



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112406959 B

(45) 授权公告日 2022. 11. 11

(21) 申请号 202011184136.4

(22) 申请日 2020.10.29

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 112406959 A

(43) 申请公布日 2021.02.26

(73) 专利权人 北京全路通信信号研究设计院集团有限公司

地址 100070 北京市丰台区丰台科技园汽车博物馆南路1号院B座7层

(72) 发明人 王舟帆 刘军 韦伟 王津航 王莹

(74) 专利代理机构 北京知联天下知识产权代理事务所(普通合伙) 11594
专利代理师 张陆军

(51) Int.Cl.

B61L 23/00 (2006.01)

B61L 27/10 (2022.01)

(56) 对比文件

CN 110682943 A, 2020.01.14

CN 102107671 A, 2011.06.29

CN 111688763 A, 2020.09.22

CN 110936983 A, 2020.03.31

US 2018082591 A1, 2018.03.22

审查员 沙聪雪

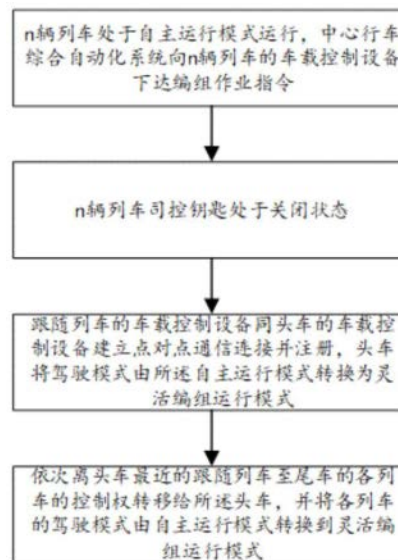
权利要求书5页 说明书12页 附图4页

(54) 发明名称

一种适用于灵活编组的列车运行控制模式切换方法

(57) 摘要

本发明一种适用于灵活编组的列车运行控制模式切换方法,用于需要进行编组的n辆列车, n为大于1的整数,其中,编组前,沿列车行驶方向,所述n辆列车中,记最前方列车为头车,其余n-1辆列车为跟随列车,最后方列车为尾车;编组后,记所述头车为控制列车,所述跟随列车为受控列车,所述列车运行控制模式切换方法包括步骤:一、所述n辆列车由自主运行模式转换为灵活编组运行模式,二、所述n辆列车由灵活编组运行模式转换为自主运行模式。本发明为列车运行控制系统能够支持灵活编组作业提供了一种途径;可基于运营需求,不受特定地点的约束,在运营区域完成编组作业,提高了运营作业效率,并降低能源消耗。



1. 一种适用于灵活编组的列车运行控制模式切换方法,用于需要进行编组的n辆列车,n为大于1的整数,其中,

编组前,沿列车行驶方向,所述n辆列车中,记最前方列车为头车,其余n-1辆列车为跟随列车,最后方列车为尾车;

编组后,记所述头车为控制列车,所述跟随列车为受控列车,

其特征在于,所述列车运行控制模式切换方法包括步骤:

一、所述n辆列车由自主运行模式转换为灵活编组运行模式,

二、所述n辆列车由灵活编组运行模式转换为自主运行模式,

其中,

所述步骤一中,所述自主运行模式为全自动运行模式;

所述步骤二中,执行所述自主运行模式出自以下各模式:全自动运行模式、蠕动模式、移动闭塞下列车自动防护模式、限制人工驾驶模式、非限制人工驾驶模式;

当完成所述灵活编组的所述n辆列车需要正常解编,或出现异常情况时,执行所述步骤二;

所述异常情况为以下情况之一:

a、车辆网络出现故障,或车辆与车载控制设备通信故障;

b、司控钥匙插入;

c、列车定位丢失;

d、移动授权失效;

e、车载防护设备切除;

f、列车之间通信异常;

在所述步骤一中,包括步骤:

1a、所述n辆列车处于自主运行模式运行,中心行车综合自动化系统向所述n辆列车的车载控制设备下达编组作业指令;

1b、所述n辆列车司控钥匙处于关闭状态;

1c、各所述跟随列车的车载控制设备同所述头车的车载控制设备建立点对点通信连接,并在所述头车的车载控制设备完成编队注册,所述头车将驾驶模式由所述自主运行模式转换为所述灵活编组运行模式;

1d、依次将由离所述头车最近的所述跟随列车至所述尾车的各列车的控制权转移给所述头车,并完成所述各列车的驾驶模式由所述自主运行模式到所述灵活编组运行模式的转换。

2. 根据权利要求1所述的一种适用于灵活编组的列车运行控制模式切换方法,其特征在于,

在所述步骤1d中,包括步骤:

对于所述各列车中的任一列车,由所述头车的车载控制设备向所述任一列车查询控车许可,当所述任一列车完成所述编队注册之后,车载控制设备实时计算紧密追踪移动授权,当所述车载控制设备判断所述紧密追踪移动授权有效时,进行控制权移交,将所述任一列车的控制权移交给所述头车,然后,所述任一列车依靠所述头车的控车指令行车,并且在所述控制权移交同时,所述任一列车将驾驶模式由所述自主运行模式转换为

所述灵活编组运行模式，

其中，

只有当所述任一列车将驾驶模式由所述自主运行模式转换为所述灵活编组运行模式之后，才能进行下一辆所述跟随列车的控制权转移及驾驶模式由所述自主运行模式到所述灵活编组运行模式的转换，中间不得间隔任何状态列车。

3. 根据权利要求1所述的一种适用于灵活编组的列车运行控制模式切换方法，其特征在于，

当完成所述灵活编组的所述n辆列车需要正常解编时，所述步骤二包括步骤：

2a、中心行车综合自动化系统向所述控制列车的车载控制设备发送解编计划，并由所述控制列车的车载控制设备发送至各所述受控列车的车载控制设备；

2b、所述n辆列车司控钥匙处于关闭状态；

2c、各所述受控列车的车载控制设备根据所述控制列车的定位和各所述受控列车间距的探测值，恢复各所述受控列车的绝对定位，并实时计算各所述受控列车各自的移动授权要素；

2d、各所述受控列车从所述尾车至紧邻所述控制列车的受控列车依次完成控制权移交和所述灵活编组运行模式至所述自主运行模式转换。

4. 根据权利要求3所述的一种适用于灵活编组的列车运行控制模式切换方法，其特征在于，

在所述步骤2d中，包括步骤：

对于依次从所述尾车至紧邻所述控制列车的任一受控列车，当车载控制设备判断所述移动授权要素已满足移动授权转换/切换条件后，所述车载控制设备将所述灵活编组运行模式转换为所述自主运行模式，同时收回控制权，并向所述控制列车的车载控制设备进行注销，各所述受控列车均注销后，所述头车转为所述自主运行模式。

5. 根据权利要求4所述的一种适用于灵活编组的列车运行控制模式切换方法，其特征在于，

在所述n辆列车编组后，把所述任一受控列车设为后车，沿所述列车行驶方向，与所述后车紧邻的前方列车设为前车，

则所述移动授权要素包括： v_A 、 v_B 、 S_A 、 S_B

其中， v_A 为所述前车的车速， v_B 为所述后车的车速， S_A 为所述前车的位移， S_B 为所述后车的位移，

所述移动授权要素满足如下不等式时，即为所述满足移动授权转换/切换条件，

$$S_0 + S_A - S_B - B(S_A + S_B) \geq (1+B)S_{\text{delay}} + (1+B)\frac{v_B^2}{2|a_2|} - (1-B)\frac{v_A^2}{2|a_1|} + S_{\text{addi}},$$

其中，

S_0 为所述前车与后车之间的间隔；

B 为列车走行带来的定位误差比例；

$S_{\text{delay}} = v_B \times t_{\text{mec}} + \max\{v_B t_{\text{comm}}, v_B t_{\text{sys}}\}$ ， S_{delay} 为所述后车的额外走行距离， t_{mec} 为列车执行车载控制设备的控制指令的响应延时， t_{comm} 为所述头车与所述后车之间的通信延时， t_{sys} 为

所述后车的车载控制设备的系统处理响应时间；

a_2 为所述后车的紧急制动加速度；

a_1 为所述前车的紧急制动加速度；

S_{addi} 为额外安全距离。

6. 根据权利要求1-5任一所述的一种适用于灵活编组的列车运行控制模式切换方法，其特征在于，

当出现所述情况a时，所述步骤二包括：

若为所述控制列车出现故障，若所述n辆列车的车速不为零，则所述控制列车紧急制动，且所述控制列车的车载控制设备向所有所述受控列车发送紧急制动和注销指令，待所述n辆列车的车速为零时，所述控制列车司控钥匙保持关闭状态，由所述控制列车的车载控制设备向中心行车综合自动化系统发送蠕动模式请求，所述中心行车综合自动化系统同意后，所述控制列车由所述灵活编组运行模式转换为所述蠕动模式，所有所述受控列车接到所述注销指令后，与所述控制列车断开通信，所有所述受控列车将司控钥匙插入后，由所述灵活编组运行模式转换为所述限制人工驾驶模式；

