



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114598096 A

(43) 申请公布日 2022.06.07

(21) 申请号 202210242664.3

H02K 3/52 (2006.01)

(22) 申请日 2022.03.11

H02K 1/04 (2006.01)

B60K 7/00 (2006.01)

(71) 申请人 广东威灵电机制造有限公司

地址 528000 广东省佛山市顺德区北滘镇
工业园十五、十六、十七区

申请人 威灵(芜湖)电机制造有限公司

(72) 发明人 苏怡雪 刘海量 何潇 罗绍俊
周倩云

(74) 专利代理机构 广州嘉权专利商标事务所有
限公司 44205

专利代理师 刘聪

(51) Int. Cl.

H02K 7/10 (2006.01)

H02K 7/116 (2006.01)

H02K 3/28 (2006.01)

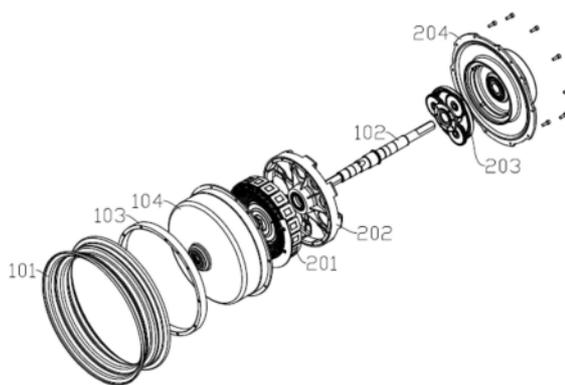
权利要求书1页 说明书8页 附图14页

(54) 发明名称

轮毂电机及电动车

(57) 摘要

本发明公开了一种轮毂电机,并公开了具有轮毂电机的电动车,其中轮毂电机包括:中轴、外壳、电机本体和行星减速结构,外壳与中轴转动连接;电机本体包括转子组件和定子组件,定子组件与中轴固定连接,转子组件与中轴转动连接;行星减速结构包括太阳轮、行星轮、行星架和齿圈,太阳轮与转子组件固定连接,行星架固定于中轴,齿圈与外壳固定连接;其中,扭矩密度小于等于 $54000\text{N}/\text{m}^2$,转子组件包括永磁体,永磁体的材质为铁氧体。永磁体使用铁氧体材料,磁材成本低,可降低电机本体的成本,在此基础上增加减速结构,并且限定扭矩密度小于等于 $54000\text{N}/\text{m}^2$,通过减速结构对电机本体输出扭矩按照其速比进行放大,使得轮毂整机可输出使用要求的扭矩。



1. 轮毂电机,其特征在于,包括:
中轴;
外壳,与所述中轴转动连接;
电机本体,设于所述外壳内,所述电机本体包括转子组件和定子组件,所述定子组件与所述中轴固定连接,所述转子组件与所述中轴转动连接;
行星减速结构,包括太阳轮、行星轮、行星架和齿圈,所述太阳轮与转子组件固定连接,所述行星架固定于所述中轴,所述齿圈与所述外壳固定连接;
其中,所述电机本体的最大输出扭矩和所述转子组件体积的比值定义为扭矩密度,所述扭矩密度小于等于 $54000\text{N}/\text{m}^2$,所述转子组件包括永磁体,所述永磁体的材质为铁氧体。
2. 根据权利要求1所述的轮毂电机,其特征在于,所述行星减速结构为单排行星结构,并且速比范围为3-7.5。
3. 根据权利要求1所述的轮毂电机,其特征在于,所述行星减速结构为双联行星结构,并且速比范围为6.5-12。
4. 根据权利要求3所述的轮毂电机,其特征在于,所述行星轮包括大齿轮和小齿轮,所述小齿轮位于所述大齿轮靠近所述电机本体的一侧。
5. 根据权利要求1所述的轮毂电机,其特征在于,所述行星减速结构为复合行星结构,并且速比范围为14-55。
6. 根据权利要求1所述的轮毂电机,其特征在于,所述行星轮数量为 N , $N \geq 1$ 且为整数。
7. 根据权利要求1所述的轮毂电机,其特征在于,所述定子组件包括绕组,所述绕组由漆包线缠绕或插接而成,所述漆包线为铝导线。
8. 根据权利要求8所述的轮毂电机,其特征在于,所述漆包线的截面为非圆形。
9. 根据权利要求1所述的轮毂电机,其特征在于,所述定子组件包括定子铁芯,所述定子铁芯包括采用对拼成型结构的定子冲片,所述定子冲片的齿宽 L_1 和槽宽 L_2 ,满足关系: $L_1 < L_2$ 。
10. 根据权利要求9所述的轮毂电机,其特征在于,所述定子冲片的齿宽 L_1 和槽宽 L_2 ,满足关系: $L_2 \leq 1.5 * L_1$ 。
11. 根据权利要求1所述的轮毂电机,其特征在于,所述转子组件的极对数为 P ,满足关系: $4 \leq P \leq 12$ 。
12. 根据权利要求1所述的轮毂电机,其特征在于,所述转子组件朝向所述行星减速结构的侧面设置有容置槽,至少部分行星减速结构设置在所述容置槽内。
13. 电动车,其特征在于,包括权利要求1至12任一项所述的轮毂电机。
14. 根据权利要求13所述的电动车,其特征在于,所述电动车还包括轮辋,外壳包括轮辋,所述轮辋连接于所述外壳,所述轮毂与所述轮辋直接相连,或所述轮毂通过支撑结构与所述轮辋相连。
15. 根据权利要求14所述的电动车,其特征在于,所述外壳包括制动端盖和电机端盖,所述电机端盖和所述制动端盖分别固定于所述轮辋,或所述电机端盖连接于所述制动端盖,所述制动端盖固定于所述轮辋。

轮毂电机及电动车

技术领域

[0001] 本发明涉及电动车技术领域,特别涉及轮毂电机及电动车。

背景技术

[0002] 在传统轮毂整机应用中,常用的整机是直驱电机本体,直驱电机本体的转子组件和轮毂为一体,定子布置在转子组件的内部,轮毂电机的输出扭矩要求较高,采用直驱结构要求电机本体的输出扭矩较高,因此电机本体永磁体采用性能相对较高的钕铁硼,且用量较大,磁材成本较高,整机成本较高。如果将钕铁硼替换成其他低成本的材料,降低电机本体的磁材成本,也会相应地降低性能,在相同体积下电机本体的输出扭矩变小,不满足轮毂电机的扭矩输出要求。

发明内容

[0003] 本发明旨在至少解决现有技术中存在的技术问题之一。为此,本发明提出一种轮毂电机,能够降低整机成本,并且满足轮毂电机的扭矩输出要求。

[0004] 本发明还提出一种具有上述轮毂电机的电动车。

[0005] 根据本发明的第一方面实施例的轮毂电机,包括:中轴、外壳、电机本体和行星减速结构,所述外壳与所述中轴转动连接;所述电机本体设于所述外壳内,所述电机本体包括转子组件和定子组件,所述定子组件与所述中轴固定连接,所述转子组件与所述中轴转动连接;所述行星减速结构包括太阳轮、行星轮、行星架和齿圈,所述太阳轮与转子组件固定连接,所述行星架固定于所述中轴,所述齿圈与所述外壳固定连接;其中,所述电机本体的最大输出扭矩和所述转子组件体积的比值定义为扭矩密度,所述扭矩密度小于等于 $54000\text{N}/\text{m}^2$,所述转子组件包括永磁体,所述永磁体的材质为铁氧体。

[0006] 根据本发明实施例的轮毂电机,至少具有如下有益效果:永磁体使用铁氧体材料,铁氧体材料相比其他永磁体材料,磁材成本低,可降低电机本体的成本,但磁能积也低,因此相同体积下能输出的性能变低,为保证轮毂整机可输出使用要求的扭矩,在此基础上增加减速结构,并且限定扭矩密度小于等于 $54000\text{N}/\text{m}^2$,通过减速结构对电机本体输出扭矩按照其速比进行放大,使得轮毂整机可输出使用要求的扭矩。

