

(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101552534 B

(45) 授权公告日 2011.05.11

(21) 申请号 200910072058.6

(22) 申请日 2009.05.19

(73) 专利权人 哈尔滨工业大学
地址 150001 黑龙江省哈尔滨市南岗区西大直街 92 号

(72) 发明人 寇宝泉 谢大纲 张鲁 张赫

(74) 专利代理机构 哈尔滨市松花江专利商标事务所 23109

代理人 岳泉清

(51) Int. Cl.
H02K 41/03 (2006.01)

审查员 薛梅

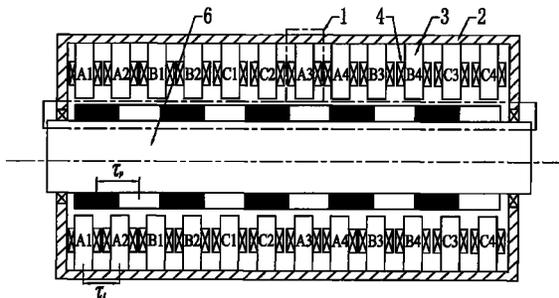
权利要求书 3 页 说明书 6 页 附图 5 页

(54) 发明名称

横向磁通圆筒型永磁直线同步电机

(57) 摘要

横向磁通圆筒型永磁直线同步电机,它涉及电机领域,它解决了现有直线电机效率低、涡流损耗大、工艺复杂;以及影响控制精度和动态特性的问题,本发明包括初级、次级和气隙;相电枢单元数为 $S = nm$,其中 n 为自然数,次级永磁体所形成的轴向磁极数为 $P = 2i$,其中 i 为自然数;当 S 与 P 不存在公约数时,则 S 个相电枢单元沿轴向均分为 m 组,每相邻的 n 个相电枢单元属于一相,当 S 与 P 存在最大公约数 j 时,则 S 个相电枢单元沿轴向均分为 m_j 份,每相邻的 n/j 个相电枢单元上的绕组属于一相,沿轴向相邻两个相电枢单元之间的相单元电枢铁心齿距 τ_t 与沿轴向永磁体的极距 τ_p 之间满足关系 $mk\tau_t = (mk \pm 1)\tau_p$,其中 m, k 均自然数, m 为电机的相数。该电机既可作电动机,也可作发电机。



1. 横向磁通圆筒型永磁直线同步电机,它包括初级、次级和气隙;初级包括S个相电枢单元(1)和机壳(2),其中 $S = nm$,S个相电枢单元(1)排布在机壳(2)内壁上;相电枢单元(1)包括相单元电枢铁心(3)和相单元电枢绕组(4),相邻相单元电枢铁心(3)上的线圈绕向相反;每个相单元电枢铁心(3)为在内圆周上均匀设置有 $2q$ 个齿的圆环铁心,相单元电枢绕组(4)为集中绕组,相单元电枢铁心(3)的每个齿上缠绕线圈,相邻齿上的线圈绕向相反,同一个相单元电枢铁心(3)的齿上所有线圈串联连接为一个相单元电枢绕组(4);

次级包括永磁体阵列和轴筒(6);永磁体阵列排布在轴筒(6)的外壁上;所述永磁体阵列中的轴向磁极数为 $P = 2i$;

当S与P不存在公约数时,则S个相电枢单元(1)沿轴向均分为m组,每相邻的n个相电枢单元(1)属于一相,同相相邻通相的相单元电枢绕组(4)串联在一起组成一相绕组;

当S与P存在最大公约数j时,则S个相电枢单元(1)沿轴向均分为mj份,每相邻的 n/j 个相电枢单元(1)为同一相,属于同一相的相单元电枢绕组(4)串联、并联或混联组成一个相电枢绕组;

沿轴向相邻两个相电枢单元(1)之间的相单元电枢铁心(3)齿距 τ_t 与沿轴向永磁体阵列中的永磁体的极距 τ_p 之间满足关系 $mk\tau_t = (mk \pm 1)\tau_p$,

其中n、q、i、j、m、k均自然数,当电机为两相电机时, $m = 4$,否则,m为电机的相数;

其特征在于永磁体阵列由长条形永磁体(52)和瓦片形导磁轭(53)组成,长条形永磁体(52)的充磁方向为切向充磁,所述长条形永磁体(52)和瓦片形导磁轭(53)沿圆周方向相间排列,所述 $2i$ 个长条形永磁体(52)沿轴向相邻排列,所述 $2i$ 个瓦片形导磁轭(53)沿轴向相邻排列,轴向相邻或者圆周向相邻的两块长条形永磁体(52)的充磁方向相反。

2. 横向磁通圆筒型永磁直线同步电机,它包括初级、次级和气隙;

初级包括S个相电枢单元(1)和机壳(2),其中 $S = nm$,S个相电枢单元(1)排布在机壳(2)内壁上;相电枢单元(1)包括相单元电枢铁心(3)和相单元电枢绕组(4),相邻相单元电枢铁心(3)上的线圈绕向相反;每个相单元电枢铁心(3)为在内圆周上均匀设置有 $2q$ 个齿的圆环铁心,相单元电枢绕组(4)为集中绕组,相单元电枢铁心(3)的每个齿上缠绕线圈,相邻齿上的线圈绕向相反,同一个相单元电枢铁心(3)的齿上所有线圈串联连接为一个相单元电枢绕组(4);

次级包括永磁体阵列和轴筒(6);永磁体阵列排布在轴筒(6)的外壁上;所述永磁体阵列中的轴向磁极数为 $P = 2i$;

当S与P不存在公约数时,则S个相电枢单元(1)沿轴向均分为m组,每相邻的n个相电枢单元(1)属于一相,同相相邻通相的相单元电枢绕组(4)串联在一起组成一相绕组;

当S与P存在最大公约数j时,则S个相电枢单元(1)沿轴向均分为mj份,每相邻的 n/j 个相电枢单元(1)为同一相,属于同一相的相单元电枢绕组(4)串联、并联或混联组成一个相电枢绕组;

沿轴向相邻两个相电枢单元(1)之间的相单元电枢铁心(3)齿距 τ_t 与沿轴向永磁体阵列中的永磁体的极距 τ_p 之间满足关系 $mk\tau_t = (mk \pm 1)\tau_p$,

其中n、q、i、j、m、k均自然数,当电机为两相电机时, $m = 4$,否则,m为电机的相数;

其特征在于永磁体阵列由扇形永磁体(54)和瓦片形导磁轭(53)组成,扇形永磁体(54)的充磁方向为轴向充磁,多个扇形永磁体(54)沿圆周方向排列组成一个永磁体环,多

个瓦片形导磁轭 (53) 沿圆周排列组成一个导磁轭筒, $2i$ 个永磁体环与 $2i$ 个导磁轭筒沿轴相间排列, 每轴向相邻或者圆周向相邻的两块扇形永磁体 (54) 的充磁方向相反。

3. 横向磁通圆筒型永磁直线同步电机, 它包括初级、次级和气隙;

初级包括 S 个相电枢单元 (1) 和机壳 (2), 其中 $S = nm$, S 个相电枢单元 (1) 排布在机壳 (2) 内壁上; 相电枢单元 (1) 包括相单元电枢铁心 (3) 和相单元电枢绕组 (4), 相邻相单元电枢铁心 (3) 上的线圈绕向相反; 每个相单元电枢铁心 (3) 为在内圆周上均匀设置有 $2q$ 个齿的圆环铁心, 相单元电枢绕组 (4) 为集中绕组, 相单元电枢铁心 (3) 的每个齿上缠绕线圈, 相邻齿上的线圈绕向相反, 同一个相单元电枢铁心 (3) 的齿上所有线圈串联连接为一个相单元电枢绕组 (4);

