



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108932902 A

(43)申请公布日 2018.12.04

(21)申请号 201810654816.4

(22)申请日 2018.06.22

(71)申请人 同济大学

地址 200092 上海市杨浦区四平路1239号

(72)发明人 禹海涛 张敬华 袁勇

(74)专利代理机构 上海科盛知识产权代理有限公司 31225

代理人 翁惠瑜

(51)Int.Cl.

G09B 25/04(2006.01)

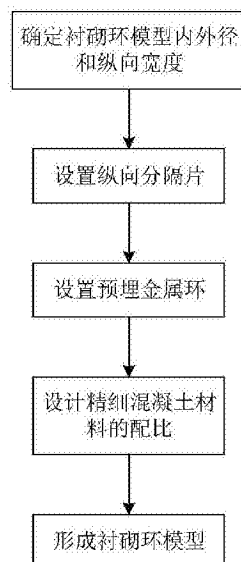
权利要求书1页 说明书4页 附图5页

(54)发明名称

一种可模拟盾构隧道环向接头的衬砌环模型设计方法

(57)摘要

本发明涉及一种可模拟盾构隧道环向接头的衬砌环模型设计方法,包括以下步骤:1)根据相似比原则,确定衬砌环模型内外径和纵向宽度,形成衬砌环模具;2)以纵向分隔片模拟原型隧道环向接头,以预埋金属环模拟原型隧道环向螺栓,设计所述预埋金属环的断面直径,在所述衬砌环模具内设置纵向分隔片和预埋金属环,形成衬砌环骨架;3)设计精细混凝土材料的配比,基于所述衬砌环骨架浇筑形成衬砌环模型。与现有技术相比,本发明具有设计方法简洁易行、模拟准确、造价低等优点。



1. 一种可模拟盾构隧道环向接头的衬砌环模型设计方法,其特征在于,包括以下步骤:

1) 根据相似比原则,确定衬砌环模型内外径和纵向宽度,形成衬砌环模具;

2) 以纵向分隔片模拟原型隧道环向接头,以预埋金属环模拟原型隧道环向螺栓,设计所述预埋金属环的断面直径,在所述衬砌环模具内设置纵向分隔片和预埋金属环,形成衬砌环骨架;

3) 设计精细混凝土材料的配比,基于所述衬砌环骨架浇筑形成衬砌环模型。

2. 根据权利要求1所述的可模拟盾构隧道环向接头的衬砌环模型设计方法,其特征在于,所述纵向分隔片的数量和位置与原型隧道环向接头的数量和位置相对应。

3. 根据权利要求1所述的可模拟盾构隧道环向接头的衬砌环模型设计方法,其特征在于,所述纵向分隔片的平面方向沿衬砌环模型的宽度方向设置。

4. 根据权利要求1所述的可模拟盾构隧道环向接头的衬砌环模型设计方法,其特征在于,所述预埋金属环的个数与原型隧道环向接头的环向螺栓个数相同。

5. 根据权利要求1所述的可模拟盾构隧道环向接头的衬砌环模型设计方法,其特征在于,所述纵向分隔片上设有用于穿过所述预埋金属环的通孔。

6. 根据权利要求1所述的可模拟盾构隧道环向接头的衬砌环模型设计方法,其特征在于,所述预埋金属环的断面直径满足以下公式:

$$E_{sm}d^2 = S_E S_l^2 E_s D^2$$

其中: E_{sm} 为预埋金属环受拉弹性模量, d 为预埋金属环断面直径, S_E 为弹性模量相似比, S_l 为几何相似比, E_s 为原型隧道环向螺栓受拉弹性模量, D 为原型隧道环向螺栓断面直径。

