路冲突等情况,即可全面模拟列车运行过冲中可能出现故障,实用性和可扩展性较强。

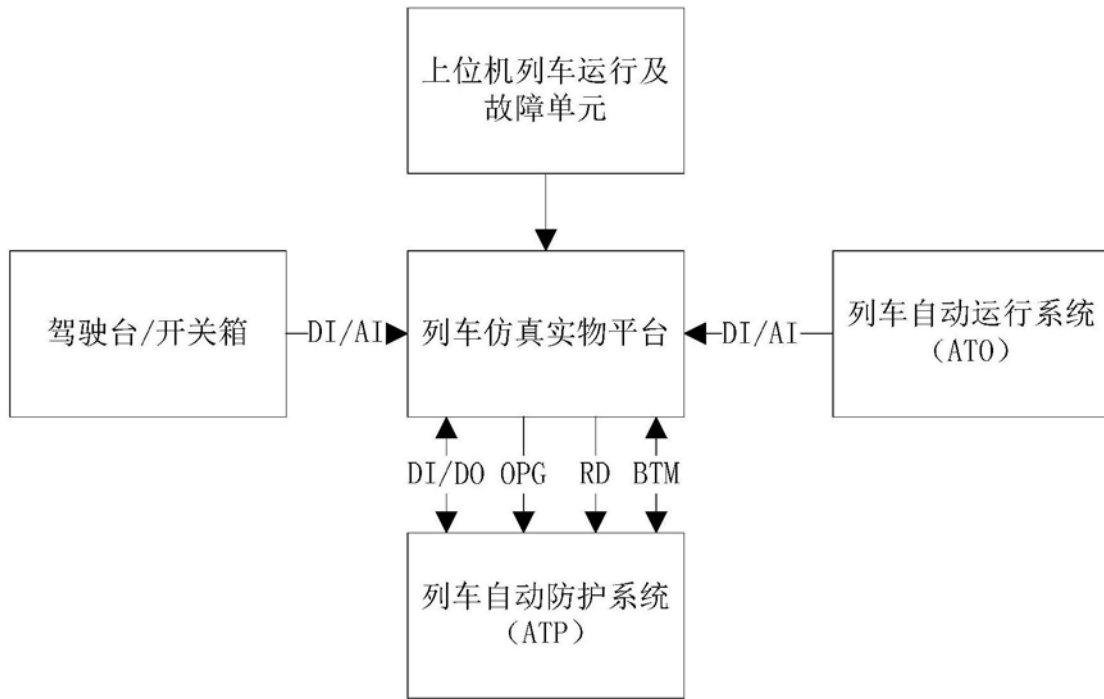


