

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G01B 11/10 (2006.01)

G06T 17/40 (2006.01)

G01B 11/30 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200780047887.8

[43] 公开日 2010年1月20日

[11] 公开号 CN 101632001A

[22] 申请日 2007.12.20

[21] 申请号 200780047887.8

[30] 优先权

[32] 2006.12.20 [33] AU [31] 2006907121

[86] 国际申请 PCT/AU2007/001977 2007.12.20

[87] 国际公布 WO2008/074088 英 2008.6.26

[85] 进入国家阶段日期 2009.6.22

[71] 申请人 斯甘拉伊斯股份有限公司

地址 澳大利亚西澳洲本特利

[72] 发明人 M·P·斯图尔特 D·利克蒂

J·弗兰克

[74] 专利代理机构 北京北翔知识产权代理有限公司

代理人 郑建晖 杨勇

权利要求书 8 页 说明书 22 页 附图 16 页

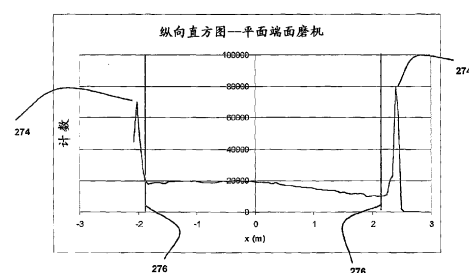
[54] 发明名称

一种用于相对于基本参考数据对扫描点云数据定向的系统和方法

[57] 摘要

一种用于相对于基本参考数据对一表面的扫描点云数据定向的系统。一种用于将带有数据的扫描点云与基本参考数据对齐以测量一表面相对于基本参考的位移的系统，该系统包括：一个扫描装置，用于关于远端表面相对于参考点的空间定向的度量生成点云数据，以限定所述表面的三维图像，包括一个适于提供所述扫描点云数据的输入源发生器；以及储存装置和一个倾斜修正装置，该储存装置用于关于基本参考相对于所述表面的空间定向储存基本参考数据，该倾斜修正装置用于相对于基本参考数据对所述点云数据定向；以及一个数据编辑装置和一个处理装置，该数据编辑装置用于从累积的点云数据过滤假点，该处理装置用于处理所述点云数据和所述基本参考数据以确定所述表面相对于所述

基本参考的相对位移。该系统还为测量不可固定地连接到一表面的对象的体积和测量在一表面中的孔的尺寸作准备。最后，本发明提供一种用于确定一表面的扫描点云数据中的特征的系统，该系统包括：一个适于提供所述扫描点云数据的输入源发生器；和一个划分装置，用于将所述点云数据划分成对应于所述表面的不同的以几何形状描述的区域的不同部分。



1. 一个用于相对于基本参考数据对一表面的扫描点云数据定向的系统，包括：

一个输入源发生器，适于提供所述扫描点云数据；

一个倾斜修正装置，用于相对于基本参考数据对所述点云数据定向；以及

一个数据编辑装置，用于从累积的点云数据中过滤假点数据。

2. 权利要求 1 所述的系统，其中所述数据编辑装置还包括划分装置，用于将所述点云数据划分为对应于所述表面的以几何形状描述的不同区域的离散部分。

3. 权利要求 1 或 2 所述的系统，其中所述数据编辑装置适于在倾斜修正装置之前运作。

4. 权利要求 2 或 3 所述的系统，其中所述数据编辑装置包括以下程序中的至少一个或多个：

(i) 一个扫描器结构过滤器，用于去除可归因于任意支撑装置的点，所述支撑装置用于定位、稳定或保护扫描装置；

(ii) 一个强度过滤器，用于去除累积的点云数据中的在门限强度值以上的任意点；以及

(iii) 一个范围过滤器，用于去除累积的点云数据中的小于最小门限或大于最大门限的任意点。

5. 权利要求 4 所述的系统，其中所述基本参考数据包括半径和长度变量，并且其中所述范围过滤器根据所述半径和所述长度推导出门限。

6. 前述任一权利要求所述的系统，其中倾斜修正装置包括一个点云数据定向装置，由此所述点云数据定向装置包括：

一个临时点去除装置，用于临时地将基本纵向平行于被扫描器结构过滤器去除的点的点去除；

一个转动值装置，用于计算待用于扫描点云数据的转动值；

一个扫描面点云数据转动程序；以及

一个点复位装置，由此使被临时点去除装置去除的点被复位到累积的点云数据中。

7. 前述任一权利要求所述的系统，当所述前述任一权利要求从属于权利要求 6 时，其中所述点云数据定向装置包括一个转动值软件应用程序，该转动值软件应用程序包括：

一个转换器程序，用于使用形心还原 (centroid reduction) 转换该扫描点云数据

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{pmatrix}_i = \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix}_i - \begin{pmatrix} \bar{x} \\ \bar{y} \\ \bar{z} \end{pmatrix} \quad \text{其中} \quad \begin{pmatrix} \bar{x} \\ \bar{y} \\ \bar{z} \end{pmatrix} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix}_i ; \text{ 以及}$$

一个计算器程序，用于通过该扫描点云数据的协方差矩阵的特征值分解确定转动值

$$\Lambda = MCM^T$$

其中

$$C = \sum_{i=1}^n \begin{pmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{pmatrix}_i \begin{pmatrix} x' & y' & z' \end{pmatrix}_i$$

8. 权利要求 7 所述的系统，其中转动值软件应用程序适于将累积的扫描点云数据转动，所述转动值软件应用程序包括：

一个转动程序，用于转动值使得 x-纵向、y-横向以及 z-高度轴一致

$$\begin{pmatrix} x'' \\ y'' \\ z'' \end{pmatrix}_i = M \begin{pmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{pmatrix}_i$$

其中 M 为由所述转动值装置计算得到的转动值。

9. 权利要求 17 所述的系统，其中倾斜修正装置包括一个倾斜修正软件应用程序用于关于一轴线确定和修正累积的扫描点云数据中的任意剩余倾斜，包括：

一个提取器程序，用于在一组如下的约束条件下提取一组临时点 (p)：

$$|x_i| < t_x \quad |y_i| < t_y \quad z_i > t_z$$

一个减法器程序，用于从该组临时点中减去 x 坐标的平均值：

$$x_i' = x_i - \bar{x} \quad \text{其中} \quad \bar{x} = \frac{1}{p} \sum_{i=1}^p x_i$$

为在得到的这组临时点中的每个点形成以下二维线方程:

$$z_i = mx_i' + b$$

一个最小二乘法计算器, 用于计算斜率的最小二乘法估计 m , 如下:

$$m = \frac{\sum_{i=1}^p z_i x_i'}{\sum_{i=1}^p (x_i')^2}$$

一个转动角度计算器程序, 用于计算转动角度 ϕ 如下:

$$\phi = \arctan(m)$$

一个累积扫描点旋转器程序, 用于转动累积的扫描点数据:

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{pmatrix}_i = R_2(\phi) \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix}_i \quad \text{其中} \quad R_2(\phi) = \begin{pmatrix} \cos \phi & 0 & -\sin \phi \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin \phi & 0 & \cos \phi \end{pmatrix}.$$

10. 前述任一权利要求所述的系统, 当所述前述任一权利要求从属于权利要求 2 时, 其中所述基本参考为一个大体圆柱形的壳体并且所述关键参考数据为描述该基本参考的几何形状的关键参数, 其中所述划分装置包括以下程序中的至少一个或多个:

(i) 一个相对端面分割装置, 其中所述相对端面分割装置包括以下程序中的至少一个或多个:

a) 一个平面端面分割装置, 用于当所述基本参考数据表示大体平面端面时分割累积的点云数据中的点; 以及

b) 一个锥形端面分割装置, 用于当所述基本参考数据表示大体锥形端面时分割累积的点云数据中的点。

(ii) 一个不固定对象分割装置, 用于分割累积的点云数据中可归因于不可固定地连接到所述表面的对象的点; 以及

(iii) 一个凸部分割装置, 用于分割累积的点云数据中可归因于所述圆柱形壳体的点。

11. 权利要求 10 所述的系统, 其中所述平面端面分割装置和锥形

端面分割装置包括一个端面分割软件应用程序，该端面分割软件应用程序包括：

一个频率计算器程序，用于计算累积的点云数据中的每个纵坐标的频率；

一个最大频率计算器程序，用于确定正、负纵坐标的最大所述频率；

一个门限加法程序，用于将一个门限值加到所述最大正、负频率值；以及

由此所述锥形端面分割装置还包括：

一个最小位置计算器程序，用于扫描所述纵坐标频率从而确定从所述最大正、负频率值朝着所述扫描器的位置的最小位置；

一个分割程序，用于根据所述最小位置分割累积的点云数据中可归因于平面端面的点；以及

由此所述锥形端面分割装置使用该最小位置计算器程序的最大正、负频率值分割累积的点云数据中可归因于锥形端面的点。

12. 前述任一权利要求所述的系统，还包括一个不可固定地连接的体积测量装置，用于测量不可固定地连接到所述表面的对象的体积。

13. 前述任一权利要求所述的系统，还包括一个孔测量装置，用于测量在所述表面中的孔的尺寸。

14. 权利要求 12 或从属于权利要求 12 时的权利要求 13 所述的系统，其中所述不可固定地连接的体积测量装置还包括一个球-矿石辨别装置，用于测量一组球与非球材料的比。

15. 权利要求 12 或从属于权利要求 12 时的权利要求 13 或权利要求 14 所述的系统，其中所述不可固定地连接的体积测量装置还包括一个球尺寸测量装置，用于测量圆柱形壳体中一组球的尺寸。

16. 前述任一权利要求所述的系统，当所述前述任一权利要求从属于权利要求 10 时，其中所述不固定对象分割装置包括一个不固定对象软件应用程序，该不固定对象软件应用程序在所述相对端面分割装置作用于所述扫描点云数据后运作，所述不固定对象软件应用程序包括：

一个半径频率计算器程序，用于计算在累积的扫描点云数据中的每个圆柱半径值的频率；

一个尖峰值确定程序，用于确定圆柱半径频率的尖峰值并基于所述尖峰值分割点；

一个分割拟合程序，用于通过基于特征值的分解将所有被分割的点拟合到一平面；

一个扫描点云转换程序，用于将 m 个点的扫描点云数据转换到形心

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{pmatrix}_i = \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix}_i - \begin{pmatrix} \bar{x} \\ \bar{y} \\ \bar{z} \end{pmatrix} \quad \text{其中} \quad \begin{pmatrix} \bar{x} \\ \bar{y} \\ \bar{z} \end{pmatrix} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix}_i$$

一个特征值分解程序，用于确定协方差矩阵的特征值分解

$$\Lambda = MCM^T$$

其中

$$C = \sum_{i=1}^n \begin{pmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{pmatrix}_i \begin{pmatrix} x' & y' & z' \end{pmatrix}_i$$

一个由 $ax+by+cz-d=0$ 给定的平面模型，其中 (a, b, c) 为对应于最小特征值的特征向量的元素，并且

$$d = (a \quad b \quad c) \begin{pmatrix} \bar{x} \\ \bar{y} \\ \bar{z} \end{pmatrix}$$

一个剩余偏差计算程序，用于根据每个点的最优拟合平面计算剩余偏差 v ：

$$ax_i + by_i + cz_i - d = v_i$$

一个点丢弃程序，用于基于残差的标准偏差丢弃平面上方的点。

17. 前述任一权利要求所述的系统，当所述前述任一权利要求从属于权利要求 10 或 16 时，其中所述凸部分割装置包括一个凸部分割软件应用程序，该凸部分割软件应用程序包括：

一个形心细化器程序，用于通过使用相同数量的点计算在所述大体圆柱形壳体的每一端面的平均值细化点云在纵轴上的形心

$$\bar{x}_L = \frac{1}{p^-} \sum_{i=1}^{p^-} x_i^- \quad \text{使得} \quad \frac{p^-}{n} \geq t_p$$

以及

$$\bar{x}_R = \frac{1}{p^+} \sum_{i=1}^{p^+} x_i^+ \quad \text{使得} \quad \frac{p^+}{n} - \frac{p^-}{n} \leq t$$

其中⁻和⁺分别表示源于凸部衬筒点云左端面和右端面的点;

一个扫描点云转换程序, 用于通过这两个平均值的平均值转换整个扫描点云数据

$$x_i' = x_i - \bar{x} \quad \text{其中} \quad \bar{x} = \frac{\bar{x}_L + \bar{x}_R}{2};$$

一个圆限定程序, 用于在所述大体圆柱形壳体的每个端面限定一个圆, 所述圆为所述基本参考数据的圆柱形凸部表面与基本参考数据的锥形或平面端面表面的相交圆;

一个锥形体限定程序, 用于限定具有 45° 的半顶角的、以该圆为底且顶点在该圆的凸部侧的锥形体;

一个点分配程序, 用于将锥形体内的每个点分配到所述大体圆柱形壳体的给定端面并将该锥形体外部的每个点分配到所述圆柱形壳体。

18. 前述任一权利要求所述的系统, 当所述前述任一权利要求从属于权利要求 10 时, 其中所述凸部分割装置包括一个圆柱体拟合程序, 其中所述圆柱体拟合程序包括一个圆柱体拟合软件应用程序, 该圆柱体拟合软件应用程序在所述相对端面分割装置和所述不固定对象分割装置作用于所述扫描点云数据之后运作, 所述圆柱体拟合软件应用程序包括:

一个方程形成程序, 用于为在累积的扫描点云数据中的每个点形成以下方程 $\|(\vec{p}_i - \vec{q}) \times \vec{n}\| - r = 0$, 其中观察点向量由 $\vec{p}_i = (x_i \ y_i \ z_i)^T$ 给定, 圆柱体位置向量由 $\vec{q} = (0 \ y_c \ z_c)^T$ 给定, 并且圆柱体轴线向量由 $\vec{n} = (a \ b \ c)^T$ 给定

一个加权约束加法程序，用于增加加权约束 $a^2 + b^2 + c^2 - 1 = 0$ ，并以参量的最小二乘方求解

一个圆柱体位置转换程序，用于通过圆柱体位置向量转换整个扫描点云

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{pmatrix}_i = \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix}_i - \begin{pmatrix} 0 \\ y_c \\ z_c \end{pmatrix}$$

一个转动值计算器程序，用于计算转动角度 ϕ 和 κ

$$\phi = \arctan\left(\frac{c}{a}\right) \quad \text{且} \quad \kappa = \arctan\left(\frac{-b}{a}\right); \text{ 以及}$$

一个扫描点云转换程序，用于转换整个点云

$$\begin{pmatrix} x'' \\ y'' \\ z'' \end{pmatrix}_i = M^T \begin{pmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{pmatrix}_i \quad \text{其中} \quad M = R_3(\kappa)R_2(\phi)$$

