



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111446830 B

(45) 授权公告日 2021.07.02

(21) 申请号 202010367060.2

H02K 1/17 (2006.01)

(22) 申请日 2020.04.30

H02K 1/22 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 111446830 A

(56) 对比文件

(43) 申请公布日 2020.07.24

CN 105375715 A, 2016.03.02

CN 109494957 A, 2019.03.19

(73) 专利权人 华中科技大学

CN 209435083 U, 2019.09.24

CN 109980875 A, 2019.07.05

地址 430074 湖北省武汉市洪山区珞喻路  
1037号

CN 109980875 A, 2019.07.05

CN 108173403 A, 2018.06.15

(72) 发明人 高玉婷 曲荣海 文森特·费迪达  
任翔

CN 108173403 A, 2018.06.15

CN 107070031 A, 2017.08.18

(74) 专利代理机构 华中科技大学专利中心  
42201

CN 207021788 U, 2018.02.16

CN 107070031 A, 2017.08.18

代理人 孔娜 李智

CN 102157998 A, 2011.08.17

审查员 周清霞

(51) Int. Cl.

H02K 16/04 (2006.01)

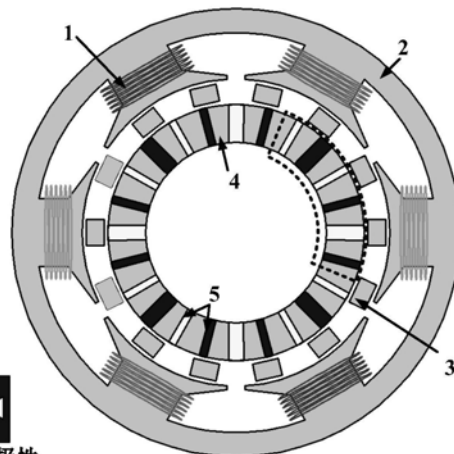
权利要求书1页 说明书4页 附图5页

(54) 发明名称

一种双定子切向励磁磁场调制电机

(57) 摘要

本发明属于电机相关技术领域,其公开了一种双定子切向励磁磁场调制电机,所述电机包括外定子、内定子及转子,所述外定子、所述内定子及所述转子同轴套装,所述转子位于所述外定子及所述内定子之间;所述内定子包括圆筒状的内定子铁芯,所述内定子铁芯上嵌有多个永磁体单元,每个永磁体单元包括沿所述内定子铁芯的周向间隔设置的六个永磁体,位于第二位及第五位的永磁体宽度相等,位于第一位、第三位、第四位及第六位的永磁体的宽度相等,且位于第二位的永磁体的宽度与位于第一位的永磁体的宽度不等。本发明提高了反电势、转矩密度、功率因数和效率。



1. 一种双定子切向励磁磁场调制电机,其特征在于:

所述电机包括外定子、内定子及转子,所述外定子、所述内定子及所述转子同轴套装,所述转子位于所述外定子及所述内定子之间;

所述内定子包括圆筒状的内定子铁芯,所述内定子铁芯上嵌有多个永磁体单元,每个永磁体单元包括沿所述内定子铁芯的周向间隔设置的六个永磁体,位于第二位及第五位的永磁体宽度相等,位于第一位、第三位、第四位及第六位的永磁体的宽度相等,且位于第二位的永磁体的宽度与位于第一位的永磁体的宽度不等;

所述外定子包括多个绕组及外定子铁芯,所述外定子铁芯呈圆筒状,其内壁形成有多个间隔设置的凹槽,所述绕组设置在相邻凹槽之间所形成的槽壁上;

所述绕组的极对数数量为:

$$P_a = \min \left\{ P_a = \left| Z_r \pm \frac{iP_m}{2} \right|; \frac{Z_s}{\text{GCD}(Z_s, P_a)} = 3j \right\}$$

式中, $P_a$ 为绕组的极对数量; $Z_r$ 为转子的块数; $Z_s$ 为外定子的凹槽数量; $P_m$ 为内定子永磁体的数量; $\text{GCD}(Z_s, P_a)$ 表示外定子的凹槽的数量与绕组的极对数量的最小公约数, $i, j$ 为大于等于1的整数。