若为任一所述受控列车出现故障，若所述n辆列车的车速不为零，则出现故障的所述受控列车紧急制动并向所述控制列车发送注销请求进行注销，所述控制列车向出现故障的所述受控列车之后的所有列车发送紧急制动及注销指令，出现故障的所述受控列车之后的所有列车基于所述控制列车的指令或在自身列车车载控制设备的紧密追踪移动授权防护下紧急制动，出现故障的所述受控列车及后面的所有列车的车速降为零并与所述控制列车断开通信，出现故障的所述受控列车及后面的所有列车在司控钥匙插入后，由所述灵活编组运行模式转换为所述限制人工驾驶模式，所述控制列车及出现故障的所述受控列车之前的各所述受控列车保持原状态运行。

7. 根据权利要求1-5任一所述的一种适用于灵活编组的列车运行控制模式切换方法，其特征在于，

当出现所述情况b时，所述步骤二包括：

若是所述控制列车司控钥匙插入，若所述n辆列车的车速不为零，则所述控制列车紧急制动，且所述控制列车的车载控制设备向所有所述受控列车发送紧急制动和注销指令，待所述n辆列车的车速为零时，所述控制列车在司控钥匙插入后由所述灵活编组运行模式转换为所述移动闭塞下列车自动防护模式，所有所述受控列车接到所述注销指令后，与所述控制列车断开通信，所有所述受控列车将司控钥匙插入后，由所述灵活编组运行模式转换为所述限制人工驾驶模式；

若为任一所述受控列车司控钥匙插入，若所述n辆列车的车速不为零，则发生司控钥匙插入的所述受控列车紧急制动并向所述控制列车发送注销请求进行注销，所述控制列车向发生司控钥匙插入的所述受控列车之后的所有列车发送紧急制动及注销指令，发生司控钥匙插入的所述受控列车之后的所有列车基于所述控制列车的指令或在自身列车车载控制设备的紧密追踪移动授权防护下紧急制动，出现故障的所述受控列车及后面的所有列车的车速降为零并与所述控制列车断开通信，出现故障的所述受控列车及后面的所有列车在司控钥匙插入后，由所述灵活编组运行模式转换为所述限制人工驾驶模式，所述控制列车及出现故障的所述受控列车之前的各所述受控列车保持原状态运行。

8. 根据权利要求1-5任一所述的一种适用于灵活编组的列车运行控制模式切换方法, 其特征在于,

当出现所述情况c或d时, 所述步骤二包括:

若为所述控制列车出现故障, 若所述n辆列车的车速不为零, 则所述控制列车紧急制动, 且所述控制列车的车载控制设备向所有所述受控列车发送紧急制动和注销指令, 待所述n辆列车的车速为零时, 所述控制列车在司控钥匙插入后由所述灵活编组运行模式转换为所述限制人工驾驶模式, 所有所述受控列车接到所述注销指令后, 与所述控制列车断开通信, 所有所述受控列车将司控钥匙插入后, 由所述灵活编组运行模式转换为所述限制人工驾驶模式;

若为任一所述受控列车出现故障, 若所述n辆列车的车速不为零, 则出现故障的所述受控列车紧急制动并向所述控制列车发送注销请求进行注销, 所述控制列车向出现故障的所述受控列车后面的所有列车发送紧急制动及注销指令, 出现故障的所述受控列车及后面的所有列车基于所述控制列车的指令或在自身列车车载控制设备的紧密追踪移动授权防护下紧急制动, 出现故障的所述受控列车及后面的所有列车的车速降为零并与所述控制列车断开通信, 出现故障的所述受控列车及后面的所有列车在司控钥匙插入后, 由所述灵活编组运行模式转换为所述限制人工驾驶模式, 所述控制列车及出现故障的所述受控列车之前的各所述受控列车保持原状态运行。

9. 根据权利要求1-5任一所述的一种适用于灵活编组的列车运行控制模式切换方法, 其特征在于,

对于所述情况e, 所述步骤二包括:

若为所述控制列车进行车载防护设备切除, 需在所述n辆列车的列车车速为零时, 由人工经控制中心同意后实施, 实施时, 所述控制列车插入司控钥匙, 将切除开关置于切除位, 所述控制列车由所述灵活编组运行模式转换为所述非限制人工驾驶模式并与所有受控列车直接断开通信, 所有所述受控列车司控钥匙插入, 各所述受控列车由所述灵活编组运行模式转换为所述限制人工驾驶模式;

若为任一所述受控列车进行车载防护设备切除, 需在所述n辆列车的列车车速为零时, 由人工经所述控制中心同意后实施, 实施时, 进行车载防护设备切除的所述受控列车插入司控钥匙, 将切除开关置于切除位, 进行车载防护设备切除的所述受控列车由所述灵活编组运行模式转换为所述非限制人工驾驶模式, 并同所述控制列车通信断开, 所述控制列车向进行车载防护设备切除的所述受控列车后面所有列车发送注销指令, 进行车载防护设备切除的所述受控列车后面各列车与所述控制列车通信断开, 且司控钥匙插入后, 进行车载防护设备切除的所述受控列车后面各列车由所述灵活编组运行模式转换为所述限制人工驾驶模式, 所述控制列车及进行车载防护设备切除的所述受控列车之前的受控列车保持原驾驶模式。

10. 根据权利要求1-5任一所述的一种适用于灵活编组的列车运行控制模式切换方法, 其特征在于,

当出现所述情况f时, 所述步骤二包括:

若为所述控制列车出现故障, 若所述n辆列车的车速不为零, 则所述控制列车紧急制动, 所述各受控列车的车载控制设备检测到与所述控制列车的通信断开或基于紧密追踪移

动授权防护进行紧急制动,待所述n辆列车的车速为零时,所述控制列车司控钥匙插入后由所述灵活编组运行模式转换为所述限制人工驾驶模式,所有所述受控列车与控制列车通信断开后,所有所述受控列车将司控钥匙插入后,由所述灵活编组运行模式转换为所述限制人工驾驶模式;

若为任一所述受控列车出现故障,若所述n辆列车的车速不为零,则出现故障的所述受控列车紧急制动,所述控制列车检测到故障受控列车通信断开后向出现故障的所述受控列车后面的所有列车发送紧急制动及注销指令,出现故障的所述受控列车后面的所有列车基于头车指令或在自身列车车载控制设备的所述紧密追踪移动授权防护下紧急制动,出现故障的所述受控列车后面的所有列车的车速降为零并与所述控制列车断开通信,出现故障的所述受控列车及后面的所有列车在司控钥匙插入后,由所述灵活编组运行模式转换为所述限制人工驾驶模式,所述控制列车及出现故障的所述受控列车之前的各所述受控列车保持原状态运行。

一种适用于灵活编组的列车运行控制模式切换方法

技术领域

[0001] 本发明属于列车运行控制领域,特别涉及一种适用于灵活编组的列车运行控制模式切换方法。

背景技术

[0002] 现有的轨道交通运营过程中,灵活编组是指,利用先进的列车控制技术,基于运营需求,在运营区域不受特定作业场所的制约,控制列车灵活改变其编组形式,以满足多样化运输需求的运营模式,实现需求和运力最佳协同。

[0003] 灵活编组方式按是否依靠物理连接可以分为机械编组和虚拟编组,目前国际上在客运领域实现灵活编组应用主要采用机械编组方式,虚拟编组在货运有所研究,而在客运领域无应用实例。

[0004] 在轨道交通中,为实现列车编组,通常将列车置于较低的控制等级下,通过低速(如小于5km/h)碰撞,实现列车车钩连接,俗称“撞钩”。该方式下,列车需发生轻微碰撞,但编组作业过程无车载控制设备防护或系统防护程度较低,且作业地点在非运营区域,不能载客进行,从而无法满足载人运营安全需求。此外,列车需在特定的场所(如车辆段)进行作业,且在特定地点编组完成后才能进入运营区域,导致运营效率也比较低。

[0005] 目前列车运行控制系统(如适用于高铁的CTCS系统和适用于城轨的CBTC系统),无法支持灵活编组作业。

发明内容

[0006] 针对上述问题,本发明提供一种适用于灵活编组的列车运行控制模式切换方法。

[0007] 本发明的一种适用于灵活编组的列车运行控制模式切换方法,用于需要进行编组的n辆列车,n为大于1的整数,其中,

[0008] 编组前,沿列车行驶方向,所述n辆列车中,记最前方列车为头车,其余n-1辆列车为跟随列车,最后方列车为尾车;

