



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 112258650 A

(43) 申请公布日 2021.01.22

(21) 申请号 202010997613.2 G06T 3/60 (2006.01)

(22) 申请日 2020.09.21 G06T 7/10 (2017.01)

(71) 申请人 北京科技大学 G06T 7/62 (2017.01)

地址 100083 北京市海淀区学院路30号 G06T 7/66 (2017.01)

申请人 中色非洲矿业有限公司

(72) 发明人 班晓娟 韩方圆 曹宇宁 袁兆麟  
胡国斌 肖金林 张金忠

(74) 专利代理机构 北京市广友专利事务所有限  
责任公司 11237

代理人 张仲波

(51) Int. Cl.  
G06T 17/20 (2006.01)  
G01B 11/00 (2006.01)  
G01B 11/24 (2006.01)  
G01F 1/00 (2006.01)

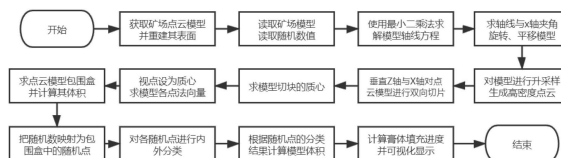
权利要求书2页 说明书9页 附图1页

(54) 发明名称

一种膏体充填进度实时测量与可视化方法及系统

(57) 摘要

本发明公开了一种膏体充填进度实时测量与可视化方法及系统,该膏体充填进度实时测量与可视化方法包括:获取待充填的采场采空区的三维点云数据;基于所述三维点云数据,构建出所述待充填的采场采空区的三维模型;计算出所述三维模型的体积;获取膏体的流量数据,基于所述流量数据计算出当前采空区内的膏体填充量,并结合计算出的三维模型的体积得到膏体的填充进度并三维可视化显示。本发明能够通过采场模型信息以及井上膏体制备时得到的膏体流量监测数据实时估测膏体的充填进度,并对测算结果进行三维可视化展示。



1. 一种膏体充填进度实时测量与可视化方法,其特征在于,包括:
  - 获取待充填的采场采空区的三维点云数据;
  - 基于所述三维点云数据,构建出所述待充填的采场采空区的三维模型;
  - 计算出所述三维模型的体积;
  - 获取膏体的流量数据,基于所述流量数据计算出当前采空区内的膏体填充量,并结合计算出的三维模型的体积得到膏体的填充进度并三维可视化显示。
2. 如权利要求1所述的膏体充填进度实时测量与可视化方法,其特征在于,所述获取待充填的采场采空区的三维点云数据,包括:
  - 使用激光扫描仪器在待充填的采场采空区中进行全局三维扫描;
  - 对扫描得到的数据进行配准和滤波,获取带有空间坐标的三维点云数据。
3. 如权利要求1所述的膏体充填进度实时测量与可视化方法,其特征在于,所述基于所述三维点云数据构建出所述待充填的采场采空区的三维模型,包括:
  - 利用泊松表面重建方法对所述三维点云数据进行表面重建,得到网格模型;
  - 将所述网格模型的所有网格点坐标平移,使得所述网格模型的重心位于原点处;计算所述网格模型的轴线方程,基于所述轴线方程求解所述网格模型的轴线与x轴的夹角并旋转所述网格模型,使得所述网格模型的轴线与x轴平行;
  - 在所述网格模型的每一个三角面片中生成多个随机均匀的点,以对所述网格模型进行升采样,得到所述待充填的采场采空区的三维模型。
4. 如权利要求1所述的膏体充填进度实时测量与可视化方法,其特征在于,所述计算出所述三维模型的体积,包括:
  - 沿纵向对所述三维模型进行切割,将所述三维模型切割为多个模型切片;
  - 沿轴向对每一模型切片进行切割,将每一模型切片切割为多个模型切块;
  - 利用蒙特卡洛模拟法计算出每一模型切块的体积;
  - 分别对每一模型切片内包含的所有模型切块的体积进行求和,得到每一模型切片的体积;再对所有模型切片的体积进行求和,得到所述三维模型的体积。
5. 如权利要求1所述的膏体充填进度实时测量与可视化方法,其特征在于,获取膏体的流量数据,基于所述流量数据计算出当前采空区内的膏体填充量,并结合计算出的三维模型的体积得到膏体的填充进度并三维可视化显示,包括:
  - 利用地表膏体制备站的膏体流量表得到膏体的流量数据;
  - 对所述流量数据进行积分,计算出当前采空区内的膏体填充量;
  - 结合计算出的当前采空区内的膏体填充量和所述三维模型的体积,利用所述采场采空区的体积与高度的映射关系,计算膏体的充填高度及其充填百分比;
  - 使用基于WebGL (Web Graphics Library, Web图形库)的三维图形库Three.js,在网页上以三维可视化的方式实时显示膏体的充填高度及其充填百分比。
6. 一种膏体充填进度实时测量与可视化系统,其特征在于,包括:
  - 采场点云数据获取模块,用于获取待充填的采场采空区的三维点云数据;
  - 采场三维模型构建模块,用于基于所述三维点云数据,构建出所述待充填的采场采空区的三维模型;
  - 三维模型体积计算模块,用于计算出所述三维模型的体积;