[0007] 根据本发明的一些实施例,所述行星减速结构为单排行星结构,并且速比范围为3-7.5。

[0008] 根据本发明的一些实施例,所述行星减速结构为双联行星结构,并且速比范围为6.5-12。

[0009] 根据本发明的一些实施例,所述行星轮包括大齿轮和小齿轮,所述小齿轮位于所述大齿轮靠近所述电机本体的一侧。

[0010] 根据本发明的一些实施例,所述行星减速结构为复合行星结构,并且速比范围为14-55。

[0011] 根据本发明的一些实施例,所述行星轮数量为N,N \geq 1且为整数。

[0012] 根据本发明的一些实施例,所述定子组件包括绕组,所述绕组由漆包线缠绕或插接而成,所述漆包线为铝导线。

[0013] 根据本发明的一些实施例,所述漆包线的截面为非圆形。

[0014] 根据本发明的一些实施例,所述定子组件包括定子铁芯,所述定子铁芯包括采用对拼成型结构的定子冲片,所述定子冲片的齿宽 L_1 和槽宽 L_2 ,满足关系: $L_1 < L_2$ 。

[0015] 根据本发明的一些实施例,所述定子冲片的齿宽 L_1 和槽宽 L_2 ,满足关系: $L_2 \leq 1.5 * L_1$ 。

[0016] 根据本发明的一些实施例,所述转子组件的极对数为 P ,满足关系: $4 \leq P \leq 12$ 。

[0017] 根据本发明的一些实施例,所述转子组件朝向所述行星减速结构的侧面设置有容置槽,至少部分行星减速结构设置在所述容置槽内。

[0018] 根据本发明的第二方面实施例的电动车,包括本发明的第一方面实施例的轮毂电机。

[0019] 根据本发明实施例的电动车,至少具有如下有益效果:通过采用本发明的第一方面实施例的轮毂电机,一方面可以降低电机本体的成本,另一方面增加减速结构,并且限定扭矩密度小于等于 54000N/m^2 ,使得轮毂整机可输出使用要求的扭矩。

[0020] 根据本发明的一些实施例,所述电动车还包括轮毂,所示外壳包括轮辋,所述轮辋连接于所述外壳,所述轮毂与所述轮辋直接相连,或所述轮毂通过支撑结构与所述轮辋相连。

[0021] 根据本发明的一些实施例,所述外壳包括制动端盖和电机端盖,所述电机端盖和所述制动端盖分别固定于所述轮辋,或所述电机端盖连接于所述制动端盖,所述制动端盖固定于所述轮辋。

[0022] 本发明的附加方面和优点将在下面的描述中部分给出,部分将从下面的描述中变得明显,或通过本发明的实践了解到。

附图说明

[0023] 下面结合附图和实施例对本发明做进一步的说明,其中:

[0024] 图1为本发明一种实施例的电动车的轮毂电机、轮毂与轮辋的连接示意图;

[0025] 图2为图1示出的轮毂电机、轮毂与轮辋的一种实施例爆炸图;

[0026] 图3为图1示出的轮毂电机、轮毂与轮辋的剖视图;

[0027] 图4为图3示出的A处放大图;

[0028] 图5为图3示出的B处放大图;

[0029] 图6为图3示出的C处放大图;

[0030] 图7为图3示出的行星减速结构的一种实施例的示意图;

[0031] 图8为图3示出的行星减速结构的另一种实施例的示意图;

[0032] 图9为图3示出的行星减速结构的又一种实施例的示意图;

[0033] 图10为电机本体的扭矩与电流的关系曲线图;

[0034] 图11为双联行星结构的速比与成本的关系曲线图;

[0035] 图12为图1示出的轮毂电机、轮毂与轮辋的另一种实施例爆炸图;

[0036] 图13为本发明另一种实施例的电动车的轮毂电机、轮毂与轮辋的连接示意图;

- [0037] 图14为图13示出的轮毂电机、轮毂与轮辋的爆炸图；
- [0038] 图15为图13示出的轮毂电机、轮毂与轮辋的正视图；
- [0039] 图16为图13示出的轮毂电机、轮毂与轮辋的剖视图；
- [0040] 图17为本发明一种实施例的定子冲片的示意图；
- [0041] 图18为本发明另一种实施例的定子冲片的示意图。
- [0042] 附图标记：
- [0043] 101、轮毂；102、中轴；103、轮辋；104、电机端盖；
- [0044] 201、定子组件；202、转子组件；203、行星减速结构；204、制动端盖；
- [0045] 401、定子铁芯；402、绝缘框架；403、绕组；404、永磁体；405、磁轭；406、支撑部分；
- [0046] 501、太阳轮；502、双联行星轮；503、行星架；504、齿圈；505、大齿轮；506、小齿轮；
- [0047] 801、单排行星轮；
- [0048] 901、第一太阳轮；902、第一行星轮；903、第一行星架；904、第二太阳轮；905、第二行星轮；
- [0049] 1301、支撑结构；1302、第一端；1303、第二端；1304、第一侧；1305、第二侧；
- [0050] 1601、容置槽；
- [0051] 1701、轭部；1702、齿部；
- [0052] 1801、靴部。

具体实施方式

[0053] 下面详细描述本发明的实施例，所述实施例的示例在附图中示出，其中自始至终相同或类似的标号表示相同或类似的元件或具有相同或类似功能的元件。下面通过参考附图描述的实施例是示例性的，仅用于解释本发明，而不能理解为对本发明的限制。

[0054] 在本发明的描述中，需要理解的是，涉及到方位描述，例如上、下、前、后、左、右等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系，仅是为了便于描述本发明和简化描述，而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作，因此不能理解为对本发明的限制。

[0055] 在本发明的描述中，若干的含义是一个或者多个，多个的含义是两个以上，大于、小于、超过等理解为不包括本数，以上、以下、以内等理解为包括本数。如果有描述到第一、第二只是用于区分技术特征为目的，而不能理解为指示或暗示相对重要性或者隐含指明所指示的技术特征的数量或者隐含指明所指示的技术特征的先后关系。

[0056] 本发明的描述中，除非另有明确的限定，设置、安装、连接等词语应做广义理解，所属技术领域技术人员可以结合技术方案的具体内容合理确定上述词语在本发明中的具体含义。

[0057] 相关技术中，轮毂电机采用的是直驱电机本体，内部结构比较传统，没有行星减速装置，直接依靠电磁转化产生机械能来驱动车辆。直驱电机本体的转子组件和轮毂为一体，定子组件布置在转子组件的内部，轮毂电机的输出扭矩要求较高，采用直驱结构要求电机本体的输出扭矩较高，因此电机本体的永磁体一般采用性能相对较高的钕铁硼，且用量较大，磁材成本较高，定子组件的外径较大，因此铜线的使用量相对较大，整机成本较高。

[0058] 为降低成本，现考虑将电机本体的电磁成本降低，将钕铁硼替换成铁氧体，将铜线

替换成铝线,但在相同体积下采用铁氧体的电机本体的输出扭矩变小,不满足轮毂的扭矩输出要求。因此在相同的体积限定的范围内,通过更改电磁部分材料达到降本目的,同时还满足整机的输出要求,成为本专利的设计依据。

[0059] 参照图1至图6所示,本发明一种实施例的轮毂电机直接与轮毂101连接,轮毂电机包括中轴102、外壳、电机本体和行星减速结构203,外壳包括轮辋103,轮辋103与轮毂101连接。电机本体由定子组件201和转子组件202组成,定子组件201包含定子铁芯401、绝缘框架402和绕组403,其中定子铁芯401由定子冲片叠压而成。转子组件202由永磁体404、磁轭405和支撑部分406组成。行星减速结构203包括太阳轮501、行星轮、行星架503和齿圈504。

[0060] 具体地,外壳通过轴承与中轴102转动连接,使得外壳可以绕中轴102自由旋转。电机本体设于外壳内,定子组件201与中轴102固定连接,转子组件202与中轴102转动连接;太阳轮501与转子组件202固定连接,行星架503固定于中轴102,齿圈504与外壳固定连接。轮毂电机工作时,转子组件202转动,带动太阳轮501转动,带动行星轮转动,而行星架503固定于中轴102,因此齿圈504会绕着中轴102转动,进而带动外壳转动,最终实现轮毂101的转动。通过设置行星减速结构203,行星减速结构203在电机本体里起到类似杠杆作用,它能够降低转速,放大输出力矩,使小巧轻量的电机本体也能有强劲的动力输出。

