

轨道交通列控系统紧急制动多级控制方法、装置、设备及介质

技术领域

本发明涉及列车信号控制系统，尤其是涉及一种轨道交通列控系统紧急制动多级控制方法、装置、设备及介质。

背景技术

目前的轨道交通的列车绝大部分采用由电制动和气制动组成的混合制动，其中紧急制动由气制动来执行。无论是电制动还是气制动，都是通过对车轮踏面施加力从而增加车轮与钢轨间的摩擦力来完成制动，列控系统设计过程中会基于这一摩擦力（通常被称为保障紧急制动率 GEBR）来进行安全距离的计算与防护。

对于车辆而言，GEBR 的计算是基于干燥平直钢轨来计算并验证的，事实上在各种特定天气或工况下，如当油污、露水等造成钢轨湿滑时，轮轨间的粘着系数会变得很差，导致 GEBR 无法得以保证，造成列控系统无法保证列车的运行安全，这一情况在现场已经发生，对乘客的人身安全造成重大威胁。为解决这一问题，只是降低 GEBR 的值会增加列车的安全防护距离，导致线路的运行效率过低，无法满足公共交通出行的效率要求；另一方面采用不依赖于轮轨关系的更高制动系统的方案又会导致突发制动，对车内乘客带来的摔伤的风险，及频繁制动对钢轨和车轮带来加速磨损。

CN112918508A 公开了一种磁轨制动系统，以及一种磁轨制动控制方法。其中磁轨制动系统包括电源、控制装置以及电磁铁组件。电磁铁组件包括铁芯部、铁芯部下方的极靴部以及由多组线圈组成的线圈组；线圈组中的各线圈沿着铁轨的长度方向或宽度方向排列，且相邻的线圈之间绝缘隔离；线圈组中的线圈分成若干独立组，且控制装置对各独立组线圈独立控制，并逐渐增加或减少励磁线圈的数量，从而逐步控制电磁铁组件的磁力。该磁轨制动系统的电磁铁组件设置有多组电磁线圈，各组线圈独立控制，并通过控制励磁线圈的数量来控制电磁铁组件的磁力梯度变化。当局部线圈故障时，其他独立组依然可以正常工作，使整个磁轨制动系统降级使用。

该方法通过对独立组线圈的独立控制来进行多级的磁轨制动控制,但是其并未考虑轮轨关系,也未考虑当其中某一部件故障时如何保证列车制动控制的安全性。

发明内容

本发明的目的就是为了克服上述现有技术存在的缺陷而提供一种轨道交通列控系统紧急制动多级控制方法、装置、设备及介质,基于实时轮轨关系和多种制动方式结合,采用列控系统紧急制动多级控制方法,根据不同的粘着情况采用不同的制动方式,在保证效率的同时保证运行安全。

本发明的目的可以通过以下技术方案来实现:

根据本发明的第一方面,提供了一种轨道交通列控系统紧急制动多级控制方法,该方法包括以下步骤:

获取列车位置和速度信息;

根据列车位置和速度信息确定是否触发紧急制动命令请求;

若触发紧急制动命令请求,则基于列车位置和速度信息评估轮轨关系,并选择对应的紧急制动模式和紧急制动执行单元,其中,每一紧急制动执行单元对应一种紧急制动模式,不同紧急制动模式对应不同的制动率;

评估紧急制动结果是否达到预期,若达到预期,则利用对应的紧急制动执行单元执行当前紧急制动模式进行制动,并在制动过程中实时监控列车位置和速度情况,更新紧急制动评估结果,否则,重新选择紧急制动模式和紧急制动执行单元进行制动。

作为优选的技术方案,所述的评估紧急制动结果是否达到预期的方法为:在列车制动过程中根据当前的列车速度和制动率预估列车最终停车的位置,若列车最终停车的位置未超出安全限制点,则表明紧急制动结果达到预期,继续采用当前的紧急制动执行单元进行制动;若最终停下来位置超出安全限制点则增加制动率,采用制动率更大的紧急制动执行单元进行制动。

