



(21) 申请号 202410571283.9

(22) 申请日 2024.05.10

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 118134937 A

(43) 申请公布日 2024.06.04

(73) 专利权人 安徽省交通规划设计研究总院股份有限公司

地址 230088 安徽省合肥市高新区彩虹路1008号

(72) 发明人 任园 张玉斌 鲍世辉 过年生
王祥彪 杨大海 王春红 牛京涛
方肖立 杨群 曹祝林

(74) 专利代理机构 合肥中博知信知识产权代理有限公司 34142

专利代理师 杨来宝

(51) Int. Cl.

G06T 7/00 (2017.01)

G06T 7/62 (2017.01)

G06V 10/44 (2022.01)

G06T 5/40 (2006.01)

G06V 10/26 (2022.01)

(56) 对比文件

CN 116732852 A, 2023.09.12

CN 117647220 A, 2024.03.05

审查员 杨亚杰

权利要求书2页 说明书6页

(54) 发明名称

基于图像处理的大空隙沥青路面构造深度检测方法

(57) 摘要

本发明提供基于图像处理的大空隙沥青路面构造深度检测方法,基于三维点云数据和图像处理技术,识别出路表空隙边缘,建立大空隙沥青路面表面空隙体积计算模型,通过体积阈值设定,确定体积阈值填充路表空隙后在路表形成的面积,根据规范中构造深度计算方法,得到构造深度,检测结果与规范要求的方法完全对应,可直接用于路面评定、验收,能够科学、客观、有效的评价路面状况。本发明提出大空隙沥青路面构造深度检测方法,对于大空隙路面构造深度过程检测精度高、速度快、无污染,并可以判断路面构造深度分布情况,便于施工过程中及时改进,为路面病害成因分析与施工状况评定、工程验收等提供理论依据,技术内容操作简单、易于实现。

1. 基于图像处理的大空隙沥青路面构造深度检测方法,其特征在于,包括以下步骤:

(1) 在大空隙沥青路面上,确定3D扫描测站点和控制点位置布置方案;

(2) 使用全站仪对测站点、控制点的坐标和高程进行测定,获得测站点和控制点的空间坐标,作为已知坐标;

(3) 3D扫描仪按照测站点进行布置,对路面的空间信息进行采集,从而获得路面采集坐标点云数据;

(4) 根据控制点,将不同测站点采集的坐标进行点云数据拼接;根据测站点、控制点已知坐标与采集坐标关系,对3D扫描仪采集坐标点云数据进行坐标转换,转换为实际坐标;

(5) 在大空隙沥青路面上布置构造深度检测点和控制点,以构造深度检测点实际坐标为中心进行图像采集,对图像进行截取,对图像进行滤波及直方图均衡化处理;

(6) 根据构造深度检测点、控制点的实际坐标,将点云数据与采集图片数据进行数据拼接,将拼接数据进行均匀的空间分割;

(7) 以构造深度检测点的实际坐标为圆心,圆半径为20mm,提取圆形范围内图像中沥青路面每个空隙边缘,根据点云数据与图片数据拼接结果,在分割单元内进行曲面重建,计算圆形范围内每个空隙的体积,统计圆形范围内所有空隙总体积;

(8) 圆形半径按照一定步距逐渐增加,再统计圆形范围内所有空隙总体积,当圆形范围内空隙总体积超过 25cm^3 时,记录此时圆形半径,并停止圆形半径步距增加;

(9) 根据圆形范围内空隙体积超过 25cm^3 时,记录的圆形半径,按照下式计算检测点的构造深度:

$$TD = \frac{25000}{(\pi D^2)};$$

式中:TD—构造深度,mm;D—圆形步距停止增加时的半径。

2. 根据权利要求1中所述的基于图像处理的大空隙沥青路面构造深度检测方法,其特征在于:所述的对3D扫描仪采集坐标点云数据进行坐标转换,转换为实际坐标,按照如下公式计算进行:

$$\begin{pmatrix} X_{\text{新}} \\ Y_{\text{新}} \\ Z_{\text{新}} \end{pmatrix} = R \begin{pmatrix} X_{\text{旧}} \\ Y_{\text{旧}} \\ Z_{\text{旧}} \end{pmatrix} + B;$$