次级包括永磁体阵列和轴筒 (6); 永磁体阵列排布在轴筒 (6) 的外壁上; 所述永磁体阵列中的轴向磁极数为 $P = 2i$;

当 S 与 P 不存在公约数时, 则 S 个相电枢单元 (1) 沿轴向均分为 m 组, 每相邻的 n 个相电枢单元 (1) 属于一相, 同相相邻通相的相单元电枢绕组 (4) 串联在一起组成一相绕组;

当 S 与 P 存在最大公约数 j 时, 则 S 个相电枢单元 (1) 沿轴向均分为 mj 份, 每相邻的 n/j 个相电枢单元 (1) 为同一相, 属于同一相的相单元电枢绕组 (4) 串联、并联或混联组成一个相电枢绕组;

沿轴向相邻两个相电枢单元 (1) 之间的相单元电枢铁心 (3) 齿距 τ_t 与沿轴向永磁体阵列中的永磁体的极距 τ_p 之间满足关系 $mk\tau_t = (mk \pm 1)\tau_p$,

其中 n, q, i, j, m, k 均自然数, 当电机为两相电机时, $m = 4$, 否则, m 为电机的相数;

其特征在于永磁体阵列由长条形永磁体 (52) 和瓦片形永磁体 (51) 组成, 长条形永磁体 (52) 与瓦片形永磁体 (51) 分别为切向充磁与径向充磁, 长条形永磁体 (52) 与瓦片形永磁体 (51) 沿圆周方向相间排列, $2i$ 个长条形永磁体 (52) 沿轴向相邻排列, $2i$ 个瓦片形永磁体 (51) 沿轴向相邻排列, 每轴向或者圆周向相邻的两块长条形永磁体 (52) 的充磁方向相反; 每轴向或者圆周向相邻的两块瓦片形永磁体 (51) 的充磁方向相反; 并且与上表面为 N 极的瓦片形永磁体 (51) 相邻的两块长条形永磁体 (52) 的充磁方向均指向所述瓦片形永磁体 (51); 与上表面为 S 极的瓦片形永磁体 (51) 相邻的两块长条形永磁体 (52) 的充磁方向均为背向所述瓦片形永磁体 (51)。

4. 横向磁通圆筒型永磁直线同步电机, 它包括初级、次级和气隙;

初级包括 S 个相电枢单元 (1) 和机壳 (2), 其中 $S = nm$, S 个相电枢单元 (1) 排布在机壳 (2) 内壁上; 相电枢单元 (1) 包括相单元电枢铁心 (3) 和相单元电枢绕组 (4), 相邻相单元电枢铁心 (3) 上的线圈绕向相反; 每个相单元电枢铁心 (3) 为在内圆周上均匀设置有 $2q$ 个齿的圆环铁心, 相单元电枢绕组 (4) 为集中绕组, 相单元电枢铁心 (3) 的每个齿上缠绕线圈, 相邻齿上的线圈绕向相反, 同一个相单元电枢铁心 (3) 的齿上所有线圈串联连接为一个相单元电枢绕组 (4);

次级包括永磁体阵列和轴筒 (6); 永磁体阵列排布在轴筒 (6) 的外壁上; 所述永磁体阵列中的轴向磁极数为 $P = 2i$;

当 S 与 P 不存在公约数时, 则 S 个相电枢单元 (1) 沿轴向均分为 m 组, 每相邻的 n 个相电枢单元 (1) 属于一相, 同相相邻通相的相单元电枢绕组 (4) 串联在一起组成一相绕组;

当 S 与 P 存在最大公约数 j 时, 则 S 个相电枢单元 (1) 沿轴向均分为 mj 份, 每相邻的

n/j 个相电枢单元 (1) 为同一相,属于同一相的相单元电枢绕组 (4) 串联、并联或混联组成一个相电枢绕组;

沿轴向相邻两个相电枢单元 (1) 之间的相单元电枢铁心 (3) 齿距 τ_t 与沿轴向永磁体阵列中的永磁体的极距 τ_p 之间满足关系 $mk \tau_t = (mk \pm 1) \tau_p$,

其中 n 、 q 、 i 、 j 、 m 、 k 均自然数,当电机为两相电机时, $m = 4$, 否则, m 为电机的相数;

其特征在于永磁体阵列由扇形永磁体 (54) 和瓦片形永磁体 (51) 组成,扇形永磁体 (54) 与瓦片形永磁体 (51) 分别为轴向充磁与径向充磁,扇形永磁体 (54) 沿圆周方向相邻排列,瓦片形永磁体 (51) 沿圆周方向相邻排列, $2i$ 个扇形永磁体 (54) 和 $2i$ 个瓦片形永磁体 (51) 沿轴向相间排列,每轴向或者圆周向相邻的两块扇形永磁体 (54) 的充磁方向相反;每轴向或者圆周向相邻的两块瓦片形永磁体 (51) 的充磁方向相反;并且与上表面为 N 极的瓦片形永磁体 (51) 相邻的两块扇形永磁体 (54) 的充磁方向均指向所述瓦片形永磁体 (51);与上表面为 S 极的瓦片形永磁体 (51) 相邻的两块扇形永磁体 (54) 的充磁方向均为背向所述瓦片形永磁体 (51)。

横向磁通圆筒型永磁直线同步电机

技术领域

[0001] 本发明涉及到电机技术,具体涉及到一种圆筒型永磁直线同步电机。

背景技术

[0002] 现有的纵向磁通圆筒型永磁直线同步电机的结构如图 10 所示。当电枢铁心采用硅钢片叠成时,由于叠片方向为轴向,永磁体以及绕组通电产生的电枢磁场方向有一部分会与叠片方向相同,在铁心中形成较大的涡流,产生较大的涡流损耗,并且铁心叠片工艺复杂,加工成本高;如果采用实心铁心,虽然工艺简单、成本低,但铁心会产生更大的涡流损耗,大大降低电机的效率。同时,由于相与相之间都存在磁耦合,这一方面会因互感的存在影响电流的控制精度;另一方面也会因每一相绕组通电产生的磁通所经过的磁路较长而使定子铁耗较大,从而限制了电机效率的进一步提高。

发明内容

[0003] 本发明为了解决现有直线同步电机效率低、涡流损耗大,叠片铁心工艺复杂,加工成本高;实心铁心存在更大的涡流损耗;以及存在影响电流的控制精度和电机的动态特性的互感问题,而提出了一种横向磁通圆筒型永磁直线同步电机。

[0004] 本发明的第一种横向磁通圆筒型永磁直线同步电机,它包括初级、次级和气隙;

[0005] 初级包括 S 个相电枢单元和机壳,其中 $S = nm$, S 个相电枢单元排布在机壳内壁上;相电枢单元包括相单元电枢铁心和相单元电枢绕组,相邻相单元电枢铁心上的线圈绕向相反;每个相单元电枢铁心为在内圆周上均匀设置有 $2q$ 个齿的圆环铁心,相单元电枢绕组为集中绕组,相单元电枢铁心的每个齿上缠绕线圈,相邻齿上的线圈绕向相反,同一个相单元电枢铁心的齿上所有线圈串联连接为一个相单元电枢绕组;

[0006] 次级包括永磁体阵列和轴筒;永磁体阵列排布在轴筒的外壁上;所述永磁体阵列中的轴向磁极数为 $P = 2i$;