膏体填充进度计算及三维可视化显示模块,用于获取膏体的流量数据,基于所述流量数据计算出当前采空区内的膏体填充量,并结合计算出的三维模型的体积得到膏体的填充进度并三维可视化显示。

7.如权利要求6所述的膏体充填进度实时测量与可视化系统,其特征在于,所述采场点云数据获取模块具体用于:

使用激光扫描仪器在待充填的采场采空区中进行全局三维扫描;

对扫描得到的数据进行配准和滤波,获取带有空间坐标的三维点云数据。

8.如权利要求6所述的膏体充填进度实时测量与可视化系统,其特征在于,所述采场三维模型构建模块具体用于:

利用泊松表面重建方法对所述三维点云数据进行表面重建,得到网格模型;

将所述网格模型的所有网格点坐标平移,使得所述网格模型的重心位于原点处;计算所述网格模型的轴线方程,基于所述轴线方程求解所述网格模型的轴线与x轴的夹角并旋转所述网格模型,使得所述网格模型的轴线与x轴平行;

在所述网格模型的每一个三角面片中生成多个随机均匀的点,以对所述网格模型进行升采样,得到所述待充填的采场采空区的三维模型。

9.如权利要求6所述的膏体充填进度实时测量与可视化系统,其特征在于,所述三维模型体积计算模块具体用于:

沿纵向对所述三维模型进行切割,将所述三维模型切割为多个模型切片;

沿轴向对每一模型切片进行切割,将每一模型切片切割为多个模型切块;

利用蒙特卡洛模拟法计算出每一模型切块的体积;

分别对每一模型切片内包含的所有模型切块的体积进行求和,得到每一模型切片的体积;再对所有模型切片的体积进行求和,得到所述三维模型的体积。

10.如权利要求6所述的膏体充填进度实时测量与可视化系统,其特征在于,所述膏体填充进度计算及三维可视化显示模块具体用于:

利用地表膏体制备站的膏体流量表得到膏体的流量数据;

对所述流量数据进行积分,计算出当前采空区内的膏体填充量;

结合计算出的当前采空区内的膏体填充量和所述三维模型的体积,利用所述采场采空区的体积与高度的映射关系,计算膏体的充填高度及其充填百分比;

使用基于WebGL(Web Graphics Library,Web图形库)的三维图形库Three.js,在网页上以三维可视化的方式实时显示膏体的充填高度及其充填百分比。

## 一种膏体充填进度实时测量与可视化方法及系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及尾矿膏体处置和三维模型处理技术领域,特别涉及一种膏体充填进度实时测量与可视化方法及系统。

### 背景技术

[0002] 膏体充填技术最早由德国人在20世纪80年代提出并开始使用,以尾矿为主要充填材料,加入絮凝剂在浓密设备中进行浓密提升,使得充填物料形成膏状,再添加其它骨料或凝胶剂搅拌,生产出浓度达到85%左右的充填膏体,最后利用高压柱塞泵将物料通过管道运输到各个井下采场采空区进行充填作业[陈华君,刘全军.金属矿山固体废物危害及资源化处理[J].金属矿山,2009(04):159-172.].从实际应用中反映的情况来看,膏体充填方法形成的充填体强度大,稳固性好,在充填区不会析水,能更好地支撑围岩,保证安全回采矿柱,改善不稳固和复杂矿体的开采条件,显著降低矿石损失率和贫化率。

[0003] 在膏体充填过程中,对于充填进度和充填高度的实时掌握是十分必要的。了解采场充填进度情况可以有效指导挡墙搭建、管道冲洗、采场切换等充填过程中的各项管理任务。同时,掌握实时充填高度也能够实现膏体制备工艺的反馈优化,对不同高度位置的膏体采取不同的工艺参数,在满足膏体强度约束的限定下优化充填成本。

[0004] 传统的采场充填管理流程都需要以电话通讯方式实现地表充填站与井下采场之间的信息交流,对于采场所需的充填膏体量、充填时间都是依靠人工判断,工作方式繁琐,且实时性、精确性差。在膏体充填过程中,由于采空区环境恶劣且充填物需要接顶,因此由于成本原因无法在采场内安装液位传感器等充填进度检测装置,使得工作人员难以及时获取膏体的充填进度与高度信息。进而导致充填任务存在难以保持连贯,井上生产与井下充填存在信息割裂等问题。