式中:R—旋转矩阵;B—平移矩阵; $X_{\text{新}}$ 、 $Y_{\text{新}}$ 、 $Z_{\text{新}}$ —转化后坐标; $X_{\text{旧}}$ 、 $Y_{\text{旧}}$ 、 $Z_{\text{旧}}$ —转化前坐标。

3. 根据权利要求2中所述的基于图像处理的大空隙沥青路面构造深度检测方法,其特征在于:所述的构造深度检测点和控制点,控制点不少于2个,且位于图像范围内,所述的对图像进行截取,截取的尺寸为以构造深度检测点为中心,边长为300~400mm的正方形。

4. 根据权利要求3中所述的基于图像处理的大空隙沥青路面构造深度检测方法,其特征在于:所述将拼接数据进行均匀的空间分割,采用的是BP神经网络模型,在分割单元内进

行曲面重建 $Z_n = f(x, y)$, 提取图像范围内沥青路面每个空隙边缘坐标集 $D_n (x_1^n, y_1^n, z_1^n, \dots, x_i^n, y_i^n, z_i^n)$, 按照下式计算每个空隙的体积:

$$Z'_0 = \frac{\sum_1^i z_i^n}{n};$$

$$Q_n^j = \iint (Z'_0 - Z_n) dx dy;$$

$$Q_n = \sum_1^j (Q_n^j);$$

式中: Q_n —单个空隙体积, mm^3 ; n —单个空隙边缘坐标数;

Z'_0 —单个空隙边缘平均竖坐标, m ; j —空隙占据单元格数量; Q_n^j —分割单元内空隙体积, mm^3 。

5. 根据权利要求4中所述的基于图像处理的大空隙沥青路面构造深度检测方法, 其特征在于: 所述的大空隙沥青路面, 空隙率为15~25%, 所述的圆形半径按照步距2~5mm逐渐增加, 所述的单元格分割尺寸为0.05~0.2mm。

基于图像处理的大空隙沥青路面构造深度检测方法

技术领域

[0001] 本发明属于图像处理视域识别技术领域,尤其涉及基于图像处理的大空隙沥青路面构造深度检测方法。

背景技术

[0002] 大空隙沥青路面是一种能够快速排除路面的雨水的沥青路面,其特点是粗集料较多,一般占85%以上,空隙率15%~25%,雨水通过其结构内部的连通空隙快速的排出路面范围中,从而使路表面的积水消除,故其又称为多孔抗滑层或多空隙沥青路面,大空隙沥青路面粗集料较多,施工过程中,一般采用钢轮碾压,碾压完成后表面形成较大的空隙,抗滑性较好,确保其施工后透水效果,因此,表面大空隙表面纹理状况是评价其施工质量以及抗滑排水功能的重要指标。

[0003] 《公路工程质量检定评定标准》(JTG F80/1)、《公路沥青路面施工技术规范》(JTGF40) 均将沥青路面构造深度列为工程评价的重要指标,《公路沥青路面施工技术规范》(JTGF40) 提出了沥青路面构造深度的检测方法有手工铺砂法、电动铺砂仪、激光构造深度仪,而《公路工程质量检定评定标准》(JTG F80/1) 提出沥青路面验收工程中构造深度以铺砂法检测结果为准,激光构造深度仪是利用激光测距的原理测量地面材料颗粒表面以及材料颗粒之间的深度变化的情况,所测定结果需要通过进行相关性试验,建立相关关系,转化为铺砂法指标,存在较大的误差,且该设备不适用于路表有损害路段,使用受限。

[0004] 国内也提出了许多构造深度检测方法,诸如:基于精密三维的全幅构造深度检测方法,公开(公告)号:CN116732852A,采用三维测量传感器测量路面高程和灰度数据,建立三维点云模型,结合预设的构造深度计算模型,规定区域范围,确定全幅构造深度,上述专利没有明确构造深度模型,规定的区域范围内空隙体积难以通过三维模型进行识别,计算结果也无法与规范规定指标相关联。一种基于激光视觉的路面构造深度检测方法,公开(公告)号:CN116716778A,采用激光视觉设备,获取检测区域数据,通过预设的纹理构造模型进行数据分析,构建三维模型,识别对应构造深度,该专利没有明确构造深度识别方法以及评估模型对构造深度、纹理三维模型和区位信息分析方法,无法验证该专利对构造深度检测结果,且没有明确构造深度检测范围内空隙体积识别方法,构造深度检测值与规范值之间关系也不明确。

