(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)实用新型专利

(10)授权公告号 CN 212726607 U
(45)授权公告日 2021.03.16

(21)申请号 202021560686.7

(22)申请日 2020.07.31

(73)专利权人 安徽威灵汽车部件有限公司
地址 230000 安徽省合肥市高新区彩虹路418号
专利权人 广东威灵汽车部件有限公司

(72)发明人 汪盼 王飞

(74)专利代理机构 北京友联知识产权代理事务所(普通合伙) 11343
代理人 尚志峰 王淑梅

(51)Int.Cl.
H02K 1/27(2006.01)
H02K 21/02(2006.01)

(ESM)同样的发明创造已同日申请发明专利

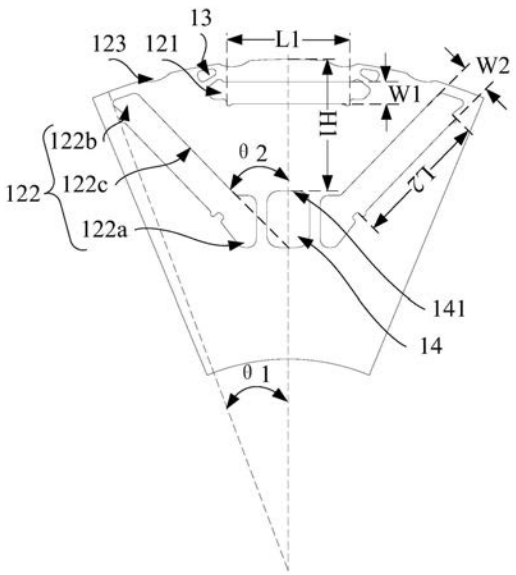
权利要求书3页 说明书16页 附图13页

(54)实用新型名称

转子冲片、转子铁芯、转子、电机和车辆

(57)摘要

本实用新型提供了一种转子冲片、转子铁芯、转子、电机和车辆。转子冲片包括冲片本体、轴孔和多个安装部。多个安装部围绕轴孔设置在冲片本体上。第一磁体槽远离轴孔设置，第二磁体槽包括第一槽端和第二槽端。两个第一槽端之间的距离小于两个第二槽端之间的距离，第一磁体槽位于两个第二槽端之间。轴孔的中心与第一磁体槽的中心连线沿冲片本体轴向延伸以构成中心面，第二磁体槽包括远离中心面的第一顶点，第一顶点与轴孔的中心连线为第一连线。本实用新型令第一连线与中心面形成夹角，通过对该夹角进行合理取值，从而可以在保证电机输出转矩的基础上，降低最大空载线反电势峰值，有效改善气隙磁场正弦度，减小谐波，改善振动噪音问题。



CN 212726607 U

1.一种转子冲片,其特征在于,包括:

冲片本体;

轴孔,设置在所述冲片本体上;

多个安装部,围绕所述轴孔设置在所述冲片本体上,所述多个安装部中每一个安装部包括多个磁体槽,

所述多个磁体槽包括:

第一磁体槽,远离所述轴孔设置;

两个第二磁体槽,所述两个第二磁体槽中每一个第二磁体槽包括靠近所述轴孔的第一槽端和远离所述轴孔的第二槽端,两个所述第一槽端之间的距离小于两个所述第二槽端之间的距离,所述第一磁体槽的至少部分位于两个所述第二槽端之间;

其中,所述轴孔的中心与所述第一磁体槽的中心之间的连线沿所述冲片本体轴向延伸以构成中心面,所述第二磁体槽包括远离所述中心面的第一顶点,所述第一顶点与所述轴孔的中心连线为第一连线,所述第一连线与所述中心面形成夹角。

2.根据权利要求1所述的转子冲片,其特征在于,

所述第一连线与所述中心面形成的夹角为θ1,其中,

$0.78\times\frac{90^\circ}{p}\leqslant\theta1\leqslant 0.9\times\frac{90^\circ}{p}$,p为所述安装部的数量的一半。

3.根据权利要求2所述的转子冲片,其特征在于,所述第二磁体槽包括:

第二直槽壁,所述第二直槽壁连接在所述第一槽端与所述第二槽端之间,所述第二直槽壁所在平面与所述中心面之间的夹角为θ2,其中,

$1.85\leqslant\frac{\theta2}{\theta1}\leqslant 3$。

4.根据权利要求1所述的转子冲片,其特征在于,

所述第二磁体槽的槽口宽度L2大于所述第一磁体槽的槽口宽度L1。

5.根据权利要求4所述的转子冲片,其特征在于,

所述第二磁体槽的槽口宽度L2大于等于15mm,小于等于21mm。

6.根据权利要求1所述的转子冲片,其特征在于,

所述第二磁体槽的槽口厚度W2大于等于所述第一磁体槽的槽口宽度W1,小于等于所述第一磁体槽的槽口宽度W1的1.5倍。

7.根据权利要求6所述的转子冲片,其特征在于,

所述第二磁体槽的槽口厚度大于等于2mm,小于等于5mm。

8.根据权利要求1至7中任一项所述的转子冲片,其特征在于,所述转子冲片还包括:

隔磁槽,设置在所述第一磁体槽的端部与所述冲片本体的外边沿之间。

9.根据权利要求8所述的转子冲片,其特征在于,

所述第一磁体槽包括远离所述轴孔的第一直槽壁,所述第一直槽壁所在平面为第一端面,所述隔磁槽位于所述第一端面背离所述轴孔的一侧。

10.根据权利要求1至7中任一项所述的转子冲片,其特征在于,所述转子冲片还包括:

气隙槽,设置在所述冲片本体上并位于两个所述第一槽端之间。

11.根据权利要求10所述的转子冲片,其特征在于,

位于所述气隙槽与所述第一槽端之间的部分所述冲片本体构成隔磁桥，所述隔磁桥的宽度大于等于0.5mm，小于等于2.7mm。

12.根据权利要求10所述的转子冲片，其特征在于，

所述冲片本体的半径为r，

所述气隙槽包括远离所述轴孔的气隙壁，所述气隙壁与所述冲片本体的外边沿之间的垂直距离的最小值为H1，其中，

$$H1 \leqslant 1.1\times(r - r\times\cos\frac{\theta 1}{4}) + L2\times\cos\frac{\theta 2}{4}。$$

13.根据权利要求1至7中任一项所述的转子冲片，其特征在于，所述安装部还包括：

辅助槽，所述冲片本体的外边沿的一部分朝向所述轴孔凹陷以构成所述辅助槽。

14.根据权利要求13所述的转子冲片，其特征在于，

所述辅助槽的数量为多个，多个所述辅助槽间隔布置，多个所述辅助槽沿所述中心面对称设置。

15.根据权利要求13所述的转子冲片，其特征在于，

所述辅助槽的槽深大于等于0.1mm，小于等于0.9mm。

16.一种转子铁芯，其特征在于，包括：如权利要求1至15中任一项所述的转子冲片。

17.一种转子，用于电机，其特征在于，包括：至少一个如权利要求16所述的转子铁芯；

所述至少一个转子铁芯中每一个转子铁芯的多个转子冲片的磁体槽沿所述转子铁芯的轴向贯通以形成插槽；

多个永磁体，多个永磁体一一对应设置在所述多个插槽中。

18.根据权利要求17所述的转子，其特征在于，

所述转子铁芯的数量为多个，多个所述转子铁芯沿轴向堆叠；

多个所述转子铁芯沿垂直于所述转子的中心轴线的基准面对称，多个所述转子铁芯中任意两个转子铁芯之间具有相对旋转角度，多个所述转子铁芯包括多个所述相对旋转角度，多个所述相对旋转角度中的最大值为α1，其中，

$$\frac{360°}{N\times Z} \leqslant \alpha 1 \leqslant \frac{2.4\times 360°\times(\frac{N}{2}-1)}{N\times Z}$$，N为所述转子铁芯的数量，Z为所述电机中定子槽的数量。

19.根据权利要求17所述的转子，其特征在于，

所述转子铁芯的数量为多个，多个所述转子铁芯沿轴向堆叠，多个所述转子铁芯沿垂直于所述转子的中心轴线的基准面不对称，多个所述转子铁芯中任意两个转子铁芯之间具有相对旋转角度，多个所述转子铁芯包括多个所述相对旋转角度，多个所述旋转角度中的最大值为α2，其中，

$$\frac{0.9\times 360°\times(N-1)}{N\times Z} \leqslant \alpha 2 \leqslant \frac{1.1\times 360°\times(N-1)}{N\times Z}$$，N为所述转子铁芯的数量，Z为所述电机中定子槽的数量。

20.一种电机，其特征在于，包括：

定子，所述定子构造形成装配腔；以及

如权利要求17至19中任一项所述的转子,所述转子设置在所述装配腔内。

21.一种车辆,其特征在于,包括:

车体;及

如权利要求20所述的电机,所述电机安装在所述车体中。

转子冲片、转子铁芯、转子、电机和车辆

技术领域

[0001] 本实用新型涉及电机设备技术领域，具体而言，涉及一种转子冲片、一种转子铁芯、一种转子、一种电机和一种车辆。

背景技术

[0002] 目前，内置式永磁电机的转子组成中包括转子冲片，作为转子的关键组成，转子冲片的设计优劣直接决定电机的性能，然而由于转子冲片的设计不合理，使得电机的功率密度、转矩脉动、最高转速以及振动噪声方面均受到影响。因此，如何合理设计转子以提升电机性能成为亟待解决的问题。

实用新型内容

[0003] 本实用新型旨在至少解决现有技术或相关技术中存在的技术问题之一。

[0004] 为此，本实用新型的第一个方面在于，提出一种转子冲片。

[0005] 本实用新型的第二个方面在于，提出一种转子铁芯。

[0006] 本实用新型的第三个方面在于，提出一种转子。

[0007] 本实用新型的第四个方面在于，提出一种电机。

[0008] 本实用新型的第五个方面在于，提出一种车辆。

[0009] 有鉴于此，根据本实用新型的第一个方面，提供了一种转子冲片，包括冲片本体、轴孔和多个安装部。轴孔设置在冲片本体上。多个安装部围绕轴孔设置在冲片本体上，多个安装部中每一个安装部包括多个磁体槽。多个磁体槽包括第一磁体槽和两个第二磁体槽，第一磁体槽远离轴孔设置。两个第二磁体槽中每一个第二磁体槽包括第一槽端和第二槽端。第一槽端靠近轴孔设置。第二槽端远离轴孔设置。两个第一槽端之间的距离小于两个第二槽端之间的距离，第一磁体槽的至少部分位于两个第二槽端之间。轴孔的中心与第一磁体槽的中心之间的连线沿冲片本体轴向延伸以构成中心面，第二磁体槽包括远离中心面的第一顶点，第一顶点与轴孔的中心连线为第一连线，第一连线与中心面形成夹角。

[0010] 本实用新型的一个设计提供的转子冲片包括冲片本体、轴孔和多个安装部。转子冲片用于电机。轴孔开设在冲片本体上，冲片本体由硅钢材料制得。其中，硅钢是指含硅量为1.0％～4.5％，含碳量小于0.08％的硅合金钢。硅钢具有导磁率高、矫顽力低、电阻系数大等特性，因而导磁性能好，且磁滞损失和涡流损失较小。轴孔用于装配转子的转轴。多个安装部围绕轴孔设置在冲片本体上，值得说明的是，多个安装部中每一个安装部的结构可以相同，也可以部分相同，根据实际需要对其进行调整即可。每个安装部包括多个磁体槽，磁体槽用于装配转子的永磁体。多个磁体槽包括第一磁体槽和两个第二磁体槽。第一磁体槽远离轴孔设置在冲片本体上。每一个第二磁体槽包括第一槽端和第二槽端，第一槽端靠近轴孔设置，第二槽端远离轴孔设置。即两个第二磁体槽呈V型布置在冲片本体上，第一磁体槽的至少一部分位于两个第二槽端之间，此时第一磁体槽和两个第二磁体槽呈类三角形布置在冲片本体上。轴孔的中心和第一磁体槽的中心之间的连线为中心线，中心线沿冲片

本体的轴向延伸可以构成中心面。第二磁体槽内包括远离中心面的第一顶点，即第一顶点与中心面之间的距离大于第二磁体槽内其他顶点与中心面之间的距离。第一顶点与轴孔的中心连线为第一连线。本实用新型通过令第一连线与中心面形成夹角，从而对该夹角进行合理取值，从而可以排布两个第二磁体槽相对于轴孔的位置，使得转子冲片的整体结构布局更加合理，在保证电机输出转矩的基础上，能够降低电机的生产成本，有效改善气隙磁场正弦度，减小谐波，改善振动噪音问题，降低最大空载线反电势峰值、削弱电机转矩脉动，提高电机效率，从而实现高性能、低成本的电机设计。

[0011] 值得说明的是，第一磁体槽的横截面呈几何图形和/或非几何图形，当第一磁体槽的横截面呈几何图形时，则第一磁体槽的中心即为几何图形的中心。当第一磁体槽的横截面呈非几何图形时，则第一磁体槽的中心为周向相距最远两点连线和径向相距最远两点连线的交点作为中心。

