



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101607565 B

(45) 授权公告日 2013. 06. 19

(21) 申请号 200810043510. 1

CN 1451577 A, 2003. 10. 29,

(22) 申请日 2008. 06. 16

WO 96/07577 A1, 1996. 03. 14,

(73) 专利权人 唐德尧

WO 2007/074980 A1, 2007. 07. 05,

地址 100011 北京市朝阳区广顺北大街 33  
号大西洋新城 A 区 102-2-3A

JP 特开 2007-245916 A, 2007. 09. 27,

审查员 韩亚楠

(72) 发明人 唐德尧 宋辛晖 王定晓

(74) 专利代理机构 上海硕力知识产权代理事务  
所 31251

代理人 王法男

(51) Int. Cl.

B61K 9/08 (2006. 01)

B61L 23/04 (2006. 01)

(56) 对比文件

CN 2820643 Y, 2006. 09. 27,

CN 1693125 A, 2005. 11. 09,

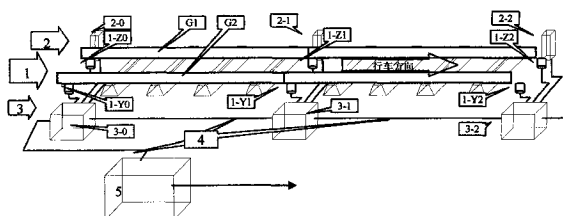
权利要求书2页 说明书7页 附图3页

(54) 发明名称

一种钢轨裂纹地面在线监测装置及其地面在线监测方法

(57) 摘要

一种钢轨裂纹地面在线监测装置及其地面在线检测方法,其特征在于:该地面在线监测装置包括在每个工务基站的被监测的铁路两条钢轨下方安装的故障监测传感器组(1)、在铁路轨道旁安装的车型车速传感器组(2),并将上述故障监测传感器组(1)和车型车速传感器组(2)的信号接到设置在轨道边的对应轨边处理器组(3),再通过信号传输总线(4),将上述信号传输到与工务基站对应设置的诊断基站的主机(5)进行信号处理和故障诊断。既不用专门的监测车辆,也不用专门安排监测人员对钢轨进行沿线实地的检查,只要在轨道管理、维修部门的室内监控下就能及时快速地发现管辖路段的道轨的损坏情况,为快速、准确发现路轨的损坏提高整个铁路动脉的安全、快速运行提供了技术支持。



1. 一种钢轨裂纹地面在线监测装置,其特征在于:该地面在线监测装置包括在每个工务基站的被监测的铁路两条钢轨下方安装的故障监测传感器组(1)、在铁路轨道旁安装的车型车速传感器组(2),并将上述故障监测传感器组(1)和车型车速传感器组(2)的信号接到设置在轨道边的对应轨边处理器组(3),再通过信号传输总线(4),将上述信号传输到与工务基站对应设置的诊断基站的主机(5)进行信号处理和故障诊断;所述的故障监测传感器组(1)由沿行车方向的一根钢轨上安装的 $n$ 个间距相等的故障监测传感器( $1_{-z1} \cdots 1_{-zn}$ )组成,同时在与该根钢轨匹配的另一钢轨上也沿行车方向安装 $n$ 个间距相等的故障监测传感器( $1_{-y1} \cdots 1_{-yn}$ );所述同一根钢轨上的两相邻故障监测传感器的间距应等于或小于故障监测传感器所能探测的有效距离(LT);在上述两组故障监测传感器附近,沿行车方向安装 $n+1$ 个车型车速传感器( $2_{0-n}$ );在故障监测传感器、车型车速传感器附近的铁路左边或者右边,沿行车方向安装组成轨边处理器组(3)的 $n+1$ 个轨边处理器( $3_{0-n}$ );每个轨边处理器( $3_{0-n}$ )接入对应的故障监测传感器( $1_{-z1} \cdots 1_{-zn}, 1_{-y1} \cdots 1_{-yn}$ )和车型车速传感器( $2_{0-n}$ );用信号传输总线(4)将各轨边处理器串联连接起来,并最终与进行来车监测、信号切换、信号采集的诊断基站主机(5)相连。

2. 如权利要求1所述的一种钢轨裂纹地面在线监测装置,其特征在于:所述信号传输总线(4)含有接到每一个轨边处理器( $3_{0-n}$ )和诊断基站主机(5)的电源线VDD,电源地线GND,主机指令通信线485A、485B,车型车速通信总线(X1、X2),故障监测信号模拟传输总线A、B、C、D。

3. 如权利要求1所述的一种钢轨裂纹地面在线监测装置,其特征在于:诊断基站主机(5)的数据处理环节,含有与四对故障监测信号模拟传输总线A、B、C、D的信号连接的四个共振解调器(51A、51B、51C、51D),共振解调器输出的四个信号分别接到四个同步采集的AD变换器(52A、52B、52C、52D),所述AD变换器将采集的数据传送给计算机(53)的数据处理系统,获取各传感器监测的“冲击信号时间序列”;车型车速通信总线(X<sub>1</sub>、X<sub>2</sub>)连接到计算机,计算机通过IO端口监测车型车速脉冲,获取所通过列车的“车轮通过时间脉冲序列”;由计算机(53)内装的故障诊断专家系统根据所获的“冲击信号时间序列”和“车轮通过时间脉冲序列”实现故障诊断。

4. 一种具有如权利要求1所述的钢轨裂纹地面在线监测装置的地面在线监测方法,其特征在于:是通过控制轨边处理器来实现故障监测信号切换的;具体过程如下:

a) 在没有列车通过本工务基站时,则命令第1轨边处理器( $3_{0}$ )和第2轨边处理器( $3_{-1}$ )处于“值守”状态;第1轨边处理器( $3_{0}$ )把第1车型车速传感器( $2_{0}$ )的信号接到车型车速通信总线(X<sub>1</sub>、X<sub>2</sub>),第2轨边处理器( $3_{-1}$ )把左1故障监测传感器( $1_{-z1}$ )、右1故障监测传感器( $1_{-y1}$ )信号分别接到故障监测信号模拟传输总线A、故障监测信号模拟传输总线B,等待来车;

b) 在列车到达第1车型车速传感器( $2_{0}$ )时,诊断基站主机一面记录列车车轮通过第1车型车速传感器( $2_{0}$ )的“车轮通过时间脉冲序列”,同时接收经故障监测信号模拟传输总线A、故障监测信号模拟传输总线B传输来的左1故障监测传感器( $1_{-z1}$ )、右1故障监测传感器( $1_{-y1}$ )信号;

c) 在列车已经通过第1车型车速传感器( $2_{0}$ )后,诊断基站主机(5)命令第1轨边处理器( $3_{0}$ )将第1车型车速传感器( $2_{0}$ )脱离车型车速通信总线(X<sub>1</sub>、X<sub>2</sub>);命令第2轨边处理

