

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
G01B 5/00 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200610067700.8

[45] 授权公告日 2009 年 9 月 9 日

[11] 授权公告号 CN 100538251C

[22] 申请日 2006.3.16

[21] 申请号 200610067700.8

[30] 优先权

[32] 2005.3.17 [33] JP [31] 2005-076566

[73] 专利权人 株式会社三丰

地址 日本神奈川县

[72] 发明人 石户谷孝雄 竹村文宏

[56] 参考文献

CN1582384A 2005.2.16

CN1207807A 1999.2.10

JP2003-302202A 2003.10.24

US2002/0189319A1 2002.12.19

JP2002-148269A 2002.5.22

US6651351B1 2003.11.25

CN1482433A 2004.3.17

CN1374502A 2002.10.16

审查员 郭欣悦

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

代理人 浦柏明 刘宗杰

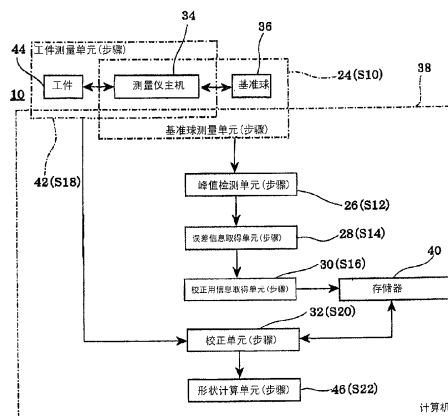
权利要求书 2 页 说明书 12 页 附图 5 页

[54] 发明名称

轴间角度校正方法

[57] 摘要

一种轴间角度校正方法具备：基准球测量步骤，通过机械的传感器，在放置在工作台的一个基准球的指定移动轴方向位置，沿测量轴方向在基准球上扫描取得测量轴方向形状信息，在工作台的直线移动得到的同一基准球的多个不同指定移动轴方向位置进行该取得；峰值检测步骤，检测上述形状信息的峰值点，对上述各形状信息进行该检测；误差信息取得步骤，求出关于表示基于各峰值点的位置信息的工作台实际移动方向的实际直线与表示工作合理想移动方向的理想直线间的倾斜度的信息；校正用信息取得步骤，求出校正实际直线倾斜引起的测量轴方向位置信息的测量误差的校正用信息；校正步骤，基于校正用信息校正传感器得到的测量轴方向位置信息。



1. 一种轴间角度校正方法，其特征在于，
具有：

基准球测量步骤，通过机械设备的传感器，在放置在上述机械设备的工作台上的一个基准球上的指定移动轴方向位置上，沿测量轴方向在上述基准球上进行扫描取得测量轴方向形状信息，在通过上述工作台的直线移动得到的、同一基准球上的多个不同的指定移动轴方向位置进行该信息的取得，该机械设备具备：工作台，沿着在基准平面上相对设置在上述基准平面上的基准直线成所希望的角度移动轴在上述基准平面上直线移动；以及，传感器，用于得到放置在上述工作台上的物体上的测量轴方向位置信息，具有设置在上述基准平面上的上述基准直线作为测量轴；

峰值检测步骤，检测在上述基准球测量步骤中得到的测量轴方向形状信息的峰值点，对在上述基准球测量步骤中得到的各测量轴方向形状信息进行该检测；

误差信息取得步骤，基于在上述峰值检测步骤中求出的各峰值点的位置信息，求出表示上述工作台的实际的移动方向的实际直线，求出表示关于上述实际直线相对于理想直线的倾斜度，该理想直线表示上述工作台的理想的移动方向；

校正用信息取得步骤，求出校正用信息，该校正用信息用于校正上述误差信息取得步骤中求出的实际直线的倾斜度引起的、与上述测量轴方向位置相关的测量误差；

校正步骤，基于在上述校正用信息取得步骤中求出的校正用信息，校正从上述传感器得到的测量轴方向位置信息，

校正上述机械设备具有的上述测量轴与上述移动轴所成的角度的误差。

2. 如权利要求1所述的轴间角度校正方法，其特征在于，

上述基准球测量步骤中，通过作为上述机械设备的形状测量仪的上述传感器，在放置在上述工作台上的一个基准球上的指定移动轴方向位置上，沿测量轴方向在上述基准球上扫描，取得测量轴方向形状信息，在通过上述工作台的直线移动得到的同一基准球上的多个不同的指定移动轴方向位置上进行该测量，

上述误差信息取得步骤中，求出关于上述实际直线自相对上述测量轴为 90 度的理想直线的倾斜度的信息，

上述校正步骤中，基于在上述校正用信息取得步骤中求出的校正用信息，校正从上述传感器得到的测量轴方向位置信息，进行上述工作台的直角度校正。

3. 如权利要求 2 所述的轴间角度校正方法，其特征在于，

上述校正用信息取得步骤中，基于在上述误差信息取得步骤中求出的实际直线的倾斜度信息及上述各峰值点的位置信息，求出用于得到校正后的测量轴方向位置信息的数学公式信息，即，校正后的测量轴方向位置信息 = 自上述传感器得到的测量轴方向位置信息 - 上述实际直线的倾斜度信息 * 移动轴方向位置信息 + 基于上述各峰值点的位置信息决定的常数信息，

上述校正步骤中，将从上述传感器得到的测量轴方向位置信息及上述移动轴方向位置信息代入到在上述校正用信息取得步骤中求出的数学公式信息，校正从上述传感器得到的测量轴方向位置信息。

