



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104251980 B
(45)授权公告日 2019.03.08

(21)申请号 201310258333.X

(51)Int.Cl.

(22)申请日 2013.06.26

G01R 33/28(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

(56)对比文件

申请公布号 CN 104251980 A

CN 201177660 Y,2009.01.07,

CN 201421757 Y,2010.03.10,

(43)申请公布日 2014.12.31

CN 103065759 A,2013.04.24,

(73)专利权人 通用电气公司

CN 102148083 A,2011.08.10,

地址 美国纽约州

US 2008/0180098 A1,2008.07.31,

(72)发明人 江隆植 刁小雪 黄世科 沈伟俊

审查员 林婷

李安峰 保尔·S·拖马斯

陈宜蔚

伊万格拉斯·T·拉斯卡里斯

(74)专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公

司 72001

代理人 柯广华 汤春龙

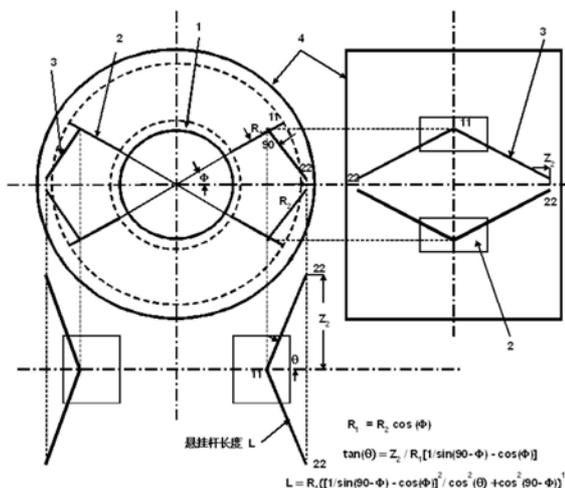
权利要求书1页 说明书4页 附图3页

(54)发明名称

一种超导磁体悬挂系统

(57)摘要

本发明涉及一种超导磁体悬挂系统,其包括:超导磁体套筒,其将超导磁体容纳于其中;多个叶片,其以垂直于超导磁体套筒的侧表面的方式分布在所述侧表面的周缘;真空套筒,其将所述超导磁体套筒容纳于其中;以及多组悬挂杆,其中每组悬挂杆包括第一悬挂杆和第二悬挂杆,每组悬挂杆的第一悬挂杆和第二悬挂杆的一端被固定在所述多个叶片中的一个上,并且另一端分别固定到所述真空套筒的侧壁上。通过根据本发明的实施例的超导磁体悬挂系统,在不含有专用的轴向悬挂的情况下仍然可以提供限制超导磁体的三维平移和三维旋转的刚性,降低了成本。