2. 如权利要求1所述的双定子切向励磁磁场调制电机,其特征在于:所述永磁体为切向励磁,相邻永磁体的极性相反,间隔永磁体的极性相同。

3. 如权利要求1所述的双定子切向励磁磁场调制电机,其特征在于:所述转子包括多个铁磁材料块,多个所述铁磁材料块绕所述内定子的中心轴均匀排布。

4. 如权利要求1所述的双定子切向励磁磁场调制电机,其特征在于:所述绕组为集中式绕组或分布式绕组。

5. 如权利要求1所述的双定子切向励磁磁场调制电机,其特征在于:所述绕组为单层绕组或双层绕组。

6. 如权利要求1-5任一项所述的双定子切向励磁磁场调制电机,其特征在于:所述内定子和外定子同轴套装为内定子套装在转子外,或者外定子套装在转子外。

7. 如权利要求1-5任一项所述的双定子切向励磁磁场调制电机,其特征在于:所述电机的结构为旋转电机结构或者直线电机结构。

8. 如权利要求1-5任一项所述的双定子切向励磁磁场调制电机,其特征在于:所述内定子或所述外定子或所述转子的材料为实心钢、硅钢片、非晶态铁磁复合材料或者SMC软磁复合材料;所述电机是电动机或者发电机。

## 一种双定子切向励磁磁场调制电机

### 技术领域

[0001] 本发明属于电机相关技术领域,更具体地,涉及一种双定子切向励磁磁场调制电机。

### 背景技术

[0002] 传统双定子切向励磁磁场调制电机具有结构紧凑、动态响应快、效率高的优点,因此双定子切向励磁磁场调制电机适合多种高低速运行场合。

[0003] 目前,本领域相关技术人员已经做了一些研究,例如专利CN107276350B和专利CN105375715B中公开的双定子切向励磁磁场调制电机可用于电动汽车等高速旋转场合,专利CN109600010A中公开的双定子切向励磁磁场调制电机可用于风力发电等低速旋转场合;但在现有的双定子切向励磁磁场调制电机中,永磁体的宽度均相同,产生永磁磁动势谐波单一,由此造成永磁体的利用率较低、转矩密度较低、功率因数较低。

### 发明内容

[0004] 针对现有技术的以上缺陷或改进需求,本发明提供了一种双定子切向励磁磁场调制电机,其内定子中的永磁体阵列由若干个永磁体单元组成,每个永磁体单元内有六个永磁体,位于第二位和第五位的永磁体宽度相等,位于第一位、第三位、第四位及第六位的永磁体宽度相等,而这两部分的永磁体宽度不等,由此使得所述电机具有更高的反电势、转矩密度、功率因数和效率。

[0005] 为实现上述目的,本发明提供了一种双定子切向励磁磁场调制电机,所述电机包括外定子、内定子及转子,所述外定子、所述内定子及所述转子同轴套装,所述转子位于所述外定子及所述内定子之间;

[0006] 所述内定子包括圆筒状的内定子铁芯,所述内定子铁芯上嵌有多个永磁体单元,每个永磁体单元包括沿所述内定子铁芯的周向间隔设置的六个永磁体,位于第二位及第五位的永磁体宽度相等,位于第一位、第三位、第四位及第六位的永磁体的宽度相等,且位于第二位的永磁体的宽度与位于第一位的永磁体的宽度不等。

[0007] 进一步地,所述永磁体为切向励磁,相邻永磁体的极性相反,间隔永磁体的极性相同。

[0008] 进一步地,所述外定子包括多个绕组及外定子铁芯,所述外定子铁芯呈圆筒状,其内壁形成有多个间隔设置的凹槽,所述绕组设置在相邻凹槽之间所形成的槽壁上。

[0009] 进一步地,所述转子包括多个铁磁材料块,多个所述铁磁材料块绕所述内定子的中心轴均匀排布。

[0010] 进一步地,所述绕组的极对数数量为:

$$[0011] \quad P_a = \min \left\{ P_a = \left| Z_r \pm \frac{iP_m}{2} \right|; \frac{Z_s}{\text{GCD}(Z_s, P_a)} = 3j \right\}$$

