



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103063451 B

(45) 授权公告日 2014. 07. 23

(21) 申请号 201210573702. X

(22) 申请日 2012. 12. 26

(73) 专利权人 浙江大学

地址 310027 浙江省杭州市西湖区浙大路
38 号

(72) 发明人 边学成 程翀 蒋红光 徐翔
陈云敏 蒋建群 陈仁朋 金皖锋

(74) 专利代理机构 杭州求是专利事务所有限公
司 33200

代理人 林怀禹

(51) Int. Cl.

G01M 17/08 (2006. 01)

审查员 魏晓薇

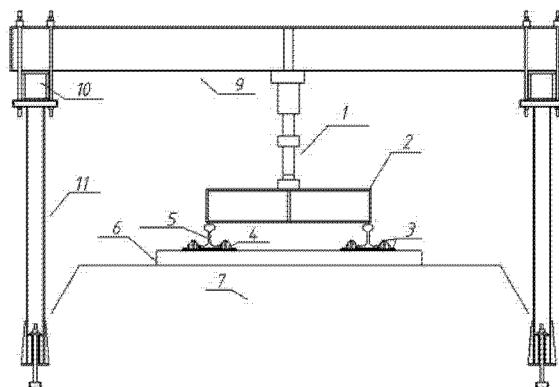
权利要求书2页 说明书4页 附图3页

(54) 发明名称

轨道交通列车整车移动荷载模拟加载方法及装置

(57) 摘要

本发明公开了一种轨道交通列车整车移动荷载模拟加载方法及装置。多个作动器在轨枕沿轨道方向上方布置,每个作动器顶部连接在反力横梁跨中处,每根反力横梁两端固定在两根反力纵梁上,每根反力纵梁的两端连接在两根支撑柱上,每根支撑柱底部固定在地面上。根据列车-轨道-路基理论模型计算拟合确定在不同车型和不同列车速度的单个扣件系统的受力荷载时程曲线,作为作动器的荷载激励曲线,将钢轨在轨枕正上方处分段为离散独立的分段钢轨,相邻作动器沿列车移动方向以相同时间间隔连续激振,从而实现不同车型在不同速度下列车整车移动荷载的模拟加载。本发明为开展铁路、地铁等轨道交通线下基础设施的研究提供了一种可靠便捷的试验加载方法及装置。



1. 一种轨道交通列车整车移动荷载模拟加载方法,其特征在于包括以下步骤:

步骤 1) 根据列车-轨道-路基理论模型进行函数拟合,并考虑列车轴重 P 得到单节车厢移动下转向架作用下的单个扣件系统的受力荷载时程简化表达式:

$$y = PA(e^{-\frac{x^2}{2a^2}} + e^{-\frac{(x-2.5)^2}{2a^2}});$$

其中 $A = 34.30$, $a = 0.79$ 均为拟合参数, x 为钢轨下扣件系统观察点至列车轮轴初始位置的距离, y 为钢轨下扣件系统支撑力;

步骤 2) 考虑列车速度 v , 钢轨下扣件系统支撑力 y 与距离的关系可转化为扣件系统支撑力 y 与时间 t 的关系 $x = vt$:

$$y = PA(e^{-\frac{(vt)^2}{2a^2}} + e^{-\frac{(vt-2.5)^2}{2a^2}});$$

步骤 3) 根据步骤 2) 得到单个扣件系统的受力荷载时程曲线,按高速铁路轨枕沿轨道方向的间距为 Δs ,通过扣件系统将钢轨与轨枕进行连接,将两条连续钢轨在轨枕位置正上方处切割为多对离散独立的分段钢轨,钢轨与轨枕之间的连接特性保持不变;

步骤 4) 在步骤 3) 中的每一对分段钢轨正上方均布置一条分配梁,分配梁跨中处上方连接一个作动器,将步骤 2) 得到的单个扣件系统的受力荷载时程曲线,作为所有作动器的荷载激励曲线;