### 发明内容

[0005] 本发明提供了一种膏体充填进度实时测量与可视化方法及系统,以解决现有技术中工作人员难以及时获取膏体的充填进度与高度信息,进而导致充填任务存在难以保持连贯,井上生产与井下充填存在信息割裂的技术问题。

[0006] 为解决上述技术问题,本发明提供了如下技术方案:

[0007] 一方面,本发明提供了一种膏体充填进度实时测量与可视化方法,其包括:

[0008] 获取待充填的采场采空区的三维点云数据;

[0009] 基于所述三维点云数据,构建出所述待充填的采场采空区的三维模型;

[0010] 计算出所述三维模型的体积;

[0011] 获取膏体的流量数据,基于所述流量数据计算出当前采空区内的膏体填充量,并结合计算出的三维模型的体积得到膏体的填充进度并三维可视化显示。

[0012] 进一步地,所述获取待充填的采场采空区的三维点云数据,包括:

[0013] 使用激光扫描仪器在待充填的采场采空区中进行全局三维扫描;

- [0014] 对扫描得到的数据进行配准和滤波,获取带有空间坐标的三维点云数据。
- [0015] 进一步地,所述基于所述三维点云数据构建出所述待充填的采场采空区的三维模型,包括:
- [0016] 利用泊松表面重建方法对所述三维点云数据进行表面重建,得到网格模型;
- [0017] 将所述网格模型的所有网格点坐标平移,使得所述网格模型的重心位于原点处;计算所述网格模型的轴线方程,基于所述轴线方程求解所述网格模型的轴线与x轴的夹角并旋转所述网格模型,使得所述网格模型的轴线与x轴平行;
- [0018] 在所述网格模型的每一个三角面片中生成多个随机均匀的点,以对所述网格模型进行升采样,得到所述待充填的采场采空区的三维模型。
- [0019] 进一步地,所述计算出所述三维模型的体积,包括:
- [0020] 沿纵向对所述三维模型进行切割,将所述三维模型切割为多个模型切片;
- [0021] 沿轴向对每一模型切片进行切割,将每一模型切片切割为多个模型切块;
- [0022] 利用蒙特卡洛模拟法计算出每一模型切块的体积;
- [0023] 分别对每一模型切片内包含的所有模型切块的体积进行求和,得到每一模型切片的体积;再对所有模型切片的体积进行求和,得到所述三维模型的体积。
- [0024] 进一步地,获取膏体的流量数据,基于所述流量数据计算出当前采空区内的膏体填充量,并结合计算出的三维模型的体积得到膏体的填充进度并三维可视化显示,包括:
- [0025] 利用地表膏体制备站的膏体流量表得到膏体的流量数据;
- [0026] 对所述流量数据进行积分,计算出当前采空区内的膏体填充量;
- [0027] 结合计算出的当前采空区内的膏体填充量和所述三维模型的体积,利用所述采场采空区的体积与高度的映射关系,计算膏体的充填高度及其充填百分比;
- [0028] 使用基于WebGL(Web Graphics Library,Web图形库)的三维图形库Three.js,在网页上以三维可视化的方式实时显示膏体的充填高度及其充填百分比。
- [0029] 另一方面,本发明还提供一种膏体充填进度实时测量与可视化系统,包括:
- [0030] 采场点云数据获取模块,用于获取待充填的采场采空区的三维点云数据;
- [0031] 采场三维模型构建模块,用于基于所述三维点云数据,构建出所述待充填的采场采空区的三维模型;
- [0032] 三维模型体积计算模块,用于计算出所述三维模型的体积;
- [0033] 膏体填充进度计算及三维可视化显示模块,用于获取膏体的流量数据,基于所述流量数据计算出当前采空区内的膏体填充量,并结合计算出的三维模型的体积得到膏体的填充进度并三维可视化显示。
- [0034] 进一步地,所述采场点云数据获取模块具体用于:
- [0035] 使用激光扫描仪器在待充填的采场采空区中进行全局三维扫描;
- [0036] 对扫描得到的数据进行配准和滤波,获取带有空间坐标的三维点云数据。
- [0037] 进一步地,所述采场三维模型构建模块具体用于:
- [0038] 利用泊松表面重建方法对所述三维点云数据进行表面重建,得到网格模型;
- [0039] 将所述网格模型的所有网格点坐标平移,使得所述网格模型的重心位于原点处;计算所述网格模型的轴线方程,基于所述轴线方程求解所述网格模型的轴线与x轴的夹角并旋转所述网格模型,使得所述网格模型的轴线与x轴平行;

