



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107632022 A

(43)申请公布日 2018.01.26

(21)申请号 201710763772.4

(22)申请日 2017.08.30

(71)申请人 武汉理工大学

地址 430070 湖北省武汉市洪山区珞狮路
122号

(72)发明人 李存荣 谢雯

(74)专利代理机构 湖北武汉永嘉专利代理有限公司 42102

代理人 王守仁

(51)Int.Cl.

G01N 21/88(2006.01)

G01B 11/24(2006.01)

G01C 3/10(2006.01)

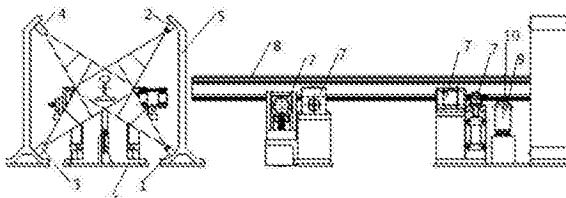
权利要求书2页 说明书5页 附图2页

(54)发明名称

一种基于数据处理的钢轨表面缺陷检测方法及装置

(57)摘要

本发明涉及基于数据处理的钢轨表面缺陷检测方法及装置。该装置包括四个传感器、传感器支架(5)、底座(6)、轨道输送辊(7)、钢轨(8)、编码器支架(9)和编码器(10)，四个传感器分别安装在传感器支架的四个内角处，各传感器的Z轴均与水平方向呈45°夹角且相交于一点，底座上固定有轨道输送辊，用来支撑和输送钢轨。该方法利用线激光的三角测距原理，采用四个线结构光激光传感器采集钢轨断面轮廓数据，对各个传感器采集到的钢轨轮廓数据进行坐标变换：旋转、平移，进行图形拼合，得到各传感器的数据拼合标定值。本发明能显著提高生产效率，减少人工参与度，降低漏检率和误判率。



1. 一种基于数据处理的钢轨表面缺陷检测装置,其特征是包括传感器支架(5)、底座(6)、轨道输送辊(7)、钢轨(8)、编码器支架(9)、编码器(10)和四个传感器,其中:四个传感器为激光轮廓传感器,它们分别安装在传感器支架(5)的四个内角处,并且各传感器坐标系的Z轴均相交于传感器支架的中心,传感器支架固定在底座(6)上,底座上固定有轨道输送辊(7)和编码器支架(9),轨道输送辊(7)用来支撑和输送钢轨(8),编码器支架(9)用来支撑编码器(10)。

2. 根据权利要求1所述的基于数据处理的钢轨表面缺陷检测装置,其特征是所述的四个传感器,均采用相同型号的线性激光测距传感器,并采用增量式编码器记录钢轨长度方向的位置。

3. 一种基于数据处理的钢轨表面缺陷检测方法,其特征是利用线激光的三角测距原理,采用四个线结构光激光传感器采集钢轨断面轮廓数据,对各个传感器采集到的钢轨轮廓数据进行坐标变换:旋转、平移,进行图形拼合,得到各传感器的数据拼合标定值。

4. 根据权利要求3所述的钢轨表面缺陷检测方法,其特征是采用CAD技术的面域质量特征得出标准轮廓的重心(X_0, Y_0)及底边直线方程 $y = k$,并标记每段圆弧与圆弧、圆弧与直线之间的切点,得出标准钢轨轮廓的分段函数,利用线激光的三角测距原理,采用四个三维激光轮廓传感器采集钢轨表面轮廓数据,通过对各个传感器采集到的图像数据进行坐标变换、旋转、平移,进行图形拼合,获取钢轨断面轮廓数据,将其与标准钢轨对应分段函数对比判断是否存在缺陷。

5. 根据权利要求3所述的钢轨表面缺陷检测方法,其特征是采用传感器采集的数据进行钢轨表面缺陷检测前,先根据对应的标定值将该数据进行旋转、平移拼成一个完整的钢轨断面轮廓。

6. 根据权利要求5所述的钢轨表面缺陷检测方法,其特征是采用线性度较好的长方体标准块对其进行标定,具体是:将四个传感器对称安装在与中轴线均呈 45° 位置,长方体标准块中心高度与四个传感器对称安装形成的正方形的中心位置高度保持一致,然后将四个传感器采集到的图像进行坐标旋转变换处理,统一到同一个世界坐标系中,以其中一个图像作为基准,找出四个图像中的特征点,根据特征点将其余三个图像向基准平移,进行图形拼合,获取标准块断面轮廓,得到标定数据:旋转角度和平移量。