器 (3<sub>1</sub>) 把第 2 车型车速传感器 (2<sub>1</sub>) 信号接到车型车速通信总线 (X<sub>1</sub>、X<sub>2</sub>), 命令第 3 轨边处理器 (3<sub>2</sub>) 将左 2 轨道故障监测传感器 (1<sub>z2</sub>)、右 2 轨道故障监测传感器 (1<sub>y2</sub>) 信号接到故障监测信号模拟传输总线 C、D; 并继续接收由第 2 轨边处理器 (3<sub>1</sub>) 传输的左 1 轨道故障监测传感器 (1<sub>z1</sub>)、右 1 轨道故障监测传感器 (1<sub>y1</sub>) 经故障监测信号模拟传输总线 A、B 传来的信号;

d) 一旦列车进入与第 2 轨边处理器 (3<sub>1</sub>) 匹配的第 2 车型车速传感器 (2<sub>1</sub>) 位置, 则诊断基站主机一面记录列车车轮通过第 2 车型车速传感器 (2<sub>1</sub>) 的“车轮通过时间脉冲序列”, 并立即检测第 3 轨边处理器 (3<sub>2</sub>) 经故障监测信号模拟传输总线 C、D 传输的左 2 故障监测传感器 (1<sub>z2</sub>)、右 2 故障监测传感器 (1<sub>y2</sub>) 获得的轨道的故障冲击信号;

e) 在列车通过第 2 车型车速传感器 (2<sub>1</sub>) 后, 立即停止对故障监测信号模拟传输总线 A、故障监测信号模拟传输总线 B 信号的检测, 并命令第 2 轨边处理器 (3<sub>1</sub>) 断开与左 1 故障监测传感器 (1<sub>z1</sub>)、右 1 故障监测传感器 (1<sub>y1</sub>) 联系, 由第 4 轨边处理器 (3<sub>3</sub>) 将左 3 故障监测传感器 (1<sub>z3</sub>)、右 3 故障监测传感器 (1<sub>y3</sub>) 的信号接到故障监测信号模拟传输总线 A、B;

f) 如此类推, 直到列车通过车型车速传感器 (2<sub>n</sub>) 后, 停止信号采集。

5. 如权利要求 4 所述的地面在线监测方法, 其特征在于: 利用列车在两个车型车速传感器之间的路程 (LT') 中基本匀速通过且车速变化不大于 2% 的条件下, 对故障监测传感器接受的既含有车轮可能存在的故障信号, 也含有轨道可能存在的故障信号构成的组合冲击信号, 运用诊断基站主机 (5) 的故障诊断专家系统软件剔除列车车轮的故障信号获取轨道故障信号, 其具体方法是: 诊断基站主机 (5) 利用设置在轨道的列车进入端加装的车型车速传感器 (2<sub>0n</sub>), 接收在每一个车轮通过它的监测区时发出的一个脉冲, 获得到“车轮通过时间脉冲序列”, 同时计算出每个车轮对应的脉冲之间的时间间隔比, 与储存在诊断基站主机 (5) 数据库中的形形色色的牵引机车、被牵引车辆数据库中各型车的“车轮轴距数据比”做比较识别, 如果发现车轮对应的脉冲之间的时间间隔比等于某车型 (W) 的车轮轴距数据比, 则识别出当前通过的车型即是数据库中的车型 (W); 取出该车型 (W) 的轴距数据, 除以车型车速传感器监测到的相应脉冲之间的时间间隔, 则得到列车通过的车速 V; 同时运用列车通过轨道上与车型车速传感器的距离为 LG 的故障点时, 诊断基站主机 (5) 通过上述控制、切换而采集得到的“冲击信号时间序列”中, 从时间 T = LG/V 开始, 必然出现与“车轮通过时间脉冲序列”一一对应的规律; 或者对于所获得的“冲击信号时间序列”, 应用“相对积函数”技术, 对“车轮通过时间脉冲序列”f1(t) 进行时间滑动处理, 则必然在滑动到时间 T = LG/V 时, 出现列车 M 个车轮都发现“冲击信号时间序列”f2(t) 中的轨道故障数据序列 D(T) = 1,

$$D(T) = \lim_{c \rightarrow 0} \frac{f1(t+T)f2(t)}{[f1(t+T)f2(t)+c]}$$

由于式中 T 是在“车轮通过时间脉冲”f1(t) 中, 所有车轮的“车轮通过时间脉冲序列”f1(t) 都能发现故障信号时, 距列车第一个车轮通过相应车型车速传感器的时间 T = LG/V, 从而计算得到故障点距车型车速传感器的距离是 LG = TV; 同时, 在该式中实现了车轮故障信息的剔除。

## 一种钢轨裂纹地面在线监测装置及其地面在线监测方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种铁路钢轨裂纹地面在线监测技术,尤其是一种钢轨裂纹地面在线监测装置及其地面在线监测方法,属于机械故障检测与诊断技术范畴,主要用于对铁路钢轨的裂纹故障以冲击检测分析技术实现地面监测之用,借助于行进中列车的车轮重力作用诱发故障冲击进行在线监测、诊断,以期及时发现故障、引导维修,防止断轨引发的灾难性事故。