[0061] 从而,永磁体404选用铁氧体的材料代替钕铁硼,可以降低成本,为保证轮毂电机可输出使用要求的扭矩,在此基础上增加行星减速结构203,通过行星减速结构203对电机本体输出扭矩按照其速比进行放大,使得轮毂电机可输出使用要求的扭矩。

[0062] 参照图2、图3和图6所示,可以理解的是,外壳还包括电机端盖104和制动端盖204,电机端盖104和制动端盖204相互连接,电机端盖104形成容置定子组件201和转子组件202的空间,而电机端盖104和制动端盖204相互配合将行星减速结构203包围并封装,齿圈504固定在制动端盖204上,轮辋103位于电机端盖104的外周侧,制动端盖204与轮毂101通过轮辋103固定相连,从而使得轮毂101随齿圈504同步转动。

[0063] 参照图12所示,可以理解的是,轮辋103还可以设置为筒状,轮辋103的轴向的两端为开口结构,电机端盖104和制动端盖204分别设置在轮辋103的轴向的两端,电机端盖104固定连接于轮辋103的一端,制动端盖204固定连接于轮辋103的另一端,轮辋103、电机端盖104和制动端盖204相互配合形成容置定子组件201、转子组件202和行星减速结构203的空间。轮辋103可以与轮毂101焊接成型。

[0064] 参照图13所示,可以理解的是,轮辋103可以与轮毂101通过支撑结构1301间接连接。具体地,多个支撑结构1301分布在轮辋103的径向外侧,分布在轮毂101的径向内侧,通过设置支撑结构1301,使得轮辋103和轮毂101在径向上分离,增大了散热空间。

[0065] 可以理解的是,电机本体工作时会产生热量,并将热量传递至轮辋103、电机端盖104和制动端盖204,常用的冷却方式是轮毂101旋转后,依靠车速产生的风对流将轮毂101内部产生的热量带走,因此通过设置支撑结构1301,增大了散热空间,可以有助于提高散热效果。

[0066] 可以理解的是,随着功率密度逐渐升高,电机本体的发热量增加,有些直驱电机甚至采用外部注油的方式,一方面为轴承增加润滑,降低了轴承等部件的摩擦发热,另一方面将电机本体的热量通过冷却油将热量传递至端盖和轮辋103圈。采用注油的方案,对电机本体零件的耐油性提出新要求,提高了电机本体成本。

[0067] 参照图13和图15所示,可以理解的是,支撑结构1301具有第一端1302、第二端1303、第一侧1304和第二侧1305,第一侧1304和第二侧1305彼此相对并沿轮辋103的径向方面设置并且限定支撑结构1301的径向边缘。第一端1302和第二端1303沿轮辋103的周向方面彼此相对设置,第一端1302和第二端1303限定支撑结构1301的周向边缘。

[0068] 参照图13至图15所示,可以理解的是,支撑结构1301与中轴102的轴向有非垂直的倾斜角 α ,倾斜角的范围为大于 0° 小于 90° ,即第一端1302与轮辋103相交形成了相交线,相交线的两端点连线形成的直线与中轴102的径向截面不平行也不重合,也即支撑结构1301的第一侧1304相对于第二侧1305更加靠近电机端盖104,支撑结构1301具有迎风面,使得支撑结构1301起到风叶的作用。轮毂101转动后,该倾斜角 α 增加了支撑结构1301两侧的压差,该压差将气流从支撑结构1301表面压入,增加了沿着轴向的风力流动,该部分气流将轮辋103表面的热量带走,增加了轮辋103表面的热交换,降低了轮毂电机的温升。

[0069] 参照图3、图5和图7所示,可以理解的是,行星减速结构203可以选用为双联行星结构,双联行星结构由太阳轮501、双联行星轮502、行星架503和齿圈504组成。双联行星轮502是指两个同轴而又相隔一定距离的大齿轮505和小齿轮506构成一体的结构,双联行星轮502的作用是改变输出轴的转速。行星轮具有齿数较多的大齿轮505和齿数较少的小齿轮506,其中,大齿轮505与太阳轮501啮合,小齿轮506与齿圈504啮合,大齿轮505的齿数比太阳轮501的齿数多,实现第一级减速,齿圈504的齿数比小齿轮506的齿数多,实现第二级减速,因此齿轮组件具有两级减速,在较小的体积下取得较大的减速比,同时提高输出扭矩,有利于电动车提速。

[0070] 需要说明的是,图7所示实施例的双联行星结构的行星轮的数量为3个,可以理解的是,行星轮的数量可以为 N , $N \geq 1$ 且为整数,例如 $N=4$ 。

[0071] 参照图8所示,可以理解的是,行星减速结构203也可以选用为单排行星结构,单排行星结构由太阳轮501、单排行星轮801、行星架503和齿圈504组成,单排行星轮801一侧与太阳轮501啮合,一侧与齿圈504啮合,齿圈504的齿数比太阳轮501齿数多,实现减速结构的输出减速。

[0072] 需要说明的是,图8所示实施例的单排行星结构的行星轮的数量为3个,可以理解的是,行星轮的数量可以为 N , $N \geq 1$ 且为整数,例如 $N=4$ 。

[0073] 参照图9所示,可以理解的是,行星减速结构203还可以选用为复合行星结构,复合行星结构由两级传动齿轮组成,第一级传动包括第一太阳轮901、第一行星轮902、第一行星架903和齿圈504,第二级传动包括第二太阳轮904、第二行星轮905、第二行星架和齿圈504组成。其中第一太阳轮901与转子组件202固定连接,第一行星轮902的一侧与第一太阳轮901啮合,另一侧与齿圈504啮合,第二太阳轮904与第一行星架903一体成型或固定连接,第二行星轮905的一侧与第二太阳轮904啮合,另一侧与齿圈504啮合,两级齿圈504可以是同一个齿圈504,可以是不同齿圈504,两级的齿圈504比第一太阳轮901和第二太阳轮904的齿数多,保证两级均减速,该复合行星结构的减速有两级减速合成效果,减速效果更好。

[0074] 需要说明的是,图9所示实施例的行星减速结构203的行星轮的数量为3个,可以理解的是,行星轮的数量可以为 N , $N \geq 1$ 且为整数,例如 $N=4$ 。

[0075] 另外,虽然铁氧体材料相比其他永磁体404材料,磁材成本低,可降低电机本体主体的成本。但是磁材磁能积低,因此相同体积下能输出的扭矩性能低,因此引入扭矩密度的

概念将使用铁氧体磁材的电机本体的输出性能进行定义。其中,扭矩密度为电机本体的最大输出扭矩和转子组件202体积的比值。并且,转子组件202的磁轭405外径为D,轴向宽度为L,转子组件202体积定义为 $\pi D^2 L/4$ 。扭矩密度在 $54000\text{N}/\text{m}^2$ 以下,电机本体使用铁氧体磁材可以有效提升性能。

[0076] 确认本专利中扭矩密度的依据:最大输出扭矩相关的因素包括电枢有效匝数和电枢电流的乘积以及转子的磁通等,其中转子的磁通与永磁体404磁材和气隙长度有关,电枢有效匝数和电枢电流的乘积会影响最大扭矩的拐点,确认最大扭矩时,控制电枢有效匝数不变,不考虑控制器电流极限,将电枢电流增加至扭矩出现拐点。而实际情况是电控有电流极限要求,可通过上调有效匝数方式满足电机本体最大扭矩输出。