[0012] 在一种可能的设计中，进一步地，第一连线与中心面形成的夹角为θ1，其中，$0.78\times\frac{90°}{p}\leqslant\theta1\leqslant 0.9\times\frac{90°}{p}$，p为安装部的数量的一半。

[0013] 在该设计中，第一连线与中心面所构成的夹角θ1的取值对电机的输出转矩、转矩脉动、气隙磁场都具有较大的影响，θ1的取值越小，则电机的电磁转矩越大，转矩脉动越低，然而气隙磁场波形畸变越严重。而θ1的取值越大则会对电机的其他性能造成影响。因此，θ1的合理取值对于电机的优异性能具有至关重要的作用。针对于电机的输出转矩而言，将θ1的取值限制在上述范围内时，可以合理地分配电机的磁阻转矩分量和永磁转矩分量，从而可以在不增加电磁件成本的情况下，提高电机输出转矩。具体而言，电机输出转矩由磁阻转矩分量和永磁转矩分量构成，其中，永磁转矩与电机中永磁体的用量成正比，磁阻转矩正比于交轴电感与直轴电感的比值，而交轴电感与直轴电感的比值又与第一连线与中心面所构成的夹角θ1的取值相关。因此，在不增加永磁体用量的情况下，对夹角θ1合理取值就能够增大电机的交轴电感与直轴电感的比值，提升磁阻转矩分量，而在输出同样大小的电机转矩时，永磁转矩可以较小，由此可以减少永磁体用量，从而降低成本。值得说明的是，p为安装部的数量的一半，p为电机的极对数。

[0014] 在一种可能的设计中，进一步地，第二磁体槽包括第二直槽壁，第二直槽壁连接在第一槽端与第二槽端之间，第二直槽壁所在平面与中心面之间的夹角为θ2，其中，$1.85\leqslant\frac{\theta2}{\theta1}\leqslant3$。

[0015] 在该设计中，第二磁体槽包括第二直槽壁，且第二直槽壁连接在第一槽端和第二槽端之间。第二直槽壁所在平面与中心面所形成的夹角为θ2。根据上述关系式可以获得与θ1相配的θ2，从而能够影响电机的直轴磁路和交轴磁路，从而可以间接影响电机的各种性能。针对于电机的输出转矩而言，当θ1满足前述关系时，θ2与θ1的比值位于上述范围内时，则可以合理分配电机的磁阻转矩分量和永磁转矩分量，从而在不增加电磁件成本的情况下，提高电机输出转矩。具体来说，电机的输出转矩由磁阻转矩分量和永磁转矩分量构成，其中电机的永磁转矩与永磁体用量成正比，磁阻转矩正比于交轴电感与直轴电感的比值，而交直轴电感比值又与θ1和θ2的取值直接相关，在不增加永磁体用量的情况下，合理分配θ1和θ2的取值，能够增大电机的交轴电感与直轴电感的比值，提升磁阻转矩分量。而针对于

输出同样大小的电机转矩时，永磁转矩可以较小，由此可以减少永磁体用量，从而降低成本。

[0016] 在一种可能的设计中，进一步地，第二磁体槽的槽口宽度L2大于第一磁体槽的槽口宽度L1。

[0017] 在该设计中，第二磁体槽的槽口宽度大于第一磁体槽的槽口宽度，也就是说，呈V型结构排布的两个第二磁体槽的槽口宽度均大于呈一字型排布的第一磁体槽的槽口宽度。当第一磁体槽和第二磁体槽的槽口宽度满足上述关系时，则更有利于每个磁极下的磁场强度，能够实现聚磁，在增大电机输出转矩的同时，能够进一步利于增大电机的交轴电感与直轴电感的比值，从而增加词组转矩分量，提升电机弱磁扩速能力。值得说明的是，第二磁体槽的槽口宽度是指第二磁体槽中用于容纳永磁体部分所对应的宽度。第一磁体槽的槽口宽度是指第一磁体槽中用于容纳永磁体部分所对应的宽度。

[0018] 在一种可能的设计中，进一步地，第二磁体槽的槽口宽度L2大于等于15mm，小于等于21mm。

[0019] 在该设计中，对第二磁体槽的槽口宽度L2的具体取值做了进一步的限定，当L2的取值满足上述范围时，则会更加利于每个磁极下的磁场强度分布，能够实现聚磁，在增大电机输出转矩的同时，能够进一步利于增大电机的交轴电感与直轴电感的比值，从而增加词组转矩分量，提升电机弱磁扩速能力。

[0020] 在一种可能的设计中，进一步地，第二磁体槽的槽口厚度W2大于等于第一磁体槽的槽口宽度W1，小于等于第一磁体槽的槽口宽度W1的1.5倍。

[0021] 在该设计中，第二磁体槽的槽口厚度大于等于第一磁体槽的槽口厚度，也就是说，呈V型结构排布的两个第二磁体槽的槽口厚度均大于等于呈一字型排布的第一磁体槽的槽口厚度。当第一磁体槽和第二磁体槽的槽口厚度满足上述关系时，则更有利于每个磁极下的磁场强度，能够实现聚磁，在增大电机输出转矩的同时，能够进一步利于增大电机的交轴电感与直轴电感的比值，从而增加词组转矩分量，提升电机弱磁扩速能力。

[0022] 在一种可能的设计中，进一步地，第二磁体槽的槽口厚度大于等于2mm，小于等于5mm。

[0023] 在该设计中，对第二磁体槽的槽口厚度的具体取值做了进一步的限定，当W2的取值满足上述范围时，则会更加利于每个磁极下的磁场强度分布，能够实现聚磁，在增大电机输出转矩的同时，能够进一步利于增大电机的交轴电感与直轴电感的比值，从而增加词组转矩分量，提升电机弱磁扩速能力。

[0024] 在一种可能的设计中，进一步地，转子冲片还包括隔磁槽，隔磁槽设置在第一磁体槽的端部与冲片本体的外边沿之间。

[0025] 在该设计中，隔磁槽设置在冲片本体上，一方面隔磁槽位于第一磁体槽与冲片本体的外边沿之间，则隔磁槽可以将位于第一磁体槽与冲片本体之间的部分冲片本体划分为两个隔磁桥，两个隔磁桥中一个靠近第一磁体槽，两个隔磁桥中另一个靠近冲片本体的外边沿，双隔磁桥结构能够提高转子冲片的机械强度，能够优化转子磁场分布情况，明显提升具有该转子冲片的电机的电磁转矩，有效改善位于磁体槽内的永磁体的漏磁以及退磁现象，分散转子冲片在高转速工况时磁体槽周边的离心应力，由此解决电机在高转速下转子冲片机械强度难以满足要求的问题，实现低漏磁与高强度电机的设计，此外，还能够使得永

磁体的利用率与电机功率密度都能得到明显提高，进一步改善电机的工作性能，同时一定程度上也能够削弱电机转矩脉动，降低电机的运行噪音，提高用户的使用舒适度。

[0026] 值得说明的是，隔磁槽的横截面呈封闭的三边形、四边形、多边形或三边形、四边形、多边形与圆弧组成的不规则几何图形。每一个安装部包括两个隔磁槽，两个隔磁槽的形状相同，尺寸大小相同，结构较为规整，便于加工成型。

[0027] 在一种可能的设计中，进一步地，第一磁体槽包括远离轴孔的第一直槽壁，第一直槽壁所在平面为第一端面，隔磁槽位于第一端面背离轴孔的一侧。

[0028] 在该设计中，第一磁体槽包括远离轴孔的第一直槽壁，第一直槽壁所在平面为第一端面。其中，值得说明的是，当第一磁体槽内装配有第一永磁体时，则第一直槽壁为位于第一永磁体远离轴孔的一侧的槽壁。其中，第一直槽壁与第一永磁体之间具有间隙。当第一直槽壁与第一永磁体之间具有间隙可以便于第一永磁体的安装。本实用新型的一个设计中通过令隔磁槽位于第一端面背离轴孔的一侧，从而可以保证隔磁槽在有效改善冲片本体漏磁的同时，不影响电机的dq轴磁路，保证电机足够的永磁转矩。

[0029] 在一种可能的设计中，进一步地，转子冲片还包括气隙槽，气隙槽设置在冲片本体上并位于两个第一槽端之间。

[0030] 在该设计中，两个第二磁体槽的第一槽端之间还设有气隙槽，当多个磁体槽布置在冲片本体上时，位于两个第二磁体槽的第一槽端之间的部分冲片本体构成隔磁桥，而隔磁桥的宽度较大，漏磁情况较为严重。本实用新型的一个设计中将气隙槽设置在两个第一槽端之间，从而可以减小位于两个第一槽端之间隔磁桥的宽度，进而可以有效降低漏磁，提高具有该转子冲片的电机的功率密度。

[0031] 进一步地，气隙槽沿冲片本体的径向延伸，即气隙槽沿轴孔的径向延伸。通过增加气隙槽的径向长度，可以减小两个磁体槽之间隔磁桥的宽度，有效降低漏磁。

[0032] 此外，通过在两个第二磁体槽的第一槽端设置气隙槽，从而在两个第一槽端之间形成双磁桥结构，从而有利于减小两个第二磁体槽内放置的永磁体的端部漏磁现象，提升永磁体的利用率，同时，该双磁桥结构设计可以共同承受应力，进一步加强转子冲片的机械强度，避免电机在高速运行时，由于内部应力作用而导致转子冲片损坏问题。提升转子冲片的机械强度，从而使得电机的峰值转速能进一步增加，有利于提高电机的功率密度。

[0033] 在一种可能的设计中，进一步地，位于气隙槽与第一槽端之间的部分冲片本体构成隔磁桥，隔磁桥的宽度W3大于等于0.5mm，小于等于2.7mm。

[0034] 在该设计中，位于气隙槽与第一槽端之间的部分冲片本体构成隔磁桥，由于第一槽端具有两个，则气隙槽与相邻的两个第一槽端可以形成两个隔磁桥，隔磁桥的宽度均满足上述关系。当然，两个隔磁桥的宽度可以相同，也可以不相同，只要满足上述关系式即可。

[0035] 在一种可能的设计中，进一步地，冲片本体的半径为r，气隙槽包括远离轴孔的气隙壁，气隙壁与冲片本体的外边沿之间的垂直距离的最小值为H1，其中，$H1 \leqslant 1.1\times(r-r\times\cos\frac{\theta 1}{4})+L2\times\cos\frac{\theta 2}{4}$。

[0036] 在该设计中，冲片本体的半径为r，值得说明的是，这里的半径是指冲片本体的外周沿所在圆的半径。气隙槽包括远离轴孔的气隙壁，气隙壁与冲片本体的外边沿之间的垂直距离的最小值为H1，换而言之，靠近气隙壁的部分冲片本体的外边沿为第一边沿，那么H1

则为气隙壁与第一边沿之间的垂直距离。当H1的取值与夹角θ1、夹角θ2、第二磁体槽的槽口宽度L2以及冲片本体的半径r相配时，即满足上述关系式，则气隙槽的设置位置可以进一步优化冲片本体上的应力分布，在加强转子冲片的机械强度，避免电机在高速运行时，由于内部应力作用而导致转子冲片损坏问题，提升转子冲片的机械强度，从而使得电机的峰值转速能进一步增加，有利于提高电机的功率密度。

[0037] 在一种可能的设计中，进一步地，安装部还包括辅助槽，辅助槽冲片本体的外边沿的一部分朝向轴孔凹陷以构成辅助槽。

[0038] 在该设计中，冲片本体的外边沿的一部分朝向轴孔凹陷以构成辅助槽，辅助槽能够有效地降低电机气隙磁场中的谐波含量，从而提高气隙磁密波形的正弦度，改善电机的转矩脉动，降低谐波带来的径向力，降低电机的运行噪音，改善电机的振动噪声，从而提高用户的使用舒适度。此外，本实用新型通过在转子冲片上设置凹陷的辅助槽，也能够对电机的空载反电势波形和径向力进行部分调整，降低电机最大空载线反电势。值得说明的是，电机的转矩脉动很大程度上取决于气隙磁场的非正弦，气隙磁场中的谐波含量越高，电机的输出转矩波形越差，脉动越大，振动噪声越大。

[0039] 在一种可能的设计中，进一步地，辅助槽的数量为多个，多个辅助槽间隔布置，多个辅助槽沿中心面对称设置。

[0040] 在该设计中，每个安装部上可以设置多个辅助槽，譬如每个安装部上可以设置4个辅助槽，多个辅助槽间隔布置在冲片本体上。当电机的极对数为p时，则安装部的数量为2p个，则在每个安装部上均可以设置多个辅助槽。每个安装部上的多个辅助槽沿中心面对称设置，辅助槽的数量至少为两个，成对设置。

[0041] 在一种可能的设计中，进一步地，辅助槽为弧形槽。辅助槽的槽深大于等于0.1mm，小于等于0.9mm。

[0042] 在该设计中，辅助槽为弧形槽，具体地，辅助槽的槽底为圆弧型。进一步地，辅助槽的槽深满足上述关系式，从而可以令辅助槽的体积较小，避免辅助槽对冲片本体外边沿的形状造成较大改变。