[0007] 当 S 与 P 不存在公约数时,则 S 个相电枢单元沿轴向均分为 m 组,每相邻的 n 个相电枢单元属于一相,同相相邻通相的相单元电枢绕组串联在一起组成一相绕组;

[0008] 当 S 与 P 存在最大公约数 j 时,则 S 个相电枢单元沿轴向均分为 mj 份,每相邻的 n/j 个相电枢单元为同一相,属于同一相的相单元电枢绕组串联、并联或混联组成一个相电枢绕组;

[0009] 沿轴向相邻两个相电枢单元之间的相单元电枢铁心齿距 τ_t 与沿轴向永磁体阵列中的永磁体的极距 τ_p 之间满足关系 $mk\tau_t = (mk \pm 1)\tau_p$,

[0010] 其中 n、q、i、j、m、k 均自然数,当电机为两相电机时, $m = 4$, 否则, m 为电机的相数;

[0011] 永磁体阵列由长条形永磁体和瓦片形导磁轭组成,长条形永磁体的充磁方向为切向充磁,所述长条形永磁体和瓦片形导磁轭沿圆周方向相间排列,所述 $2i$ 个长条形永磁体沿轴向相邻排列,所述 $2i$ 个瓦片形导磁轭沿轴向相邻排列,轴向相邻或者圆周向相邻的两

块长条形永磁体的充磁方向相反。

[0012] 本发明的第二种横向磁通圆筒型永磁直线同步电机,它包括初级、次级和气隙;

[0013] 初级包括 S 个相电枢单元和机壳,其中 $S = nm$, S 个相电枢单元排布在机壳内壁上;相电枢单元包括相单元电枢铁心和相单元电枢绕组,相邻相单元电枢铁心上的线圈绕向相反;每个相单元电枢铁心为在内圆周上均匀设置有 $2q$ 个齿的圆环铁心,相单元电枢绕组为集中绕组,相单元电枢铁心的每个齿上缠绕线圈,相邻齿上的线圈绕向相反,同一个相单元电枢铁心的齿上所有线圈串联连接为一个相单元电枢绕组;

[0014] 次级包括永磁体阵列和轴筒;永磁体阵列排布在轴筒的外壁上;所述永磁体阵列中的轴向磁极数为 $P = 2i$;

[0015] 当 S 与 P 不存在公约数时,则 S 个相电枢单元沿轴向均分为 m 组,每相邻的 n 个相电枢单元属于一相,同相相邻通相的相单元电枢绕组串联在一起组成一相绕组;

[0016] 当 S 与 P 存在最大公约数 j 时,则 S 个相电枢单元沿轴向均分为 mj 份,每相邻的 n/j 个相电枢单元为同一相,属于同一相的相单元电枢绕组串联、并联或混联组成一个相电枢绕组;

[0017] 沿轴向相邻两个相电枢单元之间的相单元电枢铁心齿距 τ_t 与沿轴向永磁体阵列中的永磁体的极距 τ_p 之间满足关系 $mk\tau_t = (mk \pm 1)\tau_p$,

[0018] 其中 n、q、i、j、m、k 均自然数,当电机为两相电机时, $m = 4$,否则, m 为电机的相数;

[0019] 永磁体阵列由扇形永磁体和瓦片形导磁轭组成,扇形永磁体的充磁方向为轴向充磁,多个扇形永磁体沿圆周方向排列组成一个永磁体环,多个瓦片形导磁轭沿圆周排列组成一个导磁轭筒, $2i$ 个永磁体环与 $2i$ 个导磁轭筒沿轴相间排列,每轴向相邻或者圆周向相邻的两块扇形永磁体的充磁方向相反。

[0020] 本发明的第三种横向磁通圆筒型永磁直线同步电机,它包括初级、次级和气隙;

[0021] 初级包括 S 个相电枢单元和机壳,其中 $S = nm$, S 个相电枢单元排布在机壳内壁上;相电枢单元包括相单元电枢铁心和相单元电枢绕组,相邻相单元电枢铁心上的线圈绕向相反;每个相单元电枢铁心为在内圆周上均匀设置有 $2q$ 个齿的圆环铁心,相单元电枢绕组为集中绕组,相单元电枢铁心的每个齿上缠绕线圈,相邻齿上的线圈绕向相反,同一个相单元电枢铁心的齿上所有线圈串联连接为一个相单元电枢绕组;

[0022] 次级包括永磁体阵列和轴筒;永磁体阵列排布在轴筒的外壁上;所述永磁体阵列中的轴向磁极数为 $P = 2i$;

[0023] 当 S 与 P 不存在公约数时,则 S 个相电枢单元沿轴向均分为 m 组,每相邻的 n 个相电枢单元属于一相,同相相邻通相的相单元电枢绕组串联在一起组成一相绕组;

[0024] 当 S 与 P 存在最大公约数 j 时,则 S 个相电枢单元沿轴向均分为 mj 份,每相邻的 n/j 个相电枢单元为同一相,属于同一相的相单元电枢绕组串联、并联或混联组成一个相电枢绕组;

[0025] 沿轴向相邻两个相电枢单元之间的相单元电枢铁心齿距 τ_t 与沿轴向永磁体阵列中的永磁体的极距 τ_p 之间满足关系 $mk\tau_t = (mk \pm 1)\tau_p$,

[0026] 其中 n、q、i、j、m、k 均自然数,当电机为两相电机时, $m = 4$,否则, m 为电机的相数;

[0027] 永磁体阵列由长条形永磁体和瓦片形永磁体组成,长条形永磁体与瓦片形永磁体分别为切向充磁与径向充磁,长条形永磁体与瓦片形永磁体沿圆周方向相间排列,2i 个长条形永磁体沿轴向相邻排列,2i 个瓦片形永磁体沿轴向相邻排列,每轴向或者圆周向相邻的两块长条形永磁体的充磁方向相反;每轴向或者圆周向相邻的两块瓦片形永磁体的充磁方向相反;并且与上表面为 N 极的瓦片形永磁体相邻的两块长条形永磁体的充磁方向均指向所述瓦片形永磁体;与上表面为 S 极的瓦片形永磁体相邻的两块长条形永磁体的充磁方向均为背向所述瓦片形永磁体。

[0028] 本发明的第四种横向磁通圆筒型永磁直线同步电机,它包括初级、次级和气隙;

[0029] 初级包括 S 个相电枢单元和机壳,其中 $S = nm$, S 个相电枢单元排布在机壳内壁上;相电枢单元包括相单元电枢铁心和相单元电枢绕组,相邻相单元电枢铁心上的线圈绕向相反;每个相单元电枢铁心为在内圆周上均匀设置有 $2q$ 个齿的圆环铁心,相单元电枢绕组为集中绕组,相单元电枢铁心的每个齿上缠绕线圈,相邻齿上的线圈绕向相反,同一个相单元电枢铁心的齿上所有线圈串联连接为一个相单元电枢绕组;

[0030] 次级包括永磁体阵列和轴筒;永磁体阵列排布在轴筒的外壁上;所述永磁体阵列中的轴向磁极数为 $P = 2i$;

[0031] 当 S 与 P 不存在公约数时,则 S 个相电枢单元沿轴向均分为 m 组,每相邻的 n 个相电枢单元属于一相,同相相邻通相的相单元电枢绕组串联在一起组成一相绕组;

[0032] 当 S 与 P 存在最大公约数 j 时,则 S 个相电枢单元沿轴向均分为 mj 份,每相邻的 n/j 个相电枢单元为同一相,属于同一相的相单元电枢绕组串联、并联或混联组成一个相电枢绕组;