[0077] 对使用铁氧体磁材的电机本体进行仿真,在优化极槽配合、气隙等设计后,在不考虑控制器电流极限情况下,如图10所示电机本体性能的仿真结果,电机本体在标识位置G处出现饱和拐点,该饱和拐点为实际冷态扭矩和线性理想扭矩之间相差3%的点,因为在输入电流较高情况下,电机本体发热增加,实际扭矩曲线会被拉低,实际扭矩与线性理想扭矩之间的差值拉大,因此将冷态扭矩与线性理想扭矩之间相差3%的冷态扭矩定义为电机本体的最大输出扭矩,如本实施例中为 $21.7\text{N}\cdot\text{m}$,对应的扭矩密度为: $21.7/(\pi D^2 L/4)$,即获得使用铁氧体下的最大扭矩密度 $54000\text{N}/\text{m}^2$ 。在扭矩密度超过 $54000\text{N}/\text{m}^2$,继续使用铁氧体材料,电枢匝数会很高,在优化极槽配合情况下,槽内匝数较多,只能使用线径较小的漆包线才能满足可制造性要求,漆包线匝数多,线径细,电枢绕组403电阻较大,电机本体发热严重,易烧蚀,且电机本体效率低。因此,设定扭矩密度在 $54000\text{N}/\text{m}^2$ 以下,电机本体使用铁氧体磁材可以提高电机本体效率。

[0078] 可以理解的是,行星减速结构203的速比越大,所需电机本体的输出越小,则电机本体主体成本降低,但增加减速结构后,增加了行星减速结构203的成本,速比越大,行星减速结构203的成本越高,因此选择合适的速比,才能保证电机本体和行星减速结构203的综合成本最低。

[0079] 参照图11所示,可以理解的是,当行星减速结构203为双联行星结构时,对行星减速结构203的速比由4-14的区间进行成本评估。

[0080] 具体参照图11所示,当双联行星结构的速比处于4-6的区间时,电机本体的成本不断下降,下降曲率较大,而双联行星结构的成本不断上升,上升曲率较大,两者的综合成本先下降后上升,但变化幅度不大。

[0081] 当双联行星结构的速比处于6-10的区间时,电机本体的成本不断下降,曲率变小,而双联行星结构的成本的上升曲率较小,两者的综合成本基本保持不变。

[0082] 当双联行星结构的速比处于10-14的区间时,电机本体的成本不断下降,下降曲率很小,而双联行星结构的成本不断上升,上升曲率较大,两者的综合成本处于明显上升的趋势。

[0083] 具体参照图11所示,可以理解的是,双联行星结构的速比范围为4-12时,电机本体和双联行星结构的综合成本降低,符合本申请降低轮毂电机的成本的发明思路,即既能够降低成本,又能保证足够的输出扭矩。

[0084] 需要说明的是,双联行星结构的小速比的可制造性是不好的,所以选择速比从6.5开始,即双联行星结构的速比范围选择为6.5-12。

[0085] 同样地,经过类似的成本评估后,发现行星减速结构203为单排行星结构时,并且速比范围为3-7.5时,既能够降低成本,又能保证足够的输出扭矩。行星减速结构203为复合行星结构,并且速比范围为14-55时,既能够降低成本,又能保证足够的输出扭矩。

[0086] 参照图3和图5所示,可以理解的是,行星减速结构203选用为双联行星结构,行星轮的大齿轮505和小齿轮506沿中轴102的轴向布置,小齿轮506位于大齿轮505背离电机本体的一侧,也即大齿轮505更加靠近电机本体。这样布置的优势在于,对电机本体和行星减速结构203等结构的要求较低,便于制造和装配。

[0087] 需要说明的是,在其他一些实施例中,小齿轮506位于大齿轮505靠近电机本体的一侧,也即小齿轮506更加靠近电机本体,电机本体和行星减速结构203之间具有一个容置空间,小齿轮506能够被布置在该容置空间中,从而减小了图3所示的小齿轮506所需的轴向空间,进而使得轮毂电机的整机所需的轴向空间会更小。

[0088] 参照图16所示,可以理解的是,转子组件202的侧面设置有容置槽1601,容置槽1601位于转子组件202的朝向行星减速结构203的一侧,容置槽1601的开口朝向行星减速结构203,并且容置槽1601配置为能够容置至少部分行星减速结构203,例如容置槽1601能够容置双联行星结构中的部分太阳轮501和小齿轮506。如上所述的行星减速结构203的部分设置在容置槽1601内,缩短了轮毂电机的轴向尺寸,使轮毂电机整机结构紧凑,有利于轮毂电机小型化,可进一步降低轮毂电机的成本。

[0089] 需要说明的是,容置槽1601也可以配置为能够容置双联行星结构中的部分太阳轮501和大齿轮505,主要取决于小齿轮506位于大齿轮505靠近转子组件202的一侧,还是背离靠近转子组件202的一侧。

[0090] 可以理解的是,绕组403由漆包线缠绕或插接而成,目前市场上的轮毂电机为了输出较大的扭矩和保证电机效率,绕组403的漆包线采用铜材导体,铜材的原材料成本高,因此轮毂电机采用铜材绕组403会造成电机成本过高。而本申请的漆包线选用铝线。降低成本的同时,电机本体的最大输出扭矩减小,使得扭矩密度进一步降低。

[0091] 相关技术中,漆包线通常采用圆线绕组403,圆线绕组403的绕线槽满率较低,在定子组件201体积不变的条件下,轮毂电机的功率密度和效率均较低,此类轮毂电机应用在在电动车中,加快消耗电池的续航能力,因而对电机能效的提升有极大的需求。绕组403采用非圆形截面的漆包线,比如正方形截面的漆包线,漆包线紧密贴合在齿部1702的外壁,使得漆包线的排布更为紧密,因而提高了定子组件201的绕线槽满率,在定子组件201的体积不变的情况下,提升了轮毂电机的功率密度和效率,轮毂电机应用于电动车,有助于提升电动车的续航能力。

[0092] 选用铝漆包线,相比相同截面面积铜线,漆包线上发热升高,电机效率相比有降低,通过优化设计电机的极对数,保证磁密合理分布,保证电机效率。具体地,极对数范围选择为4-12。极对数大于12时,旋转时磁场交变速度较快,电机铁耗较大,效率过低。极对数少于4时,磁路磁阻较大,磁场较弱,难以满足系统所需最大转矩要求,例如可以选择为8对极和10对极。

[0093] 可以理解的是,定子铁芯401可由相同形状的定子冲片直接叠压而成,为进一步降低电机本体成本,定子铁芯401可由条形定子冲片卷绕成形,条形定子冲片采用对拼结构冲压成型。参照图17所示,可以理解的是,定子冲片包括轭部1701和多个齿部1702,相邻的两

个齿部1702之间形成槽部。齿部1702的齿宽为L1,槽部的槽宽为L2。定子冲片的齿宽L1和槽宽L2,存在关系 $L1 < L2$ 。即一片定子冲片的齿部1702可以放入另一片定子冲片的槽部中,从而使得两片定子冲片可以形成对拼结构,并由同一块材料冲压成型。

[0094] 可以理解的是,定子冲片的齿宽L1和槽宽L2,满足关系: $L2 \leq 1.5 * L1$,可以更加充分利用材料,防止槽宽L2过大造成的材料浪费。定子冲片采用对拼结构冲压成型,实现冲片对冲成型后卷绕而成,相比直接冲压成型,对冲成型极大地提高了材料利用率,降低了电机本体的成本。

[0095] 参照图18所示,可以理解的是,定子冲片还可以包括靴部1801,靴部1801的宽度大于齿部1702的宽度,而小于槽部的槽宽。定子冲片的齿宽L1和槽宽L2,满足关系: $L2 \leq 1.5 * L1$,使得槽部能够容纳靴部1801,使得具有靴部1801的定子冲片也能够采用对拼结构冲压成型。

[0096] 本发明实施例的电动车包括了本发明实施例的轮毂电机,由于本发明实施例的电动车具有本发明实施例的轮毂电机的所有技术特征,因此也具有其上述所有的有益效果,在此不再赘述。

[0097] 上面结合附图对本发明实施例作了详细说明,但是本发明不限于上述实施例,在所属技术领域普通技术人员所具备的知识范围内,还可以在不脱离本发明宗旨的前提下作出各种变化。

