

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局



(43) 国际公布日
2022 年 11 月 17 日 (17.11.2022)

(10) 国际公布号
WO 2022/237115 A1

(51) 国际专利分类号:
B61L 27/00 (2022.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2021/132068

(22) 国际申请日: 2021 年 11 月 22 日 (22.11.2021)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
202110523564.3 2021年5月13日 (13.05.2021) CN

(71) 申请人: 中车长春轨道客车股份有限公司 (CRRC CHANGCHUN RAILWAY VEHICLES CO., LTD.) [CN/CN]; 中国吉林省长春市长客路2001, Jilin 130000 (CN)。

(72) 发明人: 马凯(MA, Kai); 中国吉林省长春市长客路2001, Jilin 130000 (CN)。 李玲玉(LI, Lingyu); 中国吉林省长春市长客路2001, Jilin 130000 (CN)。 王雷(WANG, Lei); 中国吉林省长春市长客路2001, Jilin 130000 (CN)。 高登科(GAO, Dengke); 中国吉林省长春市长客路2001, Jilin 130000 (CN)。

(74) 代理人: 北京集佳知识产权代理有限公司 (UNITALEN ATTORNEYS AT LAW); 中国北京市朝阳区建国门外大街22号赛特广场7层, Beijing 100004 (CN)。

(81) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT,

(54) Title: CAPABILITY MANAGING AND ENERGY SAVING ASSISTED DRIVING METHOD FOR RAILWAY VEHICLE, AND RELATED DEVICE

(54) 发明名称: 一种轨道车辆的能力管理及节能辅助驾驶方法及相关装置

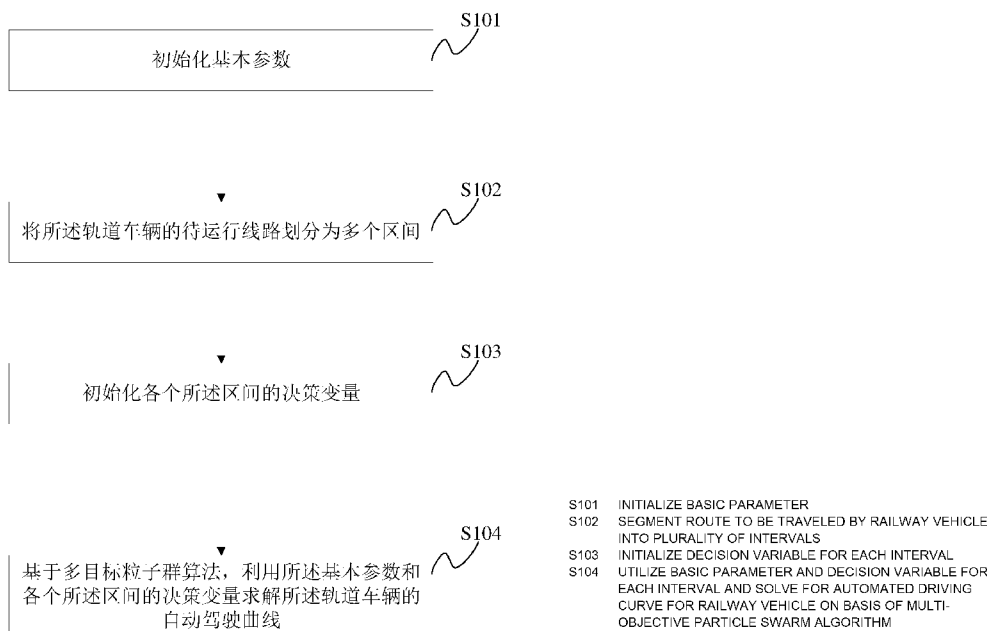


图 1

(57) Abstract: A capability managing and energy saving assisted driving method for a railway vehicle, which comprises: initializing a basic parameter (S101); segmenting a route to be traveled by a railway vehicle into a plurality of intervals (S102); initializing a decision variable for each interval (S103); and utilizing the basic parameter and the decision variable for each interval and solving for an automated driving curve for the railway vehicle on the basis of a multi-objective particle swarm algorithm (S104). Automatic generation of an automated driving curve for a railway vehicle is implemented, the level of automation and intelligence in controlling movement

JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

一 包括国际检索报告 (条约第21条(3))。

of a railway vehicle is improved, and the intensity of labor by a railway vehicle driver labor is reduced. Also, in the multi-objective particle swarm algorithm, solving can be performed with a plurality of objectives such as minimum traction energy consumption and railway vehicle travel time serving as objectives to be solved for, and a goal of improving a vehicle economy metric can be achieved. Further disclosed are a capability managing and energy saving assisted driving system for a railway vehicle, and a storage medium.

(57) 摘要: 一种轨道车辆的能力管理及节能辅助驾驶方法, 包括初始化基本参数 (S101), 将轨道车辆的待运行线路划分为多个区间 (S102), 初始化各个区间的决策变量 (S103), 基于多目标粒子群算法, 利用基本参数和各个区间的决策变量求解轨道车辆的自动驾驶曲线 (S104)。实现了轨道车辆自动驾驶曲线的自动生成, 提高了对轨道车辆运行控制的自动化和智能化水平, 减轻轨道车辆驾驶员劳动强度。同时, 在多目标粒子群算法中, 可将最低牵引能耗和轨道车辆运行时间等多个目标作为求解目标进行求解, 可实现提升车辆经济性指标的目的。还公开一种轨道车辆的能力管理及节能辅助驾驶系统、一种存储介质。

一种轨道车辆的能力管理及节能辅助驾驶方法及相关装置

本申请要求于2021年05月13日提交中国专利局、申请号为202110523564.3、发明名称为“一种轨道车辆的能力管理及节能辅助驾驶方法及相关装置”的中国专利申请的优先权，其全部内容通过引用结合在本申请中。

5

技术领域

本申请涉及轨道车辆技术领域，更具体地说，涉及一种轨道车辆的能力管理及节能辅助驾驶方法及相关装置。

10 背景技术

目前我国铁路系统中高速和普速列车大多采用由列车驾驶员在车载安全设备监督和防护下驾驶列车的人工驾驶控制模式，随着路网规模扩大、运行间隔缩短、运行速度提高、铁路运能增大，列车能耗问题逐渐凸显，列车驾驶员工作强度日益增加。现行人工驾驶模式难以满足对列车运行控制系统自动化、

15

发明内容

为解决上述技术问题，本申请提供了一种轨道车辆的能力管理及节能辅助驾驶方法及相关装置，以基于多目标粒子群算法实现自动驾驶曲线的规划功能，

20

提高对轨道车辆运行控制的自动化、智能化水平。

为实现上述技术目的，本申请实施例提供了如下技术方案：

一种轨道车辆的能力管理及节能辅助驾驶方法，包括：

初始化基本参数；

将所述轨道车辆的待运行线路划分为多个区间；

25

初始化各个所述区间的决策变量；

基于多目标粒子群算法，利用所述基本参数和各个所述区间的决策变量求

解所述轨道车辆的自动驾驶曲线。

可选的，所述将所述轨道车辆的待运行线路划分为多个区间包括：

将所述轨道车辆的待运行线路离散化为多个等长的小区段，并记录每个小区段的坡度，以获得坡度离散化合集；

- 5 根据所述轨道车辆的待运行线路的静态限速，将所述轨道车辆的待运行线路离散化为多个等长的小区段，并记录每个小区段的静态限速值，以获得限速离散化合集。

可选的，所述初始化各个所述区间的决策变量包括：

- 10 根据所述坡度离散化合集和所述限速离散化合集，建立距离约束条件、限制速度约束条件和加速度约束条件；

所述距离约束条件包括： $0 < s < S$ ，其中， s 表示所述轨道车辆在小区段中运行过程中任意时刻的运行距离， S 表示小区段的总长度；

所述限制速度约束条件包括： $0 \leq v_i < v_{\lim}$ ，其中， v_i 表示轨道车辆在小区段中任意一个位置的速度， $v_{\lim}$ 表示小区段的静态限速值；