### 技术背景

[0002] 现有铁路钢轨断、裂监测装置,分为静态监测与动态监测两大类型。静态监测技术是由人工操作某种检测装置沿着钢轨表面进行连续接触性监测实现的;动态监测是将监测装置安装在专用监测车上,让监测车以较慢的速度行驶,用监测仪器对钢轨表面进行连续接触性监测实现的;用于上述两类检测的技术有磁探伤技术、电涡流技术等。其优点是:能直接评价轨道的组织结构的连续性,数据直观,在发现可疑点后可以(停车)定点监测,可以人工参与识别监测发现的钢轨接缝等“正常断裂”,可以使人工立即确认断裂点而不必通过监测装置确认断裂点的里程坐标等。其缺点是:监测速度缓慢、不能与该线路的运营正常行车速度匹配,需安排专用检道车或检测时间进行,必须停止正常线路运营,影响生产,造成经济损失;要么需要人工在两列车通过时间的运行间隔中进行人工检测,但因为列车频繁通过,可用于监测的时间很短;操作中将监测设备搬上、搬下轨道的时间、加上保障人身安全的避让时间,余下的监测时间仅剩几分钟,还难免发生设备、人身的重大事故;而造成这种局面的关键因素是监测技术的监测速度慢。

[0003] 鉴于现有的上述监测技术速度慢,不可能频繁监测,而重载铁路的钢轨断裂可能在两次检测的时间间隔中发生并发展到造成事故状态,因此,本发明人提出了专利申请号为 200710034542.0 的“一种钢轨断裂车载非接触快速监测技术”,提出高速的、能够在运营列车的机车或车厢上安装的、能够实时地频繁地监测钢轨状态的新技术。其中最新颖的监测技术,虽然解决了快速、非接触监测诊断问题,却还存在着管理问题,因为安装上述监测装置的普通机车、客车等都不属于轨道维修部门管理,存在着部门之间的数据传送等因素造成的延误甚至失误。因此轨道管理、维修部门迫切要求设计从地面直接对轨道进行监测的、在线的、快速的、频繁的、无人值守的、自动化的、由轨道维修基层部门直接掌控的轨道裂纹监测装置。

### 发明内容

[0004] 本发明的目的:旨在提出一种能在地面实现钢轨裂纹在线监测的装置及监测方法,既摒弃传统进行钢轨裂缝监测技术存在的技术缺陷、提高监测的可靠性,同时也减轻操作工人的工作强度。

[0005] 本发明的上述目的通过以下方式实现:一种钢轨裂纹地面在线监测装置,其特征在于:该地面在线监测装置包括在每个工务基站的被监测的铁路两条钢轨下方安装的故障

监测传感器组 1、在铁路轨道旁安装的车型车速传感器组 2，并将上述故障监测传感器组 1 和车型车速传感器组 2 的信号接到设置在轨道边的对应轨边处理器组 3，再通过信号传输总线 4，将上述信号传输到与工务基站对应设置的诊断基站主机 5 进行信号处理和故障诊断。

[0006] 所述的故障监测传感器组 1 由沿行车方向的一根钢轨上安装  $n$  个间距相等的故障监测传感器  $1_{-z_1} \cdots 1_{-z_n}$  组成，同时在与该根道轨匹配的另一钢轨上也沿行车方向安装的  $n$  个间距相等的故障监测传感器  $1_{-y_1} \cdots 1_{-y_n}$ ；所述同一根钢轨上的两相邻故障检测传感器的间距应等于或小于故障监测传感器所能探测的有效距离  $LT$ ；在上述两组故障监测传感器附近，在钢轨旁边，沿行车方向安装  $n+1$  个车型车速传感器  $2_{0-n}$ ；在故障监测传感器、车型车速传感器附近的铁路左边或者右边，沿行车方向安装组成轨边处理器组 3 的各个轨边处理器  $3_{0-n}$ ；并将每个轨边处理器  $3_{0-n}$  与对应的故障检测传感器  $1_{-z_n} \cdots 1_{-z_n}$ 、 $1_{-y_1} \cdots 1_{-y_n}$  及车型车速传感器  $2_{0-n}$ ；通过信号传输总线 4 将各轨边处理器串联连接起来，并最终与进行来车监测、信号切换、信号采集诊断基站主机 5 相连。

[0007] 所述总线 4 含有接到每一个轨边处理器 3 和诊断基站主机 5 的电源线 VDD，电源地线 GND，主机指令通信线 485A、485B；车型车速通信  $X_1$ 、 $X_2$  总线，故障监测信号模拟传输总线 A、B、C、D。

[0008] 诊断基站主机 5 的数据处理环节，含有与四对模拟传输总线 A、B、C、D 的信号连接的四个共振解调器 51A、51B、51C、51D，共振解调器输出的四个信号分别接到四个同步采集的 AD 变换器 52A、52B、52C、52D，所述 AD 变换器将采集的数据传送给计算机 53 的数据处理系统，获取各传感器监测的“冲击信号时间序列”；车型车速传输总线  $X_1$ 、 $X_2$  连接到计算机，计算机通过 IO 端口监测车型车速脉冲，获取所通过列车的“车轮通过时间脉冲序列”；由计算机 53 内装的故障诊断专家系统根据所获的“冲击信号时间序列”和“车轮通过时间脉冲序列”实现故障诊断。

[0009] 依托于上述钢轨裂纹地面在线监测装置的在线监测方法，是通过控制轨边处理器来实现故障监测信号切换的；具体过程如下：

[0010] a) 在没有列车通过本监测基站时，则命令轨边处理器 3-0 和 3-1 处于“值守”状态；轨边处理器 3-0 把车型车速传感器 2-0 的信号接到车型车速通信总线  $X_1$ 、 $X_2$ ，轨边处理器 3-1 把故障监测传感器  $1_{-z_1}$ 、 $1_{-y_1}$  信号接到故障监测信号模拟传输总线 A、B，等待来车；

[0011] b) 在列车到达车速传感器 2-0 时，诊断主机一面记录列车车轮通过车型车速传感器 2-0 的“车轮通过时间脉冲序列”，同时接收经传输总线 A、B 传输来的  $1_{-z_1}$ 、 $1_{-y_1}$  信号；

[0012] c) 在列车已经通过车型车速传感器 2-0 后，诊断基站主机 5 命令轨边处理器 3-0 将车型车速传感器 2-0 脱离通信总线  $X_1$ 、 $X_2$ ；命令轨边处理器 3-1 把车型车速传感器 2-1 信号接到通信总线  $X_1$ 、 $X_2$ ，命令轨边处理器 3-2 将轨道故障监测传感器  $1_{-z_2}$ 、 $1_{-y_2}$  信号接到模拟总线 C、D；并继续接收由轨边处理器 3-1 的轨道故障监测传感器  $1_{-z_1}$ 、 $1_{-y_1}$  经传输总线 A、B 传来的信号；