1. 一种超导磁体悬挂系统,包括:
超导磁体套筒,其将超导磁体容纳于其中;
多个叶片,其以垂直于超导磁体套筒的侧表面的方式分布在所述侧表面的周缘;
真空套筒,其将所述超导磁体套筒容纳于其中;以及
多组悬挂杆,其中每组悬挂杆包括第一悬挂杆和第二悬挂杆,每组悬挂杆的第一悬挂杆和第二悬挂杆的一端被固定在所述多个叶片中的一个上,并且另一端分别固定到所述真空套筒的侧壁上。
2. 根据权利要求1所述的超导磁体悬挂系统,其中,每组悬挂杆所限定的平面与该组悬挂杆被固定至的叶片的平面成一定角度。
3. 根据权利要求1所述的超导磁体悬挂系统,其中,每组悬挂杆的第一悬挂杆和第二悬挂杆的所述一端被固定在所述多个叶片中的一个叶片的同一位置处。
4. 根据权利要求1所述的超导磁体悬挂系统,其中,所述多组悬挂杆分别被固定至所述多个叶片中的多个不同叶片,其中所述多个不同叶片关于超导磁体套筒的中心轴线对称。
5. 根据权利要求1所述的超导磁体悬挂系统,其中,每组悬挂杆所限定的平面与该组悬挂杆被固定至的叶片的平面成90度的角度且与超导磁体套筒的径向方向垂直。
6. 根据权利要求1-5中任一项所述的超导磁体悬挂系统,其中所述多组悬挂杆为四组悬挂杆。
7. 根据权利要求1-5中任一项所述的超导磁体悬挂系统,其中所述多组悬挂杆与各自相关联的叶片所成的角度相同,且关于超导磁体套筒的中心轴线呈对称分布。
8. 根据权利要求1-5中任一项所述的超导磁体悬挂系统,其中每组悬挂杆的第一悬挂杆和第二悬挂杆与叶片所成的角度被布置为使得在叶片经受温度变化后每个第一和第二悬挂杆的长度改变最小化。
9. 根据权利要求1-5中任一项所述超导磁体悬挂系统,其中每组悬挂杆的第一悬挂杆和第二悬挂杆与叶片所成的角度被布置为使得所述多组悬挂杆提供限制所述超导磁体套筒的三维平移和三维旋转的最大阻力力矩。
10. 根据权利要求1-5中任一项所述的超导磁体悬挂系统,其中每组悬挂杆的第一悬挂杆和第二悬挂杆具有相等的长度且与它们被固定至的叶片所成的角度相等。

一种超导磁体悬挂系统

技术领域

[0001] 本发明涉及磁共振成像 (MRI) 技术领域,具体地涉及用于磁共振设备的超导磁体悬挂系统。

背景技术

[0002] 超导磁体目前已被广泛用于磁共振设备中。用超导材料制成的线圈在通过强大的电流时产生强大的磁场,而在外加电流切断后,超导线圈中的电流仍保持不变,因而超导磁场十分稳定。

[0003] 在工作中,磁共振设备中的甚至很微小的震动也可能导致超导磁体的运动,从而产生涡电流,扰乱磁场的均匀性,这会引发磁共振成像中的拖影现象。一般地,通过巧妙地设计超导磁体的悬挂装置来避免该问题。

[0004] 图1示出了根据现有技术的超导磁体悬挂装置的示意图。如图1所示,该悬挂装置包括8个径向悬挂杆和4个轴向悬挂杆。每个悬挂杆的一端固定到用于容纳诸如氦的冷却物质以冷却浸入其中的超导磁体的氦瓶,另一端固定到套在所述氦瓶之外的真空套筒(图中未示出),从而提供对超导磁体/氦瓶的运动限制。这种径向悬挂和轴向悬挂相结合的方式成本较高。

发明内容

[0005] 本发明提供一种不包含专用的轴向悬挂的超导磁体悬挂系统。该超导磁体悬挂系统包括:

[0006] 超导磁体套筒,其将超导磁体容纳于其中;

[0007] 多个叶片,其以垂直于超导磁体套筒的侧表面的方式分布在所述侧表面的周缘;

[0008] 真空套筒,其将所述超导磁体套筒容纳于其中;以及

[0009] 多组悬挂杆,其中每组悬挂杆包括第一悬挂杆和第二悬挂杆,每组悬挂杆的第一悬挂杆和第二悬挂杆的一端被固定在所述多个叶片中的一个上,并且另一端分别固定到所述真空套筒的侧壁上。