19. 一种用于确定一表面的扫描点云数据中的特征的系统，包括：
一个输入源发生器，适于提供所述扫描点云数据；以及
一个划分装置，用于将所述点云数据划分为对应于所述表面的不同几何形状区域的离散部分。

20. 权利要求 19 所述的系统，还包括一个不可固定地连接的体积测量装置，用于测量不可固定地连接到所述表面的对象的体积。

21. 权利要求 19 或 20 所述的系统，还包括一个孔测量装置，用于测量在所述表面中的孔的尺寸。

22. 权利要求 20 或 21 所述的系统，其中所述不可固定地连接的体积测量装置还包括一个球-矿石辨别装置，用于测量一组球与非球材料的比。

23. 权利要求 20-22 中任一项所述的系统，其中所述不可固定地连接的体积测量装置还包括一个球尺寸测量装置，用于测量在圆柱形壳体内的一组球的尺寸。

24. 一种根据权利要求 1 所述系统的相对于基本参考数据对一表面的扫描点云数据定向的方法。

25. 一种根据权利要求 19 所述系统的确定一表面的扫描点云数据中的特征的方法。

一种用于相对于基本参考数据对扫描点云数据定向的系统和方法

技术领域

本发明涉及扫描系统和用于相对于基本参考数据 (base reference data) 定向扫描点云数据 (scan cloud data) 的方法。本发明虽然并不排他, 但尤其用于测量扫描点云数据相对于基本参考数据的调整为未知的表面。本发明还与通过使用划分装置确定一表面的扫描点云数据中的特征有关。

贯穿该说明书, 除非上下文中另有要求, 单词“包括 (comprise)”或其诸如“包括 (comprises)”或“包括 (comprising)”的变型, 将被理解为意味着包含所述的整体或整体组, 但并不将任何其他整体或整体组排除在外。

背景技术

以下对背景技术的讨论仅意在帮助理解本发明。该讨论并非确认或承认所提及的任何内容是公知常识的一部分或者如在本申请的优先权日已成为公知常识的一部分。

本申请人之前在公开文本 WO 2007/000010 中公开了一种用于相对于参考表面测量和绘制一表面的系统。该系统主要提供扫描器的使用以收集扫描点云数据, 然后相对于参考表面测量和绘制该扫描点云数据, 在所描述的特定实施方案中, 该参考表面为转动圆柱形磨机的内表面。如该公开文本中所公开的, 尽管该扫描器被放置得离磨机的中心尽可能近, 但是定位决不会精确。因此, 基本参考数据和扫描点云数据需要以可达到的最大精确度对齐。

在采矿工业中的矿物粉碎过程中, 碎的矿石被分为碎块并可以随后被装进转动圆柱形磨机。磨机绕其轴线的转动导致矿石碎块在重力作用下翻滚, 从而将矿石磨为越来越小的碎片。一些种类的磨碎机装有在磨碎过程中进行辅助的次级磨碎系统, 诸如铁或钢球 (球磨机)、钢棒 (棒磨机) 或燧石子 (砾磨机)。

对磨机中磨损的精确测量尤其重要, 因为错误预测哪些衬筒

(liner) 需要更换的成本很高。如果磨损的性质可以被精确地确定, 那么磨损图纹也可以被确定从而优化磨机的工作。

另外的测量值, 诸如次级磨碎系统的体积、次级磨碎系统部件的尺寸、排出设备中的筛分系统的尺寸, 也很难测得。

测量装球 (ball charge) 体积的目前的方法使用手持卷尺这样实现: 即测量从装球表面到某一预计的纵向中心轴线的距离; 测量横过该表面从一个角到另一个角的对角线距离。

接着这些测量值通过简单的几何学被用于计算体积。该方法的问题在于该表面决不会是完全平坦的并且基本参考数据未知。例如, 被装球覆盖的衬筒是不确定的。除非精确地知道装球表面位于其上方的参考平面, 那么装球体积的计算将不可避免地不精确。

装球体积在从磨机获得最优化磨碎和生产量方面是一个重要因素。据报告, 与最优化装球存在仅 4% 的变化会导致生产量减少 5% 至 10%。改善该测量值的精确度将提高控制水平和磨机性能。

进一步, 没有已知的方法用于确定磨机中多大比例的剩余对象可归因于与次级磨碎系统的对象相对的、被磨碎的材料。一种测量钢球与矿石比的方法是将磨机倒空, 将组分分离并对它们进行称重。另一种已知的方法是监测进入磨机的矿石、水和球的总质量流量。然而, 很难从出口流出物中将这组分相互分离出, 所以得到的最好结果为一粗略估计。球与矿石之比对于最优化磨机性能非常重要。如果存在太多矿石, 那么球要花更多时间将矿石磨碎到适当尺寸并且限制了生产量。如果相对于矿石存在太多球, 那么球冒撞击暴露衬筒的风险并且显著增加磨损率。

在测量组成次级磨碎系统的部件或对象的尺寸的情况下, 不存在最优的方法来测量它们的个体尺寸。在球磨碎系统中, 仅知的测量这些球的尺寸的方法为将它们物理地从磨机中取出, 如前所述, 个别地测量它们。由于导致相当多的停机时间, 这对运转中的磨机是不实用的。

可以每日将球加入到磨机, 并且数量和尺寸是重要的性能参数。球的尺寸很重要, 因为随着球磨损且尺寸减小, 其冲击能力减小并且其分解矿石的效果降低。典型地, 当球体的直径减小到其原始尺寸一

半时，质量将减小八分之七。此时，该钢球被认为是无效的并仅仅占用了磨机中的有用空间，限制了产量。较小的球也将生产更精细的产品，并且磨机的矿物释放系统下游的设计对产品磨碎尺寸高度敏感。将球尺寸与产品尺寸定位匹配以及控制这些参数通常对得到的矿物产量至关重要。

最后，为了评估磨机的性能，测量在磨机中使用的筛分系统的尺寸很重要。构成筛分系统的篦条筛将磨矿介质挡住。随着篦条筛孔磨损，它们将允许更大的磨矿介质通过并且降低磨碎过程的效率。仅知的测量这些篦条筛的方法为手工地进入磨机并个别地测量篦条筛孔。典型地每个磨机中有数百个篦条筛孔。假定重复这种手工测量数百个篦条筛的任务，这个过程也高度易受人工误差的影响。

发明内容

本发明的目的在于改善、减轻或克服至少一个上述与现有技术的磨机测量技术有关的问题，或者至少为公众提供一种用于磨机测量的可供选择系统的有利选择。

然而，从上述目的可以意识到，本发明决不仅限于磨机衬筒测量方面的应用，并且如说明书其他部分所讨论的可以具有其他的应用。

依照本发明的一个方面，提供了一种用于相对于基本参考数据对一表面的扫描点云数据定向的系统，该系统包括一个适于提供所述扫描点云数据的输入源发生器；一个用于相对于基本参考数据对所述点云数据定向的倾斜修正装置；以及一个用于从累积的点云数据中过滤假点数据的数据编辑装置。

优选地，该数据编辑装置还包括划分装置，用于将所述点云数据划分成与所述表面的不同几何形状区域对应的离散部分（segment）。

优选地，该数据编辑装置适于在倾斜修正装置之前运作。

优选地，该数据编辑装置包括以下程序中的至少一个或多个：（i）一个扫描器结构过滤器，用于去除可归因于任意用于定位、稳定或保护该扫描装置的支撑装置的点；（ii）一个强度过滤器，用于去除累积的点云数据中任意在门限强度值以上的点；以及（iii）一个范围过滤器，用于去除累积的点云数据中任意小于最小门限或大于最大门限

的点。

优选地，所述基本参考数据包括半径和长度变量，并且其中所述范围过滤器从所述半径和所述长度推导得出门限。

优选地，该倾斜修正装置包括一个点云数据定向装置，其中所述点云数据定向装置包括：一个临时点去除装置，用于临时地去除与被扫描器结构过滤器去除的点基本纵向平行的点；一个转动值装置，用于计算待用于扫描点云数据的转动值；一个扫描点云数据转动程序；以及一个点复位装置，由此被临时点去除装置去除的点被复位到累积的点云数据。

优选地，基本参考为一个大体圆柱形壳体并且所述关键参考数据为描述该基本参考几何形状的临界参数，其中所述划分装置包括以下程序中的至少一个或多个：(i) 一个相对端面分割装置；(ii) 一个不固定对象(floating-object)分割装置，用于分割累积的点云数据中可归因于不可固定地连接到所述表面的对象的点；以及(iii) 一个凸部(belly)分割装置，用于分割累积的点云数据中可归因于所述圆柱形壳体的点，其中所述相对端面分割装置包括以下程序中的至少一个或多个：a) 一个平面端面分割装置，用于当所述基本参考数据指示一个大体平面端面时分割累积的点云数据中的点；以及b) 一个锥形端面分割装置，用于当所述基本参考数据指示一个大体锥形端面时分割累积的点云数据中的点。

优选地，该平面端面分割装置和锥形端面分割装置包括一个端面分割软件应用程序，该端面分割软件应用程序包括：一个频率计算器程序，用于计算累积的点云数据中各纵坐标的频率；一个最大频率计算器程序，用于确定正、负纵坐标的最大所述频率；一个门限加法程序，用于将门限值加到所述最大正、负频率值；并且由此所述锥形端面分割装置还包括：一个最小位置计算器程序，用于扫描所述纵坐标频率从而确定从所述最大正负频率值朝着所述扫描器的位置的最小位置；一个分割程序，用于根据所述最小位置分割累积的点云数据中可归因于平面端面的点；并且由此所述锥形端面分割装置使用最小位置计算器程序的最大正负频率值分割累积的点云数据中可归因于锥形端面的点。

优选地，该系统还包括一个不可固定地连接的体积测量装置，用于测量不可固定地连接到所述表面的对象的体积。

优选地，该系统还包括一个孔测量装置，用于测量在所述表面中的孔的尺寸。

优选地，该不可固定地连接的体积测量装置还包括一个球-矿石辨别装置，用于测量一组球与非球材料的比。

优选地，该不可固定地连接的体积测量装置还包括一个球尺寸测量装置，用于测量圆柱形壳体内一组球的尺寸。

依照本发明的另一方面，提供一种用于确定一表面的扫描点云数据中的特征的系统，该系统包括一个适于提供所述扫描点云数据的输入源发生器；以及一个用于将所述点云数据划分为与所述表面的不同几何形状区域对应的离散部分的划分装置。

优选地，该系统还包括一个不可固定地连接的体积测量装置，用于测量不可固定地连接到所述表面的对象的体积。

优选地，该系统还包括一个孔测量装置，用于测量在所述表面中的孔的尺寸。

优选地，该不可固定地连接的体积测量装置还包括一个球-矿石辨别装置，用于测量一组球与非球材料的比。

优选地，该不可固定地连接的体积测量装置还包括一个球尺寸测量装置用于测量圆柱形壳体内一组球的尺寸。

附图说明

附图示出了用于实施本发明的最佳方式的特定实施方案的详细特征，附图中：

图 1 示出了使用激光扫描器和托架（boom）布置形式的输入源发生器来采集扫描点云数据的实例；

图 2-7 示出了一个数据编辑装置和该软件的转换处理器部件。

图 8 为示出了来自扫描器的所接收的扫描点云数据中一组典型的点的三维图像。

图 8a-8d 为来自数据编辑装置的最终分割输出的三维图像。

图 9 是大致在其中心布置有激光扫描器的典型磨机的剖视图。

图 10a 和 10b 为分别以侧视图和俯视图示出用于保护激光扫描器免受不定坠落尾矿影响的保护罩的示图。

图 11 为数据编辑装置所使用的调整过程的形象描述。

图 12 示出了关于保护罩而去掉的一些点以及为了抵消旋转估计中的偏差而去掉的部分点。

图 13 示出了一种关于横轴和高度轴确定和修正残余倾斜的方法。

图 14 和 15 描述了用于分别关于横轴和竖轴修正倾斜的点数据。

图 16 和 17 分别为示出了用于平面端面磨机和锥形端面磨机的、分割磨机端面点的方法的直方图。

图 18 为示出了一种分割可归因于给定磨机的装球的点的方法的直方图。

图 19 为一种为了去除多余的数据点而将装球点拟合到一平面的方法的形象描述。

图 20 为一种针对所有凸部点拟合一圆柱体以修正倾斜并去除扫描点云数据中的偏心的程序的形象描述。

图 21 示出了一种使用基于半径的过滤器的精细分割凸部端面的方法。

图 22 形象地示出了将装球点拟合到一平面从而去除多余的数据点。

图 23 形象地示出了一种使用环形喉部衬筒 (throat liner) 半径精细分割数据点的方法。

图 24 形象地示出了一种使用圆锥形进一步精细分割在磨机端面和凸部之间的点的方法。

图 25 形象地示出了一种使用在衬筒背面的 (back-of-liner) 表面的锥形体的、用于锥形端面磨机的数据点细化方法。

图 26a 和 26b 分别示出了具有使碎矿石能通过篦条筛孔的排出端面衬筒和该衬筒的一部分。

图 27a 和 27b 示出了排出端面一部分的点云扫描 (point cloud scan) 和一个篦条筛孔的边缘被探测出的该相同部分。

具体实施方式

现在将参照本发明的一个特定实施方案和若干其他选择性实施方案对用于实施本发明的最优方式进行说明。对该特定实施方案的描述参照附图进行。因此，在此提及的参考标记在附图中被使用从而示出在实施方案中描述的相应特征。

该特定实施方案目的在于测量在采矿工业的矿物粉碎中使用的转动圆柱形磨机的磨机衬筒的磨损。

更换磨机衬筒是一项与转动圆柱形磨机的运转相关联的昂贵但必要的工作。如 WO 2007/000010 中所公开的且参照图 1 包含在本说明书中的，能以首先使用激光扫描器 11 从具有圆柱形壳体 25 的磨机采集扫描点云数据的方式使用输入源发生器，该壳体具有供给端面 31 和排出端面 33。其次，该扫描点云数据可以接着被储存在数据库或其他合适的数字储存介质中。然后，构成数据处理系统一部分的转换处理器存取由输入源发生器产生的扫描点云数据，如本领域技术人员可以认识到的。

基本参考数据可以从该磨机的 CAD 模型获得或者从衬筒未被安装就位时对内部壳体的扫描获得，并且由此参考其自己的坐标系，该坐标系的 X 轴由该磨机的纵轴确定。由此，基本参考数据的特征在于包含临界磨机参数的关键参考数据，所述临界磨机参数描述了磨机基本参考的几何形状，也即壳体的半径和壳体圆柱形部分的长度。