图1

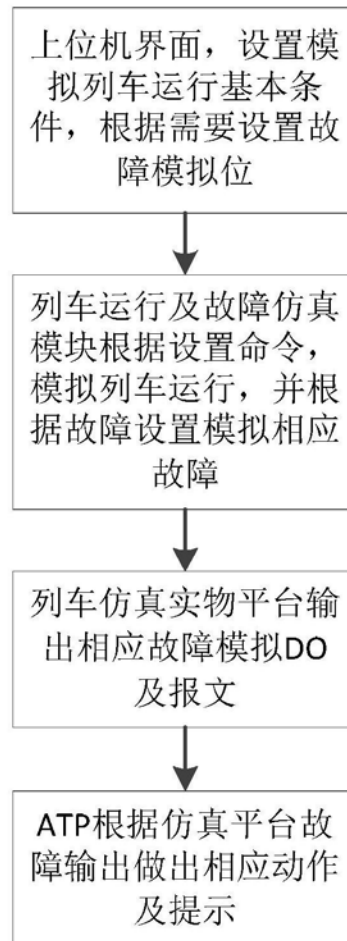


图2

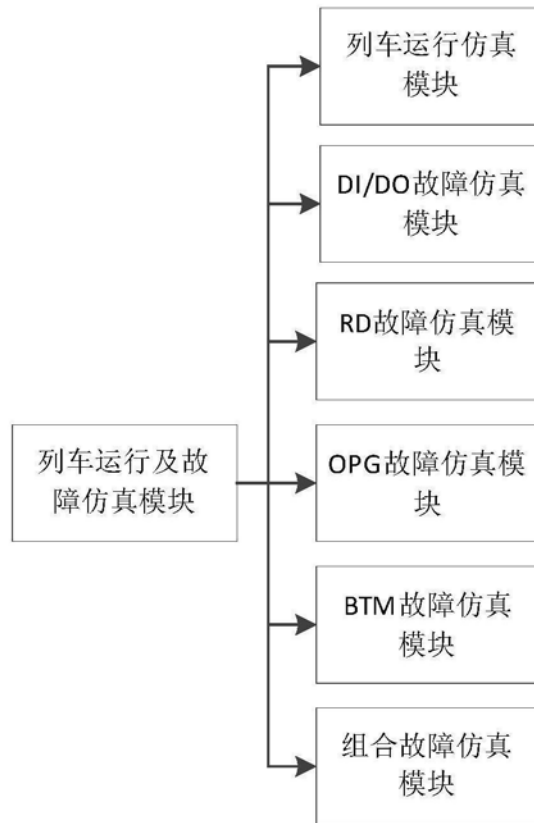