7. 根据权利要求1所述的可模拟盾构隧道环向接头的衬砌环模型设计方法,其特征在于,所述精细混凝土材料的配比使精细混凝土材料的弹性模量满足以下公式:

$$E_{cm} = S_E E_c$$

其中, E_{cm} 为精细混凝土材料的弹性模量, S_E 为弹性模量相似比, E_c 为原型隧道混凝土弹性模量。

8. 根据权利要求1所述的可模拟盾构隧道环向接头的衬砌环模型设计方法,其特征在于,所述纵向分隔片采用铝片制作,所述铝片的厚度为0.25mm-0.75mm。

9. 根据权利要求1所述的可模拟盾构隧道环向接头的衬砌环模型设计方法,其特征在于,所述预埋金属环采用高强度碳素钢丝制作。

一种可模拟盾构隧道环向接头的衬砌环模型设计方法

技术领域

[0001] 本发明属于土木工程领域,尤其是涉及一种可模拟盾构隧道环向接头的衬砌环模型设计方法。

背景技术

[0002] 盾构隧道是地下空间开发中应用最为广泛的结构形式之一,国内外大量公路隧道和轨道交通隧道均采用盾构法施工。由于盾构隧道本身的复杂性和特殊性,在进行相关课题研究时,常常需要考虑一定长度的隧道结构,比如隧道不均匀沉降研究,隧道施工引起的地面塌陷,隧道的抗震性能研究等,此类课题不可能对原型隧道进行大量的重复性试验,只能采用模型试验的方法,因此一种科学的盾构隧道衬砌环模型设计方法就显得尤为重要。盾构隧道最重要的特征在于其结构的不连续性,隧道由管片和螺栓拼装而成,形成了大量的环缝和纵缝。已有文献资料中,对盾构隧道的不连续性均进行了等效处理,即考虑到接缝对隧道刚度的削减作用,将模型的衬砌厚度适当减小,或者在衬砌环模型上局部切槽来模拟接缝对刚度的弱化效果,这样的设计方法可以在宏观上模拟隧道整体的结构特征,但无法体现原型隧道各种接缝的构造特征,而接缝部位恰恰是盾构隧道最薄弱最容易发生破坏的部分。因此需要提出一种全新的盾构隧道衬砌环模型设计方法,不仅使模型具有与原型隧道相同的接缝构造特征,还要造价低廉,制作简便,满足模型试验的大批量需求。

发明内容

[0003] 本发明的目的就是为了克服上述现有技术存在的缺陷而提供一种真实性高,能有效模拟隧道结构不连续性的盾构隧道衬砌环模型设计方法。

[0004] 本发明的目的可以通过以下技术方案来实现:

[0005] 一种可模拟盾构隧道环向接头的衬砌环模型设计方法,包括以下步骤:

[0006] 1) 根据相似比原则,确定衬砌环模型内外径和纵向宽度,形成衬砌环模具;

[0007] 2) 以纵向分隔片模拟原型隧道环向接头,以预埋金属环模拟原型隧道环向螺栓,设计所述预埋金属环的断面直径,在所述衬砌环模具内设置纵向分隔片和预埋金属环,形成衬砌环骨架;

[0008] 3) 设计精细混凝土材料的配比,基于所述衬砌环骨架浇筑形成衬砌环模型。

[0009] 进一步地,所述纵向分隔片的数量和位置与原型隧道环向接头的数量和位置相对应。

[0010] 进一步地,所述纵向分隔片的平面方向沿衬砌环模型的宽度方向设置。

[0011] 进一步地,所述预埋金属环的个数与原型隧道环向接头的环向螺栓个数相同。

[0012] 进一步地,所述纵向分隔片上设有用于穿过所述预埋金属环的通孔。

[0013] 进一步地,所述预埋金属环的断面直径满足以下公式:

$$[0014] \quad E_{sm} d^2 = S_E S_t^2 E_s D^2$$

[0015] 其中: E_{sm} 为预埋金属环受拉弹性模量, d 为预埋金属环断面直径, S_E 为弹性模量相

似比, S_1 为几何相似比, E_s 为原型隧道环向螺栓受拉弹性模量, D 为原型隧道环向螺栓断面直径。

[0016] 进一步地, 所述精细混凝土材料的配比使精细混凝土材料的弹性模量满足以下公式:

[0017] $E_{cm} = S_E E_c$

[0018] 其中, E_{cm} 为精细混凝土材料的弹性模量, S_E 为弹性模量相似比, E_c 为原型隧道混凝土弹性模量。

[0019] 进一步地, 所述纵向分隔片采用铝片制作, 所述铝片的厚度为 0.25mm-0.75mm。

[0020] 进一步地, 所述预埋金属环采用高强度碳素钢丝制作。

[0021] 与现有技术相比, 本发明具有以下有益效果:

[0022] 1) 本发明以纵向分隔片模拟原型隧道环向接头, 以预埋金属环模拟原型隧道环向螺栓, 能够获得与原型隧道相同的环向接头构造, 模型内的预埋金属片将衬砌环完全断开, 形成真实的纵缝连接构造, 模拟精度高。

[0023] 2) 原型隧道的管片和环向螺栓均按照几何和弹性模量相似比进行缩尺设计, 得到的衬砌环模型严格满足模型相似比设计要求。

[0024] 3) 可方便通过本发明设计的衬砌环模型拼装成整体的隧道模型, 可精确模拟原型隧道的环缝构造。

[0025] 4) 本发明通过设计精细混凝土材料的配比浇筑形成衬砌环模型的主体, 造价低, 制作简便, 可批量制作, 满足大量重复性试验的需求, 相比其他塑料、石膏材质的模型, 与结构原型更接近。

[0026] 5) 本发明设计精细混凝土的配比和预埋金属环的断面直径, 使模型刚度符合相似比要求。

[0027] 6) 本发明设计方法简洁易行。

附图说明

[0028] 图1为本发明的流程示意图;

[0029] 图2为本发明设计实例的衬砌环模型正视图(单位:mm);

[0030] 图3为图2所示设计实例的A-A剖面图(单位:mm);

[0031] 图4为本发明设计实例的分隔片设计图(单位:mm);

[0032] 图5为本发明设计实例的分隔片示意图;

[0033] 图6为本发明设计实例的金属环示意图。

具体实施方式

[0034] 下面结合附图和具体实施例对本发明进行详细说明。本实施例以本发明技术方案为前提进行实施, 给出了详细的实施方式和具体的操作过程, 但本发明的保护范围不限于下述的实施例。

[0035] 如图1所示, 本发明提供一种可模拟盾构隧道环向接头的衬砌环模型设计方法, 包括以下步骤:

[0036] 1) 根据相似比原则, 确定衬砌环模型内外径和纵向宽度, 形成衬砌环模具。

[0037] 2) 以纵向分隔片模拟原型隧道环向接头,以预埋金属环模拟原型隧道环向螺栓,设计所述预埋金属环的断面直径,在所述衬砌环模具内设置纵向分隔片和预埋金属环,形成衬砌环骨架。

[0038] 纵向分隔片的数量和位置与原型隧道环向接头的数量和位置相对应,纵向分隔片的平面方向沿衬砌环模型本体的宽度方向。

[0039] 预埋金属环的个数与原型隧道环向接头的环向螺栓个数相同,纵向分隔片上设有用于穿过所述预埋金属环的通孔,预埋金属环贯穿整个衬砌环模型。

[0040] 3) 设计精细混凝土材料的配比,基于所述衬砌环骨架浇筑形成衬砌环模型。

[0041] 通过上述方法形成的衬砌环模型如图2所示,包括模型主体1以及设置于模型主体1内的纵向分隔片2和预埋金属环3。

[0042] 实施例

[0043] 原型隧道为某电力隧道,外径11.6m,管片厚度550mm,管片宽2m,采用C60混凝土浇筑,弹性模量36000MPa,衬砌环由1个封顶管片、2个邻接管片和5个标准管片组成,封顶管片对应圆心角 16° ,其余管片对应圆心角均为 49° ,管片相互连接处共形成8个环向接头,每个环向接头均由3根环向螺栓连接,环向螺栓为M36螺栓,弹性模量206000MPa。

