

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

H02K 1/27 (2006.01)

H02K 15/03 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200610145556.5

[43] 公开日 2007年7月25日

[11] 公开号 CN 101005219A

[22] 申请日 2006.11.22

[21] 申请号 200610145556.5

[71] 申请人 北京世纪乐华技术有限公司

地址 100052 北京市宣武区宣武门外大街 92 号 512 号

共同申请人 吴伟康

[72] 发明人 吴伟康

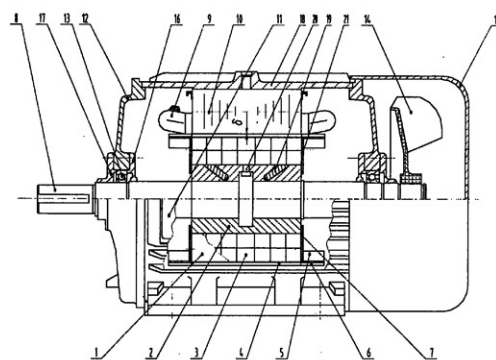
权利要求书 2 页 说明书 7 页 附图 11 页

[54] 发明名称

永磁同步电动机

[57] 摘要

永磁同步电动机，属于电动机领域。稀土永磁电动机采用开槽实心磁极和外延伸复式启动笼；大极弧的磁极铁心；大的均匀气隙或非均匀气隙；小矩形块永磁体埋入槽中。本发明的基本系列永磁同步电动机解决了常规叠片磁极永磁电动机启动困难，启动转矩倍数小的技术难题，其启动转矩倍数明显提高，为 2.2~3.7，而异步电机为 1.8~2.0。高启动转矩倍数，可以解决大马拉小车现象，一般可以提高一个容量等级。例如可以用 22kW 永磁电动机代替 30kW 系列异步电动机，其节电效果格外显著。同时，本发明的基本系列永磁同步电动机的启动电流倍数为 5~7 倍，小于等于同容量异步机启动电流倍数。其启动性能良好，启动时间短，启动全过程没有严重的振动现象。而且本发明的基本系列永磁同步电动机克服了钕铁硼永磁电动机易退磁的难题。



总装配纵剖面图

1、一种永磁同步电动机，包括定子，转子以及外壳，定子和外壳固定安装，定子包括定子线圈和定子铁芯，转子通过旋转轴和轴承安装在外壳上，转子包括转子铁芯、隔磁环、启动笼和永磁体，其特征在于：
转子铁芯为扇形，铁芯之间开有纵向磁钢槽，槽内安装矩形永磁体；
转子永磁体的永磁材料为稀土钕铁硼永磁材料；
扇形铁心与转轴间有隔磁环；
转子扇形铁芯中央开有纵向槽，该槽中布置有铜片，铜片延伸出转子端面；
转子磁钢槽有槽楔，槽楔延伸出转子端面；
转子端面具有屏蔽端环；
所述屏蔽端环、槽楔和铜片焊接在一起，构成复式启动笼。

2、如权利要求1的永磁同步电动机，其特征在于，转子磁极铁芯通过隔磁环安装在旋转轴上。

3、如权利要求1或2所述的永磁同步电动机，其特征在于，所述隔磁环材料为优质硬铝合金，如LY12。

4、如权利要求1或2任一所述的永磁同步电动机，其特征在于，转子磁极铁芯的材料为10号、15号、20号低碳钢或电工纯铁。

5、如权利要求1任一所述的中小容量永磁同步电动机，其特征在于，定子铁芯内径和转子铁芯外径之间为较大均匀气隙，气隙长度约为同容量规格Y系列异步电机气隙的3.5-5.5倍。

6、如权利要求1任一所述的大容量永磁同步电动机，其特征在于，定子铁芯内径和转子铁芯外径之间为不均匀气隙。

7、如权利要求6的永磁同步电动机，其特征在于，所述不均匀气隙的最大气隙和最小气隙比为1.4-1.5，其最小气隙长度约为同容量规格Y系列异步电机气隙的3.0-5.5倍。

8、如权利要求1任一所述的永磁同步电动机，其特征在于，永磁材料为钕铁硼磁钢。

9、如权利要求8任一所述的永磁同步电动机，其特征在于，中小型永磁同步电动机永磁材料为35TH或35UH；大型永磁同步电动机永磁材料为35EH的钕铁硼磁钢。

10、如权利要求8任一所述的永磁同步电动机，其特征在于，所述钕铁硼磁钢为矩形，其边长和充磁方向厚度的比小于等于2.5，而且充磁方向的厚度应保证永磁同步电动机处于最大转矩工况时，磁钢的工作点 $b \geq 0.65$ 。

11、如权利要求8任一所述的永磁同步电动机，其特征在于，所述钕铁硼磁钢的充磁面为正方形，或者为接近正方形的矩形。

12、如权利要求8任一所述的永磁同步电动机，其特征在于，所述永磁材料是由多块钕铁硼磁钢按一定顺序排列构成的，并且可以根据电机反电势调整永磁体的数量，使得电机反电势接近电网供电电压。

13、如权利要求1任一所述的永磁同步电动机，其特征在于，在铁芯的极弧中央开有一道纵向槽，另外，对于大型永磁同步电动机，还在中央纵向槽的两侧各开一道纵向槽。

14、如权利要求13任一所述的永磁同步电动机，其特征在于铁芯极弧中央纵向槽两侧的槽比中央纵向槽浅，并且为空槽。

15、如权利要求1任一所述的永磁同步电动机，其特征在于，该电机采用宽极弧，极弧系数为0.8-0.85。

16、如权利要求1任一所述的永磁同步电动机，其特征在于，所述铜片材料为黄铜或紫铜。

17、如权利要求1任一所述的永磁同步电动机，其特征在于，所述磁钢槽的槽楔为鹤尾形槽楔，槽楔材料为黄铜。

18、如权利要求1任一所述的永磁同步电动机，其特征在于，所述屏蔽端环材料为紫铜。

永磁同步电动机

所属技术领域

本发明涉及一种永磁同步电动机，特别涉及一种稀土钕铁硼励磁的永磁同步电动机，其功率范围涵盖了六极5.5kw到315kw各个规格。

背景技术

目前工业领域多采用 Y 系列异步电动机，存在着效率较低，功率因数差，启动转矩倍数低，严重浪费能源的现象。而近年来研制成功的各种稀土永磁同步电动机，包括使用常规叠片磁极转子和实心磁极转子的永磁同步电动机，总的来讲仍存在启动力矩偏小这一难题，启动转矩倍数只有 2.2~2.7 倍，而启动电流倍数却高达 7~9 倍。大多未达到所期望高效电机的水平。

