



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 115272177 A

(43) 申请公布日 2022. 11. 01

(21) 申请号 202210681735.X

G06V 10/40 (2022.01)

(22) 申请日 2022.06.15

(71) 申请人 成都理工大学

地址 610000 四川省成都市二仙桥东三路1号

(72) 发明人 廖军 王陈宾 李頔 谢明
王睿麟 钟鑫阳

(74) 专利代理机构 成都东恒知盛知识产权代理
事务所(特殊普通合伙)
51304

专利代理师 罗江

(51) Int. Cl.

G06T 7/00 (2017.01)

G06T 7/60 (2017.01)

G06T 7/73 (2017.01)

权利要求书2页 说明书5页 附图4页

(54) 发明名称

一种非接触式路面断面信息提取与分析方法

(57) 摘要

本发明涉及路面断面技术领域,涉及一种非接触式路面断面信息提取与分析方法,包括:一、生成路面点云数据,对数据进行整合并剔除无效的且远离路面的点云点,在笛卡尔三维坐标系中表示这些空间点云点,构建路面信息化基础数据模型;二、建立点云数据断面的坐标集合,截取断面,初步分析点云数据信息;三、通过线性拟合,筛选得到异常区域;将提取到的断面,进行精细化处理,扩大选取点云数据的范围,表征路面信息;四、将得到的密集点云数据进行道路纵断面分析,得到路面纵断面特征;五、根据纵横断面提取的点云数据,以拟合结果为研究对象,判断目标病害区域的几何特征与类型。本发明可以准确判别路面病害位置和类型。



1. 一种非接触式路面断面信息提取与分析方法,其特征在于:包括以下步骤:

步骤一、借助无人机扫描生成路面点云数据,对数据进行整合并剔除无效的且远离路面的点云点,在笛卡尔三维坐标系中表示这些空间点云点,构建路面信息化基础数据模型;

步骤二、基于步骤一,建立点云数据断面的坐标集合,截取多个距离为L的断面,初步分析每个断面上的点云数据信息,为进一步分析做准备;

步骤三、通过断面上点云数据的线性拟合,筛选得到不同于基础公路横断面线的异常区域;将提取到的断面 β ,进行精细化处理,扩大基于该断面选取点云数据的范围,表征路面信息;

步骤四、将得到的密集点云数据进行道路纵断面分析,分析方法与步骤三相同,得到路面纵断面特征;

步骤五、根据纵横断面提取的点云数据,以拟合结果为研究对象,判断目标病害区域的几何特征与类型。

2. 根据权利要求1所述的一种非接触式路面断面信息提取与分析方法,其特征在于:步骤一中,为使点云数据的以坐标的形式来表达,在用笛卡尔坐标系中表示数据库中的所有点云数据,每个点云数据由三维坐标矢量元素构成,记为 $(a_x, a_y, a_z)^T$;点云数据集合表达为

$$D = \begin{pmatrix} a_{x1} & a_{x2} & a_{x3} & \cdots \\ a_{y1} & a_{y2} & a_{y3} & \cdots \\ a_{z1} & a_{z2} & a_{z3} & \cdots \end{pmatrix}, \text{矩阵内每一列代表一个点的坐标信息,根据所有三维坐标数据将代}$$

表路面信息的数据概化为模型,反应路面的特征。

3. 根据权利要求1所述的一种非接触式路面断面信息提取与分析方法,其特征在于:步骤二中,在生成的坐标基础数据库中,选取 $x=b$ 的断面记为 β ,将断面上所有的点提取到集

$$\text{合 } E = \begin{pmatrix} b & b & b \cdots \\ a_{y1} & a_{y2} & a_{y3} \cdots \\ a_{z1} & a_{z2} & a_{z3} \cdots \end{pmatrix}, \text{该集合反应的是此断面的路面信息。在截取断面}\beta\text{时,}b\text{的取值在}$$

整个路面长度上,范围为 $[0, x]$,间距为L;L的取值大小决定了路面信息识别的精度。

4. 根据权利要求1所述的一种非接触式路面断面信息提取与分析方法,其特征在于:步骤三中,具体方法如下:

将 $x=b$ 断面向两侧扩大,从平面 β' 到 β'' ,点云横坐标取值范围为 $[b-\delta, b+\delta]$,此时范围内更多的点云数据来表征断面信息;基于几何数学中空间中点、直线、平面的相互关系,平面 β 的在空间 (x, y, z) 中的表达式为 $x-b=0$;由此在点云集合矩阵D中可以得到点 (a_x, a_y, a_z) 到平面 β 的距离满足 $|a_x - b| \leq \delta$ 的点;提取到的点云数据记为矩阵

$$F = \begin{pmatrix} a_{xp} & a_{xq} & a_{x1} & a_{x2} & a_{x3} & a_{x4} \cdots \\ a_{yp} & a_{yq} & p_{y1} & a_{y2} & a_{y3} & a_{y4} \cdots \\ a_{zp} & a_{zq} & p_{z1} & a_{z2} & a_{z3} & a_{z4} \cdots \end{pmatrix}, \text{将所有点云数据投影到中间断面}\beta, \text{得到}$$

$$F' = \begin{pmatrix} b & b & b & b & b & b \cdots \\ a_{yp} & a_{yq} & p_{y1} & a_{y2} & a_{y3} & a_{y4} \cdots \\ a_{zp} & a_{zq} & p_{z1} & a_{z2} & a_{z3} & a_{z4} \cdots \end{pmatrix} \text{的密集点云数据;对}F'\text{中第二、三行数据进行拟合分}$$