[0044] 根据试验条件,取定模型几何相似比 $S_1=1/20$,弹性模量相似比 $S_E=1/6$ 。

[0045] 根据以上条件,可算得衬砌环模型外径为580mm,内径为525mm,厚度为27.5mm,宽度为100mm。

[0046] 原型隧道中每个环向接头均有3个环向螺栓,因此衬砌环模型中应设置3个预埋金属环,每个金属环均贯穿整个衬砌环模型,金属环采用高强度碳素钢丝制作,经拉拔试验测定,钢丝弹性模量为170000MPa,应用下式:

$$[0047] \quad E_{sm} d^2 = S_E S_1^2 E_s D^2 \quad (1)$$

[0048] 其中:

[0049] E_{sm} ——模型金属环受拉弹性模量,为170000MPa,

[0050] d ——模型金属环断面直径,

[0051] S_E ——弹性模量相似比,为1/6,

[0052] S_1 ——几何相似比,为1/20,

[0053] E_s ——原型隧道环向螺栓受拉弹性模量,为206000MPa,

[0054] D ——原型隧道环向螺栓断面直径,为36mm。

[0055] 可算得金属环断面直径为0.80mm,由此可确定衬砌环模型中预埋3个断面直径为0.80mm的高强度碳素钢金属环。

[0056] 依据原型隧道环向接头的位置,在衬砌环模型内设置分隔片,分隔片采用厚0.5mm的铝片制作,要求每个分隔片均将衬砌环模型完全断开,整个衬砌环被切割为8个独立的管片模型,各模型管片对应圆心角与原型管片相同。金属环需穿过所有分隔片,起到连接分隔片两侧模型管片的作用,分隔片需打孔,打孔位置完全由原型隧道环向接头处环向螺栓的位置按1/20相似比缩尺确定。同时考虑到模型浇筑过程中,需要将分隔片与模板互相固定,起到定位和架立金属环的作用,因此分隔片要有供模板固定夹持的区域。由此得到分隔片的设计方案,长100mm,宽37.5mm,其中宽度方向上27.5mm用于分隔衬砌环模型,10mm用于固定夹持,分隔片预留3个直径0.80mm的孔,用于穿过金属环。

[0057] 衬砌环模型主体由精细混凝土浇筑而成,应用下式:

$$[0058] \quad E_{cm} = S_E E_c \quad (2)$$

[0059] 其中:

[0060] E_{cm} ——衬砌环模型精细混凝土弹性模量,

[0061] S_E ——弹性模量相似比,为1/6,

[0062] E_c ——原型隧道混凝土弹性模量,为36000MPa。

[0063] 可确定精细混凝土目标弹性模量为6012MPa,尝试配置不同配比精细混凝土,并逐批次进行材性试验,最终选定配比为水泥:砂:石灰:水=1:5:0.8:1.16的精细混凝土作为模型材料,实测其弹性模量为6210MPa。

[0064] 采用本设计方法得到的衬砌环模型如图2-图6所示,能真实反映原型隧道的结构特性,且制作简便,成本低,能够大批量制作。

[0065] 上述对设计实例的描述是为了便于该技术领域的普通技术人员能理解和应用本发明。熟悉本领域的人员显然可以容易地对这些设计做出各种修改,并把在此说明的一般原理应用到其他实例中而不必经过创造性的劳动。因此,本发明不限于这里的实例,本领域技术人员根据本发明的揭示,对于本发明做出的改进和修改都应该在本发明的保护范围之内。