此外，目前许多类型的永磁电动机在工业运行不久后便会产生因磁钢退磁引起电机总体性能下降的现象。

发明内容

本项发明提供了一种新型的实心转子磁极铁心结构，其创新的技术措施、产生的效果及其原理如下：

一、为了加大电动机的启动力矩，实现重新启动的目的，采用了以下技术措施：

1、选定磁极铁心的材料：经对多种材料进行试验比对，确定采用 10# 低碳钢或电工纯铁做成磁极铁心，此类材料电阻率较小，启动瞬间，磁极铁心的集肤效应更明显，集肤表层比较薄，表层电阻大，异步启动转矩也较大。

2、开槽实心磁极：在极弧中央（即每块实心磁极铁心的轴向正中央）开一道径向小槽，此措施使横轴同步电抗 X_q 接近于纵轴同步电抗 X_d ，使启动转矩曲线不致严重下凹，启动比较平滑，也减轻启动过程的振动现象；对于大容量的永磁电动机（120—315 kw），在中央小槽的两侧各增加一道

浅槽，此槽为空槽，该浅槽在启动时加长了集肤效应层长度，转子表面电阻加大，可进一步增大启动力矩，启动完毕后，此空槽作为通风道，还可以改善永磁电动机轴向通风效果。

3、采用大极弧磁极铁心：一般永磁电动机极弧系数 $\alpha = 0.7 \sim 0.75$ ，本发明的永磁同步电动机采用宽极弧系数 $\alpha = 0.8 \sim 0.85$ ，显然，启动时参与启动的转子磁极铁心面积有所增加，启动力矩大约可增大 10%。

4、采用外延伸复式启动笼与磁极铁心一体化结构：外延伸复式启动笼由磁钢槽楔、屏蔽端环和小槽铜板三个部分组成。结构如图五

梯形磁钢槽楔采用黄铜制成，厚度为 5~8 mm，嵌入磁极铁心之间的磁钢槽口中，并自转子两端面沿轴向向外延伸 30~55 mm；小槽铜板采用黄铜制成，厚度为 1.5~4 mm，宽度为 22~40 mm，嵌入磁极铁心中央小槽中，与槽楔同样自转子两端面沿轴向向外延伸 30~55mm；屏蔽端环采用紫铜制成，厚度为 3~5 mm，宽度为 30~55 mm，置于转子的两端，与轴向向外延伸的槽楔及小槽铜板的两头焊接牢固，构成复式启动笼。

由于转子的启动笼和磁极铁心是一体化结构，因此与转子外延伸复式启动笼结构相对应各型号电动机的实心转子磁极铁心经过严格的、反复验证的优化设计，确定其长度为 181mm—553mm，内径为 82mm—272.8mm 外径为 145.6mm—451.6mm。

二、在加大电动机的启动力矩，实现重启动的同时，防止永磁材料退磁导致电机性能降低，采用以下技术措施：

永磁体退磁的主要原因主要有：1、电机在运行中产生的高温超过永磁体的抗高温能力；2、因强电流产生去磁磁场的影响，因此在采用了以下各项技术措施后，本发明的永磁电动机不会发生因永磁体退磁而导致电机性能明显下降的现象。

1、采用定子铁心内径与转子铁心外径之间的大均匀气隙和非均匀气隙技术，保证气隙磁场基本为正弦波，从而减小了谐波转矩和谐波损耗，有效降低电机运行时产生的附加损耗，降低了电枢反应的去磁强度。

对于 5.5~90KW 的永磁电动机，采用均匀气隙，而且为了保证有 2 倍左右的失步力矩，其主气隙 δ 比相同容量的异步电动机要大得多，比一般的稀土永磁同步电动机也都有明显的增大。

对于 120~315KW 大容量永磁电动机，采用非均匀气隙，其最大气隙 δ_m 与最小气隙 δ 之比： $\delta_m / \delta = 1.4 \sim 1.5$ 。

由于大气隙和非均匀气隙会降低电机的启动力矩，因此上述各项增加电机启动力矩的技术措施为大气隙和非均匀气隙提供了技术支持。

2、利用复式启动笼屏蔽端环设计，屏蔽了绕组两端部因强电流而产

生的去磁磁场，防止安装在转子端部的磁钢受到去磁磁场的影响而退磁。

3、本发明的永磁电动机所采用钕铁硼永磁体均为抗高温性能优越、可耐温度达摄氏 150 度以上的高矫顽力的钕铁硼材料，中小型永磁电动机采用永磁钢牌号为 35TH 或 35UH，大型永磁电动机采用永磁钢牌号为 35EH。经实验证明，在电机正常运转的各种工况下，不会产生足于使永磁体退磁的超高温度。

4、一般永磁同步电动机，所采用永磁体的体积和形状大小各异，但都比较大。LH 系列永磁电机采用了小矩形块钕铁硼永磁体，将其按设计好的拼接组装排列方法埋入各个磁极铁心之间的磁钢槽中。小矩形永磁体的尺寸特征优化系数是：矩形块的边长 a 与充磁方向厚度 h 之比， $a/h \leq 2.5$ ，而且，永磁钢的充磁面优选正方形。此举可保证钕铁硼永磁体具有比较小的温度系数，