- [0040] 在所述网格模型的每一个三角面片中生成多个随机均匀的点,以对所述网格模型进行升采样,得到所述待充填的采场采空区的三维模型。
- [0041] 进一步地,所述三维模型体积计算模块具体用于:
- [0042] 沿纵向对所述三维模型进行切割,将所述三维模型切割为多个模型切片;
- [0043] 沿轴向对每一模型切片进行切割,将每一模型切片切割为多个模型切块;
- [0044] 利用蒙特卡洛模拟法计算出每一模型切块的体积;
- [0045] 分别对每一模型切片内包含的所有模型切块的体积进行求和,得到每一模型切片的体积;再对所有模型切片的体积进行求和,得到所述三维模型的体积。
- [0046] 进一步地,所述膏体填充进度计算及三维可视化显示模块具体用于:
- [0047] 利用地表膏体制备站的膏体流量表得到膏体的流量数据;
- [0048] 对所述流量数据进行积分,计算出当前采空区内的膏体填充量;
- [0049] 结合计算出的当前采空区内的膏体填充量和所述三维模型的体积,利用所述采场采空区的体积与高度的映射关系,计算膏体的充填高度及其充填百分比;
- [0050] 使用基于WebGL(Web Graphics Library,Web图形库)的三维图形库Three.js,在网页上以三维可视化的方式实时显示膏体的充填高度及其充填百分比。
- [0051] 再一方面,本发明还提供了一种电子设备,其包括处理器和存储器;其中,存储器中存储有至少一条指令,所述指令由处理器加载并执行以实现上述方法。
- [0052] 又一方面,本发明还提供了一种计算机可读存储介质,所述存储介质中存储有至少一条指令,所述指令由处理器加载并执行以实现上述方法。
- [0053] 本发明提供的技术方案带来的有益效果至少包括:
- [0054] 本发明通过计算采场模型体积并结合膏体流量表的监测数据,以软测量的方式得到了采场的膏体填充高度与进度信息,使用较低的成本解决了膏体进度测算问题。而且本发明以三维可视化的方式实时展示出采场膏体的填充进度,使用者可直观方便地获取膏体的填充进度,并且该可视化方式实现简单且有效。

## 附图说明

- [0055] 为了更清楚地说明本发明实施例中的技术方案,下面将对实施例描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。
- [0056] 图1是本发明实施例提供的膏体充填进度实时测量与可视化方法的流程图;
- [0057] 图2是本发明实施例提供的膏体充填示意图;
- [0058] 图3是本发明实施例提供的膏体充填高度计算示意图。

## 具体实施方式

- [0059] 为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合附图对本发明实施方式作进一步地详细描述。
- [0060] 第一实施例
- [0061] 本实施例提供了一种膏体充填进度实时测量与可视化方法,该方法可以由电子设

备实现,该电子设备可以是终端或者服务器。该膏体充填进度实时测量与可视化方法的执行流程如图1所示,包括以下步骤:

[0062] S1,获取待充填的采场采空区的三维点云数据;

[0063] 具体地,在本实施例中,上述S1的实现过程为:

[0064] S11,使用激光扫描仪器在待充填的采场采空区中进行全局三维扫描,获取多个视角与位置下的采空区形状及位置信息;

[0065] S12,对扫描到的数据进行配准和滤波,获取带有空间坐标的三维点云数据。S2,基于所述三维点云数据,构建出所述待充填的采场采空区的三维模型;

[0066] 具体地,在本实施例中,上述S2的实现过程为:

[0067] S21,利用泊松表面重建方法对三维点云数据进行表面重建,根据点云模型法向量定义梯度场,近似表示梯度场,求解泊松问题,绘制三角网格模型;

[0068] 需要说明的是,由于激光扫描仪得到的采场模型中点云密度可能不满足体积计算的要求,并且直接用点云模型进行后续充填进度可视化工作,效果并不理想,所以本实施例利用泊松表面重建方法对得到的采场点云模型进行表面重建,得到采场网格模型。该网格模型不仅能用于可视化显示,还可以对它进行升采样,生成高密度点云模型,用于后续的采场体积计算,主要包括以下步骤:

[0069] S211,根据点云模型法向量定义梯度场:

[0070] 对于表面 $\partial M$ 内的任意点 $p \in \partial M$ ,定义 $\overrightarrow{N_{\partial M}}(p)$ 为该点处指向模型内部的表面法向量, $\tilde{F}(q)$ 为一个平滑滤波器, $\tilde{F}_p(q) = \tilde{F}(q - p)$ 为滤波器沿 $p$ 方向的平移。因为指示函数 $x_M$ 一般意义上是不好求导的,这里用 $x_M * \tilde{F}$ 的导数来近似。由此,可以得到如式(1)所示的梯度场定义式,其中,等式左侧为指示函数的梯度,右侧为通过平滑表面发现场计算得到的向量场:

$$[0071] \quad \nabla(x_M * \tilde{F})(q_0) = \int_{\partial M} \tilde{F}(q_0) \overrightarrow{N_{\partial M}}(p) dp \quad (1)$$

[0072] S212,近似表示梯度场:

[0073] 因为不知道法线场的具体精确空间分布无法求解上式,但作为输入的离散法向量已经提供了足够的信息。 $\partial M$ 被分割为互不相交的区域(Patch) $P_s$ ,  $P_s \in \partial M$ 。上式可以转化为积分求和,并将每个小积分近似为常函数,用代表点 $s$ . $p$ 对应的函数值和 $P_s$ 的面积的面积代替:

$$[0074] \quad \nabla(x_M * \tilde{F})(q) = \sum_{s \in S} \int_{P_s} \tilde{F}_p(q) \overrightarrow{N_{\partial M}}(p) dp \quad (2)$$

[0075] 可近似等于:

$$[0076] \quad \sum_{s \in S} |P_s| \tilde{F}_{S \cdot P}(q)_S \cdot \vec{N} \equiv \vec{V}(q) \quad (3)$$

[0077] 尽管理论上任何平滑滤波器都可以作为选择,但是在泊松重建中需要具备两个条件:1、不过分平滑数据,2、使得积分近似能够更准确。一般而言高斯滤波器是一种满足上述两个条件的滤波器。

[0078] S213,求解泊松问题:

[0079] 对于已定义的向量场 $\vec{V}$ ,我们想去求解 $\nabla\tilde{x} = \vec{V}$ 方程中的 $\tilde{x}$ ,然而通常 $\vec{V}$ 是不可积分的,因此精确求解是不可能的,所以只能对等号两边求导得到下式拉普拉斯方程求取近似解:

$$[0080] \quad \Delta\tilde{x} = \nabla \cdot \vec{V} \quad (4)$$

[0081] S214,绘制三角网格模型:使用matching cube扫描体素法,根据求得的指示函数绘制三角网格模型。

[0082] S22,将所述网格模型的所有网格点坐标平移,使得所述网格模型的重心位于原点处;计算所述网格模型的轴线方程,基于所述轴线方程求解所述网格模型的轴线与x轴的夹角并旋转所述网格模型,使得网格模型的轴线与x轴平行;

[0083] 需要说明的是,旋转是使模型更符合立方体包围盒的特点,提高体积计算结果的精确性,平移主要是把模型尽量地搬移到坐标原点附近,方便后续可视化的效果显示;上述S22的操作主要借助了基于C++编写的点云库实现,包括:

[0084] S221,读取采场模型文件与随机数值:首先利用点云库读取重建表面后的采场网格模型。在量子随机数生成器的网站上获取一万字节的二进制随机数文件,并且以两个字节为单位生成五十万个范围从0至65535的随机数,生成的随机数以文本文件的形式保存,之后读取该随机数文本文件,得到随机数;

[0085] S222,使用最小二乘法求解采场网格模型的轴线方程:使用最小二乘法拟合出采场采空区网格模型的轴线在XOY平面上的投影,因为计算的是轴线的投影方程,只需要用到点云模型中各个点的x坐标与y坐标。下面公式(5)与公式(6)列出了使用最小二乘法拟合轴线投影方程的具体方法,其中u为轴线投影方程的斜率,v为轴线投影方程的截距。

$$[0086] \quad u = \frac{\sum xy - \frac{1}{N}\sum x \sum y}{\sum x^2 - \frac{1}{N}(\sum x)^2} \quad (5)$$

$$[0087] \quad v = \bar{y} - u\bar{x} \quad (6)$$

[0088] 在计算出轴线投影方程后,后续步骤中真正要使用的是斜率值u。

[0089] S223,求轴线方程与x轴夹角:在得知斜率值u之后,借助下式(7)便可以计算得出轴线与x轴的夹角值 $\theta$ :

$$[0090] \quad \theta = \arctan(u) \quad (7)$$

[0091] 这样以该夹角值绕z轴进行旋转,便可以摆正模型。

[0092] S224,旋转、平移采场网格模型:旋转操作借由点云库中的库函数实现,只需要把旋转矩阵设置为合适的数值即可。下式(8)是绕Z轴旋转时,矩阵设置公式,其中 $\theta$ 为要旋转的角度。

$$[0093] \quad R_z(\theta) = \begin{bmatrix} \cos\theta & -\sin\theta & 0 \\ \sin\theta & \cos\theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (8)$$

[0094] 平移主要是把模型尽量地搬移到坐标原点附近,方便后续可视化系统的效果显示。只需计算模型x坐标的平均值、y坐标的平均值以及z坐标的最小值,依据这些值平移即可。



[0095] S23,在所述网格模型的每一个三角面片中生成若干随机均匀的点,把网格模型升采样成高密度的点云模型,得到所述待充填的采场采空区的三维模型。

[0096] S3,计算出所述三维模型的体积;

[0097] 由于采场空间具有高度及宽度小、长度大的特点,因此本实施例采用双向切割的方法将原始采场划分为小块,并分别计算小块体积。本步骤的操作同样使用了基于C++编写的点云库,在采场点云模型的纵向与轴向两个方向对模型切片,利用蒙特卡洛模拟法计算模型体积,主要包括以下步骤:

[0098] S31,沿纵向即垂直于z轴的方向对所述三维模型进行切割分离,将所述三维模型切割为多个模型切片;但是模型切片可能不是一个整体相连的模型,如果直接计算该模型切片体积会造成计算错误,需要对模型切片进行如下处理;

[0099] S32,沿轴向即垂直于x轴方向对每一模型切片进行切割分离,将每一模型切片切割为多个更小的模型切块;

[0100] S33,利用蒙特卡洛模拟法计算出每一模型切块的体积;具体步骤为:

[0101] S331,计算模型切块的质心:计算各采场点云模型切块的质心,即对所有点的x、y、z坐标分别求平均值即可。

[0102] S332,把模型切块的视点设置为质心:点云库依靠视点来调整法向量的方向,把模型切块的视点设置为质心,即可基本保证后续计算出的法向量方向一致指向模型内部。

[0103] S333,计算模型中各点法向量:要计算模型中某个点的法向量,首先用近邻算法找出该点的一些邻近点,用最小二乘法拟合出这些点的近似平面并构造出协方差矩阵,再用主成分分析算法求解此协方差矩阵来计算平面的法向量,平面的法向量近似代表该点的法向量。但是由于平面的法向量具有两个方向,为了保证法向量的一致性,利用视点,以法向量与各点到视点组成向量的夹角小于 $90^\circ$ 为依据,逐个调整法向量。

[0104] S334,计算模型切块包围盒与其体积:模型切块的包围盒为与各个坐标轴平行的立方体包围盒,模型经过旋转后所对应的包围盒体积较小,采场模型体积占比也比较大。通过实验发现,经过旋转后,在计算模型体积时也更精确。包围盒可以通过立方体的对角坐标确定,即6个数值,一次求解x坐标最大值与最小值、y坐标最大值与最小值、z坐标最大值与最小值就可以得到这6个数值。有了包围盒的对角坐标之后,自然就有了立方体的各个边长,通过立方体就可以得到包围盒体积。

[0105] S335,映射随机数为包围盒中的随机点:要把随机数转换成随机点,需要先对随机数进行归一化,即通过除以最大值65535转成0至1间的数。接着,可以把x、y、z的最小值作为随机点的基坐标,然后用立方体的3个边长值乘以3个不同的归一化随机数得到3个偏移坐标,基坐标与对应的偏移坐标相加就能得到随机点坐标。

[0106] S336,对随机点进行内外分类:要对一个随机点p进行模型内外部的分类,首先要找到点云模型中距离该随机点第一近与第二近的两个点,当这两个点到随机点组成的向量与各自法向量点乘结果都小于零时,则判定随机点p处于模型内部,否则判定随机点在外部。

[0107] S337,计算模型切块体积:用内部随机点的数量除以包围盒内随机点的总数量得到比值,该值乘以立方体包围的体积便可以得到模型切块的体积。

[0108] S34,分别对每一模型切片内包含的所有模型切块的体积进行求和得到每一模型

切片的体积;再对所有模型切片的体积进行求和得到所述三维模型的体积。

[0109] S4,获取膏体的流量数据,基于流量数据计算出当前采空区内的膏体填充量,并结合计算出的三维模型的体积得到膏体的填充进度并三维可视化显示。

[0110] 具体地,在本实施例中,上述S4的实现过程为:

[0111] S41,利用地表膏体制备站的膏体流量计得到膏体的流量数据;

[0112] S42,对所述流量数据进行积分,计算出当前采空区内的膏体填充量;

[0113] S43,结合计算出的当前采空区内的膏体填充量和所述三维模型的体积,利用采场采空区的体积与高度的映射关系,计算膏体的充填高度及其充填百分比;

[0114] 其中,膏体充填示意图如图2所示,结合膏体的充填体积与采场模型切片体积,计算膏体的充填高度并计算膏体的充填百分比,主要包括以下步骤:

[0115] S431,计算膏体充填高度:由膏体的流量计数据结合充填时间可以得到膏体充填的体积,有了已充填膏体的体积与各个模型切片的体积,使用下式(9)所示的高度计算公式便可得到膏体充填高度:

$$[0116] \quad H = (m - 1) * h + \frac{V_{in} - (v_1 + v_2 + \dots + v_{m-1})}{v_m} * h \quad (9)$$

[0117] 为了便于理解上述公式,本实施例给出了图3所述的高度计算示意图,其中,H代表计算出的高度,m代表正在充填的切片模型的编号,h为每片切片模型的高度, $V_{in}$ 为膏体充填的体积, $v_x$ 为编号为x的切片模型体积。

[0118] S432,计算膏体充填百分比:已充填膏体的体积与采场模型总体积作商即可得到当前的膏体充填百分比。

[0119] S44,使用基于WebGL(Web Graphics Library,Web图形库)的三维图形库Three.js,在网页上以三维可视化的方式实时显示膏体充填高度及其充填百分比。