[0033] 沿轴向相邻两个相电枢单元之间的相单元电枢铁心齿距 τ_t 与沿轴向永磁体阵列中的永磁体的极距 τ_p 之间满足关系 $mk\tau_t = (mk \pm 1)\tau_p$,

[0034] 其中 n、q、i、j、m、k 均自然数,当电机为两相电机时, $m = 4$, 否则, m 为电机的相数;

[0035] 永磁体阵列由扇形永磁体和瓦片形永磁体组成,扇形永磁体与瓦片形永磁体分别为轴向充磁与径向充磁,扇形永磁体沿圆周方向相邻排列,瓦片形永磁体沿圆周方向相邻排列,2i 个扇形永磁体和 2i 个瓦片形永磁体沿轴向相间排列,每轴向或者圆周向相邻的两块扇形永磁体的充磁方向相反;每轴向或者圆周向相邻的两块瓦片形永磁体的充磁方向相反;并且与上表面为 N 极的瓦片形永磁体相邻的两块扇形永磁体的充磁方向均指向所述瓦片形永磁体;与上表面为 S 极的瓦片形永磁体相邻的两块扇形永磁体的充磁方向均为背向所述瓦片形永磁体。

[0036] 本发明采用特殊的横向磁通电枢结构,构成一种横向磁通圆筒型永磁直线同步电机,消除了相间互感,提高了电机的电流及电磁力控制精度和效率。由于消除了相间的磁耦合,缩短了绕组励磁磁通的磁路,且电枢铁心可以采用硅钢片叠成,磁通方向与硅钢片叠片方向垂直,因此本发明可以减小电机的涡流损耗,提高电机的效率,电流控制容易,系统的可靠性高,结构简单,易实现模块化。本发明的直线电机既可以作为电动机使用,也可以作为发电机使用,具有广阔的应用前景。该电机既可以作为电动机使用,也可以作为发电机使用。

附图说明

[0037] 图 1 是本发明的横向磁通圆筒型永磁直线同步电机的主视图；图 2 是图 1 的径向剖视图；图 3 是具体实施方式三所述的永磁体阵列平面展开图；图 4 是具体实施方式四所述的永磁体阵列的平面展开图；图 5 是具体实施方式五所述的永磁体阵列的平面展开图；图 6 是具体实施方式六所述的永磁体阵列的平面展开图；图 7 是具体实施方式八所述的永磁体阵列的平面展开图；图 8 是具体实施方式七所述的永磁体阵列的平面展开图；图 9 是具体实施方式九所述的永磁体阵列的平面展开图；图 10 是现有的纵向磁通圆筒型永磁直线同步电机的结构示意图。

具体实施方式

[0038] 具体实施方式一：结合图 1 和图 2 说明本实施方式。本实施方式的横向磁通圆筒型永磁直线同步电机由初级、次级和气隙组成；初级包括 S 个相电枢单元 1 和机壳 2，其中 $S = nm$ ， S 个相电枢单元 1 排布在机壳 2 内壁上；相电枢单元 1 包括相单元电枢铁心 3 和相单元电枢绕组 4，相邻相单元电枢铁心 3 上的线圈绕向相反；每个相单元电枢铁心 3 为在内圆周上均匀设置有 $2q$ 个齿的圆环铁心，相单元电枢绕组 4 为集中绕组，相单元电枢铁心 3 的每个齿上缠绕线圈，相邻齿上的线圈绕向相反，同一个相单元电枢铁心 3 的齿上所有线圈串联连接为一个相单元电枢绕组 4；

[0039] 次级包括永磁体阵列和轴筒 6；永磁体阵列排布在轴筒 6 的外壁上；所述永磁体阵列中的轴向磁极数为 $P = 2i$ ；

[0040] 当 S 与 P 不存在公约数时，则 S 个相电枢单元 1 沿轴向均分为 m 组，每相邻的 n 个相电枢单元 1 属于一相，同相相邻通相的相单元电枢绕组 4 串联在一起组成一相绕组；

[0041] 当 S 与 P 存在最大公约数 j 时，则 S 个相电枢单元 1 沿轴向均分为 mj 份，每相邻的 n/j 个相电枢单元 1 为同一相，属于同一相的相单元电枢绕组 4 串联、并联或混联组成一个相电枢绕组；

[0042] 沿轴向相邻两个相电枢单元 1 之间的相单元电枢铁心 3 齿距 τ_t 与沿轴向永磁体阵列中的永磁体的极距 τ_p 之间满足关系 $mk\tau_t = (mk \pm 1)\tau_p$ ，

[0043] 其中 n 、 q 、 i 、 j 、 m 、 k 均自然数，当电机为两相电机时， $m = 4$ ，否则， m 为电机的相数。

[0044] 具体实施方式二：本实施方式与具体实施方式一不同点在于轴筒 6 为圆筒形或圆柱形；轴筒 6 为导磁材料或非导磁材料。其它组成和连接方式与具体实施方式一相同。

[0045] 具体实施方式三：结合图 3 说明本实施方式，本实施方式与具体实施方式一不同点在于永磁体阵列由瓦片形永磁体 51 组成，瓦片形永磁体 51 的充磁方向为径向充磁，所述多个瓦片形永磁体 51 沿圆周方向相邻排列组成一个永磁体圈，沿轴向有 $2q$ 个永磁体圈相邻排列，每相邻两块瓦片形永磁体 51 的充磁方向相反。

[0046] 本实施方式所述的永磁体阵列由瓦片形永磁体 51 组成，每一块 N 极瓦片形永磁体被 4 块 S 极瓦片形永磁体包围，每一块 S 极瓦片形永磁体也被 4 块 N 极瓦片形永磁体包围。其它组成和连接方式与具体实施方式一相同。

[0047] 具体实施方式四：结合图 4 说明本实施方式，本实施方式与具体实施方式一不同点在于永磁体阵列由长条形永磁体 52 和瓦片形导磁轭 53 组成，长条形永磁体 52 的充磁方

向为切向充磁,所述长条形永磁体 52 和瓦片形导磁轭 53 沿圆周方向相间排列,所述 $2q$ 个长条形永磁体 52 沿轴向相邻排列,所述 $2q$ 个瓦片形导磁轭 53 沿轴向相邻排列,轴向相邻或者圆周向相邻的两块长条形永磁体 52 的充磁方向相反。其它组成和连接方式与具体实施方式一相同。

[0048] 具体实施方式五:结合图 5 说明本实施方式,本实施方式与具体实施方式一不同点在于永磁体阵列由扇形永磁体 54 和瓦片形导磁轭 53 组成,扇形永磁体 54 的充磁方向为轴向充磁,多个扇形永磁体 54 沿圆周方向排列组成一个永磁体环,多个瓦片形导磁轭 53 沿圆周排列组成一个导磁轭筒, $2q$ 个永磁体环与 $2q$ 个导磁轭筒沿轴相间排列,每轴向相邻或者圆周向相邻的两块扇形永磁体 54 的充磁方向相反。其它组成和连接方式与具体实施方式一相同。

[0049] 具体实施方式六:结合图 6 说明本实施方式,本实施方式与具体实施方式一不同点在于永磁体阵列由长条形永磁体 52、瓦片形导磁轭 53 和扇形永磁体 54 组成,长条形永磁体 52 和扇形永磁体 54 分别为切向充磁与轴向充磁,长条形永磁体 52 与瓦片形导磁轭 53 沿圆周方向相间排列, $2q$ 个扇形永磁体 54 与 $2q$ 个瓦片形导磁轭 53 沿轴向相间排列,每轴向或者圆周向相邻的两块长条形永磁体 52 的充磁方向相反,每轴向或者圆周向相邻的两块扇形永磁体 54 的充磁方向相反,并且与同一块瓦片形导磁轭 53 相邻的两块长条形永磁体 52 和两块扇形永磁体 54 的充磁方向均为指向瓦片形导磁轭 53 或者均为背向瓦片形导磁轭 53。其它组成和连接方式与具体实施方式一相同。