步骤 5) 步骤 4) 中所有作动器的荷载激励曲线均相同,每个作动器开始激振存在时间间隔,相邻作动器激振的时间间隔 Δt 由轨枕的间距 Δs 和列车速度 v 确定:

$$\Delta t = \frac{\Delta s}{v};$$

步骤 6) 沿列车整车移动方向每个作动器通过按照步骤 5) 所述的时间间隔 Δt 依次进行动态激振,即实现不同车型、不同速度下列车整车移动荷载的模拟加载。

2. 根据权利要求 1 所述的一种轨道交通整车移动荷载模拟加载方法,其特征在于:该列车整车移动荷载模拟加载简化为 N 个单节车厢前后转向架移动荷载模拟。

3. 根据权利要求 1 所述的一种轨道交通整车移动荷载模拟加载方法,其特征在于:步骤 1) 所述的拟合函数为 Gauss 函数。

4. 根据权利要求 1 所述的一种轨道交通轮轴移动荷载模拟加载方法,其特征在于:步骤 2) 所述的单个扣件的受力荷载时程曲线为“M”波型曲线,符合列车真实荷载。

5. 根据权利要求 1 所述的加载方法的一种轨道交通列车整车移动荷载模拟加载装置,其特征在于:多个作动器(1)在按照高速铁路每条轨枕(6)沿轨道方向的位置处上方布置,每个作动器(1)顶部连接在反力横梁(9)跨中处,每根反力横梁(9)两端固定在两根反力纵梁(10)上,每根反力纵梁(10)的两端连接在两根支撑柱(11)上,每根支撑柱(11)底部固定在地面上。

6. 根据权利要求 1 所述的加载方法的一种轨道交通列车整车移动荷载模拟加载装置,其特征在于:每个作动器(1)底部用高强螺栓(3)在分配梁(2)跨中处连接,分配梁(2)两端底部安置在两侧钢轨(5)正上方,两条连续的钢轨(5)铺设在轨枕(6)上,分别在轨枕(6)

位置正上方切断成离散独立的分段钢轨(5),每对分段钢轨(5)和轨枕(6)用扣件系统(4)连接,轨枕(6)下方为道床(7)、道床(7)下方为地基(8)。

轨道交通列车整车移动荷载模拟加载方法及装置

技术领域

[0001] 本发明涉及一种荷载加载方法及装置,尤其是涉及一种轨道交通列车整车移动荷载模拟加载方法及装置。

背景技术

[0002] 我国现在正处于轨道交通快速发展的时期,无论是高速铁路和城际普通铁路,还是轻轨和地铁,都处于高速建设过程中。但伴随着轨道交通设施的建设和投入运营,越来越多的工程问题凸显出来。路基在列车荷载作用下的动力稳定性影响着列车的安全运行;轮轨动力相互作用产生的轨道和路基振动,对周围环境和人类生活也产生了很大的影响;尤其是随着高速铁路的运营,列车速度大幅度提高,列车与轨道的动力相互作用进一步加剧,当列车速度接近土体的临界波速时,将会产生马赫效应,严重威胁列车运行的安全性。列车荷载通过轮轴与钢轨的相互作用传递至线下结构。与传统的定点循环加载相比,轮轴与钢轨的作用具有典型的移动效应和速度效应,随着列车的移动,轨下各结构层沿着列车行进方向经历相同的加载过程。这种不同于固定点加载的受力方式,导致了轨道结构和路基结构呈现出不同的动力性能。因此,实现列车整车荷载移动过程的有效模拟,对研究轨道交通基础设施真实的动力性能至关重要。

发明内容

[0003] 本发明的目的在于为研究列车移动产生的移动效应和速度效应,提供一种轨道交通列车整车移动荷载模拟加载方法及装置,实现列车荷载高速移动。

[0004] 为实现上述目的,本发明采用的技术方案是:

[0005] 一、一种轨道交通列车整车移动荷载模拟加载方法,它包括以下几个步骤:

[0006] 步骤 1) 根据列车-轨道-路基理论模型进行函数拟合,并考虑列车轴重 P 得到单节车厢移动下转向架作用下的单个扣件系统的受力荷载时程简化表达式:

$$[0007] \quad y = PA \left(e^{-\frac{x^2}{2\omega^2}} + e^{-\frac{(x-2.5)^2}{2\omega^2}} \right),$$

[0008] 其中 $A = 34.30$, $\omega = 0.79$ 均为拟合参数, x 为钢轨下扣件系统观察点至列车轮轴初始位置的距离, y 为钢轨下扣件系统支撑力;