[0120] 具体地,在本实施例中,上述S44的实现过程如下:

[0121] S441,渲染采场网格模型:读取采场网格模型文件,该文件主要提供采场的几何信息。为了可视化显示膏体的充填进度,在Three.js库中分别使用半透明材质与黑色材质渲染出采场模型,半透明材质代表未充填区域,黑色材质代表已充填区域。

[0122] S442,周期性更新膏体充填高度与百分比数据:膏体充填是一个缓慢而持久的过程,需要周期性地根据流量计数据得出膏体的充填体积,计算膏体的充填高度与百分比,可以根据流量计数据更新的周期设置膏体充填高度与百分比数据的更新周期。

[0123] 综上,本实施例通过计算采场模型体积并结合膏体流量计的监测数据,以软测量的方式得到了采场的膏体填充进度信息,使用较低的成本解决了膏体进度测算问题。而且本实施例以三维可视化的方式实时展示出采场膏体的填充进度,使用者可直观方便地获取膏体的填充进度,且该可视化方式实现简单有效。

[0124] 第二实施例

[0125] 本实施例提供了一种膏体充填进度实时测量与可视化系统,包括以下模块:

[0126] 采场点云数据获取模块,用于获取待充填的采场采空区的三维点云数据;

[0127] 采场三维模型构建模块,用于基于所述三维点云数据,构建出所述待充填的采场采空区的三维模型;

[0128] 三维模型体积计算模块,用于计算出所述三维模型的体积;

[0129] 膏体填充进度计算及三维可视化显示模块,用于获取膏体的流量数据,基于所述流量数据计算出当前采空区内的膏体填充量,并结合计算出的三维模型的体积得到膏体的填充进度并三维可视化显示。

[0130] 本实施例的膏体充填进度实时测量与可视化系统与上述第一实施例的膏体充填进度实时测量与可视化方法相对应;其中,本实施例的膏体充填进度实时测量与可视化系统中的各功能模块所实现的功能与上述第一实施例的膏体充填进度实时测量与可视化方法中的各流程步骤一一对应;故,在此不再赘述。

[0131] 第三实施例

[0132] 本实施例提供一种电子设备,其包括处理器和存储器;其中,存储器中存储有至少一条指令,所述指令由处理器加载并执行,以实现第一实施例的方法。

[0133] 该电子设备可因配置或性能不同而产生比较大的差异,可以包括一个或一个以上处理器(central processing units,CPU)和一个或一个以上的存储器,其中,存储器中存储有至少一条指令,所述指令由处理器加载并执行以下步骤:

[0134] S1,获取待充填的采场采空区的三维点云数据;

[0135] S2,基于所述三维点云数据,构建出所述待充填的采场采空区的三维模型;

[0136] S3,计算出所述三维模型的体积;

[0137] S4,获取膏体的流量数据,基于流量数据计算出当前采空区内的膏体填充量,并结合计算出的三维模型的体积得到膏体的填充进度并三维可视化显示。

[0138] 第四实施例

[0139] 本实施例提供一种计算机可读存储介质,该存储介质中存储有至少一条指令,所述指令由处理器加载并执行,以实现上述方法。其中,该计算机可读存储介质可以是ROM、随机存取存储器(RAM)、CD-ROM、磁带、软盘和光数据存储设备等。其内存储的指令可由终端中的处理器加载并执行以下步骤:

[0140] S1,获取待充填的采场采空区的三维点云数据;

[0141] S2,基于所述三维点云数据,构建出所述待充填的采场采空区的三维模型;

[0142] S3,计算出所述三维模型的体积;

[0143] S4,获取膏体的流量数据,基于流量数据计算出当前采空区内的膏体填充量,并结合计算出的三维模型的体积得到膏体的填充进度并三维可视化显示。

[0144] 此外,需要说明的是,本发明可提供为方法、装置或计算机程序产品。因此,本发明实施例可采用完全硬件实施例、完全软件实施例或结合软件和硬件方面的实施例的形式。而且,本发明实施例可采用在一个或多个其中包含有计算机可用程序代码的计算机可用存储介质上实施的计算机程序产品的形式。

[0145] 本发明实施例是参照根据本发明实施例的方法、终端设备(系统)、和计算机程序产品的流程图和/或方框图来描述的。应理解可由计算机程序指令实现流程图和/或方框图中的每一流程和/或方框、以及流程图和/或方框图中的流程和/或方框的结合。可提供这些计算机程序指令到通用计算机、嵌入式处理机或其他可编程数据处理终端设备的处理器以产生一个机器,使得通过计算机或其他可编程数据处理终端设备的处理器执行的指令产生用于实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能的装置。