[0009] 编组后,记所述头车为控制列车,所述跟随列车为受控列车,

[0010] 所述列车运行控制模式切换方法包括步骤:

[0011] 一、所述n辆列车由自主运行模式转换为灵活编组运行模式,

[0012] 二、所述n辆列车由灵活编组运行模式转换为自主运行模式,

[0013] 其中,

[0014] 所述步骤一中,所述自主运行模式为全自动运行模式;

[0015] 所述步骤二中,执行所述自主运行模式出自以下各模式:全自动运行模式、蠕动模式、移动闭塞下列车自动防护模式、限制人工驾驶模式、非限制人工驾驶模式;

[0016] 当完成所述灵活编组的所述n辆列车需要正常解编,或出现异常情况时,执行所述步骤二;

[0017] 所述异常情况为以下情况之一:

- [0018] a、车辆网络出现故障,或车辆与车载控制设备通信故障;
- [0019] b、司控钥匙插入;
- [0020] c、列车定位丢失;
- [0021] d、移动授权失效;
- [0022] e、车载防护设备切除;
- [0023] f、列车之间通信异常。
- [0024] 进一步,
- [0025] 在所述步骤一中,包括步骤:
- [0026] 1a、所述n辆列车处于自主运行模式运行,中心行车综合自动化系统向所述n辆列车的车载控制设备下达编组作业指令;
- [0027] 1b、所述n辆列车司控钥匙处于关闭状态;
- [0028] 1c、各所述跟随列车的车载控制设备同所述头车的车载控制设备建立点对点通信连接,并在所述头车的车载控制设备完成编队注册,所述头车将驾驶模式由所述自主运行模式转换为所述灵活编组运行模式;
- [0029] 1d、依次将由离所述头车最近的所述跟随列车至所述尾车的各列车的控制权转移给所述头车,并完成所述各列车的驾驶模式由所述自主运行模式到所述灵活编组运行模式的转换。
- [0030] 进一步,
- [0031] 在所述步骤1d中,包括步骤:
- [0032] 对于所述各列车中的任一列车,由所述头车的车载控制设备向所述任一列车查询控车许可,当所述任一列车完成所述编队注册之后,车载控制设备实时计算紧密追踪移动授权,当所述车载控制设备判断所述紧密追踪移动授权有效时,进行控制权移交,将所述任一列车的控制权移交给所述头车,然后,所述任一列车依靠所述头车的控车指令行车,并且在所述控制权移交同时,所述任一列车将驾驶模式由所述自主运行模式转换为所述灵活编组运行模式,
- [0033] 其中,
- [0034] 只有当所述任一列车将驾驶模式由所述自主运行模式转换为所述灵活编组运行模式之后,才能进行下一辆所述跟随列车的控制权转移及驾驶模式由所述自主运行模式到所述灵活编组运行模式的转换,中间不得间隔任何状态列车。
- [0035] 进一步,
- [0036] 当完成所述灵活编组的所述n辆列车需要正常解编时,所述步骤二包括步骤:
- [0037] 2a、中心行车综合自动化系统向所述控制列车的车载控制设备发送解编计划,并由所述控制列车的车载控制设备发送至各所述受控列车的车载控制设备;
- [0038] 2b、所述n辆列车司控钥匙处于关闭状态;
- [0039] 2c、各所述受控列车的车载控制设备根据所述控制列车的定位和各所述受控列车间距的探测值,恢复各所述受控列车的绝对定位,并实时计算各所述受控列车各自的移动授权要素;
- [0040] 2d、各所述受控列车从所述尾车至紧邻所述控制列车的受控列车依次完成控制权移交和所述灵活编组运行模式至所述自主运行模式转换。

[0041] 进一步,

[0042] 在所述步骤2d中,包括步骤:

[0043] 对于依次从所述尾车至紧邻所述控制列车的任一辆受控列车,当车载控制设备判断所述移动授权要素已满足移动授权转换/切换条件后,所述车载控制设备将所述灵活编组运行模式转换为所述自主运行模式,同时收回控制权,并向所述控制列车的车载控制设备进行注销,各所述受控列车均注销后,所述头车转为所述自主运行模式。

[0044] 进一步,

[0045] 在所述n辆列车编组后,把所述任一辆受控列车设为后车,沿所述列车行驶方向,与所述后车紧邻的前方列车设为前车,

[0046] 则所述移动授权要素包括: v_A 、 v_B 、 S_A 、 S_B

[0047] 其中, v_A 为所述前车的车速, v_B 为所述后车的车速, S_A 为所述前车的位移, S_B 为所述后车的位移,

[0048] 所述移动授权要素满足如下不等式时,即为所述满足移动授权转换/切换条件,

$$[0049] \quad S_0 + S_A - S_B - B(S_A + S_B) \geq (1+B)S_{delay} + (1+B)\frac{v_B^2}{2|a_2|} - (1-B)\frac{v_A^2}{2|a_1|} + S_{addi},$$

[0050] 其中,

[0051] S_0 为所述前车与后车之间的间隔;

[0052] B 为列车走行带来的定位误差比例;

[0053] $S_{delay} = v_B \times t_{mec} + \max\{v_B t_{comm}, v_B t_{sys}\}$, S_{delay} 为所述后车的额外走行距离, t_{mec} 为列车执行车载控制设备的控制指令的响应延时, t_{comm} 为所述头车与所述后车之间的通信延时, t_{sys} 为所述后车的车载控制设备的系统处理响应时间;

[0054] a_2 为所述后车的紧急制动加速度;

[0055] a_1 为所述前车的紧急制动加速度;

[0056] S_{addi} 为额外安全距离。

[0057] 进一步,

[0058] 当出现所述情况a时,所述步骤二包括:

[0059] 若为所述控制列车出现故障,若所述n辆列车的车速不为零,则所述控制列车紧急制动,且所述控制列车的车载控制设备向所有所述受控列车发送紧急制动和注销指令,待所述n辆列车的车速为零时,所述控制列车司控钥匙保持关闭状态,由所述控制列车的车载控制设备向中心行车综合自动化系统发送蠕动模式请求,所述中心行车综合自动化系统同意后,所述控制列车由所述灵活编组运行模式转换为所述蠕动模式,所有所述受控列车接到所述注销指令后,与所述控制列车断开通信,所有所述受控列车将司控钥匙插入后,由所述灵活编组运行模式转换为所述限制人工驾驶模式;

[0060] 若为任一所述受控列车出现故障,若所述n辆列车的车速不为零,则出现故障的所述受控列车紧急制动并向所述控制列车发送注销请求进行注销,所述控制列车向出现故障的所述受控列车之后的所有列车发送紧急制动及注销指令,出现故障的所述受控列车之后的所有列车基于所述控制列车的指令或在自身列车车载控制设备的所述紧密追踪移动授权防护下紧急制动,出现故障的所述受控列车及后面的所有列车的车速降为零并与所述控制列车断开通信,出现故障的所述受控列车及后面的所有列车在司控钥匙插入后,由所述

灵活编组运行模式转换为所述限制人工驾驶模式,所述控制列车及出现故障的所述受控列车之前的各所述受控列车保持原状态运行。

[0061] 进一步,

[0062] 当出现所述情况b时,所述步骤二包括:

[0063] 若是所述控制列车司控钥匙插入,若所述n辆列车的车速不为零,则所述控制列车紧急制动,且所述控制列车的车载控制设备向所有所述受控列车发送紧急制动和注销指令,待所述n辆列车的车速为零时,所述控制列车在司控钥匙插入后由所述灵活编组运行模式转换为所述移动闭塞下列车自动防护模式,所有所述受控列车接到所述注销指令后,与所述控制列车断开通信,所有所述受控列车将司控钥匙插入后,由所述灵活编组运行模式转换为所述限制人工驾驶模式;

[0064] 若为任一所述受控列车司控钥匙插入,若所述n辆列车的车速不为零,则发生司控钥匙插入的所述受控列车紧急制动并向所述控制列车发送注销请求进行注销,所述控制列车向发生司控钥匙插入的所述受控列车之后的所有列车发送紧急制动及注销指令,发生司控钥匙插入的所述受控列车之后的所有列车基于所述控制列车的指令或在自身列车车载控制设备的所述紧密追踪移动授权防护下紧急制动,出现故障的所述受控列车及后面的所有列车的车速降为零并与所述控制列车断开通信,出现故障的所述受控列车及后面的所有列车在司控钥匙插入后,由所述灵活编组运行模式转换为所述限制人工驾驶模式,所述控制列车及出现故障的所述受控列车之前的各所述受控列车保持原状态运行。

[0065] 进一步,

[0066] 当出现所述情况c或d时,所述步骤二包括:

[0067] 若为所述控制列车出现故障,若所述n辆列车的车速不为零,则所述控制列车紧急制动,且所述控制列车的车载控制设备向所有所述受控列车发送紧急制动和注销指令,待所述n辆列车的车速为零时,所述控制列车在司控钥匙插入后由所述灵活编组运行模式转换为所述限制人工驾驶模式,所有所述受控列车接到所述注销指令后,与所述控制列车断开通信,所有所述受控列车将司控钥匙插入后,由所述灵活编组运行模式转换为所述限制人工驾驶模式;

[0068] 若为任一所述受控列车出现故障,若所述n辆列车的车速不为零,则出现故障的所述受控列车紧急制动并向所述控制列车发送注销请求进行注销,所述控制列车向出现故障的所述受控列车后面的所有列车发送紧急制动及注销指令,出现故障的所述受控列车及后面的所有列车基于所述控制列车的指令或在自身列车车载控制设备的所述紧密追踪移动授权防护下紧急制动,出现故障的所述受控列车及后面的所有列车的车速降为零并与所述控制列车断开通信,出现故障的所述受控列车及后面的所有列车在司控钥匙插入后,由所述灵活编组运行模式转换为所述限制人工驾驶模式,所述控制列车及出现故障的所述受控列车之前的各所述受控列车保持原状态运行。

[0069] 进一步,

[0070] 对于所述情况e,所述步骤二包括:

[0071] 若为所述控制列车进行车载防护设备切除,需在所述n辆列车的列车车速为零时,由人工经控制中心同意后实施,实施时,所述控制列车插入司控钥匙,将切除开关置于切除位,所述控制列车由所述灵活编组运行模式转换为所述非限制人工驾驶模式并与所有受控

列车直接断开通信,所有所述受控列车司控钥匙插入,各所述受控列车由所述灵活编组运行模式转换为所述限制人工驾驶模式;

[0072] 若为任一所述受控列车进行车载防护设备切除,需在所述n辆列车的列车车速为零时,由人工经所述控制中心同意后实施,实施时,进行车载防护设备切除的所述受控列车插入司控钥匙,将切除开关置于切除位,进行车载防护设备切除的所述受控列车由所述灵活编组运行模式转换为所述非限制人工驾驶模式,并同所述控制列车通信断开,所述控制列车向进行车载防护设备切除的所述受控列车后面所有列车发送注销指令,进行车载防护设备切除的所述受控列车后面各列车与所述控制列车通信断开,且司控钥匙插入后,进行车载防护设备切除的所述受控列车后面各列车由所述灵活编组运行模式转换为所述限制人工驾驶模式,所述控制列车及进行车载防护设备切除的所述受控列车之前的受控列车保持原驾驶模式。

[0073] 进一步,

[0074] 当出现所述情况f时,所述步骤二包括:

[0075] 若为所述控制列车出现故障,若所述n辆列车的车速不为零,则所述控制列车紧急制动,所述各受控列车的车载控制设备检测到与所述控制列车的通信断开或基于所述紧密追踪移动授权防护进行紧急制动,待所述n辆列车的车速为零时,所述控制列车司控钥匙插入后由所述灵活编组运行模式转换为所述限制人工驾驶模式,所有所述受控列车与控制列车通信断开后,所有所述受控列车将司控钥匙插入后,由所述灵活编组运行模式转换为所述限制人工驾驶模式;

[0076] 若为任一所述受控列车出现故障,若所述n辆列车的车速不为零,则出现故障的所述受控列车紧急制动,所述控制列车检测到所述故障受控列车通信断开后向出现故障的所述受控列车后面的所有列车发送紧急制动及注销指令,出现故障的所述受控列车后面的所有列车基于头车指令或在自身列车车载控制设备的所述紧密追踪移动授权防护下紧急制动,出现故障的所述受控列车后面的所有列车的车速降为零并与所述控制列车断开通信,出现故障的所述受控列车及后面的所有列车在司控钥匙插入后,由所述灵活编组运行模式转换为所述限制人工驾驶模式,所述控制列车及出现故障的所述受控列车之前的各所述受控列车保持原状态运行。

[0077] 本发明的适用于灵活编组的列车运行控制模式切换方法实现了灵活编组驾驶模式同既有FAO系统(目前自动化程度最高)中其他驾驶模式的转换,为列车运行控制系统能够支持灵活编组作业提供了一种途径;提出一种灵活编组解编作业中,列车恢复移动授权的最小距离判定方法,以此来实现灵活编组解编过程中,列车运行模式切换的触发;可基于运营需求,不受特定地点的约束,在运营区域完成编组作业,提高了运营作业效率,并降低能源消耗。

[0078] 本发明的其它特征和优点将在随后的说明书中阐述,并且,部分地从说明书中变得显而易见,或者通过实施本发明而了解。本发明的目的和其他优点可通过在说明书、权利要求书以及附图中所指出的结构来实现和获得。

附图说明

[0079] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例或现

有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0080] 图1示出了根据本发明实施例的由FAM模式转换进入FMM模式的转换方法的流程图;

[0081] 图2示出了根据本发明实施例的由FMM模式转换进入FAM模式的转换方法的流程图;

[0082] 图3示出了根据本发明实施例的车辆网络出现故障时的本发明转换方法的流程图;

[0083] 图4示出了根据本发明实施例的司控钥匙插入时的本发明转换方法的流程图;

[0084] 图5示出了根据本发明实施例的列车定位丢失或列车移动授权失效时的本发明转换方法的流程图;

[0085] 图6示出了根据本发明实施例的车载防护设备切除时的本发明转换方法的流程图;

[0086] 图7示出了根据本发明实施例的列车之间通信异常时的本发明转换方法的流程图。

具体实施方式

[0087] 为使本发明实施例的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地说明,显然,所描述的实施例是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0088] 在装备运行控制系统的轨道交通中,列车在正常运行过程中通常处于较高控制等级,依靠系统提供的移动授权行驶,如城轨CBTC系统中,至少具备CBTC等级和联锁等级两个控制等级。列车正常运行时处于CBTC等级,列车依靠系统提供的移动授权行驶,以避免发生碰撞。移动授权的计算可以由列车车载控制设备自主计算或由地面控制设备计算。列车运行由车载列车自动驾驶系统(ATO)控制或人工驾驶,列车与列车之间无直接的控制命令信息交互。

[0089] 在轨道交通行业,目前自动化等级最高的全自动运行系统(FAO系统)中,列车驾驶模式分为:

[0090] FAM模式(全自动运行模式),为系统防护下的全自动驾驶模式;

[0091] CAM模式(蠕动模式),在全自动驾驶模式下,车辆发生网络故障,或车辆与车载控制设备之间发送通信故障时,列车限速运行的模式;

[0092] AM模式(列车自动运行模式),在司机监控下,系统自动控制列车运行,并进行安全防护的列车驾驶模式;

[0093] CM模式(列车自动防护模式),在列车自动防护设备防护下,司机驾驶列车运行的列车驾驶模式;

[0094] RM模式(限制人工驾驶模式),司机按规定的目视行车限速控车运行,列车自动防护设备进行超速防护的列车驾驶模式。

[0095] EUM模式(非限制人工驾驶模式),车载防护设备切除,不对列车运行进行监控,司机按操作规程驾驶列车的列车驾驶模式。

[0096] 在这些驾驶模式下,列车能够实现各种情况下的运行控制,保障列车运行安全。

[0097] 列车编队运行控制可分为集中式或分散式。集中式是指列车编队由一辆列车统一控制与指挥,该列车通常为头车(或称为领航者)。分散式是指列车编队由列车编队单元自身控制列车运行。本专利所考虑的列车灵活编组控制方式为集中式控制,且由于灵活编组对控制精度和自动化程度要求较高,本专利列车灵活编组方案基于FAO系统进行考虑。本专利考虑列车编队控制方案为,将虚拟编组列车编队视为一辆列车,由头车进行控制,编队内部列车通过头车控制指令跟随运行。

[0098] 在FAO系统中列车通过移动授权来进行安全防护,以保障列车之间的安全间隔。在列车自主运行模式下,列车基于绝对位置的移动授权行车。但若要进行灵活编组作业,虚拟编组作业需要比所述安全间隔更小的列车运行间隔,目前列控系统依靠基于绝对位置的移动授权行车方式无法满足该要求,故本申请针对灵活编组作业设置灵活编组模式,在该模式下,跟随列车(即灵活编组中,头车之后的各列车)采用紧密追踪移动授权(如采用基于相对位置的移动授权以进一步缩小列车运行间隔),以缩小列车间隔,进行灵活编组作业,紧密追踪移动授权具体可采用基于相对位置的移动授权来实现,如基于红外或激光探测方式探测列车相对位置(及速度)来计算并进行移动授权。