析,获取反应路面信息的迹线,反应了具体路面的几何特征,从而推断出路面的病害特征及形状。

5.根据权利要求1所述的一种非接触式路面断面信息提取与分析方法,其特征在于:步骤四中,结合横断面点云数据的提取与分析,重新对数据进行提取,标记出横断面 β 上纵坐标的最大或最小值,记为 c ,以 $y=c$ 平面为基础,建立路面纵断面数据组,提取 $[c-\delta, c+\delta]$ 范围内的点云数据进行拟合分析,分析方法与步骤三相同,得到路面纵断面特征。

一种非接触式路面断面信息提取与分析方法

技术领域

[0001] 本发明涉及路面断面技术领域,具体地说,涉及一种非接触式路面断面信息提取与分析方法。

背景技术

[0002] 常用的道路路面检测人工识别法属于传统的检测方法,该方法影响道路交通通畅与安全,同时路面信息获取效率低下。随着道路事业不断发展,对道路路面信息获取与处理提出了更高的要求,无接触条件下快速获取准确的路面信息有着十分广阔的应用前景。

[0003] 目前,无人机倾斜摄影、三维激光扫描等非接触手段可以获取通过点云反映的路面信息数据,路面点云数据的精确识别处理及三维数据拟合可以达到技术要求,但由于数据处理繁琐使得难度较大且存在较大的误差,并不能实时准确反应路面病害等真实的情况。

发明内容

[0004] 本发明的内容是提供一种非接触式路面断面信息提取与分析方法,其能够克服现有技术中的某种或某些缺陷。

[0005] 根据本发明的一种非接触式路面断面信息提取与分析方法,其包括以下步骤:

[0006] 步骤一、借助无人机扫描生成路面点云数据,对数据进行整合并剔除无效的且远离路面的点云点,在笛卡尔三维坐标系中表示这些空间点云点,构建路面信息化基础数据模型;

[0007] 步骤二、基于步骤一,建立点云数据断面的坐标集合,截取多个距离为L的断面,初步分析每个断面上的点云数据信息,为进一步分析做准备;

[0008] 步骤三、通过断面上点云数据的线性拟合,筛选得到不同于基础公路横断面线的异常区域;将提取到的断面 β ,进行精细化处理,扩大基于该断面选取点云数据的范围,尽可能多的表征路面信息;

[0009] 步骤四、将得到的密集点云数据进行道路纵断面分析,分析方法与步骤三相同,得到路面纵断面特征;

[0010] 步骤五、根据纵横断面提取的点云数据,以拟合结果为研究对象,判断目标病害区域的几何特征与类型。

[0011] 作为优选,步骤一中,为使点云数据的以坐标的形式来表达,在用笛卡尔坐标系中表示数据库中的所有点云数据,每个点云数据由三维坐标矢量元素构成,记为 $(a_x, a_y, a_z)^T$;

点云数据集合表达为 $D = \begin{pmatrix} a_{x1} & a_{x2} & a_{x3} \cdots \\ a_{y1} & a_{y2} & a_{y3} \cdots \\ a_{z1} & a_{z2} & a_{z3} \cdots \end{pmatrix}$,矩阵内每一列代表一个点的坐标信息,根据所

有三维坐标数据将代表路面信息的数据概化为模型,反应路面的特征。

[0012] 作为优选,步骤二中,在生成的坐标基础数据库中,选取 $x=b$ 的断面记为 β ,将断面

上所有的点提取到集合 $E = \begin{pmatrix} b & b & b \cdots \\ a_{y1} & a_{y2} & a_{y3} \cdots \\ a_{z1} & a_{z2} & a_{z3} \cdots \end{pmatrix}$, 该集合反应的是此断面的路面信息。在截取

断面 β 时, b 的取值在整个路面长度上,范围为 $[0, x]$,间距为 L ; L 的取值大小决定了路面信息识别的精度。

[0013] 作为优选,步骤三中,具体方法如下:

[0014] 将 $x=b$ 断面向两侧扩大,从平面 β' 到 β'' ,点云横坐标取值范围为 $[b-\delta, b+\delta]$,此时范围内更多的点云数据来表征断面信息;基于几何数学中空间中点、直线、平面的相互关系,平面 β 的在空间 (x, y, z) 中的表达式为 $x-b=0$;由此在点云集合矩阵 D 中可以得到点 (a_x, a_y, a_z) 到平面 β 的距离满足 $|a_x - b| \leq \delta$ 的点;提取到的点云数据记为矩阵

$F = \begin{pmatrix} a_{xp} & a_{xq} & a_{x1} & a_{x2} & a_{x3} & a_{x4} \cdots \\ a_{yp} & a_{yq} & p_{y1} & a_{y2} & a_{y3} & a_{y4} \cdots \\ a_{zp} & a_{zq} & p_{z1} & a_{z2} & a_{z3} & a_{z4} \cdots \end{pmatrix}$, 将所有点云数据投影到中间断面 β , 得到

$F' = \begin{pmatrix} b & b & b & b & b & b \cdots \\ a_{yp} & a_{yq} & p_{y1} & a_{y2} & a_{y3} & a_{y4} \cdots \\ a_{zp} & a_{zq} & p_{z1} & a_{z2} & a_{z3} & a_{z4} \cdots \end{pmatrix}$ 的密集点云数据;对 F' 中第二、三行数据进行拟合分

析,获取反应路面信息的迹线,反应了具体路面的几何特征,从而推断出路面的病害特征及形状。

[0015] 作为优选,步骤四中,结合横断面点云数据的提取与分析,重新对数据进行提取,标记出横断面 β 上纵坐标的最大或最小值,记为 c ,以 $y=c$ 平面为基础,建立路面纵断面数据组,提取 $[c-\delta, c+\delta]$ 范围内的点云数据进行拟合分析,分析方法与步骤三相同,得到路面纵断面特征。

[0016] 不同于以往路面检测方法效率低、难度大,本发明提供了一种非接触式路面断面信息提取与分析方法,包括路面点云数据的整合、无效点云数据的剔除、点云数据的断面处理、道路剖面特征提取、病害分析等一系列流程;用统计分析法和拟合法对路面点云断面数据进行处理,建立路面断面数据模型,以迹线的形式表征路面剖面特征;该方法采用非接触式获取路面断面信息,在保障交通效率与安全的同时提高了信息获取的速度、精度,为路面的检测和养护提供技术支持,实现路面监测自动化。

[0017] 本发明提出通过非接触方法获取路面的点云数据,通过点云数据提取路面的断面特征信息的方法。此方法通过断面来表征路面特征具有较高的可信度,且识别效果明显,满足应用要求,可以准确判别路面病害位置和类型,印证了该发明成果的可靠性。

附图说明

[0018] 图1为实施例1中一种非接触式路面断面信息提取与分析方法的流程图;

[0019] 图2为实施例1中三维点云数据坐标表示的示意图;

[0020] 图3为实施例1中断面 β 上点云数据的提取与处理的示意图;

[0021] 图4为实施例1中断面点云数据的详细分析的示意图;

- [0022] 图5为实施例1中点云数据模型构建与处理的示意图；
 [0023] 图6为实施例1中断面 β 点云数据的处理与拟合分析的示意图；
 [0024] 图7为实施例1中平面 γ 点云数据处理过程及分析的示意图。

具体实施方式

[0025] 为进一步了解本发明的内容,结合附图和实施例对本发明作详细描述。应当理解的是,实施例仅仅是对本发明进行解释而非限定。

[0026] 实施例1

[0027] 如图1所示,本实施例提供了一种非接触式路面断面信息提取与分析方法,其包括以下步骤:

[0028] 步骤一、借助无人机扫描生成路面点云数据,对数据进行整合并剔除无效的且远离路面的点云点,在笛卡尔三维坐标系中表示这些空间点云点,构建路面信息化基础数据模型;

[0029] 为使点云数据的以坐标的形式来表达,在用笛卡尔坐标系中表示数据库中的所有点云数据,每个点云数据由三维坐标矢量元素构成,记为 $(a_x, a_y, a_z)^T$;点云数据集合表达为

$$D = \begin{pmatrix} a_{x1} & a_{x2} & a_{x3} \cdots \\ a_{y1} & a_{y2} & a_{y3} \cdots \\ a_{z1} & a_{z2} & a_{z3} \cdots \end{pmatrix}, \text{矩阵内每一列代表一个点的坐标信息,根据所有三维坐标数据将代}$$

表路面信息的数据概化为模型,反应路面的特征。

[0030] 假定点的密度足够,能有效地反应路面信息。在数据模型中点的表示如图2(以A、B点为例),点的集合反应了路面范围内不同位置的信息,在点足够多的情况下就可以表征路面信息。

[0031] 步骤二、基于步骤一,建立点云数据断面的坐标集合,截取多个距离为L的断面,初步分析每个断面上的点云数据信息,为进一步分析做准备;