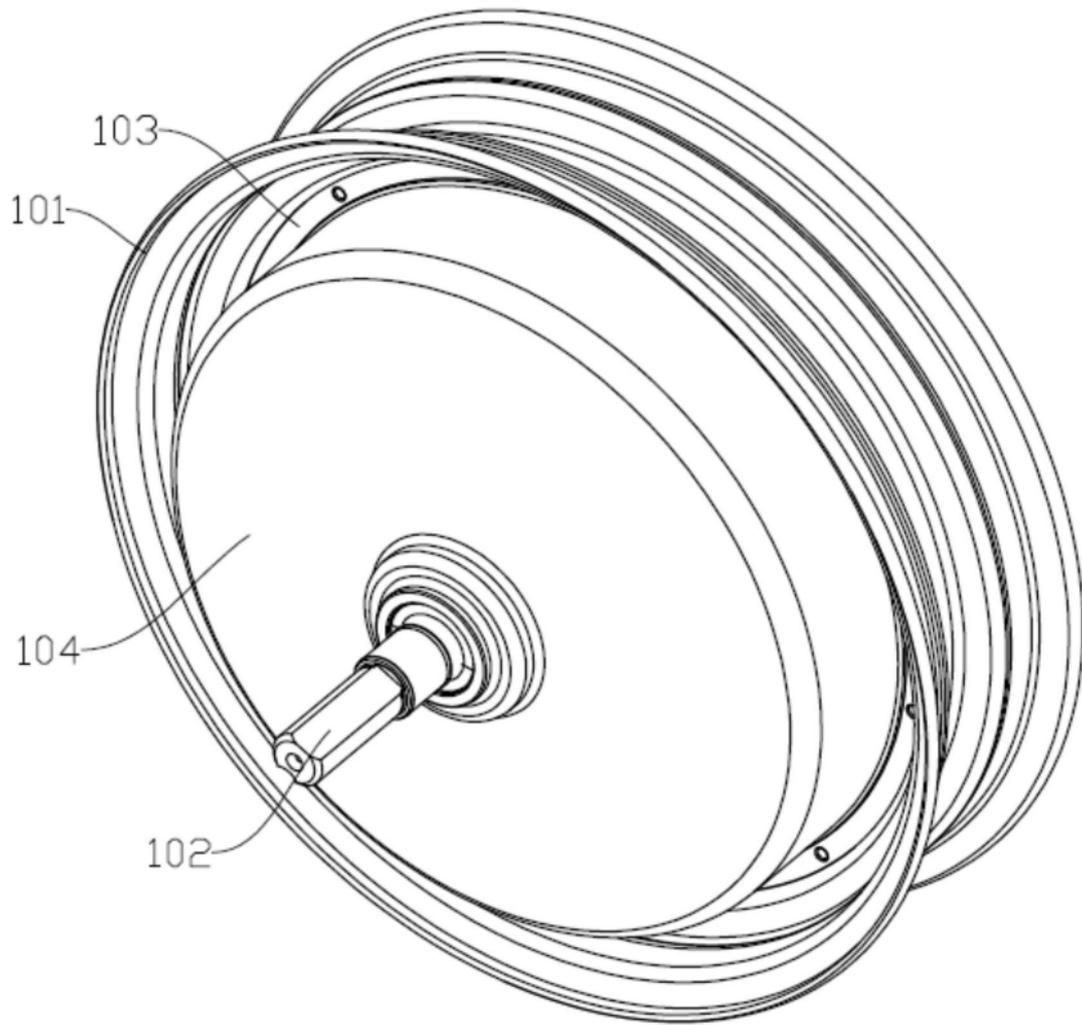


图1

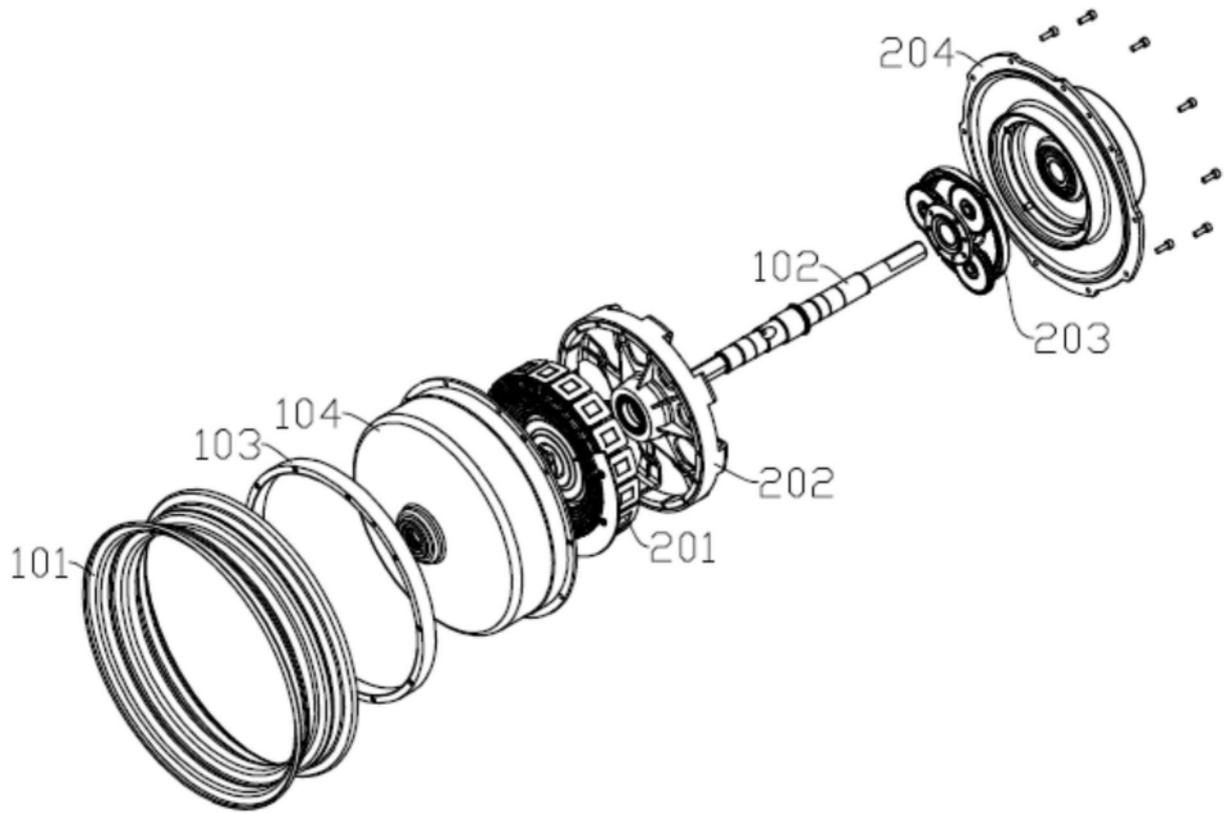


图2

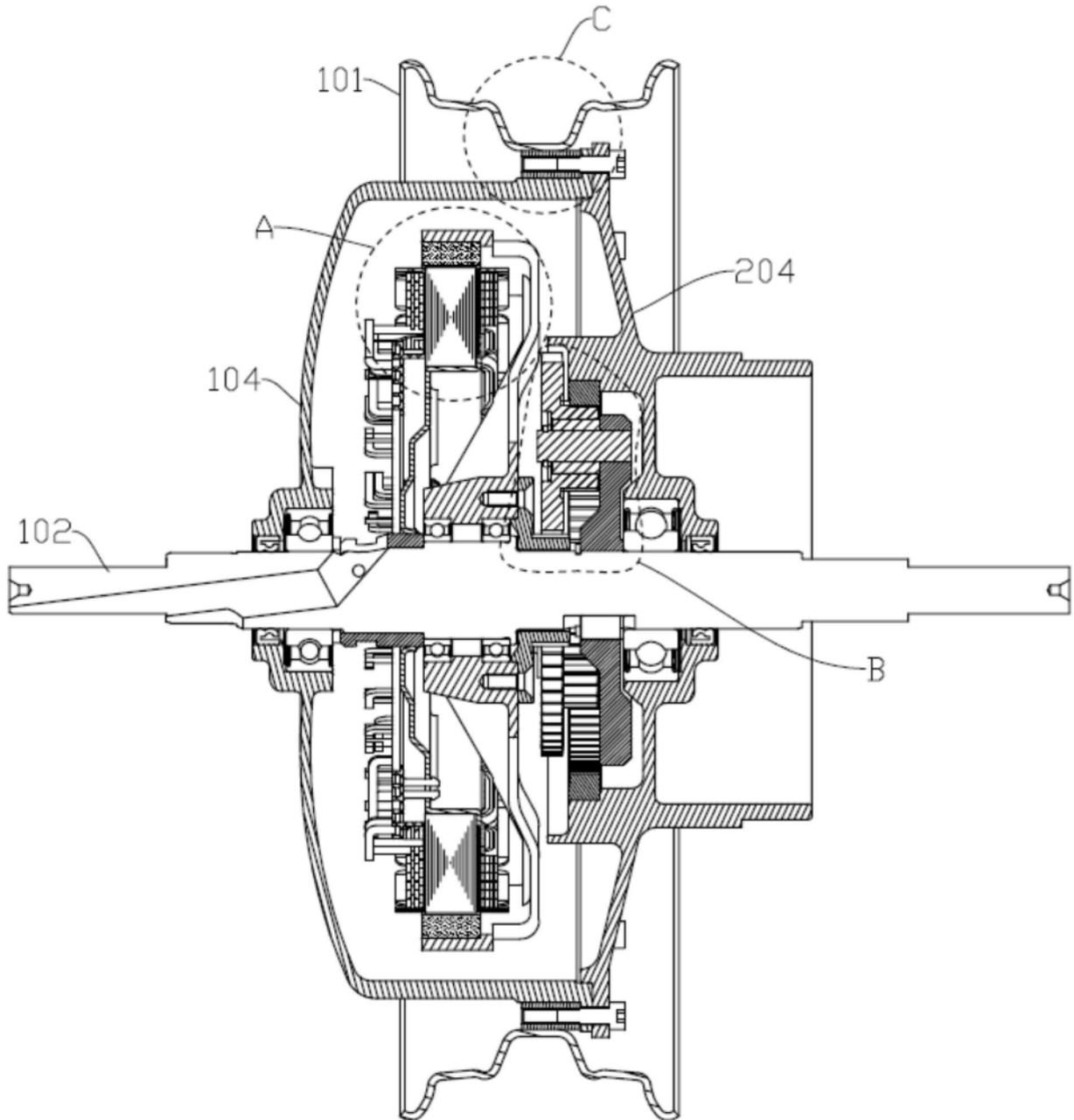


图3