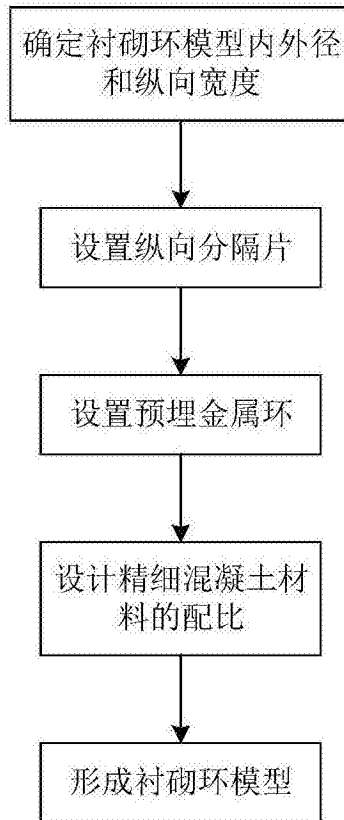


图1

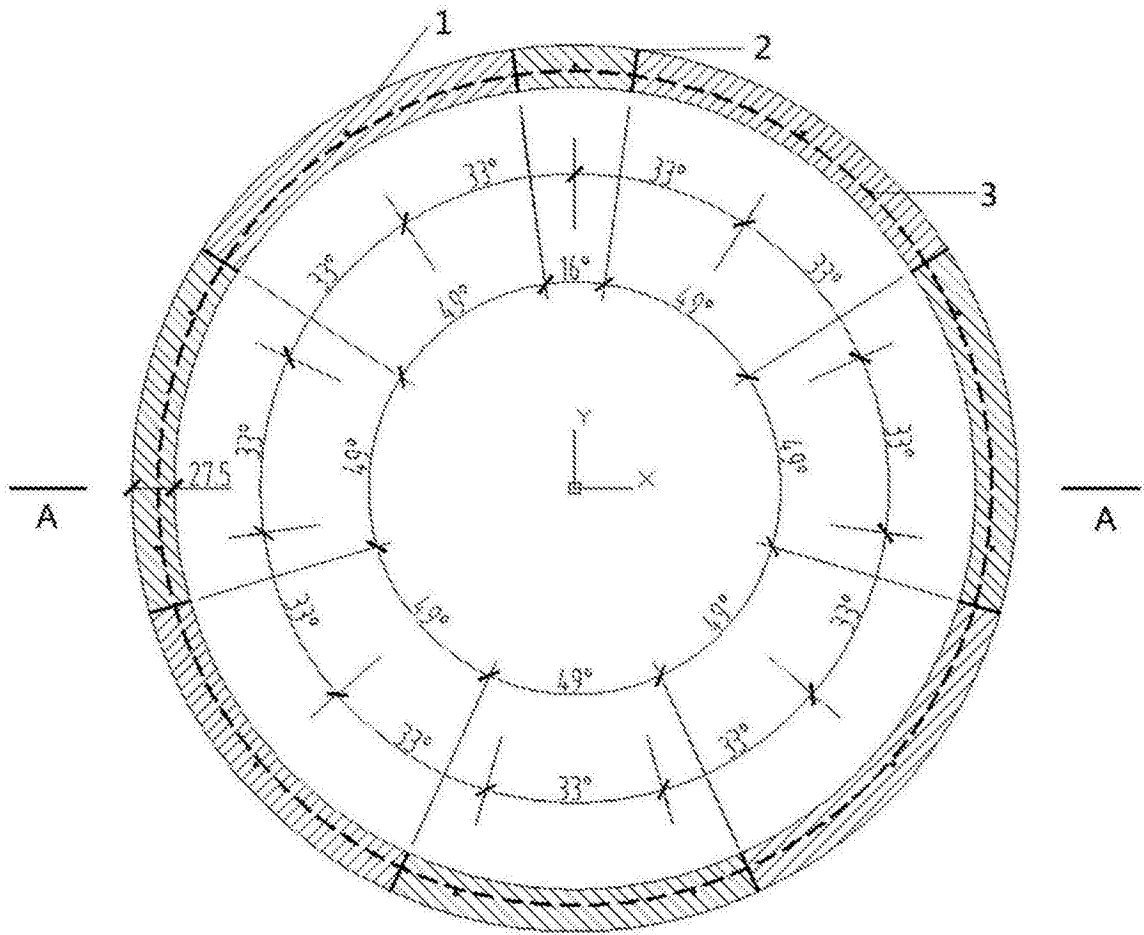


图2