对于具有锥形端面而非平面端面的磨机，相对于圆柱体轴线的锥角和在供给端面顶点和排出端面顶点之间的距离也构成关键参考数据。

储存在数据库中的磨机的基本参考数据接着通过转换处理器与从激光扫描器获得的位移数据相关联。

原因在于，由激光扫描器获得的位移数据的坐标系参考激光扫描器的参考点，然而该磨机的基本参考数据参考其自己的与磨机几何形状相关的坐标系。因此为了得出指示在任意特定点的磨机衬筒分割厚度的精确位移数据，两组数据需要被关联。因此，转换处理器的一个重点就是用于提供该关联。

由于激光扫描器 11 在接近球形的视野中收集数据，所以原始点云数据还包含当激光束经过在供给端面和排出端面中的各个孔时所收集

的、来自磨机外部的假点。这些多余的点首先通过数据编辑装置从累积的点云数据中被滤掉，所述数据编辑装置也构成数据处理系统的一部分。

基本参考数据通常代表一个具有相对端面的大体圆柱形壳体并且所述临界参数包括壳体中心纵轴线的位置；壳体的半径；以及壳体的圆柱形部分的长度。

数据编辑装置的运作如图 2-7 中的流程图所概述的。该实施方案的数据编辑装置的流程图始于图 2。

在图 8 和 8a-8d 中分别提供了输入该数据编辑装置的扫描点云数据以及来自该数据编辑装置的输出结果的形象描述。

该数据编辑装置使用坐标转换软件应用程序以实现为累积的点云数据中的每个点建立一个球坐标，所述坐标变换软件应用程序包括一个转动程序用于以转换每个点。在 245，该转换软件应用程序对每个所述点的计算基于笛卡尔坐标。对每个点，球坐标计算如下：

$$\rho_i = \sqrt{x_i^2 + y_i^2 + z_i^2}$$

$$\theta_i = \arctan\left(\frac{y_i}{x_i}\right)$$

$$\alpha_i = \arctan\left(\frac{z_i}{\sqrt{x_i^2 + y_i^2}}\right)$$

由于保护小屋 240 阻隔了扫描器的视野，所以可归因于该结构的扫描点云数据的点需要在 247 被分离和去除。这包括小屋屋顶和用于支撑该小屋屋顶的支撑梁。一个扫描器结构过滤器用于分离和去除这些点。一种扫描器结构过滤器使用一种通过确定对应于保护小屋 240 的几何形状的水平 and 垂直角度门限来分离和去除该保护小屋 240 的扫描点的方法。使用扫描点云数据的球坐标，以下方法可以接着在 247 被用于去除可归因于保护小屋 240 的错误点：

$$\alpha_i > t_\alpha$$

以下容限去除源于屋顶的支撑物的点并在水平方向的角度的基础上在 247 被应用：

$$-t_{\theta_1} < \theta_i < -t_{\theta_2} \quad (\text{用于去除接近 } \theta = 0^\circ \text{ 的点})$$

$$-t_{\theta_3} < \theta_i < -t_{\theta_4} \quad (\text{用于去除接近 } \theta = 180^\circ \text{ 的点})$$

由激光扫描器测得的距离变量可能不准确。精确度的一个决定因素为一个给定点的强度。为了改善得到的扫描点云数据的精确度，一个强度过滤器被使用。一种强度过滤器在 249 将大于用户定义的门限强度值的所有点去除：

$$I_i > t_1$$

该数据编辑装置还使用范围过滤器用于将不在预定距离范围内的点去除。一种范围过滤器通过将测得的范围与根据基本参考数据的磨机半径和磨机长度得出的在 251 的最大门限和在 253 的最小门限比较来去除扫描点云数据中的点：

$$\rho_i > t_{\rho_{\max}}$$

$$\rho_i < t_{\rho_{\min}}$$

该系统使用点云数据定向装置以改善后面所述程序的精确度。首先，一个临时点去除装置在使用保护小屋 240 的情况下被使用。一种临时点去除装置基于之前为顾及小屋支撑物 244 的存在而在 247 被去除的点的周边边界，临时地去除部分扫描点云数据。在该实施方案中，这通过临时地去除这样的点来实现，所述点基本纵向地平行于之前为顾及小屋支撑物 244 的存在而在 247 被去除的点。因此，所有在用户定义的横坐标范围内的点被临时地去除：

$$-t_y < y_i < t_y$$

这在 259 抵消了转动值装置中的偏差，为顾及小屋支撑物 244 的存在而在 247 被去除的点原本会导致该偏差。通过临时点去除装置进行的临时点去除在图 12 中被形象地描述，该图概述了当使用保护小屋 240 并且可归因于该保护小屋的点 248 在 247 被去除时扫描点云数据实例的俯视图。关于保护小屋 240 去除的点以圆形阴影区域 248 示出。在本实施方案中，被大体矩形形状 250 界定的阴影区域表示临时被去除的点。

激光扫描器 11 只是近似被置于磨机的中部，并且由此纵向 252、横向 254 和高度 268 尺寸也是近似的。因此，内部激光扫描器坐标系需要在 263 与磨机坐标系对齐。该对齐过程的一个实例形象地示于图

11. 参照图 11, 初始的扫描点云数据 256 参考激光扫描器的坐标系 258, 该坐标系 258 相对于磨机坐标系 260 被任意地定位和定向。在 263 的扫描点云转动程序用于将磨机和扫描器坐标系对齐。在完成在 263 的扫描点云转动程序之后, 该扫描点云数据基本与磨机坐标系 262 对齐。

该扫描点云转动程序需要转动值以执行转动。一个转动值装置在 263 用于计算该转动值。在该实施方案中, 转动值包括转动值软件应用程序, 该应用程序首先在 255 使用一个转换器程序将扫描点云数据转换到剩余数据的形心:

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{pmatrix}_i = \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix}_i - \begin{pmatrix} \bar{x} \\ \bar{y} \\ \bar{z} \end{pmatrix} \quad \text{其中} \quad \begin{pmatrix} \bar{x} \\ \bar{y} \\ \bar{z} \end{pmatrix} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix}_i$$

该转动值接着通过使用该扫描点云数据的协方差矩阵的特征值分解的计算器程序被确定:

$$\Lambda = MCM^T$$

其中

$$C = \sum_{i=1}^n \begin{pmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{pmatrix}_i \begin{pmatrix} x' & y' & z' \end{pmatrix}_i$$

接着根据由转动值装置产生的转动值, 使用转动值软件应用程序, 将包括在 257 被临时去除的点的扫描点云数据在 259 通过扫描点云数据转动程序转动, 由此转动程序确保 x-纵向、y-横向以及 z 高度轴一致:

$$\begin{pmatrix} x'' \\ y'' \\ z'' \end{pmatrix}_i = M \begin{pmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{pmatrix}_i$$

完成在 263 的扫描点云数据转动程序之后, 在 257 临时被去除的点在 261 使用点复位装置被复位到扫描点云数据中。在该实施方案中, 之前被临时点去除装置标记的点被复位到累积的点云数据中。

在 265 根据每个给定点的纵坐标是否超出根据磨机长度得到的门限, 重复去除多余的数据的迭代, 如果合适, 锥角:

$$-t_x < x_i < t_x$$

在 265 进行去除多余的数据的第二次迭代之后，使用倾斜修正装置在 267 确定和修正任意剩余倾斜，该倾斜修正装置包括倾斜修正软件应用程序。在 267 的倾斜修正软件应用程序在 269 关于横轴并且在 271 关于高度轴作用于点云数据。

参照图 13，一种倾斜修正装置使用如下方法：通过首先在磨机 266 的顶部分离一窄带的、平行于纵轴 252 定向的点——目的在于确保这些点基本齐平——在 269 确定和修正关于横轴的剩余倾斜。该程序可以依如下所述执行：

i. 一个提取器程序在以下用户定义的约束条件下将一组临时点 (p) 266 从凸部取出：

$$|x_i| < t_x \quad |y_i| < t_y \quad z_i > t_z$$

ii. 一个减法器程序从所取出的这组点中减去 x 坐标平均值：

$$x_i' = x_i - \bar{x} \quad \text{其中} \quad \bar{x} = \frac{1}{p} \sum_{i=1}^p x_i$$

iii. 对在所取出的这组点中的每个点，构成以下二维线方程：

$$z_i = mx_i' + b$$

iv. 一个最小二乘法计算器计算斜率的最小二乘法估计 m，为：

$$m = \frac{\sum_{i=1}^p z_i x_i'}{\sum_{i=1}^p (x_i')^2}$$

v. 一个转动角度计算器程序计算转动角度 ϕ 。图 14 中提供的图形象地描述了绕横轴 254 的典型的倾斜修正。该转动角度 ϕ 计算如下：

$$\phi = \arctan(m)$$

vi. 一个累积扫描点转动器程序接着转动该累积的扫描点数据：

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{pmatrix}_i = R_2(\phi) \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix}_i \quad \text{其中} \quad R_2(\phi) = \begin{pmatrix} \cos \phi & 0 & -\sin \phi \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin \phi & 0 & \cos \phi \end{pmatrix}$$

其次，将在磨机 264 一侧在形心高度处的一窄带的点分离，以便确保这些点基本与纵轴 252 平行。该程序可以如下所述执行：

i. 在以下用户定义的约束条件下将一组临时点 (p) 264 从凸部取出：

$$|x_i| < t_x \quad y_i > t_y \quad |z_i| < t_z$$

ii. 从所取出的这组点中减去 x 坐标平均值:

$$x_i' = x_i - \bar{x} \quad \text{其中} \quad \bar{x} = \frac{1}{p} \sum_{i=1}^p x_i$$

iii. 对在所取出的这组点中的每个点, 构成以下二维线方程:

$$y_i = mx_i' + b$$

iv. 计算斜率的最小二乘法估计 m , 为:

$$m = \frac{\sum_{i=1}^p y_i x_i'}{\sum_{i=1}^p (x_i')^2}$$

v. 计算转动角度 κ 。图 15 中提供的图形象地描述了绕高度轴 268 的典型倾斜修正。该转动角度 κ 计算如下:

$$\kappa = \arctan(m)$$

vi. 接着转动该扫描点云数据:

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{pmatrix}_i = R_3(\kappa) \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix}_i \quad \text{其中} \quad R_3(\kappa) = \begin{pmatrix} \cos \kappa & \sin \kappa & 0 \\ -\sin \kappa & \cos \kappa & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

在本实施方案中, 划分装置在 273 给扫描点云数据分派标签为属于磨机端面、在 270 的装球或者在 272 的凸部。

一个相对端面分割装置用于将扫描点云数据中可归因于在 275 的磨机端面的点分离并标记, 其使用一端面分割软件应用程序。该相对端面分割装置根据基本参考数据指示该磨机为平面端面还是锥形端面而不同。

在平面端面的情况下, 使用平面端面分割装置。该平面端面分割装置在 277 使用一端面分割软件应用程序, 该端面分割软件应用程序使用频率计算器程序计算在累积的扫描点云数据中的每个纵 252 坐标的频率。该数据可以表现为一直方图。在图 16 中示出了一典型的这种直方图的实例。左边和右边的尖峰表示正的和负的纵坐标的最大所述频率 274。这些对应于磨机端面的尖峰被定位。该尖峰值位置 274, 在通过门限加法程序加上或减去预定门限值的情况下, 确定将点分配到

供给端面 282 或排出端面 284 的门限 276。在该实施方案中，左边的尖峰确定供给端面：

$$X_i < X_{PL}$$

并且右侧的尖峰确定排出端面：

$$X_i > X_{PR}$$

在锥形端面的情况下，在 279 使用锥形端面分割装置。在该实施方案中，锥形端面分割装置使用端面分割软件应用程序的频率计算器程序计算在累积的扫描点云数据中的每个纵 252 坐标的频率。该数据也可以表示为一直方图。图 17 示出了一典型的这种直方图的实例。纵坐标的所述频率的正负尖峰 280 通过最大频率计算器程序计算。

从这些正的和负的尖峰 280，直方图通过最小值位置计算器程序朝着扫描器 11 的位置向内搜索最小值位置 278，该最小值位置 278 对应于锥形端面与凸部相交的位置。

最小值位置 278，在通过门限加法程序加上或减去门限值的情况下，由分割程序用来确定将点分配到平面端面的门限 290。在该实施方案中，左边的最小值位置确定供给端面：

$$X_i < X_{mL}$$

并且右边的最小值位置确定排出端面：

$$X_i > X_{mR}$$

在对应于磨机端面的扫描点云数据通过相对端面分割装置在 275 被分割的情况下，表示装球 270 的点可以使用不固定对象分割装置从扫描点数据中被分割，该不固定对象分割装置包括不固定对象软件应用程序用于分割在累积的点云数据中可归因于不可固定地连接到磨机的对象的点。如果在 345 存在装球，那么数据编辑装置适用于确定和分割这部分扫描点云数据。

为了确定装球 270 的点，一个半径频率计算器计算在 281 计算出的每个圆柱半径值的频率，其中：

$$r_i = \sqrt{y_i^2 + z_i^2}$$

每个圆柱半径的该频率可以形象地通过直方图描述。图 18 示出了一典型的这种直方图的实例。圆柱半径 284 的最大频率表示凸部衬筒

272 的点，如尖峰值确定程序所确定的。在该尖峰位置处的半径 284，在减去用户定义的容限的情况下，用作将点分配到装球的门限 286：

$$r_i < r_p$$

在我们图 18 的直方图实例中，从右边数第二个凸起 (lobe) 288 包括装球的点；在该第二个凸起 288 左边的更小的凸起包括源于三脚架、保护小屋 240 或该保护小屋的支撑梁 246 的点。

参照图 19，在 283 的分割装球的点中的第二步包括：

- i. 使用分割拟合程序通过基于特征值的分解将所有装球 270 的点拟合到一平面。特征值分解如之前所述：

一个扫描点云转换程序将 m 个点的整个点云转换到形心：

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{pmatrix}_i = \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix}_i - \begin{pmatrix} \bar{x} \\ \bar{y} \\ \bar{z} \end{pmatrix} \quad \text{其中} \quad \begin{pmatrix} \bar{x} \\ \bar{y} \\ \bar{z} \end{pmatrix} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix}_i$$

一个特征值分解程序确定装球点云的协方差矩阵的特征值分解：

$$\Lambda = MCM^T$$

其中

$$C = \sum_{i=1}^n \begin{pmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{pmatrix}_i \begin{pmatrix} x' & y' & z' \end{pmatrix}_i$$

- ii. 该平面模型由 $ax+by+cz-d=0$ 给出，其中 (a, b, c) 是对应于最小特征值的特征向量的元素 (element)，且

$$d = \begin{pmatrix} a & b & c \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \bar{x} \\ \bar{y} \\ \bar{z} \end{pmatrix}$$