轴间角度校正方法

技术领域

本发明涉及轴间角度校正方法，特别涉及在具有多个轴的机械设备中，用于消除因轴间角度误差引起的位置测量误差的误差测量方法及校正计算方法的改良。

背景技术

迄今，为了进行形状测量一直使用形状测量仪。为了使形状测量高精度化，降低误差十分重要。误差虽然有各种原因，但在具有多个轴的形状测量仪中，降低各轴运动误差特别重要。

因此，在现有的形状测量仪中，通常，通过提高其装配精度，尝试降低各轴运动误差。

但是，在形状测量的领域中，伴随着工件的高精度化，在测量仪中也要求更高精度。现在的情况是，例如测量仪的Y轴工作台的机械装配精度极限是 $20\mu\text{m}/200\text{mm}$ （0.0057度）以内。另一方面，在非球面形状等的高精度工件中，则要求更可靠的直角度。

因此，在处理高精度的工件的机械设备中，需要更进一步降低各轴运动误差，但是，由于在因提高机械的装配精度引起的各轴运动误差的降低中存在上述的极限，因而更进一步降低误差存在困难。

此外，在迄今的方法中，为了尝试降低运动误差的影响，以校正用量规为基准进行机械设备的各轴运动精度测量。

在现有方法中，作为误差测量方法，例如是测量机械设备的标度误差、直线度及直角度的技术，有通过反转法进行校正用量规的测量的技术（特开2003-302202号公报）。

但是，在上述现有的方式中，在校正用量规反转前后，由于校正用量规对装置的定位需要同一位置的测量及误差计算，所以，还留有改善测量的简易化的余地。

此外，即使在上述现有方式中，也存在基于误差的测量结果求出校正值、校正测量值的想法本身，其具体的校正计算方法还没有确立。

因此，在具有多个轴的机械设备的领域中，当务之急是开发能够

更高精度、更容易地降低因轴间角度误差引起的位置测量误差的技术。

发明内容

本发明是鉴于上述现有技术存在的课题进行的，其目的在于，提供在具有多个轴的机械设备中能够高精度且容易地进行轴间角度校正的轴间角度校正方法。

本发明的发明者们对具有多个轴的机械设备中的轴间角度校正的高精度化及简易化进行了专心地反复研究的结果，首先，发现以下所示的校正用量规的选择、误差测量原理的选择及这些的组合是非常重要的。

即，为了高精度、容易地进行机械设备的轴间角度校正，本发明的发明者们采用了以下的课题解决方法。本发明的发明者们从作为校正用量规的许多校正用量规中选择一个基准球。此外，本发明的发明者们从作为误差测量原理的许多原理中选择了如下原理：只要工作台的实际的移动方向相对测量轴是正确的所希望的角度，同一基准球上的多个不同的移动轴方向位置中的各峰值点，在相对测量轴正确地所成的希望的角度理想直线上应该正确地一致。

而且，在本发明中，通过上述那样的校正用量规与误差测量原理的有意义的组合，发现能够在具有多个轴的机械设备中谋求轴间角度校正的更高精度化及简易化，以完成本发明。

即，为了达成上述目的，本发明的轴间角度校正方法，是对配备了工作台与传感器的机械设备中的、针对上述传感器的测量轴的、上述工作台的移动轴的角度误差进行校正的轴间角度校正方法，其特征在于，具备：基准球测量步骤、峰值检测步骤、误差信息取得步骤、校正用信息取得步骤、校正步骤。

此处，上述工作台沿着移动轴在基准平面上直线移动，该移动轴在上述基准平面上相对设置在上基准平面上的基准直线成所希望的角度。

此外，上述传感器是具有作为测量轴设置在上基准平面上的上述基准直线，用于得到放置在上工作台上的物体上的测量轴方向位置信息用的传感器。

上述基准球测量步骤中，在放置在上述工作台上的一个基准球上的指定移动轴方向位置上，上述传感器在上述基准球上的测量轴方向上扫描，取得上述基准球的测量轴方向形状信息。上述基准球测量步骤中，通过直线移动上述工作台，在同一基准球上的多个不同的指定移动轴方向位置上，进行这样的基准球的形状信息的取得。

上述峰值检测步骤中，基于在上述基准球测量步骤中得到的基准球的测量轴方向形状信息，检测出在上述基准球上的指定移动轴方向位置上测量轴方向形状成为峰值的峰值点，从上述传感器得到的测量轴方向位置信息。上述峰值检测步骤中，对上述同一基准球上的各指定移动轴方向位置进行这样的峰值点的检测。

上述误差信息取得步骤中，基于在上述峰值检测步骤中求出的各峰值点的位置信息，求出表示上述工作台的实际移动方向的实际直线。此外，上述误差信息取得步骤中求出有关上述实际直线相对于表示上述工作台的理想的移动方向的理想直线的倾斜度的信息。

上述校正用信息取得步骤中求出校正用信息，该校正用信息用于校正上述误差信息取得步骤中求出的实际直线的倾斜引起的、与放置在上述工作台上的物体上的上述测量轴方向位置相关的测量误差。

上述校正步骤中，基于在上述校正用信息取得步骤中求出的校正用信息，校正从上述传感器得到的测量轴方向位置信息。

这里所说的基准平面是指具有比轴间角度校正的要求精度更高精度的平面度的平面。

这里所说的基准直线是指具有比轴间角度校正的要求精度更高精度的直线度的直线。

这里所说的基准球是指具有比轴间角度校正的要求精度更高精度的半径及真球度的高精度球。在本发明中，即使在基准球中也特别希望在容易稳定配置到工作台这一点上极其优秀的基准半球。