- 15 所述加速度约束条件包括： $a_{\min} \leq a_i \leq a_{\max}$ ，其中， a_i 表示轨道车辆在加速度， $a_{\min}$ 和 $a_{\max}$ 分别表示列车的最小制动加速度和最大牵引加速度。

可选的，所述初始化基本参数包括：

初始化列车参数、线路参数、运行参数和算法相关参数；

- 20 其中，所述列车参数至少包括：列车型号、编组情况、列车质量、列车牵引和制动系数；

所述线路参数至少包括：线路长度、坡度、曲度和限速情况；

所述运行参数至少包括：列车区间运行时间；

所述算法相关参数至少包括：粒子维数、种群个数和惯性因子。

可选的，所述基于多目标粒子群算法，利用所述基本参数和各个所述区间的决策变量求解所述轨道车辆的自动驾驶曲线包括：

对多目标粒子群算法的种群进行初始化，以获得满足列车操纵序列要求的

5 列车操纵序列集合；

根据列车运行控制模型，依据能耗适应度函数、运行时间的适应度函数、停车精确度的适应度函数以及限速的适应度评价，从所述列车操控序列集合中筛选非劣解；

对筛选获得的非劣解进行个体极值更新和群体极值更新，以获得帕累托最

10 优解；

依据所述帕累托最优解，生成所述轨道车辆的自动驾驶曲线。

$$\begin{aligned} \min F(f_e(c_i), f_t(c_i)), i=1, 2, \dots, n \\ \text{s.t.} \begin{cases} 0 \leq v_i < v_{\max}, i=1, 2, \dots, n \\ v_1 = 0, v_n = 0 \\ a_{\min} \leq a_i \leq a_{\max}, i=1, 2, \dots, n \\ 0 \leq s \leq S \end{cases} \end{aligned}$$

可选的，所述列车运行控制模型包括：

其中， $F(\cdot)$ 为优化目标函数， c_i 表示所述决策变量， $f_e(c_i)$ 和 $f_t(c_i)$ 分别表示优化模型的能耗和时间目标变量，s.t.表示遵从的约束条件， v_1 表示初始时刻的轨道车辆的速度， v_n 表示停止时刻的轨道车辆的速度。

15

可选的，所述能耗适应度函数包括：

$$E = \sum_{i=1}^N E_i ; \text{ 其中, } E_i \text{ 表示轨道车辆在第 } i \text{ 个小区段的牵引能耗, } E \text{ 表示轨道车辆在整个待运行线路的牵引能耗;}$$

所述运行时间的适应度函数包括：

$T = \sum_{i=1}^N T_i$; 其中, T_i 表示轨道车辆在第 i 个小区段的运行时间, T 表示轨道车辆在整个待运行线路的运行时间。

所述停车精确度的适应度函数包括:

$S_a = S - S_i$; 其中, S_a 表示停车精度, S_i 表示轨道车辆实际停车位置, S

5 表示目标停车点;

所述限速的适应度评价包括: 对所述列车操纵序列集合进行筛选, 剔除不满足静态限速值要求的列车操纵序列。

一种轨道车辆的能力管理及节能辅助驾驶系统, 包括:

参数初始化模块, 用于初始化基本参数;

10 区间划分模块, 用于将所述轨道车辆的待运行线路划分为多个区间;

变量初始化模块, 用于初始化各个所述区间的决策变量;

曲线求解模块, 用于基于多目标粒子群算法, 利用所述基本参数和各个所述区间的决策变量求解所述轨道车辆的自动驾驶曲线。

可选的, 所述区间划分模块具体用于将所述轨道车辆的待运行线路离散化为多个等长的小区段, 并记录每个小区段的坡度, 以获得坡度离散化合集;

根据所述轨道车辆的待运行线路的静态限速, 将所述轨道车辆的待运行线路离散化为多个等长的小区段, 并记录每个小区段的静态限速值, 以获得限速离散化合集。

可选的, 所述变量初始化模块具体用于, 根据所述坡度离散化合集和所述限速离散化合集, 建立距离约束条件、限制速度约束条件和加速度约束条件;

所述距离约束条件包括: $0 < s < S$, 其中, s 表示所述轨道车辆在小区段中运行过程中任意时刻的运行距离, S 表示小区段的总长度;

所述限制速度约束条件包括: $0 \leq v_i < v_{\lim}$, 其中, v_i 表示轨道车辆在小区段中任意一个位置的速度, $v_{\lim}$ 表示小区段的静态限速值;

所述加速度约束条件包括: $a_{\min} \leq a_i \leq a_{\max}$, 其中, a_i 表示轨道车辆在加速度, $a_{\min}$ 和 $a_{\max}$ 分别表示列车的最小制动加速度和最大牵引加速度。

5 可选的, 所述参数初始化模块具体用于, 初始化列车参数、线路参数、运行参数和算法相关参数;

其中, 所述列车参数至少包括: 列车型号、编组情况、列车质量、列车牵引和制动系数;

所述线路参数至少包括: 线路长度、坡度、曲度和限速情况;

10 所述运行参数至少包括: 列车区间运行时间;

所述算法相关参数至少包括: 粒子维数、种群个数和惯性因子。

可选的, 所述曲线求解模块具体用于, 对多目标粒子群算法的种群进行初始化, 以获得满足列车操纵序列要求的列车操纵序列集合;

15 根据列车运行控制模型, 依据能耗适应度函数、运行时间的适应度函数、停车精确度的适应度函数以及限速的适应度评价, 从所述列车操控序列集合中筛选非劣解;

对筛选获得的非劣解进行个体极值更新和群体极值更新, 以获得帕累托最优解;

依据所述帕累托最优解, 生成所述轨道车辆的自动驾驶曲线。

$$\min F(f_e(c_i), f_t(c_i)), i=1, 2, \dots, n$$

$$s.t. \begin{cases} 0 \leq v_i < v_{\lim}, i=1, 2, \dots, n \\ v_1 = 0, v_n = 0 \\ a_{\min} \leq a_i \leq a_{\max}, i=1, 2, \dots, n \\ 0 \leq s \leq S \end{cases}$$

可选的, 所述列车运行控制模型包括:

其中, $F(\cdot)$ 为优化目标函数, c_i 表示所述决策变量, $f_e(c_i)$ 和 $f_t(c_i)$ 分别表示优化模型的能耗和时间目标变量, s.t. 表示遵从的约束条件, v_1 表示初始时刻的轨道车辆的速度, v_n 表示停止时刻的轨道车辆的速度。

5 可选的, 所述能耗适应度函数包括:

$$E = \sum_{i=1}^n E_i$$

; 其中, E_i 表示轨道车辆在第 i 个小区段的牵引能耗, E 表示轨道车辆在整个待运行线路的牵引能耗;

所述运行时间的适应度函数包括:

$$T = \sum_{i=1}^n T_i$$

; 其中, T_i 表示轨道车辆在第 i 个小区段的运行时间, T 表示轨道

10 车辆在整个待运行线路的运行时间。

所述停车精确度的适应度函数包括:

$$S_a = S - S_i$$

; 其中, S_a 表示停车精度, S_i 表示轨道车辆实际停车位置, S 表示目标停车点;

所述限速的适应度评价包括: 对所述列车操纵序列集合进行筛选, 剔除不

15 满足静态限速值要求的列车操纵序列。

一种轨道车辆的能力管理及节能辅助驾驶系统, 包括: 存储器和处理器;