作为优选的技术方案,所述的紧急制动执行单元采用异构的方式进行配置,包括闸瓦制动、盘式制动或磁轨制动中的一种或多种。

作为优选的技术方案,所述的盘式制动、闸瓦制动的制动率范围为 $0.4\text{--}1.2\text{m/s}^2$,磁轨制动的制动率最高为 2.0m/s^2 。

根据本发明的第二方面,提供了一种轨道交通列控系统紧急制动多级控制装置,

该装置包括测速定位单元、车载 ATP 防护单元、紧急制动控制单元、紧急制动评估单元和若干个紧急制动执行单元；其中，

所述测速定位单元为车载 ATP 防护单元和紧急制动评估单元提供列车位置和速度信息；

所述车载 ATP 防护单元根据列控系统防护原则，基于列车位置和速度信息向紧急制动控制单元输出紧急制动命令请求；

所述紧急制动控制评估单元根据紧急制动控制单元确定的制动策略和测速定位单元提供的信息评估轮轨关系，以及，对列车制动情况是否达到预期进行评估；

所述紧急制动控制单元根据车载 ATP 防护单元提供的紧急制动命令请求和紧急制动控制评估单元的评估结果，选择紧急制动模式和对应的执行制动命令的紧急制动执行单元；

所述紧急制动执行单元执行制动命令，其中，每一紧急制动执行单元对应一种紧急制动模式，不同紧急制动模式对应不同的制动率。

作为优选的技术方案，所述的紧急制动控制评估单元评估列车制动情况是否达到预期的方法为：在列车制动过程中根据当前的列车速度和制动率预估列车最终停车的位置，若列车最终停车的位置未超出安全限制点，则表明紧急制动结果达到预期，继续采用当前的紧急制动执行单元进行制动；若最终停下来位置超出安全限制点则增加制动率，采用制动率更大的紧急制动执行单元进行制动。

作为优选的技术方案，所述的紧急制动执行单元采用异构的方式进行配置，包括闸瓦制动、盘式制动或磁轨制动中的一种或多种。

作为优选的技术方案，所述的盘式制动、闸瓦制动的制动率范围为 $0.4-1.2\text{m/s}^2$ ，磁轨制动的制动率最高为 2.0m/s^2 。

作为优选的技术方案，所述的紧急制动控制单元通过单独的接口向每一个紧急制动执行单元给出控制指令。

作为优选的技术方案，所述的紧急制动控制评估单元和紧急制动控制单元之间的接口为双向接口，用于进行双向的信息传输，其中，紧急制动控制单元通过接口将紧急制动命令请求传递给紧急制动控制评估单元，紧急制动控制评估单元通过接口将制动评估结果传递给紧急制动控制单元。

作为优选的技术方案，所述的紧急制动控制单元进行紧急制动继电器的控制时，采用反逻辑进行控制，即相应的紧急制动继电器在得电吸起时不激活紧急制动，只

有当该继电器失电落下时才启动紧急制动。

作为优选的技术方案，当紧急制动控制评估单元无法正常输出评估结果时，由紧急制动控制单元输出默认的制动策略，选择对应的紧急制动模式和紧急制动执行单元进行紧急制动。

根据本发明的第三方面，提供了一种电子设备，包括存储器和处理器，所述存储器上存储有计算机程序，所述处理器执行所述程序时实现所述的方法。

根据本发明的第四方面，提供了一种计算机可读存储介质，其上存储有计算机程序，所述程序被处理器执行时实现所述的方法。

与现有技术相比，本发明具有以下有益效果：

1、本发明可根据实际的轮轨关系采用不同的紧急制动模式，选择不同的紧急制动执行单元进行多级制动，确保列车制动平稳性的同时保证列车运行安全。

2、本发明采用了异构的紧急制动执行单元，在单一模式失效的情况下仍能保证列车运行安全。

3、本发明在任一单一设备故障时仍能保证系统导向安全侧，保证列车的运行安全。

附图说明

图 1 为本发明的方法流程图；

图 2 为本发明的装置结构图；

图 3 为一种实施例中的列控系统紧急制动多级控制示例。

具体实施方式

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、完整地描述，显然，所描述的实施例是本发明的一部分实施例，而不是全部实施例。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的前提下所获得的所有其他实施例，都应属于本发明保护的范围。