[0032] 在生成的坐标基础数据库中,选取 $x=b$ 的断面记为 β ,将断面上所有的点提取到集

$$\text{合 } E = \begin{pmatrix} b & b & b \cdots \\ a_{y1} & a_{y2} & a_{y3} \cdots \\ a_{z1} & a_{z2} & a_{z3} \cdots \end{pmatrix}, \text{该集合反应的是此断面的路面信息。在截取断面}\beta\text{时,}b\text{的取值在}$$

整个路面长度上,范围为 $[0, x]$,间距为L;L的取值大小决定了路面信息识别的精度,如图3所示。

[0033] 步骤三、通过断面上点云数据的线性拟合,筛选得到不同于基础公路横断面线的异常区域;将提取到的断面 β ,进行精细化处理,扩大基于该断面选取点云数据的范围,尽可能多的表征路面信息;

[0034] 具体方法如下:

[0035] 将 $x=b$ 断面向两侧扩大,从平面 β' 到 β'' ,点云横坐标取值范围为 $[b-\delta, b+\delta]$,此时范围内更多的点云数据来表征断面信息;基于几何数学中空间中点、直线、平面的相互关系,平面 β 的在空间 (x, y, z) 中的表达式为 $x-b=0$;由此在点云集合矩阵D中可以得到点 (a_x, a_y, a_z) 到平面 β 的距离满足 $|a_x - b| \leq \delta$ 的点;提取到的点云数据记为矩阵

$$F = \begin{pmatrix} a_{xp} & a_{xq} & a_{x1} & a_{x2} & a_{x3} & a_{x4} \cdots \\ a_{yp} & a_{yq} & p_{y1} & a_{y2} & a_{y3} & a_{y4} \cdots \\ a_{zp} & a_{zq} & p_{z1} & a_{z2} & a_{z3} & a_{z4} \cdots \end{pmatrix}, \text{将所有点云数据投影到中间断面} \beta, \text{得到}$$

$$F' = \begin{pmatrix} b & b & b & b & b & b \cdots \\ a_{yp} & a_{yq} & p_{y1} & a_{y2} & a_{y3} & a_{y4} \cdots \\ a_{zp} & a_{zq} & p_{z1} & a_{z2} & a_{z3} & a_{z4} \cdots \end{pmatrix} \text{的密集点云数据;对} F' \text{中第二、三行数据进行拟合分}$$

析,获取反应路面信息的迹线,反应了具体路面的几何特征,从而推断出路面的病害特征及形状,如图4所示。

[0036] 步骤四、将得到的密集点云数据进行道路纵断面分析,分析方法与步骤三相同,得到路面纵断面特征;

[0037] 结合横断面点云数据的提取与分析,重新对数据进行提取,标记出横断面 β 上纵坐标的最大或最小值,记为 c ,以 $y=c$ 平面为基础,建立路面纵断面数据组,提取 $[c-\delta, c+\delta]$ 范围内的点云数据进行拟合分析,分析方法与步骤三相同,得到路面纵断面特征。

[0038] 步骤五、根据纵横断面提取的点云数据,以拟合结果为研究对象,判断目标病害区域的几何特征与类型。

[0039] 下面总结一种路面断面信息获取和分析的方法,主要是针对路面信息的识别与处理提出了系统的方法。首先将非接触式获取的点云数据进行预处理,剔除远离路面或者无效的噪点,截取一个断面进行数据拟合分析,标记处拟合结果出现异常的断面 β ,然后在此基础上,扩大选取点云数据的范围,与断面 β 距离小于或等于 δ 的点,将该范围内所有的点云数据投影到断面 β 。

[0040] 进一步分析断面 β 上的点云数据,利用MATLAB语句将点云数据进行拟合处理,得到一条反应路面信息的直(或曲)线,因此提出了非接触式路面点云数据信息的构建和分析方法,对数据的处理与分析成果验证了该方法的可靠性。

[0041] 1. 路面点云数据的数据模型构建

[0042] 导入研究点收集的点云数据,对点云数据进行预处理,剔除非表征路面信息的噪点,对每一个点云数据进行编号,建立了坐标为 $A(x_1, y_1, z_1)$ 、 $B(x_2, y_2, z_2)$ ……的路面点数据库,可以将其表达为路面数字模型,如图5所示。

[0043] 对不同位置的点云数据而言,坐标代表了路面在该位置的信息特征,反映了该点的相对高程与位置,同时对于密集区域的点云数据组合将能准确的表达路面信息,保障计算机在进行数据识别时更加高效、准确。

[0044] 2. 路面几何特征的数字化表示与预处理

[0045] 由于公路是一条带状物,横断面表征着不同里程桩号的路面信息,为提高检测的精确性,需要建立多个切割公路点云数据的横断面 β_1 、 β_2 、 β_3 ……来提取信息,间距为 L 。同时将 L 作为阈值,通过调节 L 值的大小,可以提高路面信息识别精确率,有效满足路面高精度检测的要求。具体实施如下:

[0046] 以平面 β 截取横断面的点云数据,由于点云数据的离散性较大,往往截取到的数据较少,为了减小计算的工作量,此步骤仅筛选了需要作进一步分析的断面 β 。因此,平面内的点将变为二维数据,坐标是以 X 轴为定值的 YOZ 平面内的点, $M(b, y_1, z_1)$ 、 $N(b, y_2, z_2)$ ……。

[0047] 在二维平面 β 中,用线性回归的方法将点拟合成一条纵剖面信息线,有效地反映路面信息特征,如图6所示,此剖面信息只是作为基础筛选的流程进行,为下一步做准备。

[0048] 3.路面断面信息的详细提取与处理

[0049] 通过断面 β_1 、 β_2 、 β_3 ……点云数据的处理分析,识别出路路面异常区域,记为 γ_1 、 γ_2 、 γ_3 ……。由于在三维空间中一个平面反映的路面信息有限,不足以说明路面具体信息,因此,需要进一步分析。以断面 γ 为例,向两侧扩大范围 δ ,其中提取的点云数据横坐标 x 的取值范围为: $x_\gamma - \delta \leq x \leq x_\gamma + \delta$ 。

[0050] 然后将该空间范围所有的点 $(x_{[x_\gamma - \delta, x_\gamma + \delta]}, y_1, z_1)$ $(x_{[x_\gamma - \delta, x_\gamma + \delta]}, y_2, z_2)$ ……投影到平面 γ ,得到在二维平面的坐标 $P(x_\gamma, y_1, z_1)$ 、 $Q(x_\gamma, y_2, z_2)$ ……,据此生成较为密集的二维平面点云数据,借助MATLAB语句对点数据进行拟合,分析其迹线特征,得到路面横断面信息。由断面拟合曲线分析可知,中部出现凹陷病害,形成了路面信息的监测方法,实时处理与警示病害位置,如图7所示。

[0051] 4.路面信息精细化识别

[0052] 横断面点云数据的提取与处理可以有效表征路面信息,准确识别路面病害,为了反应三维路面信息,通过此方法结合纵断面点云数据,通过处理与分析,可以得到两条断面的迹线,并对其几何特征进行综合分析,从而准确的提取到路面病害的有效信息,建立路面病害系统实时对路面进行监测。

[0053] 以上示意性的对本发明及其实施方式进行了描述,该描述没有限制性,附图中所示的也只是本发明的实施方式之一,实际的结构并不局限于此。所以,如果本领域的普通技术人员受其启示,在不脱离本发明创造宗旨的情况下,不经创造性的设计出与该技术方案相似的结构方式及实施例,均应属于本发明的保护范围。