[0009] 步骤 2) 考虑列车速度 v , 钢轨下扣件系统支撑力 y 与距离的关系可转化为扣件系统支撑力 y 与时间 t 的关系 $x = vt$:

$$[0010] \quad y = PA \left(e^{-\frac{(vt)^2}{2\omega^2}} + e^{-\frac{(vt-2.5)^2}{2\omega^2}} \right);$$

[0011] 步骤 3) 根据步骤 2) 得到单个扣件系统的受力荷载时程曲线,按高速铁路设计规范轨枕沿轨道方向的间距为 Δs ,通过扣件系统将钢轨与轨枕进行连接,将两条连续钢轨在轨枕位置正上方处切割为多对离散独立的分段钢轨,钢轨与轨枕之间的连接特性保持不

变；

[0012] 步骤 4) 在步骤 3) 中的每一对分段钢轨正上方均布置一条分配梁, 分配梁跨中处上方连接一个作动器, 将步骤 2) 得到的单个扣件系统的受力荷载时程曲线, 作为所有作动器的荷载激励曲线；

[0013] 步骤 5) 步骤 4) 中所有作动器的荷载激励曲线均相同, 每个作动器开始激振存在时间间隔, 相邻作动器激振的时间间隔 Δt 由轨枕的间距 Δs 和列车速度 v 确定：

$$[0014] \quad \Delta t = \frac{\Delta s}{v} ;$$

[0015] 步骤 6) 沿列车整车移动方向每个作动器通过按照步骤 5) 所述的时间间隔 Δt 依次进行动态激振, 即实现不同车型、不同速度下列车整车移动荷载的模拟加载。

[0016] 该列车整车移动荷载模拟加载简化为 N 个单节车厢前后转向架移动荷载模拟。

[0017] 步骤 1) 所述的拟合函数为 Gauss 函数。

[0018] 步骤 2) 所述的单个扣件的受力荷载时程曲线为“M”波型曲线, 符合列车真实荷载。

[0019] 二、一种轨道交通列车整车移动荷载模拟加载装置：

[0020] 本发明的多个作动器在按照高速铁路每条轨枕沿轨道方向的位置处上方布置, 每个作动器顶部连接在反力横梁跨中处, 每根反力横梁两端固定在两根反力纵梁上, 每根反力纵梁的两端连接在两根支撑柱上, 每根支撑柱底部固定在地面上。

[0021] 每个作动器底部用高强螺栓在分配梁跨中处连接, 分配梁两端底部安置在两侧钢轨正上方, 两条连续的钢轨铺设在轨枕上, 分别在轨枕位置正上方切断成离散独立的分段钢轨, 每对分段钢轨和轨枕用扣件系统连接, 轨枕下方为道床、道床下方为地基。

[0022] 本发明具有的有益效果的是：

[0023] (1) 基于列车 - 轨道 - 路基理论模型并用 Gauss 函数拟合得到单节车厢移动下转向架作用单个扣件系统的受力荷载时程曲线；(2) 该单个扣件系统的受力荷载时程曲线为“M”波型曲线, 符合列车真实荷载；(3) 加载装置将钢轨分段后, 沿列车前进方向相邻作动器以时间间隔动态激振, 从而代替实体列车整车模型实现不同速度下的列车整车荷载的移动加载；(4) 避免了行车速度提高所需要的长距离加速路段, 大大缩小了室内试验模型的尺寸, 为开展轨道交通动力学模型试验研究提供了可靠便捷的加载平台。

附图说明

[0024] 图 1 是本发明装置横向示意图。

[0025] 图 2 是本发明装置纵向示意图。

[0026] 图 3 是一段钢轨连接横向示意图。

[0027] 图 4 是一段钢轨连接纵向示意图。

[0028] 图 5 是整车移动下列车 - 轨道 - 路基理论模型原理图。

[0029] 图 6 是整车移动单个扣件系统的受力荷载时程曲线示意图。

[0030] 图 7 是作动器荷载激励曲线。

[0031] 图中：1、作动器, 2、分配梁, 3、高强螺栓, 4、扣件系统, 5、钢轨, 6、轨枕, 7、道床, 8、地基, 9、反力横梁, 10、反力纵梁, 11、支撑柱。