图3

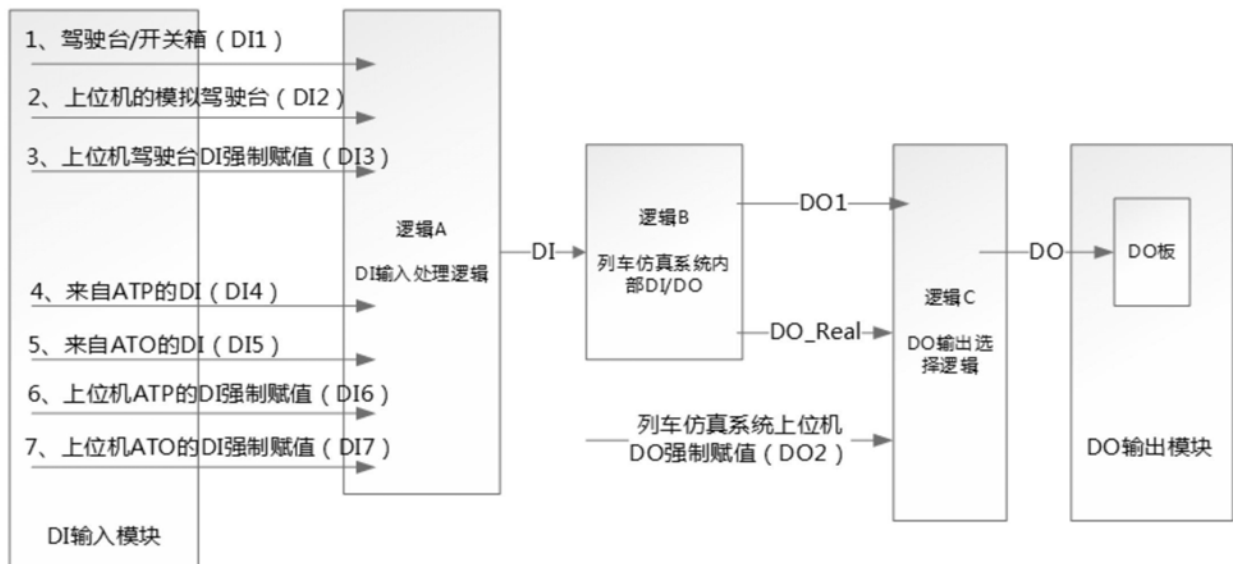


图4