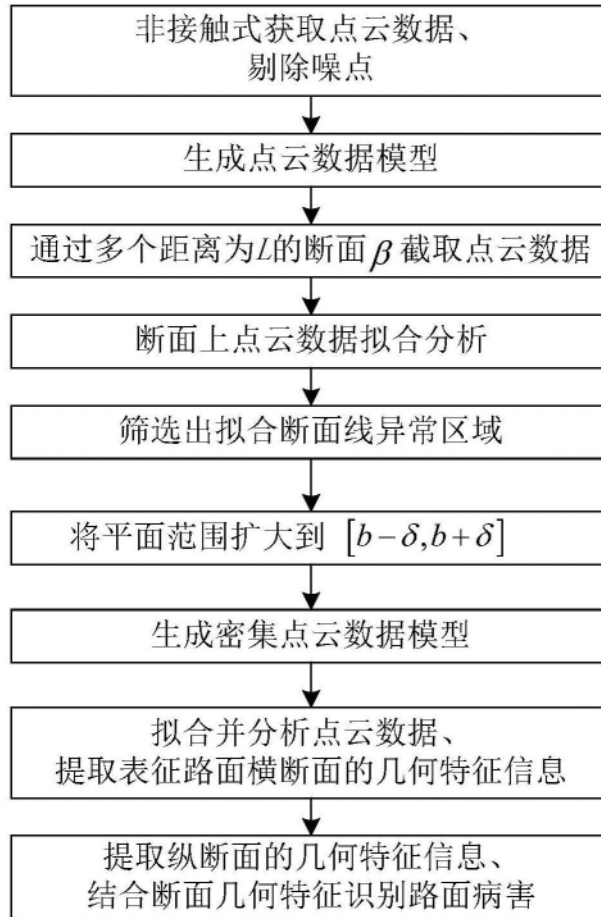


图1

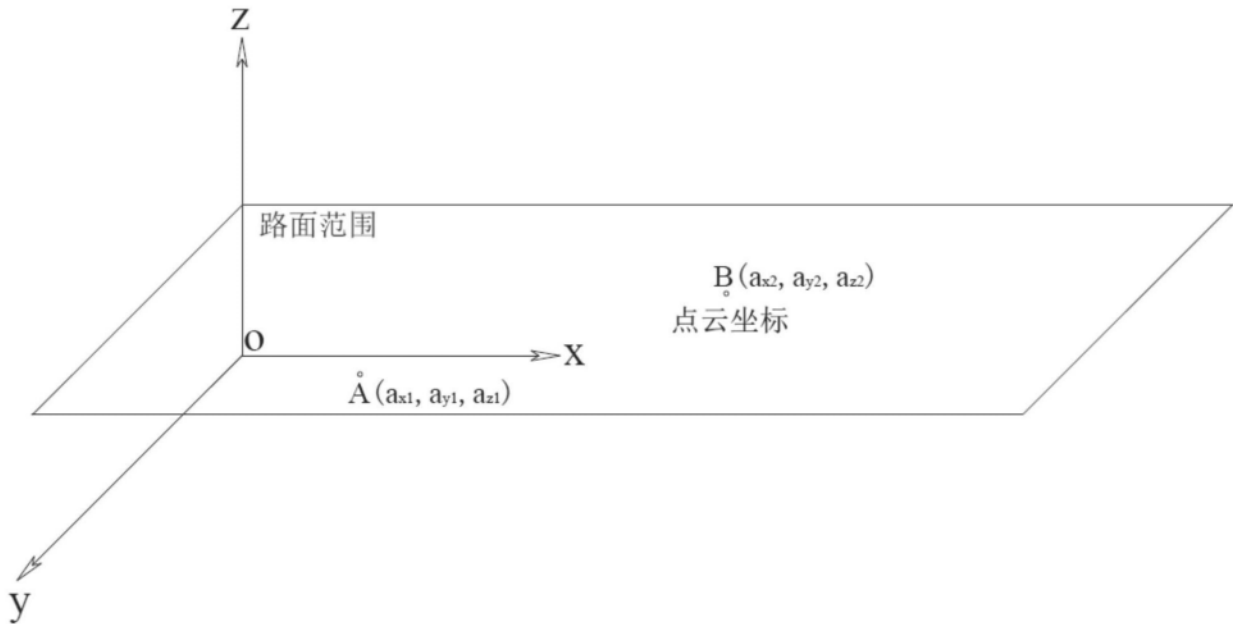


图2