[0013] d) 一旦列车进入与轨边处理器 3-1 匹配的车型车速传感器 2-1 位置，则立即检测轨边处理器 3-2 经模拟传输总线 C、D 传输的故障监测传感器  $1_{-z_2}$ 、 $1_{-y_2}$  获得的轨道的故障冲击信号；

[0014] e) 在列车通过车型车速传感器 3-1 后，立即停止对传输总线 A、B 信号的检测，并

命令轨边处理器 3-1 断开与故障监测传感器 1-<sub>Z1</sub>、1-<sub>Y1</sub> 联系,由轨边处理器 3-3 将轨道故障监测传感器 1-<sub>Z3</sub>、1-<sub>Y3</sub> 的信号街道传输总线 A、B;

[0015] f) 依此类推,直到列车通过车型车速传感器 3-<sub>n</sub> 后,停止信号采集。

[0016] 监测方法利用列车在两个车型车速传感器之间的路程  $LT'$  中基本匀速通过且车速变化不大于 2% 的条件下,对故障监测传感器接受的既含有车轮可能存在的故障信号,也含有轨道可能存在的故障信号构成的组合冲击信号,运用诊断基站主机 5 的故障诊断专家系统软件剔除列车车轮的故障信号获取轨道故障信号并,其具体方法是:诊断基站主机 5 利用设置在轨道的列车进入端加装的车型车速传感器 2,接收在每一个车轮通过它的监测区时发出的一个脉冲,获得“车轮通过时间脉冲序列”,同时计算出每个车轮对应的脉冲之间的时间间隔比,与储存在诊断基站主机 5 数据库中的形形色色的机车、动车、车辆数据库中各型车的“车轮轴距数据比”做比较识别;如果发现车轮对应的脉冲之间的时间间隔比等于某车型 W 的车轮轴距数据比,则识别出当前通过的车型即是数据库中的车型 W;取出该车型 W 的轴距数据,除以车型车速传感器监测到的相应脉冲之间的时间间隔,则得到列车通过的车速  $V$ ;同时运用列车通过轨道上与车型车速传感器的距离为  $LG$  的故障点时,诊断基站主机 5 通过上述控制、切换而采集得到的“冲击信号时间序列”中,从时间  $T=LG/V$  开始,必然出现与“车轮通过时间脉冲序列”一一对应的规律;或者对于所获得的“冲击信号时间序列”,应用“非转运动机械故障诊断系统和方法提出的“相对积函数”技术,对“车轮通过时间脉冲序列” $f_1(t)$  进行时间滑动处理,则必然在滑动到时间  $T=LG/V$  时,出现列车  $M$  个车轮都发现“冲击信号时间序列” $f_2(t)$  中的轨道故障数据序列  $D(T)=1$ ,

$$[0017] \quad D(T) = \lim_{c \rightarrow 0} \frac{f_1(t+T)f_2(t)}{f_1(t+T)f_2(t)+c}$$

[0018] 由于式中  $T$  是在“冲击信号时间序列” $f_2(t)$  中,所有车轮的“车轮通过时间脉冲序列” $f_1(t)$  都能从中发现故障信号时,距列车第一个车轮通过相应车型车速传感器的时间  $T=LG/V$ ,从而计算得到故障点距车型车速传感器的距离是  $LG=TV$ ;同时,在该式中实现了车轮故障的剔除。

[0019] 根据以上技术方案提出的这种钢轨裂纹地面在线监测装置及其在线监测方法,既不用专门的监测车辆,也不用专门安排监测人员对钢轨进行沿线实地的检查,只要在轨道管理、维修部门的室内监控下就能及时快速地发现管辖路段的道轨的损坏情况,为快速、准确发现路轨的损坏提高整个铁路动脉的安全、快速运行提供了技术支持。

#### 附图说明

[0020] 附图 1 为本发明装置的整体装置配置示意图;

[0021] 附图 2 为诊断主机的数据处理框图;

[0022] 附图 3 为 6 轴车通过轨道故障点 1 的监测仿真图;

[0023] 附图 4 为 6 轴车通过轨道故障点 2 的监测仿真图;

[0024] 附图 5 为 3 辆 6 轴车挂接的列车通过轨道故障点 2 的监测仿真图。

[0025] 图中:1- 故障检测传感器组 2- 车型车速传感器组 3- 轨边处理器组 4- 信号传输总线 5- 诊断基站主机。

## 具体实施方式

[0026] 实施例 1

[0027] 这种钢轨裂纹地面在线监测装置,其具体结构如下:

[0028] 在每个工务基站的被监测的铁路两条钢轨下方安装故障监测传感器组 1,在铁路轨道旁安装车型车速传感器组 2,把传感器组 1、2 的信号接到相应的轨边处理器组 3,再通过信号传输总线 4,将信号传输到与工务基站内对应设置的诊断基站主机 5 进行信号处理和故障诊断。(见附图 1)。

[0029] 从铁道管理基站所管辖的铁路的入口处开始,按照行车方向,在左右两条无缝钢轨下方安装故障监测传感器组 1,左轨道安装的  $n$  个故障监测传感器的编号为  $1_{-z1}$ 、 $1_{-z2}$ 、 $1_{-z3}$ …… $1_{-zn}$ ,右轨道安装的  $n$  个故障监测传感器的编号为  $1_{-y1}$ 、 $1_{-y2}$ 、 $1_{-y3}$ …… $1_{-yn}$ ,从  $1 \sim n$  的每两个传感器之间的距离相等,并等于或小于故障监测传感器所能探测的有效距离  $LT$ ,例如  $LT=500m$ ,对应基站管理轨道的长度  $LZ$ ,例如  $LZ=10km$ ,则每条钢轨安装的故障监测传感器数量  $N=INT(LZ/LT)+1=10k/500+1=21$ ,为了实现故障监测传感器均匀分布,则有  $LT'=LZ/N$ ;其中, $1_{-z0}$ 、 $1_{-y0}$  号传感器不安装;在左或右轨道旁边,在故障监测传感器附近,安装  $n+1=21$  个车型车速传感器组 2,其依次的序编号为:车型车速传感器 2-0、2-1、2-2……2-20;在故障监测传感器、车型车速传感器附近的铁路左边或者右边,安装轨边处理器组 3,其依次编号为:轨边处理器处理器 3-0、3-1、3-2……3-20;每个轨边处理器,如  $3_n$ ,还接入对应的故障监测传感器  $1_{-zn}$ 、 $1_{-yn}$  和车型车速传感器  $2_n$ ;用信号传输总线 4 将各轨边处理器串联连接起来,并最终接到诊断基站主机 5 进行来车监测、信号切换、信号采集和轨道故障诊断。