三、为降低电机的运行电流，提高其节电效果，采用以下的技术措施：

由于采用了小矩形块钕铁硼永磁体，因此可以通过适当增减永磁体的块数的办法来调节永磁电机转子的磁场强度，使永磁电动机的反电势接近于供电电网的电压，即 $E=1.0-1.02U_n$ ，使永磁电动机运行时的空载电流最小，获得最佳的节电效果。

创新技术的效果综述

由于采用上述一系列创新技术措施，本发明的永磁同步电动机具有优越的电气和机械性能，其主要质量指标数据如下：

电机满载时效率为 91.6%~96.1%，比同容量异步电动机高 2.7%~6.5%，轻载时具有平坦的效率曲线，比同容量异步电动机高 25~30%。

电机满载时 $\cos \phi = 0.97 \sim 0.995$ ，而异步机 $\cos \phi = 0.8 \sim 0.9$ ，轻载时具有较平坦的 $\cos \phi$ 曲线。

本发明的系列永磁同步电动机解决了常规叠片磁极永磁电动机启动困难，启动转矩倍数小的技术难题，其启动转矩倍数明显提高，为 2.2~3.7，而异步电机为 1.8~2.0。高启动转矩倍数，可以解决大马拉小车现象，一般可以提高一个容量等级。例如可以用 22kW 永磁电动机代替 30kW Y 系列异步电动机，其节电效果格外显著。同时，本发明的系列永磁同步电动机的启动电流倍数为 5.0~7 倍，小于等于异步机启动电流倍数。其启动性能良好，启动时间短，启动全过程没有严重的振动现象。

综上所述，本发明的永磁同步电动机的功率因素高达 0.97-0.995%，最大限度降低了电枢的基本铜耗；由于采用了大气隙或非均匀气隙，降低了永磁电动机的附加损耗；另外由于采用钕铁硼给转子励磁而使励磁功率将为零，

因此电机可获得最高的效率。

此外，本发明的永磁同步电动机克服了钕铁硼永磁电动机易退磁的难题，保证了电动机长期使用中性能不会降低，同时延长了电动机的使用寿命。

附图说明

图1总装配由五个部套组成，即1定子部套；2转子部套；3是端盖和轴承部套；4是风扇和风扇罩部套；5是接线盒部套。定子部套由10、19和9组成，其中磁极铁心10位于机座19的内腔，磁极铁心的槽中嵌放着电枢绕组9。转子部套由4、5、6、7、8、19、20、21组成。定转子之间间隙为 δ 。机座两端各有一个端盖，其外圆把合在机座上，其内孔放置轴承，轴承两端有内外挡圈。风扇套装在非轴伸端，其上有风扇罩。接线盒安装在机座的正前方。

图1A 总装配纵剖面图。是本发明稀土钕铁硼励磁的永磁同步电动机的结构纵向示意图；

图1B 总装配左剖面图。是本发明稀土钕铁硼励磁的永磁同步电动机的结构横向示意图；

图2 转子磁极装配。转子实心扇形磁极铁心1，铁心内圆有LY12铝作为隔磁环2，该隔磁环套装在转轴8上，各扇形磁极铁心开有纵向磁钢槽，该槽内安装着小矩形永磁体3，永磁体外面有鹤尾形槽楔4，用来固紧永磁体，以防止永磁体径向弹出。各扇形磁极铁心中还开有纵向小槽，该小槽中嵌放小槽黄铜板5。小槽黄铜片5和鹤尾形槽楔4以及屏蔽端环6组成外延伸复式启动笼。在扇形磁极铁心的两端用胶木压板7紧固，以防止永磁体轴向弹出。

图2A 转子磁极装配图。是本发明稀土钕铁硼励磁的永磁同步电动机的磁极各零件的装配关系图。由1、2、3、4、7、19、20、21组成。

图2B 转子磁极装配左视图。是本发明稀土钕铁硼励磁的永磁同步电动机的磁极各零件的装配关系图。由1、2、3、4、5、6组成。

图3磁极铁心图。是本发明稀土钕铁硼励磁的永磁同步电动机的磁极各零件的纵剖面装配关系图。

图3A 磁极铁心纵剖面图（小容量电机）。是本发明稀土钕铁硼励磁的永磁同步电动机的磁极各零件的纵剖面装配关系图。由1、2、8、20组成。

图3B 磁极铁心纵剖面图（中容量电机）。是本发明稀土钕铁硼励磁的永磁同步电动机的磁极各零件的纵剖面装配关系图。由1、2、8、19、项20组成。

图3C 磁极铁心纵剖面图（大容量电机）。是本发明稀土钕铁硼励磁的永磁同步电动机的磁极各零件的纵剖面装配关系图。由1、2、8、19、项20组成。

图4磁极铁心左视图。是本发明稀土钕铁硼励磁的永磁同步电动机的磁极各零件的左视装配关系图。

图4A 磁极铁心左视图（中小容量电机）。是本发明稀土钕铁硼励磁的中小容量电机永磁同步电动机的磁极各零件的左视装配关系图。由1、3、4、5、19、21组成。

图4B 磁极铁心左视图（大容量电机）。是本发明稀土钕铁硼励磁的中小容量电机永磁同步电动机的磁极各零件的左视装配关系图。由1、3、4、5、19、21组成。

图5 启动笼立体图。是本发明稀土钕铁硼励磁的永磁同步电动机外延伸复式启动笼各零件的相互关系结构示意图。由4、5、6组成。其中黄铜小槽铜片嵌放在磁极铁心的小槽中，黄铜槽楔嵌放在磁钢槽的鸠尾槽口中。