所述存储器用于存储程序代码, 所述处理器用于调用所述程序代码, 所述程序代码用于执行上述任一项所述的轨道车辆的能力管理及节能辅助驾驶方法。

一种存储介质，所述存储介质上存储有程序代码，所述程序代码被执行时实现上述任一项所述的轨道车辆的能力管理及节能辅助驾驶方法。

从上述技术方案可以看出，本申请实施例提供了一种轨道车辆的能力管理及节能辅助驾驶方法及相关装置，其中，所述轨道车辆的能力管理及节能辅助
5 驾驶方法在初始化基本参数和、将所述轨道车辆的待运行线路划分为多个区间以及初始化各个区间的决策变量后，基于多目标粒子群算法，利用所述基本参数和各个所述区间的决策变量求解所述轨道车辆的自动驾驶曲线，实现了轨道车辆自动驾驶曲线的自动生成，提高了对轨道车辆运行控制的自动化和智能化水平，减轻轨道车辆驾驶员劳动强度。

10 同时，在多目标粒子群算法中，可将最低牵引能耗和轨道车辆运行时间等多个目标作为求解目标进行求解，可实现提升车辆经济性指标的目的。

附图说明

为了更清楚地说明本申请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
15 中的附图仅仅是本申请的实施例，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，还可以根据提供的附图获得其他的附图。

图1为本申请的一个实施例提供的一种轨道车辆的能力管理及节能辅助驾驶方法的流程示意图；

20 图2为本申请的一个实施例提供的在目标空间中，非支配解和支配解整体的分布情况示意图；

图3为本申请的一个实施例提供的一种轨道车辆的能力管理及节能辅助驾驶系统的结构示意图；

图4为本申请的一个实施例提供的一种具体应用系统的结构示意图；

图5为图4所示系统的外观示意图。

具体实施方式

5 下面将结合本申请实施例中的附图，对本申请实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例仅仅是本申请一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本申请中的实施例，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，都属于本申请保护的范围。

10 本申请实施例提供了一种轨道车辆的能力管理及节能辅助驾驶方法，如图1所示，包括：

S101：初始化基本参数；

S102：将所述轨道车辆的待运行线路划分为多个区间；

S103：初始化各个所述区间的决策变量；

15 S104：基于多目标粒子群算法，利用所述基本参数和各个所述区间的决策变量求解所述轨道车辆的自动驾驶曲线。

多目标优化问题（Multi-objective Optimization Problem, MOP）也可以被称作多属性优化问题或者多准则优化问题。在一般情况下，一个多目标优化问题包括：n 个决策变量，m 个目标函数以及k 个约束条件，MOP 的数学描述

20 如下：

$$\min f(x) = (f_1(x), f_2(x), \dots, f_m(x)), x \in \Omega \quad (1)$$

$$\text{s. t. } h(x) = (h_1(x), h_2(x), \dots, h_k(x)) \leq 0 \quad (2) ;$$

式（1）中，x表示决策向量， Ω 表示n维的决策空间，f(x)表示目标向

量, $h(x)$ 代表约束条件。除此之外, 多目标问题描述有以下几个重要的定义:

定义1: 可行解 (Feasible Solution):

$$h(x) = (h_1(x), h_2(x), \dots, h_k(x)) \leq 0 \quad (3);$$

称满足式 (3) 中约束条件的决策变量 $x \in \Omega$ 为可行解。

5 定义2: 可行解集 (Feasible Solution Set): 在决策空间 Ω 中, 称由所有的可行解 x 构成的集合为可行解集, 用 X_p 表示, $X_p \in X$ 。

定义3: 帕累托支配 (帕累托 Dominance):

$$\{\forall i \in (1, 2, \dots, m): f_i(x) \leq f_i(y)\} \wedge \{\forall j \in (1, 2, \dots, m): f_j(x) < f_j(y)\} \quad (4);$$

10 对于可行解集 X_p 中任一两个可行解 x, y , 当满足式 (4) 条件时, 成为 x 支配 y , 记作 $x \prec y$ 。

定义4: 帕累托最优解集 (帕累托 Dominance Set):

$$p^* = \{x \in \Omega \mid \neg \exists y \in \Omega, f(x) \prec f(y)\} \quad (5);$$

如果满足式 (5), 即决策向量 x 不被任何决策空间中的向量支配, 那么 x 是一个帕累托最优解, 所有的帕累托最优解的集合共同构成了帕累托最优解集。

15 定义5: 帕累托前沿 (或称帕累托前端) (帕累托 Front)

$$pf^* = \{f(x) \mid x \in p^*\} \quad (6);$$

式 (6) 表示帕累托最优解集在目标空间中的映射形成了帕累托前沿。

考虑优化两个目标的优化问题, 求解目标函数的最小化, 参考图2, 图2体现了在目标空间中, 非支配解和支配解整体的分布情况。

20 图2中, 实线表示的是帕累托前沿, 实心圆点 A、B 在帕累托前沿上, 因此都是最优解, 是非支配解; 空心点 C、D、E 虽然在搜索空间的范围内, 但

是并不位于帕累托前沿上，因此它们不是最优解，处于被支配的关系，是劣于帕累托前沿上的解。

相较于单目标优化问题，多目标优化问题要复杂的多，因为后者需要同时优化多个目标。当改良其中的某一个目标时，很有可能会造成其他的目标变差，因此要考虑各个目标之间的关系并加以权衡。一般情况下，一个多目标的优化问题并不会像单目标优化问题那样存在着一个绝对的最优解，多目标优化问题的求解结果一般是一组帕累托最优解的集合。解决实际问题时，应当结合实际问题的情况以及决策者的选择偏好，在最优解集中选择一些合适的解作为求解的问题最优解。因此对于一个多目标寻优问题来说，在求解过程中最重要的是解出尽可能多的，分布比较均匀的帕累托最优解。

与基本粒子群算法相比，多目标粒子群算法不仅能够很好的继承基本粒子群算法简单、快速收敛的优点，而且还解决了多目标进化算法收敛速度慢，易于陷入局部最优解的问题，因此在本实施例中，基于多目标粒子群算法，利用所述基本参数和各个所述区间的决策变量求解所述轨道车辆的自动驾驶曲线。

下面对本申请实施例提供的轨道车辆的能力管理及节能辅助驾驶方法的各个步骤的具体可行执行方式进行描述。

可选的，在本申请的一个实施例中，所述初始化基本参数包括：

初始化列车参数、线路参数、运行参数和算法相关参数；

其中，所述列车参数至少包括：列车型号、编组情况、列车质量、列车牵引和制动系数；

所述线路参数至少包括：线路长度、坡度、曲度和限速情况；

所述运行参数至少包括：列车区间运行时间；

所述算法相关参数至少包括：粒子维数、种群个数和惯性因子。

列车参数描述：

- 5 列车参数包括很多方面，其中与本文研究对象相关的参数主要包括：列车编组方式、车体长度、车辆自重、定员和超员情况下的载客量以及列车的牵引和制动特性等参数。下面将给出部分参数。

1) 列车车型包括：带司机室的拖车 TC、带受电弓拖车 TP、两端动车 M、中间动车 M1。这四类车型自重分别为：1 M

10 TC 车：约重 33 吨；

TP 车：约重 33 吨；

M 车：约重 35 吨；

M1 车：约重 35 吨。

2) 乘客人均重量按照 60Kg/人计算。

15 3) 列车的最大加速度为； 1m/s^2

4) 列车的最大减速度为； 1m/s^2

其他列车参数在具体的案例分析中将结合具体的情况给出。

可选的，所述将所述轨道车辆的待运行线路划分为多个区间包括：

- 将所述轨道车辆的待运行线路离散化为多个等长的小区段，并记录每个小区段的坡度，以获得坡度离散化合集；
- 20

根据所述轨道车辆的待运行线路的静态限速，将所述轨道车辆的待运行线路离散化为多个等长的小区段，并记录每个小区段的静态限速值，以获得限速

离散化合集。

在进行运行线路设计和施工中,为了满足规划等需要,线路情况往往比较复杂,就某一区间而言,可能存在多个坡度不同的坡道,曲率不同的弯道等情况。同时,受到环境、土建条件等限制,线路存在一定的静态限速。求解对象
5 受到线路参数的影响,为方便求解,先将部分参数进行离散化处理。