[0005] 现有的采用激光、图像、三维测量设备等方法,进行路面构造深度的检测,均不明确检测过程中构造深度计算模型,规范中铺砂法是通过铺砂摊平,砂摊平范围即为构造深度检测范围,以砂体积与铺砂面积比例为构造深度,而现有激光、图像、三维测量设备检测方法无法识别构造深度检测范围边界,检测范围内的填充表面空隙体积无法准确计算,导致构造深度检测结果无法直接客观反映规范限定值要求,检测值结果准确性无法科学进行评判,使用范围受限。因此,急需提供一种构造深度检测方法,基于信息化检测手段,提供科学的构造深度计算模型,并能够切实反映规范中方法所要求的限定值,进而科学、客观、有效的评价路面施工质量。

发明内容

[0006] 针对现有的激光、图像、三维测量设备在构造深度检测过程中,构造深度检测涉及边界识别以及该范围填充表面空隙体积计算模型缺失的问题,构造深度检测方法难以切实反映实际使用效果问题,通过图像数据与三维数据拼接技术,反演一定范围内表面空隙识别与空隙体积计算模型,结合规范中构造深度计算方法,通过填充表面空隙体积阈值设定,确定体积填充在路面表面形成的面积,从而计算得到构造深度,进而科学、客观、有效的对路面进行评价。

[0007] 本发明所要解决的技术问题采用以下技术方案来实现:

[0008] 基于图像处理的大空隙沥青路面构造深度检测方法,包括以下步骤:

[0009] (1) 在大空隙沥青路面上,确定3D扫描测站点和控制点位置布设方案;

[0010] (2) 使用全站仪对测站点、控制点的坐标和高程进行测定,获得测站点和控制点的空间坐标,作为已知坐标;

[0011] (3) 3D扫描仪按照测站点进行布设,对路面的空间信息进行采集,从而获得路面采集坐标点云数据。

[0012] (4) 根据控制点,将不同测站点采集的坐标进行点云数据拼接。根据测站点、控制点已知坐标与采集坐标关系,对3D扫描仪采集坐标点云数据进行坐标转换,转换为实际坐标,按照如下公式计算进行:

$$[0013] \begin{pmatrix} X_{\text{新}} \\ Y_{\text{新}} \\ Z_{\text{新}} \end{pmatrix} = R \begin{pmatrix} X_{\text{旧}} \\ Y_{\text{旧}} \\ Z_{\text{旧}} \end{pmatrix} + B;$$

[0014] 式中: R —旋转矩阵; B —平移矩阵; $X_{\text{新}}、Y_{\text{新}}、Z_{\text{新}}$ —转化后坐标; $X_{\text{旧}}、Y_{\text{旧}}、Z_{\text{旧}}$ —转化前坐标;

[0015] (5) 在大空隙沥青路面上布设构造深度检测点和不少于2个控制点,且位于图像范围内,以构造深度检测点实际坐标为中心进行图像采集,对图像进行截取,截取的尺寸为以构造深度为中心,边长为300~400mm的正方形,对图像进行滤波及直方图均衡化处理。

[0016] (6) 根据构造深度检测点、控制点的实际坐标,将点云数据与采集图片数据进行数据拼接,将拼接数据进行均匀的空间分割。

[0017] (7) 以构造深度检测点的实际坐标为圆心,圆半径为20mm,提取圆形范围内图像中沥青路面每个空隙边缘,根据点云数据与图片数据拼接结果,采用的是BP神经网络模型,在分割单元内进行曲面重建 $Z_n = f(x, y)$,提取图像范围内沥青路面每个空隙边缘坐标