图6 钕铁硼永磁体图。中小容量电机采用永磁钢牌号为35TH或35UH；大容量电机采用永磁钢牌号为35EH。

上述图中的零件标号如下：

- 1 磁极铁心扇形块
- 2 隔磁环
- 3 永磁体
- 4 槽楔
- 5 小槽铜板
- 6 端环
- 7 压板
- 8 转子轴
- 9 定子线圈
- 10 定子铁心
- 11 出线盒总成
- 12 端盖
- 13 轴承
- 14 风扇
- 15 风扇罩
- 16 轴承内盖、
- 17 轴承外盖
- 18 机座
- 19 圆柱销
- 20 径向螺钉
- 21 压板螺钉

具体实施方式

下面结合附图对本发明的实施方式进行详细描述。

如图1所示，图1是本发明稀土钕铁硼励磁的永磁同步电动机的结构示意图；本发明稀土钕铁硼励磁的永磁同步电动机包括磁极铁心扇形块1、隔磁环2、永磁体3、磁钢槽楔4、小槽铜板5、端环6、压板7、转子轴8、定子线圈9、定子铁心10、出线盒总成11、端盖12、轴承13、风扇14、风扇罩15、轴承内盖16、轴承外盖17、机座18、圆柱销19、径向螺钉20、压板螺钉21。

如图2所示，转子实心扇形磁极铁心1，铁心内圆有LY12铝作为隔磁环2，该隔磁环套装在转轴8上，各扇形磁极铁心开有纵向磁钢槽，该槽内安装着小矩形永磁体3，永磁体外面有鹤尾形槽楔4，用来固紧永磁体，以防止永磁体径向弹出。各扇形磁极铁心中还开有纵向小槽，该小槽中嵌放小槽黄铜板5。小槽黄铜片5和鹤尾形槽楔4以及屏蔽端环6组成外延伸复式启动笼。在扇形磁极铁心的两端用胶木压板7紧固，以防止永磁体轴向弹出。

实施例1:

本发明稀土钕铁硼励磁的永磁同步电动机容量15KW,其大气隙 δ_m 与最小气隙 δ 之比： $\delta_m/\delta=1.7/1.7$ （如图1）；极弧系数 $\alpha=0.84$ ；铜端环厚度 \times 宽度为 3×40 （mm）；中央小槽宽度/高度为 $1.5\text{ mm}/26\text{ mm}$ （图3A）；每个永磁体 $a\times b\times h$ 为 $19\text{ mm}\times 20\text{ mm}\times 12\text{ mm}$ 。矩形块的边长 a 与充磁方向厚度 h 之比， $a/h\leq 2.5$ （图6）。

实施例2:

本发明稀土钕铁硼励磁的永磁同步电动机容量45KW,其大气隙 δ_m 与最小气隙 δ 之比： $\delta_m/\delta=2.9/2.9$ （如图1）；极弧系数 $\alpha=0.845$ ；铜端环厚度 \times 宽度为 3×45 （mm）；中央小槽宽度/高度为 $2\text{ mm}/32\text{ mm}$ （图3B）；每个永磁体 $a\times b\times h$ 为 $28\text{ mm}\times 30.8\text{ mm}\times 20\text{ mm}$ 。矩形块的边长 a 与充磁方向厚度 h 之比， $a/h\leq 2.5$ （图6）。

实施例3:

本发明稀土钕铁硼励磁的永磁同步电动机容量315KW,其大气隙 δ_m 与最小气隙 δ 之比： $\delta_m/\delta=4.2/6.1$ （如图1）；极弧系数 $\alpha=0.82$ ；铜端环

厚度×宽度为 4×55 (mm); 中央小槽宽度/高度为 4 mm /40mm (图 3C); 每个永磁体 $a \times b \times h$ 为 39.4 mm×39.4 mm×32.8 mm。矩形块的边长 a 与充磁方向厚度 h 之比, $a/h \leq 2.5$ (图 6)。