1) 线路坡度离散化: 将某一区间作为研究对象,区间长度是固定的,根据线路数据可知整个区间包括多个坡度不同的坡道,坡道长度和坡度已知。在进行离散化处理时,将整个轨道区段划分为 n 个等长的小区段,则坡度离散化可表示为合集 $G = \{g_1, g_2, \dots, g_n\}$;

10 2) 静态限速离散化: 对于一个固定的列车运行区间,由于土建条件等因素的限制,线路存在着一定的静态限速,列车在运行过程中一定不能超过该静态限速的值,线路不同位置对应的静态限速值已知,同样将线路划分为 n 个等长的小区段,则静态限速离散化可表示为合集 $V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$ 。

可选的,所述初始化各个所述区间的决策变量包括:

15 根据所述坡度离散化合集和所述限速离散化合集,建立距离约束条件、限制速度约束条件和加速度约束条件;

所述距离约束条件包括: $0 < s < S$, 其中, s 表示所述轨道车辆在小区段中运行过程中任意时刻的运行距离, S 表示小区段的总长度;

所述限制速度约束条件包括: $0 \leq v_i < v_{lim}$, 其中, v_i 表示轨道车辆在小区段中任意一个位置的速度, v_{lim} 表示小区段的静态限速值;

所述加速度约束条件包括: $a_{min} \leq a_i \leq a_{max}$, 其中, a_i 表示轨道车辆在加速度, a_{min} 和 a_{max} 分别表示列车的最小制动加速度和最大牵引加速度。

可选的,所述基于多目标粒子群算法,利用所述基本参数和各个所述区间的决策变量求解所述轨道车辆的自动驾驶曲线包括:

对多目标粒子群算法的种群进行初始化,以获得满足列车操纵序列要求的列车操纵序列集合;

- 5 根据列车运行控制模型,依据能耗适应度函数、运行时间的适应度函数、停车精确度的适应度函数以及限速的适应度评价,从所述列车操控序列集合中筛选非劣解;

对筛选获得的非劣解进行个体极值更新和群体极值更新,以获得帕累托最优解;

- 10 依据所述帕累托最优解,生成所述轨道车辆的自动驾驶曲线。

$$\min F(f_*(c_i), f_t(c_i)), i=1, 2, \dots, n$$

$$s.t. \begin{cases} 0 \leq v_i < v_{\lim}, i=1, 2, \dots, n \\ v_1 = 0, v_n = 0 \\ a_{\min} \leq a_i \leq a_{\max}, i=1, 2, \dots, n \\ 0 \leq s \leq S \end{cases}$$

其中,所述列车运行控制模型包括:

其中, $F(\cdot)$ 为优化目标函数, c_i 表示所述决策变量, $f_*(c_i)$ 和 $f_t(c_i)$ 分别表示优化模型的能耗和时间目标变量, s.t.表示遵从的约束条件, v_1 表示初始时刻的轨道车辆的速度, v_n 表示停止时刻的轨道车辆的速度。

- 15 所述能耗适应度函数包括:

$$E = \sum_{i=1}^n E_i$$

; 其中, E_i 表示轨道车辆在第 i 个小区段的牵引能耗, E 表示轨道车辆在整个待运行线路的牵引能耗;

在能耗适应度评价时,将轨道车辆在整个待运行线路的牵引能耗作为代表

列车牵引能耗的评价指标, 即 $f_e = E$ 。

所述运行时间的适应度函数包括:

$T = \sum_{i=1}^N T_i$; 其中, T_i 表示轨道车辆在第 i 个小区段的运行时间, T 表示轨道车辆在整个待运行线路的运行时间。

5 在运行时间的适应度评价时, 基于函数 $f_t = T_0 - T$ 进行评价, 其中, T_0 表示轨道车辆时刻表运行时间, f_t 表示轨道车辆在区间运行的准点率评价指标。

所述停车精确度的适应度函数包括:

$S_a = S - S_i$; 其中, S_a 表示停车精度, S_i 表示轨道车辆实际停车位置, S 表示目标停车点;

10 所述限速的适应度评价包括: 对所述列车操纵序列集合进行筛选, 剔除不满足静态限速值要求的列车操纵序列。

下面对本申请实施例提供的轨道车辆的能力管理及节能辅助驾驶系统进行描述, 下文描述的轨道车辆的能力管理及节能辅助驾驶系统可与上文描述的

15 轨道车辆的能力管理及节能辅助驾驶方法相互对应参照。

相应的, 本申请实施例还提供了一种轨道车辆的能力管理及节能辅助驾驶系统, 如图3所示, 所述轨道车辆的能力管理及节能辅助驾驶系统包括:

参数初始化模块 100, 用于初始化基本参数;

20 区间划分模块 200, 用于将所述轨道车辆的待运行线路划分为多个区间;

变量初始化模块 300, 用于初始化各个所述区间的决策变量;

曲线求解模块 400, 用于基于多目标粒子群算法, 利用所述基本参数和各个所述区间的决策变量求解所述轨道车辆的自动驾驶曲线。

参考图4, 图4示出了轨道车辆的能力管理及节能辅助驾驶系统应用于轨道车辆时的场景示意图。

5 在图4中, HMI (Human Machine Interface) 表示人机交互单元, WTD (Wireless Transmission Device) 表示车载信息无线传输设备, CCU (Center Control Unit) 表示中央控制单元, EDAS (Energy Drive Advice System) 主机即为集成有本申请实施例提供的轨道车辆的能力管理及节能辅助驾驶系统的设备, HMI、WTD、CCU和EDAS通过以太网交换机建立通信连接, 通过MVB
10 (Multifunction Vehicle Bus, 多功能车辆总线) 与轨道车辆的其他设备建立通信连接。

参考图5, 图5示出了图4所示的系统的外观示意图。

可选的, 所述区间划分模块 200 具体用于将所述轨道车辆的待运行线路离散化为多个等长的小区段, 并记录每个小区段的坡度, 以获得坡度离散化合集;

15 根据所述轨道车辆的待运行线路的静态限速, 将所述轨道车辆的待运行线路离散化为多个等长的小区段, 并记录每个小区段的静态限速值, 以获得限速离散化合集。

可选的, 所述变量初始化模块 300 具体用于, 根据所述坡度离散化合集和所述限速离散化合集, 建立距离约束条件、限制速度约束条件和加速度约束条件;
20 件;

所述距离约束条件包括: $0 < s < S$, 其中, s 表示所述轨道车辆在小区段中运行过程中任意时刻的运行距离, S 表示小区段的总长度;

所述限制速度约束条件包括: $0 \leq v_i < v_{\lim}$, 其中, v_i 表示轨道车辆在小区段中任意一个位置的速度, $v_{\lim}$ 表示小区段的静态限速值;

所述加速度约束条件包括: $a_{\min} \leq a_i \leq a_{\max}$, 其中, a_i 表示轨道车辆在加速度, $a_{\min}$ 和 $a_{\max}$ 分别表示列车的最小制动加速度和最大牵引加速度。

5 可选的, 所述参数初始化模块 100 具体用于, 初始化列车参数、线路参数、运行参数和算法相关参数;

其中, 所述列车参数至少包括: 列车型号、编组情况、列车质量、列车牵引和制动系数;

所述线路参数至少包括: 线路长度、坡度、曲度和限速情况;

10 所述运行参数至少包括: 列车区间运行时间;