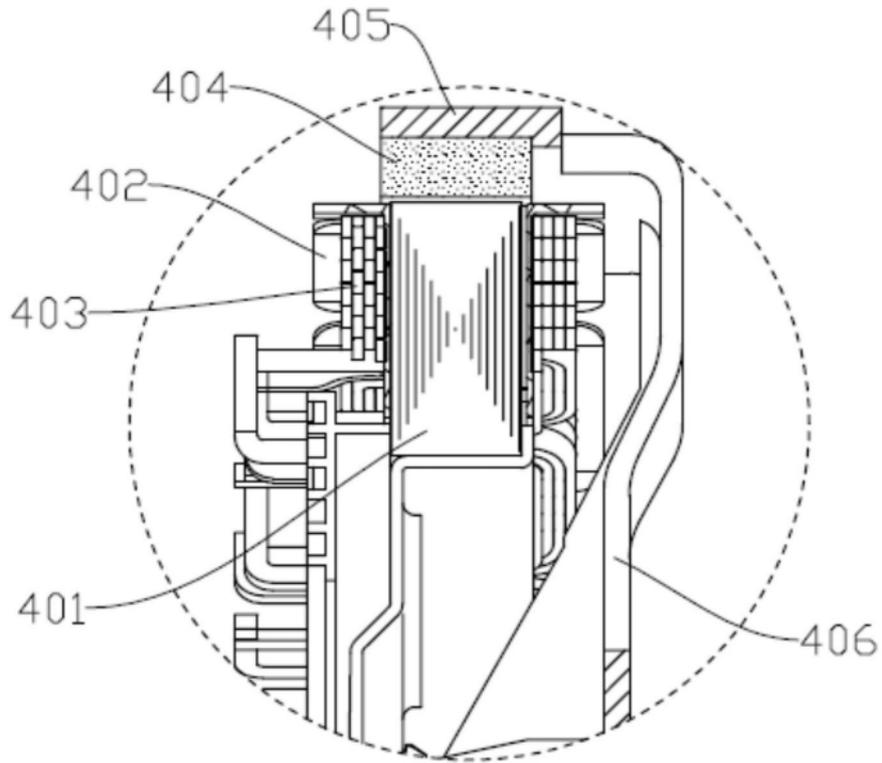


图4

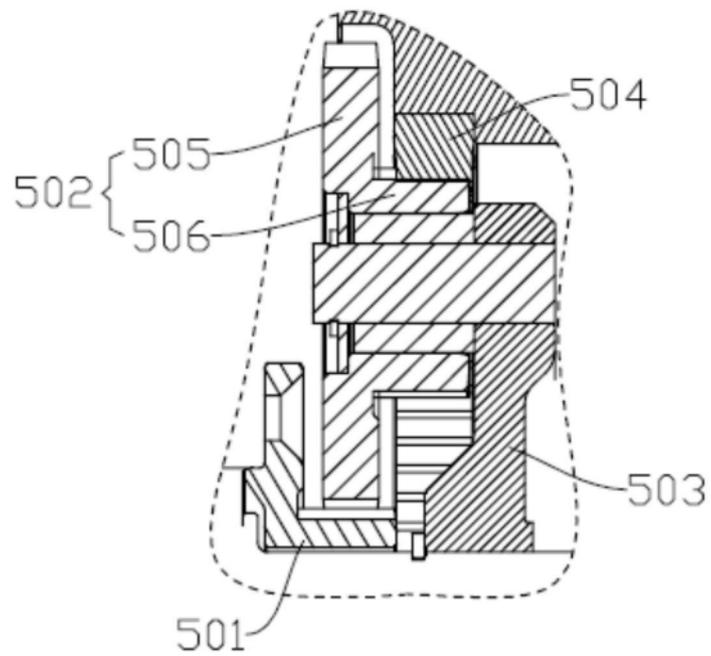


图5

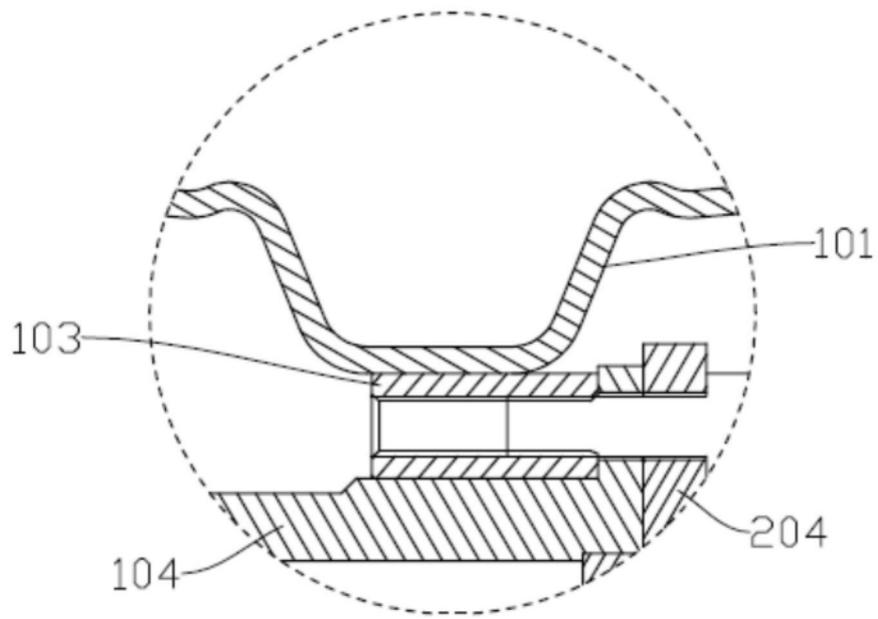


图6