[0012] 式中,  $P_a$  为绕组的极对数;  $Z_r$  为转子的块数;  $Z_s$  为外定子的凹槽数量;  $P_m$  为内定子

永磁体的数量; $GCD(Z_s, P_a)$ 表示外定子的凹槽的数量与绕组的极对数量的最小公约数, $i, j$ 为大于等于1的整数。

[0013] 进一步地,所述绕组为集中式绕组或分布式绕组。

[0014] 进一步地,所述绕组为单层绕组或双层绕组。

[0015] 进一步地,所述内定子和外定子同轴套装为内定子套装在转子外,或者外定子套装在转子外。

[0016] 进一步地,所述电机的结构为旋转电机结构、直线电机结构或者圆筒电机结构。

[0017] 进一步地,所述内定子或所述外定子或所述转子的材料为实心钢、硅钢片、非晶态铁磁复合材料或者SMC软磁复合材料;所述电机是电动机或者发电机。

[0018] 总体而言,通过本发明所构思的以上技术方案与现有技术相比,本发明提供的双定子切向励磁磁场调制电机主要具有以下有益效果:

[0019] 1.位于第二位及第五位的永磁体宽度相等,位于第一位、第三位、第四位及第六位的永磁体的宽度相等,且位于第二位的永磁体的宽度与位于第一位的永磁体的宽度不等,由此使得电机具有更高的反电势与转矩密度;若输出转矩要求一定,则本发明的双定子切向励磁磁场调制电机的体积更小,重量更轻。

[0020] 2.本发明的双定子切向励磁磁场调制电机具有更高的功率因数,相较于传统双定子切向励磁磁场调制电机,本发明的反电势更高,反电势越高,功率因数越高。

[0021] 3.本发明的双定子切向励磁磁场调制电机具有更高的效率,由于本发明的输出转矩更高,即输出功率更大,同时本发明的损耗与传统双定子切向励磁磁场调制电机相当,所以本发明具有更高的效率。

## 附图说明

[0022] 图1是本发明提供的双定子切向励磁磁场调制电机的结构示意图;

[0023] 图2(a)是本发明提供的双定子切向励磁磁场调制电机与传统双定子切向励磁磁场调制电机的永磁磁动势对比示意图;

[0024] 图2(b)是本发明提供的双定子切向励磁磁场调制电机与传统双定子切向励磁磁场调制电机的永磁磁动势频谱对比示意图;

[0025] 图3(a)是本发明提供的双定子切向励磁磁场调制电机与传统双定子切向励磁磁场调制电机的空载磁密对比示意图;

[0026] 图3(b)是本发明提供的双定子切向励磁磁场调制电机与传统双定子切向励磁磁场调制电机的空载磁密谐波幅值的对比示意图;

[0027] 图4(a)是本发明提供的双定子切向励磁磁场调制电机与传统双定子切向励磁磁场调制电机的相反电势的对比示意图;

[0028] 图4(b)是本发明提供的双定子切向励磁磁场调制电机与传统双定子切向励磁磁场调制电机的相反电势谐波幅值的对比示意图;

[0029] 图5是图1中的双定子切向励磁磁场调制电机的永磁体宽度的示意图;

[0030] 图6是不同永磁体宽度配比下的输出转矩示意图;

[0031] 图7是不同永磁体宽度配比下的功率因素示意图。

[0032] 在所有附图中,相同的附图标记用来表示相同的元件或结构,其中:1-绕组,2-外

定子铁芯,3-转子,4-内定子铁芯,5-永磁体。

### 具体实施方式

[0033] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白,以下结合附图及实施例,对本发明进行进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明,并不用于限定本发明。此外,下面所描述的本发明各个实施方式中所涉及到的技术特征只要彼此之间未构成冲突就可以相互组合。

[0034] 请参阅图1,本发明提供的双向定子励磁磁场调制电机,所述电机包括外定子、内定子及转子3,所述内定子设置于所述外定子内,所述转子3位于所述内定子与所述外定子之间,且所述内定子、所述外定子及所述转子3同轴套装。

[0035] 所述外定子包括多个绕组1及外定子铁芯2,所述外定子铁芯2呈圆筒状,其内壁形成有多个间隔设置的凹槽,所述绕组设置在相邻凹槽之间所形成的槽壁上。所述转子3包括多个铁磁材料块,多个所述铁磁材料块绕所述内定子的中心轴均匀排布。

[0036] 所述内定子包括圆筒状的内定子铁芯4,所述内定子铁芯4上嵌有多个永磁体单元,每个永磁体单元包括沿所述内定子铁芯4的周向间隔设置的六个永磁体5,位于第二位及第五位的永磁体宽度相等,位于第一位、第三位、第四位及第六位的永磁体5的宽度相等,且这两部分永磁体的宽度不相等。本实施方式中,所述永磁体5为切向励磁,相邻永磁体的极性相反,间隔永磁体的极性相同。