所述算法相关参数至少包括: 粒子维数、种群个数和惯性因子。

可选的, 所述曲线求解模块 400 具体用于, 对多目标粒子群算法的种群进行初始化, 以获得满足列车操纵序列要求的列车操纵序列集合;

15 根据列车运行控制模型, 依据能耗适应度函数、运行时间的适应度函数、停车精确度的适应度函数以及限速的适应度评价, 从所述列车操控序列集合中筛选非劣解;

对筛选获得的非劣解进行个体极值更新和群体极值更新, 以获得帕累托最优解;

依据所述帕累托最优解, 生成所述轨道车辆的自动驾驶曲线。

$$\min F(f_e(c_i), f_t(c_i)), i=1, 2, \dots, n$$

$$s.t. \begin{cases} 0 \leq v_i < v_{\max}, i=1, 2, \dots, n \\ v_1 = 0, v_n = 0 \\ a_{\min} \leq a_i \leq a_{\max}, i=1, 2, \dots, n \\ 0 \leq s \leq S \end{cases}$$

可选的, 所述列车运行控制模型包括:

其中, $F(\cdot)$ 为优化目标函数, c_i 表示所述决策变量, $f_e(c_i)$ 和 $f_t(c_i)$ 分别表示优化模型的能耗和时间目标变量, s.t. 表示遵从的约束条件, v_1 表示初始时刻的轨道车辆的速度, v_n 表示停止时刻的轨道车辆的速度。

5 可选的, 所述能耗适应度函数包括:

$$E = \sum_{i=1}^n E_i$$

; 其中, E_i 表示轨道车辆在第 i 个小区段的牵引能耗, E 表示轨道车辆在整个待运行线路的牵引能耗;

所述运行时间的适应度函数包括:

$$T = \sum_{i=1}^n T_i$$

; 其中, T_i 表示轨道车辆在第 i 个小区段的运行时间, T 表示轨道

10 车辆在整个待运行线路的运行时间。

所述停车精确度的适应度函数包括:

$$S_a = S - S_i$$

; 其中, S_a 表示停车精度, S_i 表示轨道车辆实际停车位置, S 表示目标停车点;

所述限速的适应度评价包括: 对所述列车操纵序列集合进行筛选, 剔除不

15 满足静态限速值要求的列车操纵序列。

相应的, 本申请实施例还提供了一种轨道车辆的能力管理及节能辅助驾驶系统, 包括: 存储器和处理器;

所述存储器用于存储程序代码，所述处理器用于调用所述程序代码，所述程序代码用于执行上述任一实施例所述的轨道车辆的能力管理及节能辅助驾驶方法。

5 相应的，本申请实施例还提供了一种存储介质，所述存储介质上存储有程序代码，所述程序代码被执行时实现上述任一实施例所述的轨道车辆的能力管理及节能辅助驾驶方法。

综上所述，本申请实施例提供了一种轨道车辆的能力管理及节能辅助驾驶方法及相关装置，其中，所述轨道车辆的能力管理及节能辅助驾驶方法在初始化基本参数和、将所述轨道车辆的待运行线路划分为多个区间以及初始化各个区间的决策变量后，基于多目标粒子群算法，利用所述基本参数和各个所述区间的决策变量求解所述轨道车辆的自动驾驶曲线，实现了轨道车辆自动驾驶曲线的自动生成，提高了对轨道车辆运行控制的自动化和智能化水平，减轻轨道
10 车辆驾驶员劳动强度。
15

同时，在多目标粒子群算法中，可将最低牵引能耗和轨道车辆运行时间等多个目标作为求解目标进行求解，可实现提升车辆经济性指标的目的。

20

本说明书中各实施例中记载的特征可以相互替换或者组合，每个实施例重点说明的都是与其他实施例的不同之处，各个实施例之间相同相似部分互相参

见即可。

对所公开的实施例的上述说明,使本领域专业技术人员能够实现或使用本申请。对这些实施例的多种修改对本领域的专业技术人员来说将是显而易见的,本文中所定义的一般原理可以在不脱离本申请的精神或范围的情况下,在其它
5 实施例中实现。因此,本申请将不会被限制于本文所示的这些实施例,而是要符合与本文所公开的原理和新颖特点相一致的最宽的范围。

权 利 要 求

1、一种轨道车辆的能力管理及节能辅助驾驶方法，其特征在于，包括：
初始化基本参数；

将所述轨道车辆的待运行线路划分为多个区间；

5 初始化各个所述区间的决策变量；

基于多目标粒子群算法，利用所述基本参数和各个所述区间的决策变量求解所述轨道车辆的自动驾驶曲线。

2、根据权利要求1所述的方法，其特征在于，所述将所述轨道车辆的待运行线路划分为多个区间包括：

10 将所述轨道车辆的待运行线路离散化为多个等长的小区段，并记录每个小区段的坡度，以获得坡度离散化合集；

根据所述轨道车辆的待运行线路的静态限速，将所述轨道车辆的待运行线路离散化为多个等长的小区段，并记录每个小区段的静态限速值，以获得限速离散化合集。

15 3、根据权利要求2所述的方法，其特征在于，所述初始化各个所述区间的决策变量包括：

根据所述坡度离散化合集和所述限速离散化合集，建立距离约束条件、限制速度约束条件和加速度约束条件；

20 所述距离约束条件包括： $0 < s < S$ ，其中， s 表示所述轨道车辆在小区段中运行过程中任意时刻的运行距离， S 表示小区段的总长度；

所述限制速度约束条件包括： $0 \leq v_i < v_{\lim}$ ，其中， v_i 表示轨道车辆在小区段中任意一个位置的速度， $v_{\lim}$ 表示小区段的静态限速值；

所述加速度约束条件包括: $a_{\min} \leq a_i \leq a_{\max}$, 其中, a_i 表示轨道车辆在加速度, $a_{\min}$ 和 $a_{\max}$ 分别表示列车的最小制动加速度和最大牵引加速度。

4、根据权利要求 3 所述的方法, 其特征在于, 所述初始化基本参数包括: 初始化列车参数、线路参数、运行参数和算法相关参数;

5 其中, 所述列车参数至少包括: 列车型号、编组情况、列车质量、列车牵引和制动系数;

所述线路参数至少包括: 线路长度、坡度、曲度和限速情况;

所述运行参数至少包括: 列车区间运行时间;

所述算法相关参数至少包括: 粒子维数、种群个数和惯性因子。

10 5、根据权利要求 4 所述的方法, 其特征在于, 所述基于多目标粒子群算法, 利用所述基本参数和各个所述区间的决策变量求解所述轨道车辆的自动驾驶曲线包括:

对多目标粒子群算法的种群进行初始化, 以获得满足列车操纵序列要求的列车操纵序列集合;

15 根据列车运行控制模型, 依据能耗适应度函数、运行时间的适应度函数、停车精确度的适应度函数以及限速的适应度评价, 从所述列车操控序列集合中筛选非劣解;

对筛选获得的非劣解进行个体极值更新和群体极值更新, 以获得帕累托最优解;

20 依据所述帕累托最优解, 生成所述轨道车辆的自动驾驶曲线。

6、根据权利要求 5 所述的方法，其特征在于，所述列车运行控制模型包

$$\min F(f_e(c_i), f_t(c_i)), i = 1, 2, \dots, n$$

$$s.t. \begin{cases} 0 \leq v_i < v_{\max}, i = 1, 2, \dots, n \\ v_1 = 0, v_n = 0 \\ a_{\min} \leq a_i \leq a_{\max}, i = 1, 2, \dots, n \\ 0 \leq s \leq S \end{cases}$$

括：

其中， $F(\cdot)$ 为优化目标函数， c_i 表示所述决策变量， $f_e(c_i)$ 和 $f_t(c_i)$ 分别表示优化模型的能耗和时间目标变量，s.t.表示遵从的约束条件， v_1 表示初始时刻的轨道车辆的速度， v_n 表示停止时刻的轨道车辆的速度。