- iii. 使用一个剩余偏差计算程序，根据每个点的最优拟合平面计算剩余偏差 v ：

$$ax_i + by_i + cz_i - d = v_i$$

- iv. 使用一个点丢弃程序，以丢弃平面 294 之上的之后可被丢弃的点。被丢弃的点是那些残差 (residual) 大于残差的标准偏差两倍且在平面 292 之上的点，也即仅仅为内部的异常点：

$$v_i < -2\sigma$$

其中 σ 为最小特征值的平方根（注：对于装球表面上方的点， v_i 的符号为负，对于装流表面下方的点， v_i 的符号为正）。

在 283 的第二步可接着在 285 重复一次或多次迭代以进一步细化装球数据组。在该实施方案中，该程序重复五次。

该程序形象地在图 19 中示出。在该装球部分的云数据实例中，该图示出了：

- i. 源于三脚架腿的点和多余的数据点 296；
- ii. 用于去除多余的内部数据点的门限 292；以及
- iii. 对于装球数据的最优拟合平面 294。

回到图 3 的数据编辑装置流程图，如果在 287 装球在扫描点云数据中不存在，如果激光扫描器 11 使用了三脚架，那么在 289 去除“三脚架”的点。在该实施方案中，这通过从扫描点云数据中去除来自激光扫描器 11 之下的特定锥形的点实现：

$$\alpha_i < t_{\alpha_{\text{cone}}}$$

已从扫描点云数据中分割出了磨机端面和装球的点，剩余的数据为对应于在 291 的凸部的点。一个凸部分割装置通过利用凸部分割软件应用程序使用这些点作为其计算的基础。

在该实施方案中，凸部分割装置的第一步是通过使用圆柱体拟合程序去除磨机位置方面的任何偏心 and 倾斜。在该实施方案中，该圆柱体拟合程序在 293 针对所有凸部点拟合一圆柱体，如图 20 所示。然后，数据被相应地转换。

圆柱体拟合程序示于图 20，且包括最优拟合圆柱体轴线 298 和最优拟合圆柱半径 (r) 300 的描述。在 293 的圆柱体拟合程序包括圆柱体拟合软件应用程序，使用以下方法：

- i. 对每个凸部点，使用一个方程形成程序构成以下方程：

$$\|(\vec{p}_i - \vec{q}) \times \vec{n}\| - r = 0$$

其中，给定观察点向量

$$\vec{p}_i = (x_i \quad y_i \quad z_i)^T$$

给定圆柱体位置向量

$$\vec{q} = (0 \quad y_c \quad z_c)^T$$

以及给定圆柱体轴线向量

$$\vec{n} = (a \quad b \quad c)^T$$

ii. 一个加权约束加法程序，用于增加加权约束 $a^2+b^2+c^2-1=0$ 并按参数的最小二乘方求解

iii. 一个圆柱体位置转换程序用于通过圆柱体位置向量转换整个点云

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{pmatrix}_i = \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix}_i - \begin{pmatrix} 0 \\ y_c \\ z_c \end{pmatrix}$$

iv. 一个转动值计算器程序用于计算转动角度 ϕ 和 κ ：

$$\phi = \arctan\left(\frac{c}{a}\right) \quad \text{和} \quad \kappa = \arctan\left(\frac{-b}{a}\right)$$

并且一个扫描点云转换程序用于转换整个点云

$$\begin{pmatrix} x'' \\ y'' \\ z'' \end{pmatrix}_i = M^T \begin{pmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{pmatrix}_i \quad \text{其中} \quad M = R_3(\kappa)R_2(\phi)$$

执行的下一步是在 295 的粗略凸部分割，由此圆柱半径小于容限的点被去除。

$$r_i < t_{rc}$$

回到图 4 上的流程图，如果基本参考数据在 301 包括喉部衬筒半径，那么具有小于特定喉部衬筒半径的圆柱半径的、被分割和标记为磨机端面的扫描点云数据的点在 303 被去除：

$$r_i < r_{TL}$$

基于在 277 的平面端面方法或在 279 的锥形端面方法，将磨机端面从扫描点云数据分割到磨机端面的程序，在 305 重复。由于自在 275 的分割的第一次迭代以后在进行期间的扫描点云数据的转换，该第二次迭代更加精确。

回到图 4 上的流程图，如果在 297 在磨机中不存在装球，那么可以在 299 使用一个基于半径的过滤器执行精细的凸部分割。在该实施方案中进行精细分割的方法包括去除任意位于表示到衬筒的最小半径

的半径内部的剩余假点或者位于磨机外部的点。

$$r_i < t_{rf} \quad \text{或} \quad r_i > t_{bol}$$

这在图 21 中示出，由此弧线代表用于去除磨机外部的错误数据和/或多余数据的衬筒半径门限 302 以及用于去除磨机内部的错误数据和/或多余数据的半径门限 304 的背面。

凸部点分割的第一步为通过在 293 针对所有凸部点拟合一圆柱体并且相应地转换数据，去除在磨机位置方面的任意偏心 and 倾斜，这些接着在 307 被重复。

在扫描点云数据更加精确地被定向的情况下，之前被分割、被去除或被分派标签的点被复位到单个扫描点云数据组 309 中，之前与下述项有关地被去除的那些点除外：

- i. 在 247 的保护小屋 240；
- ii. 在 289 的源于三脚架腿的点 296；
- iii. 在 249 的强度门限值；
- iv. 具有根据基本参考数据的磨机半径和磨机长度得到的在 251 的最大门限和在 253 的最小门限的测得范围的限定距离范围。

接着在 311 重复以下之前已描述过的步骤：

- i. 通过将测得的范围与根据基本参考数据的磨机半径和磨机长度得到在 251 的最大门限和在 253 的最小门限相比较，去除扫描点云数据中的点；
- ii. 在 275 该程序将扫描点云数据中可归因于磨机端面的点标记；
- iii. 在 345 如果存在装球，那么确定并分割扫描点云数据的这部分；
- iv. 在 293 通过针对所有凸部点拟合一圆柱体并相应地转换数据，去除磨机位置方面的任意偏心 and 倾斜。
- v. 在 295 进行粗略凸部分割，由此具有小于容限的圆柱半径的点被去除
- vi. 如果在 301 基本参考数据包括喉部衬筒半径：
 - a. 在 303 具有小于规定喉部衬筒半径门限 308 的圆柱半径的、被分割和标记为磨机端面的扫描点云数据的点被去除；以及
 - b. 基于在 277 的平面端面方法或者在 279 的锥形端面方法，将

磨机端面从扫描点云数据分割到磨机端面的程序。

vii. 如果不存在装球，那么在 299 使用基于半径的过滤器执行凸部端面的精细分割。

在完成这些迭代时，该扫描点云数据由此在 313 被分割为可归因于磨机端面、凸部和装球（如果存在装球）的数据。回到图 6，并且参照图 4 和 5，如果在 315 基本参考数据包括环形衬筒半径，那么在磨机端面分割中大于环形衬筒半径门限 306 的点在 317 被重新分配到凸部点分割 $r_i > r_{RL}$ 。

如果基本参考数据在 319 包括喉部衬筒半径，那么在磨机端面分割中小于喉部衬筒半径门限 308 的点在步骤 321 被从扫描点云数据中去除 $r_i < r_{TL}$ 。

参照图 7，凸部分割装置还包括在 323 提供的一种使用圆锥形进一步细化磨机端面和凸部之间的点的分割的方法。在该实施方案中，该进一步细化的方法通过以下步骤实现：

i. 一个形心细化器程序，用于通过使用相同数量的点（以防止偏差）计算凸部点云的每个端面的平均值来细化点云在纵向尺寸中的形心

$$\bar{x}_L = \frac{1}{p^-} \sum_{i=1}^{p^-} x_i^- \quad \text{使得} \quad \frac{p^-}{n} \geq t_p$$

并且

$$\bar{x}_R = \frac{1}{p^+} \sum_{i=1}^{p^+} x_i^+ \quad \text{使得} \quad \frac{p^+}{n} - \frac{p^-}{n} \leq t$$

其中⁻和⁺分别表示来自凸部衬筒点云左端面和右端面的点；

ii. 一个扫描点云转换程序，用于通过这两个平均值的平均值转换整个点云

$$x'_i = x_i - \bar{x} \quad \text{其中} \quad \bar{x} = \frac{\bar{x}_L + \bar{x}_R}{2}$$

iii. 一个圆限定程序，用于限定一个圆，该圆是在衬筒背面的（BOL）圆柱形凸部表面和 BOL 锥形或平面端面表面的相交圆

iv. 一个锥形体限定程序，用于限定一个具有 45° 的半顶角的、以上述圆为底并且顶点在该圆的凸部侧的锥形体。图 24 中提供了这种

锥形体的形象描述。

v. 一个点分配程序，用于将锥形体内的点分配到给定磨机端面；那些在锥形体外的点被分配到凸部。

在进一步细化了扫描点云数据的凸部和磨机端面点分割之后，可在 325 执行最后的多余外部点去除。

对于在 327 的已分割凸部点，圆柱半径超出规定 BOL 半径的点在 329 被去除： $r_i > r_{BOL}$

纵坐标绝对值超出规定磨机长度一半的点在 331 也被去除：

$$|x_i| > \frac{L}{2}$$

在平面端面磨机的情况下，纵坐标绝对值超出规定磨机长度一半的点在 333 被去除：

$$|x_i| > \frac{L}{2}$$

在锥形端面磨机的情况下，构造位于距磨机中心距离为已知磨机长度一半的位置的顶点。给定设计数据锥角，从该顶点构造 BOL 表面的锥形体。该方法形象地示于图 25。属于磨机端面但落在该锥形体之外的点在 335 被去除。

如果存在装球 282，那么在 343 执行最终细化。参照图 22，重复以下程序若干次：

i. 将所有装球点通过基于特征值的分解拟合到一平面 310，如前面在 283 所述；

ii. 为残差的标准偏差的 3 倍的异常点容限用于去除在最优拟合平面 312 以上和以下的点：

$$|v_i| < 3\sigma$$

在 343 的这些步骤可接着重复以进行一次或多次迭代，以进一步细化装球数据组。在该实施方案中，该程序重复一次。

来自数据编辑装置的最终输出是在 337 的可归因于磨机端面的一组点（示于图 8b 和 8c）、在 339 的可归因于凸部的一组点（示于图 8a）以及如果存在的话在 341 的可归因于装球的一组点（示于图 8d）。

在该磨机使用次级磨碎系统的情况下，这些不可固定地连接到该

表面的对象的体积可以有利地通过提供一个不可固定地连接的体积测量装置来测量。两种在磨机中可能出现的不可固定地连接的对象为一组球和矿石碎块，它们共同构成本说明书中所称的装球。

在这种情况下，数据处理系统包括一个装球体积测量装置。该装球体积测量装置根据以下原则工作，即之前通过数据分割装置获得的代表装球表面的一组点，通过最小二乘法拟合多项式或其他由函数 $f(X, Y, Z)$ 表示的合适的模型建模。装球体积 V_{BC} 之后通过计算在表面 $(f(XYZ))$ 和磨机端面间的最优拟合圆柱体 c 之间的体积差测得，即

$$V_{BC} = \iiint_V [f(X, Y, Z) - c(X, Y, Z)] dV$$

该处理软件 19 还包括一个球-矿石辨别装置用于确定球与矿石的比。根据球-矿石辨别装置，在代表装球表面的这组点中的每个点通过曲率分析被分类为属于球或属于矿石碎块。对于在该组中的每个点，位于其紧邻位置的预定数量的点构成的子集 k 被定位。根据该子集进行包括主曲率和曲率变化在内的局部曲率度量的计算。如果一个点的主曲率在预定容限内相等，那么该点被标记为属于球；否则，该点属于矿石碎块。在邻域内的恒定曲率变化被用作进行标记的另一标准。

对每个点，通过球分析装置在该点的具有 k 个点的邻域内进行进一步的分析，从而将属于相同标记（即，球或矿石）的邻近点集合在一起。在该分析中使用曲率变化以确定邻近球之间的边界。结果为许多包含在单独球上的点的数据子集和许多包含在矿石碎块上的点的数据子集。

这些数据子集结果用于通过将衬筒和装球表面之间的距离与磨机的几何形状化为因素，估计在表面扫描之下的物质的组成。

在一个可供选择的实施方案中，通过使用顶面数据云作为分析下面的装球剩余物的可能成分的基础而获得更加精确的估计。

该数据处理系统还包括球尺寸测量装置用于计算磨机中球的尺寸。对于球点子集中的每个子集，球的尺寸可以如下测量。最小二乘法用于将该子集数据拟合到一球面，该球面的分析模型被给定为

$$(X_i - X_c)^2 + (Y_i - Y_c)^2 + (Z_i - Z_c)^2 - R^2 = 0$$

其中 (X_i, Y_i, Z_i) 为属于该子集的点 i 的坐标， (X_c, Y_c, Z_c) 为球面中心的坐标，且 R 为球面半径。 R 和 (X_c, Y_c, Z_c) 构成要根据子集

数据估计的参数。

许多磨机装有测量磨机和其容纳物的总质量 M_T 的测压元件或其他设备。该质量包括衬筒质量 M_L 、装球质量 M_{BC} 以及其他磨机构件（轴承、壳体、螺栓等）的质量 M_E ：

$$M_T = M_{BC} + M_L + M_E$$

所述其他磨机构件的质量 M_E 为一已知的设计参数。磨机衬筒的质量根据磨机衬筒密度 ρ_L 和磨机衬筒体积 V_L 算得，其中磨机衬筒密度 ρ_L 为一已知设计参数：

$$M_L = \rho_L V_L$$

磨机衬筒体积通过已得到的衬筒厚度测量值在可见的磨机表面上的积分算出，所述可见的磨机表面可能是不完整的，在这种情况下，将所述可见的磨机表面乘以一个合适的因子以获得完整磨机的体积。因此，装球的质量可以计算如下：

$$M_{BC} = M_T - \rho_L V_L - M_E$$

装球质量进一步被分解为矿石质量 M_{ore} 和球质量 M_{balls} ，

$$M_{BC} = M_{ore} + M_{balls}$$

矿石的密度 ρ_{ore} 和球的密度 ρ_{balls} 为已知的设计参数，所以装球质量可以表示为

$$M_{BC} = \rho_{ore} V_{ore} + \rho_{balls} V_{balls}$$

进一步，从装球测量装置已知装球的体积：

$$V_{BC} = V_{ore} + V_{balls}$$

因此，矿石和球的体积可以根据这两个方程确定并且用于计算球与矿石的比。

排出端面衬筒包含容许碎矿石通过的孔。在一些磨机中这些孔远小于球的直径，然而在另一些磨机中这些孔大得多（即，尺寸比得上球的尺寸）并且这些孔的测量很重要。

在这种情况下，该数据处理系统包括一个孔测量装置用于测量磨机表面中的孔的尺寸。排出端面孔可以布置在多个从中心向外辐射的扇形面 341 中，如图 26a 所示。

由于篦条筛孔的图案绕排出端面重复，初始数据处理被限定在角

宽度等于一个扇形面的区域，如图 26b 所示。

使用局部曲率分析、特征值分析、强度分析或者其结合在该扇形面中探测数据边缘。对应于一个特定篦条筛孔的所有边缘点集合到一起作为一个点云数据子集。图 27a 示出了排出端面的被分割的点云数据，且图 27b 示出了一个篦条筛孔 343 的边缘被探测出的相同点云数据。根据该子集计算最小宽度和最大宽度。针对扇形面中的所有篦条筛孔，重复该步骤。接着针对下一篦条筛扇形面中的所有孔重复该过程。