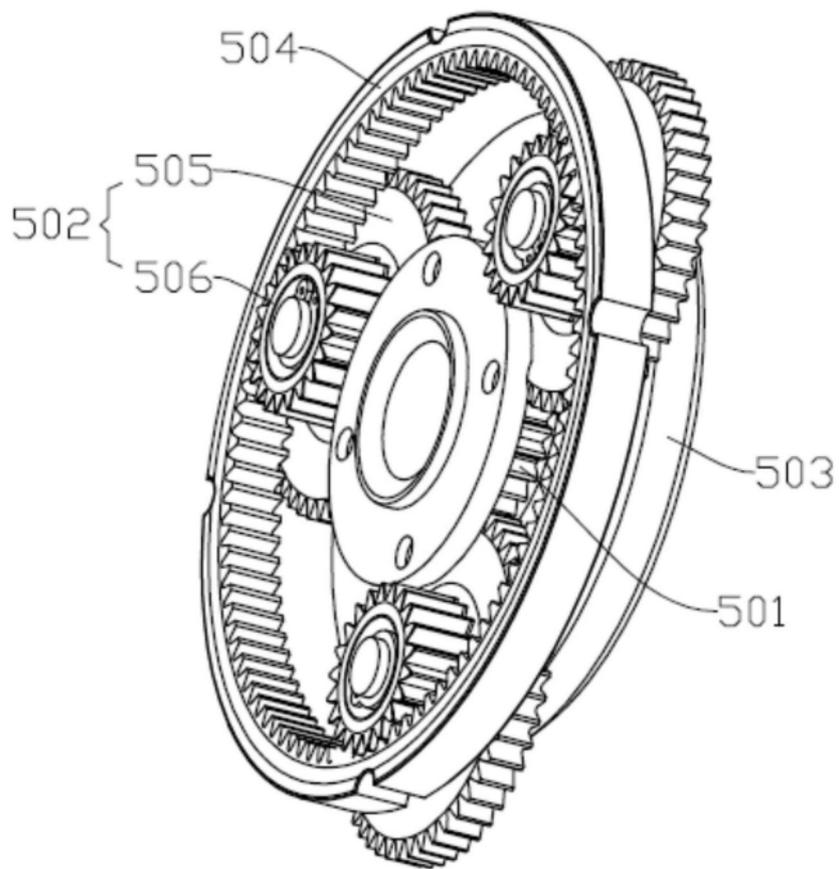


图7

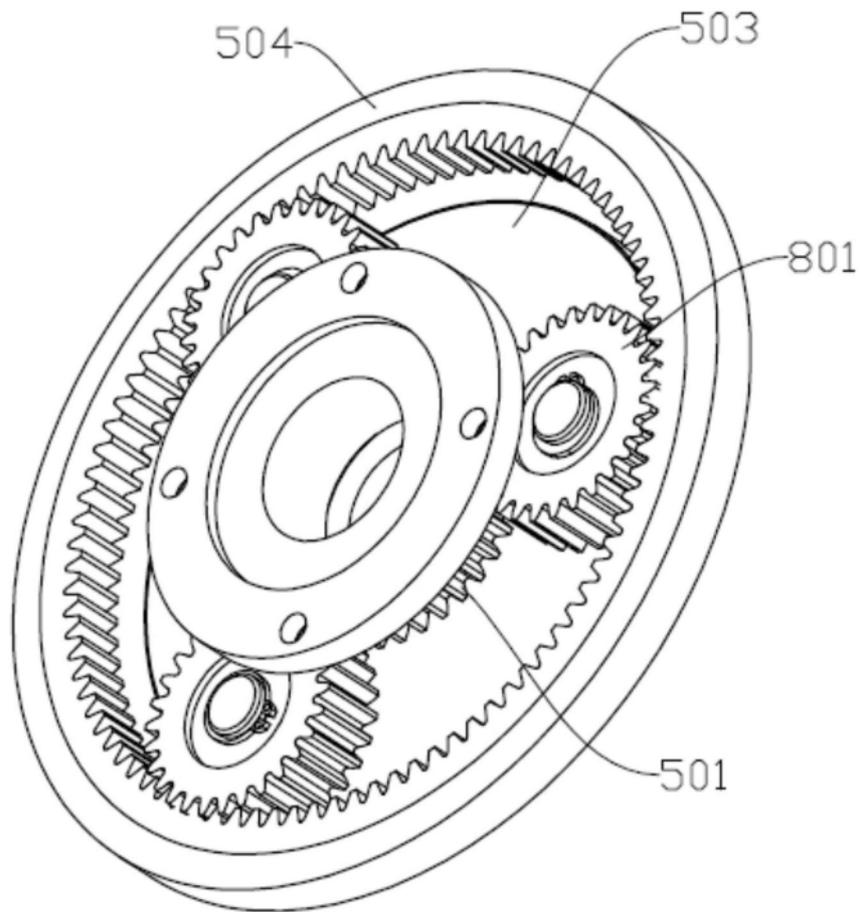


图8

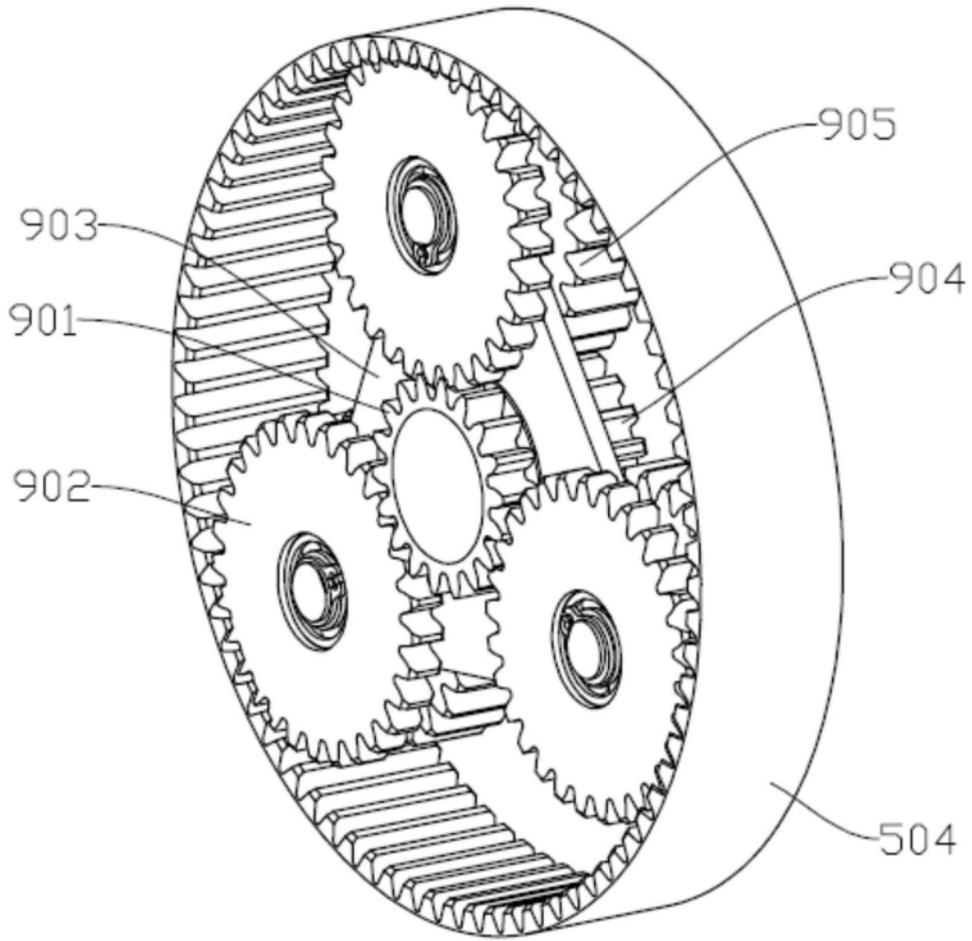


图9