[0043] 值得说明的是，多个辅助槽包括两个内辅槽和两个外辅槽，两个内辅槽沿中心面对称设置，大小尺寸相同，两个内辅槽位于两个隔磁槽限定的冲片本体的外边沿之间。两个外辅槽沿中心面对称设置，大小尺寸相同，两个外辅槽位于两个第二磁体槽和第一磁体槽限定的冲片本体的外边沿上。通过多个辅助槽的设计，从而达到不均匀气隙的效果，优化气隙磁密波形，提高气隙的磁场薄型的正弦性。

[0044] 根据本实用新型的第二个方面，提供了一种转子铁芯，包括上述任一设计中所提供的转子冲片。

[0045] 本实用新型提供的转子铁芯，包括上述任一设计所提供的转子冲片，因此具有该转子冲片的全部有益效果，在此不再赘述。

[0046] 根据本实用新型的第三个方面，提供了一种转子，包括上述任一设计中所提供的转子铁芯。

[0047] 本实用新型提供的转子，包括上述任一设计所提供的转子铁芯，因此具有该转子铁芯的全部有益效果，在此不再赘述。

[0048] 进一步地，至少一个转子铁芯中每一个转子铁芯的多个转子冲片的磁体槽沿转子

铁芯的轴向贯通以形成插槽。转子还包括多个永磁体，多个永磁体一一对应设置在多个插槽中。

[0049] 在一种可能的设计中，进一步地，转子铁芯的数量为多个，多个转子铁芯沿轴向堆叠。即多个转子铁芯在垂直于转子冲片本体的方向上依次叠压形成转子。同一个转子铁芯上所有转子冲片的圆周向轮廓完全重叠，此种层叠组装设计能够降低转子铁芯中的涡流损耗。由于构成每一个转子铁芯的转子冲片上均设有多个磁体槽，在同一个转子铁芯上，同一位置处的磁体槽沿轴向重叠贯通。在转子中，每一极下的多个磁体槽能够形成一个安装部，每一个安装部中磁体槽内装配的永磁体的极性相同。逆时针看，每一极的永磁体极性交替均匀分布，将永磁体安装到转子铁芯中的磁体槽内，就可以构成内部有永磁体的转子铁芯，这可以减小电机在运行过程中由于涡流效应导致的磁钢发热情况。

[0050] 进一步地，多个转子铁芯沿垂直于转子的中心轴线的基准面对称排布，多个转子铁芯中任意两个转子铁芯之间的最大相对旋转角度α1，其中，

$\frac{360°}{N\times Z}\leqslant\alpha1\leqslant\frac{2.4\times360°\times(\frac{N}{2}-1)}{N\times Z}$，N为转子铁芯的数量，Z为电机中定子槽的数量。通过采用该设计的相对旋转角度α1，同时令转子冲片的θ1和θ2的角度满足前述关系式，则可在保证电机输出转矩的同时，最大程度地降低永磁体的端部漏磁，提高永磁体的利用率，削弱齿槽转矩，减小电机转矩脉动，同时改善气隙磁场分布，降低气隙磁场的畸变率，使得空载反电势波形分布更加正弦。除此之外，θ1和α1的取值是影响电机气隙磁场分布的关键因素，电机的转矩波形和空载反电势波形很大程度上取决于气隙磁场的分布。其中，气隙磁场中的5、7次谐波会带来6倍频的转矩脉动，这是造成转矩波动的主要原因。然而气隙磁场中的7、11、13、23、25次谐波也会导致电机的空载反电势波形畸变严重，带来最大空载线反电势峰值过高的问题，超过电机控制器许可范围，同时谐波过大还会带来电机振动噪声过大、损耗增加，效率降低及温升问题，从而直接降低电机的性能。然而本实用新型的一个设计中通过对θ1和α1做上述数值匹配，从而可在保证电机输出转矩的基础上，有效改善气隙磁场正弦度，减小谐波，改善振动噪音问题，降低最大空载线反电势峰值、削弱电机转矩脉动，提高电机效率，从而能够实现高性能的电机设计。

[0051] 在一种可能的设计中，进一步地，多个转子铁芯沿垂直于转子的中心轴线的基准面不对称，多个转子铁芯中任意两个转子铁芯之间的最大相对旋转角度为α2，其中，$\frac{0.9\times360°\times(N-1)}{N\times Z}\leqslant\alpha2\leqslant\frac{1.1\times360°\times(N-1)}{N\times Z}$。通过采用该设计的相对旋转角度α2，同时令转子冲片的θ1和θ2的角度满足前述关系式，则可在保证电机输出转矩的同时，最大程度地降低永磁体的端部漏磁，提高永磁体的利用率，削弱齿槽转矩，减小电机转矩脉动，同时改善气隙磁场分布，降低气隙磁场的畸变率，使得空载反电势波形分布更加正弦，除此之外，θ1和α2的取值是影响电机气隙磁场分布的关键因素，电机的转矩波形和空载反电势波形很大程度上取决于气隙磁场的分布。其中，气隙磁场中的5、7次谐波会带来6倍频的转矩脉动，这是造成转矩波动的主要原因。然而气隙磁场中的7、11、13、23、25次谐波也会导致电机的空载反电势波形畸变严重，带来最大空载线反电势峰值过高的问题，超过电机控制器许可范围，同时谐波过大还会带来电机振动噪声过大、损耗增加，效率降低及温升问题，从而直

接降低电机的性能。然而本实用新型的一个设计中通过对θ1和α2做上述数值匹配，从而可在保证电机输出转矩的基础上，有效改善气隙磁场正弦度，减小谐波，改善振动噪音问题，降低最大空载线反电势峰值、削弱电机转矩脉动，提高电机效率，从而能够实现高性能的电机设计。

[0052] 根据本实用新型的第四个方面，提供了一种电机，包括上述任一设计中所提供的转子。

[0053] 本实用新型提供的电机，包括上述任一设计所提供的转子，因此具有该转子的全部有益效果，在此不再赘述。

[0054] 在一种可能的设计中，进一步地，电机包括定子，定子构造形成装配腔，转子设置在装配腔内。

[0055] 在该设计中，电机包括定子，定子具有装配腔，转子设置在装配腔内，并且能够相对于定子转动。

[0056] 根据本实用新型的第五个方面，提供了一种车辆，包括上述任一设计中所提供的电机。

[0057] 本实用新型提供的车辆，包括上述任一设计所提供的电机，因此具有该电机的全部有益效果，在此不再赘述。

[0058] 值得说明的是，车辆可以为新能源汽车。新能源汽车包括纯电动汽车、增程式电动汽车、混合动力汽车、燃料电池电动汽车、氢发动机汽车等。

[0059] 进一步地，上述任一设计所提供的电机可以作为车辆的驱动电机。具体地，驱动电机能够单独实现车辆的功能装置启动。或者，驱动电机可以与车辆上的其他驱动装置共同配合以实现车辆上的功能装置正常运行。其中，车辆的功能装置可以为以下任一或任意组合：车轮、空调器、灯光组件等。

[0060] 在一种可能的设计中，进一步地，车辆包括车体，电机安装在车体内。

[0061] 本实用新型的附加方面和优点将在下面的描述部分中变得明显，或通过本实用新型的实践了解到。

附图说明

[0062] 本实用新型的上述和/或附加的方面和优点从结合下面附图对实施例的描述中将变得明显和容易理解，其中：

[0063] 图1示出了根据本实用新型的一个实施例中转子冲片的结构示意图；

[0064] 图2示出了根据本实用新型的一个实施例中转子冲片与永磁体的装配示意图；

[0065] 图3示出了根据本实用新型的一个实施例中转子冲片的部分结构示意图；

[0066] 图4示出了根据本实用新型的另一个实施例中转子冲片的结构示意图；

[0067] 图5示出了根据本实用新型的一个实施例中转子铁芯的结构示意图；

[0068] 图6示出了根据本实用新型的一个实施例中转子的结构示意图；

[0069] 图7示出了根据本实用新型的一个实施例中转子的侧视图；

[0070] 图8示出了根据本实用新型的另一个实施例中转子的结构示意图；

[0071] 图9示出了根据本实用新型的另一个实施例中转子的侧视图；

[0072] 图10示出了根据本实用新型的又一个实施例中转子的结构示意图；

[0073] 图11示出了根据本实用新型的又一个实施例中转子的侧视图；

[0074] 图12示出了根据本实用新型的一个实施例中电机的转矩脉动率仿真曲线图；

[0075] 图13示出了根据本实用新型的一个实施例中电机的最大空载线反电势仿真曲线图；

[0076] 图14示出了根据本实用新型的一个实施例中电机与相关技术的电机的最大空载线反电势对比曲线图；

[0077] 图15示出了根据本实用新型的一个实施例中电机与相关技术的电机的电磁转矩对比曲线图。

[0078] 其中，图1至图11中附图标记与部件名称之间的对应关系为：

[0079] 1 转子冲片，

[0080] 10 冲片本体，101 隔磁桥，

[0081] 11 轴孔，

[0082] 12 安装部，

[0083] 120 磁体槽，

[0084] 121 第一磁体槽，121a 第一直槽壁，

[0085] 122 第二磁体槽，122a 第一槽端，122b 第二槽端，122c 第二直槽壁，

[0086] 123 辅助槽，

[0087] 13 隔磁槽，

[0088] 14 气隙槽，141 气隙壁，

[0089] 2 转子铁芯，

[0090] 20 永磁体，

[0091] 3 转子。

具体实施方式

[0092] 为了能够更清楚地理解本实用新型的上述目的、特征和优点，下面结合附图和具体实施方式对本实用新型进行进一步的详细描述。需要说明的是，在不冲突的情况下，本申请的实施例及实施例中的特征可以相互组合。

[0093] 在下面的描述中阐述了很多具体细节以便于充分理解本实用新型，但是，本实用新型还可以采用其他不同于在此描述的其他方式来实施，因此，本实用新型的保护范围并不受下面公开的具体实施例的限制。

[0094] 下面参照图1至图15描述根据本实用新型一些实施例所提供的转子冲片1、转子铁芯2、转子3、电机和车辆。

[0095] 实施例一

[0096] 根据本实用新型的第一个方面，提供了一种转子冲片1，如图1至图4所示，包括冲片本体10、轴孔11和多个安装部12。轴孔11设置在冲片本体10上。多个安装部12围绕轴孔11设置在冲片本体10上，多个安装部12中每一个安装部12包括多个磁体槽120。多个磁体槽120包括第一磁体槽121和两个第二磁体槽122，第一磁体槽121远离轴孔11设置。两个第二磁体槽122中每一个第二磁体槽122包括第一槽端122a和第二槽端122b。第一槽端122a靠近轴孔11设置。第二槽端122b远离轴孔11设置。两个第一槽端122a之间的距离小于两个第二

槽端122b之间的距离，第一磁体槽121的至少部分位于两个第二槽端122b之间。轴孔11的中心与第一磁体槽121的中心之间的连线沿冲片本体10轴向延伸以构成中心面，第二磁体槽122包括远离中心面的第一顶点，第一顶点与轴孔11的中心连线为第一连线，第一连线与中心面形成夹角。

[0097] 本实用新型的一个实施例提供的转子冲片1包括冲片本体10、轴孔11和多个安装部12。转子冲片1用于电机。轴孔11开设在冲片本体10上，冲片本体10由硅钢材料制得。其中，硅钢是指含硅量为1.0％～4.5％，含碳量小于0.08％的硅合金钢。硅钢具有导磁率高、矫顽力低、电阻系数大等特性，因而导磁性能好，且磁滞损失和涡流损失都比较小。轴孔11用于装配转子3的转轴。多个安装部12围绕轴孔11设置在冲片本体10上，值得说明的是，多个安装部12中每一个安装部12的结构可以相同，也可以部分相同，根据实际需要对其进行调整即可。每个安装部12包括多个磁体槽120，磁体槽120用于装配转子3的永磁体20。多个磁体槽120包括第一磁体槽121和两个第二磁体槽122。第一磁体槽121远离轴孔11设置在冲片本体10上。每一个第二磁体槽122包括第一槽端122a和第二槽端122b，第一槽端122a靠近轴孔11设置，第二槽端122b远离轴孔11设置。即两个第二磁体槽122呈V型布置在冲片本体10上，第一磁体槽121的至少一部分位于两个第二槽端122b之间，此时第一磁体槽121和两个第二磁体槽122呈类三角形布置在冲片本体10上。轴孔11的中心和第一磁体槽121的中心之间的连线为中心线，中心线沿冲片本体10的轴向延伸可以构成中心面。第二磁体槽122内包括远离中心面的第一顶点，即第一顶点与中心面之间的距离大于第二磁体槽122内其他顶点与中心面之间的距离。第一顶点与轴孔11的中心连线为第一连线。本实用新型通过令第一连线与中心面形成夹角，从而对该夹角进行合理取值，从而可以排布两个第二磁体槽122相对于轴孔11的位置，使得转子冲片1的整体结构布局更加合理，在保证电机输出转矩的基础上，能够降低电机的生产成本，有效改善气隙磁场正弦度，减小谐波，改善振动噪音问题，降低最大空载线反电势峰值、削弱电机转矩脉动，提高电机效率，从而实现高性能、低成本的电机设计。