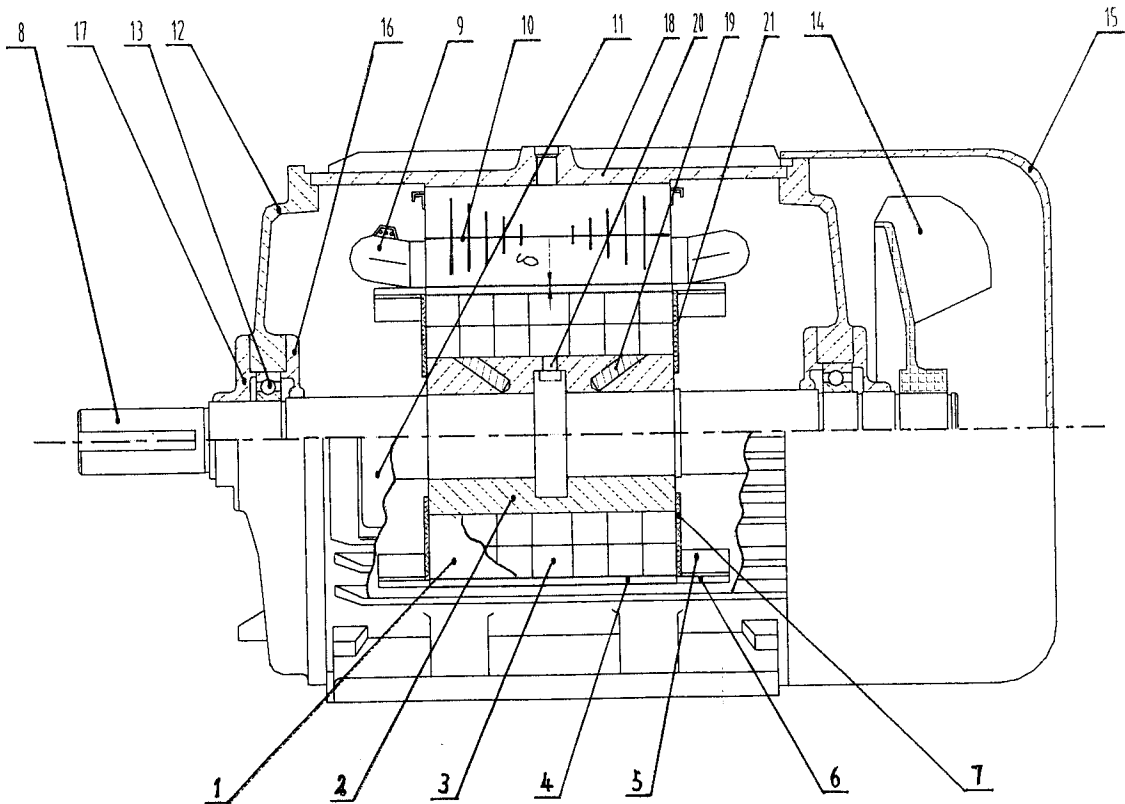


图1 A

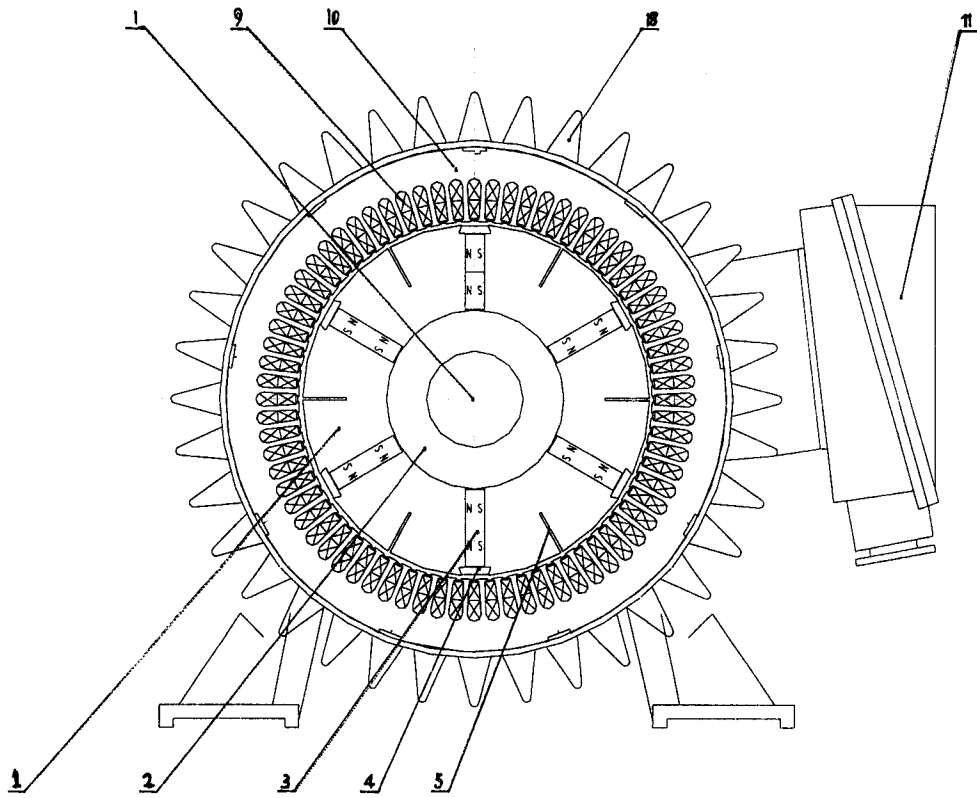


图1 B

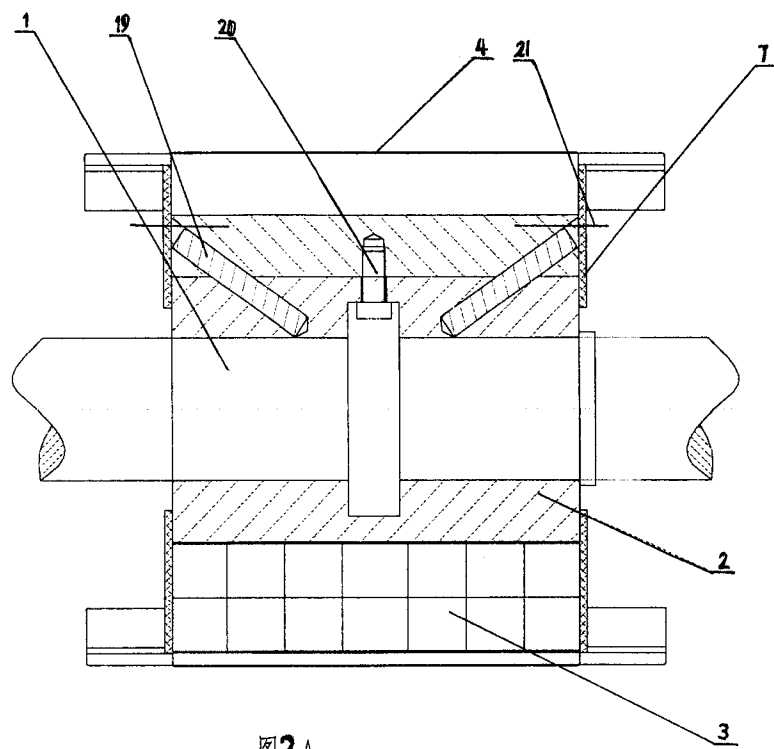


图2A