并且，在本发明中，进行具有相对上述测量轴成90度的上述移动轴的上述工作台的直角度校正。

上述基准球测量步骤中，通过作为上述机械设备的形状测量仪的传感器，在放置在上述工作台上的一个基准球上的指定移动轴方向位置上，沿测量轴方向在该基准球上扫描，取得测量轴方向形状信息。上述基准球测量步骤中，通过上述工作台的直线移动，改变同一基准

球上的指定移动轴方向位置，进行这样的形状信息的取得。即，上述基准球测量步骤中，通过上述工作台的直线移动，对同一基准球上的多个不同的指定移动轴方向位置，进行这样的形状信息的取得。

上述误差信息取得步骤中，求出有关上述实际直线相对于与上述测量轴成为 90 度的理想直线的倾斜度的信息。

上述校正步骤中，适合于基于在上述校正用信息取得步骤中求出的校正用信息，校正从上述传感器得到的测量轴方向位置信息，进行上述工作台的直角度校正。

在本发明中，上述校正用信息取得步骤中，基于在上述误差信息取得步骤中求出的实际直线的倾斜度信息及各峰值点的位置信息，求出用于得到校正后的测量轴方向位置信息的数学公式信息（校正后的测量轴方向位置信息 = 从上述传感器得到的测量轴方向位置信息 - 上述实际直线的倾斜信息 * 移动轴方向位置信息 + 基于上述各峰值点的位置信息决定的常数信息）。

上述校正步骤适合于将从上述传感器得到的测量轴方向位置信息及上述移动轴方向位置信息代入到在上述校正用信息取得步骤中求出的数学公式信息中，校正从上述传感器得到的测量轴方向位置信息。

按照本发明的轴间角度校正方法，基于上述误差测量原理，组合上述基准球测量步骤、上述峰值检测步骤、上述校正用信息取得步骤，所以，能够更高精度及容易地进行具有多个轴的机械设备中的轴间角度校正。

附图说明

图 1A 是用于进行本发明一实施方式的轴间角度校正方法的轴间角度校正装置的概略结构的侧视图。图 1B 是上述轴间角度校正装置的概略结构的俯视图。图 1C 是上述轴间角度校正装置的概略结构的方框图。

图 2 是本实施方式的基准球测量步骤的说明图。

图 3A 是在图 2 所示的基准球测量步骤中得到的形状信息及峰值检测步骤的说明图（ $Y = Y_1$ ）。图 3B 是在图 2 所示的基准球测量步骤中得到的形状信息及峰值检测步骤的说明图（ $Y = Y_2$ ）。图 3C 是在图 2 所示的基准球测量步骤中得到的形状信息及峰值检测步骤的说明图（ $Y =$

Y_3)。

图4是工作台的直角度的说明图。

具体实施方式

以下,根据附图说明本发明优选的一实施方式。

图1表示用于进行本发明一实施方式的轴间角度校正方法的轴间角度校正装置的概略结构。并且,图1A是从侧面观察装置的图,图1B是从上方观察装置的图,图1C是装置的方框图。

该图所示的轴间角度校正装置10,在配备了Y轴工作台(工作台)12与传感器14的轮廓形状测量仪(机械设备,形状测量仪)16中,进行Y轴工作台12的直角度校正。

Y轴工作台12例如沿着移动轴22在石定盘(rock top plate)18上直线移动,该移动轴22在与石定盘18平行的基准XY面上相对与石定盘18平行的基准XY面(基准平面)上设置的测量轴(基准直线)20成90度(所希望的角度)。

传感器14具有将设置在与石定盘18平行的基准XY平面上的基准直线作为测量轴20,将Z坐标信息对应的X坐标信息(测量轴方向位置信息)与放置在Y轴工作台12上的物体上的点的Z坐标信息一起输出。

本实施方式的特征在于,轴间角度校正装置10配备:基准球测量单元24、峰值检测单元26、误差信息取得单元28、校正用信息取得单元30、校正单元32。

在这里,基准球测量单元24例如包含测量仪主机34、基准半球(基准球)36、包含用于进行测量仪主机34的测量控制的软件等的计算机38,进行基准球测量步骤(S10)。

即,基准球测量单元24,在放置在Y轴工作台12上的一个基准半球36上的指定Y坐标(移动轴方向位置),通过传感器14沿着测量轴(X轴)20在基准半球36上扫描,取得XZ剖面轮廓形状信息(形状信息)。基准球测量单元24,对通过使Y轴工作台12在移动轴22方向上直线移动而改变(得到)的同一基准半球36上的多个不同的指定Y坐标,进行这样的传感器14的XZ剖面轮廓形状信息的取得。

此外,峰值检测单元26包含例如包括进行校正计算的软件等的计

算机 38 等, 进行峰值检测步骤 (S12)。

即, 峰值检测单元 26, 基于在基准球测量单元 24 中得到的 XZ 剖面轮廓形状信息, 求出在基准半球 36 上的指定 Y 坐标的 XZ 剖面轮廓形状的 Z 坐标成为峰值的峰值点。峰值检测单元 26 从存储在存储单元等中的数据中, 检测 (检索) 在上述峰值点的借助传感器 14 得到的 X 坐标信息。峰值检测单元 26 对同一基准半球 36 上的各指定 Y 坐标进行上述峰值点的检测。