可以认识到，本发明的范围并不限于本说明书所述的特定实施方案。重要地，本发明并不限于在任何可获得的磨机类型中绘制和测量磨机衬筒的厚度。实际上，可以预期使用相同原理的其他实施方案，其用于其他的应用，诸如容器和尤其常用于工业设备的结构，用于相对于一基准绘制和/或测量表面位移。

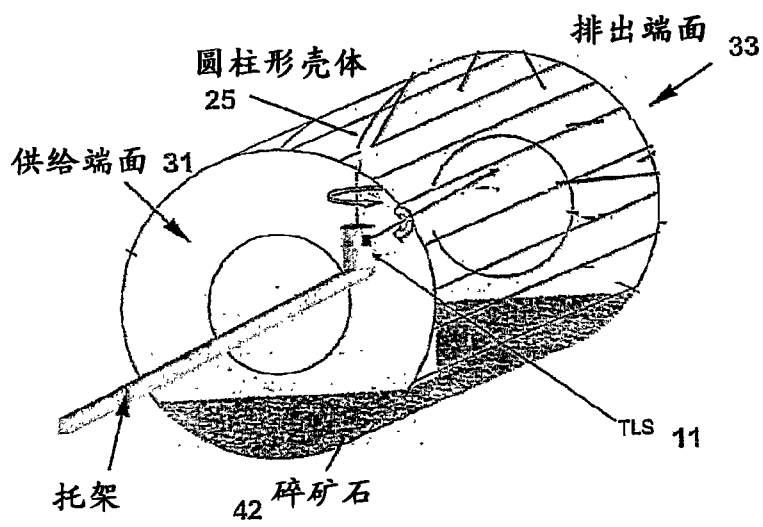


图 1

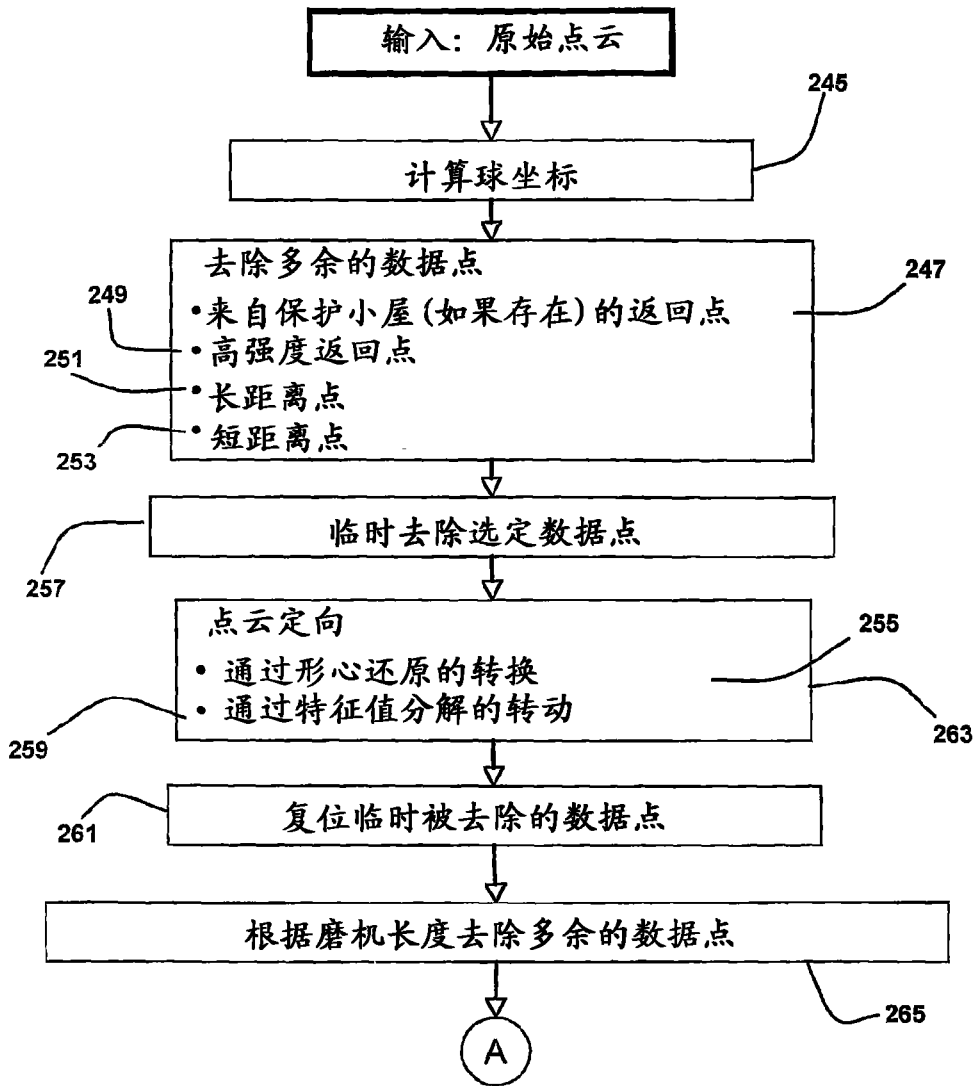


图 2

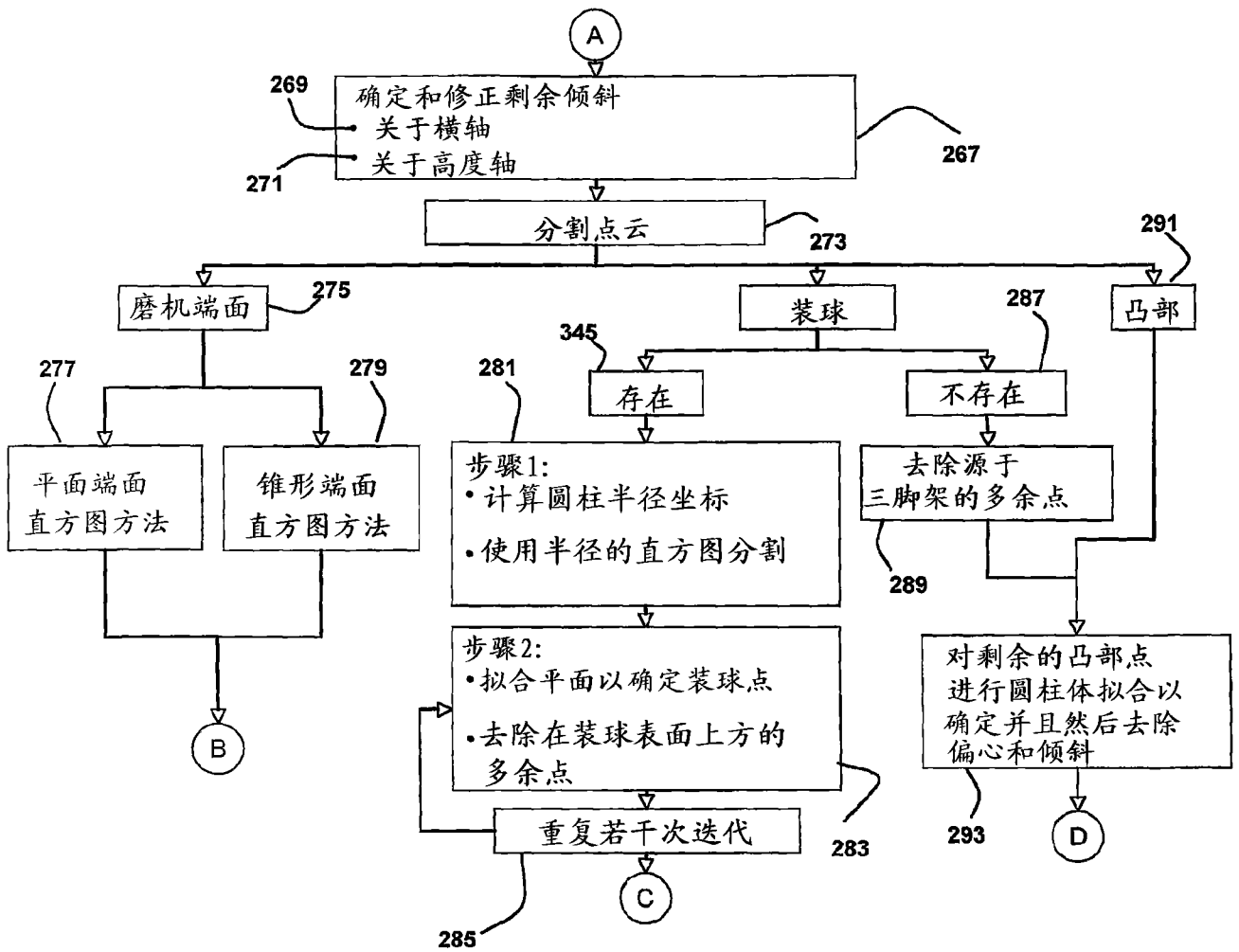


图 3