[0010] 根据本发明的一个实施例,每组悬挂杆所限定的平面与该组悬挂杆被固定至的叶片的平面成一定角度。

[0011] 根据本发明的一个实施例,每组悬挂杆的第一悬挂杆和第二悬挂杆的所述一端被固定在所述多个叶片中的一个叶片的同一位置处。

[0012] 根据本发明的一个实施例,所述多组悬挂杆分别被固定至所述多个叶片中的多个不同叶片,其中所述多个不同叶片关于超导磁体套筒的中心轴线对称。

[0013] 根据本发明的一个实施例,每组悬挂杆所限定的平面与该组悬挂杆被固定至的叶片的平面成90度的角度且与超导磁体套筒的径向方向垂直。

[0014] 根据本发明的一个实施例,所述多组悬挂杆为四组悬挂杆。

[0015] 根据本发明的一个实施例,所述多组悬挂杆与各自相关联的叶片所成的角度相

同,且关于超导磁体套筒的中心轴线呈对称分布。

[0016] 根据本发明的一个实施例,每组悬挂杆的第一悬挂杆和第二悬挂杆与叶片所成的角度被布置为使得在叶片经受温度变化后每个第一和第二悬挂杆的长度改变最小化。

[0017] 根据本发明的一个实施例,每组悬挂杆的第一悬挂杆和第二悬挂杆与叶片所成的角度被布置为使得所述多组悬挂杆提供限制所述超导磁体套筒的三维平移和三维旋转的最大阻力力矩。

[0018] 根据本发明的一个实施例,每组悬挂杆的第一悬挂杆和第二悬挂杆具有相等的长度且与它们被固定至的叶片所成的角度相等。

[0019] 通过根据本发明的实施例的超导磁体悬挂系统,在不含有专用的轴向悬挂的情况下仍然可以提供限制超导磁体的三维平移和三维旋转的刚性,降低了成本。

附图说明

[0020] 为了更透彻地理解本公开的内容,在下文中参考以下附图对本发明的实施例进行详细描述,在附图中:

[0021] 图1示出了根据现有技术的超导磁体悬挂装置的示意图;

[0022] 图2A-C示出了根据本发明的一个实施例的超导磁体悬挂系统的立体示意图;

[0023] 图3示出了根据本发明的一个实施例的图2示出的超导磁体悬挂系统的多方位截面图;以及

[0024] 图4示出了根据本发明的一个实施例的悬挂杆长度的变化示意图。

具体实施方式

[0025] 下面将参考附图来详细描述用于实现本发明的具体实施例。但应当理解的是,本发明并不限于下述具体实施例。

[0026] 图2A-C示出了根据本发明的一个实施例的超导磁体悬挂系统的立体示意图。图3示出了图2中的超导磁体悬挂系统的截面图。如图2和3所示,该超导磁体悬挂系统包括将超导磁体容纳于其中的超导磁体套筒1、以垂直于超导磁体套筒1的侧表面的方式分布在该侧表面的周缘的多个叶片2、悬挂杆3以及将超导磁体套筒1容纳于其中的真空套筒4(参见图3,图2中未示出)。

[0027] 在一个实施例中,超导磁体套筒1指的是其中容纳有冷却物质和浸入冷却物质中的超导磁体的冷却容器。所述冷却物质诸如低温氦等。在另一实施例中,超导磁体套筒1为超导磁体的内层线圈的基板或密封所述内层线圈的套筒。可以理解的是,超导磁体套筒1还可以为与超导磁体有关的其他部件。虽然在图中将超导磁体套筒1示出为大体为圆柱形,但诸如椭圆柱或多棱柱体的其他形状也适用于本发明。

[0028] 呈辐射状散布在超导磁体套筒1的侧表面周缘的多个叶片2在一个实施例中为具有梯形的形状。但可以理解,诸如三角形、扇形、方形、圆形、椭圆形等的其他形状也是适用的。在图2的实施例中,这多个叶片2以垂直于超导磁体套筒1的侧表面的方式分布在侧表面的周缘。

[0029] 在该实施例中,悬挂系统包括4组共8个悬挂杆3(由于视角关系,在图2A-C中的每个图中只示出了4个悬挂杆),每组悬挂杆包括两个悬挂杆3,即第一悬挂杆和第二悬挂杆,