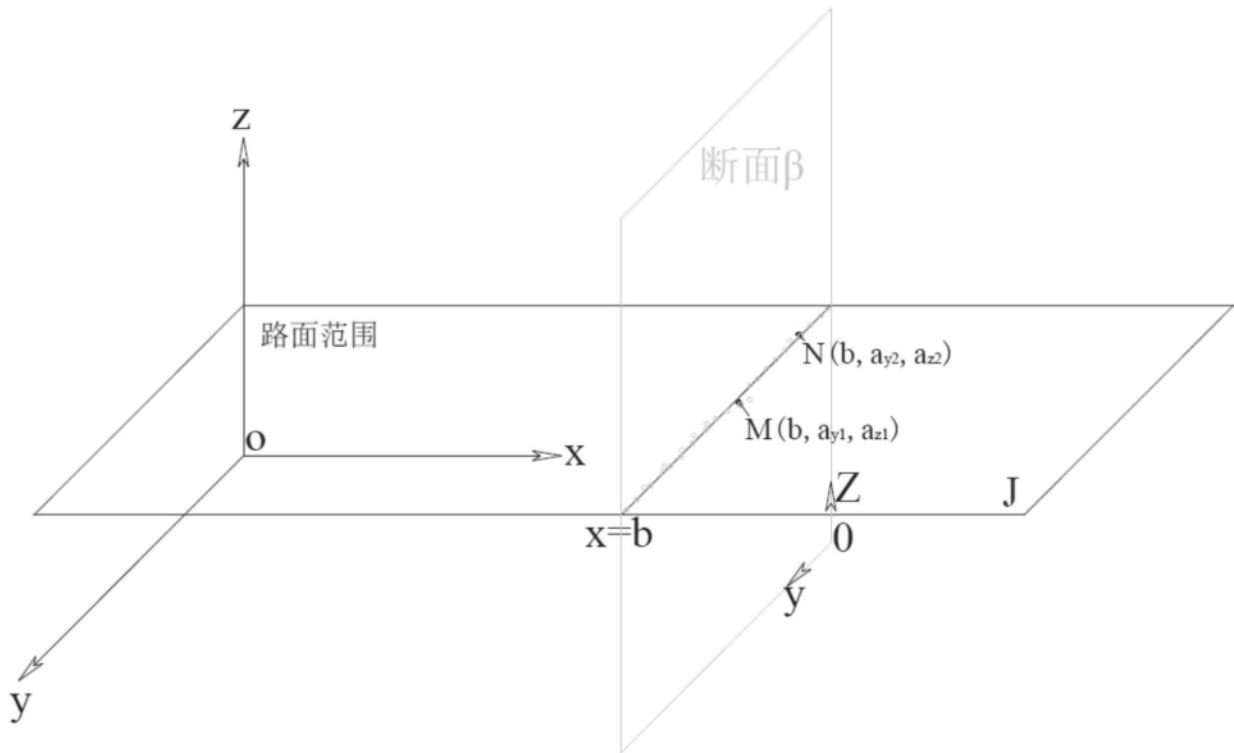


图3

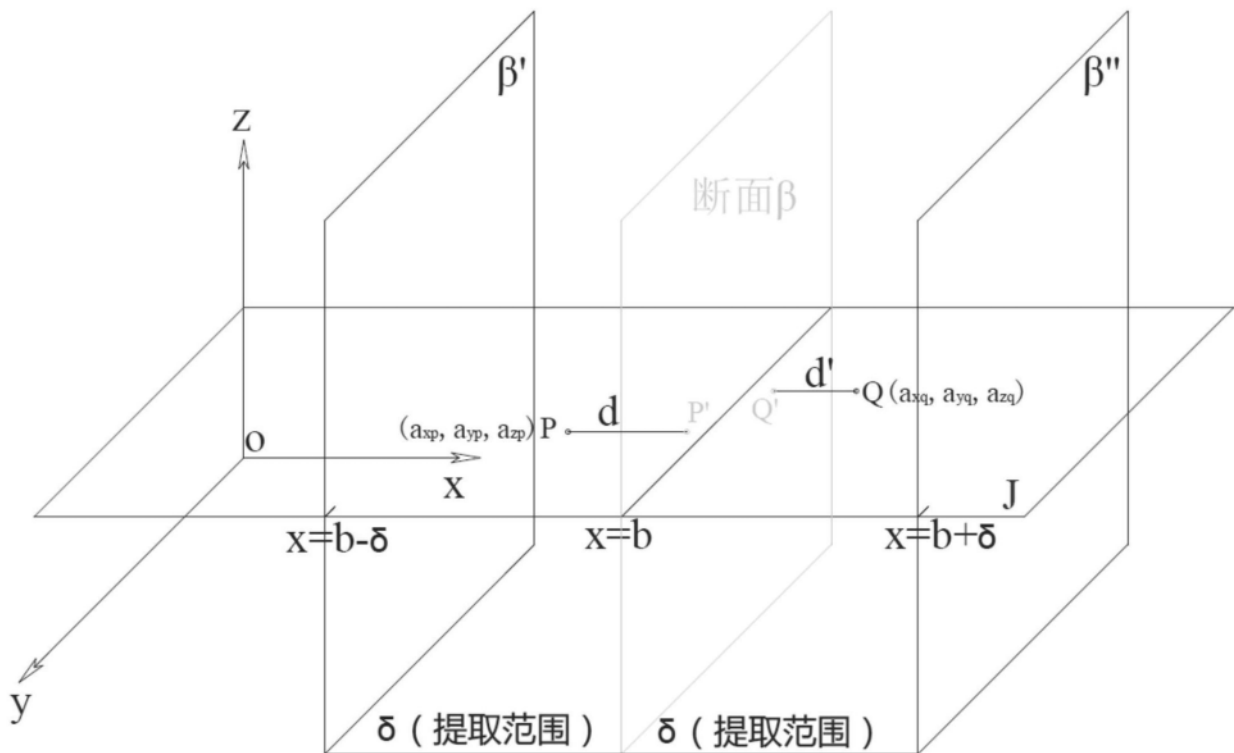


图4

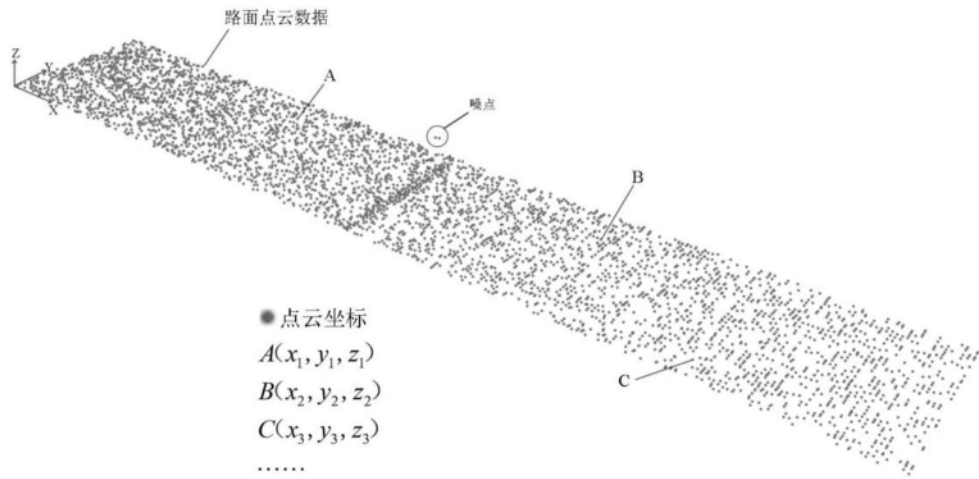


