



## (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103075991 A

(43) 申请公布日 2013. 05. 01

(21) 申请号 201210568758. 6

(22) 申请日 2012. 12. 24

(71) 申请人 中国计量学院

地址 310018 浙江省杭州市下沙高教园区学  
源街 258 号

(72) 发明人 赵军 陈允睿 邓兴拓 何洋洋  
洪博

(74) 专利代理机构 杭州杭诚专利事务所有限公  
司 33109

代理人 王学东

(51) Int. Cl.

G01B 21/20(2006. 01)

G01B 7/00(2006. 01)

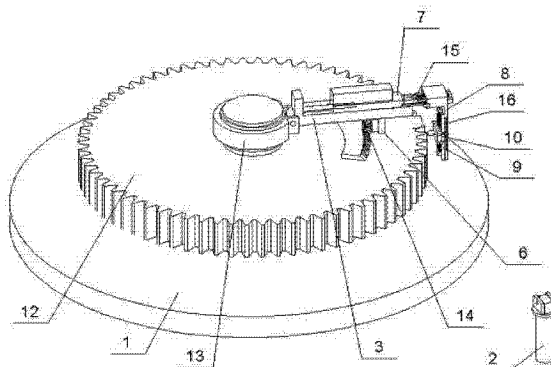
权利要求书2页 说明书6页 附图2页

### (54) 发明名称

特大型齿轮的测量装置及其测量方法

### (57) 摘要

本发明涉及一种特大型齿轮的测量装置及其测量方法,其目的在于提供一种不需要驱动特大型齿轮的测量装置及测量方法。该特大型齿轮的测量装置及其测量方法,包括相互独立的工作台、测量仪以及激光跟踪仪,所述测量仪包括定心机构,所述定心机构侧向设有以其中心为旋转轴旋转的旋臂,旋臂末端设有既可在水平面内直线移动以及可在竖直方向移动的测头。本发明的有益效果是:不受齿轮体积大、重量大的影响,测量方便、精度高,可应用于特大型齿轮的测量。



1. 一种特大型齿轮的测量装置,其特征在于:包括相互独立的工作台(1)、测量仪以及激光跟踪仪(2),所述测量仪包括定心机构,所述定心机构侧向设有以其中心为旋转轴旋转的旋臂(5),旋臂(5)末端设有既可在水平面内直线移动以及可在竖直方向移动的测头(10)。

2. 根据权利要求1所述的特大型齿轮的测量装置及其测量方法,其特征在于:所述定心机构包括底盘(3),底盘(3)的上表面中心设有立柱(4),所述旋臂(5)设于立柱(4)径向并可以立柱(4)为旋转轴旋转。

3. 根据权利要求2所述的特大型齿轮的测量装置,其特征在于:所述底盘(3)的周向向外辐射有多个相同的支撑臂(11)。

4. 根据权利要求3所述的特大型齿轮的测量装置,其特征在于:所述多个支撑臂(11)在底盘(3)的周向均布。

5. 根据权利要求1所述的特大型齿轮的测量装置,其特征在于:所述定心机构包括回转支承(13),回转支承(13)的内圈与齿轮轴适配且固定连接,回转支承(13)的外圈与旋臂(5)固定连接。

6. 根据权利要求1至5任一项所述的特大型齿轮的测量装置,其特征在于:所述旋臂(5)上设有可沿旋臂长度方向移动的水平测杆(7),水平测杆(7)的外侧端部设有垂直臂(8),垂直臂(8)上设有可沿垂直臂长度方向移动的垂直测杆(9),所述测头(10)设于垂直测杆(9)底端。

7. 根据权利要求6所述的特大型齿轮的测量装置,其特征在于:所述水平测杆(7)上设有记录其水平位移变化的水平光栅传感器,垂直测杆(9)上设有记录其垂直位移变化的垂直光栅传感器。

8. 根据权利要求7所述的特大型齿轮的测量装置,其特征在于:所述旋臂(5)中部的下方固定有支撑柱(6),支撑柱(6)上设有可驱动旋臂(5)的锥齿轮运动副。

9. 根据权利要求8所述的特大型齿轮的测量装置,其特征在于:所述测头(10)为电感传感器测头。

10. 一种使用权利要求9所述的测量装置来测量特大型齿轮的方法,其特征在于:包括以下步骤:

步骤一:利用激光跟踪仪(2),建立被测齿轮(12)的基准平面和基准轴线,具体方法是:

(1) 首先将被测齿轮(12)放置在工作台(1)上,如果齿轮(12)有中心孔,则在孔内沿着圆周方向采样至少五个点;如果齿轮有齿轮轴,则在轴上沿圆周方向采样至少五个点,之后将采样的数据点依照最小二乘法拟合成一个圆,然后沿着齿轮内孔或齿轮轴的轴向,在与齿轮端面平行的数个面上按上述方法取至少三个圆,将以上得到的多个圆心拟合成一条直线,该线即为齿轮的旋转轴线,也作为基准轴线;

(2) 在确定基准轴线后,于齿轮端面上取至少五个点,拟合出一个平面,此时取平面与轴线的交点,并过此交点做与轴线垂直的平面,该平面即为被测齿轮的基准平面,交点作为圆柱坐标  $\sigma_1(r, \theta, z)$  的坐标原点,基准轴线为  $z$  轴,在基准平面内建立极坐标,以极轴  $r$  和极角  $\theta$  对点进行描述;

步骤二：确定测量范围并调整测量装置以保证在测量范围内满足测量精度要求，具体方法是：

(1) 在步骤一已经确定了被测齿轮的旋转轴线的情况下，如果齿轮有中心孔，则将支撑臂撑在中心孔的内壁上；如果齿轮有齿轮轴，则将回转支承内圈套在齿轮轴上固定；

(2) 由实际齿轮参数计算出齿轮的起测点坐标和测量范围，利用激光跟踪仪读取测头的位置，通过调整水平测杆，使测头移动至与被测齿轮旋转轴线的距离为起测点向径的位置，此时测头与齿轮接触，记录为实测齿廓的起始点，并记录其极角与向径，此时调整水平测杆并同时以被测齿轮的旋转轴线为中心旋转，驱动测头沿着齿面由起测点运动到终测点，此时由激光跟踪仪对两点的高度进行测量，并通过调整测量仪的位置直到两点高度差满足测量要求为止，以保证齿廓误差的测量精度；

(3) 固定水平测杆并驱动垂直测杆进行直线运动，并记录所经过点的坐标，得到其运动轨迹，调整垂直测杆与水平测杆的相对位置，直到使其运动轨迹相对于基准轴线的平行度达到测量要求，以保证在齿向测量时能在分度圆的圆柱面上进行测量并在端面内计值；

步骤三：对具体齿轮参数进行测量，具体方法是：

(1) 齿廓测量：在调整好整个装置后，从始测点开始测量，此时由水平测杆总长与电感传感器示值可获得测点位置的向径，过测点作基圆切线，使其满足齿廓偏差在端平面内且垂直于渐开线齿廓计值的条件，之后由基圆半径和测点向径可获得切线长度，并可求得切线与理论渐开线交点处的展长，切线长度与展长之差即为测点处的齿廓偏差；

(2) 螺旋线误差测量：调节水平测杆，使得电感传感器测头处于齿轮分度圆的圆柱面上，然后固定水平测杆，驱动垂直测杆沿着齿面在实际齿轮的齿宽工作范围内进行运动，在此测量过程中，记录电感传感器测头的运动轨迹，记录沿途的电感传感器示值的变化，并换算为端面基圆切向上的量，即为沿途的螺旋线偏差。

## 特大型齿轮的测量装置及其测量方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种特大型齿轮的测量装置及其测量方法。

### 背景技术

[0002] 齿轮是工业传动中的重要基础零部件,通常认为直径 500- 3000mm 的齿轮为大型齿轮,直径大于 3000mm 的为特大型齿轮。由于冶金、矿山、船舶制造、起重、风力发电等重型机械工业对大型齿轮使用要求的不断提高,其制造水平得到快速提升,对其精度检测的需求也越来越迫切。然而,受几何尺寸大、质量大等因素的影响,大型和特大型齿轮的测量一直是齿轮检测领域的一个难题。

[0003] 现有大型齿轮的测量方法主要有:

#### [0004] 1. 在机测量

[0005] 在机测量是应用较多的一种测量方法。它的基础平台是数控加工机床,由于在齿轮加工完成后,不需要对齿轮重新定位装卡,因此,该方法具有使用方便、效率高等优点,其缺点在于不能完全排除机床自身精度对测量结果的影响。