[0037] 本发明的绕组1的极对数量为:

$$[0038] \quad P_a = \min \left\{ P_a = \left\lfloor Z_r \pm \frac{iP_m}{2} \right\rfloor; \frac{Z_s}{\text{GCD}(Z_s, P_a)} = 3j \right\}$$

[0039] 式中, $P_a$ 为绕组的极对数量; $Z_r$ 为转子的块数; $Z_s$ 为外定子的凹槽数量; $P_m$ 为内定子永磁体的数量; $\text{GCD}(Z_s, P_a)$ 表示外定子的凹槽的数量与绕组的极对数量的最小公约数, $i, j$ 为大于等于1的整数。

[0040] 本实施方式中,所述双定子切向励磁磁场调制电机的结构为旋转电机结构、直线电机结构或者圆筒电机结构;转子位于内定子和外定子中间,所述内定子和外定子同轴套装为内定子套装在转子外,或者外定子套装在转子外;所述绕组为集中式绕组或分布式绕组;所述绕组为单层绕组或双层绕组;所述双定子切向励磁磁场调制电机是电动机或者发电机;所述内定子励磁方式为永磁体励磁或直流绕组励磁;所述内定子或外定子或转子的材料为实心钢、硅钢片、非晶态铁磁复合材料或者SMC软磁复合材料。

[0041] 为了对本发明进行进一步的详细说明,以 $P_a=1, Z_r=19, Z_s=12, P_m=36$ 这一极槽配合为例进行说明。请参阅图2(a)及图2(b),在传统双定子切向励磁磁场调制电机中,永磁磁动势只有18对极,即36极,因为永磁体的数量 $P_m=36$ 。在本发明的双定子切向励磁磁场调制电机中,尽管永磁体的数量 $P_m$ 也为36,但永磁体宽度不同,使得一个永磁体单元内出现两种宽度的永磁体,所以其永磁磁动势不仅有18对极,还有6对极和6的奇数倍对极(例如30对极)谐波。

[0042] 经过转子块的调制作用后,可以得到外气隙的空载磁密波形,如图3(a)及图3(b)所示。由于转子块的数量 $Z_r=19$ ,所以在传统双定子切向励磁磁场调制电机中,气隙磁密的次数 $= (19-18) = 1$ 次。在本发明的双定子切向励磁磁场调制电机中,气隙磁密的次数不仅

有  $(19-18)=1$  次, 还有  $(19-6)=13$  次和  $|19-30|=11$  次谐波。

[0043] 需要说明的是: 以上经过转子块调制作用的 1 次、11 次和 13 次气隙磁密是工作磁密谐波, 即可贡献反电势与转矩; 其它未经过转子块调制的气隙磁密, 即次数与永磁磁势次数相等的, 为非工作磁密, 例如 6 次、18 次和 30 次。未经过转子块调制, 这些磁密是静止的, 不能在同样静止的绕组中感应产生反电势, 从而也不能产生转矩, 所以这些磁密是非工作磁密谐波。

[0044] 对比传统磁双定子切向励磁磁场调制电机与本发明的双定子切向励磁磁场调制电机的所有工作磁密谐波, 可以发现: 本发明的 11 次与 13 次工作磁密显著上升, 但 1 次工作磁密略微下降。由于定子的凹槽的数量  $Z_s=12$ , 绕组的极对数量  $P_a=1$ , 所以 11 次与 13 次工作磁密为齿谐波, 均可在绕组中感应产生基波反电势。因此, 绕组中的反电势是由 1 次、11 次和 13 次气隙磁密的共同作用而产生的。尽管相较于传统双定子切向励磁磁场调制电机, 本发明的 1 次工作磁密略微下降, 但由于 11 次与 13 次工作磁密显著上升, 所以总的相反电势仍更高, 如图 4 (a) 及图 4 (b) 所示。可以看出, 本发明的双定子切向励磁磁场调制电机的相反电势比传统双定子切向励磁磁场调制电机的高出 10%。