[0050] 具体实施方式七:结合图 8 说明本实施方式,本实施方式与具体实施方式一不同点在于永磁体阵列由长条形永磁体 52 和瓦片形永磁体 51 组成,长条形永磁体 52 与瓦片形永磁体 51 分别为切向充磁与径向充磁,长条形永磁体 52 与瓦片形永磁体 51 沿圆周方向相间排列, $2q$ 个长条形永磁体 52 沿轴向相邻排列, $2q$ 个瓦片形永磁体 51 沿轴向相邻排列,每轴向或者圆周向相邻的两块长条形永磁体 52 的充磁方向相反;每轴向或者圆周向相邻的两块瓦片形永磁体 51 的充磁方向相反;并且与上表面为 N 极的瓦片形永磁体 51 相邻的两块长条形永磁体 52 的充磁方向均指向所述瓦片形永磁体 51;与上表面为 S 极的瓦片形永磁体 51 相邻的两块长条形永磁体 52 的充磁方向均为背向所述瓦片形永磁体 51。其它组成和连接方式与具体实施方式一相同。

[0051] 具体实施方式八:结合图 7 说明本实施方式,本实施方式与具体实施方式一不同点在于永磁体阵列由扇形永磁体 54 和瓦片形永磁体 51 组成,扇形永磁体 54 与瓦片形永磁体 51 分别为轴向充磁与径向充磁,扇形永磁体 54 沿圆周方向相邻排列,瓦片形永磁体 51 沿圆周方向相邻排列, $2q$ 个扇形永磁体 54 和 $2q$ 个瓦片形永磁体 51 沿轴向相间排列,每轴向或者圆周向相邻的两块扇形永磁体 54 的充磁方向相反;每轴向或者圆周向相邻的两块瓦片形永磁体 51 的充磁方向相反;并且与上表面为 N 极的瓦片形永磁体 51 相邻的两块扇形永磁体 54 的充磁方向均指向所述瓦片形永磁体 51;与上表面为 S 极的瓦片形永磁体 51 相邻的两块扇形永磁体 54 的充磁方向均为背向所述瓦片形永磁体 51。其它组成和连接方式与具体实施方式一相同。

[0052] 具体实施方式九:结合图 9 说明本实施方式,本实施方式与具体实施方式一不同点在于永磁体阵列由长条形永磁体 52、扇形永磁体 54 和瓦片形永磁体 51 组成,长条形永磁体 52、扇形永磁体 54 与瓦片形永磁体 51 分别为切向充磁、轴向充磁与径向充磁,长条形

永磁体 52 与瓦片形永磁体 51 沿圆周方向相间排列, $2q+1$ 个扇形永磁体 54 与 $2q$ 个瓦片形永磁体 51 沿轴向相间排列, 每轴向或者圆周向相邻的两块瓦片形永磁体 51 的充磁方向相反, 每轴向或者圆周向相邻的两块长条形永磁体 52 的充磁方向相反, 每轴向或者圆周向相邻的两块扇形永磁体 54 的充磁方向相反, 并且与上表面为 N 极的瓦片形永磁体 51 相邻的两块扇形永磁体 54 和两块长条形永磁体 52 的充磁方向均指向所述瓦片形永磁体 51; 与上表面为 S 极的瓦片形永磁体 51 相邻的两块扇形永磁体 54 和两块长条形永磁体 52 的充磁方向均为背向所述瓦片形永磁体 51。其它组成和连接方式与具体实施方式一相同。

[0053] 具体实施方式十: 本实施方式与具体实施方式一不同点在于相单元电枢铁心 3 采用无齿槽结构, 相单元电枢铁心 3 为圆环形, 线圈直接贴附于相单元电枢铁心 3 的表面上。其它组成和连接方式与具体实施方式一相同。

[0054] 具体实施方式十一: 本实施方式是具体实施方式一的一个实施例, 其中 $m = 3, k = 2, i = 5, n = 4, q = 3$, 则有沿轴向相邻两个相电枢单元 1 之间的相单元电枢铁心 3 齿距 τ_t 与沿轴向永磁体阵列中的永磁体的极距 τ_p 之间满足关系 $6\tau_t = 5\tau_p$; 相电枢单元 1 的个数为 $S = 12$ 个, 次级永磁体阵列中的永磁体所形成的轴向磁极数为 $P = 10$;

[0055] 相单元电枢铁心 3 的内圆周上均匀设置有 6 个齿, 相单元电枢绕组 4 为集中绕组, 相单元电枢绕组 4 的每个线圈都绕在相单元电枢铁心 3 的每个齿上, 每个相单元电枢铁心 3 的相邻齿上的线圈绕向相反, 同一个相电枢单元电枢铁心上 6 个线圈 A11、A12、A13、A14、A15、A16 串联在一起组成一个相单元电枢绕组;

[0056] S 与 P 存在最大公约数 2, 即 $j = 2$, 则 12 个相电枢单元 1 沿轴向均分为 6 组: A1、A2、B1、B2、C1、C2、A3、A4、B3、B4、C3、C4, 每相邻的二个相电枢单元 1 (A1 与 A2、B1 与 B2、C1 与 C2、A3 与 A4、B3 与 B4、C3 与 C4) 上的绕组属于同一相, 每相的相邻两个相电枢单元 1 (如 A1、A2) 铁心齿上的线圈绕向相反, 属于同一相的电枢单元 1 (如 A1、A2) 上的绕组串联在一起组成一相绕组 (如 A 相绕组), 其它两相绕组的组成以此类推;

[0057] 其它组成和连接方式与具体实施方式一相同。

[0058] 本发明内容不仅限于上述各实施方式的内容, 其中一个或几个具体实施方式的组合同样也可以实现发明的目的。本发明的电机既可为外初级内次级结构或为外次级内初级结构, 以及电机既可为动初级结构, 也可为动次级结构。