[0030] 所述信号传输总线 4 含有接到每一个轨边处理器 3 和诊断基站主机 5 的下列信号线:

[0031] 电源线 VDD,电源地线 GND,主机指令通信线 485A、485B;

[0032] 车型车速通信总线  $X_1$ 、 $X_2$ ,故障监测信号传输模拟总线 A(含有 A+/A-)、B(含有 B+/B-)、C(含有 C+/C-)、D(含有 D+/D-)。

[0033] 诊断主机的数据处理环节框图如图 2,含有与 4 对模拟传输总线 A(含有 A+/A-)、B(含有 B+/B-)、C(含有 C+/C-)、D(含有 D+/D-)的信号连接的 4 个共振解调器分别是:51A、51B、51C、51D,共振解调器输出的四个信号分别接到四个同步采集的 AD 变换器分别是 52A、52B、52C、52D,AD 变换器将采集的数据传送给计算机 53 的数据处理系统,获取个传感器监测的“冲击信号时间序列”;车型车速传输总线  $X_1$ 、 $X_2$  连接到计算机,计算机通过 IO 端口监测车型车速脉冲,获取通过列车通过的“车轮通过时间脉冲序列”;计算机 53 内装的故障诊断专家系统根据所获的“冲击信号时间序列”和“车轮通过时间脉冲序列”按照上述的方法实现故障诊断如下。

[0034] 基站诊断装置是以如下方式监测、控制轨边处理器并实现故障监测信号切换的:

[0035] a) 如果没有列车通过本工务基站,则命令轨边处理器 3-0 和 3-1 处于“值守”状态:轨边处理器 3-0 把车型车速传感器 2-0 的信号接到车型车速通信总线  $X_1$ 、 $X_2$ ,轨边处理器 3-1 把故障监测传感器  $1_{-z1}$ 、 $1_{-y1}$  信号接到故障监测信号传输线 A、B,等待来车;

[0036] b) 当列车到达车速传感器 2-0 时,诊断基站主机一面记录列车车轮通过车型车速传感器 2-0 的“车轮通过时间脉冲序列”,同时接收经故传输总线 A、B 传输来的故障监测传感器  $1_{-z1}$ 、 $1_{-y1}$  的信号;

[0037] c) 当列车已经通过车型车速传感器 2-0 后, 诊断基站主机 5 命令轨边处理器 3-0 将车型车速传感器 2-0 脱离通信总线  $X_1$ 、 $X_2$ ; 命令轨边处理器 3-1 把车型车速传感器 2-1 信号接到通信总线  $X_1$ 、 $X_2$ , 命令轨边处理器 3-2 将故障监测传感器  $1_{-Z2}$ 、 $1_{-Y2}$  的信号接到模拟总线 C、D; 并继续接收轨边处理器 3-1 的轨道故障监测传感器  $1_{-Z1}$ 、 $1_{-Y1}$  经传输总线 A、B 传来的信号;

[0038] d) 一旦列车进入与轨边处理器 3-1 匹配的车型车速传感器 2-1 位置, 则诊断主机一面记录列车车轮通过车型车速传感器 2-1 的“车轮通过时间脉冲序列”, 并立即检测轨边处理器 3-2 经模拟总线 C、D 传输的故障监测传感器  $1_{-Z2}$ 、 $1_{-Y2}$  获得的轨道故障冲击信号;

[0039] e) 当列车通过车型车速传感器 2-1 后, 立即停止对传输总线 A、B 信号的检测, 并命令轨边处理器 3-1 断开与故障检测传感器  $1_{-Z1}$ 、 $1_{-Y1}$  的联系, 由轨边处理器 3-3 将轨道故障监测传感器  $1_{-Z3}$ 、 $1_{-Y3}$  的信号接到传输总线 A、B;

[0040] f) 依此类推, 直到列车通过车型车速传感器 2-n 后, 停止信号采集。

[0041] 上述监测方法在列车于两个车型车速传感器之间的路程  $LT'$  中基本匀速通过的前提下, 例如车速变化不大于 2%, 主机 5 的故障诊断专家系统软件 5-1 以如下方式获取轨道的故障信号并剔除列车车轮的故障信号: 由于轨道出现故障, 例如裂纹、核伤等, 其承载列车重量的垂直方向的刚度下降, 在车轮碾压时, 发生可观的弯曲下沉, 车轮从故障点轨道的来车方向的下坡斜面冲向去车方向的上坡斜面时, 对上坡斜面发生撞击, 冲击的折射纵波向行车方向传播, 直达远端的故障监测传感器 1, 被该传感器接收; 如果车轮的踏面存在故障, 如剥离、擦伤、裂纹、空洞、不圆度等, 也要对轨道发生冲击, 其冲击波也要传输到远端的故障监测传感器 1; 因此, 故障监测传感器接受的冲击信号中, 既含有车轮可能存在的故障信号, 也含有轨道可能存在的故障信号;

[0042] 由于在轨道的列车进入端加装了车型车速传感器 2, 每一个车轮通过它的监测区时, 车型车速传感器 2 都发出一个脉冲, 诊断基站主机 5 监测该序列脉冲, 得到“车轮通过时间脉冲序列”, 计算出个车轮对应的脉冲之间的时间间隔比, 与主机数据库中的形形色色的机车、动车、车辆数据库中各型车的“车轮轴轴距数据比”做比较识别, 如果发现车轮对应的脉冲之间的时间间隔比等于某车型 W 的车轮轴轴距数据比, 则识别出当前通过的车型即是数据库中的该车车型 W; 取出该车型 W 的轴距, 除以车型车速传感器监测到的相应脉冲之间的时间, 则得到列车通过的车速 V。