集 $D_n (x_1^n, y_1^n, z_1^n, \dots, x_i^n, y_i^n, z_i^n)$,按照下式计算每个空隙的体积:

$$[0018] Z'_0 = \frac{\sum_1^i z_i^n}{n};$$

$$[0019] Q_n^j = \iint (Z'_0 - Z_n) dx dy;$$

$$[0020] \quad Q_n = \sum_1^j (Q_n^j);$$

[0021] 式中： Q_n —单个空隙体积， mm^3 ； n —单个空隙边缘坐标数；

[0022] Z_0^j —单个空隙边缘平均竖坐标， m ； j —空隙占据单元格数量； Q_n^j —分割单元内空隙体积， mm^3 ；

[0023] (8) 以构造深度点的实际坐标为圆心，圆半径为20mm，统计圆形范围内所有空隙总体积，圆心半径按照一定步距逐渐增加，再统计圆形范围内所有空隙总体积，当圆形范围内空隙总体积超过 25cm^3 时，记录此时圆形半径，并停止圆形半径步距增加。

[0024] (9) 根据圆形范围内空隙体积超过 25cm^3 时，记录的圆形半径，圆形范围内空隙体积超过 25cm^3 时，记录的圆形半径，按照下式计算检测点的构造深度：

$$[0025] \quad TD = \frac{25000}{(\pi D^2)};$$

[0026] 式中： TD —构造深度， mm ； D —圆形步距停止增加时的半径。

[0027] 作为优选，所述的大空隙沥青路面，空隙率为15~25%，所述的圆心半径按照步距为2~5mm逐渐增加，所述的单元格分割尺寸为0.05~0.2mm。

[0028] 本发明的有益技术效果是：

[0029] (1) 本发明基于图像处理的大空隙沥青路面构造深度检测方法，基于三维点云数据和图像处理技术，识别出路表空隙边缘，建立大空隙沥青路面表面空隙体积计算模型，根据规范中构造深度计算方法，通过体积阈值设定，确定该体积阈值填充表面空隙后的在路表形成的面积，进而按照规范中方法计算得到构造深度，本发明提供的构造深度检测方法检测结果与规范中方法完全对应，可直接用于路面评定、验收，能够科学、客观、有效的评价路面状况。

[0030] (2) 大空隙沥青路面空隙大，连通空隙多，规范中铺砂法检测，砂容易随着连通空隙漏走，导致检测结果不准确，本发明提出大空隙沥青路面构造深度检测方法，基于的点云数据和图像处理相结合技术方法，通过数据模型建立，并以规范构造深度计算理论为基础，所提出的计算方法精度高，并可以实时判断路面构造深度分布情况，便于施工过程中及时改进。

[0031] (3) 本发明基于图像处理的大空隙沥青路面构造深度检测方法，是一种无损、快速、无污染的检测手段，避免铺砂法等检测手段对路面污染，采用图像处理技术，以及信息化处理技术，从而大幅度提高了检测与评价的效率，计算结果可以为路面病害成因分析与施工状况评定、工程验收等提供理论依据，技术内容操作简单、易于实现。

具体实施方式

[0032] 为了使本发明实现的技术手段、创作特征、达成目的与功效易于明白了解，下面结合具体实施例，进一步阐明本发明。

[0033] 本发明提供一种基于图像处理的大空隙沥青路面构造深度检测方法。

[0034] 需要说明的是,本发明中所有的原料,对其来源没有特别限定,在市场上购买的或按照本领域技术人员熟知的常规方法制备的即可。

[0035] 本发明中所有的原料,对其纯度没有特别限定,本发明优选采用分析纯或复合材料领域使用的常规纯度。

[0036] 实施例1:室内进行大空隙沥青混合料配合比设计,按照空隙率20%进行控制,将设计好的大空隙沥青混合料进行铺筑,铺筑完成后,进行构造深度检测,主要步骤包括如下:

[0037] 根据路面状况及检测范围,确定3D扫描测站点和控制点位置布设方案,选择3个测站点,以及4个控制点。

[0038] 使用全站仪对测站点、控制点的坐标和高程进行测定。测定坐标为

$$(X'_1, Y'_1, Z'_1) \dots\dots (X'_7, Y'_7, Z'_7)。$$

[0039] 利用3D扫描仪按照3个测站点进行布设,对路面的空间信息进行采集,从而获得路面采集坐标点云数据 $(x1_0, y1_0, z1_0) \dots\dots (x1_n, y1_n, z1_n), (x2_0, y2_0, z2_0) \dots\dots (x2_n, y2_n, z2_n), (x3_0, y3_0, z3_0) \dots\dots (x3_n, y3_n, z3_n)$ 。