[0045] 从上面分析可以看出: 本发明的双定子切向励磁磁场调制电机的最显著特点即是第二、五位的永磁体宽度与第一、三、四、六位的永磁体宽度的不同, 而上述分析均是基于第二、五位的永磁体宽度为 9.6 度; 第一、三、四、六位的永磁体宽度为 1.2 度; 上述的传统切向励磁磁场调制电机的永磁体宽度均为 4 度。如果改变永磁体宽度, 将会带来不一样的效果, 具体如下。

[0046] 如图 5 所示, 对于传统双定子切向励磁磁场调制电机, 第二、五位的永磁体宽度  $\alpha$  等于第一、三、四、六位的永磁体宽度  $\beta$ , 即  $\alpha=\beta$ 。对于本发明的双定子切向励磁磁场调制电机, 第二、五位的永磁体宽度  $\alpha$  不等于第一、三、四、六位的永磁体宽度  $\beta$ , 即  $\alpha\neq\beta$ 。定义:

[0047]  $K=\alpha/(\alpha+2\beta)$

[0048] 则当  $K=1/3$  时, 即是传统双定子切向励磁磁场调制电机; 当  $K\neq 1/3$  时, 即是本发明的双定子切向励磁磁场调制电机。图 6 展示了不同  $K$  值下的电机转矩, 可以看出, 当  $K=0.1$  时, 本发明的双定子切向励磁磁场调制电机的转矩达到最优值, 此时本发明的转矩密度比传统双定子切向励磁磁场调制电机高出 10%。图 7 展示了不同  $K$  值下的功率因数, 可以看出, 当  $K=0.1$  时, 本发明的双定子切向励磁磁场调制电机的功率因数达到最优值, 此时比传统双定子切向励磁磁场调制电机的功率因数高出 9%。因此, 只有适当的调整  $K$  值才可以增加双定子切向励磁磁场调制电机的转矩和功率因数。

[0049] 本领域的技术人员容易理解, 以上所述仅为本发明的较佳实施例而已, 并不用以限制本发明, 凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等, 均应包含在本发明的保护范围之内。