[0098] 值得说明的是，第一磁体槽121的横截面呈几何图形和/或非几何图形，当第一磁体槽121的横截面呈几何图形时，则第一磁体槽121的中心即为几何图形的中心。当第一磁体槽121的横截面呈非几何图形时，则第一磁体槽121的中心为周向相距最远两点连线和径向相距最远两点连线的交点作为中心。

[0099] 进一步地，如图3所示，第一连线与中心面形成的夹角为θ1，其中，$0.78\times\frac{90^\circ}{p}\leqslant\theta1\leqslant0.9\times\frac{90^\circ}{p}$，p为安装部12的数量的一半。

[0100] 在该实施例中，第一连线与中心面所构成的夹角θ1的取值对电机的输出转矩、转矩脉动、气隙磁场都具有较大的影响，θ1的取值越小，则电机的电磁转矩越大，转矩脉动越低，然而气隙磁场波形畸变越严重。而θ1的取值越大则会对电机的其他性能造成影响。因此，θ1的合理取值对于电机的优异性能具有至关重要的作用。针对于电机的输出转矩而言，将θ1的取值限制在上述范围内时，可以合理地分配电机的磁阻转矩分量和永磁转矩分量，从而可以在不增加电磁件成本的情况下，提高电机输出转矩。具体而言，电机输出转矩由磁阻转矩分量和永磁转矩分量构成，其中，永磁转矩与电机中永磁体20的用量成正比，磁阻转矩正比于交轴电感与直轴电感的比值，而交轴电感与直轴电感的比值又与第一连线与中心

面所构成的夹角θ1的取值相关。因此，在不增加永磁体20用量的情况下，对夹角θ1合理取值就能够增大电机的交轴电感与直轴电感的比值，提升磁阻转矩分量，而在输出同样大小的电机转矩时，永磁转矩可以较小，由此可以减少永磁体20用量，从而降低成本。值得说明的是，p为安装部12的数量的一半，p为电机的极对数。

[0101] 进一步地，如图1至图3所示，第二磁体槽122包括第二直槽壁122c，第二直槽壁122c连接在第一槽端122a与第二槽端122b之间，第二直槽壁122c所在平面与中心面之间的夹角为θ2，其中，$1.85\leqslant\frac{\theta 2}{\theta 1}\leqslant 3$。

[0102] 在该实施例中，第二磁体槽122包括第二直槽壁122c，且第二直槽壁122c连接在第一槽端122a和第二槽端122b之间。第二直槽壁122c所在平面与中心面所形成的夹角为θ2。根据上述关系式可以获得与θ1相配的θ2，从而能够影响电机的直轴磁路和交轴磁路，从而可以间接影响电机的各种性能。针对于电机的输出转矩而言，当θ1满足前述关系时，θ2与θ1的比值位于上述范围内时，则可以合理分配电机的磁阻转矩分量和永磁转矩分量，从而在不增加电磁件成本的情况下，提高电机输出转矩。具体来说，电机的输出转矩由磁阻转矩分量和永磁转矩分量构成，其中电机的永磁转矩与永磁体20用量成正比，磁阻转矩正比于交轴电感与直轴电感的比值，而交直轴电感比值又与θ1和θ2的取值直接相关，在不增加永磁体20用量的情况下，合理分配θ1和θ2的取值，能够增大电机的交轴电感与直轴电感的比值，提升磁阻转矩分量。而针对于输出同样大小的电机转矩时，永磁转矩可以较小，由此可以减少永磁体20用量，从而降低成本。

[0103] 实施例二

[0104] 与上述实施例不同的是，如图3所示，本实施例中对于第一磁体槽和第二磁体槽的尺寸做出了进一步地的说明，具体地，第二磁体槽122的槽口宽度L2大于第一磁体槽121的槽口宽度L1。

[0105] 在该实施例中，第二磁体槽122的槽口宽度大于第一磁体槽121的槽口宽度，也就是说，呈V型结构排布的两个第二磁体槽122的槽口宽度均大于呈一字型排布的第一磁体槽121的槽口宽度。当第一磁体槽121和第二磁体槽122的槽口宽度满足上述关系时，则更有利于每个磁极下的磁场强度，能够实现聚磁，在增大电机输出转矩的同时，能够进一步利于增大电机的交轴电感与直轴电感的比值，从而增加词组转矩分量，提升电机弱磁扩速能力。

[0106] 进一步地，如图3所示，第二磁体槽122的槽口宽度L2大于等于15mm，小于等于21mm。

[0107] 在该实施例中，对第二磁体槽122的槽口宽度L2的具体取值做了进一步的限定，当L2的取值满足上述范围时，则会更加利于每个磁极下的磁场强度分布，能够实现聚磁，在增大电机输出转矩的同时，能够进一步利于增大电机的交轴电感与直轴电感的比值，从而增加词组转矩分量，提升电机弱磁扩速能力。

[0108] 进一步地，如图3所示，第二磁体槽122的槽口厚度W2大于等于第一磁体槽121的槽口宽度W1，小于等于第一磁体槽121的槽口宽度W1的1.5倍。

[0109] 在该实施例中，第二磁体槽122的槽口厚度大于等于第一磁体槽121的槽口厚度，也就是说，呈V型结构排布的两个第二磁体槽122的槽口厚度均大于等于呈一字型排布的第一磁体槽121的槽口厚度。当第一磁体槽121和第二磁体槽122的槽口厚度满足上述关系时，

则更有利于每个磁极下的磁场强度，能够实现聚磁，在增大电机输出转矩的同时，能够进一步利于增大电机的交轴电感与直轴电感的比值，从而增加词组转矩分量，提升电机弱磁扩速能力。

[0110] 进一步地，如图3所示，第二磁体槽122的槽口厚度大于等于2mm，小于等于5mm。

[0111] 在该实施例中，对第二磁体槽122的槽口厚度的具体取值做了进一步的限定，当W2的取值满足上述范围时，则会更加利于每个磁极下的磁场强度分布，能够实现聚磁，在增大电机输出转矩的同时，能够进一步利于增大电机的交轴电感与直轴电感的比值，从而增加词组转矩分量，提升电机弱磁扩速能力。

[0112] 实施例三

[0113] 与上述实施例不同的是，本实施例在考虑到转子冲片1的结构强度的问题上，对转子冲片的结构进一步改进，具体地，如图2和图3所示，转子冲片1还包括隔磁槽13，隔磁槽13设置在第一磁体槽121的端部与冲片本体10的外边沿之间。

[0114] 在该实施例中，隔磁槽13设置在冲片本体10上，一方面隔磁槽13位于第一磁体槽121与冲片本体10的外边沿之间，则隔磁槽13可以将位于第一磁体槽121与冲片本体10之间的部分冲片本体10划分为两个隔磁桥101，两个隔磁桥101中一个靠近第一磁体槽121，两个隔磁桥101中另一个靠近冲片本体10的外边沿，双隔磁桥101结构能够提高转子冲片1的机械强度，能够优化转子3磁场分布情况，明显提升具有该转子冲片1的电机的电磁转矩，有效改善位于磁体槽120内的永磁体20的漏磁以及退磁现象，分散转子冲片1在高转速工况时磁体槽120周边的离心应力，由此解决电机在高转速下转子冲片1机械强度难以满足要求的问题，实现低漏磁与高强度电机的设计，此外，还能够使得永磁体20的利用率与电机功率密度都能得到明显提高，进一步改善电机的工作性能，同时一定程度上也能够削弱电机转矩脉动，降低电机的运行噪音，提高用户的使用舒适度。

[0115] 值得说明的是，隔磁槽13的横截面呈封闭的三边形、四边形、多边形或三边形、四边形、多边形与圆弧组成的不规则几何图形。每一个安装部12包括两个隔磁槽13，两个隔磁槽13的形状相同，尺寸大小相同，结构较为规整，便于加工成型。

[0116] 进一步地，如图1和图2所示，第一磁体槽121包括远离轴孔11的第一直槽壁121a，第一直槽壁121a所在平面为第一端面，隔磁槽13位于第一端面背离轴孔11的一侧。

[0117] 在该实施例中，第一磁体槽121包括远离轴孔11的第一直槽壁121a，第一直槽壁121a所在平面为第一端面。其中，值得说明的是，当第一磁体槽121内装配有第一永磁体20时，则第一直槽壁121a为位于第一永磁体20远离轴孔11的一侧的槽壁。其中，第一直槽壁121a与第一永磁体20之间具有间隙。当第一直槽壁121a与第一永磁体20之间具有间隙可以便于第一永磁体20的安装。本实用新型的一个实施例中通过令隔磁槽13位于第一端面背离轴孔11的一侧，从而可以保证隔磁槽13在有效改善冲片本体10漏磁的同时，不影响电机的dq轴磁路，保证电机足够的永磁转矩。

[0118] 进一步地，隔磁槽13的数量为两个，两个隔磁槽13分别设置在第一磁体槽121的两端。冲片本体10还包括第一本体，第一本体位于两个隔磁槽13和第一磁体槽121之间，即第一本体位于第一磁体槽121背离轴孔11的一侧。第一隔磁端位于第二隔磁端与第一本体之间，也就是说，第一隔磁端靠近第一本体，第二隔磁端远离第一本体，其中，第一隔磁端的宽度小于第二隔磁端的宽度，即第一隔磁桥整体呈上窄下宽的形状，类似于梯形。磁通在通过

第一隔磁桥的第一隔磁端时，通过在较窄的第一隔磁端达到饱和从而可以限制漏磁，而较宽的第二隔磁端则充分起到分散冲片应力，保证转子冲片1足够的机械强度的作用。进一步地，第二隔磁端的宽度大于第一隔磁端的宽度，且小于等于第一隔磁端宽度的4倍，具体地，第二隔磁端的宽度为t2，第一隔磁端的宽度为t1，其中，t2≥k×t1，k∈(1,4)。当第一隔磁端的宽度t1、第二隔磁端的宽度t2满足前述关系时，则利于合理分配第一隔磁桥的尺寸，从而可以改善转子冲片1的结构强度与漏磁现象。值得说明的是，k在1至4的范围内，譬如，k的取值可以为1.5、1.8、2.6、3.4、3.7。

[0119] 进一步地，第一隔磁端的宽度大于等于冲片本体10的厚度。

[0120] 在该设计中，第一隔磁端的宽度大于等于冲片本体的厚度，通过令第一隔磁桥的最小宽度大于转子冲片的厚度，从而可以防止呈梯形的第一隔磁桥的任一部位过薄而出现断裂，从而提高了转子冲片1的强度，提高转子冲片1的使用可靠性。

[0121] 实施例四

[0122] 与上述实施例不同的是，本实施例在考虑到转子冲片1的漏磁问题上，对转子冲片的结构进一步改进，如图1至图4所示，具体地，转子冲片1还包括气隙槽14，气隙槽14设置在冲片本体10上并位于两个第一槽端122a之间。

[0123] 在该实施例中，两个第二磁体槽122的第一槽端122a之间还设有气隙槽14，当多个磁体槽120布置在冲片本体10上时，位于两个第二磁体槽122的第一槽端122a之间的部分冲片本体10构成隔磁桥101，而隔磁桥101的宽度较大，漏磁情况较为严重。本实用新型的一个实施例中将气隙槽14设置在两个第一槽端122a之间，从而可以减小位于两个第一槽端122a之间隔磁桥101的宽度，进而可以有效降低漏磁，提高具有该转子冲片1的电机的功率密度。

[0124] 进一步地，如图4所示，气隙槽14沿冲片本体10的径向延伸，即气隙槽14沿轴孔11的径向延伸。通过增加气隙槽14的径向长度，可以减小两个磁体槽120之间隔磁桥101的宽度，有效降低漏磁。

[0125] 此外，通过在两个第二磁体槽122的第一槽端122a设置气隙槽14，从而在两个第一槽端122a之间形成双磁桥结构，从而有利于减小两个第二磁体槽122内放置的永磁体20的端部漏磁现象，提升永磁体20的利用率，同时，该双磁桥结构设计可以共同承受应力，进一步加强转子冲片1的机械强度，避免电机在高速运行时，由于内部应力作用而导致转子冲片1损坏问题。提升转子冲片1的机械强度，从而使得电机的峰值转速能进一步增加，有利于提高电机的功率密度。

[0126] 进一步地，如图3所示，位于气隙槽14与第一槽端122a之间的部分冲片本体10构成隔磁桥101，隔磁桥101的宽度W3大于等于0.5mm，小于等于2.7mm。

[0127] 在该实施例中，位于气隙槽14与第一槽端122a之间的部分冲片本体10构成隔磁桥101，由于第一槽端122a具有两个，则气隙槽14与相邻的两个第一槽端122a可以形成两个隔磁桥101，隔磁桥101的宽度均满足上述关系。当然，两个隔磁桥101的宽度可以相同，也可以不相同，只要满足上述关系式即可。