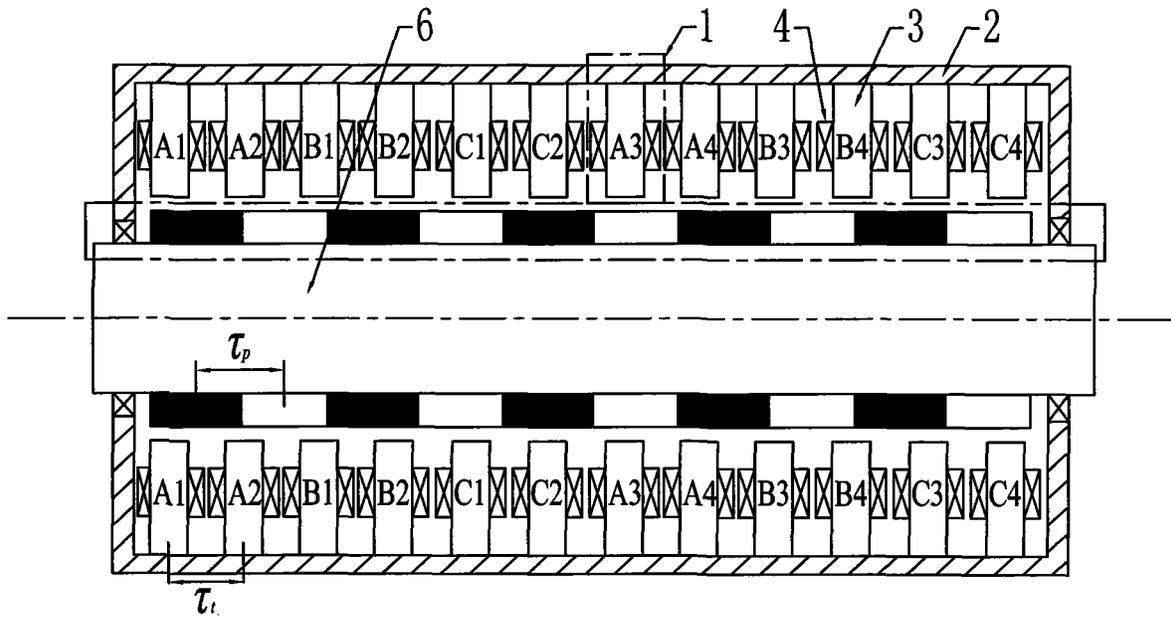


图 1

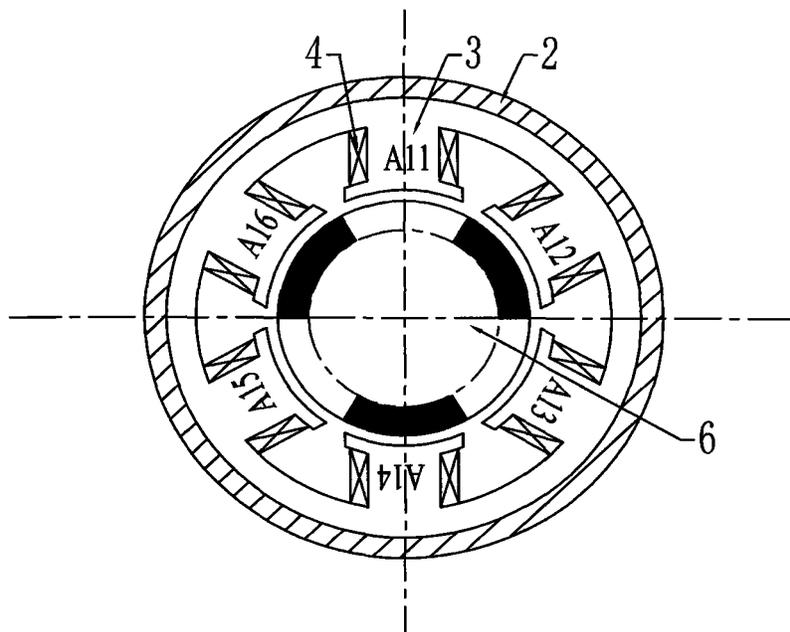
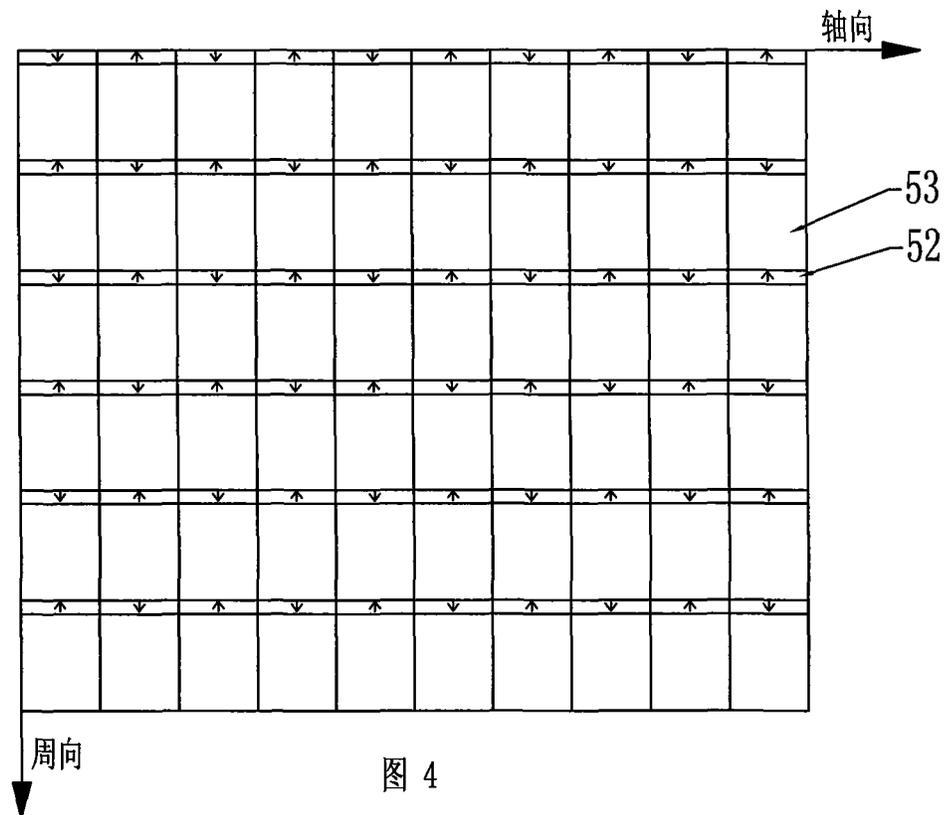
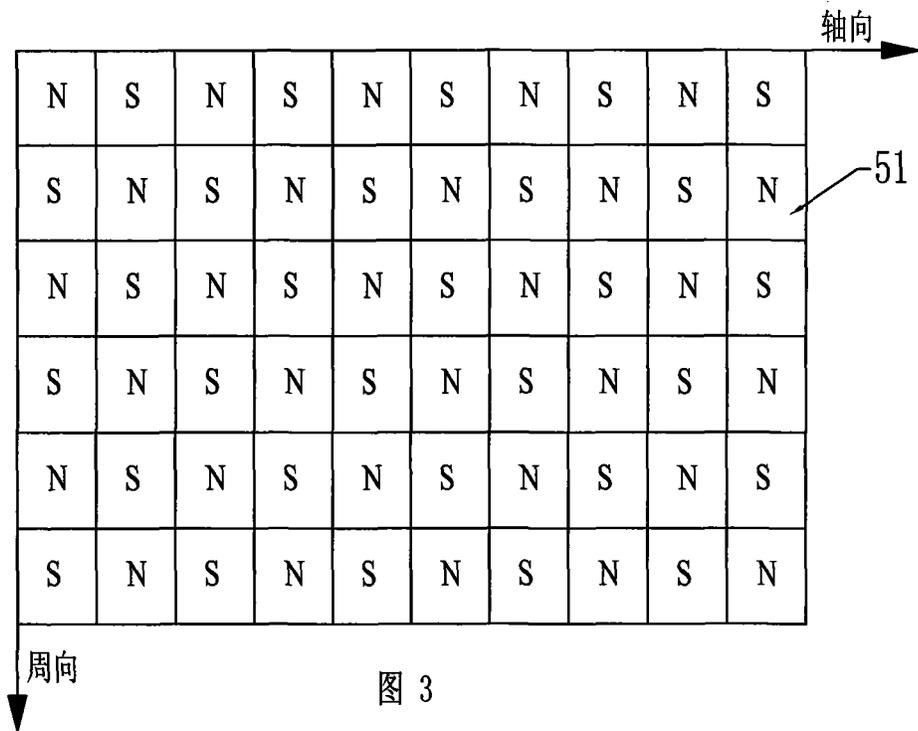