[0146] 这些计算机程序指令也可存储在能引导计算机或其他可编程数据处理终端设备以特定方式工作的计算机可读存储器中,使得存储在该计算机可读存储器中的指令产生包括指令装置的制造品,该指令装置实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能。这些计算机程序指令也可装载到计算机或其他可编程数据处理终端设备上,使得在计算机或其他可编程终端设备上执行一系列操作步骤以产生计算机实现的处理,从而在计算机或其他可编程终端设备上执行的指令提供用于实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能的步骤。

[0147] 还需要说明的是,在本文中,术语“包括”、“包含”或者其他任何其变体意在涵盖非排他性的包含,从而使得包括一系列要素的过程、方法、物品或者终端设备不仅包括那些要素,而且还包括没有明确列出的其他要素,或者是还包括为这种过程、方法、物品或者终端设备所固有的要素。在没有更多限制的情况下,由语句“包括一个……”限定的要素,并不排除在包括所述要素的过程、方法、物品或者终端设备中还存在另外的相同要素。

[0148] 最后需要说明的是,以上所述是本发明优选实施方式,应当指出,尽管已描述了本发明优选实施例,但对于本技术领域的技术人员来说,一旦得知了本发明的基本创造性概念,在不脱离本发明所述原理的前提下,还可以做出若干改进和润饰,这些改进和润饰也应视为本发明的保护范围。所以,所附权利要求意欲解释为包括优选实施例以及落入本发明实施例范围的所有变更和修改。

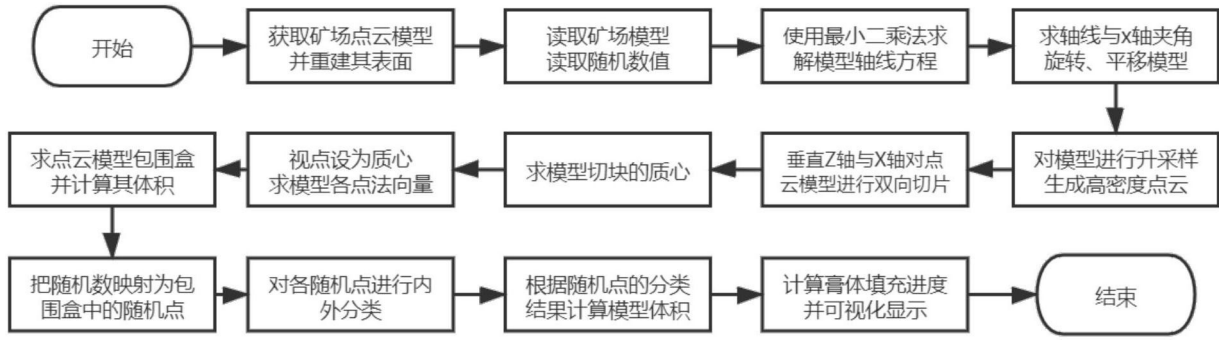


图1

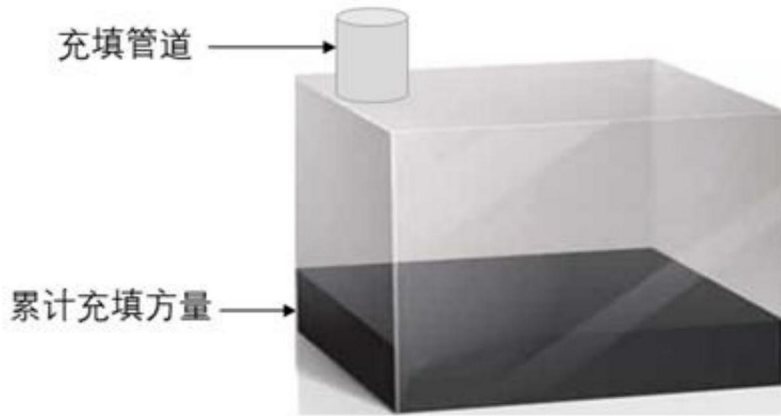


图2

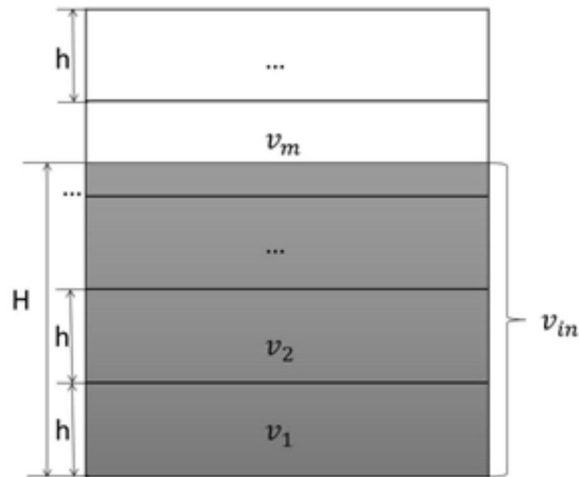


图3