其中第一悬挂杆和第二悬挂杆的一端(也称为冷端)被固定在一叶片2上,另一端(也称为热端)分别被固定到真空套筒1的侧壁上。在图2中,每组悬挂杆的第一悬挂杆和第二悬挂杆被示出为冷端固定在叶片的不同位置处,可以理解,它们的冷端也可以固定在相同位置处。另外,还可以理解的是,悬挂系统可以包括更多或更少的悬挂杆组,例如包括3组悬挂杆或6组悬挂杆等。

[0030] 在一个实施例中,多组悬挂杆分别被固定至关于超导磁体套筒的中心轴线对称的多个不同叶片。该中心轴线平行于超导磁体套筒1的侧表面。每组悬挂杆所限定的平面与该组悬挂杆被固定至的叶片的平面成一定角度。即,每组悬挂杆所限定的平面与该组悬挂杆被固定至的叶片的平面不重合。在一实施例中,每组悬挂杆所限定的平面与该组悬挂杆被固定至的叶片的平面成90度的角度,且与超导磁体套筒1的径向方向垂直。

[0031] 在图2的实施例中,为了设计和计算的方便性,多组悬挂杆与各自相关联的叶片所成的角度相同,且关于超导磁体套筒的中心轴线呈对称分布。另外,还可以使得每组悬挂杆的第一悬挂杆和第二悬挂杆具有相等的长度且与它们被固定至的叶片所成的角度相等。

[0032] 可以恰当地设计每组悬挂杆的第一悬挂杆和第二悬挂杆与该组悬挂杆被固定至的叶片的平面所成的角度,以使得这多组悬挂杆提供限制超导磁体套筒的三维平移和三维旋转的最大阻力力矩,从而提供限制超导磁体套筒的三维平移和三维旋转的最大刚性。

[0033] 另外,由于超导磁体套筒1通常包含或接近低温冷却物质,因此超导磁体套筒1上的叶片2可能会由于该冷却物质的施加而产生诸如收缩的形变,从而使得悬挂杆3的冷端的位置发生变化,如图4所示。而悬挂杆的热端则不会受到低温冷却物质的影响或受到较小的影响。在这种情况下,在冷却完毕后,悬挂系统可能会由于不一致的形变而被损坏。为了降低或消除该损坏从而延长悬挂系统的使用寿命,可以适当地布置每组悬挂杆的第一悬挂杆和第二悬挂杆与它们被固定至的叶片所成的角度,以使得在经受温度变化后每个悬挂杆的长度改变最小,例如接近零。在图4中,“圆心”指的是超导磁体套筒截面的圆心,“悬挂杆冷端初始位置”指的是温度未改变前悬挂杆的冷端在叶片上的初始位置,“悬挂杆冷端最终位置”为叶片由于低温而收缩后悬挂杆冷端的位置。由图4可知,当悬挂杆与叶片的收缩方向垂直时,悬挂杆所产生的长度变化最小。

[0034] 这样,通过恰当地设计和布置悬挂杆,可以保证悬挂杆的长度改变最小和/或保证提供最大的阻力力矩。

[0035] 图3示出了图2中的超导磁体悬挂系统的截面图,其中左上角为超导磁体悬挂系统的正视截面图,正视截面图下方为超导磁体悬挂系统的顶视截面图,正视截面图右方为超导磁体悬挂系统的侧视截面图。根据图3中所示的各部件之间的几何关系,可以求得悬挂杆3的长度L:

$$[0036] \quad L=R_1 \{ [1/\sin(90-\Phi) - \cos(\Phi)]^2 / \cos^2(\theta) + \cos^2(90-\Phi) \}^{1/2}$$

[0037] 其中, R_1 为悬挂杆3的冷端位置至超导磁体套筒1的中心轴线的距离, Φ 为正视截面图中配置有悬挂杆的叶片与水平线所成的角度, θ 为顶视截面图中悬挂杆与水平线所成的角度。

[0038] 通过上面所述的超导磁体悬挂系统的各实施例,在不含有专用的轴向悬挂的情况下仍然可以提供限制超导磁体的三维平移和三维旋转的刚性。另外,通过恰当地设计悬挂杆与叶片的角度,可以使得悬挂杆由于温度改变而产生的长度改变最小。根据图中所例示