[0099] 对于灵活编组作业,虚拟编组作业需要缩小列车运行间隔,目前列控系统依靠移动授权行车方式无法满足该要求。故需设置灵活编组模式,处于该模式下的列车,列车之间能够直接通信,列车控制权能够移交,能够通过缩小列车间隔,进行灵活编组作业,从而同列车自主运行控制模式进行区别。

[0100] 对于存在灵活编组情况的轨道交通列车运行而言,存在两种运行控制模式:自主运行模式和编队运行模式。自主运行模式下,列车作为单独个体运行,列车运行由列车各自车载控制设备进行防护,对应列车驾驶模式包括前述的FAM、CAM、AM、CM、RM、EUM模式。自主运行模式下,列车接收中心调度命令,各列车车载控制设备各自进行列车运行控制和列车运行防护。编队运行模式下,列车编队作为一个整体,头车负责接收中心调度指令和为列车编队中各列车提供运行控制指令,各列车进行列车运行防护,编队运行模式下的驾驶模式区别于自主运行模式,我们将其设定为FMM模式(灵活编组运行模式)。列车在进行灵活编组作业过程中,存在控制模式切换过程,具体来说列车进行灵活编组时,运行控制模式由自主运行模式转向编队运行模式;在列车解编过程中,由编队运行模式转向自主运行模式;在编组运行过程中也可能因为某些事件而由编队运行模式转化为自主运行模式。需要说明的是,本专利灵活编组方案主要针对虚拟灵活编组情况。

[0101] 为了满足列车自主运行和编队运行多样化需求,实现列车运行模式的切换和应急情况下高效处置,需制定适用于灵活编组列车运行模式(驾驶模式)转换方案。

[0102] 适用于灵活编组的列车运行控制系统中,列车驾驶模式包括FAM、FMM、CAM、AM(-C,指移动闭塞下AM)、CM(-C,指移动闭塞下CM)、RM、EUM模式,同全自动运营FAO系统下的既有驾驶模式相比,FMM模式为适用于列车灵活编组作业和编队运行的新增驾驶模式。

[0103] 下面,我们将FAM、CAM、AM、CM-C、RM、EUM模式称为自主运行模式。并设有n(n为大于1的整数)辆列车需要进行编组,其中,需要编组的列车中的最前方列车为编队头车或头车,

其余n-1辆列车为跟随列车或编队列车,需要编队的最后方列车为尾车;以各列车的行驶方向为前方。

[0104] 本发明的适用于灵活编组的列车运行控制模式转换方法包括两方面的内容。

[0105] (一) 自主运行模式转换为灵活编组运行模式。

[0106] 自主运行模式转换为灵活编组运行模式转换原则参见表1。

[0107] 表1自主运行模式到灵活编组运行模式转换原则

[0108]

| | | | | | | |
|------|-----|-----|------|------|----|-----|
| 当前模式 | | | | | | |
| 目标模式 | FAM | CAM | AM-C | CM-C | RM | EUM |
| FMM | √ | × | × | × | × | × |

[0109] FMM模式对列车运行自动化程度要求极高,由表1可知,只能由FAM模式转换进入FMM模式,其他模式不得直接转换为FMM模式。其中,FAM模式、CAM模式和FMM模式下,各列车的司控钥匙均处于关闭状态。

[0110] 对于需要编组的n辆列车,由FAM模式转换进入FMM模式的转换方法参见图1,包括步骤:

[0111] 1a、存在编组计划的n辆需要编组的列车处于FAM模式运行,中心TIAS(行车综合自动化系统)向n辆需要编组的列车的车载控制设备下达编组作业指令。

[0112] 1b、各需要编组的列车司控钥匙处于关闭状态。

[0113] 1c、各跟随列车的车载控制设备同头车的车载控制设备建立点对点通信连接,并在头车的车载控制设备完成编队注册,头车将驾驶模式由FAM模式转换为FMM模式。

[0114] 1d、依次将离头车最近的跟随列车至尾车的控制权转移给头车,并完成各跟随列车的驾驶模式由FAM模式到FMM模式的转换,完成编组。其中,对于离头车最近的跟随列车至尾车中的任一车辆跟随列车,头车的车载控制设备向所述任一车辆跟随列车查询控车许可,当所述任一车辆跟随列车完成所述编队注册之后,所述任一车辆跟随列车的车载控制设备实时计算紧密追踪移动授权,当所述车载控制设备判断所述紧密追踪移动授权有效时,进行控制权移交(进一步,可设定在连续n个系统设备计算周期内,所述紧密追踪移动授权均有效时进行控制权移交,n为整数且n>1),将所述任一车辆跟随列车的控制权移交给头车,所述任一车辆跟随列车依靠头车的控车指令行车,且所述任一车辆跟随列车在控制权移交同时将驾驶模式由FAM模式转换为FMM模式。

[0115] 其中,在步骤1d中,只有当前跟随列车将驾驶模式由FAM模式转换为FMM模式之后才能进行下一辆跟随列车的控制权转移及驾驶模式由FAM模式到FMM模式的转换,中间不得间隔任何状态列车。

[0116] 完成编组后头车为控制列车,各跟随列车为受控列车。

[0117] (二) 灵活编组运行模式转换为自主运行模式。

[0118] 灵活编组运行模式转换为自主运行模式转换原则参见表2。

[0119] 表2灵活编组运行模式到自主运行模式转换原则

| 目标模式 \ 当前模式 | FMM |
|-------------|-----|
| FAM | √ |
| CAM | √ |
| AM-C | × |
| CM-C | √ |
| RM | √ |
| EUM | √ |

[0121] 由表2可知,灵活编组运行模式转换为自主运行模式,可分为两种情况:

[0122] FMM模式转换为FAM模式,此时为正常解编情况;

[0123] FMM模式转换为其他模式,其中不会发生FMM模式至AM-C模式的转换。此时编组运行时出现异常情况,所述异常情况包括:车辆网络出现故障(指车辆自身的牵引制动控制网络出现故障),或车辆与车载控制设备通信故障;司控钥匙插入;列车定位丢失;列车移动授权失效;车载防护设备切除;列车之间通信异常。

[0124] 因而,编组各列车由FMM模式转换进入各自自主运行模式的方法如下。

[0125] 满足FA0控车条件下,由FMM模式转换进入FAM模式的转换方法参见图2,包括步骤:

[0126] 2a、中心TIAS(行车综合自动化系统)向头车即控制列车的车载控制设备发送解编计划,控制列车的车载控制设备将该信息发送至各跟随列车即受控列车的车载控制设备。

[0127] 2b、编组各列车司控钥匙处于关闭状态。

[0128] 2c、编队中各受控列车的车载控制设备根据控制列车的定位和各受控列车间距的探测值,恢复各受控列车的绝对定位,并实时计算各受控列车各自的移动授权要素;

[0129] 2d、编队列车从尾车至紧邻控制列车的受控列车依次完成控制权移交和FMM模式至FAM模式转换。其中,对于从尾车至紧邻控制列车的任一车辆受控列车,其车载控制设备判断移动授权要素已满足移动授权转换/切换条件后,所述任一车辆受控列车的车载控制设备将FMM模式转换为FAM模式,同时收回控制权,并向控制列车的车载控制设备进行注销,编队各列车均注销后,头车转为FAM模式,列车编队解编作业完成。

[0130] 当编组列车运行时出现异常情况时,编组列车由FMM模式转换进入各自自主运行模式的方法包括:

[0131] 3a、车辆网络出现故障,或车辆与车载控制设备通信故障时

[0132] 参见图3:若为控制列车出现故障,若所述n辆列车的车速不为零,则控制列车紧急制动,且控制列车的车载控制设备向所有受控列车发送紧急制动和注销指令,待所述n辆列车的车速为零时,控制列车司控钥匙保持关闭状态,由控制列车的车载控制设备向中心TIAS发送蠕动模式请求,TIAS同意后,控制列车由FMM模式转换为CAM模式,所有受控列车接到所述注销指令后,与控制列车断开通信,所有受控列车将司控钥匙插入后,由FMM模式转

换为RM模式；

[0133] 若为任一受控列车出现故障，若所述n辆列车的车速不为零，则出现故障的受控列车紧急制动并向控制列车发送注销请求进行注销，控制列车向出现故障的受控列车之后的所有列车发送紧急制动及注销指令，出现故障的受控列车之后的所有列车基于控制列车的指令或在自身列车车载控制设备的所述紧密追踪移动授权防护下紧急制动，出现故障的受控列车及后面的所有列车的车速降为零并与控制列车断开通信，出现故障的所述受控列车及后面的所有列车在司控钥匙插入后，由FMM模式转换为RM模式，控制列车及出现故障的受控列车之前的各受控列车保持原状态运行。