[0128] 进一步地，冲片本体10的半径为r，气隙槽14包括远离轴孔11的气隙壁141，气隙壁141与冲片本体10的外边沿之间的垂直距离的最小值为H1，其中，$H1 \leqslant 1.1\times(r-r\times\cos\frac{\theta 1}{4})+L2\times\cos\frac{\theta 2}{4}$。

[0129] 在该实施例中，冲片本体10的半径为r，值得说明的是，这里的半径是指冲片本体10的外周沿所在圆的半径。气隙槽14包括远离轴孔11的气隙壁141，气隙壁141与冲片本体10的外边沿之间的垂直距离的最小值为H1，换而言之，靠近气隙壁141的部分冲片本体10的外边沿为第一边沿，那么H1则为气隙壁141与第一边沿之间的垂直距离。当H1的取值与夹角θ1、夹角θ2、第二磁体槽122的槽口宽度L2以及冲片本体10的半径r相配时，即满足上述关系式，则气隙槽14的设置位置可以进一步优化冲片本体10上的应力分布，在加强转子冲片1的机械强度，避免电机在高速运行时，由于内部应力作用而导致转子冲片1损坏问题，提升转子冲片1的机械强度，从而使得电机的峰值转速能进一步增加，有利于提高电机的功率密度。

[0130] 实施例五

[0131] 与上述实施例不同的是，本实施例的转子冲片1上的安装部12还包括辅助槽123，如图1和图3所示，辅助槽123冲片本体10的外边沿的一部分朝向轴孔11凹陷以构成辅助槽123。

[0132] 在该实施例中，冲片本体10的外边沿的一部分朝向轴孔11凹陷以构成辅助槽123，辅助槽123能够有效地降低电机气隙磁场中的谐波含量，从而提高气隙磁密波形的正弦度，改善电机的转矩脉动，降低谐波带来的径向力，降低电机的运行噪音，改善电机的振动噪声，从而提高用户的使用舒适度。此外，本实用新型通过在转子冲片1上设置凹陷的辅助槽123，也能够对电机的空载反电势波形和径向力进行部分调整，降低电机最大空载线反电势。值得说明的是，电机的转矩脉动很大程度上取决于气隙磁场的非正弦，气隙磁场中的谐波含量越高，电机的输出转矩波形越差，脉动越大，振动噪声越大。

[0133] 进一步地，如图3所示，辅助槽123的数量为多个，多个辅助槽123间隔布置，多个辅助槽123沿中心面对称设置。

[0134] 在该实施例中，每个安装部12上可以设置多个辅助槽123，譬如每个安装部12上可以设置4个辅助槽123，多个辅助槽123间隔布置在冲片本体10上。当电机的极对数为p时，则安装部12的数量为2p个，则在每个安装部12上均可以设置多个辅助槽123。每个安装部12上的多个辅助槽123沿中心面对称设置，辅助槽123的数量至少为两个，成对设置。

[0135] 进一步地，如图3所示，辅助槽123为弧形槽。辅助槽123的槽深大于等于0.1mm，小于等于0.9mm。

[0136] 在该实施例中，辅助槽123为弧形槽，具体地，辅助槽123的槽底为圆弧型。进一步地，辅助槽123的槽深满足上述关系式，从而可以令辅助槽123的体积较小，避免辅助槽123对冲片本体10外边沿的形状造成较大改变。

[0137] 值得说明的是，如图3所示，多个辅助槽123包括两个内辅槽和两个外辅槽，两个内辅槽沿中心面对称设置，大小尺寸相同，两个内辅槽位于两个隔磁槽13限定的冲片本体10的外边沿之间。两个外辅槽沿中心面对称设置，大小尺寸相同，两个外辅槽位于两个第二磁体槽122和第一磁体槽121限定的冲片本体10的外边沿上。通过多个辅助槽123的设计，从而达到不均匀气隙的效果，优化气隙磁密波形，提高气隙的磁场薄型的正弦性。

[0138] 实施例六

[0139] 根据本实用新型的第二个方面，如图5所示，提供了一种转子铁芯2，包括上述任一实施例中所提供的转子冲片1。

[0140] 本实用新型提供的转子铁芯2，包括上述任一实施例所提供的转子冲片1，因此具有该转子冲片1的全部有益效果，在此不再赘述。

[0141] 根据本实用新型的第三个方面，提供了一种转子3，包括上述任一实施例中所提供的转子铁芯2。

[0142] 本实用新型提供的转子3，包括上述任一实施例所提供的转子铁芯2，因此具有该转子铁芯2的全部有益效果，在此不再赘述。

[0143] 进一步地，至少一个转子铁芯2中每一个转子铁芯2的多个转子冲片1的磁体槽120沿转子铁芯2的轴向贯通以形成插槽。转子3还包括多个永磁体20，多个永磁体20一一对应设置在多个插槽中。

[0144] 在一种可能的实施例中，进一步地，转子铁芯2的数量为多个，多个转子铁芯2沿轴向堆叠。即多个转子铁芯2在垂直于转子冲片1本体的方向上依次叠压形成转子3。同一个转子铁芯2上所有转子冲片1的圆周向轮廓完全重叠，此种层叠组装设计能够降低转子铁芯2中的涡流损耗。由于构成每一个转子铁芯2的转子冲片1上均设有多个磁体槽120，在同一个转子铁芯2上，同一位置处的磁体槽120沿轴向重叠贯通。在转子3中，每一极下的多个磁体槽120能够形成一个安装部12，每一个安装部12中磁体槽120内装配的永磁体20的极性相同。逆时针看，每一极的永磁体20极性交替均匀分布，将永磁体20安装到转子铁芯2中的磁体槽120内，就可以构成内部有永磁体20的转子铁芯2，这可以减小电机在运行过程中由于涡流效应导致的发热情况。

[0145] 进一步地，如图6至图8所示，多个转子铁芯2沿垂直于转子3的中心轴线的基准面对称排布，多个转子铁芯2中任意两个转子铁芯2之间的最大相对旋转角度α1，其中，$\frac{360°}{N\times Z}\leqslant\alpha1\leqslant\frac{2.4\times360°\times(\frac{N}{2}-1)}{N\times Z}$，N为转子铁芯2的数量，Z为电机中定子槽的数量。通过采用该设计的相对旋转角度α1，同时令转子冲片1的θ1和θ2的角度满足前述关系式，则可在保证电机输出转矩的同时，最大程度地降低永磁体20的端部漏磁，提高永磁体20的利用率，削弱齿槽转矩，减小电机转矩脉动，同时改善气隙磁场分布，降低气隙磁场的畸变率，使得空载反电势波形分布更加正弦。除此之外，θ1和α1的取值是影响电机气隙磁场分布的关键因素，电机的转矩波形和空载反电势波形很大程度上取决于气隙磁场的分布。其中，气隙磁场中的5、7次谐波会带来6倍频的转矩脉动，这是造成转矩波动的主要原因。然而气隙磁场中的7、11、13、23、25次谐波也会导致电机的空载反电势波形畸变严重，带来最大空载线反电势峰值过高的问题，超过电机控制器许可范围，同时谐波过大还会带来电机振动噪声过大、损耗增加，效率降低及温升问题，从而直接降低电机的性能。然而本实用新型的一个设计中通过对θ1和α1做上述数值匹配，从而可在保证电机输出转矩的基础上，有效改善气隙磁场正弦度，减小谐波，改善振动噪音问题，降低最大空载线反电势峰值、削弱电机转矩脉动，提高电机效率，从而能够实现高性能的电机设计。

[0146] 如图8和图9所示，转子3由5个转子铁芯2构成，且5个转子铁芯沿垂直于中心轴线R的基准面对称。

[0147] 进一步地，多个转子铁芯2沿垂直于转子3的中心轴线的基准面不对称，多个转子铁芯2中任意两个转子铁芯2之间的最大相对旋转角度为α2，其中，

$\frac{0.9\times360°\times(N-1)}{N\times Z}\leqslant\alpha2\leqslant\frac{1.1\times360°\times(N-1)}{N\times Z}$。通过采用该设计的相对旋转角度α2，同时令转子冲片1的θ1和θ2的角度满足前述关系式，则可在保证电机输出转矩的同时，最大程度地降低永磁体20的端部漏磁，提高永磁体20的利用率，削弱齿槽转矩，减小电机转矩脉动，同时改善气隙磁场分布，降低气隙磁场的畸变率，使得空载反电势波形分布更加正弦。如图10和图11所示，转子3由6个转子铁芯2构成，且6个转子铁芯沿垂直于中心轴线R的基准面不对称。除此之外，θ1和α2的取值是影响电机气隙磁场分布的关键因素，电机的转矩波形和空载反电势波形很大程度上取决于气隙磁场的分布。其中，气隙磁场中的5、7次谐波会带来6倍频的转矩脉动，这是造成转矩波动的主要原因。然而气隙磁场中的7、11、13、23、25次谐波也会导致电机的空载反电势波形畸变严重，带来最大空载线反电势峰值过高的问题，超过电机控制器许可范围，同时谐波过大还会带来电机振动噪声过大、损耗增加，效率降低及温升问题，从而直接降低电机的性能。然而本实用新型的一个设计中通过对θ1和α2做上述数值匹配，从而可在保证电机输出转矩的基础上，有效改善气隙磁场正弦度，减小谐波，改善振动噪音问题，降低最大空载线反电势峰值、削弱电机转矩脉动，提高电机效率，从而能够实现高性能的电机设计。

[0148] 实施例七

[0149] 根据本实用新型的第四个方面，提供了一种电机，包括上述任一实施例中所提供的转子3。

[0150] 本实用新型提供的电机，包括上述任一实施例所提供的转子3，因此具有该转子3的全部有益效果，在此不再赘述。

[0151] 进一步地，电机包括定子，定子构造形成装配腔，转子3设置在装配腔内。

[0152] 在该实施例中，电机包括定子，定子具有装配腔，转子3设置在装配腔内，并且能够相对于定子转动。

[0153] 具体地，以一台8极48槽的电机为例，即p＝4，Z＝48，N＝4，采用如图6中的4个转子铁芯2对称式结构。当θ1满足$0.78\times\frac{90°}{p}\leqslant\theta1\leqslant0.9\times\frac{90°}{p}$，即$0.78\leqslant\frac{2\theta1\times2p}{360°}\leqslant0.9$时，令β为$\frac{2\theta1\times2p}{360°}$，则β的取值范围为0.78°≤β≤0.9°。如图12和图13所示的关于电机的转矩脉动率和最大空载线反电势幅值随β和斜极角度(转子铁芯之间相对最大旋转角度α1)变化时的变化曲线，β的取值为0.78、0.8、0.82、0.84、0.86、0.88、0.9时，最大斜极角度α1的取值范围为0.45°≤α1≤4.95°，当α1在上述范围内变化时，对应任一β的取值，可以看出在当α1在1.875°≤α1≤4.5°的角度范围内时，电机的最大空载线反电势幅值和转矩脉动率均处于最优水平。

[0154] 进一步地，转子铁芯相对最大斜极角度的取值范围为1.875°≤α1≤4.5°，在取值范围内合理选定θ1和最大旋转角度α1的组合。譬如，本实施例中给定β＝0.87，转子铁芯之间相对最大旋转角度为3.875°，由下表1、图14和图15可知，与初始设计相比，在保证电机最大空载线反电势有效值不变的情况下，有效降低了最大空载线反电势幅值，改善波形畸变率，有效削弱了电机的转矩脉动，改善了电机性能。值得说明的是，图14和图15中所提及的电角度＝电机极对数*机械角度。即电机每转过360°电角度，电机的反电势变化一个周期。

[0155] 表1

[0156]

/	初始方案	优化后
最大空载线反电势有效值(V)	485.46	484.97
最大空载线反电势有幅值(V)	696.73	621.45
波形畸变率(%)	15.2%	2.3%
转矩脉动率(%)	17.6%	5.8%

[0157] 实施例八

[0158] 根据本实用新型的第五个方面，提供了一种车辆，包括上述任一实施例中所提供的电机。

[0159] 本实用新型提供的车辆，包括上述任一实施例所提供的电机，因此具有该电机的全部有益效果，在此不再赘述。

[0160] 值得说明的是，车辆可以为新能源汽车。新能源汽车包括纯电动汽车、增程式电动汽车、混合动力汽车、燃料电池电动汽车、氢发动机汽车等。

[0161] 进一步地，上述任一实施例所提供的电机可以作为车辆的驱动电机。具体地，驱动电机能够单独实现车辆的功能装置启动。或者，驱动电机可以与车辆上的其他驱动装置共同配合以实现车辆上的功能装置正常运行。其中，车辆的功能装置可以为以下任一或任意组合：车轮、空调器、灯光组件等。

[0162] 进一步地，车辆包括车体，电机安装在车体内。

[0163] 在本实用新型中，术语“多个”则指两个或两个以上，除非另有明确的限定。术语“安装”、“相连”、“连接”、“固定”等术语均应做广义理解，例如，“连接”可以是固定连接，也可以是可拆卸连接，或一体地连接；“相连”可以是直接相连，也可以通过中间媒介间接相连。对于本领域的普通技术人员而言，可以根据具体情况理解上述术语在本实用新型中的具体含义。