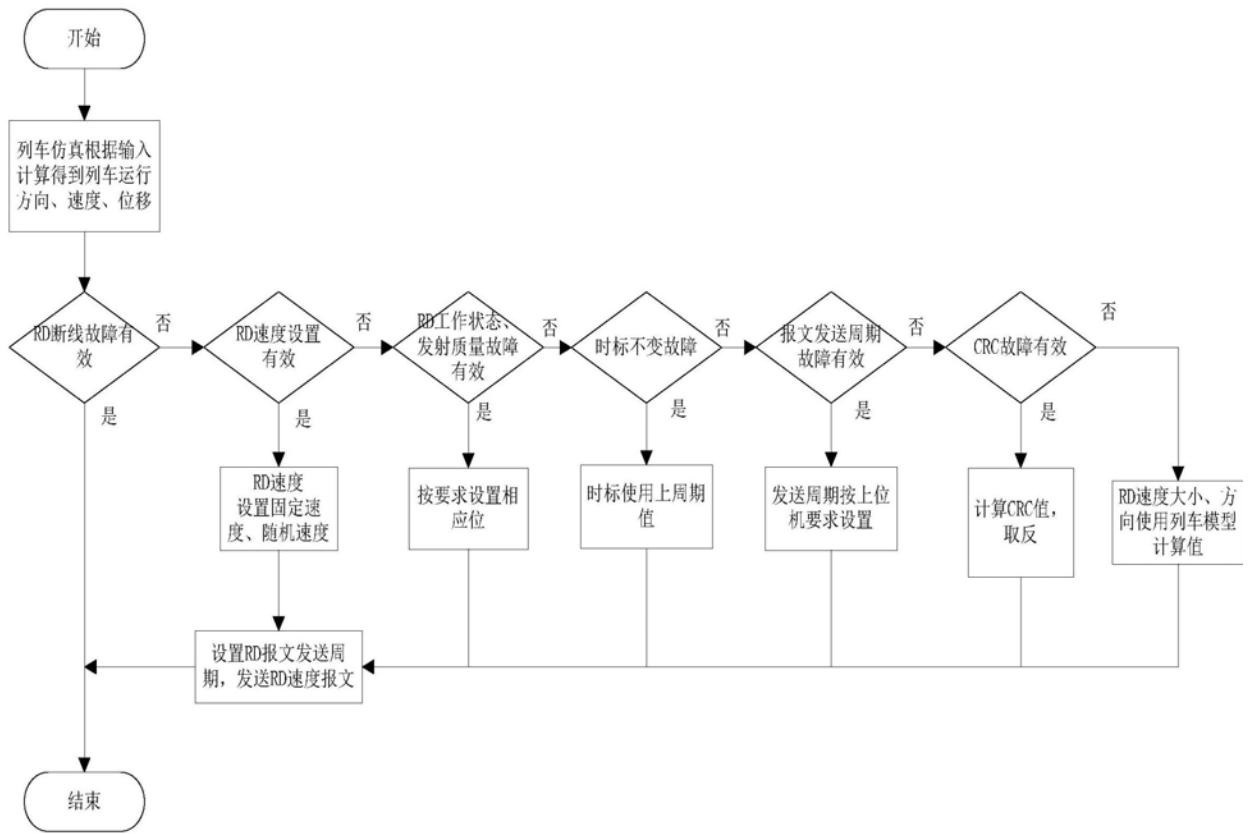


图5

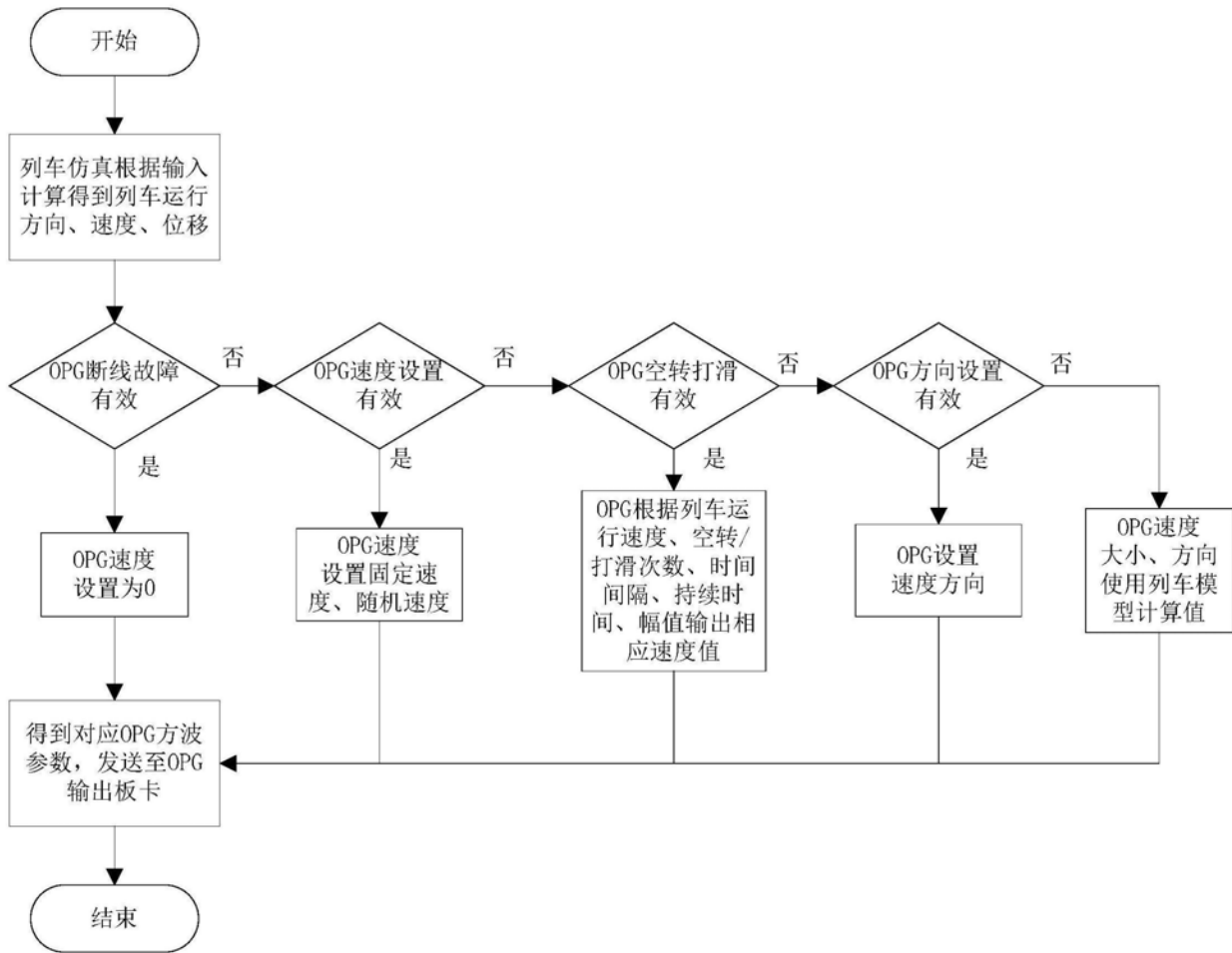


图6