[0134] 3b、司控钥匙插入时

[0135] 参见图4：若是控制列车司控钥匙插入，若n辆列车的车速不为零，则控制列车紧急制动，且控制列车的车载控制设备向所有受控列车发送紧急制动和注销指令，待所述n辆列车的车速为零时，控制列车在司控钥匙插入后由FMM模式转换为CM-C模式，所有受控列车接到注销指令后，与控制列车断开通信，所有受控列车将司控钥匙插入后，由FMM模式转换为RM模式；

[0136] 若为任一受控列车司控钥匙插入，若所述n辆列车的车速不为零，则发生司控钥匙插入的受控列车紧急制动并向控制列车发送注销请求进行注销，控制列车向发生司控钥匙插入的受控列车之后的所有列车发送紧急制动及注销指令，发生司控钥匙插入的受控列车之后的所有列车基于控制列车的指令或在自身列车车载控制设备的所述紧密追踪移动授权防护下紧急制动，出现故障的受控列车及后面的所有列车的车速降为零并与控制列车断开通信，出现故障的所述受控列车及后面的所有列车在司控钥匙插入后，由FMM模式转换为RM模式，所述控制列车及出现故障的受控列车之前的各所述受控列车保持原状态运行。

[0137] 3c、列车定位丢失或3d、列车移动授权失效

[0138] 参见图5：若为控制列车出现故障，若所述n辆列车的车速不为零，则控制列车紧急制动，且控制列车的车载控制设备向所有受控列车发送紧急制动和注销指令，待所述n辆列车的车速为零时，控制列车在司控钥匙插入后由FMM模式转换为RM模式，所有受控列车接到所述注销指令后，与控制列车断开通信，所有受控列车将司控钥匙插入后，由FMM模式转换为RM模式；

[0139] 若为任一受控列车出现故障，若所述n辆列车的车速不为零，则出现故障的受控列车紧急制动并向控制列车发送注销请求进行注销，控制列车向出现故障的受控列车后面的所有列车发送紧急制动及注销指令，出现故障的受控列车及后面的所有列车基于控制列车的指令或在自身列车车载控制设备的所述紧密追踪移动授权防护下紧急制动，出现故障的受控列车及后面的所有列车的车速降为零并与控制列车断开通信，出现故障的受控列车及后面的所有列车在司控钥匙插入后，由FMM模式转换为RM模式，所述控制列车及出现故障的所述受控列车之前的各所述受控列车保持原状态运行。

[0140] 其中，

[0141] 情况d中，控制列车的移动授权指的是基于绝对位置的移动授权；任一受控列车的移动授权指的是所述紧密追踪移动授权。

[0142] 3e、车载防护设备切除

[0143] 参见图6：若为控制列车进行车载防护设备切除，需在所述n辆列车的列车车速为

零时,由人工经控制中心同意后实施,实施时,控制列车插入司控钥匙,将切除开关置于切除位,控制列车由FMM模式转换为EUM模式并与所有受控列车断开通信,所有受控列车司控钥匙插入,各受控列车由FMM模式转换为RM模式;

[0144] 若为任一受控列车进行车载防护设备切除,需在所述n辆列车的列车车速为零时,由人工经所述控制中心同意后实施,实施时,进行车载防护设备切除的受控列车插入司控钥匙,将切除开关置于切除位,进行车载防护设备切除的受控列车由FMM模式转换为EUM模式,并同控制列车通信断开,控制列车向进行车载防护设备切除的受控列车后面所有列车发送注销指令,进行车载防护设备切除的受控列车后面各列车与控制列车通信断开,且司控钥匙插入后,进行车载防护设备切除的受控列车后面各列车由FMM模式转换为RM模式,控制列车及进行车载防护设备切除的受控列车之前的受控列车保持原驾驶模式。

[0145] 需要说明的是,列车车载防护下,速度不为零时,车载设备切除开关无效。只有当车速为零时,车载设备切除开关才有效。

[0146] 3f、列车之间通信异常

[0147] 参见图7:若为控制列车出现故障,若所述n辆列车的车速不为零,则控制列车紧急制动,各受控列车的车载控制设备检测到与控制列车的通信断开或基于所述紧密追踪移动授权防护进行紧急制动,待所述n辆列车的车速为零时,控制列车司控钥匙插入后由FMM模式转换为RM模式,所有受控列车与控制列车通信断开后,所有受控列车将司控钥匙插入后,由FMM模式转换为RM模式;

[0148] 若为任一受控列车出现故障,若所述n辆列车的车速不为零,则出现故障的受控列车紧急制动,控制列车检测到故障受控列车通信断开后向出现故障的受控列车后面的所有列车发送紧急制动及注销指令,出现故障的所述受控列车后面的所有列车基于头车指令或在自身列车车载控制设备的所述紧密追踪移动授权防护下紧急制动,出现故障的所述受控列车后面的所有列车的车速降为零并与控制列车断开通信,出现故障的受控列车及后面的所有列车在司控钥匙插入后,由FMM模式转换为RM模式,控制列车及出现故障的受控列车之前的各受控列车保持原状态运行。

[0149] 其中,在步骤2d中,恢复移动授权的条件是编组各列车由灵活编组列车模式解编切换为自主运行模式的触发条件,核心在于恢复移动授权的最小距离判定。

[0150] 列车在运行过程中,由于列车本身存在一定长度,不能把列车理想化为点来考虑。列车在运行过程中,列车定位会存在一定的误差,系统计算列车定位时,通常用范围表示列车定位。所述范围的数值包括了列车车长和列车定位误差。

[0151] 在列车群以编队形式运行时,若各列车均按照系统各自计算列车定位,列车编队中定位误差会进行累计,不利于列车编队定位的高效控制。现假设列车编队在运行过程中,编队头车定位为绝对定位,其余列车定位均通过红外(或激光雷达等)检测的方式,以头车偏移量的方式实现相对定位。该方式能够避免各列车各自计算定位导致的定位误差累计过大的问题。

[0152] 在列车编队解编过程中,解编顺序相对于头车由远及近,在考虑灵活编组作业列车恢复移动授权的条件(即移动授权转换/切换条件)时,所述条件是编组列车的移动授权由紧密追踪移动授权向基于绝对位置的移动授权的转换/切换条件。

[0153] 对于依次从尾车至紧邻控制列车的任一受控列车,把所述任一受控列车设为

后车,沿所述列车行驶方向,与所述后车紧邻的前方列车设为前车,以以所述后车和前车为例进行分析如下。

[0154] 初始状态T0时刻:为所述后车车载控制设备刚好接收到头车车载控制设备发送的解编信息(该信息由中心调度发送给头车)和行车控制指令的时刻。

[0155] T0时刻,所述前车和后车间隔 S_0 可取为红外测距值,单位为m。

[0156] 从T0时刻开始,前车位移为 S_A ,后车位移为 S_B ,单位为m, S_A 和 S_B 均为变量。

[0157] v_A 为前车车速, v_B 为后车车速,单位为m/s, v_A 和 v_B 均为变量;

[0158] 所述后车的移动授权要素包括: v_A 、 v_B 、 S_A 、 S_B 。

[0159] 设 a_1 为前车紧急制动加速度, a_2 为后车紧急制动加速度,单位为 m/s^2 ;

[0160] B为列车走行带来的定位误差比例,单位为%;

[0161] t_{mec} 为列车执行车载控制设备控制指令的响应延时,单位为s(秒)。

[0162] t_{sys} 为后车车载控制设备系统处理响应时间,单位为s。(可理解为车载控制设备处于FAM模式时,从检测到出现紧急制动情况,直至车载控制设备输出紧急制动命令的处理时间。);

[0163] t_{comm} 为头车同后车通信延时,单位为s;

[0164] 则当 v_A 、 v_B 、 S_A 、 S_B 满足以下不等式时,即满足移动授权转换/切换条件:

$$[0165] \quad S_0 + S_A - S_B - B(S_A + S_B) \geq (1+B)S_{delay} + (1+B)\frac{v_B^2}{2|a_2|} - (1-B)\frac{v_A^2}{2|a_1|} + S_{addi},$$

[0166] 其中, $S_{delay} = v_B \times t_{mec} + \max\{v_B t_{comm}, v_B t_{sys}\}$, S_{delay} 为车辆响应、车载控制设备响应和通信延时带来的所述后车的额外走行距离;

[0167] S_{addi} 为工程应用中赋予的额外安全距离,为一个米级的非负常量,如1m,最小可取0。

[0168] 本发明提供的适用于灵活编组的列车运行控制模式切换方法适用于灵活编组驾驶模式,实现了灵活编组驾驶模式同既有FAO系统(目前自动化程度最高)中其他驾驶模式的转换,为列车运行控制系统能够支持灵活编组作业提供了一种途径;提出一种灵活编组解编作业中,列车恢复移动授权的最小距离判定方法,以此来实现灵活编组解编过程中,列车运行模式切换的触发。