#### [0006] 2. 上置式测量

[0007] 上置式测量是在加工机床或者工作台上,以被测齿轮的某参数为测量基准,上置式测量仪可围绕被测齿轮进行测量,优点在于不需要搬动被测齿轮,具有使用方便、体积小、成本低等优点。但由于定位要求高,且难以准确建立工件坐标系与测量坐标系之间的联系,因此测量精度尚有提升空间。

#### [0008] 3. 大型齿轮量仪

[0009] 大型齿轮量仪是在中小齿轮量仪的基础上,根据大型齿轮的特点而研制的台式专用测量仪,其优点在于测量精度高、效率高、功能强,但缺点是仪器成本高,而且随着测量范围的加大,仪器的制造会更加困难,一般认为可测最大外径为 3000mm 的大型齿轮测量中心已接近现阶段大型齿轮量仪的制造水平极限。

[0010] 特大型齿轮因其超大的几何尺寸,重达数十吨的重量,除了采用上述在机或上置式测量等在位测量方法外,基本无可行方法。

[0011] 中国专利公告号 CN102022990A 公开了一种大型齿轮测量仪,所述齿轮测量仪由相互独立的测量装置和回转工作台并排组合而成,且测量装置位于回转工作台的一侧,所述回转工作台通过液体静压导轨支承及液体静压轴承定心装配在回转工作台底座上,所述回转工作台通过安装在回转工作台底座上的双蜗杆消隙传动机构驱动。该齿轮测量仪是通过可旋转的工作台驱动齿轮旋转,从而进行测量,这种方式对于超大几何尺寸、重达数十吨的特大型齿轮来说,测量仪的制造以及齿轮的驱动都极其困难,效率低。

[0012] 中国专利公开号 CN101561349A 公开了一种大型齿轮的检测方法以及检测装置,所述方法采用坐标法,利用旋转装置使被测齿轮旋转,并利用测长装置对被测齿轮的齿廓进行检测,被测齿轮的基准轴线与测长装置之间的相对位置变化通过激光跟踪仪确定,然后对该变化值以及测长装置所采集的数据和旋转装置的旋转角度数据进行处理,从而得出

被测齿轮的几何误差,所述装置包括用于安放被测齿轮的测长装置以及用于确定被测齿轮的基准轴线与测长装置之间的相对位置变化的激光跟踪仪。该大型齿轮的检测方法以及检测装置同样存在上述问题。

### 发明内容

[0013] 本发明的目的在于提供一种不需要驱动特大型齿轮的测量装置及测量方法,以解决背景技术中存在的对于超大几何尺寸、重达数十吨的特大型齿轮来说,测量仪的制造以及齿轮的驱动都极其困难,使用效率较低。

[0014] 为了实现上述目的,本发明提供一种测量装置,其技术方案是:一种特大型齿轮的测量装置,包括相互独立的工作台、测量仪以及激光跟踪仪,所述测量仪包括定心机构,所述定心机构侧向设有以其中心为旋转轴旋转的旋臂,旋臂末端设有既可在水平面内直线移动以及可在竖直方向移动的测头。该技术方案的设计思想是:将齿轮放置于工作台(或齿轮加工机床工作台)上,利用定心机构把测量仪的旋转中心与齿轮轴线设置成同轴,之后利用激光跟踪仪建立被测齿轮的坐标系以及对测量仪进行定心,使用测量仪进行测量,然后通过读取测量仪上反馈的数据对被测参数进行计算,该测量装置简单,不受齿轮的体积、重量因素影响,测量方便,精度高。

[0015] 作为优选,所述定心机构包括底盘,底盘的上表面中心设有立柱,所述旋臂设于立柱径向并可以立柱为旋转轴旋转。

[0016] 作为优选,所述底盘的周向向外辐射有多个相同的支撑臂。

[0017] 作为优选,所述多个支撑臂在底盘的周向均布。以上三项针对具有中心孔的齿轮设计,使用时,将支撑臂撑在中心孔的内壁上定心。

[0018] 作为优选,所述定心机构包括回转支承,回转支承的内圈与齿轮轴适配且固定连接,回转支承的外圈与旋臂固定连接。该项针对具有齿轮轴的齿轮设计,使用时,将回转支承的内圈套在齿轮轴上固定用以定心。

