

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
G06G 7/70 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200710048528.6

[43] 公开日 2007 年 8 月 22 日

[11] 公开号 CN 101021892A

[22] 申请日 2007.2.26

[21] 申请号 200710048528.6

[71] 申请人 西南交通大学

地址 610031 四川省成都市二环路北一段 111
号

[72] 发明人 翟婉明 杨吉忠 赵春发 王开云
蔡成标

[74] 专利代理机构 成都博通专利事务所
代理人 陈树明

权利要求书 1 页 说明书 5 页

[54] 发明名称

列车与线路系统动态性能综合仿真方法

[57] 摘要

本发明公开了一种列车与线路系统动态性能综合仿真方法和装置，基于车辆—轨道耦合动力学理论体系，利用计算机可视化技术，综合模拟列车在线路上行驶的运动稳定性、运行平稳性、曲线通过性能等各种动态性能；集成性好，可以对客车、货车及各种轴式机车中的任意一种列车在任何一种线路上的运行状态进行仿真；并能将列车及线路的动态状态在三维场景中进行可视化显示，便于实时直观地观察各种列车及其构件在各种线路上的运行状态及其振动行为过程，使用简单方便。为列车与线路的研制、开发与改进提供了统一、直观、完整的动态性能仿真依据。

1、一种列车与线路系统动态性能综合仿真方法，其步骤是：

a、从三维列车和线路模型库中获取选定的列车和线路数据，使用车辆—轨道耦合系统动力学计算方法，按设定的速度：

算出列车各构件及受列车振动影响的线路各构件的时间—振动位移数据、时间—振动速度数据及时间—振动加速度数据，并存储于动态数据库中；

或者算出列车各构件及受列车振动影响的线路各构件当前时刻的振动位移数据、当前时刻的振动速度数据及当前时刻的振动加速度数据；

b、初始化三维仿真场景，并在其中配置光源，从三维列车或线路模型库中获取列车和线路各构件模型；

c、从三维列车和线路模型库中获取选定的列车各构件和线路各构件间的相对结构数据，再根据设定的速度和时间间隔，计算出列车各构件在线路上行驶的距离；并根据列车各构件在线路上行驶的距离，将各时刻列车各构件所在线路中心线的两相邻控制点间进行插值，即得出各时刻列车各构件在大地坐标系中的空间平衡位置；同时将当前时刻受列车振动影响的线路各构件，按其所在线路中心线的两相邻控制点间进行插值，得出当前时刻的线路各构件在大地坐标系中的空间平衡位置；

d、将列车与线路各构件当前时刻的空间平衡位置与其相应的振动位移数据叠加，得出各构件的显示空间位置；在三维场景中，按各构件的显示空间位置，将其显示出来，即实现了列车与线路系统振动行为的可视化模拟。

2、根据权利要求1所述的一种列车与线路系统动态性能综合仿真方法，其特征在于，所述的三维列车和线路模型库中的列车与线路模型包括已有的主型机车、车辆模型和典型线路模型，还可以包括新设计的列车或新设计的线路模型。

3、根据权利要求1所述的一种列车与线路系统动态性能综合仿真方法，其特征在于，所述的a步中使用车辆—轨道耦合系统动力学计算方法，按设定的速度算出并存储于动态数据库中的数据，还包括：每一时刻的轮轨垂向、横向力、轮重减载率、倾覆系数、脱轨系数等安全性指标，车体垂向、横向平稳性指标、车体垂向、横向加速度指标；在三维场景中显示各构件的同时，用不同的显示设备或相同的显示设备的不同显示区域同步显示这些指标。

列车与线路系统动态性能综合仿真方法

技术领域

本发明涉及一种列车与线路系统动态性能综合仿真方法。

背景技术

机车车辆在轨道上行使，是一个移动质量系统与一个无限长连续支承结构之间动态相互作用的过程。由于线路不平顺、车轮与钢轨表面几何缺陷等原因，使轮轨之间产生相互动作用力。此力向上传递给机车车辆，向下传递给轨道结构，引起各自的振动，而这些振动又相互耦合，构成了机车车辆与轨道的耦合系统。正是这种复杂的关系，使得列车在线路上的动力学运行系统具有多自由度、强非线性等特点，导致系统非常复杂。

列车与线路动态耦合系统，不但在动力学过程中是一个复杂的系统，而且在几何结构上也是一个复杂的系统。单就机车车辆—轨道耦合动力学数学模型考虑的简化几何结构来看，每列车包括轮对、转向架、车体等；轨道系统包括钢轨、轨枕、离散道床块、扣件和胶垫等。