7、根据权利要求 5 所述的方法，其特征在于，所述能耗适应度函数包括：

$$E = \sum_{i=1}^n E_i ; \text{ 其中，} E_i \text{ 表示轨道车辆在第 } i \text{ 个小区段的牵引能耗，} E \text{ 表示轨道车辆在整个待运行线路的牵引能耗；}$$

所述运行时间的适应度函数包括：

$$T = \sum_{i=1}^n T_i ; \text{ 其中，} T_i \text{ 表示轨道车辆在第 } i \text{ 个小区段的运行时间，} T \text{ 表示轨道车辆在整个待运行线路的运行时间；}$$

所述停车精确度的适应度函数包括：

$$S_a = S - S_i ; \text{ 其中，} S_a \text{ 表示停车精度，} S_i \text{ 表示轨道车辆实际停车位置，} S \text{ 表示目标停车点；}$$

所述限速的适应度评价包括：对所述列车操纵序列集合进行筛选，剔除不满足静态限速值要求的列车操纵序列。

8、一种轨道车辆的能力管理及节能辅助驾驶系统，其特征在于，包括：

参数初始化模块，用于初始化基本参数；

区间划分模块, 用于将所述轨道车辆的待运行线路划分为多个区间;

变量初始化模块, 用于初始化各个所述区间的决策变量;

曲线求解模块, 用于基于多目标粒子群算法, 利用所述基本参数和各个所述区间的决策变量求解所述轨道车辆的自动驾驶曲线。

- 5 9、根据权利要求 8 所述的系统, 其特征在于, 所述区间划分模块具体用于将所述轨道车辆的待运行线路离散化为多个等长的小区段, 并记录每个小区段的坡度, 以获得坡度离散化合集;

根据所述轨道车辆的待运行线路的静态限速, 将所述轨道车辆的待运行线路离散化为多个等长的小区段, 并记录每个小区段的静态限速值, 以获得限速离散化合集。

10

10、根据权利要求 9 所述的系统, 其特征在于, 所述变量初始化模块具体用于, 根据所述坡度离散化合集和所述限速离散化合集, 建立距离约束条件、限制速度约束条件和加速度约束条件;

所述距离约束条件包括: $0 < s < S$, 其中, s 表示所述轨道车辆在小区段中运行过程中任意时刻的运行距离, S 表示小区段的总长度;

15

所述限制速度约束条件包括: $0 \leq v_i < v_{lim}$, 其中, v_i 表示轨道车辆在小区段中任意一个位置的速度, v_{lim} 表示小区段的静态限速值;

所述加速度约束条件包括: $a_{min} \leq a_i \leq a_{max}$, 其中, a_i 表示轨道车辆在加速度, a_{min} 和 a_{max} 分别表示列车的最小制动加速度和最大牵引加速度。

- 20 11、根据权利要求 10 所述的系统, 其特征在于, 所述参数初始化模块具体用于, 初始化列车参数、线路参数、运行参数和算法相关参数;

其中,所述列车参数至少包括:列车型号、编组情况、列车质量、列车牵引和制动系数;

所述线路参数至少包括:线路长度、坡度、曲度和限速情况;

所述运行参数至少包括:列车区间运行时间;

5 所述算法相关参数至少包括:粒子维数、种群个数和惯性因子。

12、根据权利要求 11 所述的系统,其特征在于,所述曲线求解模块具体用于,对多目标粒子群算法的种群进行初始化,以获得满足列车操纵序列要求的列车操纵序列集合;

10 根据列车运行控制模型,依据能耗适应度函数、运行时间的适应度函数、停车精确度的适应度函数以及限速的适应度评价,从所述列车操控序列集合中筛选非劣解;

对筛选获得的非劣解进行个体极值更新和群体极值更新,以获得帕累托最优解;

依据所述帕累托最优解,生成所述轨道车辆的自动驾驶曲线。

15 13、根据权利要求 12 所述的系统,其特征在于,所述列车运行控制模型

$$\begin{aligned} & \min F(f_s(c_i), f_t(c_i)), i=1,2,\dots,n \\ & s.t. \begin{cases} 0 \leq v_i < v_{\max}, i=1,2,\dots,n \\ v_1 = 0, v_n = 0 \\ a_{\min} \leq a_i \leq a_{\max}, i=1,2,\dots,n \\ 0 \leq s \leq S \end{cases} \end{aligned}$$

包括:

其中, $F(\cdot)$ 为优化目标函数, c_i 表示所述决策变量, $f_s(c_i)$ 和 $f_t(c_i)$ 分别表示优化模型的能耗和时间目标变量, s.t.表示遵从的约束条件, v_1 表示初始时刻的轨道车辆的速度, v_n 表示停止时刻的轨道车辆的速度。