7. 根据权利要求6所述的钢轨表面缺陷检测方法,其特征是钢轨在轨道输送辊(7)上匀速运动,传感器扫描钢轨轮廓,用标定数据对钢轨轮廓数据进行拼合,并将其整体进行向标准轮廓平移,包括以下步骤:

- (1) 将待检测钢轨放在检测工位上,开启激光传感器;
- (2) 将四个激光传感器输出的数据根据标定旋转角进行旋转变换,将其统一到同一个世界坐标系中;
- (3) 将旋转后的数据根据标定平移量进行坐标平移,获得钢轨拼接后完整廓形数据;
- (4) 由于传感器的安装位置,钢轨廓形数据存在重叠区,在重叠区域搜索重叠区的中点,去掉存在重叠区两段数据的重叠端,以提高检测效率和准确性;
- (5) 求轮廓数据的重心,平移轮廓数据使其重心与标准轮廓重心重合;
- (6) 截取轮廓底边的数据进行线性拟合,求该直线与标准轮廓底边直线重合的偏移量,并将轮廓数据以该偏移量整体平移。

8. 根据权利要求7所述的钢轨表面缺陷检测方法,其特征在于所述的标准钢轨轮廓为采用CAD技术根据铁标绘制而成,并得出其重心(X_0, Y_0)及底边直线方程 $y=0$,并标记每段圆弧与圆弧、圆弧与直线之间的切点。

9. 根据权利要求8所述的钢轨表面缺陷检测方法,其特征是根据标准钢轨的切点以及衔接曲线特点,写出标准钢轨轮廓的分段函数,并根据分段范围,将检测钢轨的扫描数据与对应的分段函数进行比较,判断是否超过伤损检测阈值,当连续n帧数据在附近区域检测超过伤损检测阈值,则可判断为缺陷。

10. 权利要求3至9中任一所述方法的应用,其特征是该方法通过此标准钢轨轮廓分段函数测量钢轨表面缺陷中的应用,所述表面缺陷类型包括裂纹、凹坑、疤痕,根据所判断缺陷区域的长宽比及扫描数据与对应的分段函数的距离可进行缺陷分类。

一种基于数据处理的钢轨表面缺陷检测方法及装置

技术领域

[0001] 本发明涉及铁道钢轨表面质量检测技术领域,具体涉及一种基于数据处理的钢轨表面缺陷检测方法及装置。

背景技术

[0002] 铁路基础设施的可靠性对高速、重载铁路的安全运营起着举足轻重的作用。钢轨缺陷检测作为铁路基础设施检测的一部分,对预防钢轨断裂引起脱轨事件、造成重大伤害事故起到了关键作用。随着制造业的发展以及先进工艺的引进,由钢轨内部缺陷导致的钢轨断裂情况逐渐减少,而由钢轨表面缺陷引起的钢轨断裂几率逐渐上升。钢轨表面缺陷不仅会缩短钢轨的使用年限,还可加剧车轮的磨耗,形成剥落掉块,增加了列车脱轨的可能性,铁路干线的维修成本增加,而且也降低了列车通行密度和速度,日积月累可能还会导致断轨或出轨,因此必须加大轨道检测力度。

[0003] 当前的钢轨表面缺陷检测方法主要以人工检测为主,存在检测效率低,精度不高,漏检率和误判率高,本发明在进行钢轨廓形匹配的过程中进行了多次特征点的运算,并提取相对精度较高的特征点,及采用线性度高的钢轨轮廓的底边作为参考直线,提高了匹配的精度。

发明内容

[0004] 本发明要解决的技术问题是:鉴于以上所述现有技术存在的缺陷,提供一种基于数据处理的钢轨表面缺陷检测方法及装置,以提高表面缺陷检测的精度。

[0005] 本发明解决其技术问题采用以下的技术方案:

[0006] 本发明提供的基于数据处理的钢轨表面缺陷检测装置,其包括传感器支架、底座、轨道输送辊、钢轨、编码器支架、编码器和四个传感器,其中:四个传感器为激光轮廓传感器,它们分别安装在传感器支架的四个内角处,并且各传感器坐标系的Z轴均相交于传感器支架的中心,传感器支架固定在底座上,底座上固定有轨道输送辊和编码器支架,轨道输送辊用来支撑和输送钢轨,编码器支架用来支撑编码器。

[0007] 所述的四个传感器,均采用相同型号的线性激光测距传感器,并采用增量式编码器记录钢轨长度方向的位置。

[0008] 本发明提供的基于数据处理的钢轨表面缺陷检测方法,具体是:利用线激光的三角测距原理,采用四个线结构光激光传感器采集钢轨断面轮廓数据,对各个传感器采集到的钢轨轮廓数据进行坐标变换:旋转、平移,进行图形拼合,得到各传感器的数据拼合标定值。

[0009] 上述方法中,可以采用CAD技术的面域质量特征得出标准轮廓的重心(X_0, Y_0)及底边直线方程 $y=k$,并标记每段圆弧与圆弧、圆弧与直线之间的切点,得出标准钢轨轮廓的分段函数,利用线激光的三角测距原理,采用四个三维激光轮廓传感器采集钢轨表面轮廓数据,通过对各个传感器采集到的图像数据进行坐标变换、旋转、平移,进行图形拼合,获取钢

轨断面轮廓数据,将其与标准钢轨对应分段函数对比判断是否存在缺陷。

[0010] 上述方法中,可以采用传感器采集的数据进行钢轨表面缺陷检测前,先根据对应的标定值将该数据进行旋转、平移拼成一个完整的钢轨断面轮廓。

[0011] 上述方法中,可以采用线性度较好的长方体标准块对其进行标定,具体是:将四个传感器对称安装在与中轴线均呈 45° 位置,长方体标准块中心高度与四个传感器对称安装形成的正方形的中心位置高度保持一致,然后将四个传感器采集到的图像进行坐标旋转变换处理,统一到同一个世界坐标系中,以其中一个图像作为基准,找出四个图像中的特征点,根据特征点将其余三个图像向基准平移,进行图形拼合,获取标准块断面轮廓,得到标定数据:旋转角度和平移量。

[0012] 上述方法中,钢轨在轨道输送辊上匀速运动,传感器扫描钢轨轮廓,用标定数据对钢轨轮廓数据进行拼合,并将其整体进行向标准轮廓平移,包括以下步骤:

[0013] (1) 将待检测钢轨放在检测工位上,开启激光传感器;

[0014] (2) 将四个激光传感器输出的数据根据标定旋转角进行旋转变换,将其统一到同一个世界坐标系中;

[0015] (3) 将旋转后的数据根据标定平移量进行坐标平移,获得钢轨拼接后完整廓形数据;

[0016] (4) 由于传感器的安装位置,钢轨廓形数据存在重叠区,在重叠区域搜索重叠区的中点,去掉存在重叠区两段数据的重叠端,以提高检测效率和准确性;

[0017] (5) 求轮廓数据的重心,平移轮廓数据使其重心与标准轮廓重心重合;

[0018] (6) 截取轮廓底边的数据进行线性拟合,求该直线与标准轮廓底边直线重合的偏移量,并将轮廓数据以该偏移量整体平移。

[0019] 上述方法中,所述的标准钢轨轮廓为采用CAD技术根据铁标绘制而成,并得出其重心(X_0, Y_0)及底边直线方程 $y=0$,并标记每段圆弧与圆弧、圆弧与直线之间的切点。

[0020] 上述方法中,可以根据标准钢轨的切点以及衔接曲线特点,写出标准钢轨轮廓的分段函数,并根据分段范围,将检测钢轨的扫描数据与对应的分段函数进行比较,判断是否超过伤损检测阈值,当连续n帧数据在附近区域检测超过伤损检测阈值,则可判断为缺陷。

[0021] 本发明提供的上述方法中,可以通过此标准钢轨轮廓分段函数测量钢轨表面缺陷中的应用,所述表面缺陷类型包括裂纹、凹坑、疤痕,根据所判断缺陷区域的长宽比及扫描数据与对应的分段函数的距离可进行缺陷分类。