[0040] 根据控制点,将不同测站点采集的坐标进行点云数据拼接,拼接后的点云坐标为 $(X_{I\#0}, Y_{I\#0}, Z_{I\#0}) \dots\dots (X_{I\#m}, Y_{I\#m}, Z_{I\#m})$ 。

[0041] 将上述全站仪测地的测站点、控制点已知坐标与3D扫描仪采集的测站点、利用Maltlab软件计算旋转矩阵及平移矩阵;

[0042] 对3D扫面仪采集坐标点云数据,按照上述求得旋转矩阵R,平移矩阵B,对3D扫描仪采集坐标的进行坐标转换,转换后坐标为 $(X_{新0}, Y_{新0}, Z_{新0}) \dots\dots (X_{新m}, Y_{新m}, Z_{新m})$ 。

[0043] 在大空隙沥青路面上,布设构造深度检测点1个和2个控制点,且位于图像范围内,以构造深度检测点实际坐标为中心进行图像采集,对图像进行截取,截取图像中心为构造深度检测点,边长为400mm的正方形,对图像进行滤波及直方图均衡化处理。

[0044] 根据构造深度检测点、控制点的实际坐标,将点云数据与采集图片数据进行数据拼接,将拼接数据进行均匀的空间分割,分割尺寸为0.1mm。

[0045] 以构造深度检测点的实际坐标为圆心,圆半径为20mm,根据点云数据与图片数据拼接结果,提取圆形范围内图像中沥青路面每个空隙边缘坐标集

$D_n (56,67,1563, \dots\dots, 89,98,1532)$,采用的是BP神经网络模型,在分割

单元内进行曲面重建 $Z_n = f(x, y)$,空隙占据的单元格数量为30,按照下式计算每个空隙的体积:

$$[0046] \quad Z'_0 = \frac{\sum_1^i z_i^n}{n};$$

$$[0047] \quad Q_n^j = \iint (Z'_0 - Z_n) dx dy;$$

[0048]
$$Q_n = \sum_1^j (Q_n^j)。$$

[0049] 计算结果如下：

[0050] 表1 单个空隙体积计算结果

单元格编号	单元格空隙体积, mm ³	单个空隙体积, mm ³
1	10.5	311.4
2	12.9	
.....	
30	8.5	

[0052] 按照上述方法计算图像范围内所有空隙的体积如下：

[0053] 表2 图像范围内所有空隙体积计算结果

空隙序号	单个空隙体积, mm ³
1	311.4
2	284.3
.....
k	252.6

[0055] 以构造深度点的实际坐标为圆心,圆半径为20mm,统计圆形范围内所有空隙总体积,圆心半径按照3mm的步距逐渐增加,再统计圆形范围内所有空隙总体积,重复上述操作,结果如下：

[0056] 表3 不同半径圆形范围内所有空隙体积计算结果

圆心半径, mm	圆形范围内空隙体积, mm ³
20	6303
23	7251
26	8102
.....
74	23201
77	24105
80	25212

[0058] 圆形范围内空隙总体积超过25cm³时,此时圆形半径80mm,并停止圆形半径步距增加。

[0059] 按照下式计算检测点的构造深度:

$$[0060] \quad TD = \frac{25000}{(\pi D^2)} = 1.25\text{mm}。$$

[0061] 对照例:按照《公路路基路面现场检测规程》中规定的方法,按照手工铺砂法测定检测点的构造深度,结果为**TD = 1.27mm**,与上述检测方法的检测结果误差仅在2.4%,表面该检测方法有很好的适用性。

[0062] 以上显示和描述了本发明的基本原理、主要特征和本发明的特点。本行业的技术人员应该了解,本发明不受上述实施例的限制,上述实施例和说明书中描述的只是说明本发明的原理,在不脱离本发明精神和范围的前提下,本发明还会有各种变化和改进,这些变化和进步都落入要求保护的本发明的范围内。本发明要求保护的的范围由所附的权利要求书及其等效物界定。