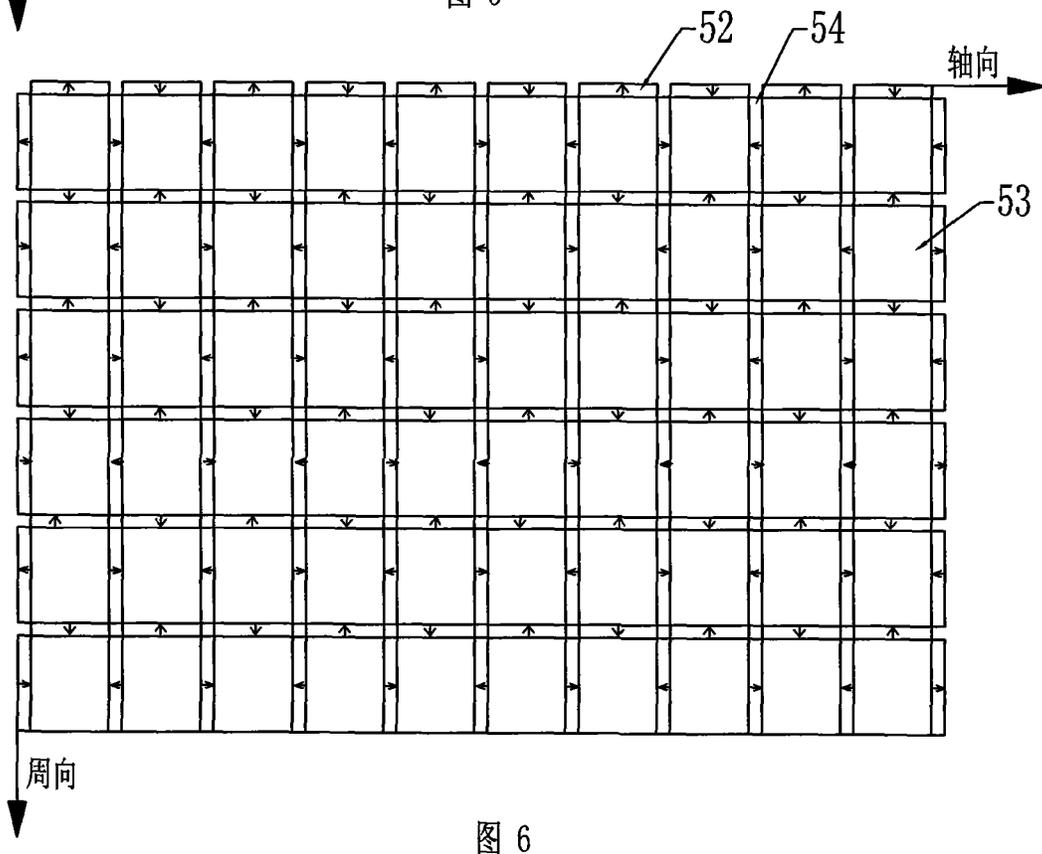
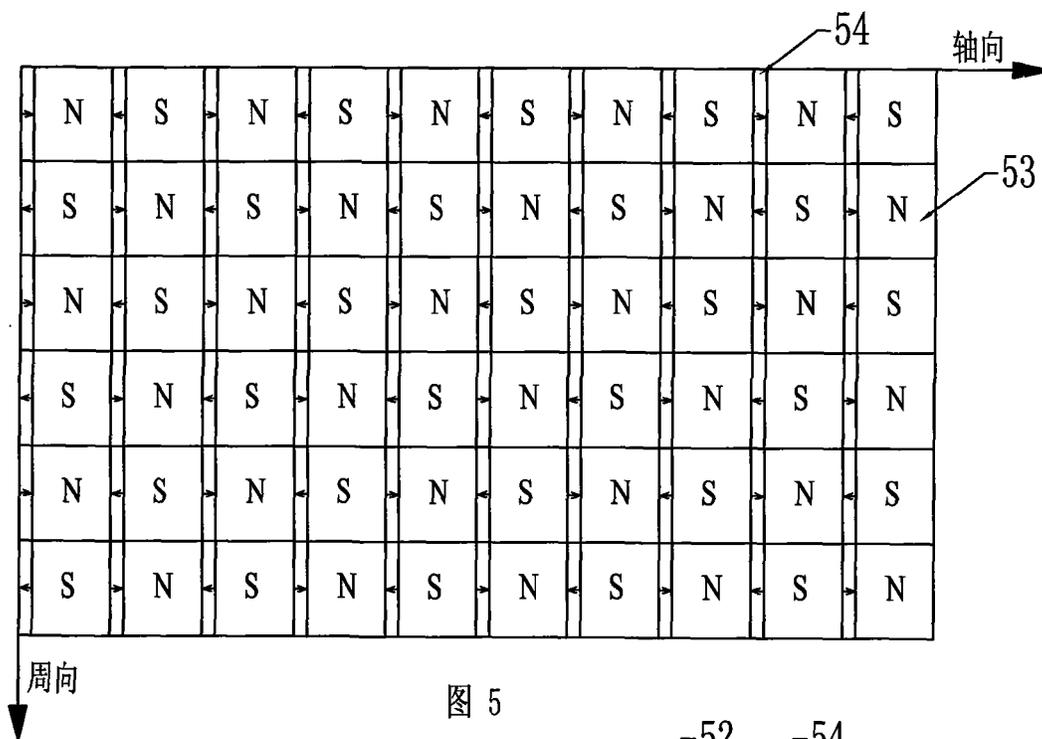
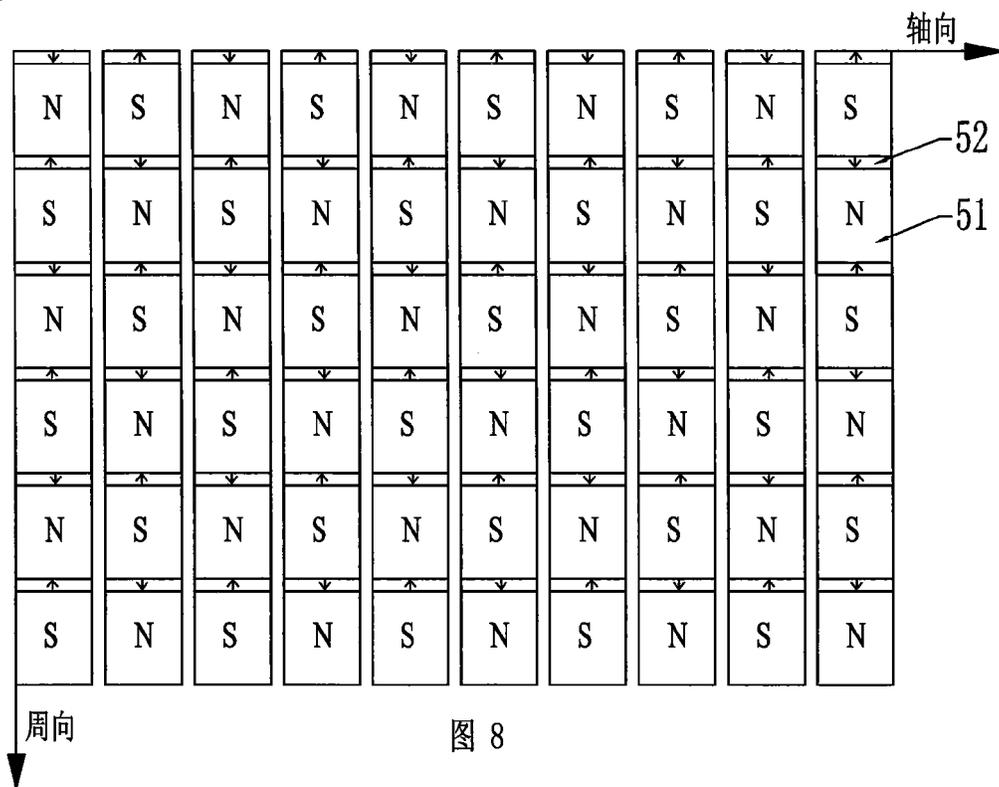
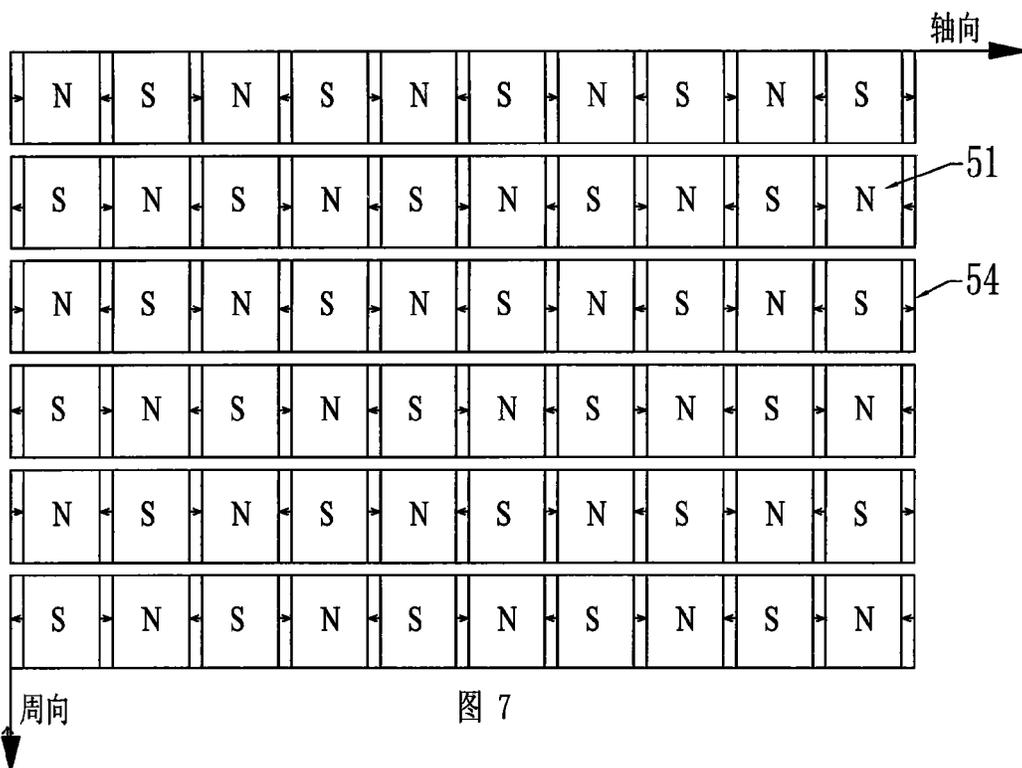