本实施例首先提供一种轨道交通列控系统紧急制动多级控制方法，如图 1 所示，该方法包括以下步骤：

S1，获取列车位置和速度信息；

S2，根据列车位置和速度信息确定是否触发紧急制动命令请求；

S3, 若触发紧急制动命令请求, 则基于列车位置和速度信息评估轮轨关系, 并选择对应的紧急制动模式和紧急制动执行单元, 其中, 每一紧急制动执行单元对应一种紧急制动模式, 不同紧急制动模式对应不同的制动率;

S4, 评估紧急制动结果是否达到预期, 若达到预期, 则利用对应的紧急制动执行单元执行当前紧急制动模式进行制动, 并在制动过程中实时监控列车位置和速度情况, 更新紧急制动评估结果, 否则, 重新选择紧急制动模式和紧急制动执行单元进行制动。

不同的紧急制动执行单元之间的区别主要是它们采用的制动原理和制动器件不同, 紧急制动率的指标也是不同的, 如盘式制动、闸瓦制动的保障制动率从 0.4 到 1.2m/s^2 不等, 而磁轨制动最高能达到 2.0m/s^2 。制动率的指标越大就意味着制动距离越短, 但制动时对列车、轨道和车内人员产生对冲击也就越大。本实施例中, 紧急制动执行单元采用异构的方式进行配置, 包括闸瓦制动、盘式制动或磁轨制动中的一种或多种。

本实施例中, 评估紧急制动结果是否达到预期的方法为: 在列车制动过程中根据当前的列车速度和制动率预估列车最终停车的位置, 若列车最终停车的位置未超出安全限制点, 则表明紧急制动结果达到预期, 继续采用当前的紧急制动执行单元进行制动; 若最终停下来的位置超出安全限制点则增加制动率, 采用制动率更大的紧急制动执行单元进行制动。

以上是关于方法实施例的介绍, 以下通过装置实施例, 对本发明所述方案进行进一步说明。

如图2所示, 装置300包括: 测速定位单元VDMU、车载ATP防护单元ATPU、紧急制动控制单元EBC、紧急制动评估单元EBA和若干个紧急制动执行单元 EBE_i ($i=1, \dots, n$); 其中,

测速定位单元VDMU通过接口①为车载ATP防护单元ATPU提供列车位置和速度信息, 以及, 通过接口③为紧急制动评估单元提供列车位置和速度信息;

车载ATP防护单元ATPU根据列控系统防护原则, 基于列车位置和速度信息通过接口②向紧急制动控制单元EBC输出紧急制动命令请求;

紧急制动控制评估单元EBA根据紧急制动控制单元确定的制动策略和测速定位单元提供的信息评估轮轨关系, 以及, 对列车制动情况是否达到预期进行评估;

紧急制动控制单元EBC根据车载ATP防护单元提供的紧急制动命令请求和

紧急制动控制评估单元的评估结果,选择紧急制动模式和对应的执行制动命令的紧急制动执行单元;

紧急制动执行单元执行制动命令,其中,每一紧急制动执行单元对应一种紧急制动模式,不同紧急制动模式对应不同的制动率。

其中,紧急制动控制单元 EBC 可通过接口④向紧急制动执行单元 EBE_1 给出指令,由 EBE_1 执行制动命令使列车停车。也可通过接口⑤向紧急制动执行单元 EBE_i 给出指令,由 EBE_i 执行制动命令使列车停车, EBE_i 是系统根据需求配置的 i 个紧急制动控制执行单元。需要说明的是,EBC 与每个 EBE_i 均采用单独的接口,通过单独的接口向每一个紧急制动执行单元给出控制指令,接口⑤只是其中一个示例。

紧急制动控制评估单元 EBA 和紧急制动控制单元 EBC 之间的接口为双向接口,用于进行双向的信息传输,其中,紧急制动控制单元 EBC 通过接口⑥将紧急制动命令请求传递给紧急制动控制评估单元 EBA,紧急制动控制评估单元 EBA 通过接口⑥将制动评估结果传递给紧急制动控制单元 EBC。

为保证系统紧急制动的可用性,不同的紧急制动执行单元 EBE 采用异构的方式进行配置,包括闸瓦制动、盘式制动或磁轨制动中的一种或多种。本实施例中,设置盘式制动、闸瓦制动的制动率范围为 $0.4-1.2\text{m/s}^2$,磁轨制动的制动率最高为 2.0m/s^2 。