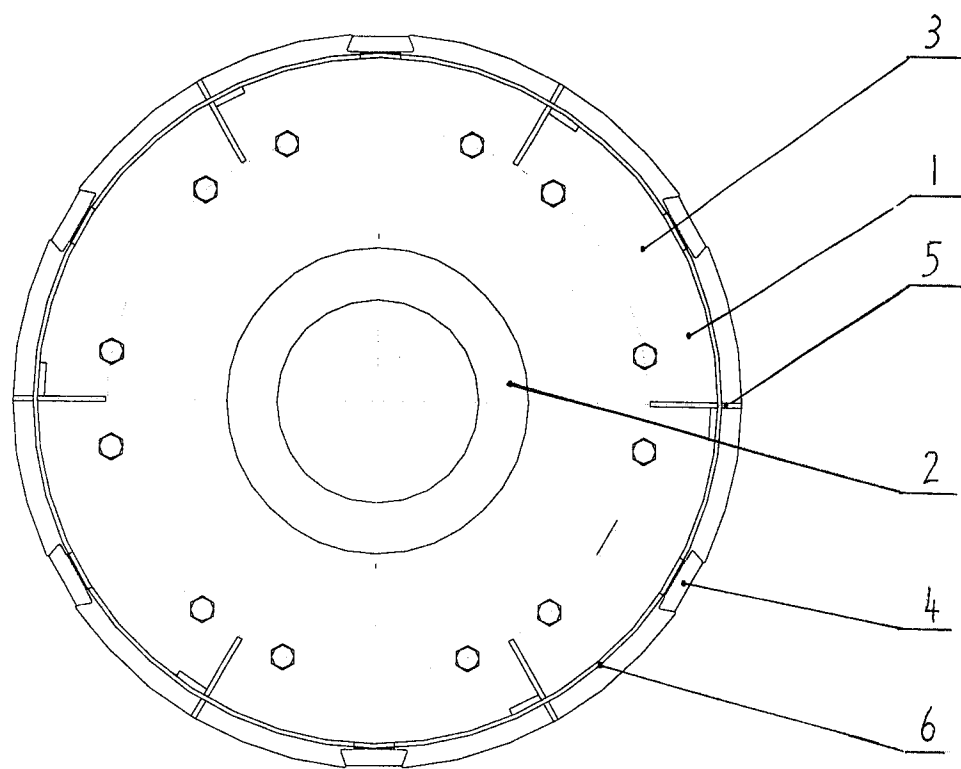


图 2 B

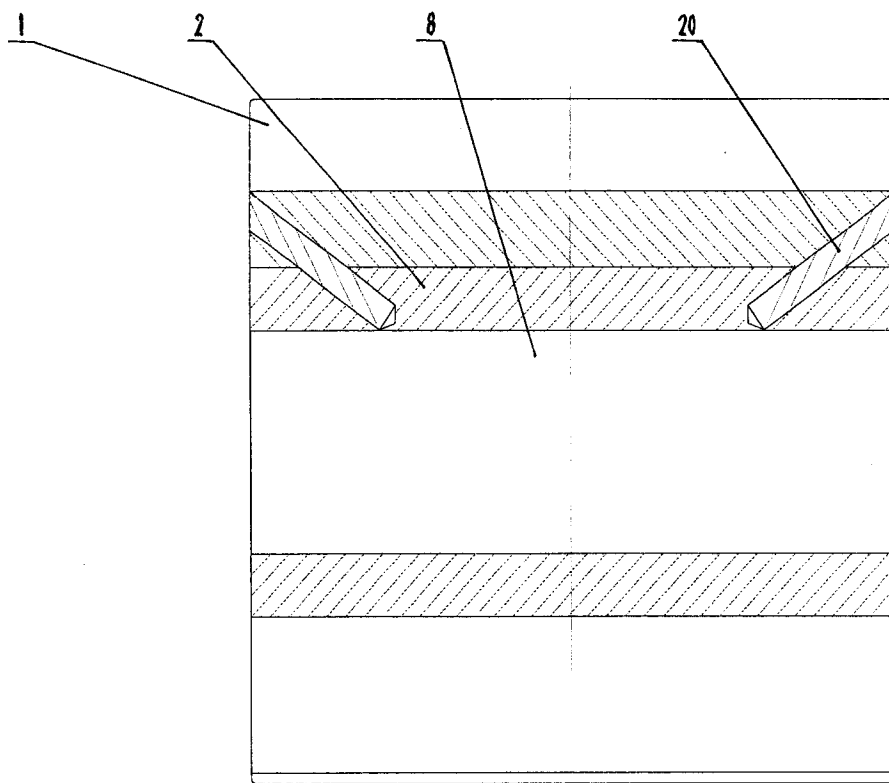


图3A

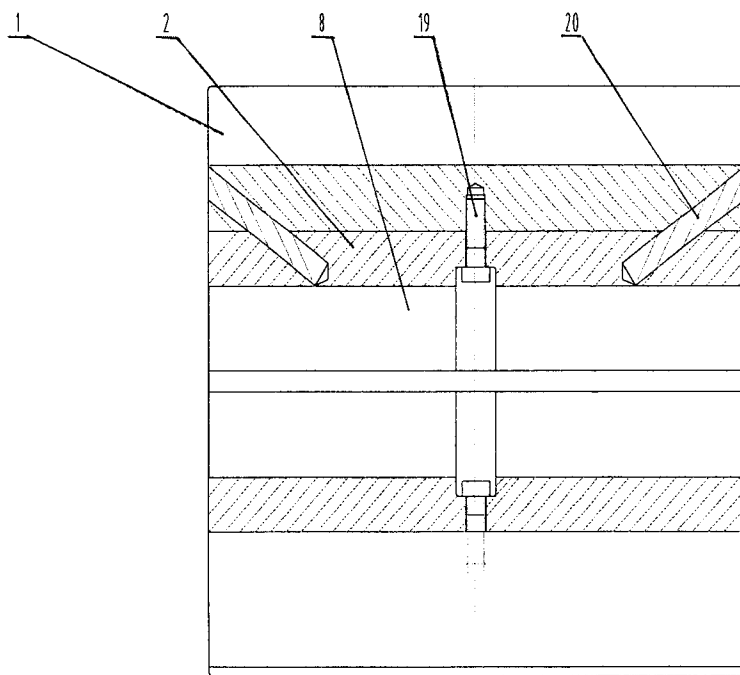


图3B