14、根据权利要求 12 所述的系统，其特征在于，所述能耗适应度函数包括：

$E = \sum_{i=1}^n E_i$ ；其中， E_i 表示轨道车辆在第 i 个小区段的牵引能耗， E 表示轨道车辆在整个待运行线路的牵引能耗；

5 所述运行时间的适应度函数包括：

$T = \sum_{i=1}^n T_i$ ；其中， T_i 表示轨道车辆在第 i 个小区段的运行时间， T 表示轨道车辆在整个待运行线路的运行时间；

所述停车精确度的适应度函数包括：

$S_s = S - S_i$ ；其中， S_a 表示停车精度， S_i 表示轨道车辆实际停车位置， S 表示目标停车点；

所述限速的适应度评价包括：对所述列车操纵序列集合进行筛选，剔除不满足静态限速值要求的列车操纵序列。

15、一种轨道车辆的能力管理及节能辅助驾驶系统，其特征在于，包括：存储器和处理器；

15 所述存储器用于存储程序代码，所述处理器用于调用所述程序代码，所述程序代码用于执行权利要求 1-7 任一项所述的轨道车辆的能力管理及节能辅助驾驶方法。

20 16、一种存储介质，其特征在于，所述存储介质上存储有程序代码，所述程序代码被执行时实现权利要求 1-7 任一项所述的轨道车辆的能力管理及节能辅助驾驶方法。

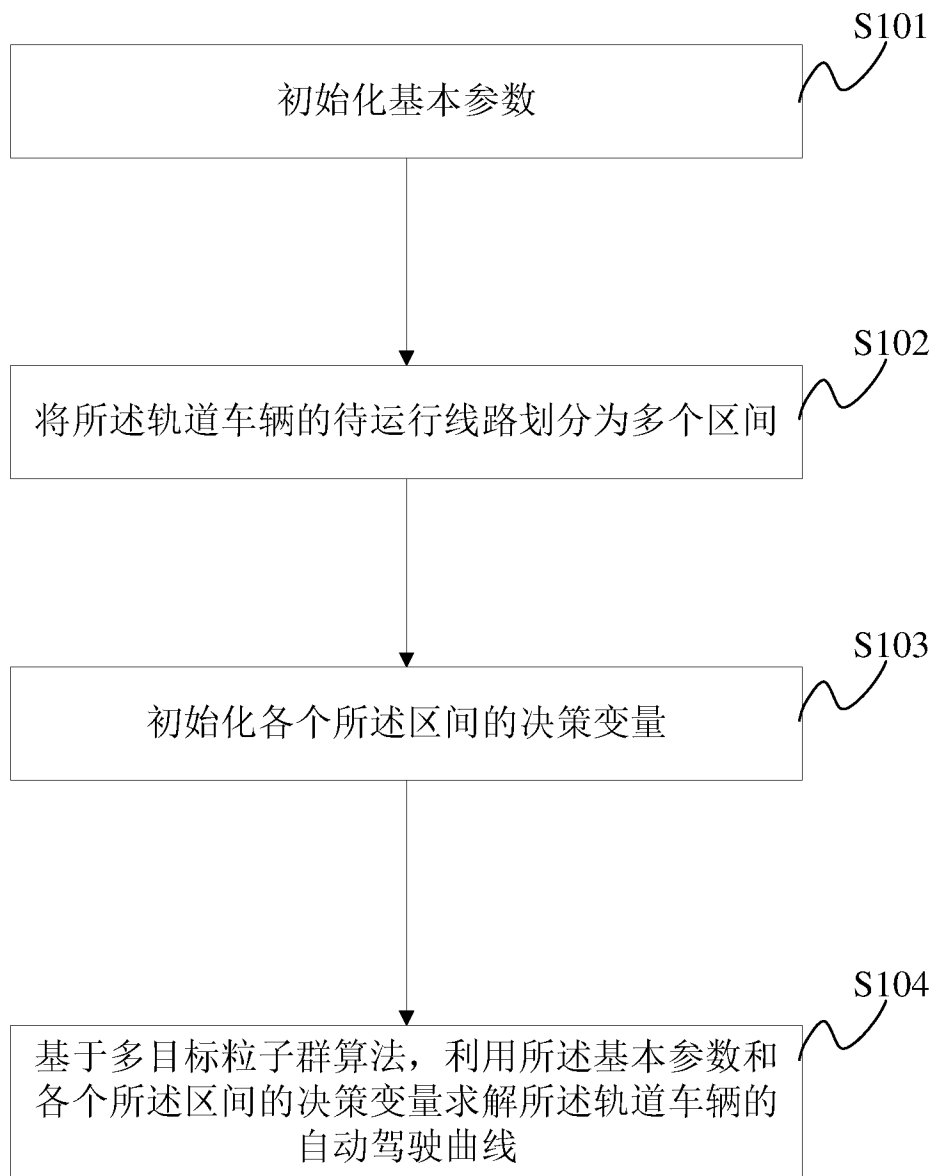


图 1

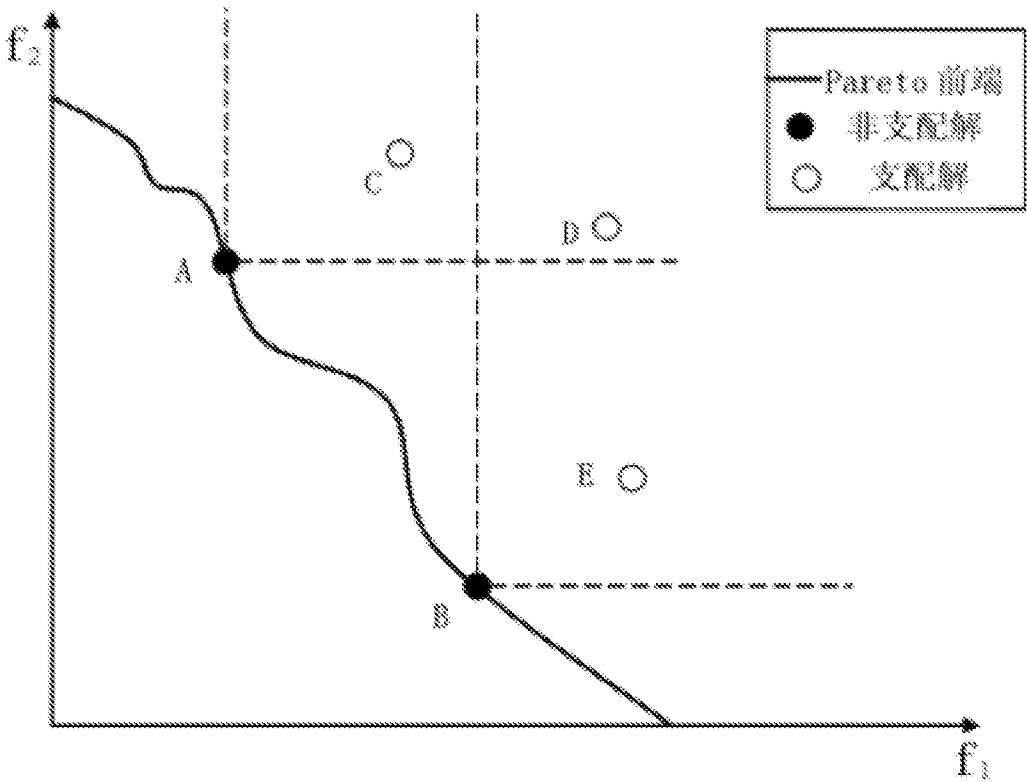


图 2

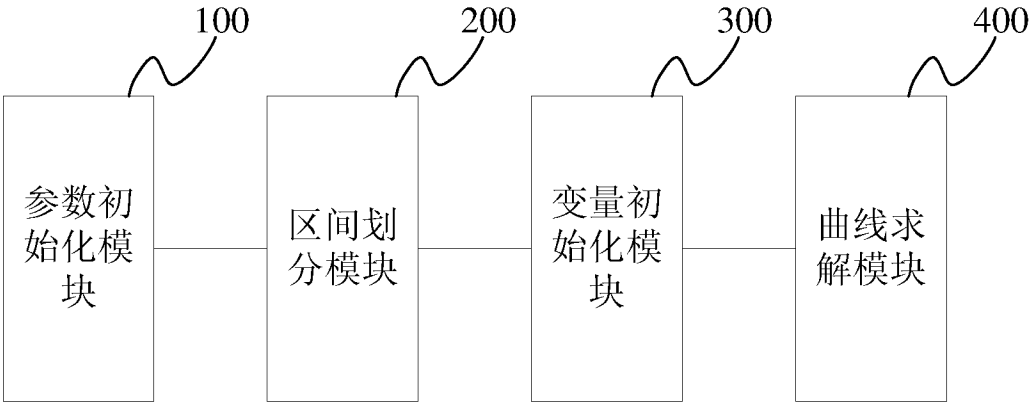


图 3

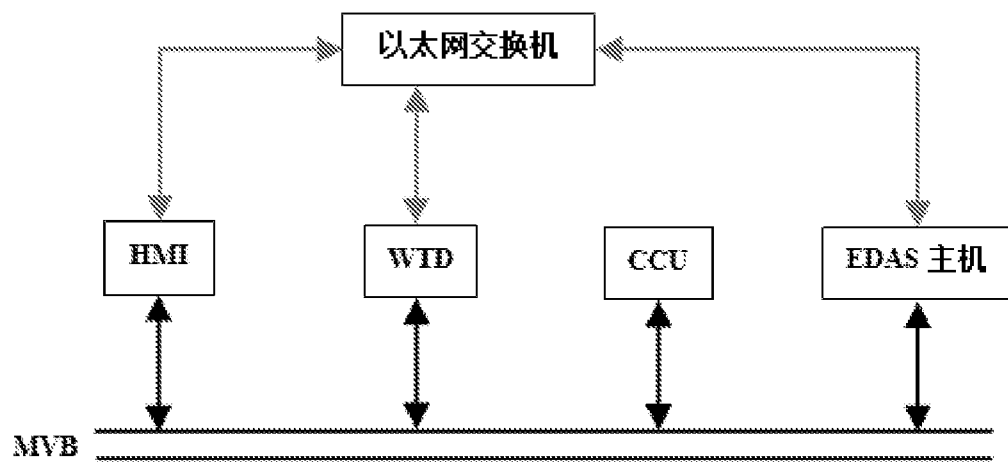


图 4

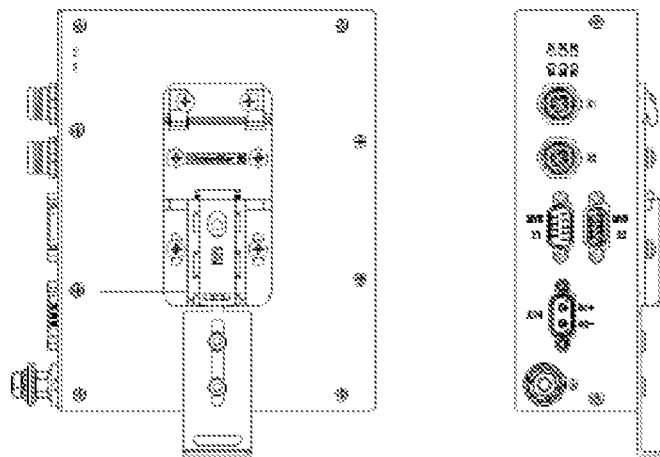


图 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2021/132068

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B61L 27/00(2022.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