[0019] 作为优选,所述旋臂上设有可沿旋臂长度方向移动的水平测杆,水平测杆的外侧端部设有垂直臂,垂直臂上设有可沿垂直臂长度方向移动的垂直测杆,所述测头设于垂直测杆底端。该项旨在使测头可以在水平方向和垂直方向上移动,这样才能对轮齿的齿廓和螺旋线测量。

[0020] 作为优选,所述水平测杆上设有记录其水平位移变化的水平光栅传感器,垂直测杆上设有记录其垂直位移变化的垂直光栅传感器。

[0021] 作为优选,所述旋臂中部的下方固定有支撑柱,支撑柱上设有可驱动旋臂的锥齿轮运动副。该项旨在实现旋臂可旋转。

[0022] 作为优先,所述测头为电感传感器测头。

[0023] 此外,本发明也提供上述测量装置的测量方法,其技术方案是:一种采用上述测量装置测量特大型齿轮的方法,包括以下步骤:

[0024] 步骤一:利用激光跟踪仪,建立被测齿轮的基准平面和基准轴线。具体方法是:

[0025] (1) 首先将被测齿轮放置在工作台上,如果齿轮有中心孔,则在孔内沿着圆周方向采样至少五个点;如果齿轮有齿轮轴,则在轴上沿圆周方向采样至少五个点,之后将采样的数据点依照最小二乘法拟合成一个圆,然后沿着齿轮内孔或齿轮轴的轴向,在与齿轮端

面平行的数个面上按上述方法取至少五个圆,将以上得到的多个圆心拟合成一条直线,该线即为齿轮的旋转轴线,也作为基准轴线;

[0026] (2) 在确定基准轴线后,于齿轮端面上取至少五个点,拟合出一个平面,此时取平面与轴线的交点,并过此交点做与轴线垂直的平面,该平面即为被测齿轮的基准平面。交点作为圆柱坐标  $\sigma_1(r, \theta, z)$  的坐标原点,基准轴线为 Z 轴,在基准平面内建立极坐标,以极轴 r 和极角  $\theta$  对点进行描述;

[0027] 步骤二:确定测量范围并调整测量装置以保证在测量范围内满足测量精度要求。具体方法是:

[0028] (1) 在步骤一已经确定了被测齿轮的旋转轴线的情况下,如果齿轮有中心孔,则将支撑臂撑在中心孔的内壁上;如果齿轮有齿轮轴,则将回转支承内圈套在齿轮轴上固定;

[0029] (2) 由实际齿轮参数计算出齿轮的起测点坐标和测量范围,利用激光跟踪仪读取测头的位置,通过调整水平测杆,使测头移动至与被测齿轮旋转轴线的距离为起测点向径的位置。此时测头与齿轮接触,记录为实测齿廓的起始点,并记录其极角与向径。此时调整水平测杆并同时以被测齿轮的旋转轴线为中心旋转,驱动测头沿着齿面由起测点运动到终测点。此时由激光跟踪仪对两点的高度进行测量,并通过调整测量仪的位置直到两点高度差满足测量要求为止,以保证齿廓误差的测量精度;

[0030] (3) 固定水平测杆并驱动垂直测杆进行直线运动,并记录所经过点的坐标,得到其运动轨迹,调整垂直测杆与水平测杆的相对位置,直到使其运动轨迹相对于基准轴线的平行度达到测量要求,以保证在螺旋线测量时能在分度圆的圆柱面上进行测量并在端面内计值;

[0031] 步骤三:对具体齿轮参数进行测量。具体方法是:

[0032] (1) 齿廓测量:在调整好整个装置后,从起测点开始测量,此时由水平测杆总长与电感传感器示值可获得测点位置的向径,过测点作基圆切线,使其满足齿廓偏差在端平面内且垂直于渐开线齿廓计值的条件,之后由基圆半径和测点向径可获得切线长度,并可求得切线与理论渐开线交点处的展长,切线长度与展长之差即为测点处的齿廓偏差;

[0033] (2) 螺旋线误差测量:调节水平测杆,使得电感传感器测头处于齿轮分度圆的圆柱面上,然后固定水平测杆,驱动垂直测杆沿着齿面在实际齿轮的齿宽工作范围内进行运动,在此测量过程中,记录电感传感器测头的运动轨迹,记录沿途的电感传感器示值的变化,并换算为端面基圆切向上的量,即为沿途的螺旋线偏差。