具体实施方式

[0032] 下面结合附图和实施例对本发明作进一步说明。

[0033] 本实施例在图 1 和图 2 所示轨道交通列车整车移动荷载模拟加载装置上进行, 选用有砟轨道结构, 扣件系统 4 选用 WJ-7 型, 钢轨 5 型号选用 CHN60, 轨枕 6 选用 III 型钢筋混凝土轨枕, 道床 7 分为道床表层和道床底层, 道床表层选用级配碎石, 道床底层选用 A/B 填料, 每条轨枕 6 沿轨道方向的间距为 $\Delta s = 0.630m$, 共设置 8 条轨枕 6, 8 个作动器 1 在每条轨枕 7 位置处上方布置, 每个作动器 1 顶部连接在反力横梁 9 跨中处, 每根反力横梁 9 两端固定在两根反力纵梁 10 上, 每根反力纵梁 10 的两端连接在两根支撑柱 11 上, 每根支撑柱 11 底部固定在地面上。每个作动器 1 底部用高强螺栓 3 在分配梁 2 跨中处连接, 分配梁 2 两端底部安置在两侧钢轨 5 正上方, 两条连续的钢轨 5 铺设在轨枕 6 上, 分别在轨枕 6 位置正上方切断成离散独立的 0.3m 长的分段钢轨 5, 每对分段钢轨 5 和轨枕 6 用扣件系统 4 连接, 如图 3 和图 4 所示, 轨枕 6 下方为道床 7、道床 7 下方为地基 8。

[0034] 图 5 所示整车移动下列车-轨道-路基理论模型为平面结构假设, 依次由转向架、钢轨 5、扣件结构 4、轨枕 6、道床 7 和地基 8 组成, 钢轨 5 采用欧拉梁假设, 假设为简支梁, 离散分布的轨枕 6 假设为质量块, 扣件系统 4、道床 7 均采用粘弹性弹簧假设, 其中道床 7 为分布弹簧和阻尼, 列车运行过程中转向架与钢轨 5 相互作用, 产生的作用力通过钢轨 5 下方离散支撑的扣件系统 4 承担。

[0035] 选用列车车型为 CRH3, 列车轴重 $P = 15t$, 移动速度 $v = 18km/h$, 由于单个轮轴作用在钢轨上时其荷载影响范围约为 5m, 而同一转向架的两个轮轴间距仅为 2.5m, 而前后两车相邻转向架的间距为 7.5m, 因此按照轮轴荷载影响进行叠加考虑, 一个转向架荷载更能真实地反映列车的实际荷载。结合列车-轨道-路基理论模型并用 Gauss 函数拟合, 考虑列车轴重 P, 得到单节车厢移动下转向架作用下的单个扣件系统的受力荷载时程简化表达式

$$[0036] \quad y = PA \left(e^{-\frac{x^2}{2a^2}} + e^{-\frac{(x-2.5)^2}{2a^2}} \right),$$

[0037] 其中 $A = 34.30$, $a = 0.79$ 均为拟合参数, x 为钢轨下扣件系统观察点至列车轮轴初始位置的距离, y 为钢轨下扣件系统支撑力。

[0038] 假设列车轮轴初始位置在支撑柱位置, 结合列车速度 v , 钢轨下扣件系统支撑力 y 与距离的关系可转化为扣件系统支撑力 y 与时间 t 的关系 $x = vt$:

[0039]

$$y = PA \left(e^{-\frac{(vt)^2}{2a^2}} + e^{-\frac{(vt-2.5)^2}{2a^2}} \right)$$

[0040] 由于一个转向架两个轮轴之间存在荷载叠加现象, 得到如图 6 所示列车整车移动转向架荷载作用下, 列车移动速度为 $v = 18km/h$ 时钢轨下单个扣件系统的受力荷载时程曲线呈“M”型曲线, 符合列车真实荷载, 将其作为每个作动器的荷载激励曲线图 7。