[0022] 本发明与现有技术相比具有以下的主要的优点:

[0023] 1. 本发明采用钢轨运动,传感器固定的方式扫描钢轨表面数据,减少了传感器的运动过程中的振动,提高了传感器的寿命;

[0024] 2. 采用增量式编码器记录钢轨长度方向的位置,提高了缺陷长度方向的准确性;

[0025] 3. 采用CAD技术制作标准钢轨轮廓,能够快速求得标准轮廓的重心和曲线分段点的坐标;

[0026] 4. 采用高精度传感器采集钢轨表面数据,测量前对各传感器采集的数据标定,使其能拼合为完整廓形,提高了测量的效率;

[0027] 5. 采用重心进行匹配前,还采用底边进行校正,减小了累积误差,提高了测量精度。

[0028] 6. 根据曲线的分段点,可求出钢轨表面轮廓的分段函数,在各段将采集的钢轨轮廓数据与代入对应函数段求差值,并对连续判断多帧的结果进行分析,判断是表面缺陷还是随机误差,提高了检测的准确性。

[0029] 7. 可对缺陷的类型进行较为准确的甄别,有利于为后期修正提供参考。

附图说明

[0030] 图1是本发明基于数据处理的钢轨表面缺陷检测装置的结构示意图。

[0031] 图2为本发明基于数据处理的钢轨表面缺陷检测方法的标准钢轨示意图。

[0032] 图3为本发明基于数据处理的钢轨表面缺陷检测方法的标定后的数据效果图。

[0033] 图中:1. 第一传感器,2. 第二传感器,3. 第三传感器,4. 第四传感器,5. 传感器支架,6. 底座,7. 轨道输送辊,8. 钢轨,9. 编码器支架,10. 编码器,11. 踏面,12. 腹面,13. 底面。

具体实施方式

[0034] 本发明涉及基于数据处理的钢轨表面缺陷检测方法及装置。该装置包括四个传感器、传感器支架(5)、底座(6)、轨道输送辊(7)、钢轨(8)、编码器支架(9)和编码器(10),四个传感器分别安装在传感器支架的四个内角处,各传感器的Z轴均与水平方向呈45°夹角且相交于一点,底座上固定有轨道输送辊,用来支撑和输送钢轨。该方法是将四个传感器采集到的图像进行拼合标定后,将每个传感器采集到的每帧数据根据标定值拼合成完整廓形,并去掉重叠数据,用CAD画出标准廓形并求其分段函数,将扫描廓形平移与标准廓形的重心重合,当存在连续n帧数据在某一区域出现不匹配时,则判断为缺陷区域,并保存编码器的编码值,计算缺陷在钢轨长度方向的位置,并保存缺陷区域的数据。本发明能显著提高生产效率,减少人工参与度,降低漏检率和误判率。

[0035] 下面结合实施例及附图对本发明作进一步说明,但不限定本发明。

[0036] 本发明提供的基于数据处理的钢轨表面缺陷检测方法,是利用图1所示的基于数据处理的钢轨表面缺陷装置实现的,该装置利用激光传感器的三角测距原理采集钢轨表面数据,经过标定后获得钢轨8表面轮廓数据,采用该数据进行钢轨表面缺陷的测量。

[0037] 本发明提供的基于数据处理的钢轨表面缺陷检测装置(简称装置),包括四个传感器、传感器支架5、底座6、轨道输送辊7、钢轨8、编码器支架9、编码器10,其中:四个传感器为激光轮廓传感器,分别是第一传感器1、第二传感器2、第三传感器3、第四传感器4,均采用相同型号的线性激光测距传感器,它们分别安装在传感器支架5的四个内角处,并且各传感器坐标系的Z轴均相交于传感器支架的中心,传感器支架固定在该检测装置的底座6上,同时底座上固定有轨道输送辊7和编码器支架9,轨道输送辊7用来支撑和输送钢轨8,编码器支架9用来支撑编码器10。

[0038] 所述四个激光轮廓传感器,其采集到的断面轮廓数据点分别在各自的传感器坐标系中,因此使用该装置进行钢轨表面缺陷检测前必须进行数据标定,使得该装置能够输出完整的钢轨廓形。