紧急制动控制评估单元 EBA 基于 VDMU 的测速定位信息对列车可能的打滑情况进行判断,在此基础上根据制动指令给出紧急制动模式的命令给 EBC。造成列车打滑的原因有很多种,如钢轨上的落叶、施工过程中的涂油、小雨或小雪、蠕滑控制失效等。根据打滑情况的不同,可以得到不同的轮轨关系,如果为正常模式则可以采用闸瓦制动或盘式制动方式控制的紧急制动执行单元;如果是打滑模式,则需要采用磁轨制动方式控制的紧急制动单元。

紧急制动控制评估单元 EBA 评估列车制动情况是否达到预期的方法为:在列车制动过程中根据当前的列车速度和制动率预估列车最终停车的位置,若列车最终停车的位置未超出安全限制点,则表明紧急制动结果达到预期,继续采用当前的紧急制动执行单元进行制动;若最终停下来的位置超出安全限制点则增加制动率,则由 EBA 向 EBC 反馈,EBC 给出指令启用其他紧急制动模式中更高级别的方案,采用制动率更大的紧急制动执行单元进行制动。

例如，当列车根据当前制动策略选择采用盘式制动 EBE_1 时，列车预期的制动停车点位于安全限制点范围之内，列车将继续采用该制动方式并随时监控是否能继续保持在预期范围，如果仍然在范围内的话，会最终以该模式制动至列车停车；若列车预期停车点超出安全限制点范围，则 EBC 可以选择制动率更大的闸瓦制动 EBE_2 进行制动，也可以选择启动磁轨制动的紧急制动执行单元 EBE_3 进行制动。具体如何选择取决于存在多少个 EBE，以及各个 EBE 对应的制动方式和制动率。EBE 对应的制动率等级划分越细，则可以实现更为精确的制动控制，能够在保证安全性的同时提升制动平稳性，提高用户体验。

本实施例中，紧急制动控制单元进行紧急制动继电器控制的功能是一个 SIL4 的功能，采用反逻辑进行控制，即相应的紧急制动执行单元激活继电器在得电吸起时不激活紧急制动，只有当该继电器失电落下时才启动紧急制动。

为了保证单一设备故障不造成列车运行安全的控制失效，本实施例中，当紧急制动控制评估单元无法正常输出评估结果时，由紧急制动控制单元输出默认的制动策略，选择对应的紧急制动模式和紧急制动执行单元进行紧急制动。

如图 3 所示，在列车运行过程中若出现紧急情况，需要列车紧急制动后不能越过图中的防护点。此时 EBA 根据 VDMU 提供的位置和速度信息对轮轨关系进行评估。若处于正常模式则通过 EBC 选择启动闸瓦制动方式对应的 EBE 进行紧急制动；若轮轨关系已处于打滑模式，则通过 EBC 选择启动磁轨制动方式对应的 EBE 进行紧急制动。

若列车在以闸瓦制动过程中，EBA 发现制动效率不能满足期望不能越过防护点的要求时，如预估曲线为 S1，则此时 EBA 将此信息反馈给 EBC，并通过 EBC 选择启动磁轨制动方式对应的 EBE 以保证列车制动曲线不超过 S2。

列车紧急制动后，安全防护边界发生变化，紧急制动条件已不存在时，则 EBC 停车输出紧急制动命令。

一种情况下，当 EBA 出现故障不能工作时，EBC 默认输出磁轨制动，并同时给出报警。

本发明电子设备包括中央处理单元(CPU)，其可以根据存储在只读存储器(ROM)中的计算机程序指令或者从存储单元加载到随机访问存储器(RAM)中的计算机程序指令，来执行各种适当的动作和处理。在 RAM 中，还可以存储设备操作所需的各种程序和数据。CPU、ROM 以及 RAM 通过总线彼此相连。输入/输出(I/O)