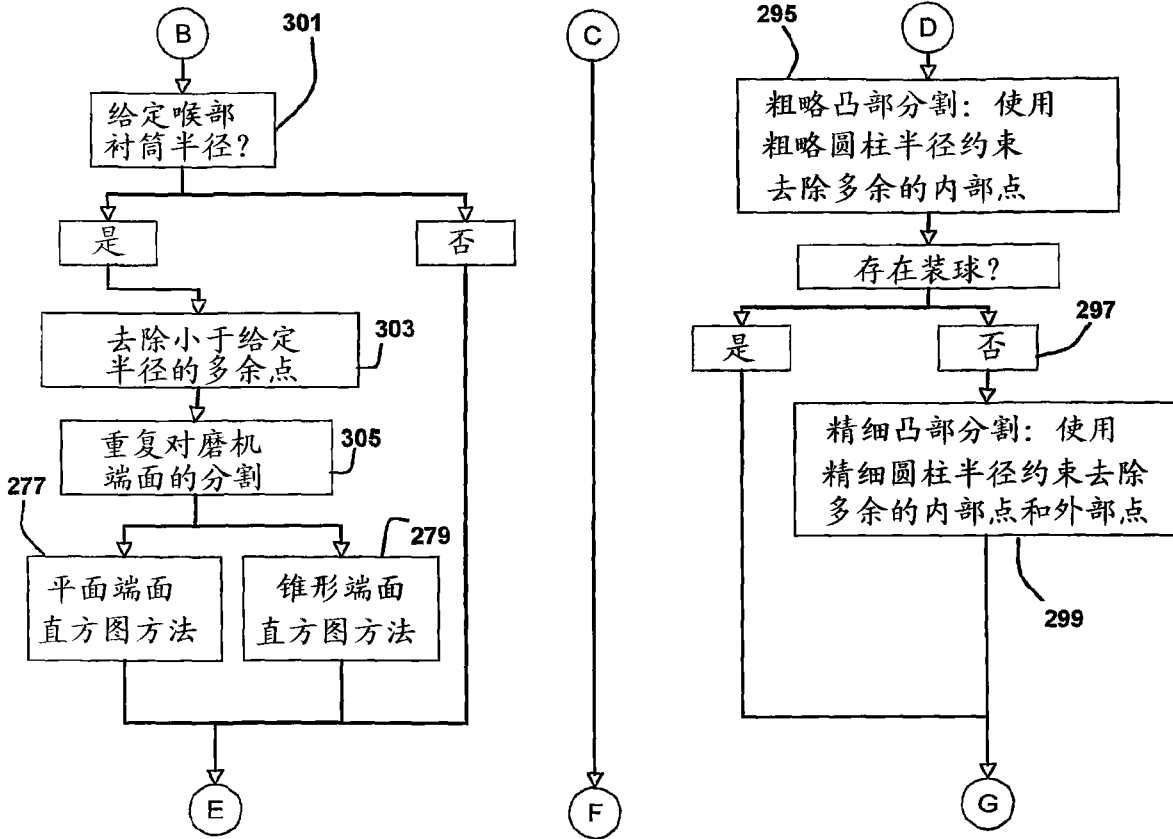


图 4

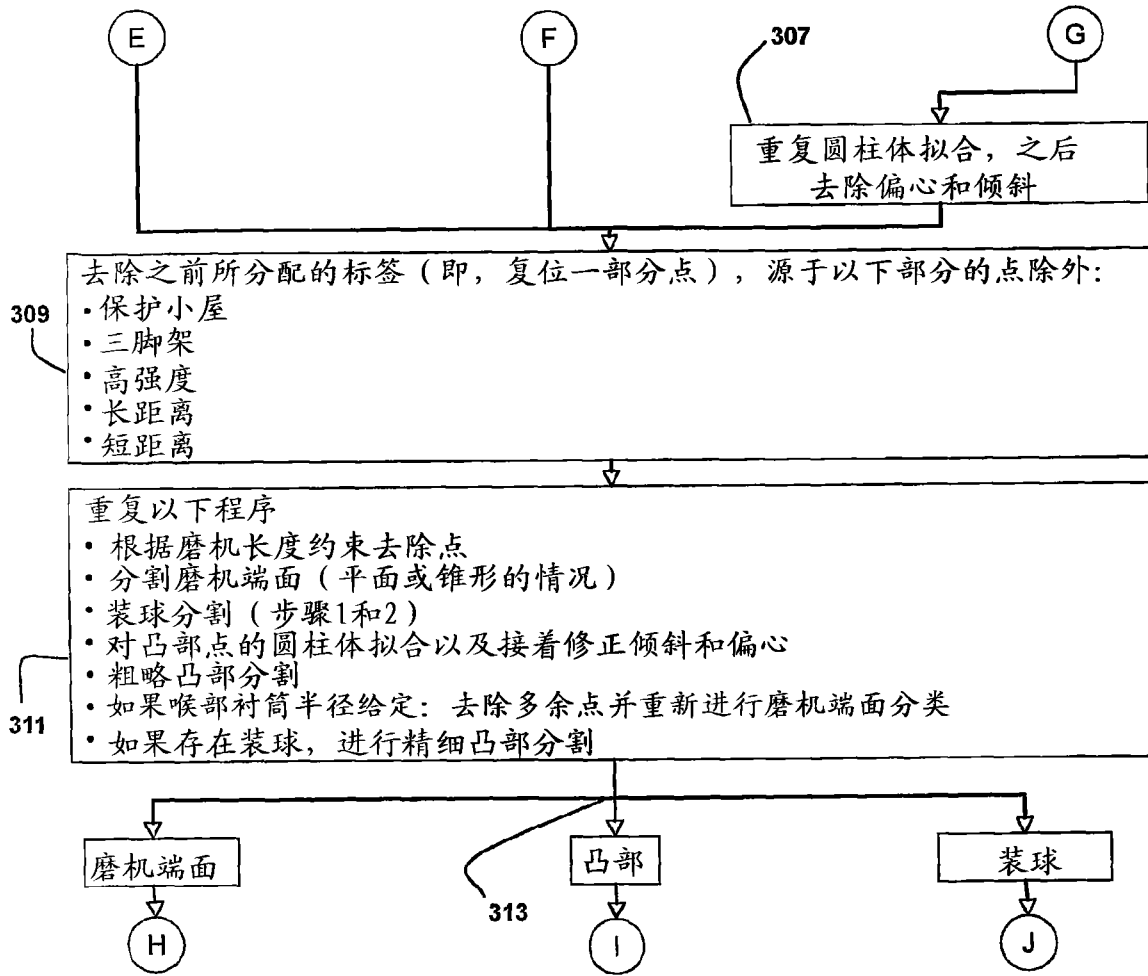


图 5

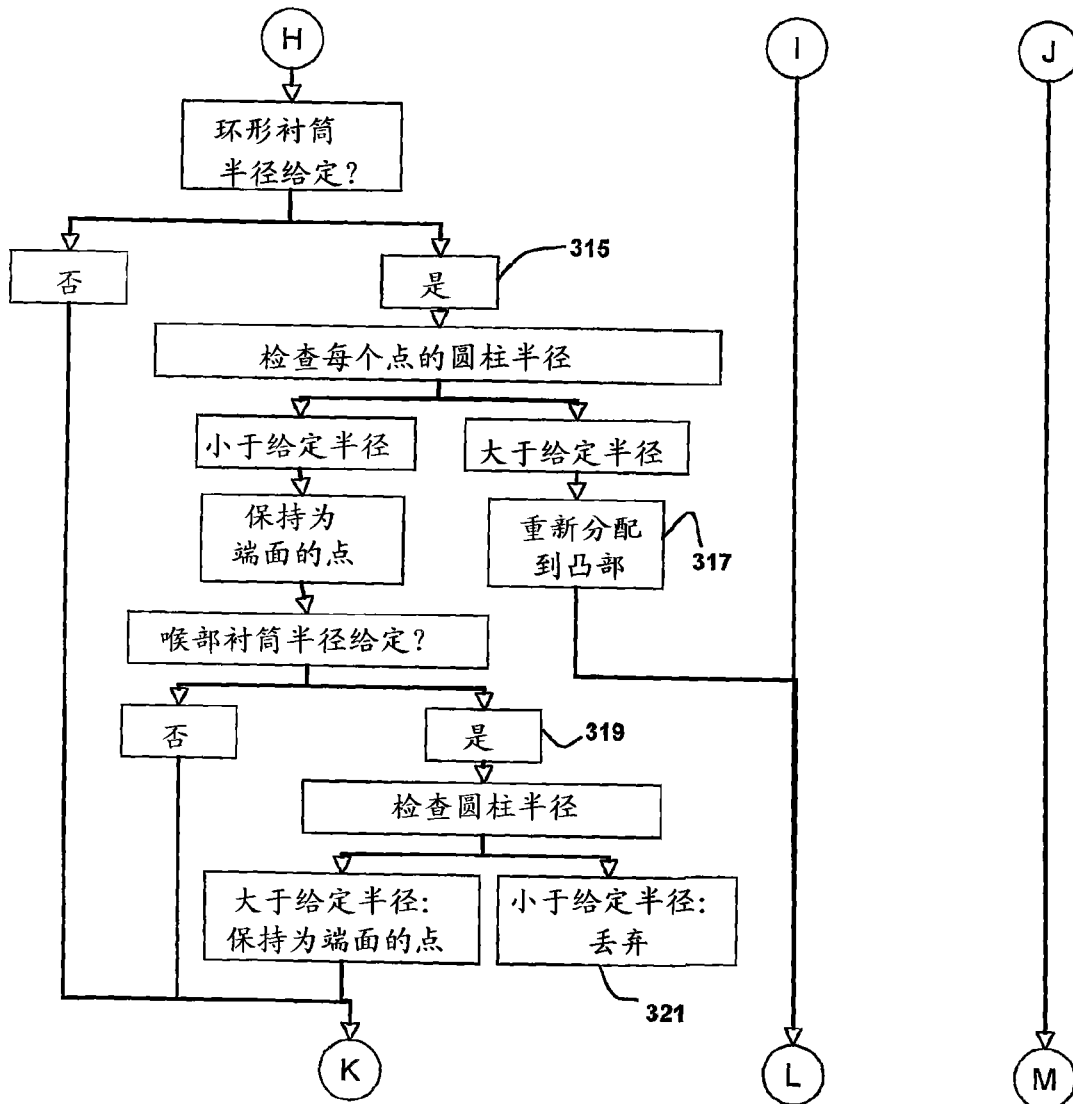


图 6

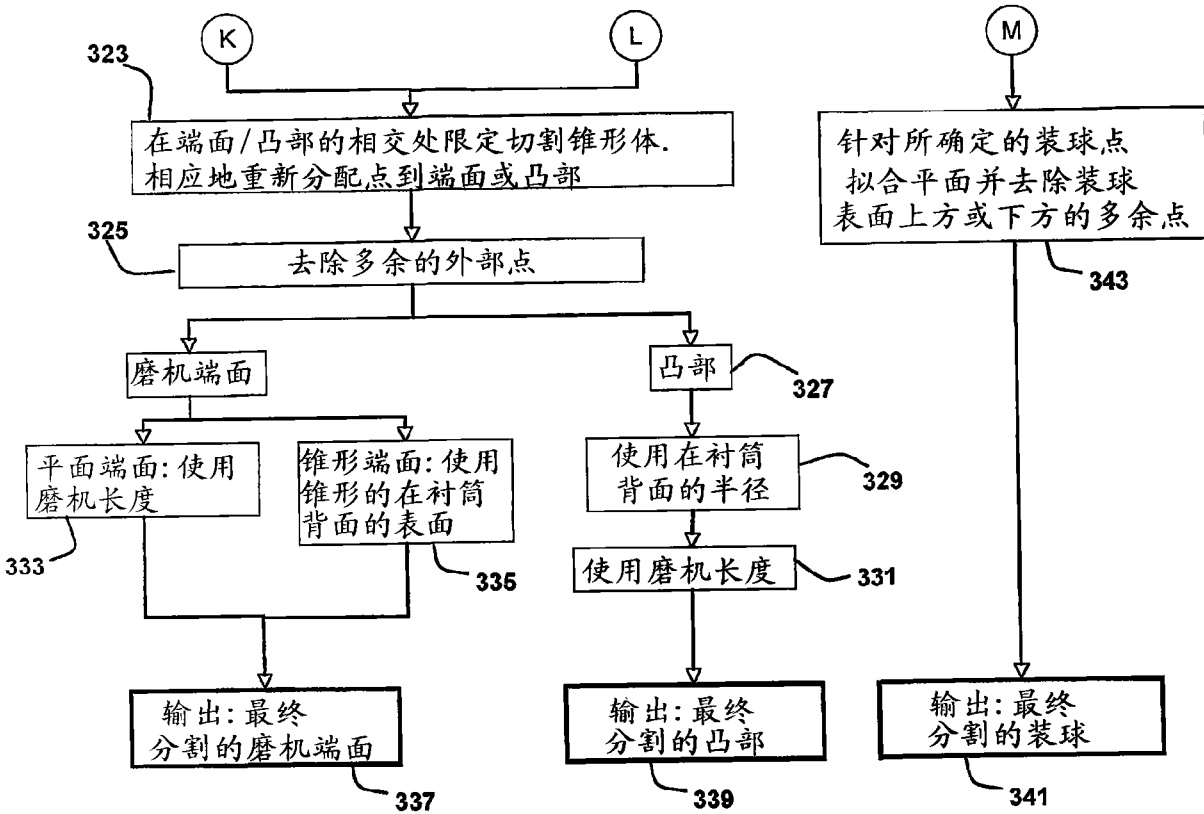


图 7

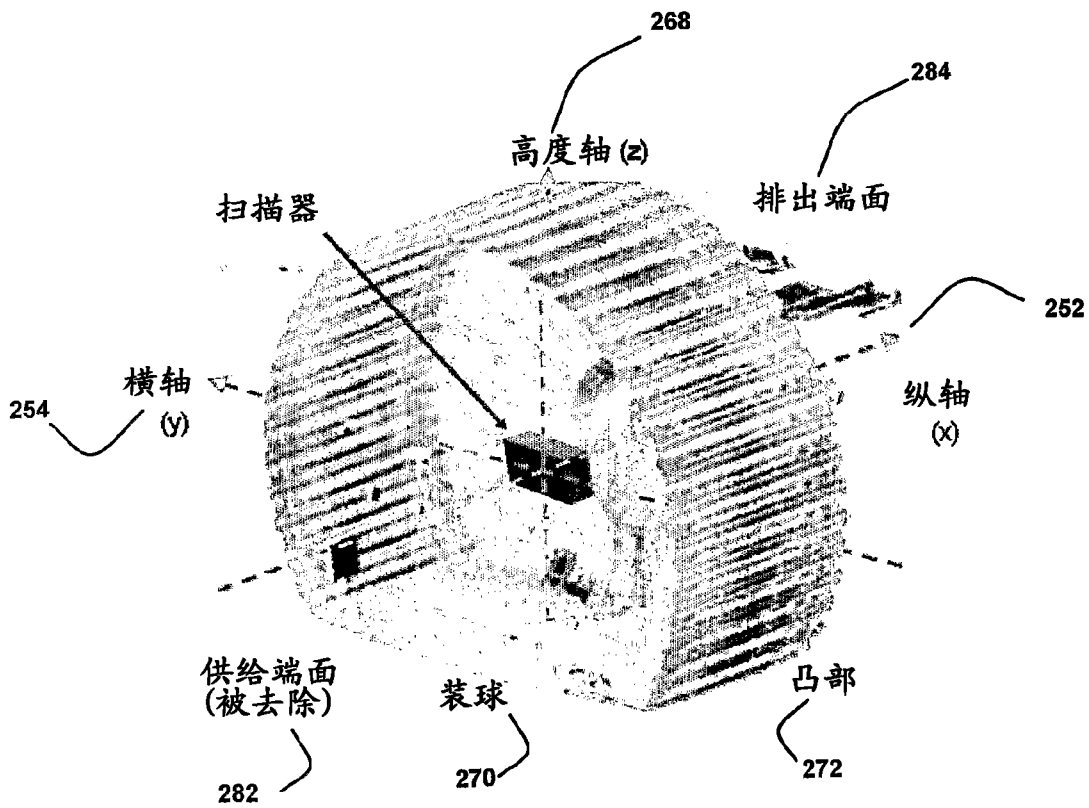
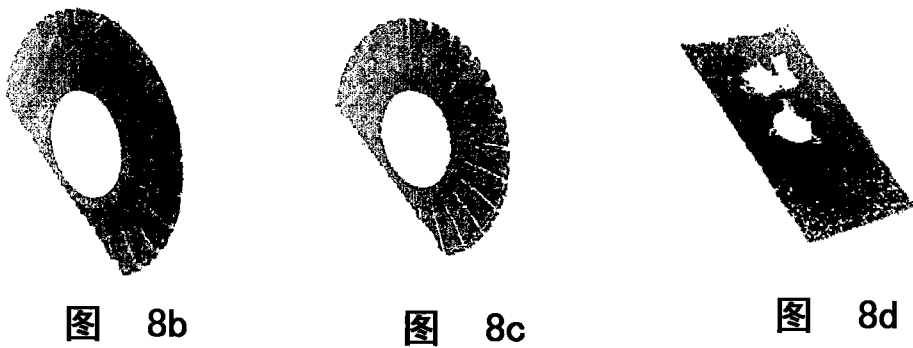
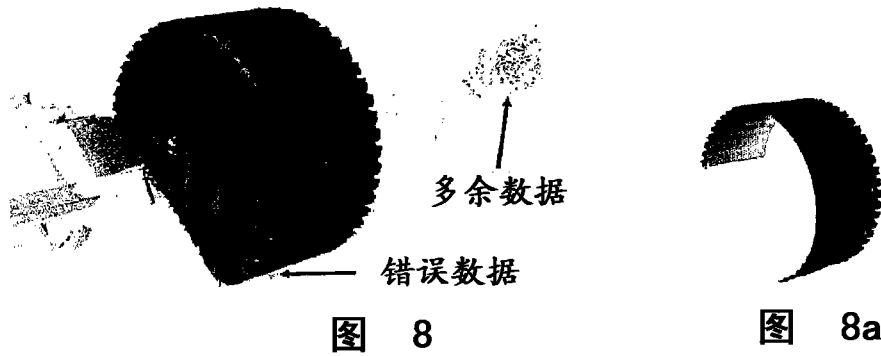