图 2







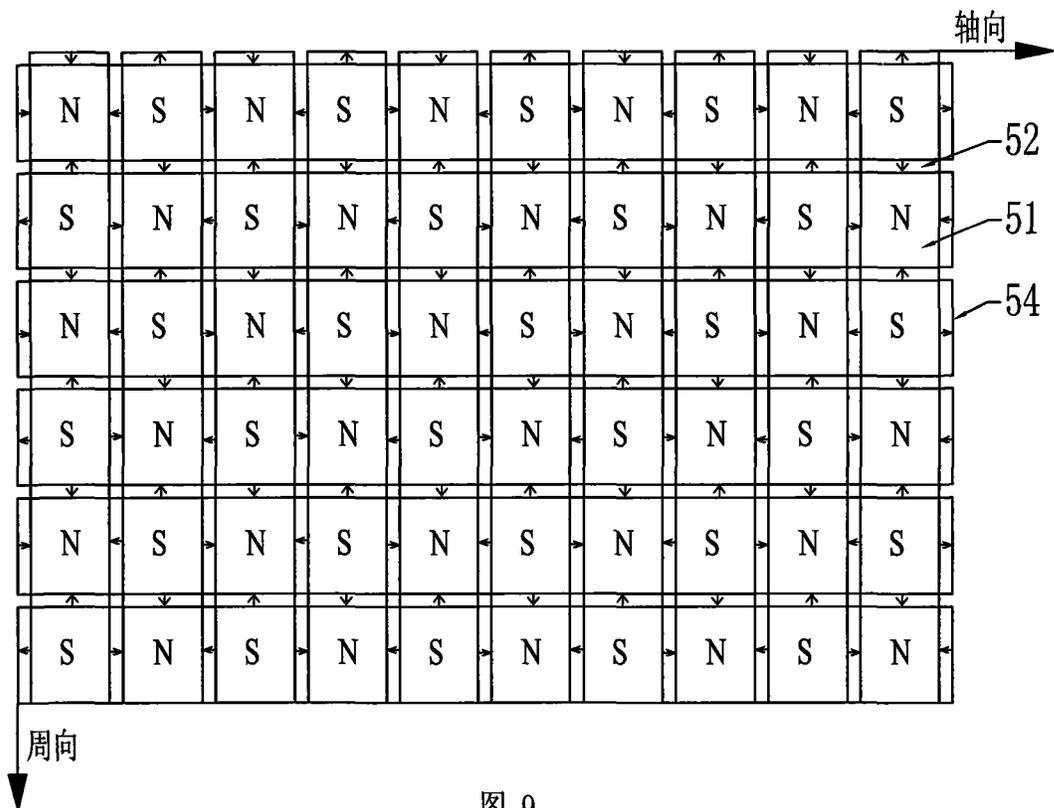


图 9

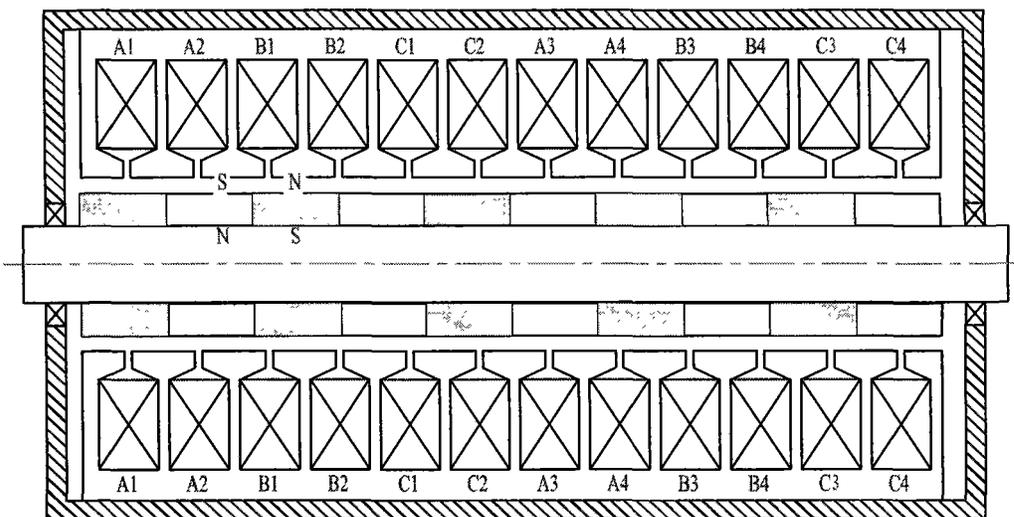


图 10