[0169] 本发明支持列车进行运行安全防护下的编组作业,可基于运营需求,不受特定地点的约束,在运营区域完成编组作业,提高了运营作业效率,并降低能源消耗。

[0170] 尽管参照前述实施例对本发明进行了详细的说明,本领域的普通技术人员应当理解:其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改,或者对其中部分技术特征进行等同替换;而这些修改或者替换,并不使相应技术方案的本质脱离本发明各实施例技术方案的精神和范围。

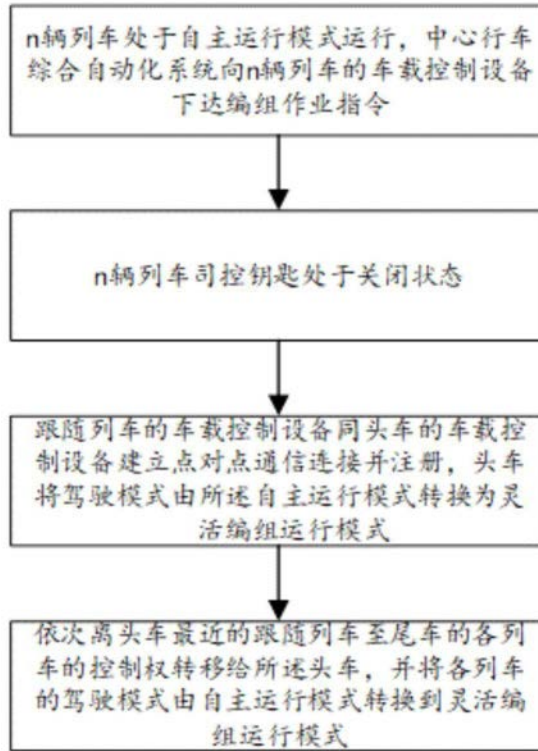