[0164] 在本说明书的描述中，术语“一个实施例”、“一些实施例”、“具体实施例”等的描述意指结合该实施例或示例描述的具体特征、结构、材料或特点包含于本实用新型的至少一个实施例或示例中。在本说明书中，对上述术语的示意性表述不一定指的是相同的实施例或实例。而且，描述的具体特征、结构、材料或特点可以在任何的一个或多个实施例或示例中以合适的方式结合。

[0165] 以上所述仅为本实用新型的优选实施例而已，并不用于限制本实用新型，对于本领域的技术人员来说，本实用新型可以有各种更改和变化。凡在本实用新型的精神和原则之内，所作的任何修改、等同替换、改进等，均应包含在本实用新型的保护范围之内。

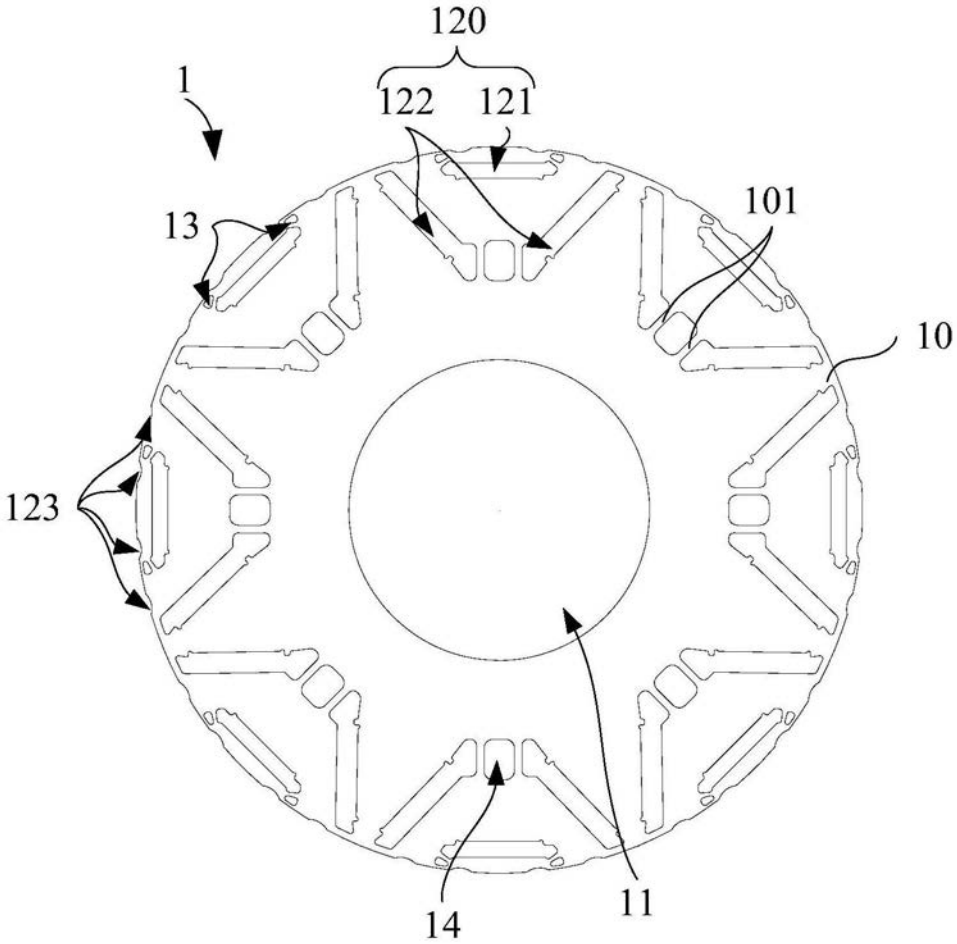


图1

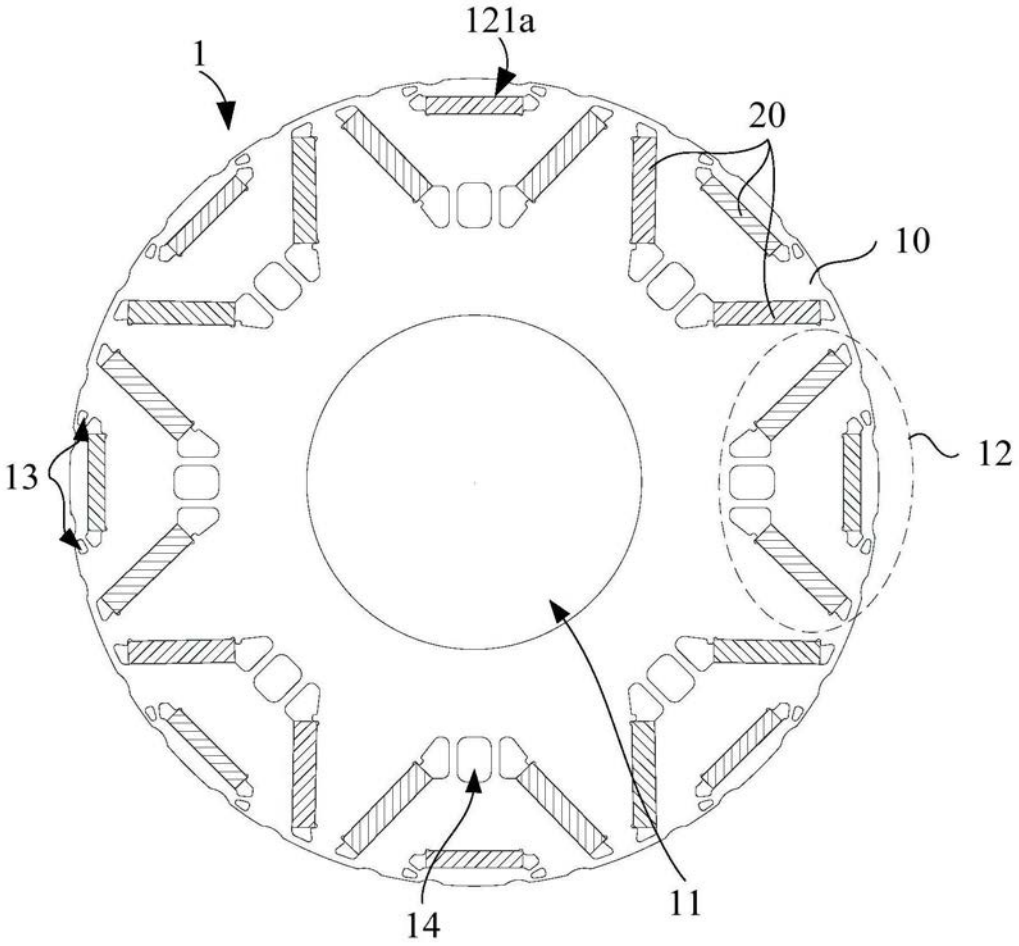


图2

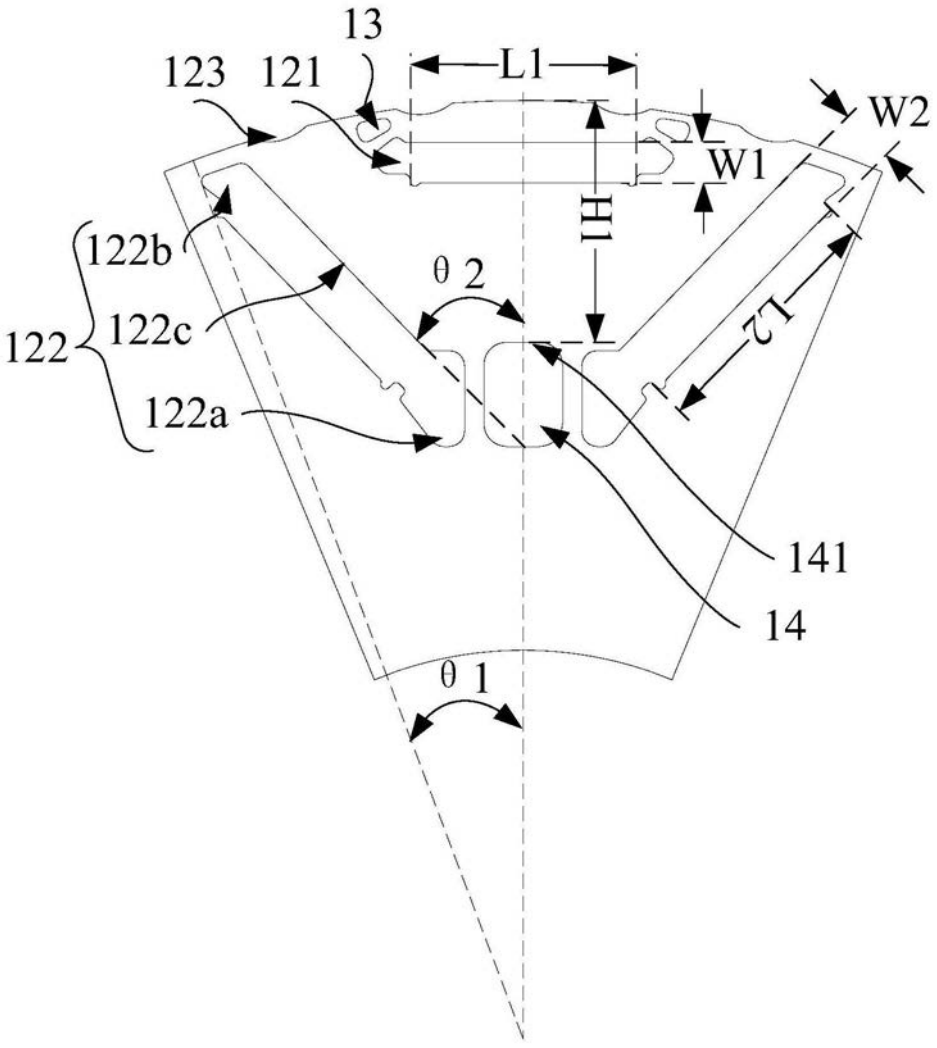


图3

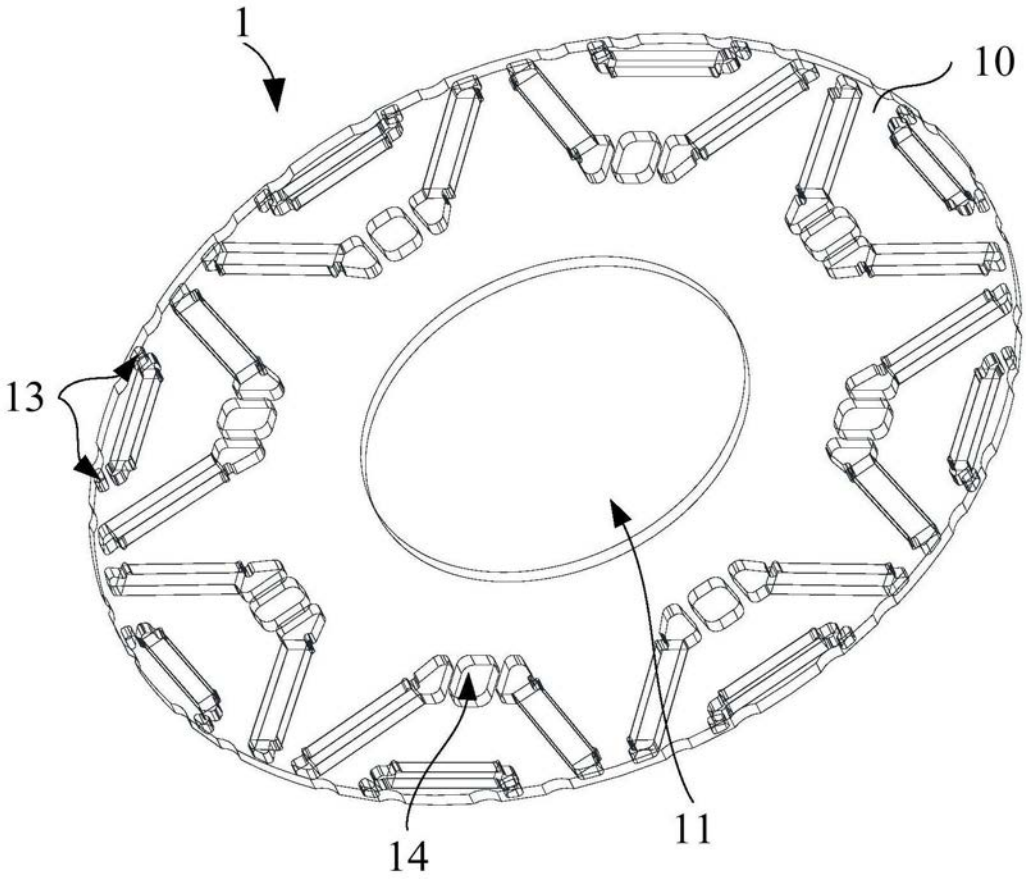