[0043] 一列车通过车型车速传感器, 就得到与所有车轮的轴距对应的“车轮通过时间脉冲序列”; 在列车通过轨道上与车型车速传感器的距离为 LG 的故障点时, 诊断基站主机 5 通过上述控制、切换而采集得到的“冲击信号时间序列”中, 从时间  $T=LG/V$  开始, 必然出现与“车轮通过时间脉冲序列”一一对应的规律; 反之, 对于所获得的“冲击信号时间序列”用本发明人在“一种非转运动机械故障诊断系统和方法(200710034596.7)”提出的“相对积函数”技术, 对“车轮通过时间脉冲序列”  $f1(t)$  进行时间滑动, 则必然在滑动到时间  $T=LG/V$  时, 出现列车 M 个车轮都发现“冲击信号时间序列”  $f2(t)$  中的轨道故障数据序列  $D(T)=1$ :

$$[0044] \quad D(T) = \lim_{c \rightarrow 0} \frac{f1(t+T)f2(t)}{[f1(t+T)f2(t)+c]}$$

[0045] 由于式中 T 是在“冲击信号时间序列”  $f2(t)$  中, 所有车轮的“车轮通过时间脉冲序列”  $f1(t)$  都能从中发现故障信号时, 距列车第一个车轮通过相应车型车速传感器的时间



$T=LG/V$ ,从而可以计算得到故障点距车型车速传感器的距离是  $LG=TV$ 。

[0046] 特别是,  $D(T)$  函数中,由于每个车轮冲击轨道故障的冲击波幅度相近,所以有一系列的、数量约等于  $M$  的、几乎等幅的相对积脉冲;而且,由于每个车轮都有几乎相同的条件与轨道故障冲击,所以  $D(T)$  函数中具有约等于车轮总数  $M$  的几乎等幅的脉冲,从而,定义该识别结果的置信度是:  $ZXD=M1/M$ ,其中  $M1$  是实现对轨道故障冲击的车轮数。例如,列车由 1 辆 6 轴机车和 18 辆 4 轴客车组成,则总计车轮数  $M=6+18*4=78$ ,最高的置信度是  $ZXD=M1/M=78/78=1$ ;即使有几个车轮偶然没有冲击轨道故障,例如 3 个,则置信度仍然达到  $ZXD=75/78=0.9615$ 。理论分析和实验证明,设定置信度的门槛值为  $ZXDM=0.70 \sim 0.8$ ,则报告故障的确诊率高达 99.9%。

[0047] 由于不可能每一个车轮都有故障冲击,或者虽然每个车轮都可能有故障冲击但不可能都有位置相同的故障冲击,或者还因为每个车轮的故障冲击不可能都是同等大小的等等,还因为每个车轮轮番冲击的脉冲序列不可能与“车轮通过时间脉冲序列” $f1(t)$  中的脉冲序列成比例或等时间间隔,则在做上述滑动相对积计算时,车轮故障在  $D(T)$  函数中的置信度通常都不大于  $0.05 \sim 0.08$ ,远远小于  $0.7$ ;因此,出现车轮故障被误诊为轨道故障的概率接近于零,从而可以实现车轮故障的剔除。

[0048] 图 3 是一辆 6 轴车通过监测基地的入口附近,由距离入口 1m 安装的车型车速传感器 2-0 监测、主机记录列车通过的“车轮通过时间脉冲序列”：“5 车型车速”;左故障监测传感器 1- $z_1$  监测得到的振动、冲击、干扰信号：“3 传感器”,其中含有：“0 工频干扰”、“0 踏面故障冲击”、“1 轨道故障 1 冲击”、“2 轨道故障 2 冲击”;该信号经过共振解调器 51A 处理和 AD 变换器 52A 采集以及主机记录得到列车通过的“冲击信号时间序列”：“4 共振解调”,其中,已经剔除了工频干扰,但保留了车轮踏面故障冲击轨道的、轨道故障 1 的和轨道故障 2 的共振解调信号;主机计算机 53 的故障诊断专家系统在用滑动相对积分析轨道故障时,把“车轮通过时间脉冲序列”（“5 车型车速”）滑动到 21.1m 时获得“6 车型数据滑动”序列,将该序列与“冲击信号时间序列”（“4 共振解调”）求相对积,得到的相对积函数“7 滑动相对积”中,出现了 6 个车轮与轨道故障 1 冲击的相对积结果,车轮数  $M=6$ ,发现次数  $M1=6$ ,置信度  $ZXD=M1/M=100\%$ 。由于此时,“车轮通过时间脉冲序列”（“5 车型车速”）滑动到 21.1m,减去车型车速传感器离入口的距离 1m,则表明所发现的故障离车型车速传感器 20.1m,其中,0.1m 的误差是由监测电路的时间延迟等因素引起的系统误差。

[0049] 图 4 则是对于上述监测数据继续把“车轮通过时间脉冲序列”（“5 车型车速”）滑动到 31.1m 时获得“6 车型数据滑动”序列,将该序列与“冲击信号时间序列”（“4 共振解调”）求相对积,得到的相对积函数“7 滑动相对积”中,出现了 6 个车轮与轨道故障 2 冲击的相对积结果,车轮数  $M=6$ ,发现次数  $M1=6$ ,置信度  $ZXD=M1/M=100\%$ 。由于此时,“车轮通过时间脉冲序列”（“5 车型车速”）滑动到 31.1m,减去车型车速传感器离入口的距离 1 则表明所发现的故障离车型车速传感器 30.1m,其中,0.1m 的误差是由监测电路的时间延迟等因素引起的系统误差。

[0050] 图 5 则是 3 辆 6 轴车挂接为一列的仿真,把“车轮通过时间脉冲序列”（“5 车型车速”）滑动到 31.1m 时获得“6 车型数据滑动”序列,将该序列与“冲击信号时间序列”（“4 共振解调”）求相对积,得到的相对积函数“7 滑动相对积”中,出现了 17 个车轮与轨道故障 2 冲击的相对积结果,车轮数  $M=18$ ,发现次数  $M1=17$ ,置信度  $ZXD=M1/M=94.44\%$ 。由于此时,

“车轮通过时间脉冲序列” (“5 车型车速”) 滑动到 31.1m, 减去车型车速传感器离入口的距离 1m, 则表明所发现的故障离车型车速传感器 30.1m, 其中, 0.1m 的误差是由监测电路的时间延迟等因素引起的系统误差。