图5

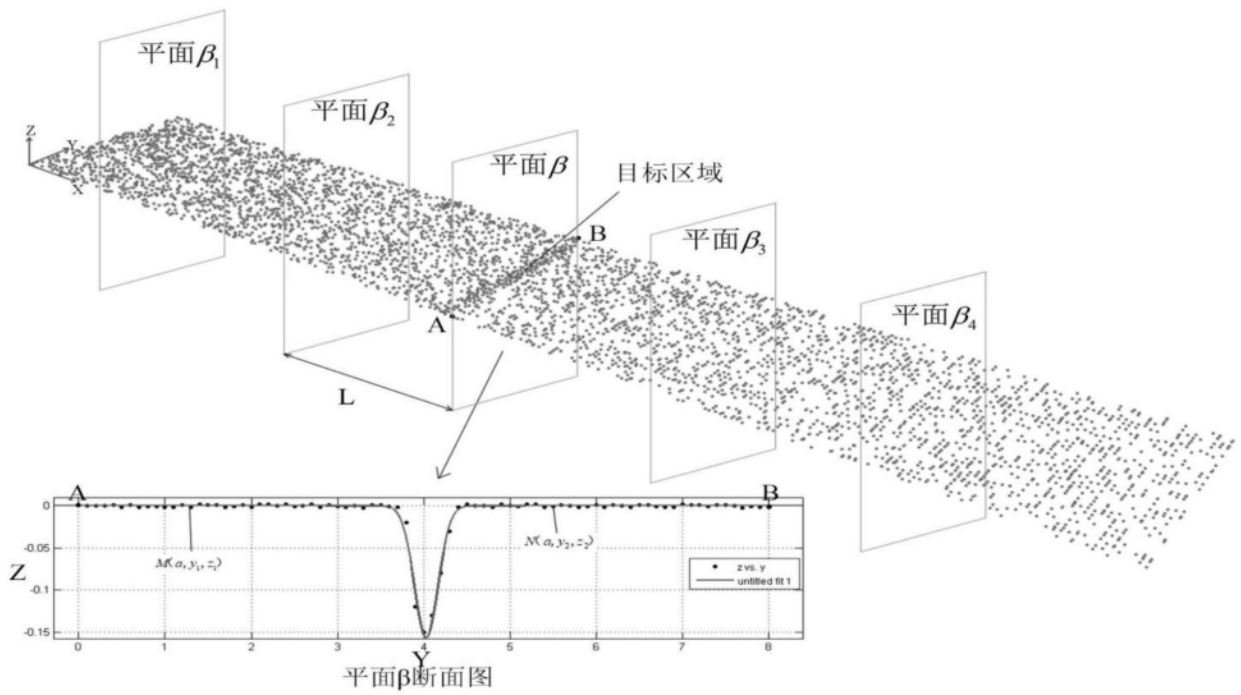


图6

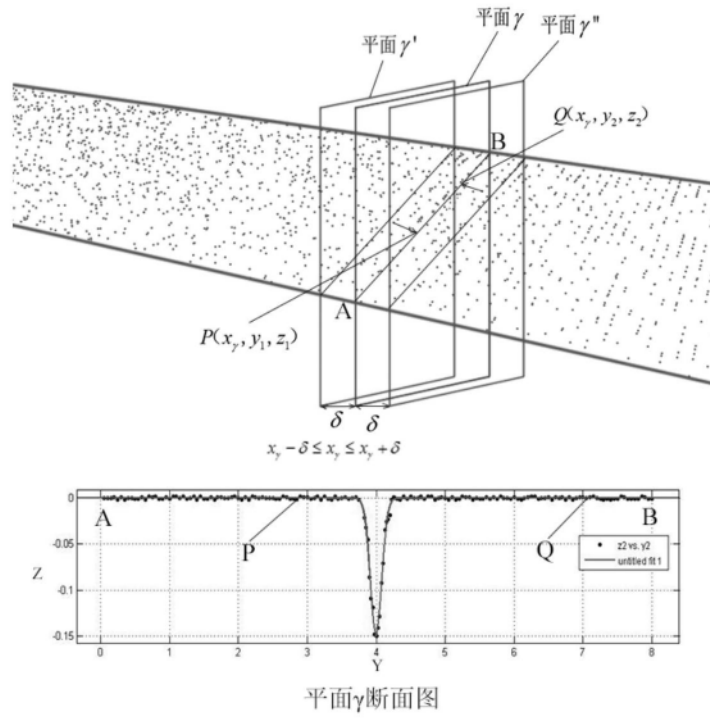


图7