的实施例,与现有技术相比,悬挂杆的数量由12个减少到8个,从而节约了33%左右的成本。

[0039] 虽然上述已经结合附图描述了本发明的具体实施例,但是本领域技术人员在不脱离本发明的精神和范围的情况下,可以对本发明进行各种改变、修改和等效替代。这些改变、修改和等效替代都意为落入随附的权利要求所限定的精神和范围之内。

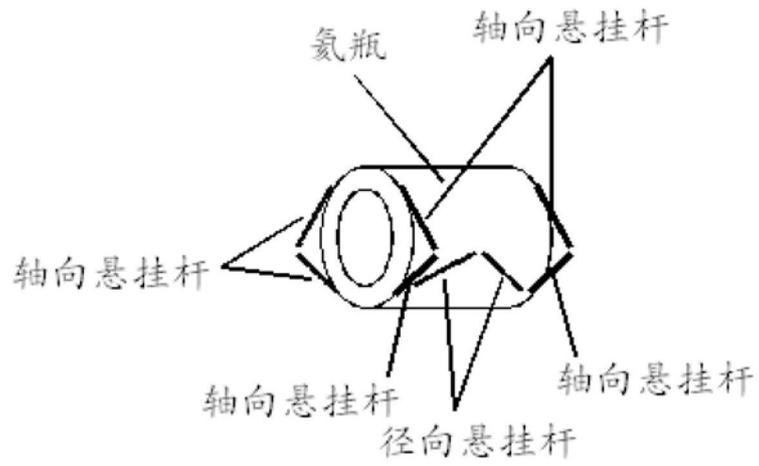
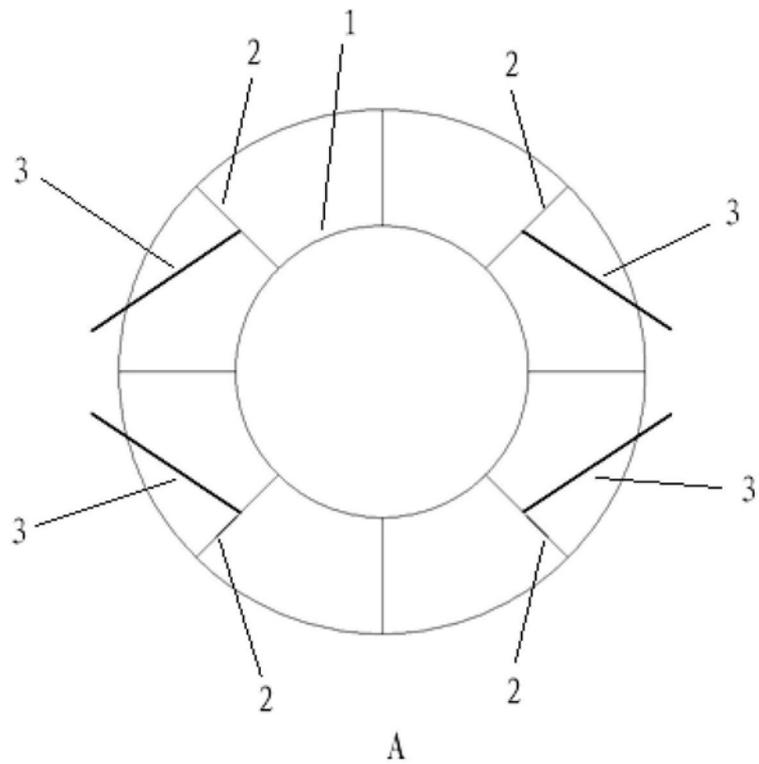