误差信息取得单元 28 包含例如包括进行校正计算的软件等的计算机 38 等, 进行误差信息取得步骤 (S14)。

即, 误差信息取得单元 28, 基于在峰值检测单元 26 中求出的各峰值点的 X 坐标信息及 Y 坐标信息, 求出表示 Y 轴工作台 12 的实际的移动方向的实际直线。误差信息取得单元 28 求出有关上述实际直线相对于表示 Y 轴工作台 12 的理想移动方向的理想直线的倾斜度 θ 相关的信息。

校正用信息取得单元 30 包含例如包括进行校正计算的软件等的计算机 38 等, 进行校正用信息取得步骤 (S16)。

即, 校正用信息取得单元 30 求出校正用信息, 该校正用信息用于校正在误差信息取得单元 28 中求出的实际直线的倾斜度 θ 引起的、与放置在 Y 轴工作台 12 中的物体上的点的 X 坐标相关的测量误差。校正用信息取得单元 30 将校正用信息预先存储在计算机 38 的存储器 40 中。

而且, 对在通过工件测量单元 42 的工件测量步骤 (S18) 中得到的测量结果进行后述的校正步骤 (S20)。

工件测量单元 42 使用工件 44 代替基准半球 36, 包含与上述基准球测量单元 24 基本同样的结构, 例如包含测量仪主机 34、包含用于进行测量仪主机 34 的测量控制的软件等的计算机 38, 进行工件测量步骤 (S18)。

即, 在工件测量步骤 (S18) 中, 代替基准半球 36 将工件 44 放置在 Y 轴工作台 12 上, 通过工件测量单元 42 进行工件 44 的形状测量。

校正单元 32 包含例如包含进行校正计算的软件等的计算机 38 等, 进行校正步骤 (S20)。

即, 校正单元 32 基于存储器 40 的校正用信息 (在校正用信息取

得单元 26 中求出的校正用信息)，校正在工件测量步骤 (S18) 中测量工件 44 的形状得到的借助传感器 14 的 X 坐标信息。

这样，本实施方式的轴间角度校正装置 10，能够校正起因于轮廓形状测量仪 16 的 Y 轴工作台 12 的直角度的与工件 44 上的点的 X 坐标信息相关的测量误差。

因此，在本实施方式中，无论轮廓形状测量仪 16 的直角度如何，也能够得到可靠性更高的 X 坐标信息及 Y 坐标信息。形状计算单元 46，通过使用在校正步骤 (S20) 中得到的坐标信息进行形状计算步骤 (S22)，能够求出可靠性更高的工件 44 的形状信息。

并且，在本实施方式中，可通过设置在 Y 轴工作台 12 的移动轴 22 上的 Y 轴传感器 50 求出放置在 Y 轴工作台 12 上的物体上的点的 Y 坐标信息。

此外，在本实施方式中，传感器 14 通过柱 52 设置在石定盘 18 上。传感器 14 包含探针 54。传感器 14 的 X 轴方向的运动精度、Z 轴方向的运动精度，与直角度的要求精度相比较使用更高的精度。

以下，对本实施方式的轴间角度校正方法进行更具体的说明。

在轮廓形状测量仪中，基于多个二维形状信息求出工件的三维形状信息，为了取得这些二维形状信息，设置 Y 轴工作台。

即，停止 Y 轴工作台 12，使得探针的位置成为工件上的指定 Y 坐标。通过形状测量仪的传感器，一边在 X 轴方向上扫描放置在 Y 轴工作台上的工件，一边与 X 坐标信息一起取得工件上的 Z 坐标信息。通过直线移动 Y 轴工作台，改变工件上的 Y 坐标，进行这样取得的 Z 坐标信息及 X 坐标信息构成的 XZ 剖面轮廓形状信息的取得。而且，对同一工件上的多个不同的 Y 坐标，进行 XZ 剖面轮廓形状信息的取得。

通过将这样得到的在各 Y 坐标的 XZ 剖面轮廓形状信息分别与 X 坐标配合结合，求出工件的三维形状信息。

在这里，当 Y 轴工作台的直角度即工作台相对测量轴的实际的移动方向从理想的移动方向偏离时，即使探针位于工件上的同一点，因 Y 坐标不同，从传感器得到的 X 坐标信息也不同。这种情况下，由于有不能够正确地得到各 XZ 剖面轮廓形状信息的 X 坐标及 Y 坐标的关系的情况，因而不能求出高精度的三维形状信息。

因此，在形状测量仪中，基于多个 XZ 剖面轮廓形状信息，为了求

出一个三维形状信息，正确地求出各 XZ 剖面轮廓形状信息间的 X 坐标及 Y 坐标的关系是非常重要的。

因此，在本实施方式中，无论 Y 轴工作台的直角度如何，为了得到正确的 X 坐标信息，通过形状测量仪测量一个基准半球，基于该测量结果求出 Y 轴工作台的直角度，进而，取得用于校正因 Y 轴工作台的直角度引起的测量误差的校正用信息。

（基准球测量）

在本实施方式中，如图 2 所示那样，使基准半球 36 的对开面与 Y 轴工作台 12 的载置面对置，将基准半球 36 放置在 Y 轴工作台 12 上。而且，用轮廓形状测量仪 16 进行基准半球 36 的形状测量。