[0039] 所述编码器为增量式编码器,记录钢轨运动的长度,可以较为准确地获得钢轨缺陷所在长度方向的位置。

[0040] 本发明提供的基于数据处理的钢轨表面缺陷检测方法,其在进行钢轨廓形检测前

必须进行数据标定,采用线性度好的矩形标定块进行标定,具体是:将四个传感器对称安装在与中轴线均呈45°位置,长方体标准块中心高度与四个传感器对称安装形成的正方形的中心位置高度保持一致,然后将四个传感器采集到的图像进行坐标旋转变换处理,统一到同一个世界坐标系中,以其中一个图像作为基准,找出四个图像中的特征点,根据特征点将其余三个图像向基准平移,进行图形拼合,获取标准块断面轮廓,得到标定数据:旋转角度和平移量。该过程包括以下步骤:

- [0041] 1. 采用给定尺寸的标准块放在检测工位上,开启激光传感器;
- [0042] 2. 将四个激光传感器输出的数据坐标系进行旋转变换,将其统一到同一个世界坐标系中,获得标定参数1,其为旋转角R1、R2、R3、R4;
- [0043] 3. 将旋转后的数据根据标准块的尺寸进行坐标平移,获得标定参数2,其为数据偏移量S1、S2、S3、S4。

[0044] 本发明提供的基于数据处理的钢轨表面缺陷检测方法,先用标准块进行标定,计算旋转角度R1、R2、R3、R4和平移量S1、S2、S3、S4,以后的每次测量就无需再进行标定,只需将钢轨放置在测量工位上,直接采用标定参数:旋转角度和平移量获得完整的钢轨断面轮廓,提高了检测效率。

[0045] 在进行检测前,先采用CAD技术绘制如图2所示的标准钢轨轮廓图,在CAD中标记分段点以及求出重心(X_0, Y_0),根据分段点及曲线特征求出标准钢轨轮廓的分段函数,可知标准钢轨的底边直线方程为 $y=0$ 。所述标准轮廓模型的完成包括以下步骤:

- [0046] 步骤1:首先在CAD中根据铁标要求绘制标准钢轨廓形,并使底边直线方程为 $y=0$,且廓形关于y轴对称,得出其重心为(X_0, Y_0)及各段曲线的衔接点坐标;
- [0047] 步骤2:根据钢轨形状及所在区域的单调性,得到标准钢轨的各段曲线的函数以及对应的x,y范围;

[0048] 根据得到的标定数据,将四个传感器扫描到的每一帧数据进行标定后,由于传感器的扫描范围较大,不仅能够将钢轨表面全部扫描,而且还在交叉部位存在重叠数据区域,因此在进行缺陷判断前需先将重叠区域去掉,在重叠区域搜索重叠区的中点,去掉存在重叠区两段数据的重叠端,以提高检测效率和准确性。

[0049] 本发明以标准钢轨轮廓的底边直线和重心作为参照,将拼合完成的钢轨轮廓数据进行平移,使其重心与标准钢轨轮廓重心重合,且其底边直线与标准钢轨底边直线重合,具体包括以下步骤:

[0050] 步骤1:将采集到的钢轨轮廓底边数据进行线性拟合,由于四个传感器的X轴方向精度为0.15mm,所取底边的数据距边的端点至少5mm,以取距两端点各舍掉50个点后的系列数据作拟合直线;

[0051] 步骤2:判断该拟合直线的斜率k,若斜率在(-3.3E3, 3.3E3)范围内,则另k=0;否则,将数据点整体旋转角θ,θ=-arctan k;记拟合直线为y=A;

[0052] 步骤3:由于钢轨廓形关于y轴对称,将扫描数据点的所有x坐标求均值 \bar{X} ,将钢轨廓形数据水平方向平移($\bar{X} - X_0$)mm,竖直方向平移A mm,使扫面轮廓平移至与标准轮廓重合。