图1



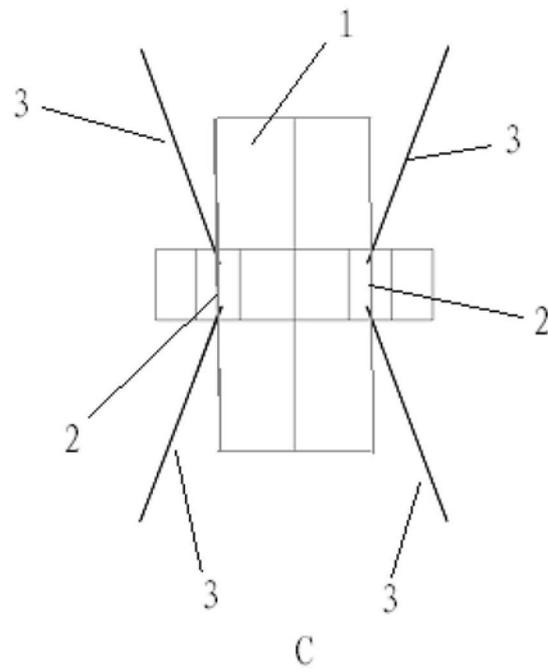
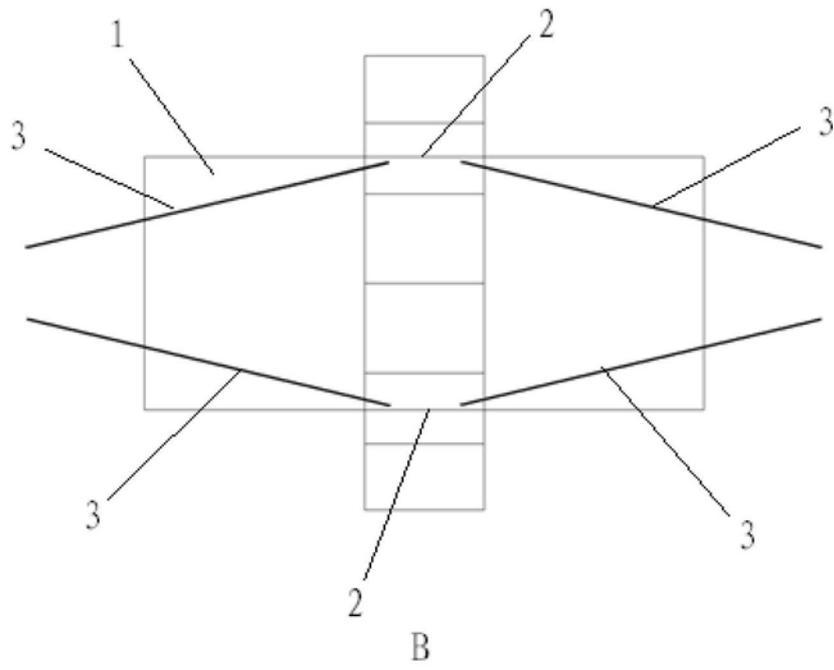