即，在本实施方式中，如图 3 (A) 所示那样，在基准半球 36 上的指定 Y 坐标 Y_1 ($Y=80$)，当使探针 54 在 X 轴方向移动时，探针 54 沿基准半球 36 的轮廓形状上下运动。用传感器 14 将该上下运动转换成电信号，就能够得到指定 Y 坐标 Y_1 ($Y=80$) 的 XZ 剖面轮廓形状信息 60，即与 Z 坐标信息一起得到 X 坐标信息。

接着，移动 Y 轴工作台，与图 3 (A) 所示那样的指定 Y 坐标 Y_1 的形状信息的取得相同，进行图 3 (B) 所示那样的指定 Y 坐标 Y_2 ($Y=100$) 的 XZ 剖面轮廓形状信息 62 的取得。

而且，移动 Y 轴工作台，与图 3 (A) 所示那样的指定 Y 坐标 Y_1 中的形状信息的取得相同，进行图 3 (C) 所示那样的指定 Y 坐标 Y_3 ($Y=120$) 的 XZ 剖面轮廓形状信息 64 的取得。

（峰值检测）

上述峰值检测步骤中，基于 XZ 剖面轮廓形状信息 60 的峰值点 P_1 ，在基准半球 36 上的指定 Y 坐标 Y_1 ($Y=80$) 上，求出基准半球 36 上的点的 Z 坐标成为最大（峰值）的峰值点 P_1 。而且，峰值检测步骤检测（检索）与该峰值点 P_1 对应的借助传感器 14 得到的 X 坐标信息 X_1 。

同样地，峰值检测步骤中，基于 XZ 剖面轮廓形状信息 62 的峰值点 P_2 ，在基准半球 36 上的指定 Y 坐标 Y_2 ($Y=100$) 上，求出基准半球 36 上的点的 Z 坐标成为最大的峰值点 P_2 。而且，峰值检测步骤检测与峰值点 P_2 对应的借助传感器 14 得到的 X 坐标信息 X_2 。

此外，上述峰值检测步骤中，基于 XZ 剖面轮廓形状信息 64 的峰值点 P_3 ，在基准半球 36 上的指定 Y 坐标 Y_3 ($Y=120$) 上，求出基准半

球 36 上的点的 Z 坐标成为最大的峰值点 P_3 。而且，峰值检测步骤中，检测与峰值点 P_3 对应的借助传感器 14 得到的 X 坐标信息 X_3 。

在这里，根据本实施方式的原理，如果 Y 轴工作台 12 相对测量轴 (X 轴) 20 的实际的移动方向是正确地为 90 度，则峰值点 $P_1(X_1, Y_1)$ 、峰值点 $P_2(X_2, Y_2)$ 、峰值点 $P_3(X_3, Y_3)$ ，在相对测量轴 (X 轴) 20 正确地成为 90 度的理想直线上应该正确地一致。

但是，实际上，由于因为 Y 轴工作台 12 的直角度各峰值点 P_1 、 P_2 、 P_3 产生偏离，所以，基于各峰值点 P_1 、 P_2 、 P_3 的 X 坐标信息及 Y 坐标信息，校正借助传感器 14 得到的 X 坐标信息。

(误差信息取得)

为此，在本实施方式中，误差信息取得步骤中，基于在峰值检测步骤中求出的峰值点 P_1 的 X 坐标信息 X_1 及 Y 坐标信息 Y_1 、峰值点 P_2 的 X 坐标信息 X_2 及 Y 坐标信息 Y_2 、以及峰值点 P_3 的 X 坐标信息 X_3 及 Y 坐标信息 Y_3 ，求出表示 Y 轴工作台的实际的移动方向的实际直线。例如，对三个峰值点 P_1 、 P_2 、 P_3 的坐标信息，应用最小二乘法，例如，决定图 4 所示那样的实际直线 70。

误差信息取得步骤中，求出有关实际直线 70 相对于表示相对测量轴 20 成 90 度的理想的移动方向的理想直线 72 的倾斜度 θ 相关的信息。

(校正用信息取得)

而且，校正用信息取得步骤中，基于在误差信息取得步骤中求出的实际直线 70 的倾斜度信息 θ 以及各峰值点的 X 坐标信息及 Y 坐标信息，求出用于得到校正后的 X 坐标信息的数学公式信息。以下表示数学公式信息。

校正后的 X 坐标信息 = 从传感器 14 得到的 X 坐标信息 - 实际直线 70 的倾斜度信息 * 从 Y 轴传感器 50 得到的 Y 坐标信息 + 基于各峰值点 P_1 、 P_2 、 P_3 的坐标信息决定的常数信息

参照图 4，说明上述步骤。

在该图中，设在峰值检测步骤中求出的基准半球的峰值点 P_1 、 P_2 、 P_3 的 X 坐标信息与 Y 坐标信息为以下的值。

$Y: 80.0 (Y_1)、100.0 (Y_2)、120.0 (Y_3)$

$X: 92.5 (X_1)、100.0 (X_2)、107.5 (X_3)$

而且,在校正用信息取得步骤中,例如以 $X=100$ 的峰值点 $P_2 (X_2、Y_2)$ 为基准,求出以下的数学公式信息。

校正后的 X 轴坐标信息 = 从传感器 14 得到的 X 坐标信息 - $(107.5 - 92.5) / (120.0 - 80.0) * \text{从 } Y \text{ 轴传感器 } 50 \text{ 得到的 } Y \text{ 坐标信息} + \text{常数}$

$= \text{从传感器 } 14 \text{ 得到的 } X \text{ 坐标信息} - 0.375 * \text{从 } Y \text{ 轴传感器 } 50 \text{ 得到的 } Y \text{ 坐标信息} + 37.5$