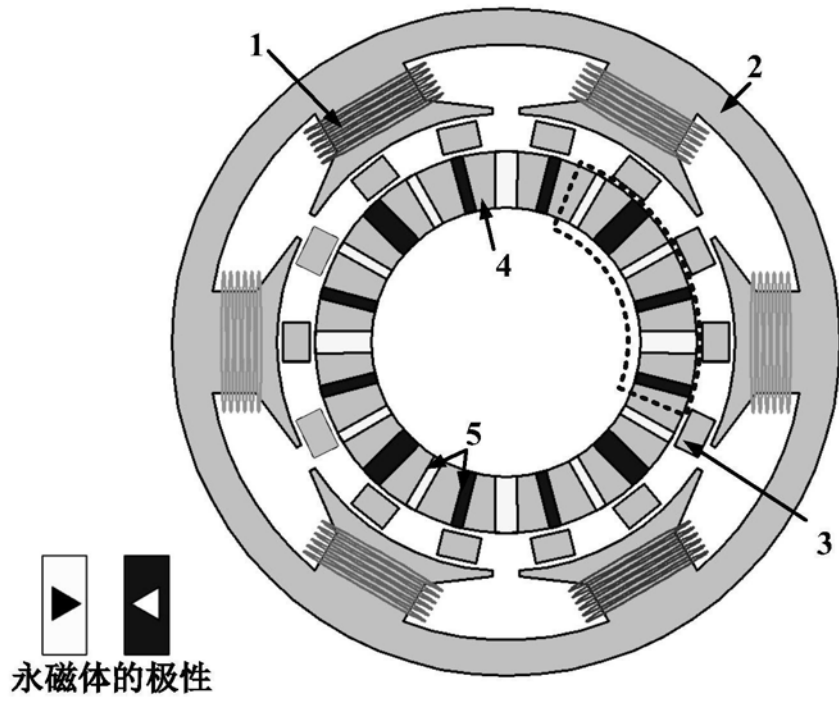


图1

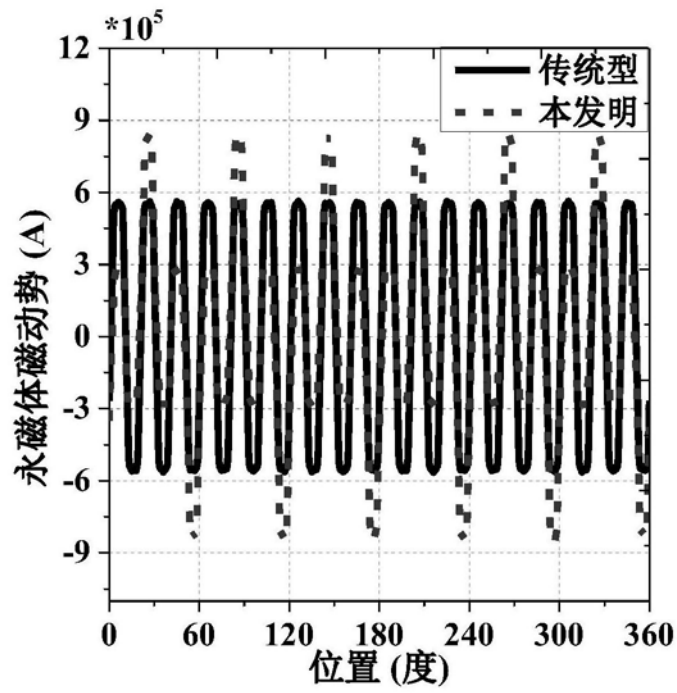


图2(a)

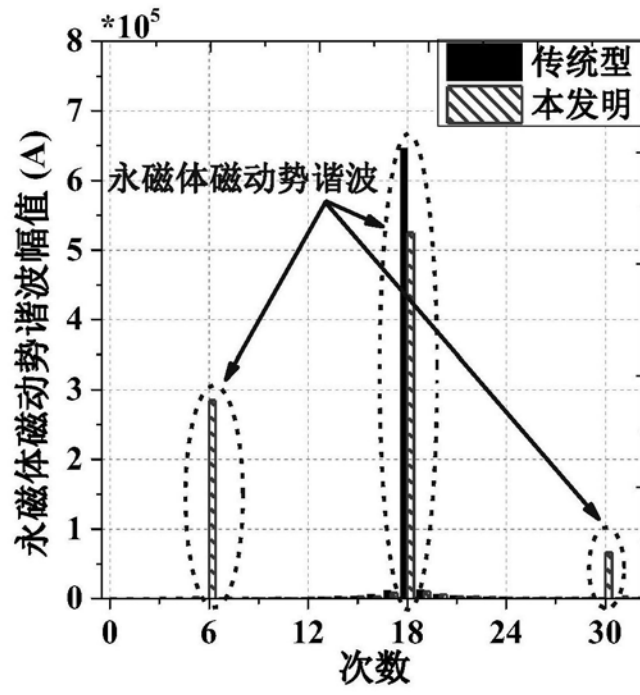


图2 (b)

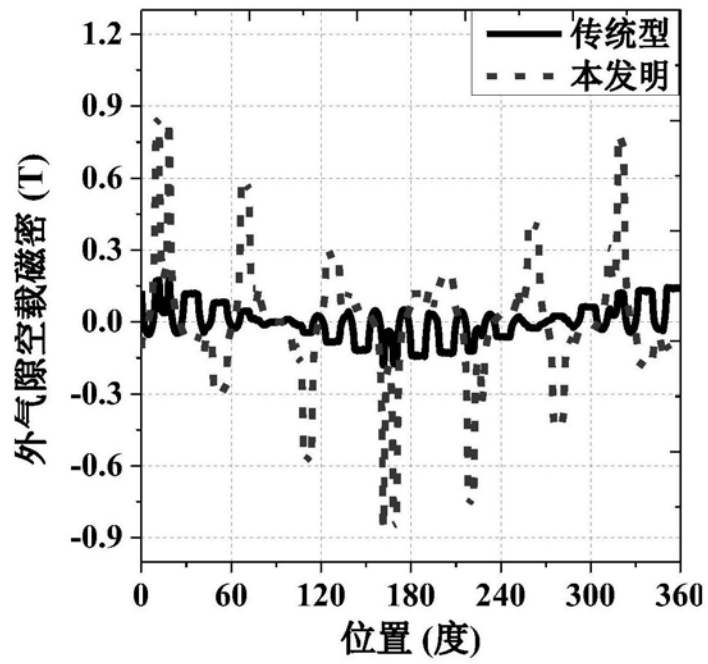


图3 (a)