图1

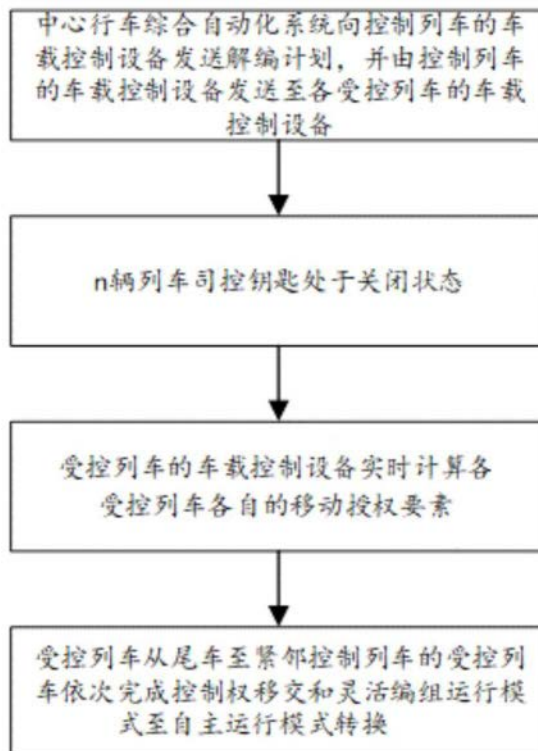


图2

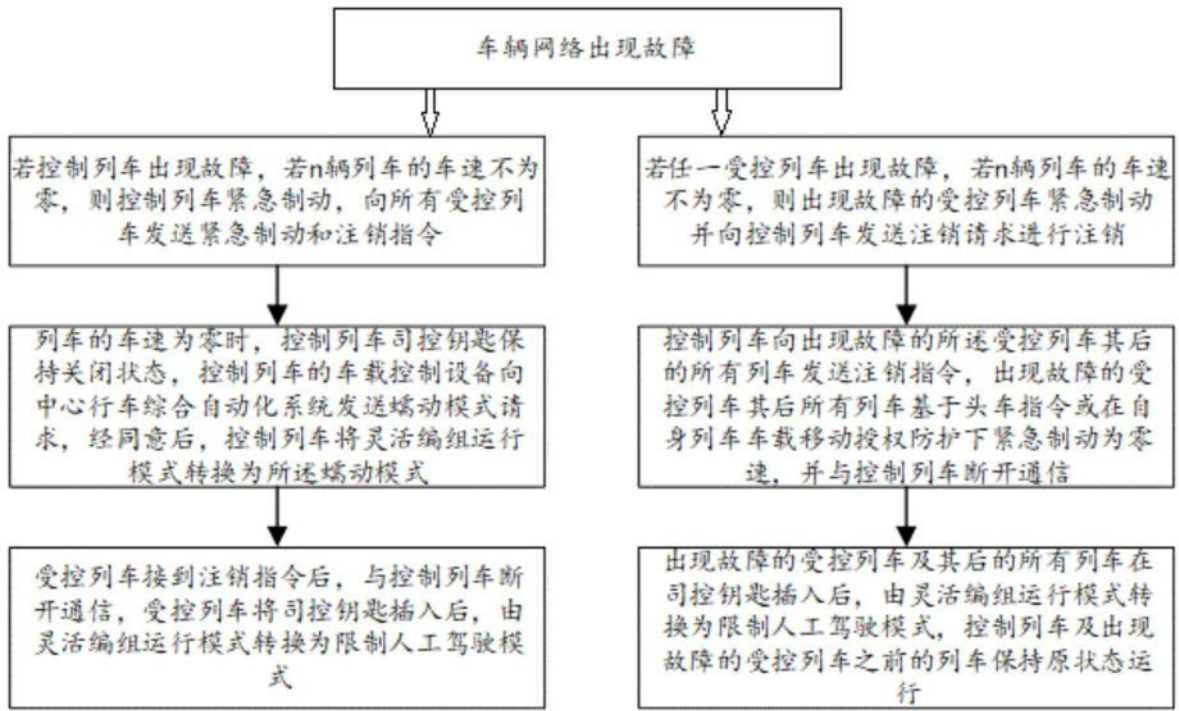


图3

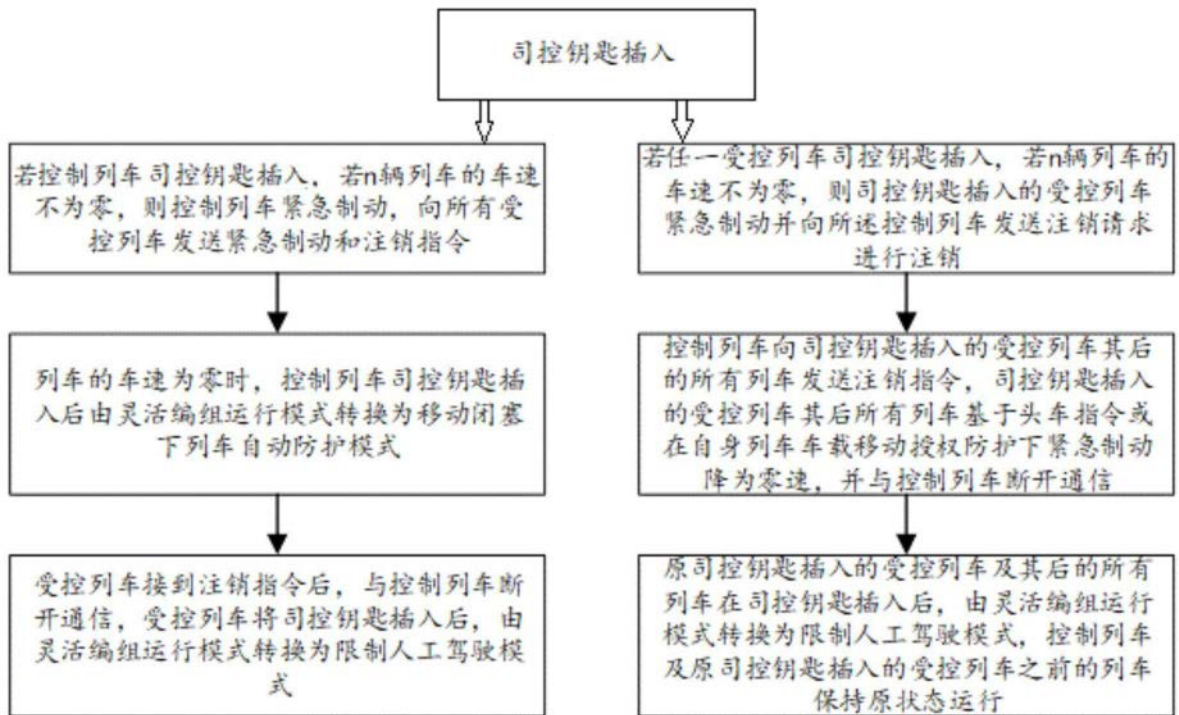


图4

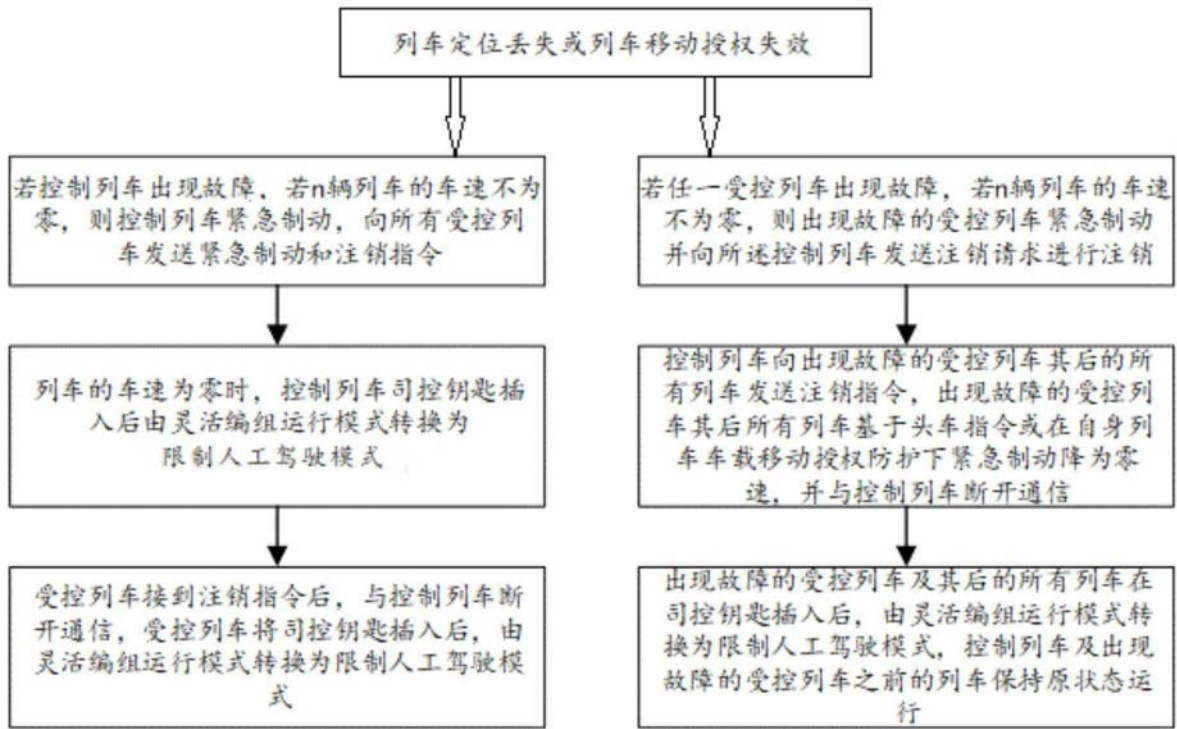


图5

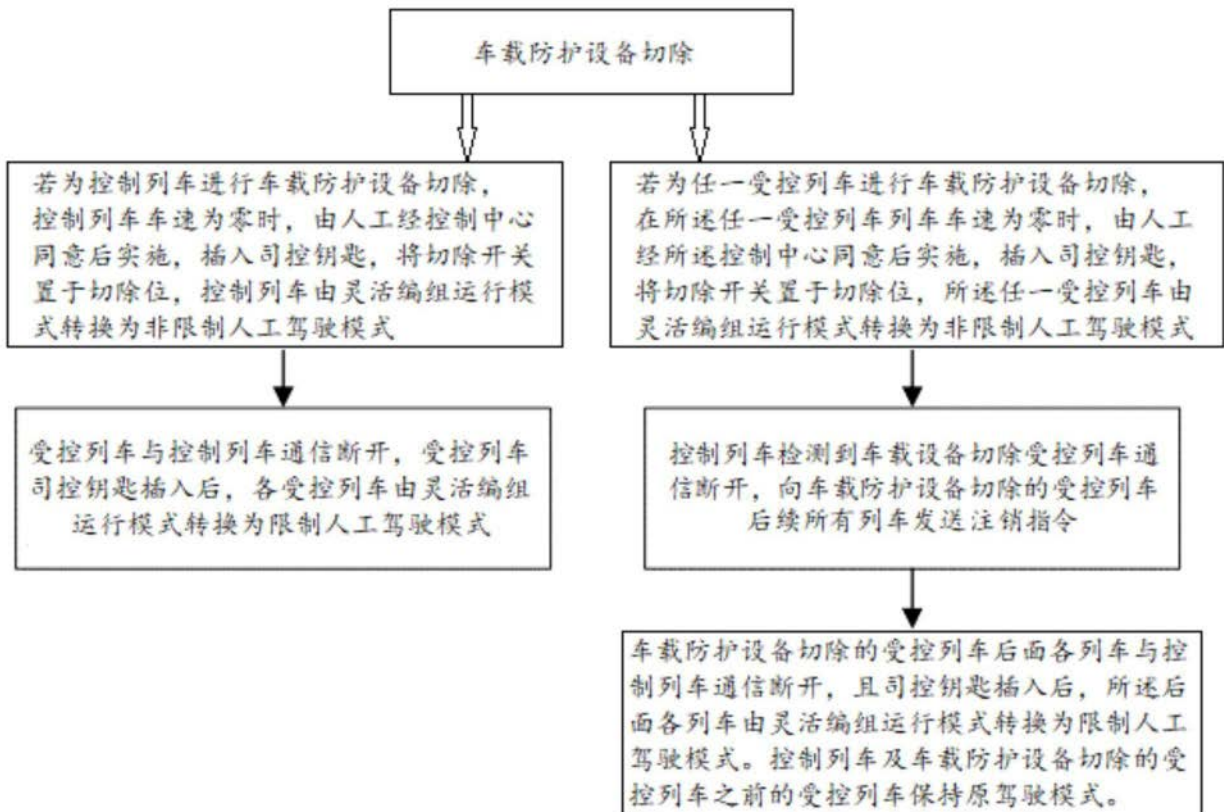


图6

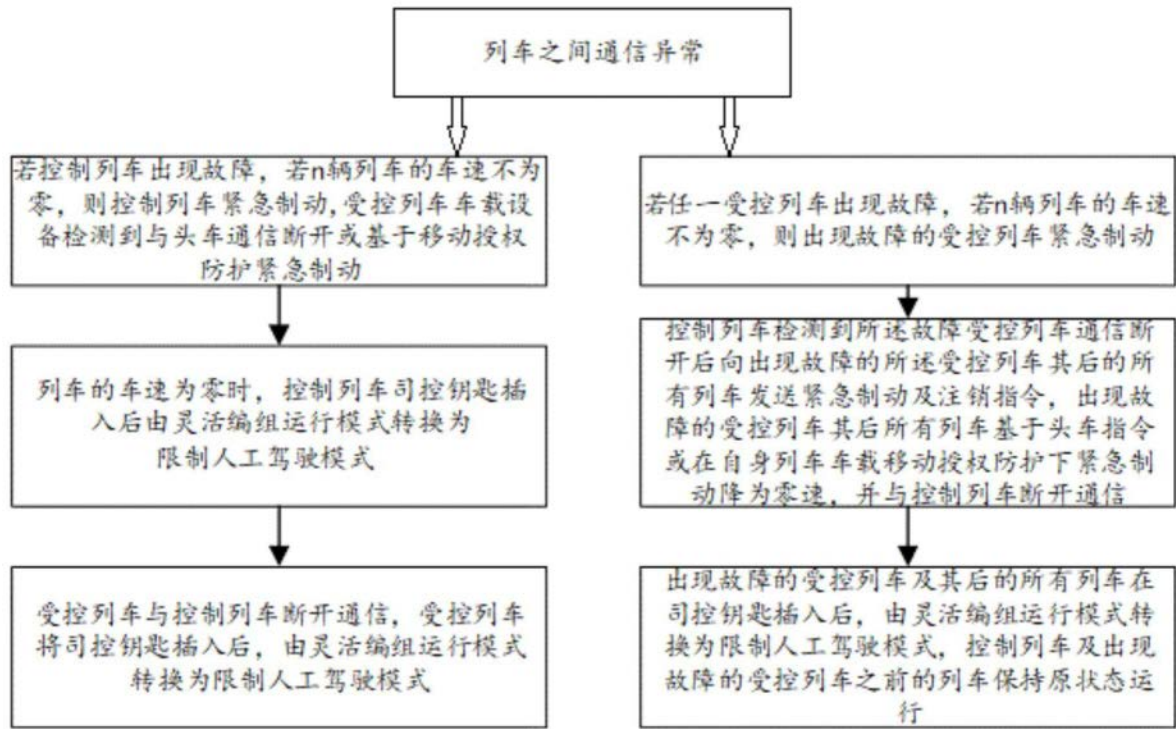


图7