图 9

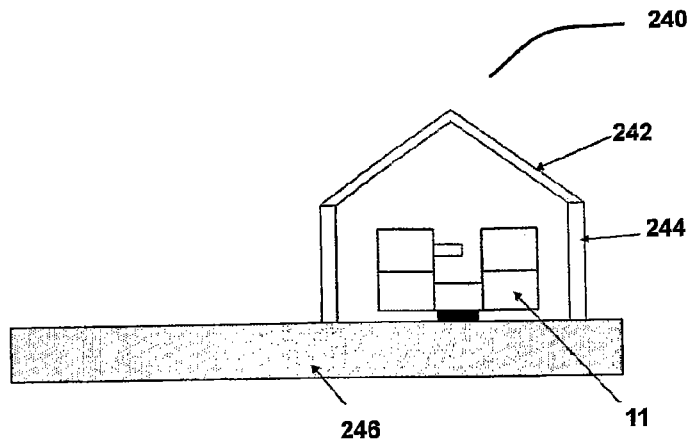


图 10a

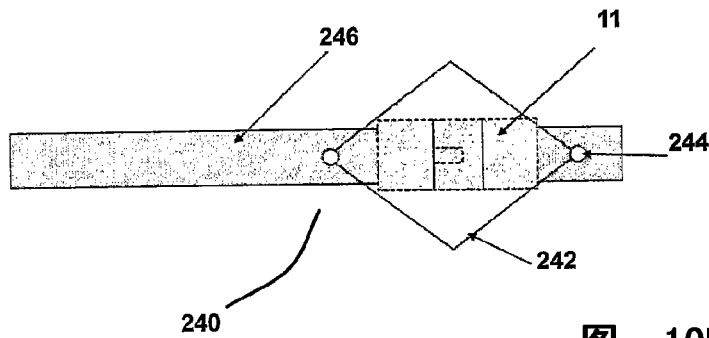


图 10b

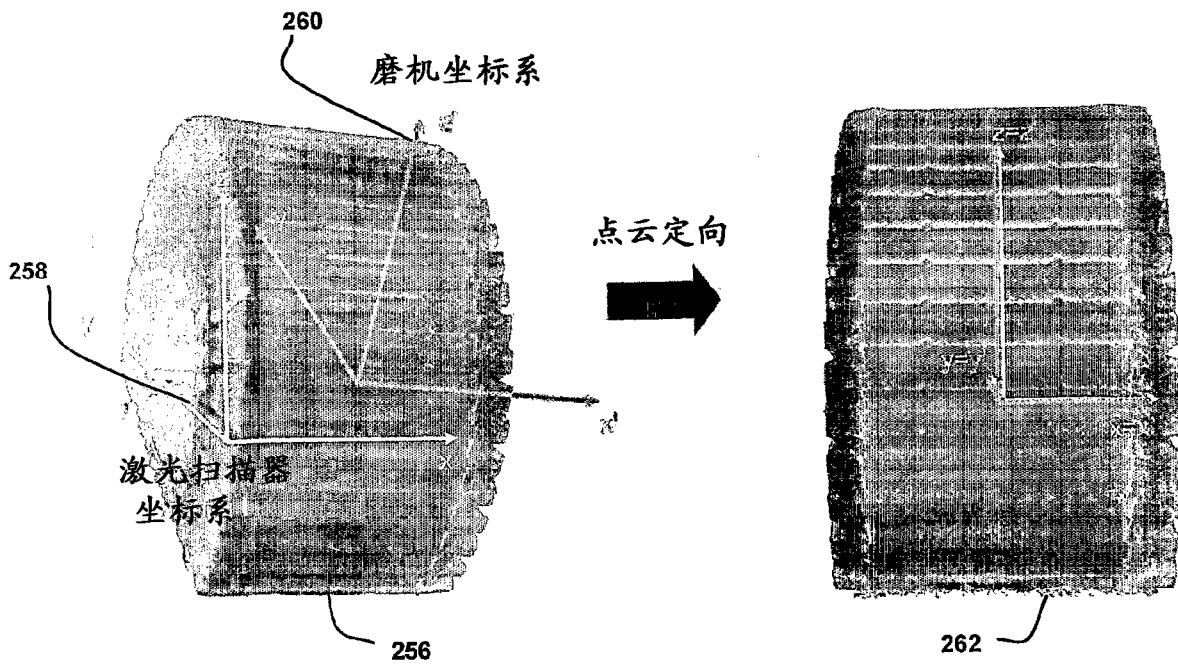


图 11

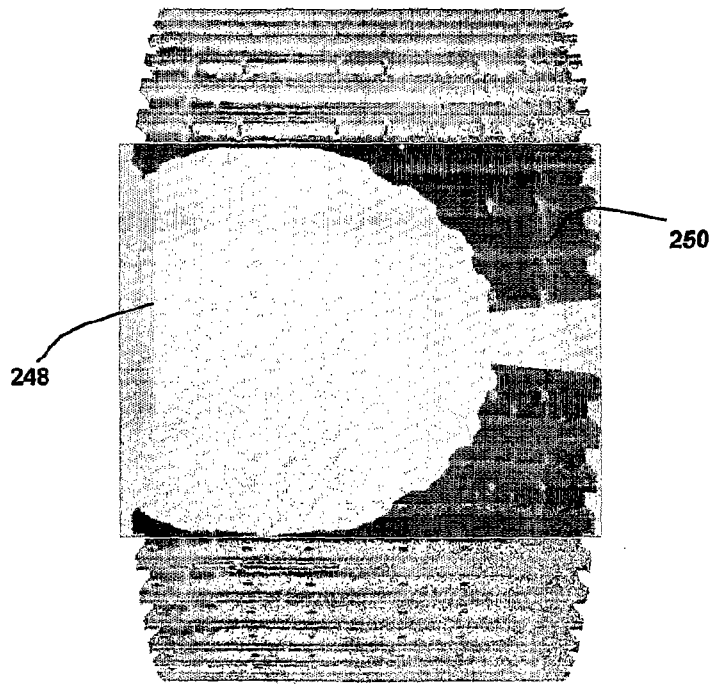


图 12

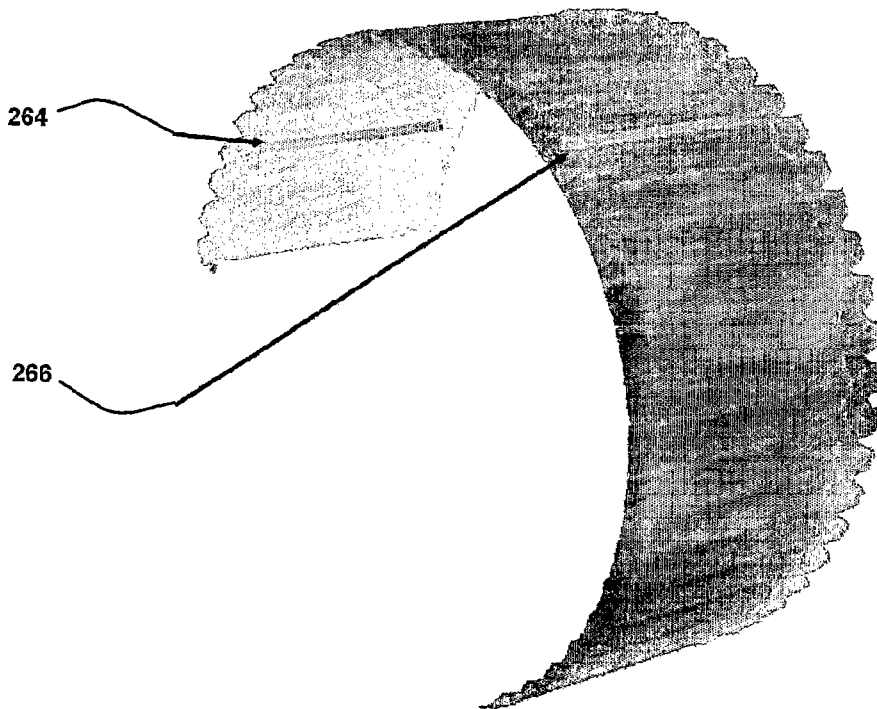


图 13

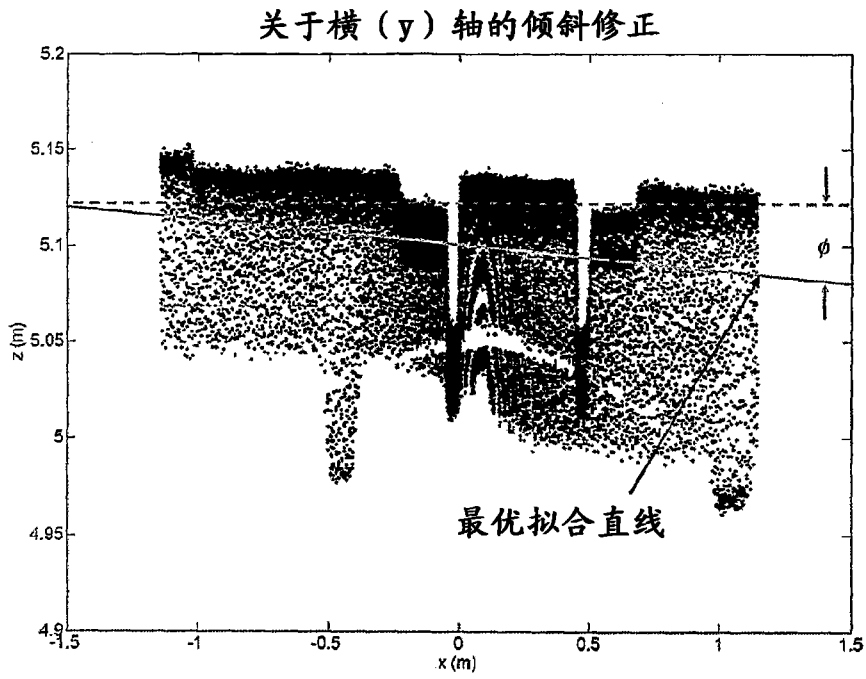


图 14

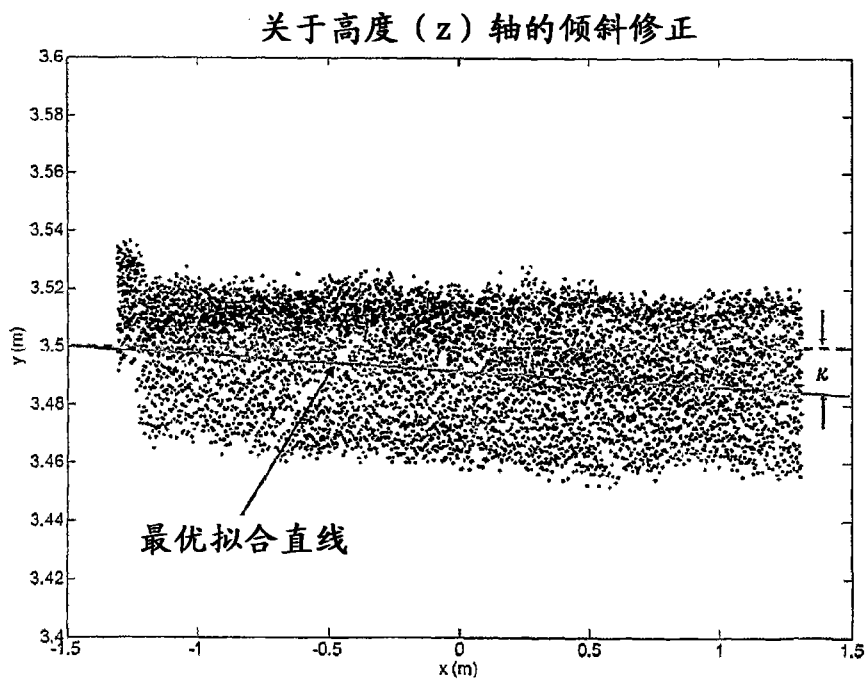


图 15

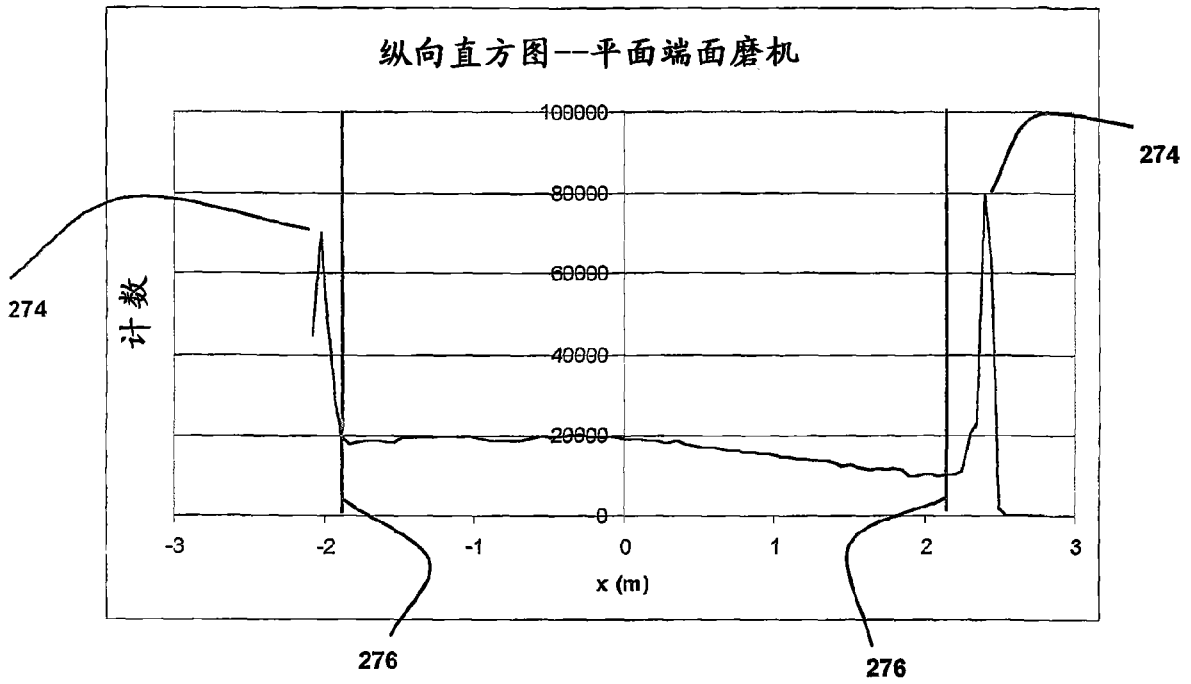


图 16

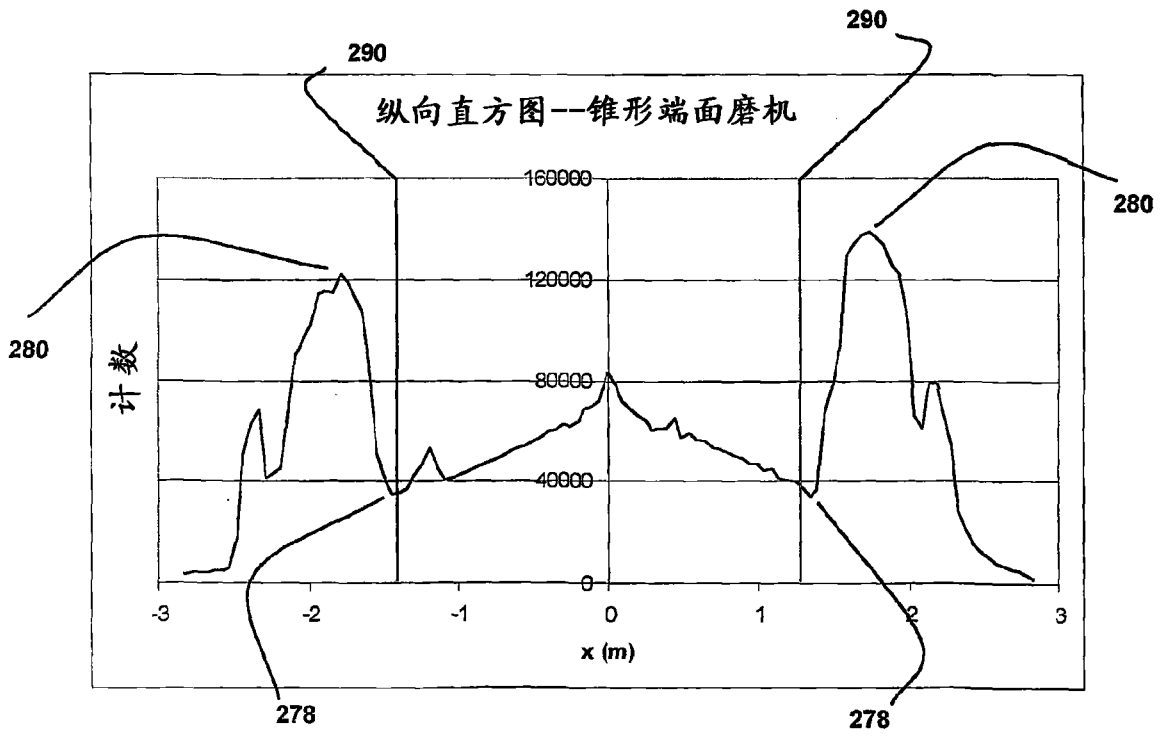


图 17

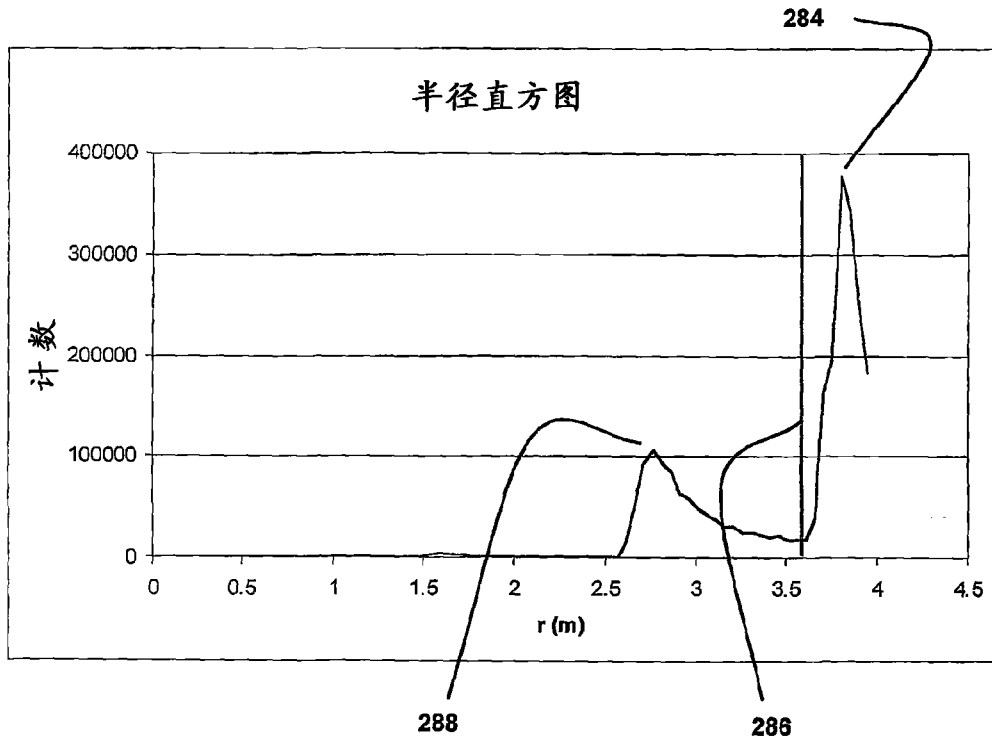


图 18

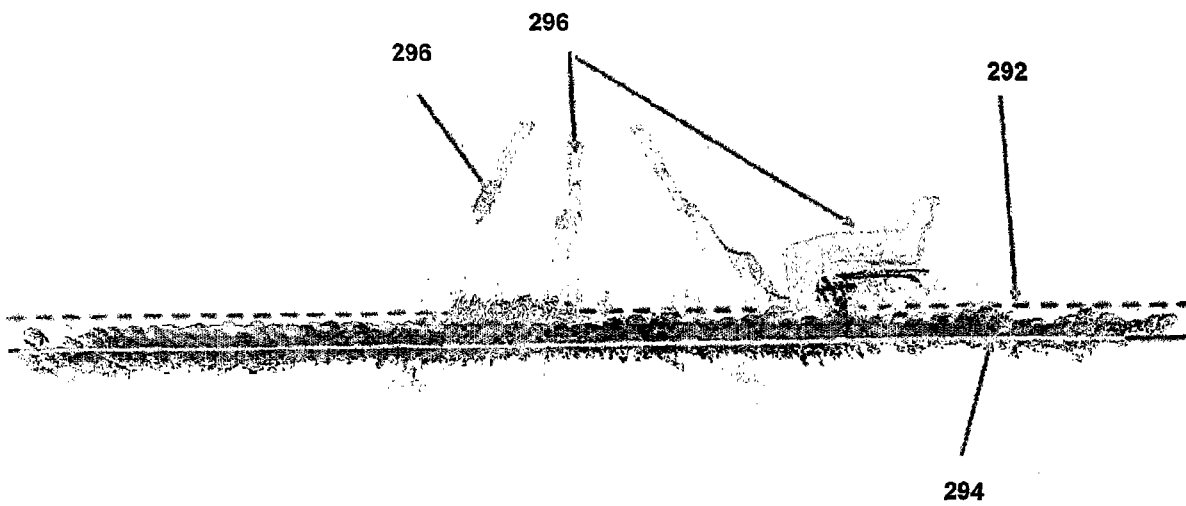