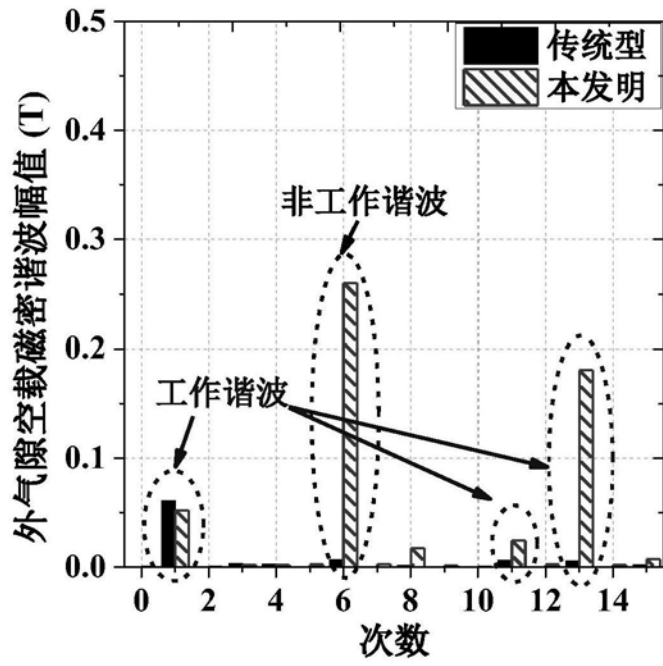


图3 (b)

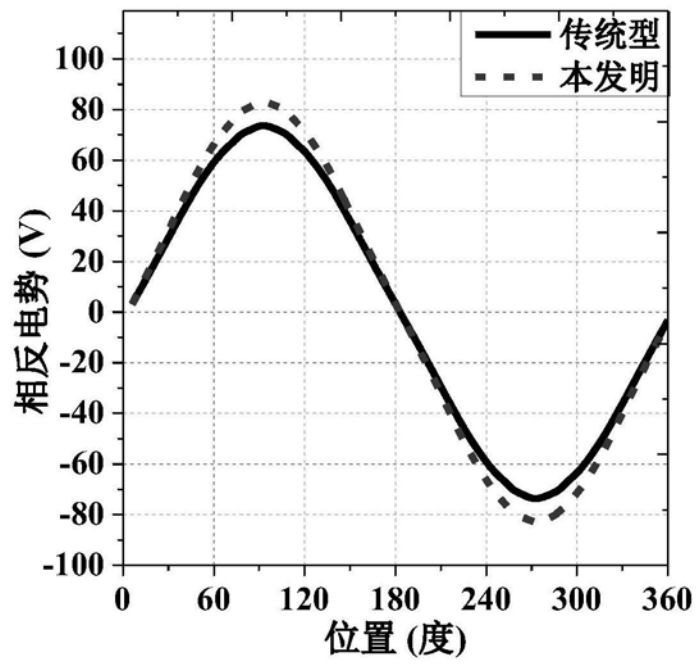


图4 (a)

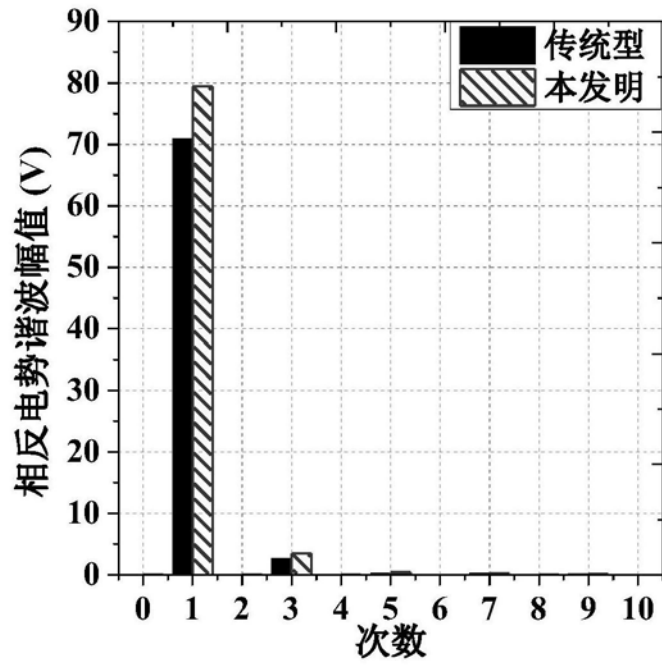


图4 (b)