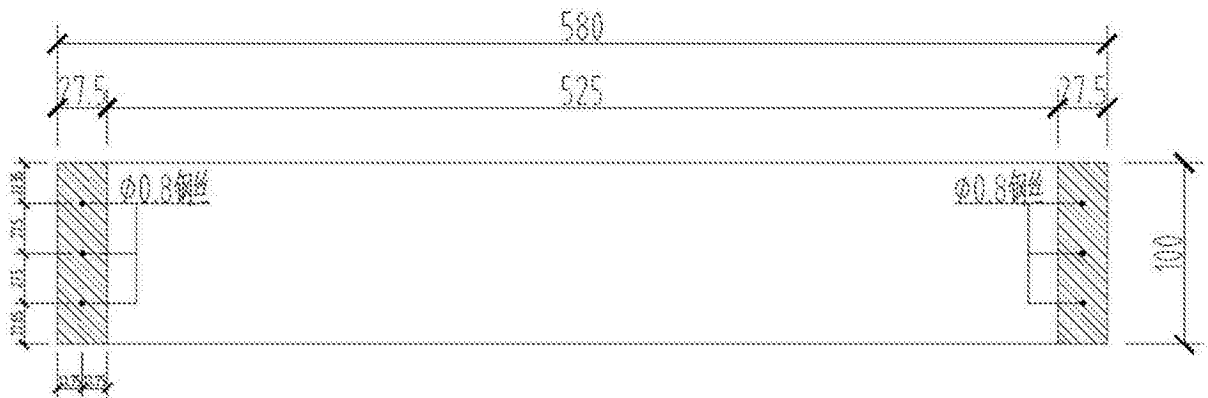


图3

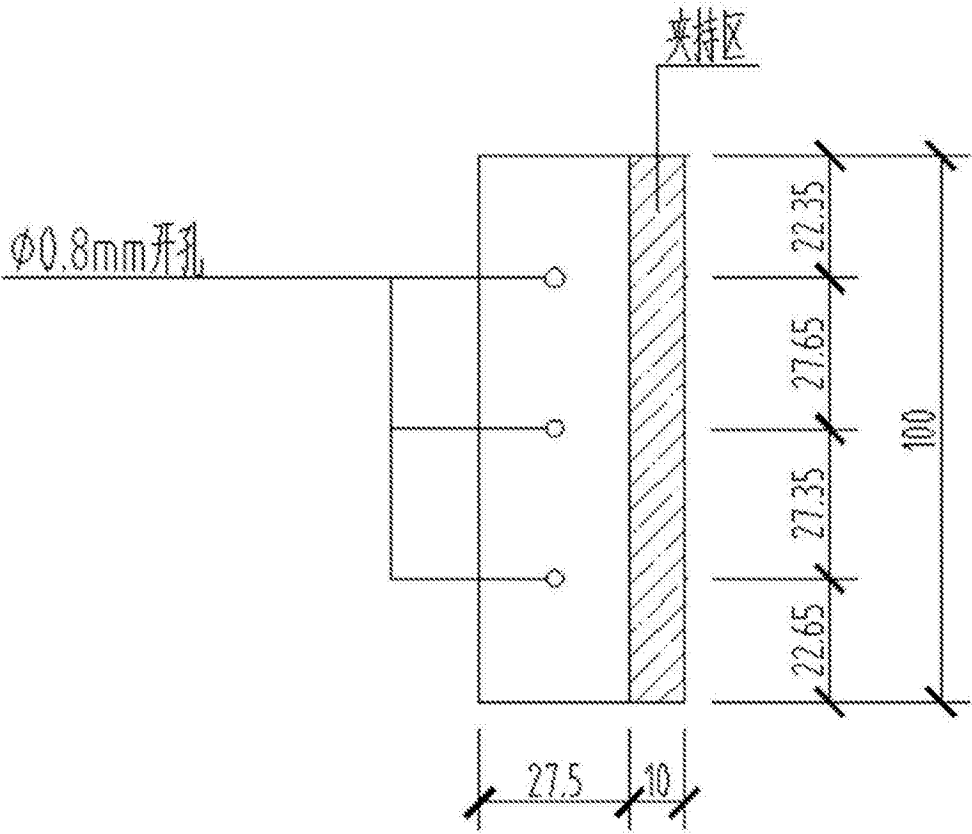


图4