[0034] 本发明特大型齿轮的测量装置及其测量方法的有益效果是:不受齿轮体积大、重量大的影响,测量方便、精度高。

#### 附图说明

[0035] 图 1 为实施例 1 中特大型齿轮的测量装置的结构示意图;

[0036] 图 2 为实施例 2 中特大型齿轮的测量装置的结构示意图;

[0037] 图 3 为实际齿廓线的几何示意图。

[0038] 图中标号分别为:1. 工作台 2. 激光跟踪仪 3. 底盘 4. 立柱 5. 旋臂 6. 支撑柱 7. 水平测杆 8. 垂直臂 9. 垂直测杆 10. 电感传感器测头 11. 支撑臂 12. 齿轮 13. 回转支承 14. 锥齿轮运动副 15. 水平光栅传感器 16. 垂直光栅传感器。

## 具体实施方式

[0039] 下面通过实施例并结合附图对本发明的技术方案作进一步的具体描述。

[0040] 实施例 1：

[0041] 一种特大型齿轮的测量装置，如图 1 所示，该种测量装置适合具有中心孔的特大型齿轮，该测量装置包括相互独立的工作台 1、测量仪以及激光跟踪仪 2，所述测量仪包括底盘 3，所述底盘 3 的周向向外辐射有多个相同的周向均布的支撑臂 11，底盘 3 上表面中心连接有立柱 4，立柱 4 侧壁的径向设有能以立柱 4 为旋转轴旋转的旋臂 5，所述旋臂 5 中部的下方固定有支撑柱 6，支撑柱 6 与工作台 1 之间设有锥齿轮运动副 14，锥齿轮运动副 14 的齿条底面上装有磁铁，可将齿条吸附在工作台 1 上固定不动，该运动副的驱动电机设于支撑柱内，所述旋臂 5 上设有水平测杆 7，所述水平测杆 7 由调节装置（例如液压缸）驱动使水平测杆 7 可沿旋臂长度方向移动，所述水平测杆 7 上设有记录其水平位移变化的水平光栅传感器 15，水平测杆 7 的外侧端部设有垂直臂 8，垂直臂 8 上设有垂直测杆 9，垂直测杆 9 上设有记录其垂直位移变化的垂直光栅传感器 16，所述垂直测杆 9 由调节装置驱动使垂直测杆 9 可沿垂直臂 8 长度方向移动，所述垂直测杆 9 底端设有电感传感器测头 10。

[0042] 采用上述测量装置测量特大型齿轮的方法，包括以下步骤：

[0043] 步骤一：利用激光跟踪仪 2，建立被测齿轮 12 的基准平面和基准轴线。具体方法是：

[0044] （1）首先将具有中心孔的被测齿轮 12 放置在工作台 1 上，则在孔内沿着圆周方向采样至少五个点，之后将采样的数据点依照最小二乘法拟合成一个圆，然后沿着齿轮 12 内孔或齿轮轴的轴向，在与齿轮 12 端面平行的数个面上按上述方法取至少三个圆，将以上得到的多个圆心拟合成一条直线，该线即为齿轮 12 的旋转轴线，也作为基准轴线；

[0045] （2）在确定基准轴线后，于齿轮 12 端面上取至少五个点，拟合出一个平面，此时取平面与轴线的交点，并过此交点做与轴线垂直的平面，该平面即为被测齿轮 12 的基准平面。交点作为圆柱坐标  $\sigma_1(r, \theta, z)$  的坐标原点，基准轴线为 Z 轴，在基准平面内建立极坐标，以极轴 r 和极角  $\theta$  对点进行描述；

[0046] 步骤二：确定测量范围并调整测量装置以保证在测量范围内满足测量精度要求。具体方法是：

[0047] （1）在步骤一已经确定了被测齿轮 12 的旋转轴线的情况下，将支撑臂 11 撑在中心孔的内壁上；

[0048] （2）利用激光跟踪仪 2 读取测头的位置，通过调节装置来调整水平测杆 7，使测头 10 移动至与被测齿轮 12 旋转轴线的距离为基圆半径的位置，此时测头 10 与齿轮 12 接触，记录为实测渐开线的初始点，极角为零，向径为基圆半径。由实际齿轮参数计算出齿轮 12 的测量起始点和测量长度，此时调整水平测杆 7 并同时以被测齿轮的旋转轴线为中心旋转，驱动测头 10 沿着齿面由起测点运动到终测点。此时由激光跟踪仪 2 对两点的高度进行测量，并通过调整测量仪的位置直到两点高度差满足测量要求为止，以保证在同一端面内对齿廓进行测量；