[0051] 实施例 2, 10km 基站监测区故障监测传感器探测距离 500m 的传感器布局

[0052] 10km 监测区需要 21 个轨边处理器 3<sub>0</sub> ~ 3<sub>20</sub>, 需要 21 个车型车速传感器 2-0 ~ 2-20, 40 个故障监测传感器 1-Z1 ~ 1-Z20\1-Y1 ~ 1-Y20, 需要设置 14 条功能线的总线 4, 其对应连接关系如下表。若探测距离为 1000m, 则省去 11 ~ 20 传感器。

[0053]

轨边处理器 3-	车型车速传感器 2-	左传感器 1-Z-	右传感器 1-Y-	直通总线 4 各轨边处理器直接连接	切换总线 4 各轨边处理器程控接入
0	0			电源供给: VDD, GND, 主机指令通信: 485A, 485B.	车型车速通信: X1, X2, 故障监测传感器信号: A+, B+, C+, D+, A-, B-, C-, D-.
1	1	1	1		
2	2	2	2		
3	3	3	3		
4	4	4	4		
5	5	5	5		
6	6	6	6		
7	7	7	7		
8	8	8	8		
9	9	9	9		
10	10	10	10		
11	11	11	11		
12	12	12	12		
13	13	13	13		
14	14	14	14		
15	15	15	15		
16	16	16	16		
17	17	17	17		
18	18	18	18		
19	19	19	19		
20	20	20	20		

[0054] 在实际应用中, 在每个工务基站的被监测的铁路两条钢轨下方安装故障监测传感器组 1, 和在铁路轨道旁安装车型车速传感器组 2, 把传感器组 1、2 的信号接到相应的轨边处理器组 3, 再通过信号传输总线 4, 将信号传输到与工务基站对应设置的诊断基站的诊断基站主机 5 进行信号处理和故障诊断, 然后将诊断结果用已有的、各工务基站与其上级管理工班连接的通讯网络发送到工班, 以便工班可以立即根据各基站发现的故障情况安排维修; 各工班还可以将诊断结果用已有的、各工班与其上级管理车间连接的通讯网络发送到车间, 车间又可以将相关数据用已有的、各车间与其上级工务段连接的通讯网络发送到工务段, 构成快速反应、决策、维修、调度体系, 确保铁路轨道的安全。