在上述数学公式中, $(107.5 - 92.5) / (120.0 - 80.0)$ 是 Y 轴工作台 12 的实际的移动方向 (= 实际直线 70 的倾斜度 θ)

(校正)

上述校正步骤中,将在上述工件测量步骤中得到的借助传感器 14 的校正前的 X 坐标信息及借助 Y 轴传感器 50 的校正前的 Y 坐标信息代入上述数学公式信息,校正借助上述传感器 14 得到的 X 坐标信息,求出校正后的 X 坐标信息。

(形状计算)

在本实施方式中,由于基于这样求出的校正后的 X 坐标信息,求出在工件的各 Y 坐标的 XZ 剖面轮廓形状信息,所以,在工件的各 Y 坐标的 XZ 剖面轮廓形状信息间,能够大幅度降低在 $(X、Y)$ 平面上的位置信息的误差。

在本实施方式中,从上述的在工件的各 Y 坐标的 XZ 剖面轮廓形状信息,求出可靠性更高的工件的三维形状信息。

即使在现有的方式中,虽然是与标度误差、直线度一起进行直角度的评价,但也进行直角度的自身评价。但是,在现有方式中,使用多个基准球二维排列的校正用量规。在现有方式中,为了去除校正用量规自身具有的误差的影响或者校正用量规向装置配置的误差的影响,需要使用反转法。

但是,在使用了现有方式的方法中,需要用人手进行校正用量规的反转,此外,在校正用量规的反转前后,需要进行例如校正用量规向装置的配置、多个球测量、计算等的作业。因此,在使用了现有方

式的方法中，作业复杂而且麻烦。

此外，在现有方式中，即在反转法中，虽然在校正用量规的反转前后的作业麻烦、复杂，但是能够满意地消除校正用量规自身具有的误差的影响或者校正用量规向装置的配置的误差是困难的。

与此相对，在本实施方式中，着眼于仅在直角度中特殊化、作为校正用量规的一个基准球的精度自身，比现有方式的精度即将多个基准球二维排列时的精度、上述校正用量规向装置配置时的精度高这一点上。此外，在本实施方式中，着眼于如果 Y 轴工作台移动轴相对测量轴是正确地为 90 度，在同一基准球上的不同的 Y 坐标的峰值点，在理想直线上正确地一致的原理。

这样，在本实施方式中，由于使用一个高精度球作为校正用量规，所以，与现有方式相比，即与在校正用量规中二维排列多个基准球时的误差乃至将校正用量规配置在装置中时的误差的影响相比，能够大幅度地降低校正用量规自身具有的误差的影响、由方向性引起的影响，降低到可忽视的程度。由此，在本实施方式中，不使用现有技术的反转法，可通过简单的误差测量、校正计算等可只高精度地及容易地测量 Y 轴工作台的直角度信息。

此外，在本实施方式中，由于能够大幅度地省略校正用量规的反转、在其反转前后的各种作业，所以，Y 轴工作台的直角度校正变得容易。特别是，在现有方式中，由于需要通过人手进行校正用量规的反转等作业，因而通过计算机的直角度测量的完全自动化很困难。与此相对，在本实施方式中，例如，由于 Y 轴工作台向各指定 Y 坐标的移动等也通过计算机控制进行，因而能够完全自动化地进行直角度测量。因此，在本实施方式中，与现有方式相比，能够更容易地进行直角度校正。

并且，在上述各结构中，作为求出峰值点的位置，对使用了同一基准球上的 Y 坐标不同的三个位置的例子进行了说明，但是，除此之外，只要是在同一基准球上移动轴方向位置不同，也可以使用二个位置、四个或更多位置。在峰值点为二个位置的情况下，例如，能够决定通过二个位置的峰值点的实际直线。在峰值点为三个位置或以上的情况下，例如能够用最小二乘法决定实际直线。