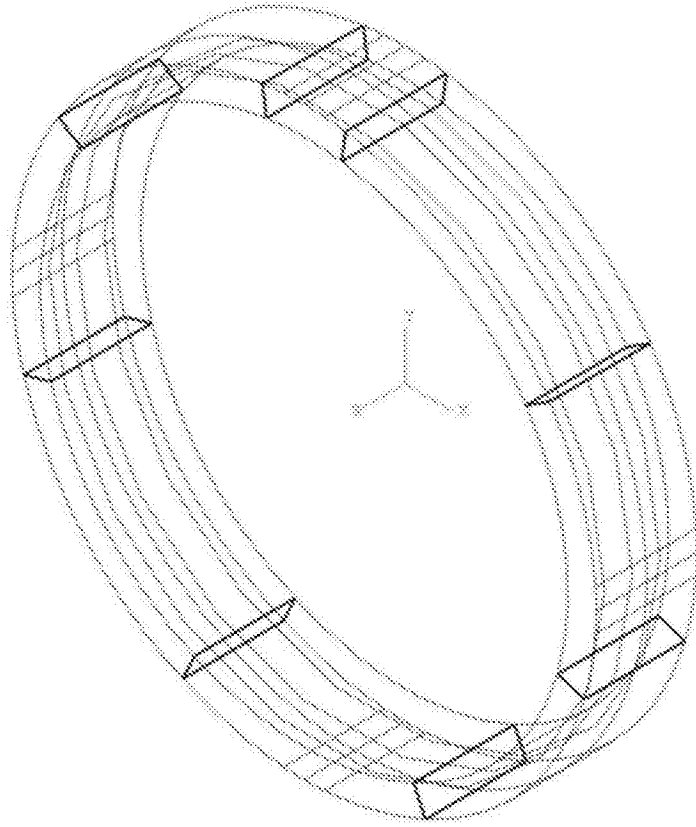


图5

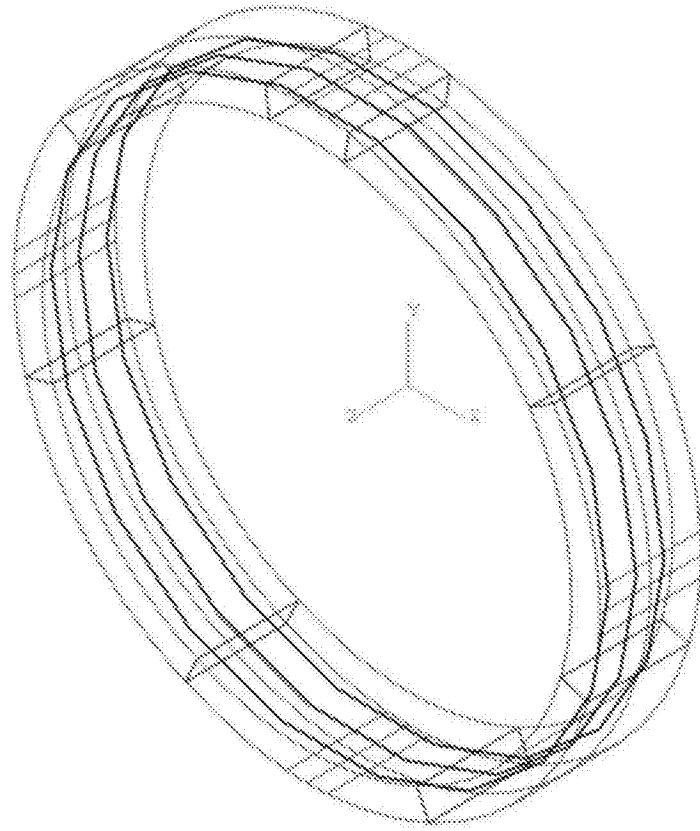


图6