[0053] 根据扫描数据的(x_i, y_i)所对应的分段函数范围,逐段与标准轮廓的分段函数进行对比,求对应的x代入分段函数方程 $f_i(x)$ (或 $f_i(y)$),求出的 $f_i(x_i)$ 值(或 $f_i(y_i)$ 值)与 y_i (或

x_i)的差值 $\Delta = y_i - f_i(x_i)$ (或 $\Delta = x_i - f_i(y_i)$),根据铁标TB/T3276-2011、TB/T2344-2012伤损规定,踏面缺陷阈值为0.3mm,其他面缺陷阈值为0.5mm,该传感器的最大扫描频率为5000HZ,钢轨检测运行速度为0.3m/s,因此在深度方向检测精度可达0.02mm,钢轨长度方向可达0.06mm,为了达到检测要求,扫描频率设置为3000HZ;由于钢轨腹面存在凸出字符,标准字符高为1mm,且字符高度是渐变的,由于字符区位于半径R=400mm的圆弧上,取轨腰处的该圆弧上两点可找到圆心O,然后截取该圆弧中央区域的L个点 $(x_0y_0), (x_1y_1), \dots, (x_ly_l)$,逐点计算每个点与O点的距离 S_0, S_1, \dots, S_l ,若有超过60%的 $R-S_i \geq 0.7\text{mm}$,则判断扫描位进入了字符区。当连续400条扫描线中不存在字符时则判断扫描位出了字符区。当扫描位在字符区域内时,设定一个合适的相对铁标较大的阈值来判断伤损,阈值设为1mm。首先判断缺陷的可能区域分如下3种情况:

[0054] 1. 当在非踏面区域且非字符区域时,当 $|\Delta| > 0.5\text{mm}$ 时,则该区域为待定缺陷区域;

[0055] 2. 当在非踏面区域且是字符区域时,当 $|\Delta| > 1\text{mm}$ 时,则该区域为待定缺陷区域;

[0056] 3. 当在踏面区域时,当 $|\Delta| > 0.3\text{mm}$ 时,则该区域为待定缺陷区域;

[0057] 由于传感器的扫描频率为3000HZ,钢轨运动速度为0.3m/s,因此每帧数据之间的距离为0.1mm,下面分情况对伤损进行分类:

[0058] 出现情况1时,当至少有连续4个点 $\Delta < 0$ 且至少有连续5帧均在相近位置出现 $|\Delta| > 0.5\text{mm}$,则可判断该区域为凸出疤痕缺陷区域;当出现 $\Delta > 0$ 的连续点数n($n > 4$)且连续m($m > 5$)帧上出现时, $\frac{n}{m} \rightarrow 0$ 或 $\frac{n}{m} \rightarrow \infty$ 时可判断该区域为裂纹缺陷区域;

[0059] 出现情况2时,当左腹面至少有连续4个点 $\Delta < 0$ 或右腹面至少有连续4个点 $\Delta > 0$ 且至少有连续5帧均在相近位置出现 $|\Delta| > 1\text{mm}$,则可判断该区域为疤痕缺陷区域;当左腹面出现 $\Delta > 0$ 或右腹面出现 $\Delta < 0$ 的连续点数n($n > 4$)且连续m($m > 5$)帧上出现时, $\frac{n}{m} \rightarrow 0$ 或

$\frac{n}{m} \rightarrow \infty$ 时可判断该区域为裂纹缺陷区域;

[0060] 出现情况3时,当至少有连续2个点 $\Delta > 0$ 且至少有连续3帧均在相近位置出现 $|\Delta| > 0.3\text{mm}$,则可判断该区域为凸出疤痕缺陷区域;当出现 $\Delta < 0$ 的连续点数n($n > 2$)且连续m($m > 3$)帧上出现时, $\frac{n}{m} \rightarrow 0$ 或 $\frac{n}{m} \rightarrow \infty$ 时可判断该区域为裂纹缺陷区域;

[0061] 当判断为缺陷区域的同时,编码器记录钢轨长度方向的距离,即记录缺陷所在钢轨长度方向的位置,根据数据所在的曲线段,就可定位缺陷所在的具体位置。通过标准钢轨断面轮廓的分段函数逐段判断钢轨表面缺陷情况,根据TB/T3276-2011、TB/T2344-2012钢轨表面缺陷标准设计不同的阈值分割,不仅能够较准确地判断缺陷,而且能够对缺陷类型进行判断,记录缺陷的具体位置,如图3所示,为连续两帧数据,为下一步与标准钢轨轮廓的分段函数比对准备数据。