图 19

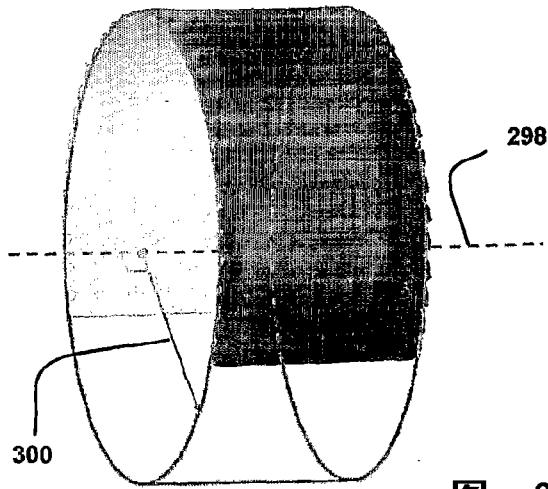


图 20

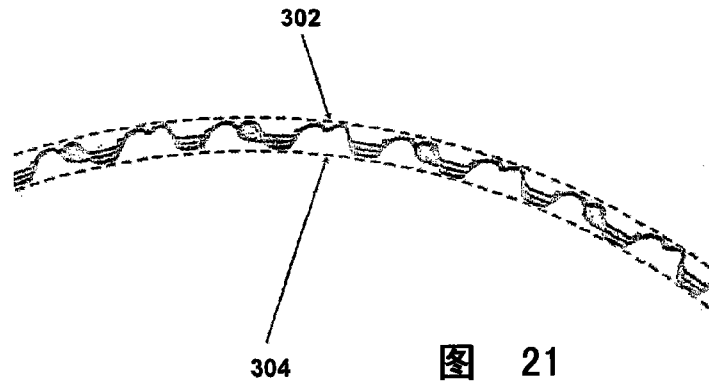


图 21

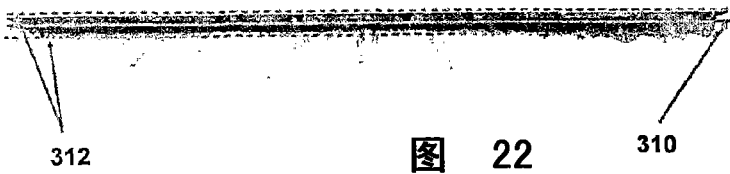


图 22

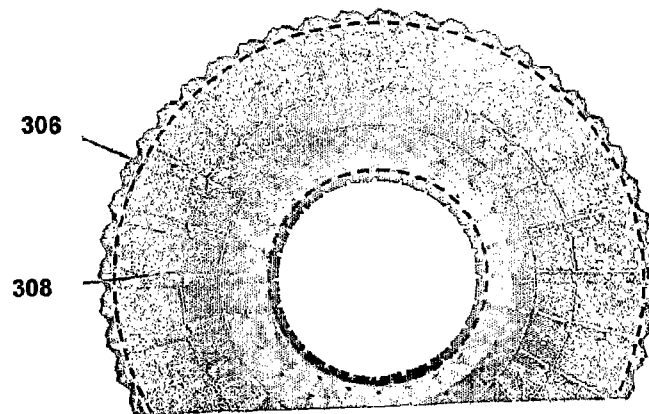


图 23

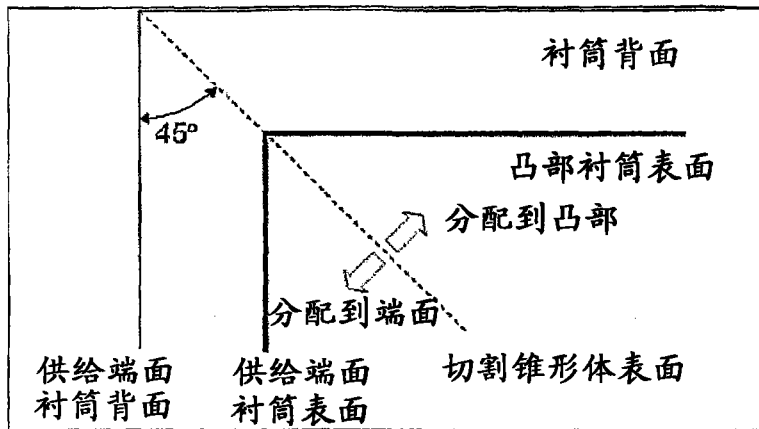


图 24

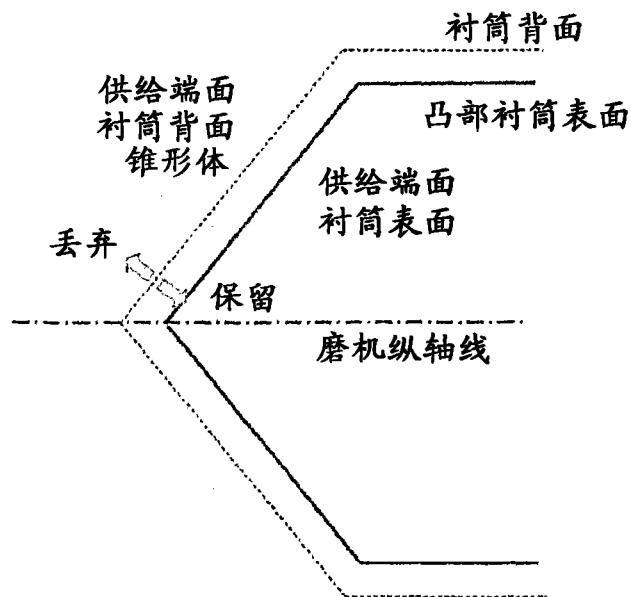


图 25

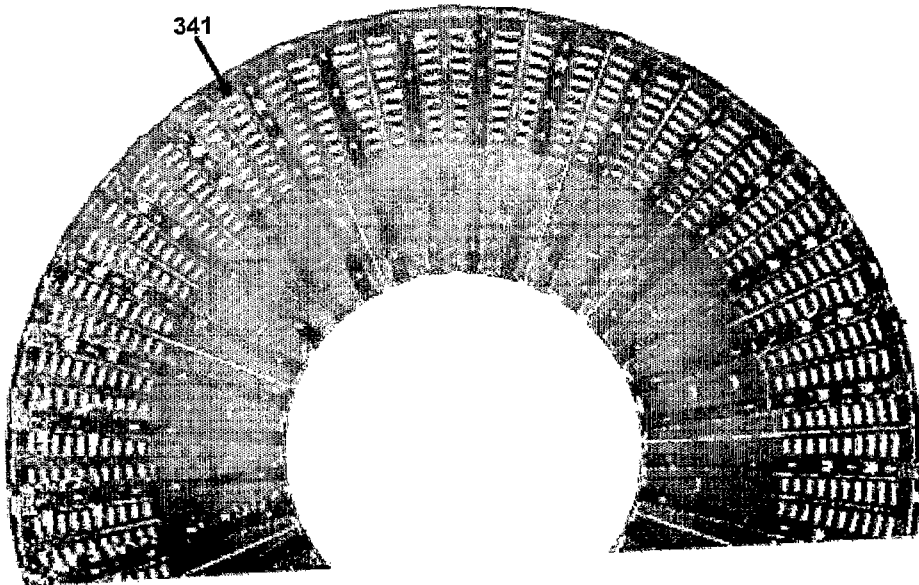


图 26a

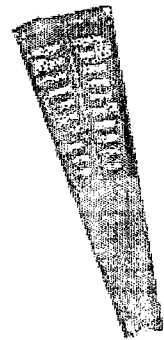


图 26b

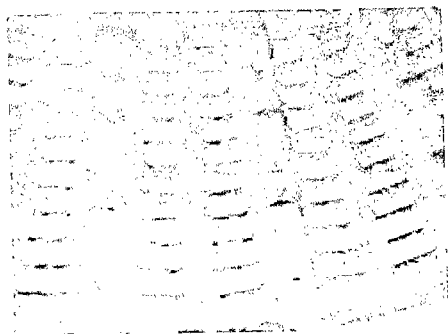


图 27a

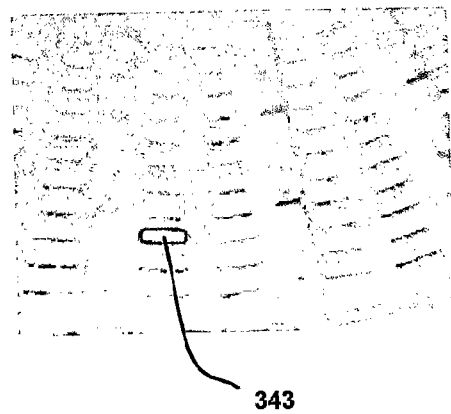


图 27b