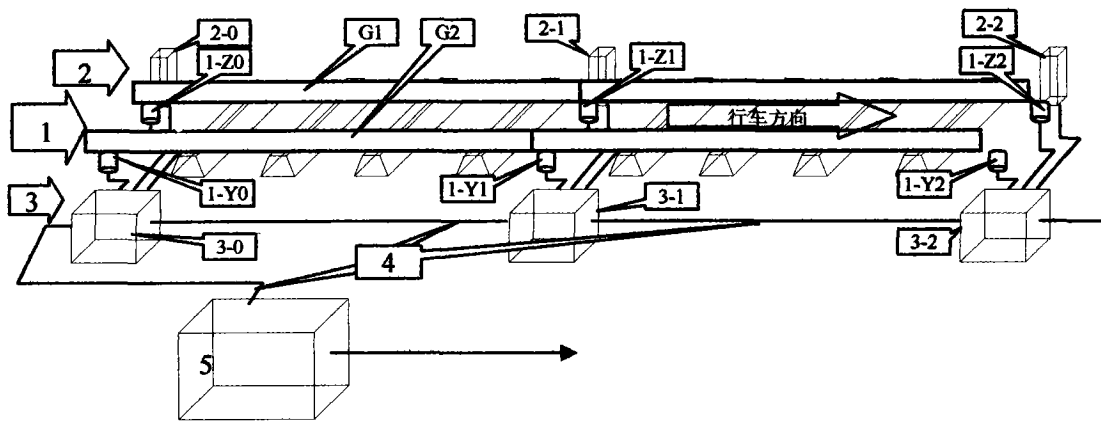


图 1

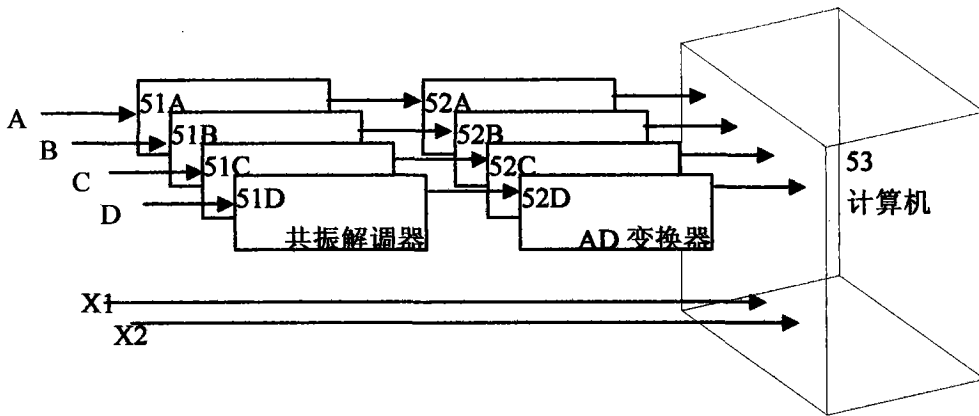


图 2

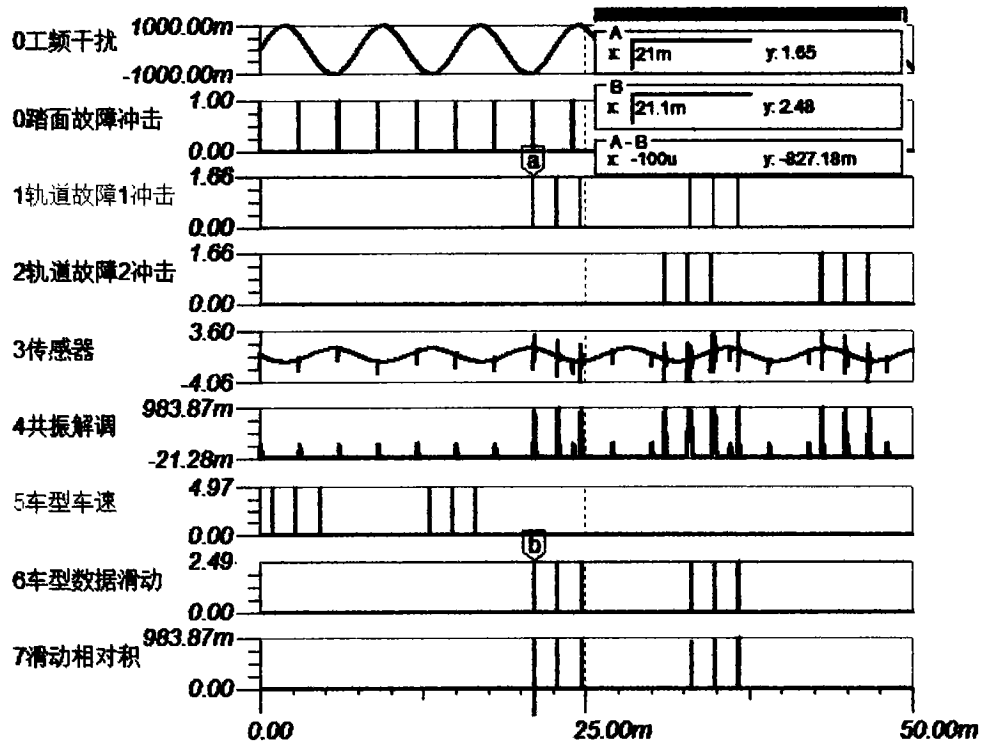


图 3

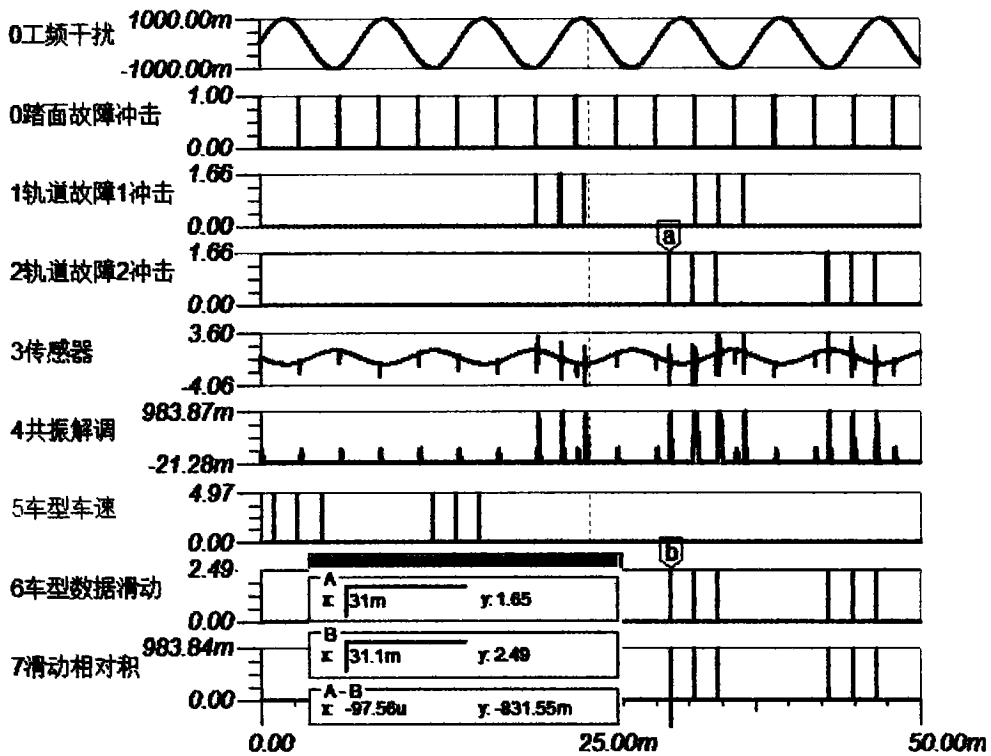


图 4

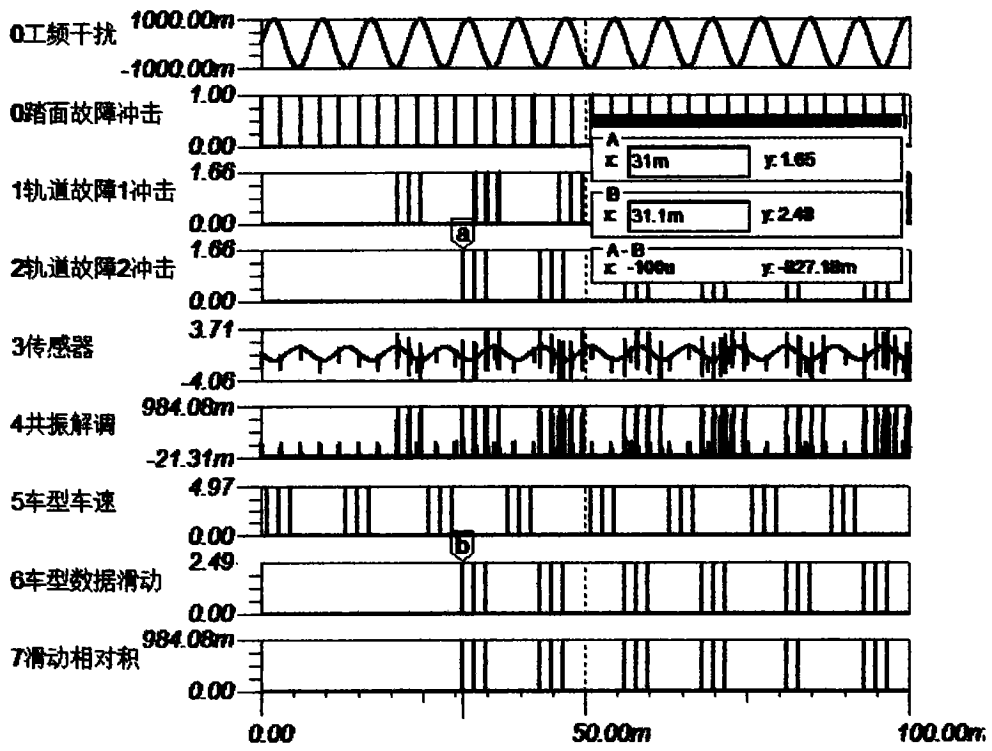


图 5