列车在线路上行驶的动态性能的好坏是直接影响列车运行质量（包括安全可靠、快速便捷、高效节能、平稳舒适等）。因此，需要应用仿真模拟的方法对机车车辆整车动态性能进行研究与分析，以便于实现列车与线路的无风险动力学尝试试验，加快机车车辆与线路的研制、开发与改进。

在现有的机车车辆—轨道耦合动力学仿真中，大多集中在模型的数值仿真上，多以模块的形式出现，系统的集成性和综合性较差。而其中的求解模块相当于一个系统求解器，模块本身不具备综合处理与系统求解相关的功能，对人工和第三方软件的依赖性很强，这种模块只有专业人员才能有效利用，不具有通用性。并且现有的仿真方法不是通过三维场景立体显示，其可视化程度低，不直观。因此，研究一个直观的且能综合模拟列车与线路动态性能仿真的计算机软硬件平台，既有重要的理论价值，也具有很大的实际意义。

发明内容

本发明的目的就是提供一种列车与线路系统动态性能综合仿真方法，该方法能综合模拟列车在线路上行驶的各种动态性能，集成性好；并能将列车及线

路的动态状态在三维场景中进行可视化显示，直观、形象，使用简单方便。

本发明解决其技术问题，所采用的技术方案是：一种列车与线路系统动态性能综合仿真方法，其步骤是：

a、从三维列车和线路模型库中获取选定的列车和线路数据，使用车辆—轨道耦合系统动力学计算方法，按设定的速度：

算出列车各构件及受列车振动影响的线路各构件的时间-振动位移数据、时间-振动速度数据及时间-振动加速度数据，并存储于动态数据库中；

或者算出列车各构件及受列车振动影响的线路各构件当前时刻的振动位移数据、当前时刻的振动速度数据及当前时刻的振动加速度数据；

b、初始化三维仿真场景，并在其中配置光源，从三维列车或线路模型库中获取列车和线路各构件模型；

c、从三维列车和线路模型库中获取选定的列车各构件和线路各构件间的相对结构数据，再根据设定的速度和时间间隔，计算出列车各构件在线路上行驶的距离；并根据列车各构件在线路上行驶的距离，将各时刻列车各构件所在线路中心线的两相邻控制点间进行插值，即得出各时刻列车各构件在大地坐标系中的空间平衡位置；同时将当前时刻受列车振动影响的线路各构件，按其所在线路中心线的两相邻控制点间进行插值，得出当前时刻的线路各构件在大地坐标系中的空间平衡位置；

d、将列车与线路各构件当前时刻的空间平衡位置与其相应的振动位移数据叠加，得出各构件的显示空间位置；在三维场景中，按各构件的显示空间位置，将其显示出来，即实现了列车与线路系统振动行为的可视化模拟。

与现有技术相比，本发明的有益效果是：

采用面向对象的设计方法，可以对数据库中列车及线路数据进行任意选择，在保持求解器模块相对独立的情况下，基于车辆—轨道耦合动力学理论体系，引入可视化和三维建模技术，将列车与线路各构件几何模型之间的几何约束关系、几何模型和计算模块间的相互对应关系，一并装配起来，并在三维场景中对各构件进行精确的动态显示。可以对客车、货车及各种轴式机车中的任意一种列车在任何一种线路上的运行状态进行仿真，更为真实完整地模拟出列车的运动稳定性、运行平稳性、曲线通过性能等运行状态，实时直观地观察各种列车及其构件在各种线路上的运行状态及其振动行为过程。如：可以直观的

显示三维动态轮轨接触状态，如两点接触状态、脱轨状态；可以直观的显示三维曲线线路的平纵断面设置及其各构件的动态空间运动。从而为机车车辆系统及轨道结构关键动力学参数及线路平纵断面的优化设计，列车与线路的研制、开发与改进提供了统一、直观、完整的动态性能仿真依据。特别是为高速、重载现代化铁路系统的最佳管理提供了理论分析工具，具有很强的工程应用价值。

上述的三维列车和线路模型库中的列车与线路模型包括已有的主型机车、车辆模型和典型线路模型，还可以包括新设计的列车或新设计的线路模型。

这样本发明的方法既可以对已有的主型机车、车辆和典型线路的状态进行动态仿真模拟，同时也能对新开发的新型机车、车辆和新修建的铁路进行列车运行状态的模拟，使得本发明成开放的仿真系统，能对各种车辆和线路进行任意组合的动态仿真模拟。