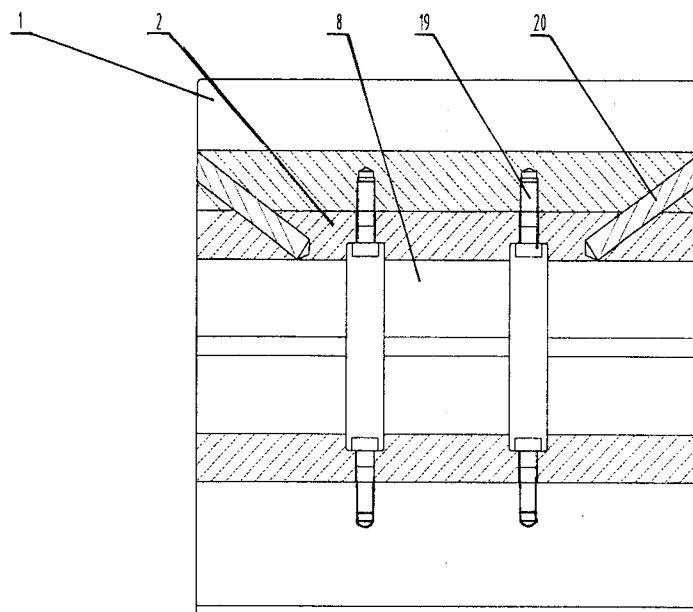


图3

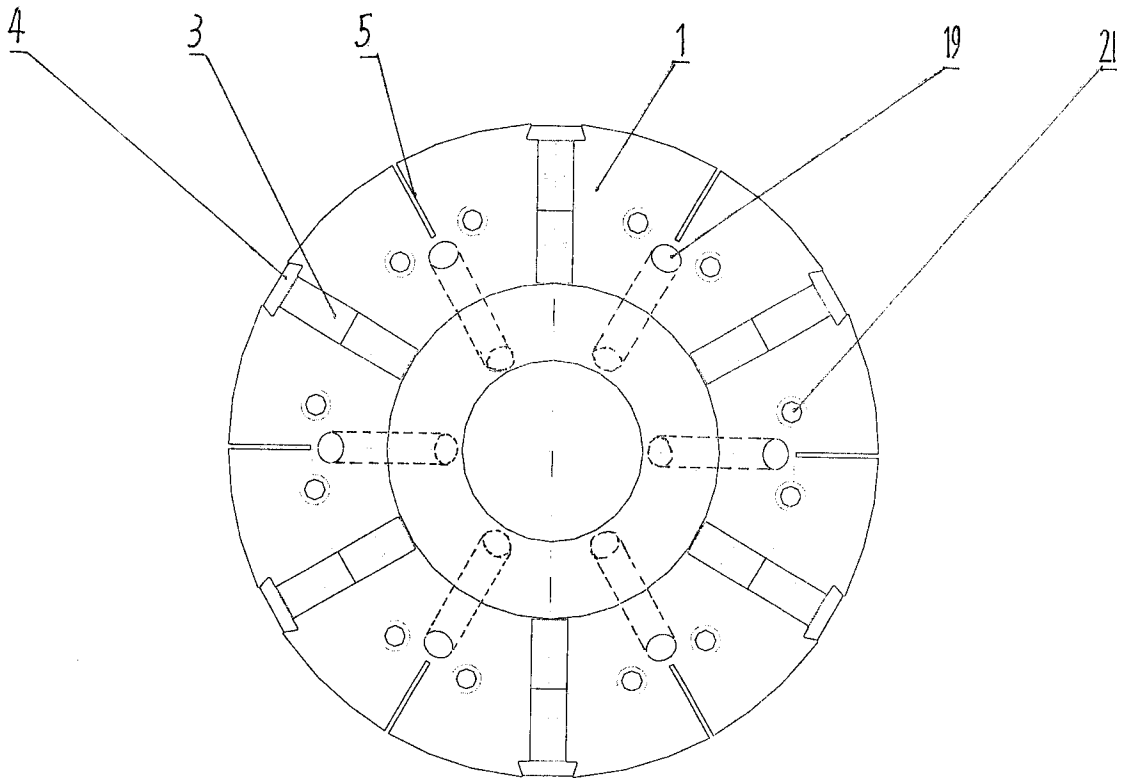


图4A

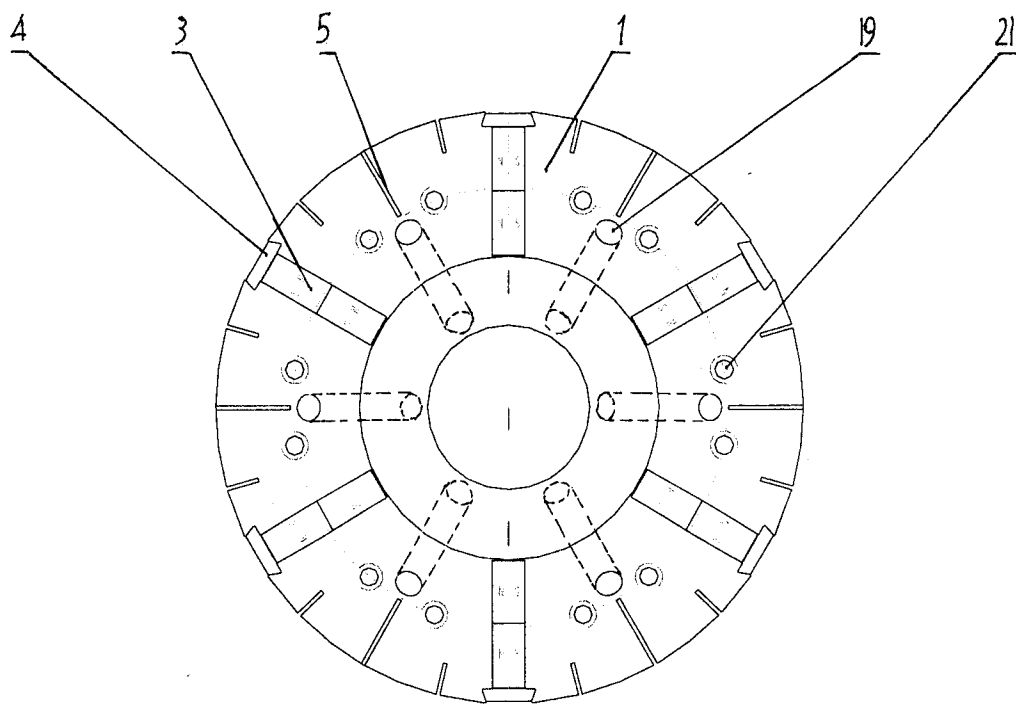


图4B