[0049] （3）固定水平测杆 7 并驱动垂直测杆 9 进行直线运动，并记录所经过点的坐标，得到其运动轨迹，调整垂直测杆 9 与水平测杆 7 的相对位置，直到使其运动轨迹相对于基准轴

线的平行度达到测量要求,以保证在螺旋线测量时能在分度圆的圆柱面上进行测量并在端面内计值;

[0050] 步骤三:对具体齿轮参数进行测量。具体方法是:

[0051] (1) 齿廓测量:在调整好整个装置后(电感传感器示值调零且测头水平设置并与水平测杆 7 垂直),如图 3 所示,从起测点( $r_k=r_1=OA_1$ ,  $\theta_k=\theta_1$ )开始测量,水平测杆 7 伸长一定的量,通过水平光栅传感器 15 的示值变化得到此点的向径变化量为  $AA_1$ ,通过电感传感器示值变化  $A_1B$  得到极角变化量为  $\theta_2=\arctan(A_1B/OA_1)$ ,此时,过 B 点做渐开线的垂线,垂点为 E 点,由于渐开线的特性,作 BE 延长线可得与基圆的切点为 D,故可得

$$OB = \sqrt{A_1B^2 + OA_1^2} = \sqrt{A_1B^2 + (AA_1 + r_1)^2}, \quad DB = \sqrt{OB^2 - r_b^2},$$

又由渐开线特点可知:展长 ED 等于 AD 段弧长  $\hat{a}$ ,因 ED 垂直于理论渐开线(由国标定义:齿廓偏差在段平面内且垂直于渐开线齿廓的方向计值),所以此时的齿廓偏差  $F_a=EB$ ,其中:

$$EB = DB - DE = DB - \hat{a}, \quad \hat{a} = ((\arctan(DB/r_b)) + \theta_2 + \theta_1) \cdot r_b,$$

完成上述步骤后,旋转水平测杆 7,使电感传感器示值归零,然后重复上述方法测下一个点的齿廓偏

差值即:  $F_a(n) = DB - (\arctan(DB/r_b) + \sum_{n=1}^n \theta_n) \cdot r_b$ ,按照上述方法获取至少

二十个点后,便可拟合出齿廓偏差曲线;

[0052] (2) 螺旋线误差测量:调节水平测杆 7,使得电感传感器测头 10 处于齿轮 12 分度圆的圆柱面上,然后固定水平测杆 7,驱动垂直测杆 9 沿着齿面在实际齿轮的齿宽工作范围内进行运动,在此测量过程中,记录电感传感器测头 10 的运动轨迹,记录沿途的电感传感器示值的变化,并换算为端面基圆切向上的量,即为沿途的螺旋线偏差。

[0053] 实施例 2:

[0054] 一种特大型齿轮的测量装置,如图 2 所示,该测量装置适合具有齿轮轴的特大型齿轮,该测量装置与实施例 1 的不同之处在于:旋臂内侧端与回转支承 13 固定连接,锥齿轮运动副 14 的齿条吸附在齿轮 12 上表面固定不动。

[0055] 采用上述测量装置测量特大型齿轮的方法,包括以下步骤:

[0056] 步骤一:利用激光跟踪仪 2,建立被测齿轮 12 的基准平面和基准轴线。具体方法是:

[0057] (1) 首先将具有齿轮轴的被测齿轮 12 放置在工作台 1 上,在齿轮轴上沿圆周方向采样至少五个点,之后将采样的数据点依照最小二乘法拟合成一个圆,然后沿着齿轮 12 内孔或齿轮轴的轴向,在与齿轮 12 端面平行的数个面上按上述方法取至少三个圆,将以上得到的多个圆心拟合成一条直线,该线即为齿轮 12 的旋转轴线,也作为基准轴线;

[0058] (2) 在确定基准轴线后,于齿轮 12 端面上取至少五个点,拟合出一个平面,此时取平面与轴线的交点,并过此交点做与轴线垂直的平面,该平面即为被测齿轮 12 的基准平面。交点作为圆柱坐标  $\sigma 1(r, \theta, z)$  的坐标原点,基准轴线为 Z 轴,在基准平面内建立极坐标,以极轴 r 和极角  $\theta$  对点进行描述;