[0041] 所有作动器的荷载激励曲线均相同, 每个作动器开始激振存在时间间隔, 相邻作

动器的激振时间间隔 Δt 由轨枕的间距 $\Delta s = 0.630m$ 和列车速度 $v = 18km/h$ 确定。

$$[0042] \quad \Delta t = \frac{\Delta s}{v} = 0.126s,$$

[0043] 沿列车整车移动方向每个作动器按照时间间隔 $\Delta t = 0.126s$ 依次进行动态激振,即实现不同车型、不同速度下列车整车移动荷载的模拟加载。

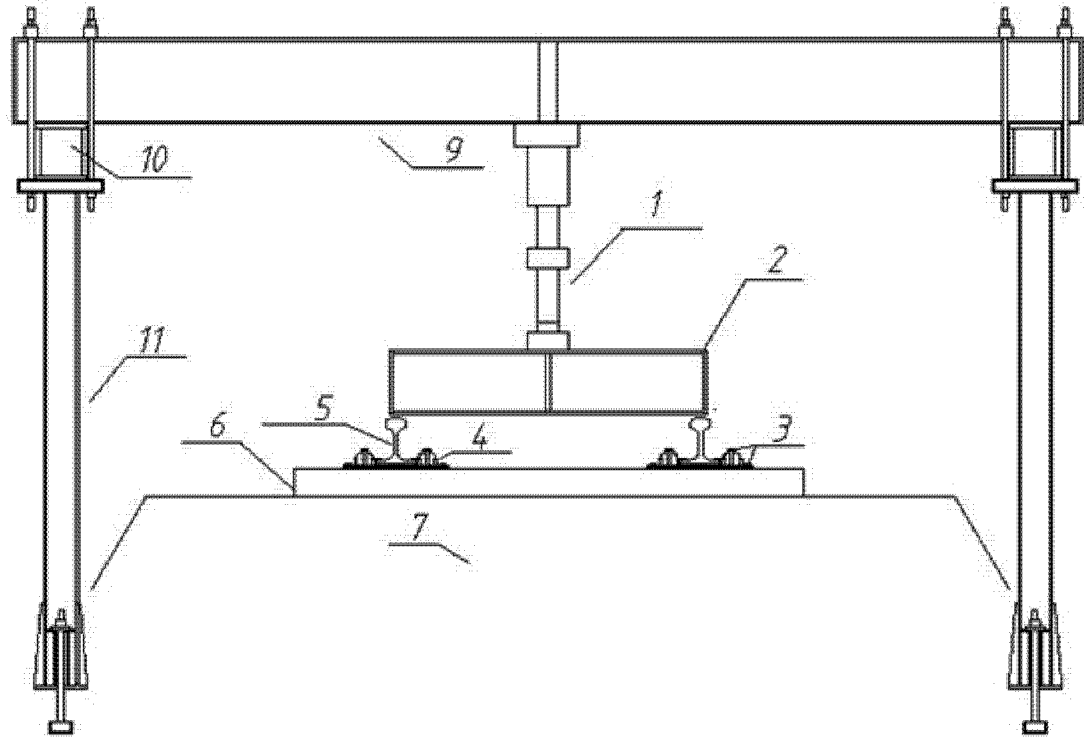


图 1

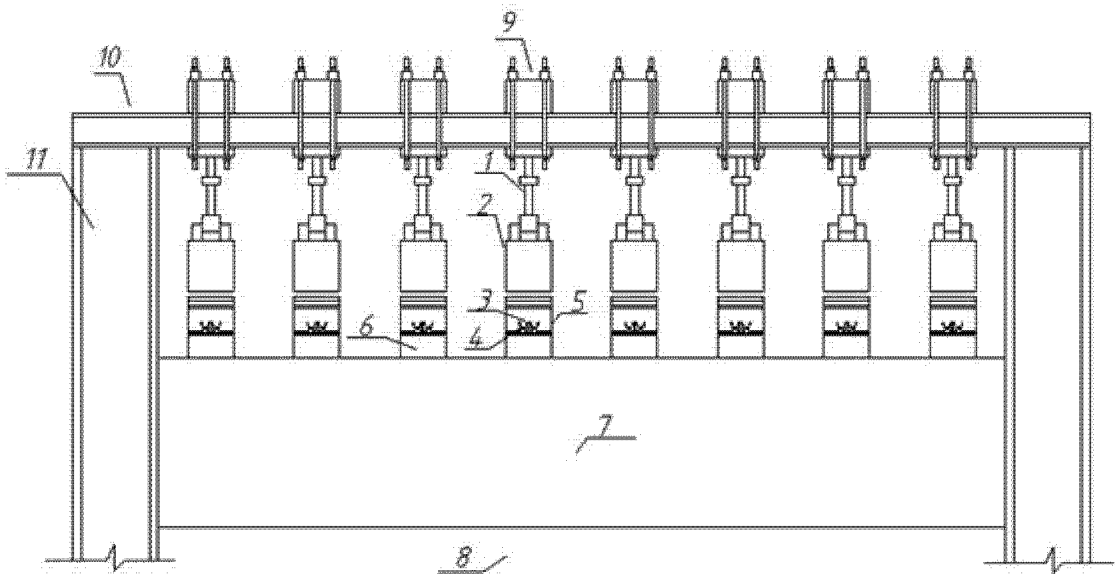


图 2

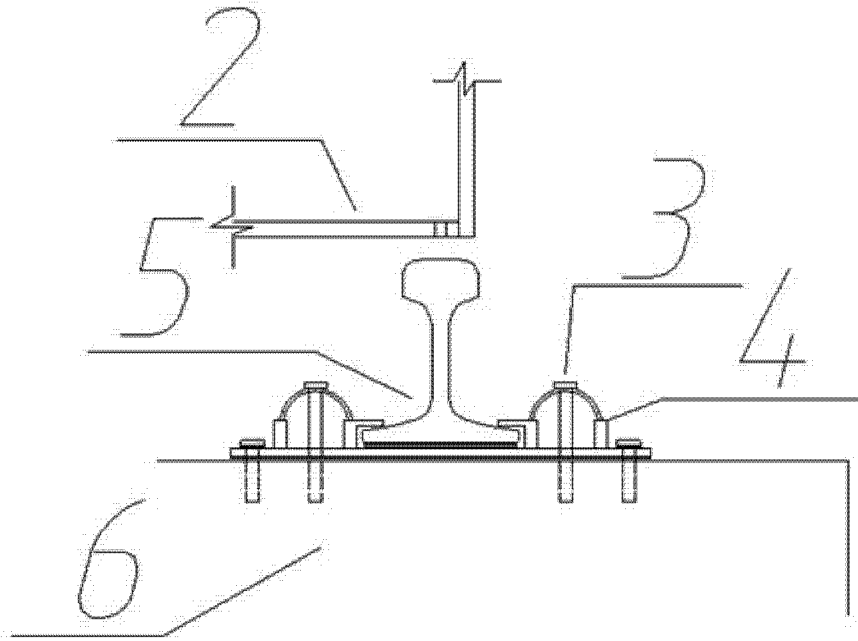