图4

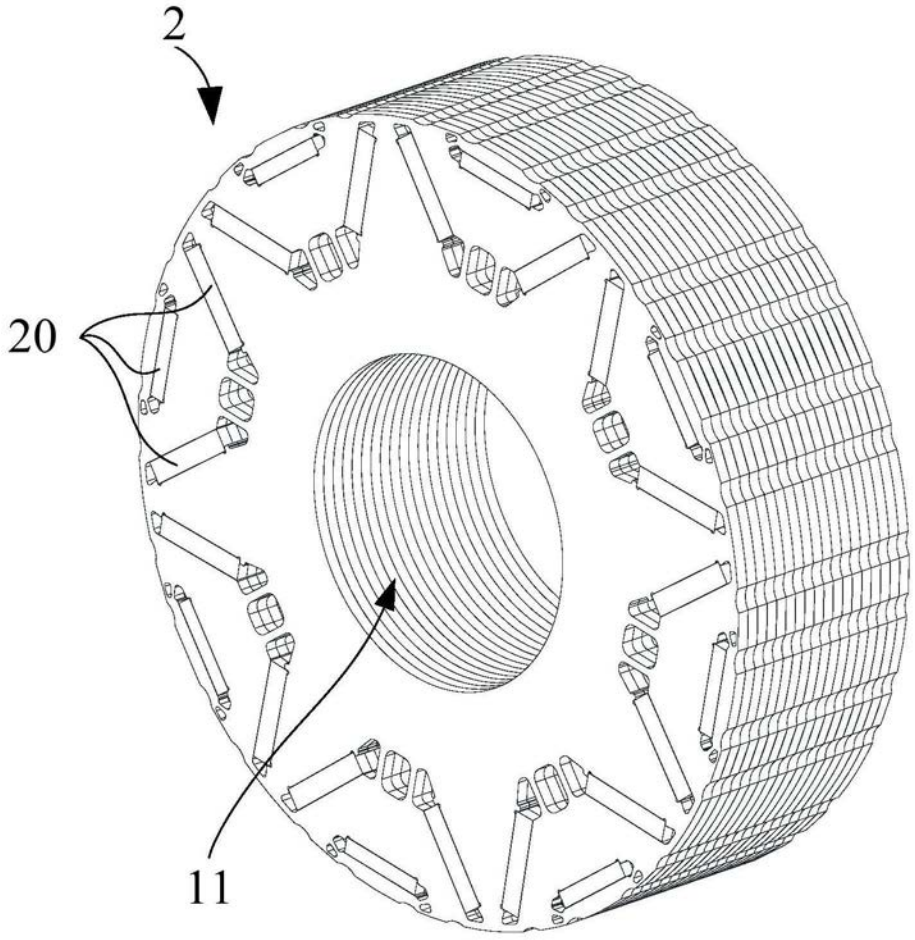


图5

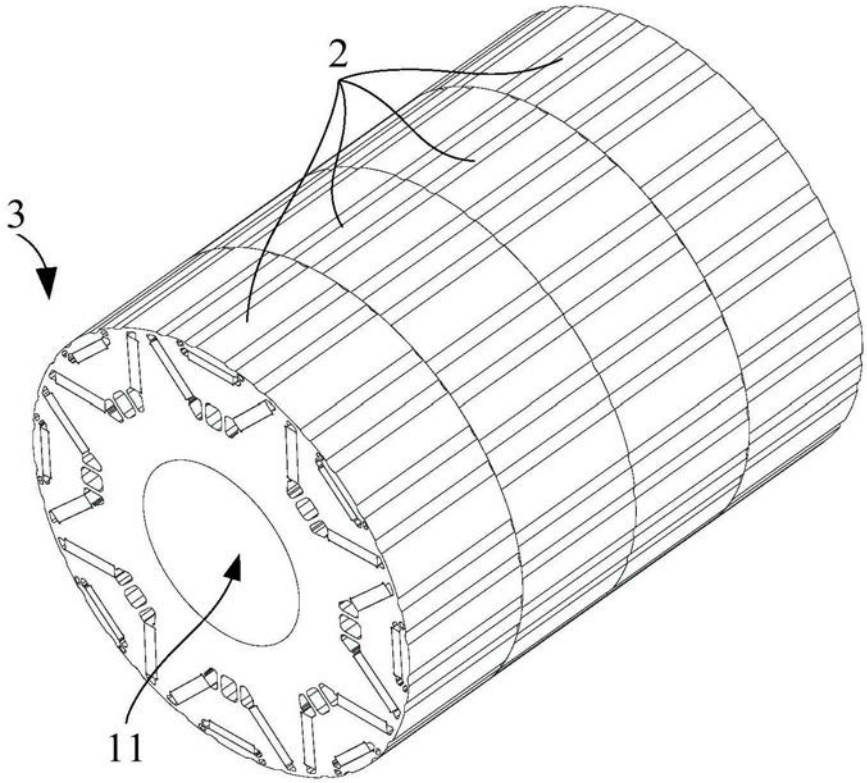


图6

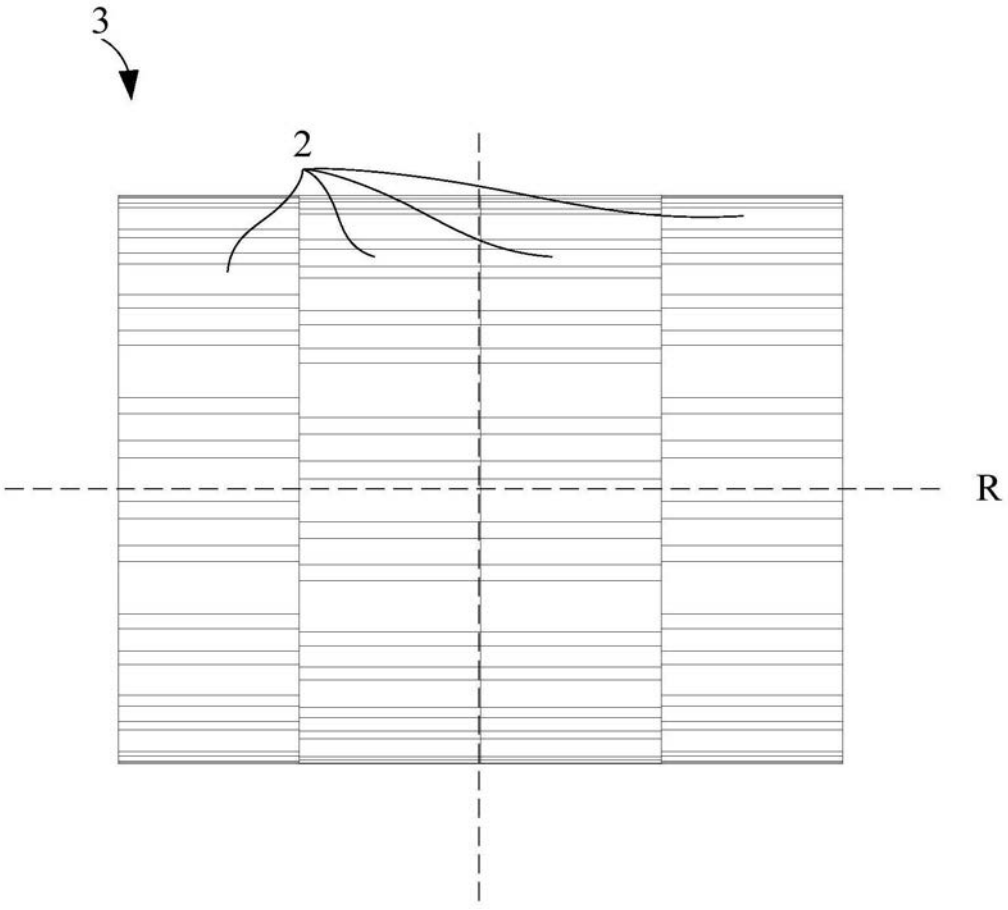


图7

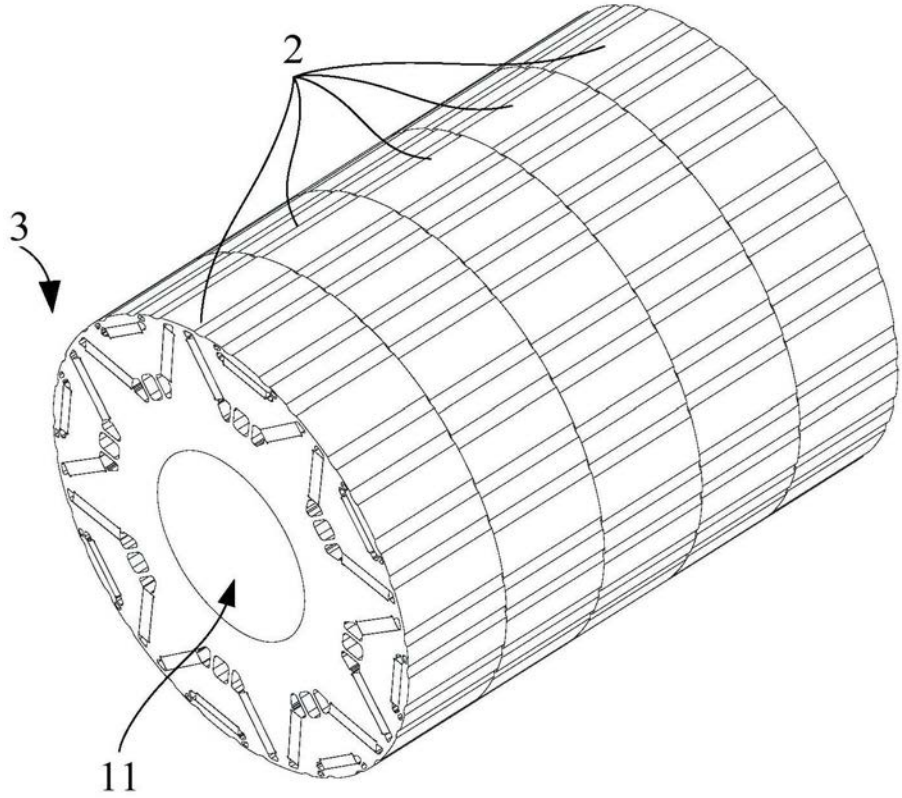


图8

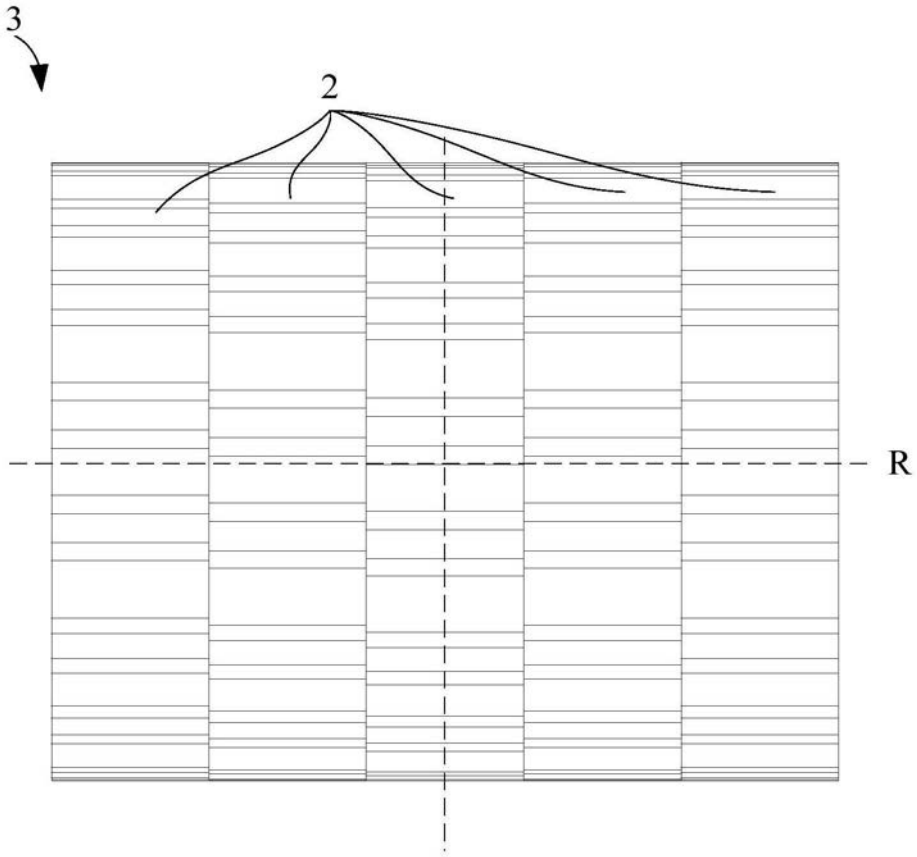


图9

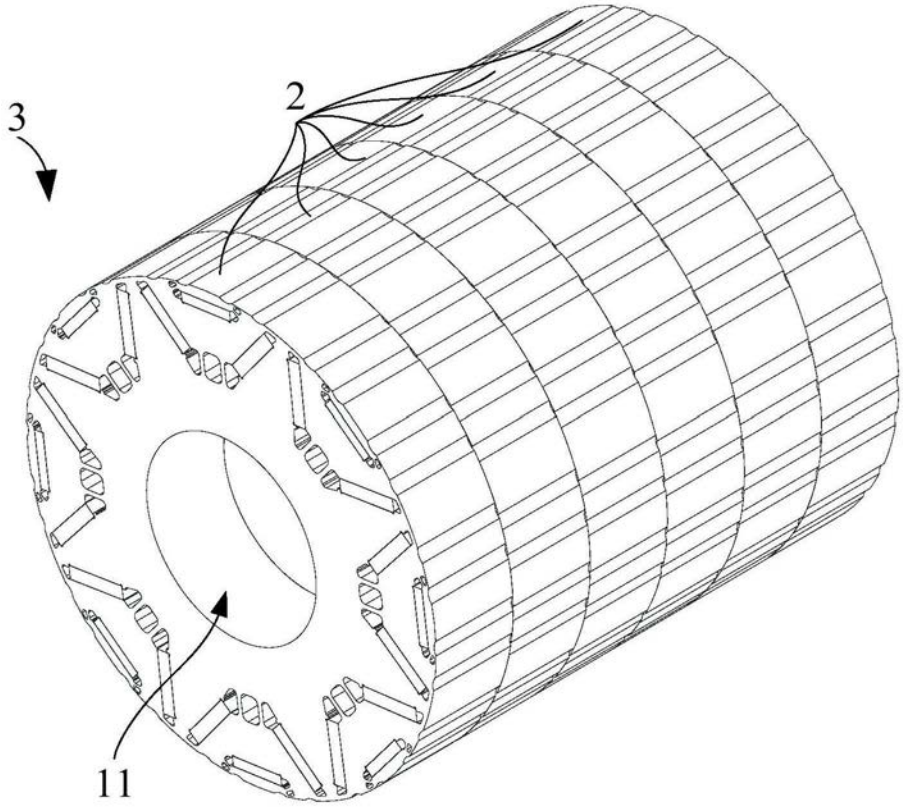


图10

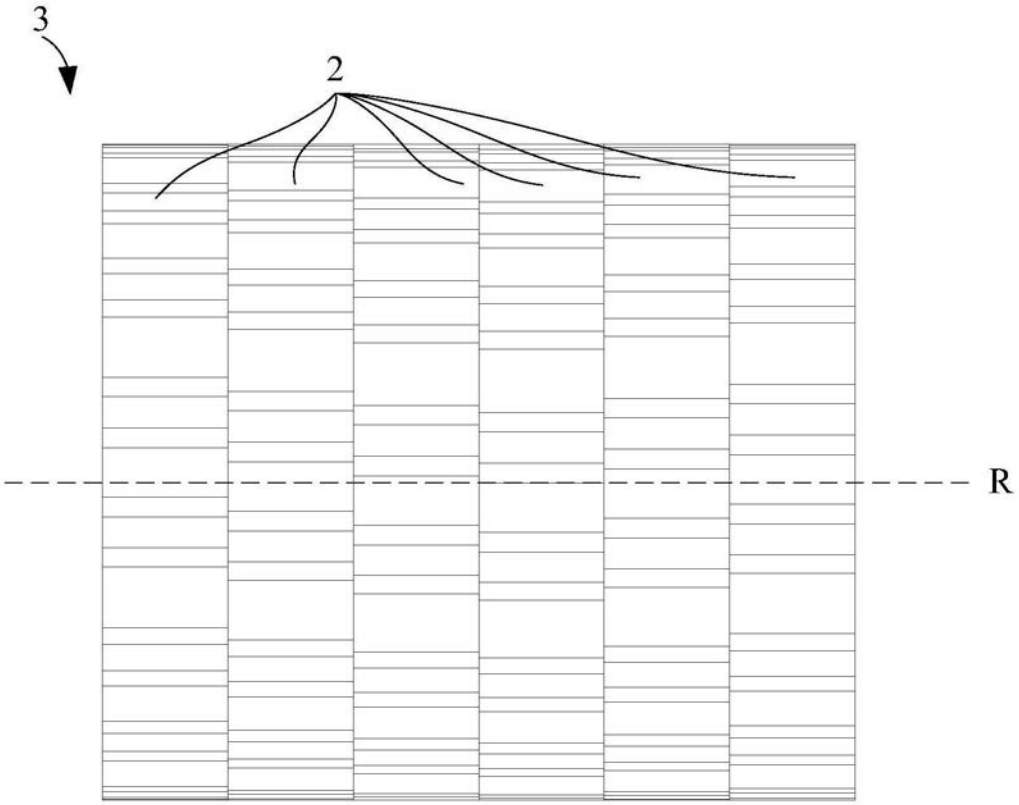

3
2
R

图11

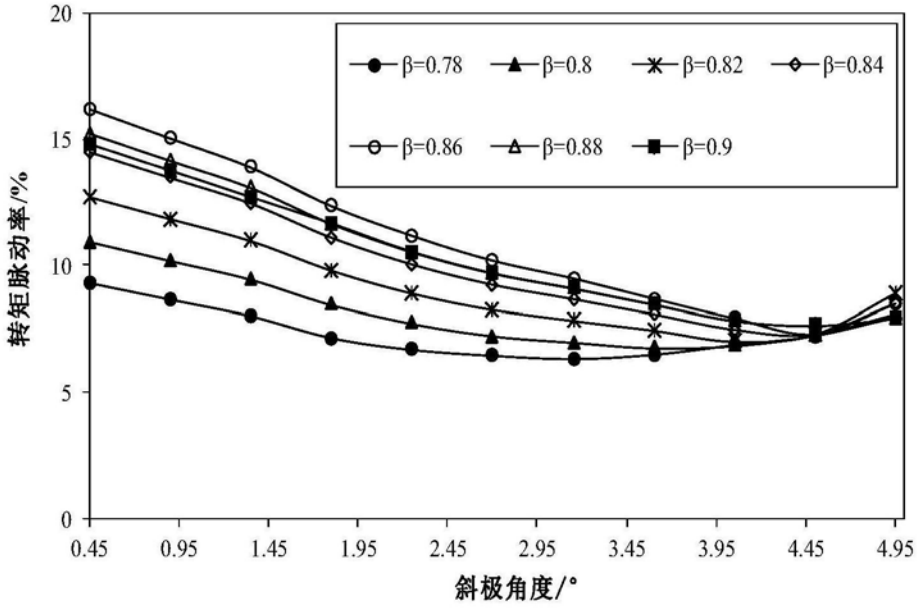

β=0.78
β=0.8
β=0.82
β=0.84
β=0.86
β=0.88
β=0.9
转矩脉动率/%
斜极角度/°
0
5
10
15
20
0.45