上述的 a 步中使用车辆—轨道耦合系统动力学计算方法，按设定的速度，算出并存储于动态数据库中的数据，还包括：每一时刻的轮轨垂向、横向力、轮重减载率、倾覆系数、脱轨系数等安全性指标，车体垂向、横向平稳性指标、车体垂向、横向加速度指标；在三维场景中显示各构件的同时，用相同的显示设备的不同显示区域或不同的显示设备同步显示这些指标。

这样在仿真显示三维列车动态运行过程的同时，还通过各种指标显示单元，可以实时查看二维显示的列车安全性、平稳性、舒适性相关指标的时间变化历程。使科学计算结果可视化与列车线路运行系统三维视景可视化完善地结合，同步显示。并且动态数据库存储的仿真结果也可以方便地进行后处理。为列车及线路的研制、开发与改进，提供了更多的直观、完整、全面的力学性能指标仿真依据。

下面结合具体实施方式对本发明作进一步的详细描述。

具体实施方式

实施例一

本发明的第一种具体实施方式，包括如下步骤：

a、从三维列车和线路模型库中获取选定的列车和线路数据，使用车辆—轨道耦合系统动力学计算方法，按设定的速度：算出列车各构件及受列车振动影响的线路各构件的时间—振动位移数据、时间—振动速度数据及时间—振动加速

度数据，并存储于动态数据库中；

b、初始化三维仿真场景，并在其中配置光源，从三维列车或线路模型库中获取列车和线路各构件模型；

c、从三维列车和线路模型库中获取选定的列车各构件和线路各构件间的相对结构数据，再根据设定的速度和时间间隔，计算出列车各构件在线路上行驶的距离；并根据列车各构件在线路上行驶的距离，将各时刻列车各构件所在线路中心线的两相邻控制点间进行插值，即得出各时刻列车各构件在大地坐标系中的空间平衡位置；同时将当前时刻受列车振动影响的线路各构件，按其所在线路中心线的两相邻控制点间进行插值，得出当前时刻的线路各构件在大地坐标系中的空间平衡位置；

d、将列车与线路各构件当前时刻的空间平衡位置与其相应的振动位移数据叠加，得出各构件的显示空间位置；在三维场景中，按各构件的显示空间位置，将其显示出来，即实现了列车与线路系统振动行为的可视化模拟。

本例的三维列车和线路模型库中的列车与线路模型既可以是已有的主型机车、车辆模型和典型线路模型，也可以是新设计的列车或新设计的线路模型。

本例的 a 步中使用车辆—轨道耦合系统动力学计算方法，按设定的速度，算出并存储于动态数据库中的数据，还包括：每一时刻的轮轨垂向、横向力、轮重减载率、倾覆系数、脱轨系数等安全性指标，车体垂向、横向平稳性指标、车体垂向、横向加速度指标；在三维场景中显示各构件的同时，用相同的显示设备的不同显示区域或不同的显示设备同步显示这些指标。

实施例二

本例与实施一的步骤基本相同，不同的仅仅是：a 步中，从三维列车和线路模型库中获取选定的列车和线路数据，使用车辆—轨道耦合系统动力学计算方法，按设定的速度计算出的是：当前时刻的列车各构件及受列车振动影响的线路各构件振动位移数据、振动速度数据及振动加速度数据，并存储于动态数据库中。

与实施例一相比，本例不是计算并存储各时刻，而是仅仅计算当前时刻列车及线路各构件的相关振动数据，边计算边显示，对存储设备要求更低，但对计算设备（CPU）的性能要求更高。

本发明在显示时，所使用的显示器可以是投影仪，在投影仪的主显示区域

上显示列车动态运行过程，在投影仪上另有多个小块显示区域，分别显示相应时刻的轮轨垂向、横向力、轮重减载率、倾覆系数、脱轨系数等安全性指标，车体垂向、横向平稳性指标、车体垂向、横向加速度指标。或者将这些指标通过另外的CRT显示器进行显示。

本发明的三维列车模型其中机车车辆模型数据中包括的构件有车体、转向架、轮对、一二系悬挂系统；线路各构件包括钢轨、轨枕。进行显示时也是将这些构件进行装配显示，而非将列车及线路作为不可拆分的整体进行显示，从而显示出的列车及线路动态状态更为复杂而真实。

本发明的受列车振动影响的线路各构件是列车下方及距离列车前、后位轮对一定距离范围内的各构件，该前、后距离通常为 50 米，对轻型低速列车该距离可以适当变小，而重载、高速列车该距离可以适当放大。