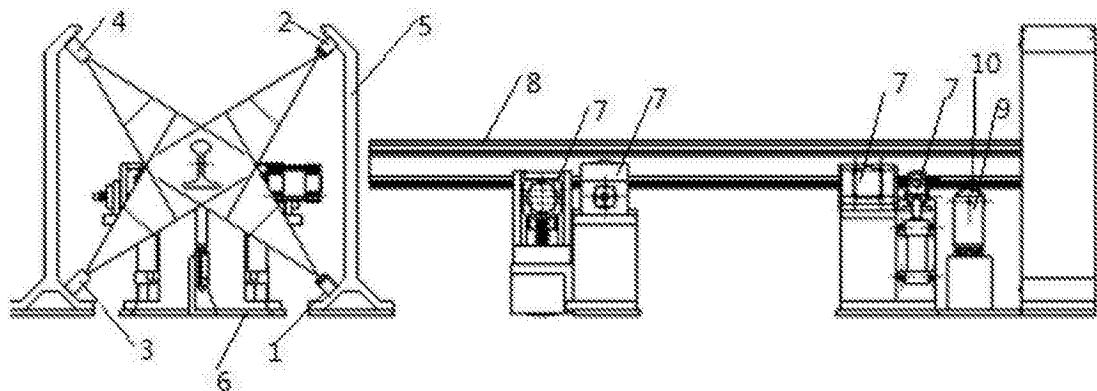


图1

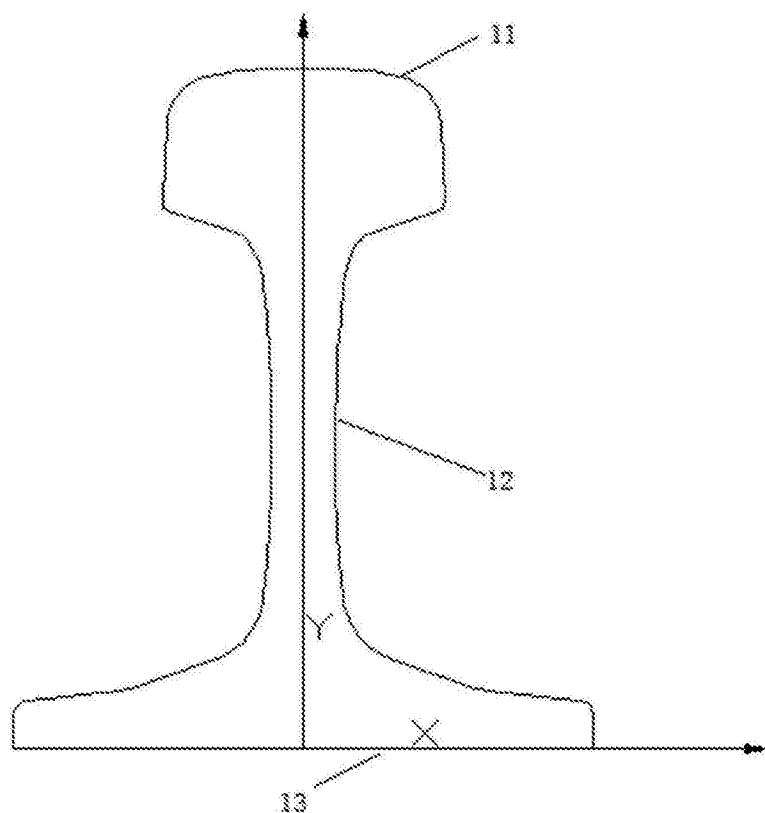


图2

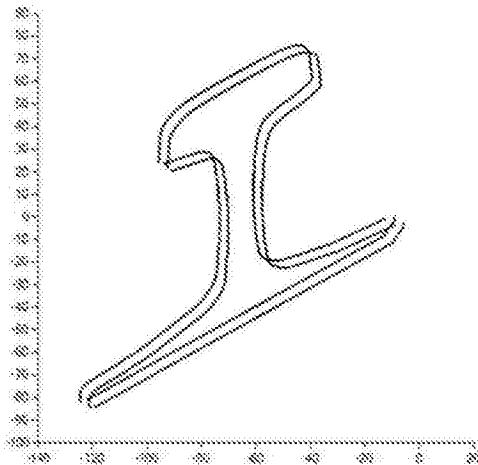


图3