接口也连接至总线。

设备中的多个部件连接至 I/O 接口，包括：输入单元，例如键盘、鼠标等；输出单元，例如各种类型的显示器、扬声器等；存储单元，例如磁盘、光盘等；以及通信单元，例如网卡、调制解调器、无线通信收发机等。通信单元允许设备通过诸如因特网的计算机网络和/或各种电信网络与其他设备交换信息/数据。

处理单元执行上文所描述的各个方法和处理，例如方法 S1~S4。例如，在一些实施例中，方法 S1~S4 可被实现为计算机软件程序，其被有形地包含于机器可读介质，例如存储单元。在一些实施例中，计算机程序的部分或者全部可以经由 ROM 和/或通信单元而被载入和/或安装到设备上。当计算机程序加载到 RAM 并由 CPU 执行时，可以执行上文描述的方法 S1~S4 的一个或多个步骤。备选地，在其他实施例中，CPU 可以通过其他任何适当的方式(例如，借助于固件)而被配置为执行方法 S1~S4。

本文中以上描述的功能可以至少部分地由一个或多个硬件逻辑部件来执行。例如，非限制性地，可以使用的示范类型的硬件逻辑部件包括：现场可编程门阵列(FPGA)、专用集成电路(ASIC)、专用标准产品(ASSP)、片上系统(SOC)、复杂可编程逻辑设备(CPLD)等等。

用于实施本发明的方法的程序代码可以采用一个或多个编程语言的任何组合来编写。这些程序代码可以提供给通用计算机、专用计算机或其他可编程数据处理装置的处理器或控制器，使得程序代码当由处理器或控制器执行时使流程图和/或框图中所规定的功能/操作被实施。程序代码可以完全在机器上执行、部分地在机器上执行，作为独立软件包部分地在机器上执行且部分地在远程机器上执行或完全在远程机器或服务器上执行。

在本发明的上下文中，机器可读介质可以是有形的介质，其可以包含或存储以供指令执行系统、装置或设备使用或与指令执行系统、装置或设备结合地使用的程序。机器可读介质可以是机器可读信号介质或机器可读储存介质。机器可读介质可以包括但不限于电子的、磁性的、光学的、电磁的、红外的、或半导体系统、装置或设备，或者上述内容的任何合适组合。机器可读存储介质的更具体示例会包括基于一个或多个线的电气连接、便携式计算机盘、硬盘、随机存取存储器(RAM)、只读存储器(ROM)、可擦除可编程只读存储器(EPROM 或快闪存储器)、光纤、便捷式紧凑盘只读存储器(CD-ROM)、光学储存设备、磁储存设备、或上述内容的任何

合适组合。

以上所述，仅为本发明的具体实施方式，但本发明的保护范围并不局限于此，任何熟悉本技术领域的技术人员在本发明揭露的技术范围内，可轻易想到各种等效的修改或替换，这些修改或替换都应涵盖在本发明的保护范围之内。因此，本发明的保护范围应以权利要求的保护范围为准。

权 利 要 求 书

1. 一种轨道交通列控系统紧急制动多级控制方法，其特征在于，该方法包括以下步骤：

获取列车位置和速度信息；

根据列车位置和速度信息确定是否触发紧急制动命令请求；

若触发紧急制动命令请求，则基于列车位置和速度信息评估轮轨关系，并选择对应的紧急制动模式和紧急制动执行单元，其中，每一紧急制动执行单元对应一种紧急制动模式，不同紧急制动模式对应不同的制动率；

评估紧急制动结果是否达到预期，若达到预期，则利用对应的紧急制动执行单元执行当前紧急制动模式进行制动，并在制动过程中实时监控列车位置和速度情况，更新紧急制动评估结果，否则，重新选择紧急制动模式和紧急制动执行单元进行制动。

2. 根据权利要求 1 所述的一种轨道交通列控系统紧急制动多级控制方法，其特征在于，所述的评估紧急制动结果是否达到预期的方法为：在列车制动过程中根据当前的列车速度和制动率预估列车最终停车的位置，若列车最终停车的位置未超出安全限制点，则表明紧急制动结果达到预期，继续采用当前的紧急制动执行单元进行制动；若最终停下来位置超出安全限制点则增加制动率，采用制动率更大的紧急制动执行单元进行制动。