图2

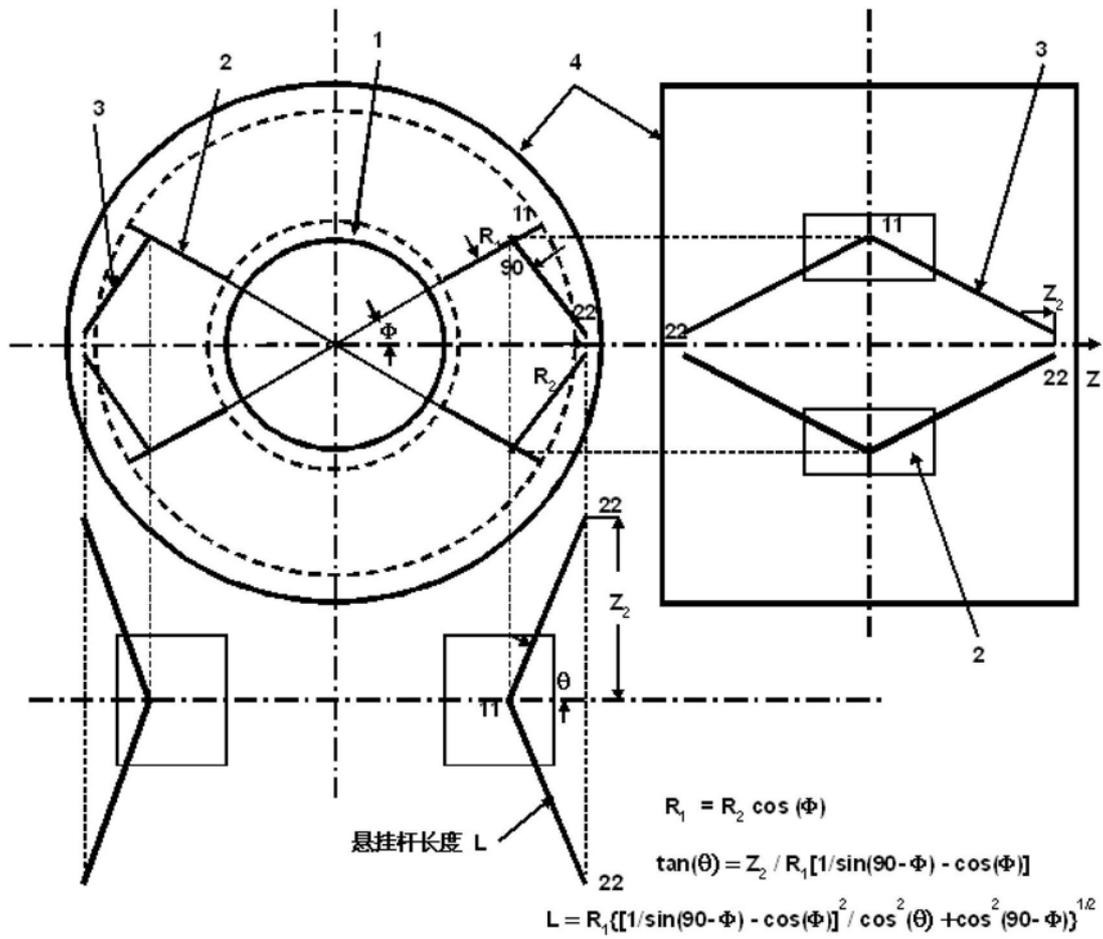


图3

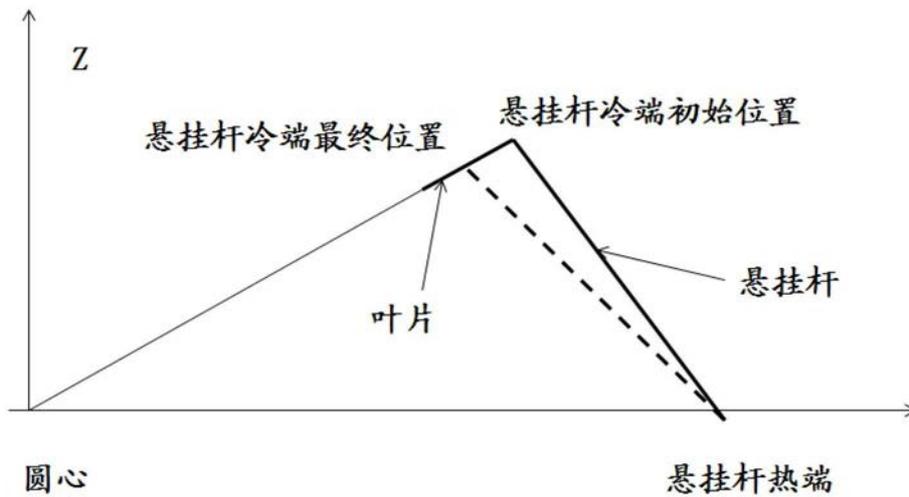


图4