在上述结构中，对使用了一个基准球的例子进行了说明，但本发

明不是仅限于这种情况，也能够使用多个基准球。例如，在工作台上排列多个基准球，按每个基准球从峰值求出在该位置的直角度，也能够跨越Y轴工作台全行程中校正直角度。

在上述结构中，作为基准球能够使用完全球状的基准球或者部分地包含球状部分的基准球，但是，特别优选使用配置到工作台上的容易性优秀的半球状的基准球。

在上述结构中，就进行工作台的直角度校正的例子进行了说明，但本发明不是仅限于这种情况，能够应用于具有多个轴的机械设备（测量仪、加工仪）中的轴间角度的校正。

在上述结构中，就校正工作台的XY间的直角度的例子进行了说明，但是，与XY间的直角度的校正相同，也能够进行YZ间的直角度的校正、ZX间的直角度的校正。

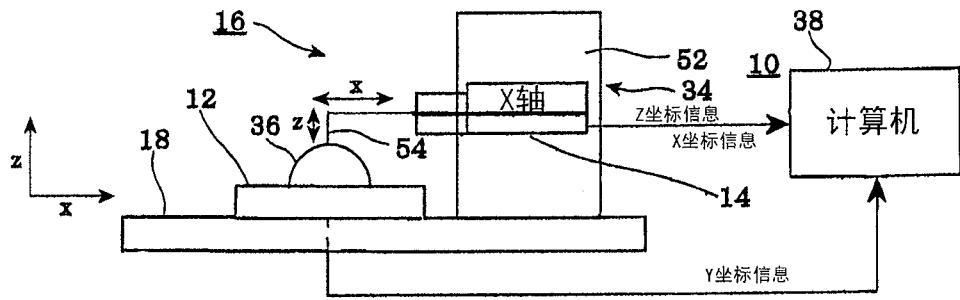


图 1A

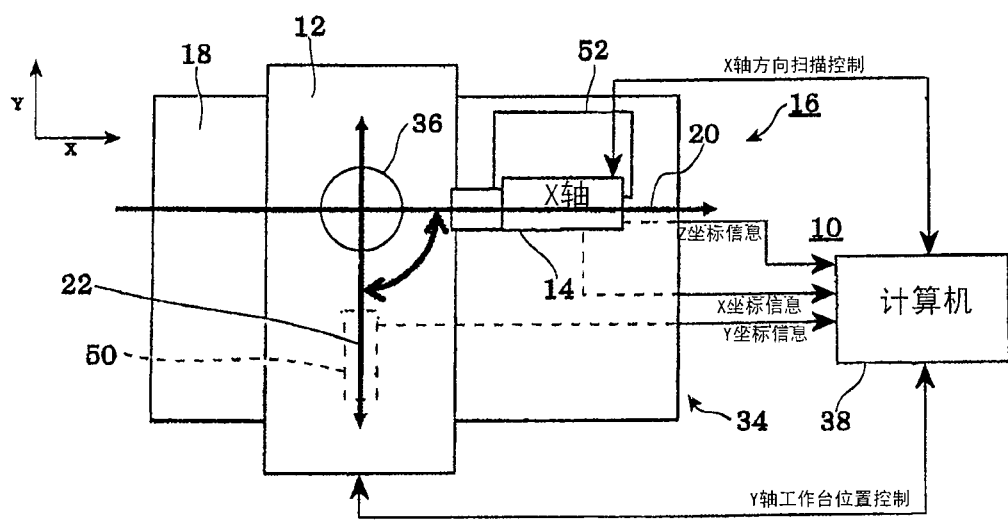


图 1B

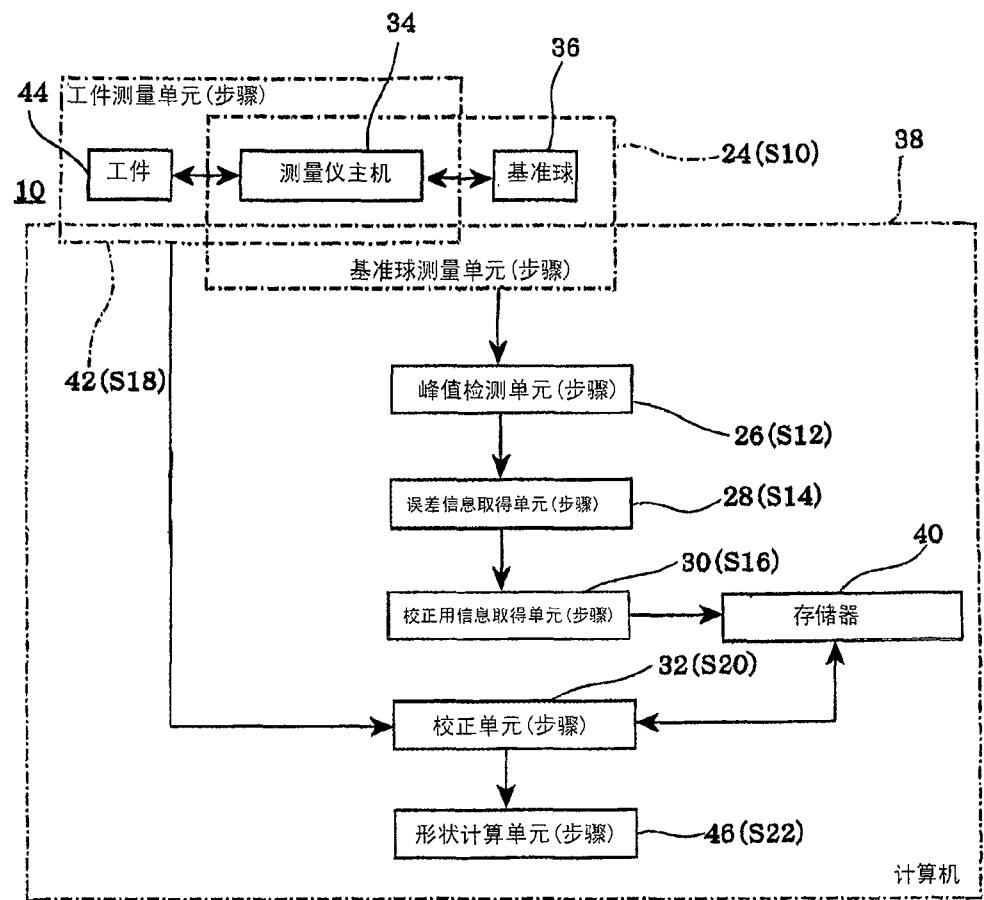


图 10

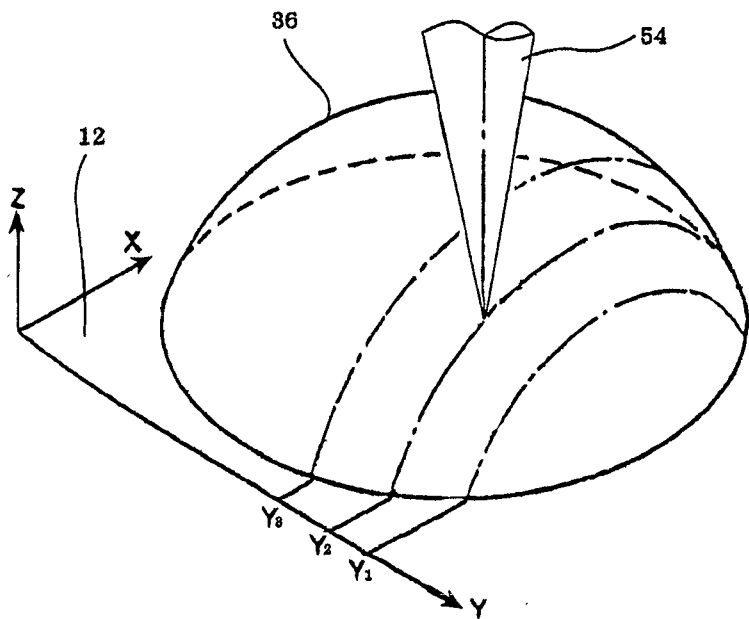


图 2

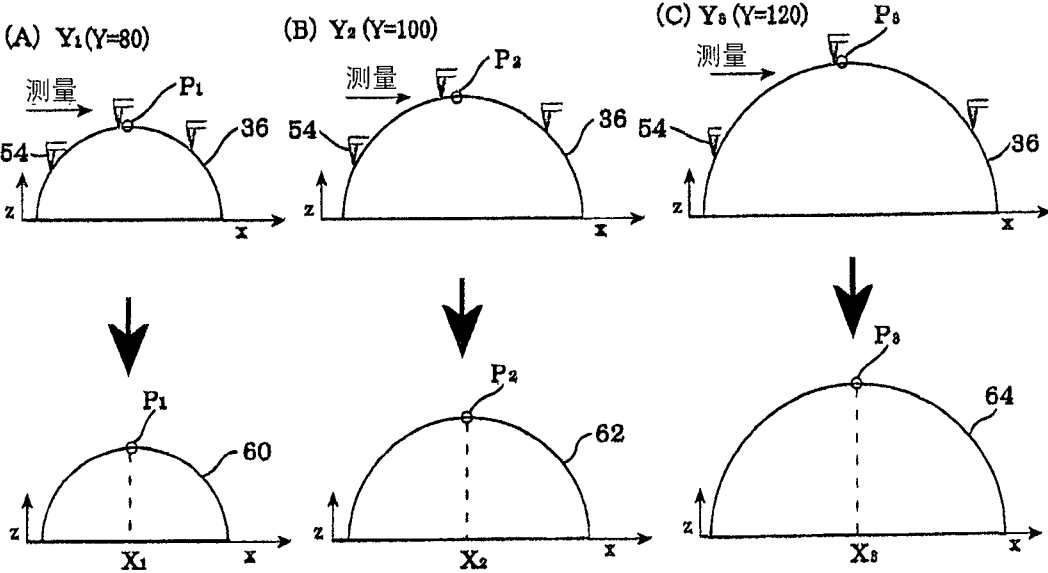


图 3

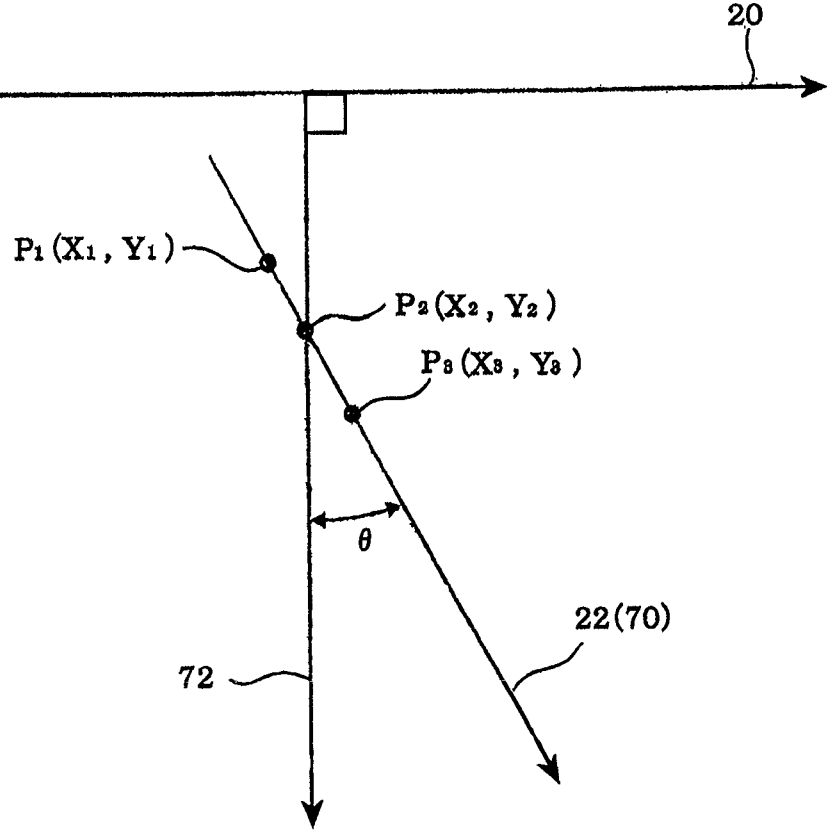


图 4