图 3

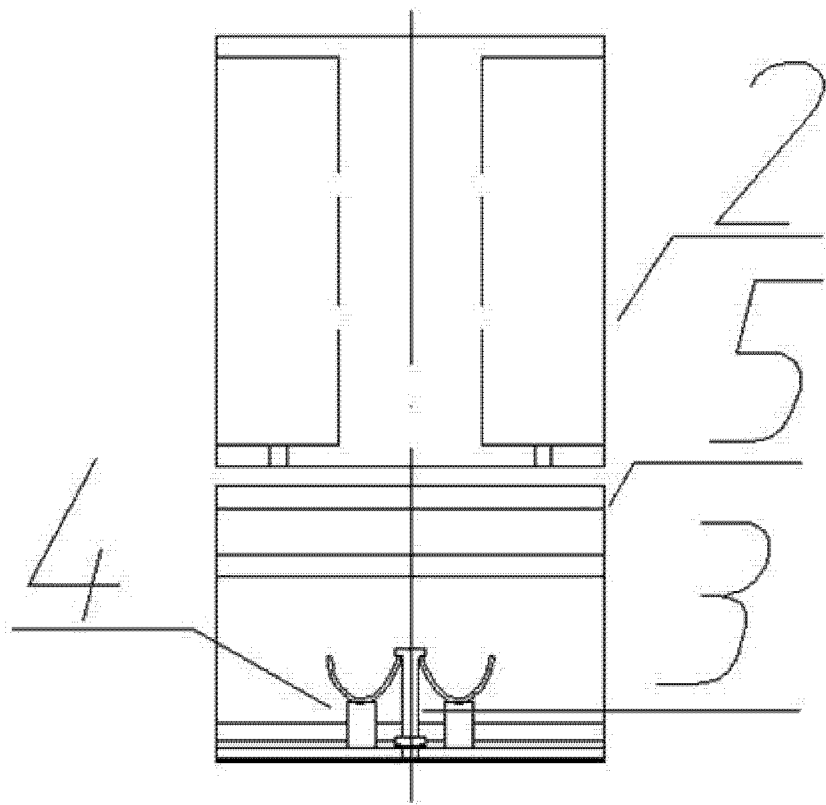


图 4

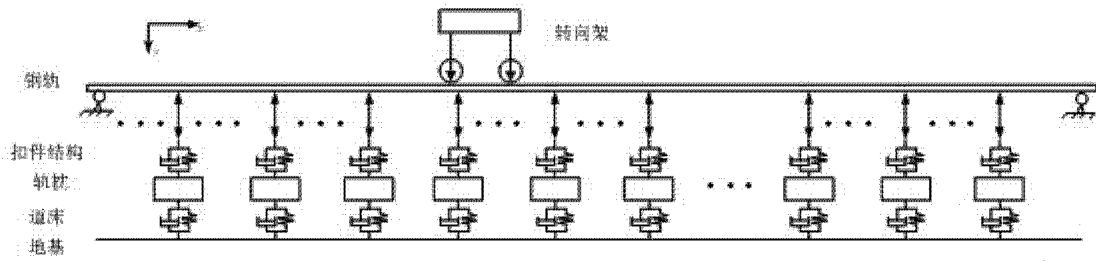


图 5

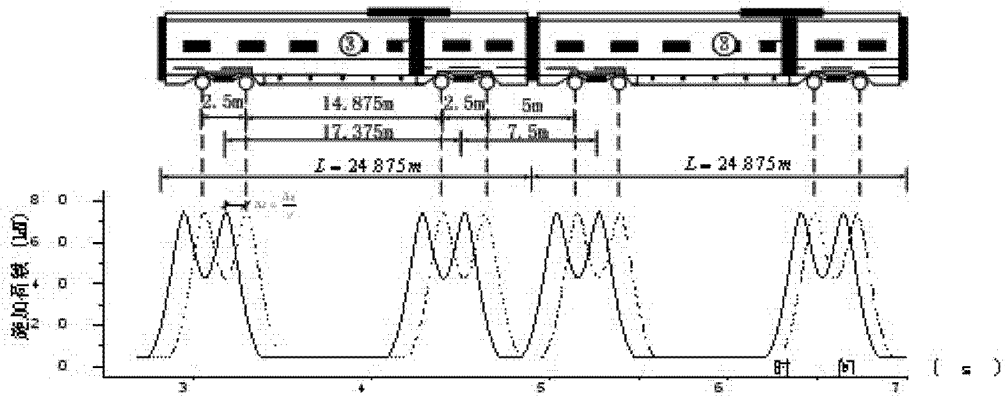


图 6

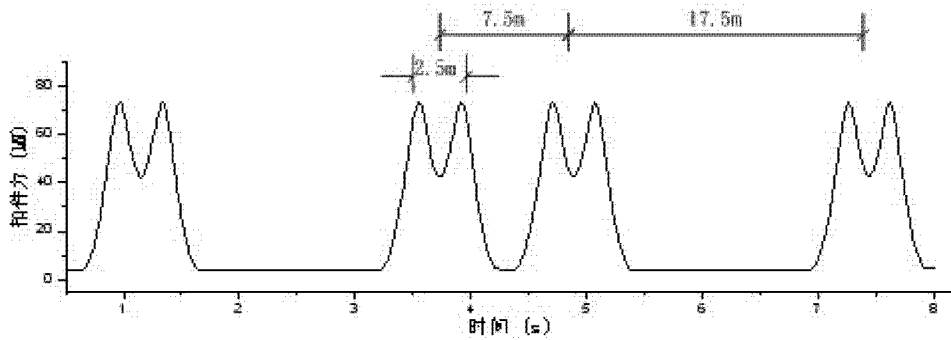


图 7