0.95
1.45
1.95
2.45
2.95
3.45
3.95
4.45
4.95

图12

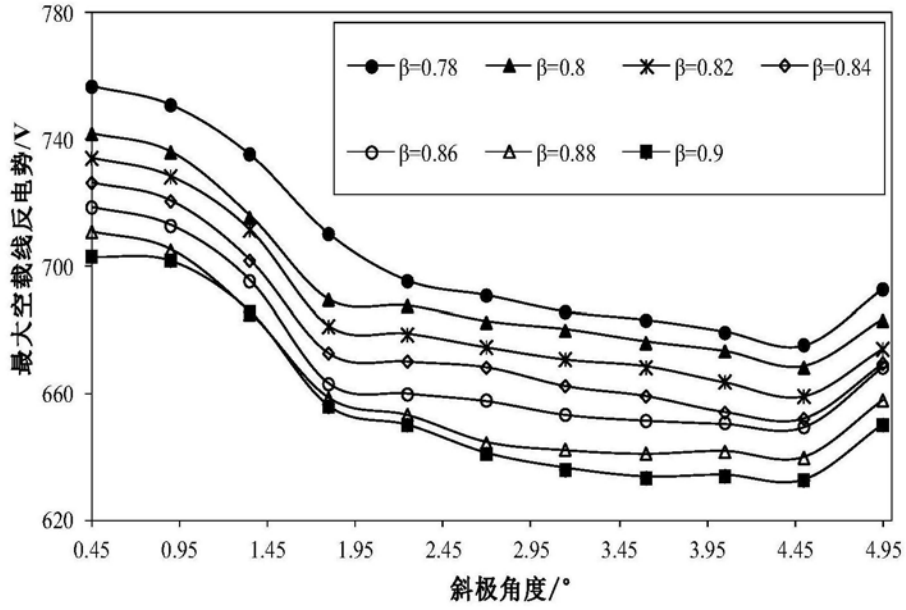

780
740
700
660
620
最大空载线反电势/V
β=0.78
β=0.8
β=0.82
β=0.84
β=0.86
β=0.88
β=0.9
0.45
0.95
1.45
1.95
2.45
2.95
3.45
3.95
4.45
4.95
斜极角度/°

图13

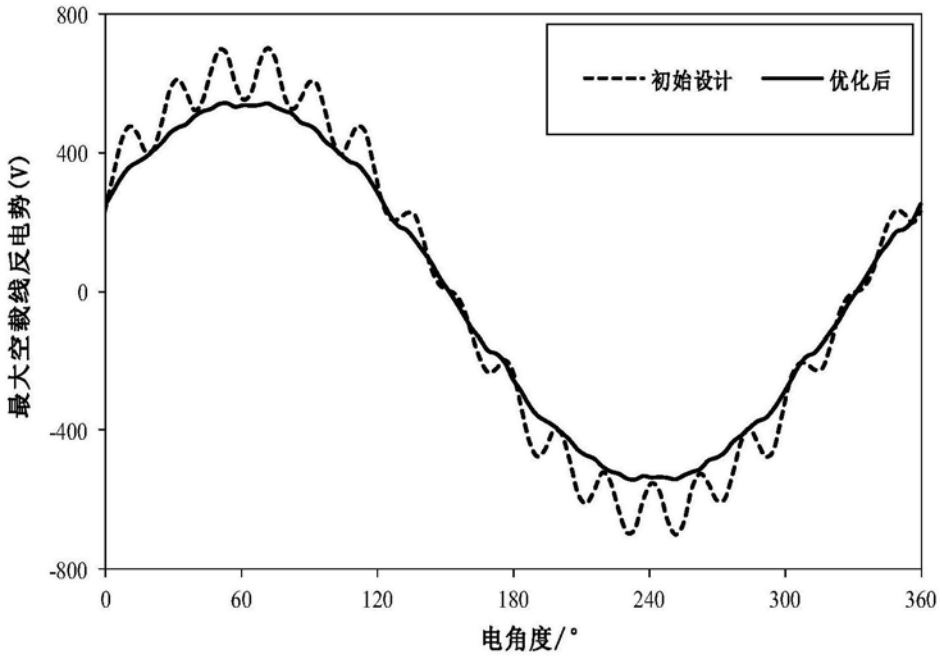

800
400
0
-400
-800
最大空载线反电势(V)
初始设计
优化后
0
60
120
180
240
300
360
电角度/°

图14

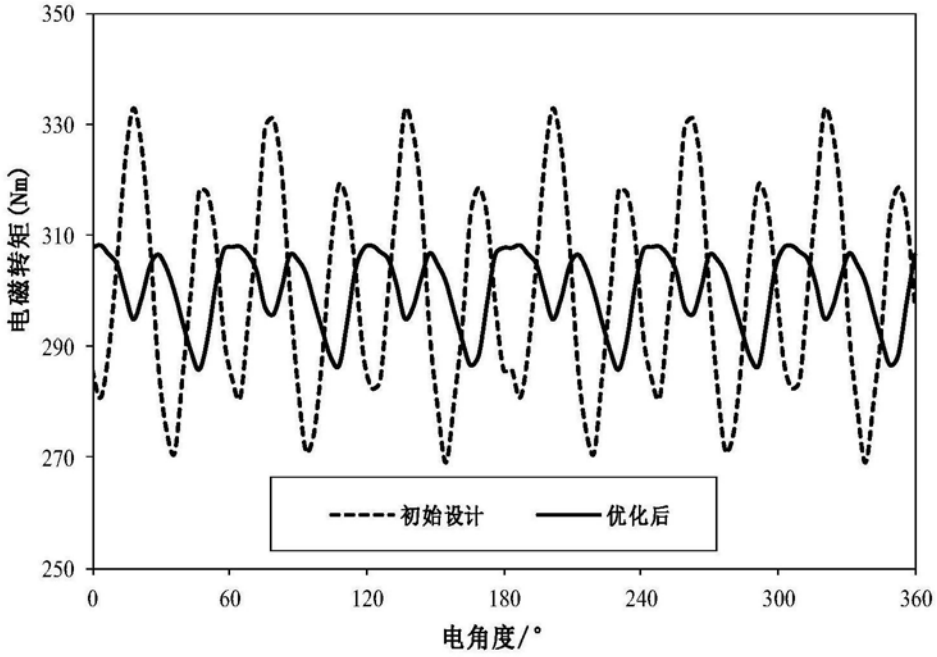

350
330
310
290
270
250
电磁转矩(Nm)
0
60
120
180
240
300
360
电角度/°
初始设计
优化后

图15