[0059] 步骤二:确定测量范围并调整测量装置以保证在测量范围内满足测量精度要求。具体方法是:

[0060] (1)在步骤一已经确定了被测齿轮 12 的旋转轴线的情况下,则将回转支承 13 内圈套在齿轮轴上固定;

[0061] (2)利用激光跟踪仪 2 读取测头的位置,通过调节装置来调整水平测杆 7,使测头 10 移动至与被测齿轮 12 旋转轴线的距离为基圆半径的位置,此时测头 10 与齿轮 12 接触,记录为实测渐开线的初始点,极角为零,向径为基圆半径。由实际齿轮参数计算出齿轮 12 的测量起始点和测量长度,此时调整水平测杆 7 并同时以被测齿轮的旋转轴线为中心旋转,驱动测头 10 沿着齿面由起测点运动到终测点。此时由激光跟踪仪 2 对两点的高度进行测量,并通过调整测量仪的位置直到两点高度差满足测量要求为止;

[0062] (3)固定水平测杆 7 并驱动垂直测杆 9 进行直线运动,并记录所经过点的坐标,得到其运动轨迹,调整垂直测杆 9 与水平测杆 7 的相对位置,直到使其运动轨迹相对于基准轴线的平行度达到测量要求,以保证在螺旋线测量时能在分度圆的圆柱面上进行测量并在端面内计值;

[0063] 步骤三:对具体齿轮参数进行测量。具体方法是:

[0064] (1)齿廓测量:在调整好整个装置后(电感传感器示值调零且测头水平设置并与水平测杆 7 垂直),如图 3 所示,从起测点( $r_k=r_1=OA$ ,  $\theta_k=\theta_1$ )开始测量,水平测杆 7 伸长一定的量,通过水平光栅传感器 15 的示值变化得到此点的向径变化量为  $AA_1$ ,通过电感传感器示值变化  $A_1B$  得到极角变化量为  $\theta_2=\arctan(A_1B/OA_1)$ ,此时,过 B 点做渐开线的垂线,垂点为 E 点,由于渐开线的特性,作 BE 延长线可得与基圆的切点为 D,故可得

$$OB = \sqrt{A_1B^2 + OA_1^2} = \sqrt{A_1B^2 + (AA_1 + r_1)^2}, \quad DB = \sqrt{OB^2 - r_b^2},$$

又由渐开线特点可知:展长 ED 等于 AD 段弧长  $\hat{a}$ ,因 ED 垂直于理论渐开线(由国标定义:齿廓偏差在段平面内且垂直于渐开线齿廓的方向计值),所以此时的齿廓偏差  $F_a=EB$ ,其中:

$$EB = DB - DE = DB - \hat{a}, \quad \hat{a} = ((\arctan(DB/r_b)) + \theta_2 + \theta_1) \cdot r_b,$$

完成上述步骤后,旋转水平测杆 7,使电感传感器示值归零,然后重复上述方法测下一个点的齿廓偏差值即:  $F_a(n) = DB - (\arctan(DB/r_b) + \sum_{n=1}^n \theta_n) \cdot r_b$ ,按照上述方法获取至少

二十个点后,便可拟合出齿廓偏差曲线;

[0065] (2)螺旋线误差测量:调节水平测杆 7,使得电感传感器测头 10 处于齿轮 12 分度圆的圆柱面上,然后固定水平测杆 7,驱动垂直测杆 9 沿着齿面在实际齿轮的齿宽工作范围内进行运动,在此测量过程中,记录电感传感器测头 10 的运动轨迹,记录沿途的电感传感器示值的变化,并换算为端面基圆切向上的量,即为沿途的螺旋线偏差。

[0066] 上述所描述的具体实施例仅仅是对本发明的构思作优选举例说明。凡在本发明的精神和原则之内所做的任何修改或补充或等同替代,均应包含在本发明权利要求的保护范围之内。