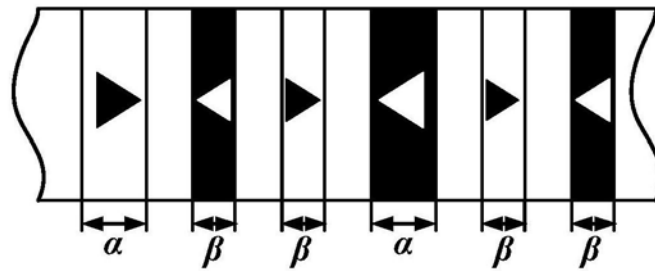


图5

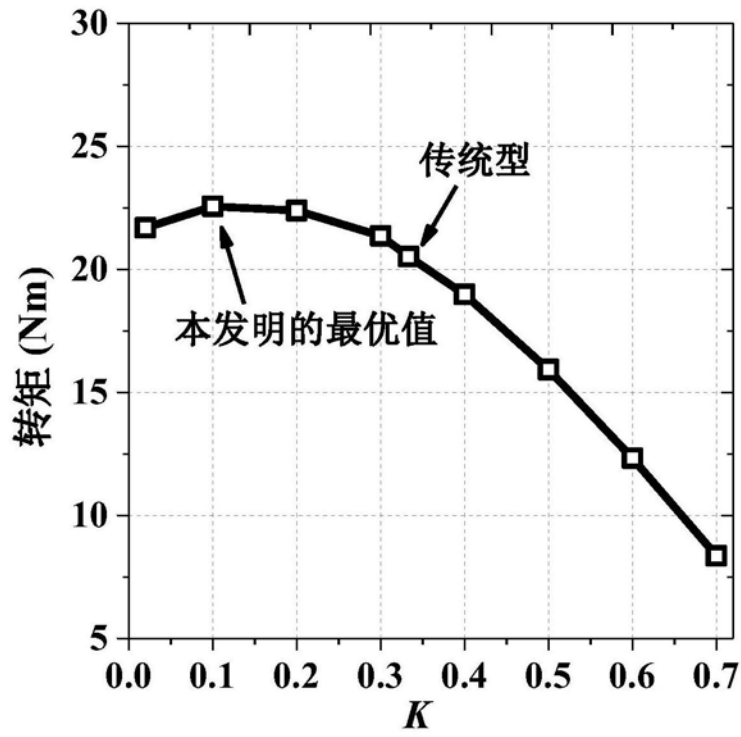


图6

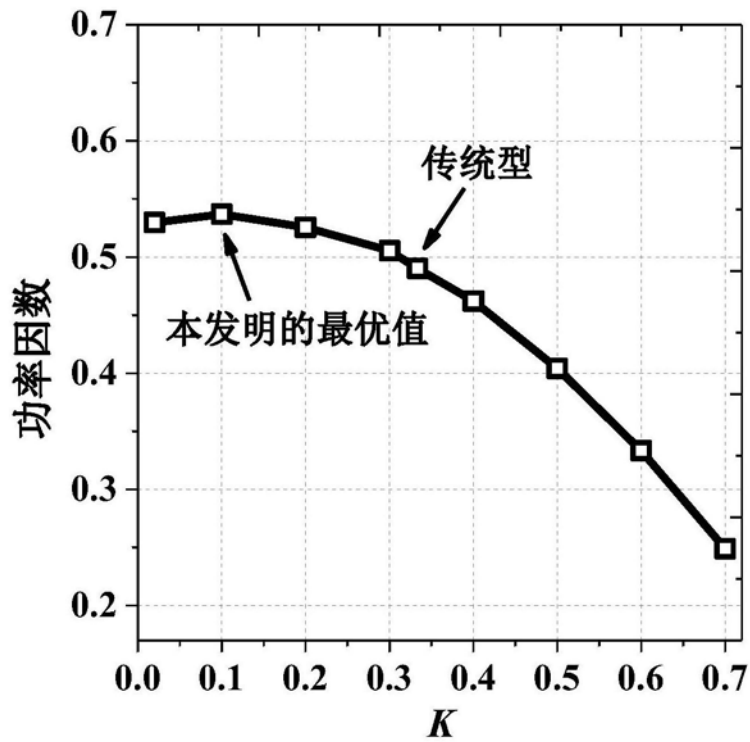


图7