3. 根据权利要求 1 所述的一种轨道交通列控系统紧急制动多级控制方法，其特征在于，所述的紧急制动执行单元采用异构的方式进行配置，包括闸瓦制动、盘式制动或磁轨制动中的一种或多种。

4. 根据权利要求 3 所述的一种轨道交通列控系统紧急制动多级控制方法，其特征在于，所述的盘式制动、闸瓦制动的制动率范围为 $0.4-1.2\text{m/s}^2$ ，磁轨制动的制动率最高为 2.0m/s^2 。

5. 一种轨道交通列控系统紧急制动多级控制装置，其特征在于，该装置包括测速定位单元、车载 ATP 防护单元、紧急制动控制单元、紧急制动评估单元和若干个紧急制动执行单元；其中，

所述测速定位单元为车载 ATP 防护单元和紧急制动评估单元提供列车位置和

速度信息；

所述车载 ATP 防护单元根据列控系统防护原则，基于列车位置和速度信息向紧急制动控制单元输出紧急制动命令请求；

所述紧急制动控制评估单元根据紧急制动控制单元确定的制动策略和测速定位单元提供的信息评估轮轨关系，以及，对列车制动情况是否达到预期进行评估；

所述紧急制动控制单元根据车载 ATP 防护单元提供的紧急制动命令请求和紧急制动控制评估单元的评估结果，选择紧急制动模式和对应的执行制动命令的紧急制动执行单元；

所述紧急制动执行单元执行制动命令，其中，每一紧急制动执行单元对应一种紧急制动模式，不同紧急制动模式对应不同的制动率。

6. 根据权利要求 5 所述的一种轨道交通列控系统紧急制动多级控制装置，其特征在于，所述的紧急制动控制评估单元评估列车制动情况是否达到预期的方法为：在列车制动过程中根据当前的列车速度和制动率预估列车最终停车的位置，若列车最终停车的位置未超出安全限制点，则表明紧急制动结果达到预期，继续采用当前的紧急制动执行单元进行制动；若最终停下来位置超出安全限制点则增加制动率，采用制动率更大的紧急制动执行单元进行制动。

7. 根据权利要求 5 所述的一种轨道交通列控系统紧急制动多级控制装置，其特征在于，所述的紧急制动执行单元采用异构的方式进行配置，包括闸瓦制动、盘式制动或磁轨制动中的一种或多种。

8. 根据权利要求 7 所述的一种轨道交通列控系统紧急制动多级控制装置，其特征在于，所述的盘式制动、闸瓦制动的制动率范围为 $0.4-1.2\text{m/s}^2$ ，磁轨制动的制动率最高为 2.0m/s^2 。

9. 根据权利要求 5 所述的一种轨道交通列控系统紧急制动多级控制装置，其特征在于，所述的紧急制动控制单元通过单独的接口向每一个紧急制动执行单元给出控制指令。

10. 根据权利要求 5 所述的一种轨道交通列控系统紧急制动多级控制装置，其特征在于，所述的紧急制动控制评估单元和紧急制动控制单元之间的接口为双向接口，用于进行双向的信息传输，其中，紧急制动控制单元通过接口将紧急制动命令请求传递给紧急制动控制评估单元，紧急制动控制评估单元通过接口将制动评估结果传递给紧急制动控制单元。

11. 根据权利要求 5 所述的一种轨道交通列控系统紧急制动多级控制装置，其特征在于，所述的紧急制动控制单元进行紧急制动继电器的控制时，采用反逻辑进行控制，即相应的紧急制动继电器在得电吸起时不激活紧急制动，只有当该继电器失电落下时才启动紧急制动。

12. 根据权利要求 5 所述的一种轨道交通列控系统紧急制动多级控制装置，其特征在于，当紧急制动控制评估单元无法正常输出评估结果时，由紧急制动控制单元输出默认的制动策略，选择对应的紧急制动模式和紧急制动执行单元进行紧急制动。

13. 一种电子设备，包括存储器和处理器，所述存储器上存储有计算机程序，其特征在于，所述处理器执行所述程序时实现如权利要求 1~4 中任一项所述的方法。

14. 一种计算机可读存储介质，其上存储有计算机程序，其特征在于，所述程序被处理器执行时实现如权利要求 1~4 中任一项所述的方法。