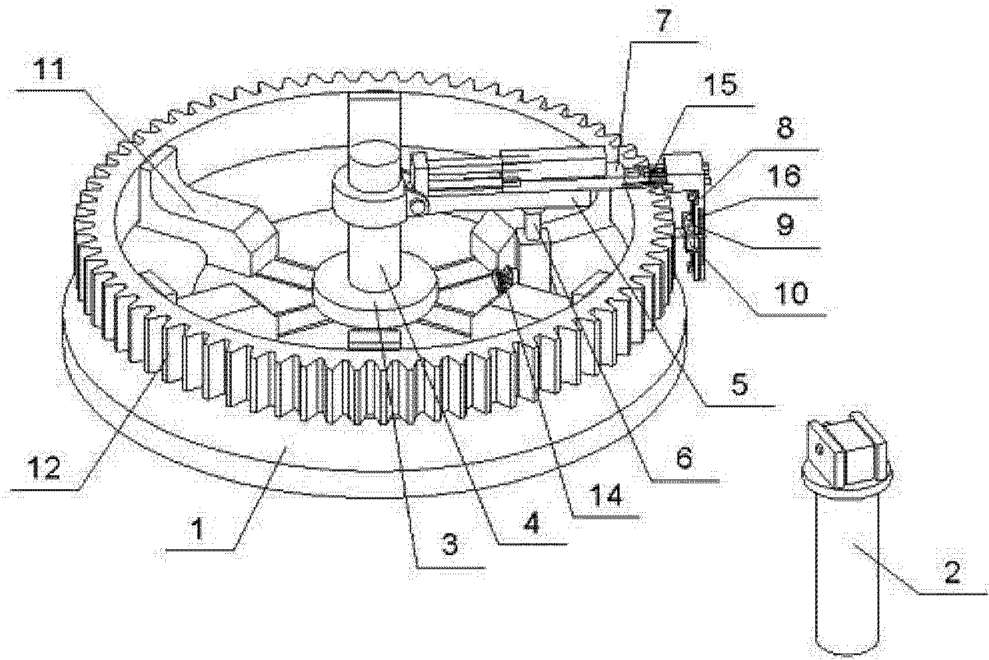


图 1

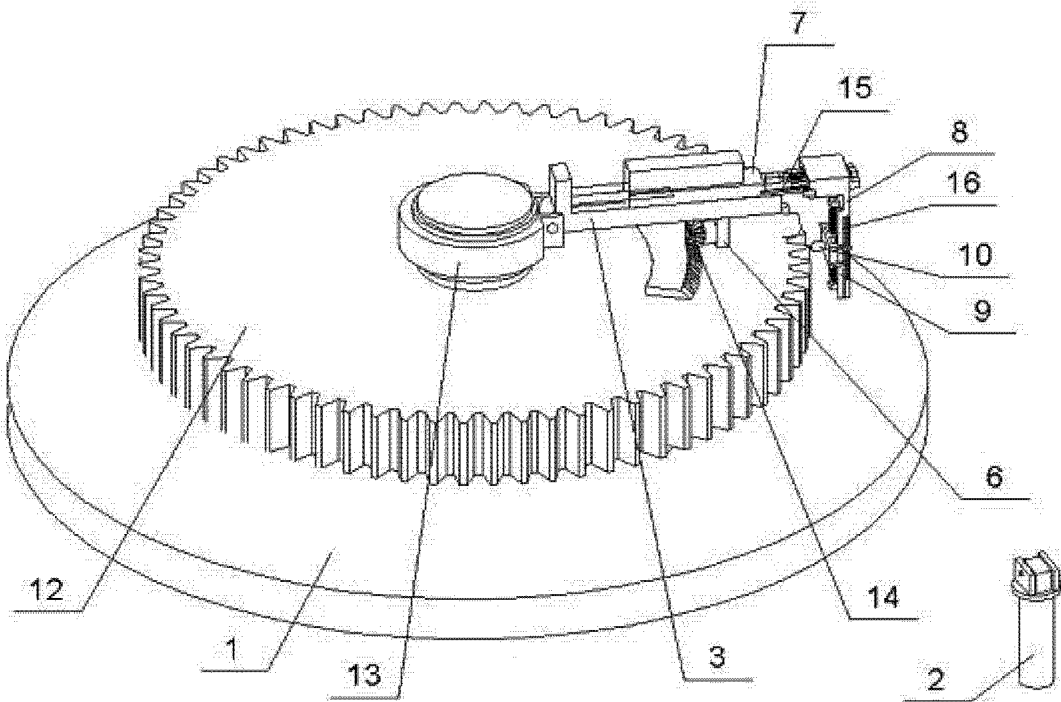


图 2