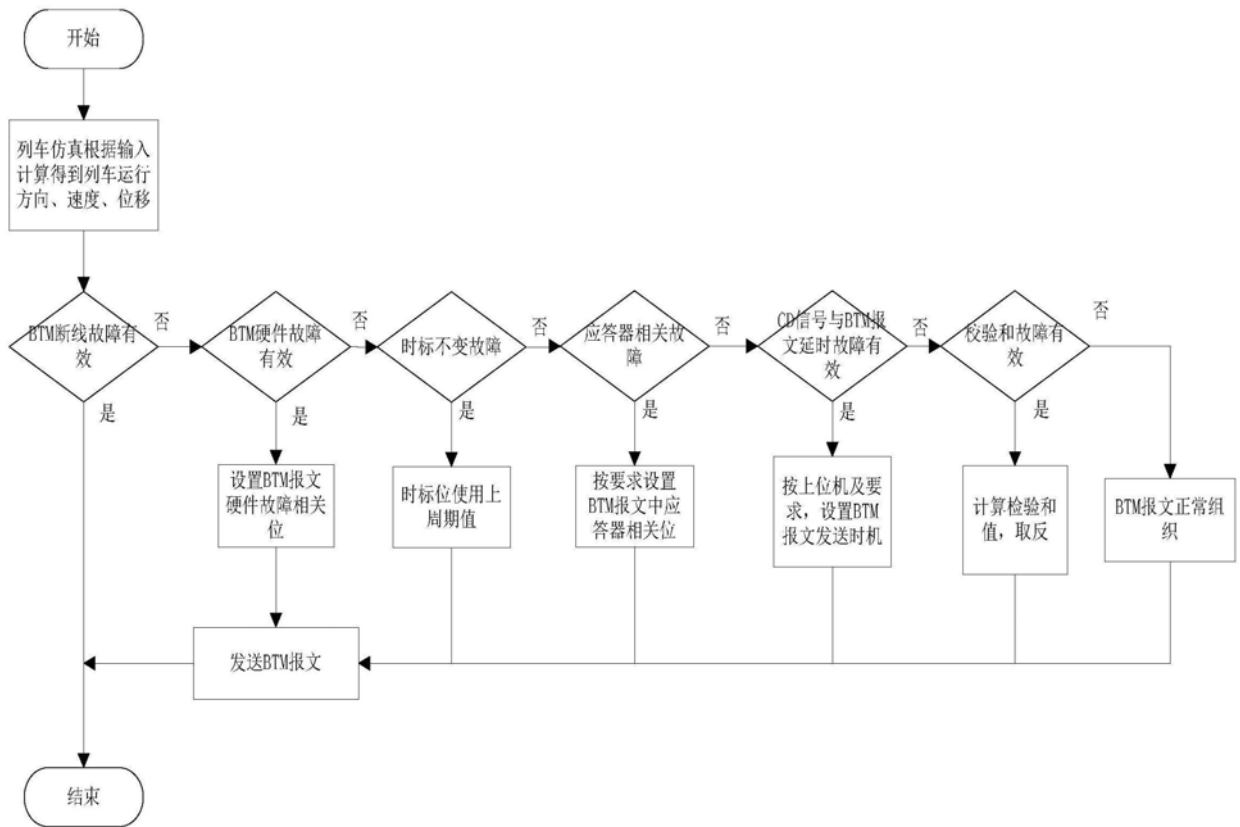


图7

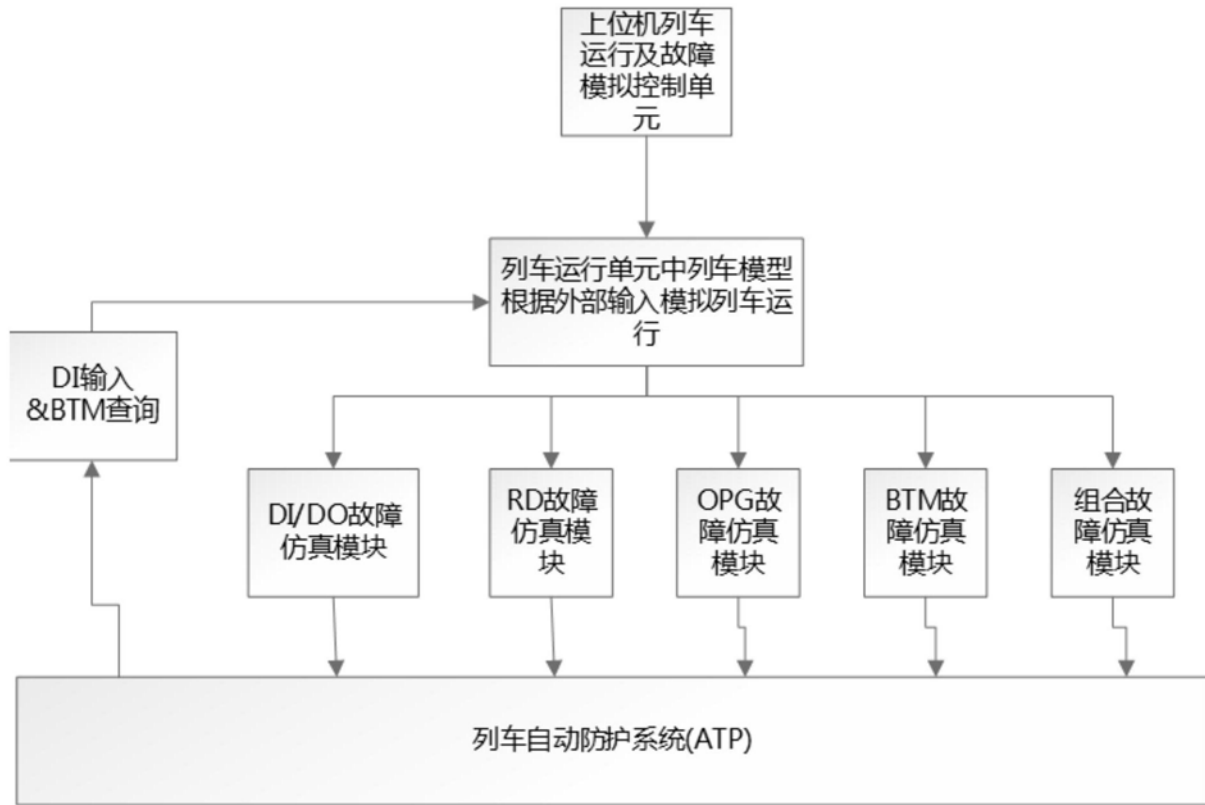


图8