B61L,G06Q,G01S,G01C,G08G

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNABS, CNKI, VEN, CNTXT: 轨道, 车辆, 列车, 节能, 初始, 线路, 路径, 轨迹, 曲线, 路线, 决策, 粒子群, 区段, 分段, 坡度, 限速, 加速度, 约束, 条件, rail, vehicle, train?, power, initial+, line, path, track, curve, route, decision, particle, group, segment, section, grade, gradient, speed, velocity, acceleration, constraint, restraint, condition

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 113147841 A (CRRC CHANGCHUN RAILWAY VEHICLES CO., LTD.) 23 July 2021 (2021-07-23) claims 1-16, description, paragraphs 3-187, and figures 1-5	1-16
X	CN 105930937 A (ZHEJIANG UNIVERSITY) 07 September 2016 (2016-09-07) description, paragraphs 6-123, and figures 1-4	1-2, 8-9, 15-16
A	CN 104766484 A (NANJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS) 08 July 2015 (2015-07-08) entire document	1-16
A	CN 110428161 A (BEIHANG UNIVERSITY) 08 November 2019 (2019-11-08) entire document	1-16
A	CN 110568760 A (JILIN UNIVERSITY) 13 December 2019 (2019-12-13) entire document	1-16
A	CN 109625028 A (BEIJING NATIONAL RAILWAY RESEARCH & DESIGN INSTITUTE OF SIGNAL & COMMUNICATION LTD.) 16 April 2019 (2019-04-16) entire document	1-16



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

16 February 2022

Date of mailing of the international search report

23 February 2022

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration (ISA/
CN)
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing
100088, China

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2021/132068**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 110749333 A (CENTRAL SOUTH UNIVERSITY) 04 February 2020 (2020-02-04) entire document	1-16
A	CN 110187639 A (JILIN UNIVERSITY) 30 August 2019 (2019-08-30) entire document	1-16
A	US 2018196436 A1 (GM GLOBAL TECHNOLOGY OPERATIONS LLC) 12 July 2018 (2018-07-12) entire document	1-16
A	US 2019193765 A1 (SIEMENS INDUSTRY INC.) 27 June 2019 (2019-06-27) entire document	1-16

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2021/132068

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	113147841	A	23 July 2021	None			
CN	105930937	A	07 September 2016	CN	105930937	B	31 May 2019
CN	104766484	A	08 July 2015	CN	104766484	B	14 November 2017
CN	110428161	A	08 November 2019	CN	110428161	B	02 June 2020
CN	110568760	A	13 December 2019	CN	110568760	B	02 July 2021
CN	109625028	A	16 April 2019	WO	2020082924	A1	30 April 2020
				CN	109625028	B	29 September 2020
CN	110749333	A	04 February 2020	None			
CN	110187639	A	30 August 2019	CN	110187639	B	11 May 2021
US	2018196436	A1	12 July 2018	US	10345812	B2	09 July 2019
				DE	102018100150	A1	12 July 2018
				CN	108287541	A	17 July 2018
US	2019193765	A1	27 June 2019	CA	3027359	A1	21 December 2017
				CA	3027359	C	31 August 2021
				US	10946880	B2	16 March 2021
				WO	2017218112	A1	21 December 2017

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2021/132068

A. 主题的分类 B61L 27/00 (2022.01) i 按照国际专利分类 (IPC) 或者同时按照国家分类和 IPC 两种分类		
B. 检索领域 检索的最低限度文献 (标明分类系统和分类号) B61L, G06Q, G01S, G01C, G08G 包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献 在国际检索时查阅的电子数据库 (数据库的名称, 和使用的检索词 (如使用)) CNABS, CNKI, VEN, CNTXT: 轨道, 车辆, 列车, 节能, 初始, 线路, 路径, 轨迹, 曲线, 路线, 决策, 粒子群, 区段, 分段, 坡度, 限速, 加速度, 约束, 条件, rail, vehicle, train?, power, initial+, line, path, track, curve, route, decision, particle, group, segment, section, grade, gradient, speed, velocity, acceleration, constraint, restraint, condition		
C. 相关文件		
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
PX	CN 113147841 A (中车长春轨道客车股份有限公司) 2021年7月23日 (2021 - 07 - 23) 权利要求1-16, 说明书第3-187段; 图1-5	1-16
X	CN 105930937 A (浙江大学) 2016年9月7日 (2016 - 09 - 07) 说明书第6-123段; 图1-4	1-2, 8-9, 15-16
A	CN 104766484 A (南京邮电大学) 2015年7月8日 (2015 - 07 - 08) 全文	1-16
A	CN 110428161 A (北京航空航天大学) 2019年11月8日 (2019 - 11 - 08) 全文	1-16
A	CN 110568760 A (吉林大学) 2019年12月13日 (2019 - 12 - 13) 全文	1-16
A	CN 109625028 A (北京全路通信信号研究设计院集团有限公司) 2019年4月16日 (2019 - 04 - 16) 全文	1-16
A	CN 110749333 A (中南大学) 2020年2月4日 (2020 - 02 - 04) 全文	1-16
☒ 其余文件在C栏的续页中列出。 ☒ 见同族专利附件。		
* 引用文件的具体类型: “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件 (如具体说明的) “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件 “T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 “X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 “Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 “&” 同族专利的文件		
国际检索实际完成的日期 2022年2月16日		国际检索报告邮寄日期 2022年2月23日
ISA/CN的名称和邮寄地址 中国国家知识产权局 (ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 传真号 (86-10)62019451		授权官员 潘景良 电话号码 (86-10)62089969

C. 相关文件

类 型*	引用文件，必要时，指明相关段落	相关的权利要求
A	CN 110187639 A (吉林大学) 2019年8月30日 (2019 - 08 - 30) 全文	1-16
A	US 2018196436 A1 (GM GLOBAL TECH OPERATIONS LLC) 2018年7月12日 (2018 - 07 - 12) 全文	1-16
A	US 2019193765 A1 (SIEMENS INDUSTRY INC) 2019年6月27日 (2019 - 06 - 27) 全文	1-16

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2021/132068

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利	公布日 (年/月/日)
CN	113147841	A	2021年7月23日	无	
CN	105930937	A	2016年9月7日	CN	105930937 B 2019年5月31日
CN	104766484	A	2015年7月8日	CN	104766484 B 2017年11月14日
CN	110428161	A	2019年11月8日	CN	110428161 B 2020年6月2日
CN	110568760	A	2019年12月13日	CN	110568760 B 2021年7月2日
CN	109625028	A	2019年4月16日	WO	2020082924 A1 2020年4月30日
				CN	109625028 B 2020年9月29日
CN	110749333	A	2020年2月4日	无	
CN	110187639	A	2019年8月30日	CN	110187639 B 2021年5月11日
US	2018196436	A1	2018年7月12日	US	10345812 B2 2019年7月9日
				DE	102018100150 A1 2018年7月12日
				CN	108287541 A 2018年7月17日
US	2019193765	A1	2019年6月27日	CA	3027359 A1 2017年12月21日
				CA	3027359 C 2021年8月31日
				US	10946880 B2 2021年3月16日
				WO	2017218112 A1 2017年12月21日