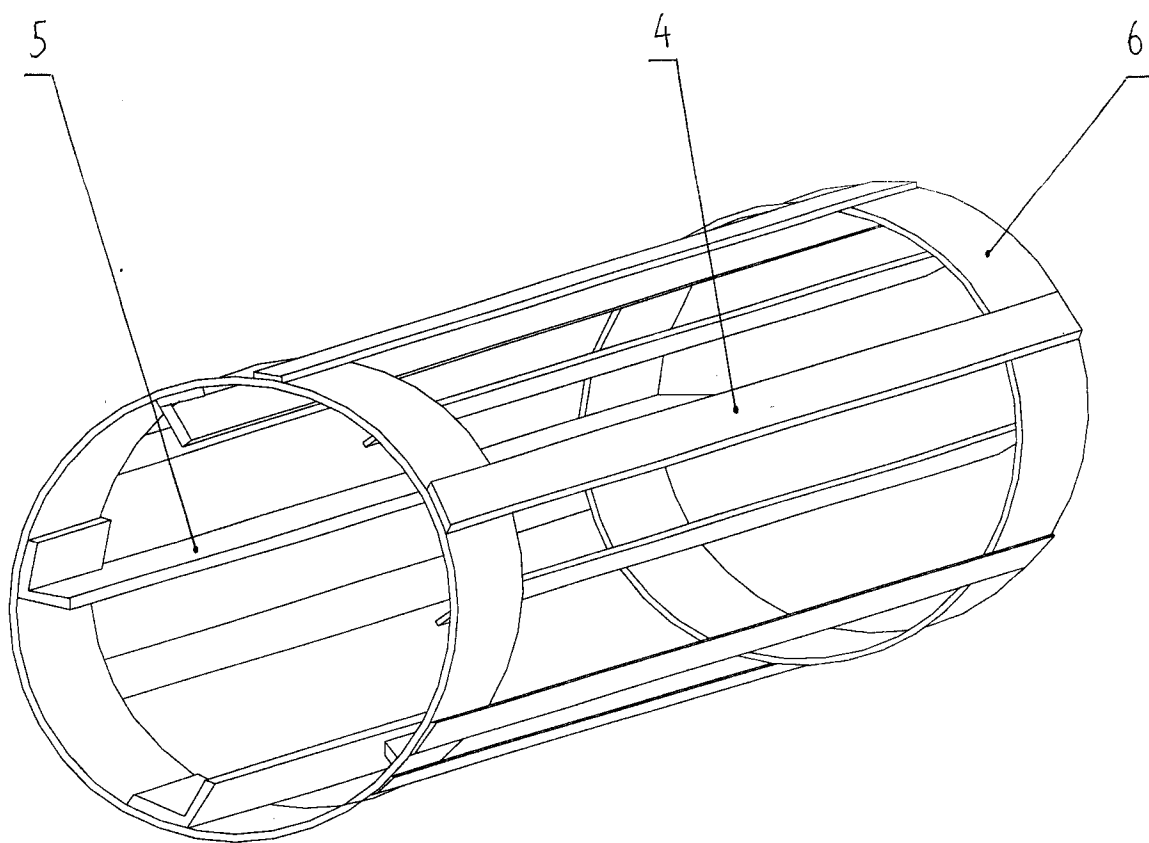


图5

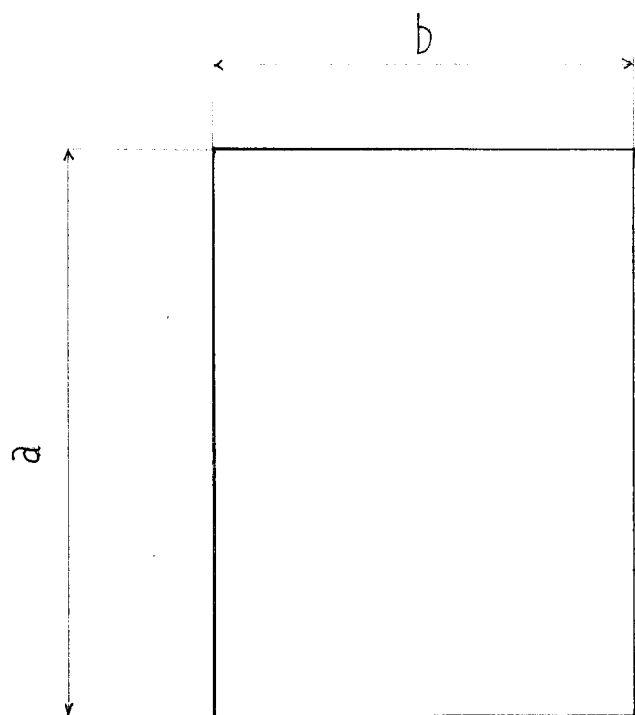


图6A

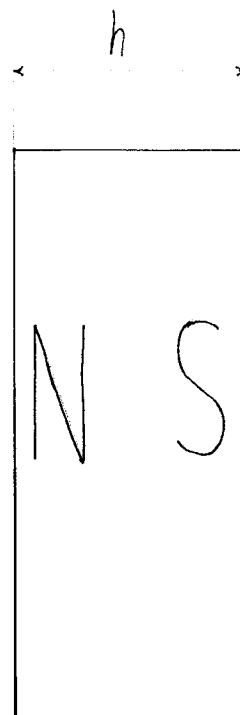


图6B

图6