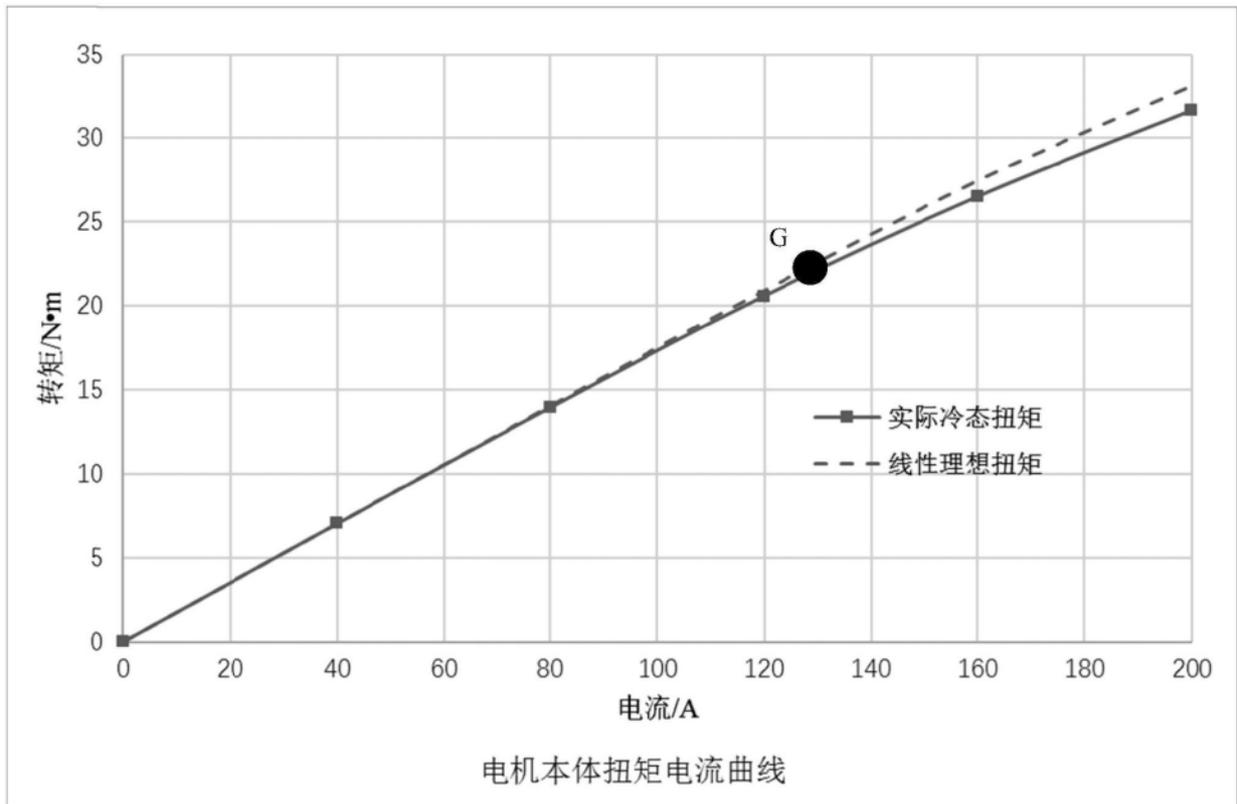


图10

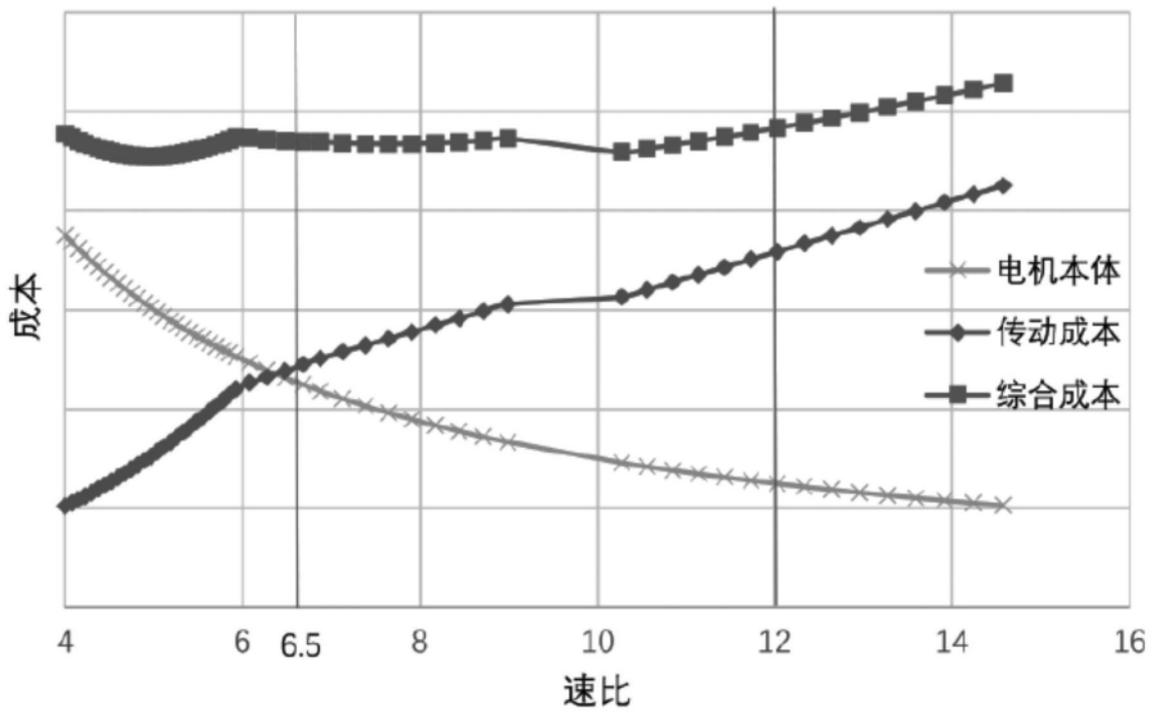


图11

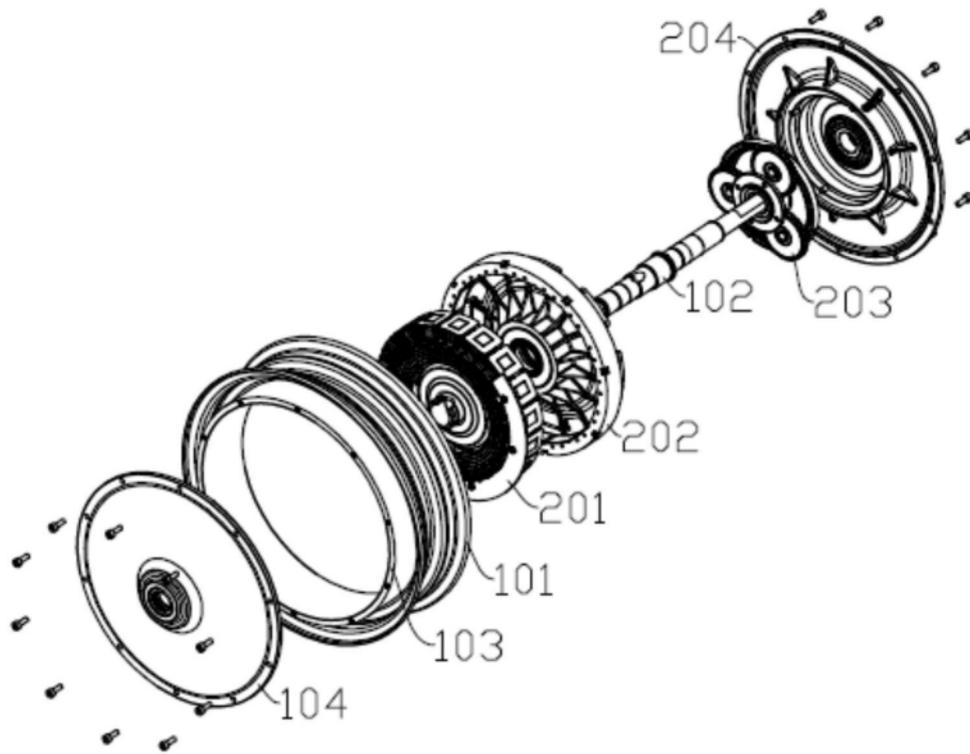


图12

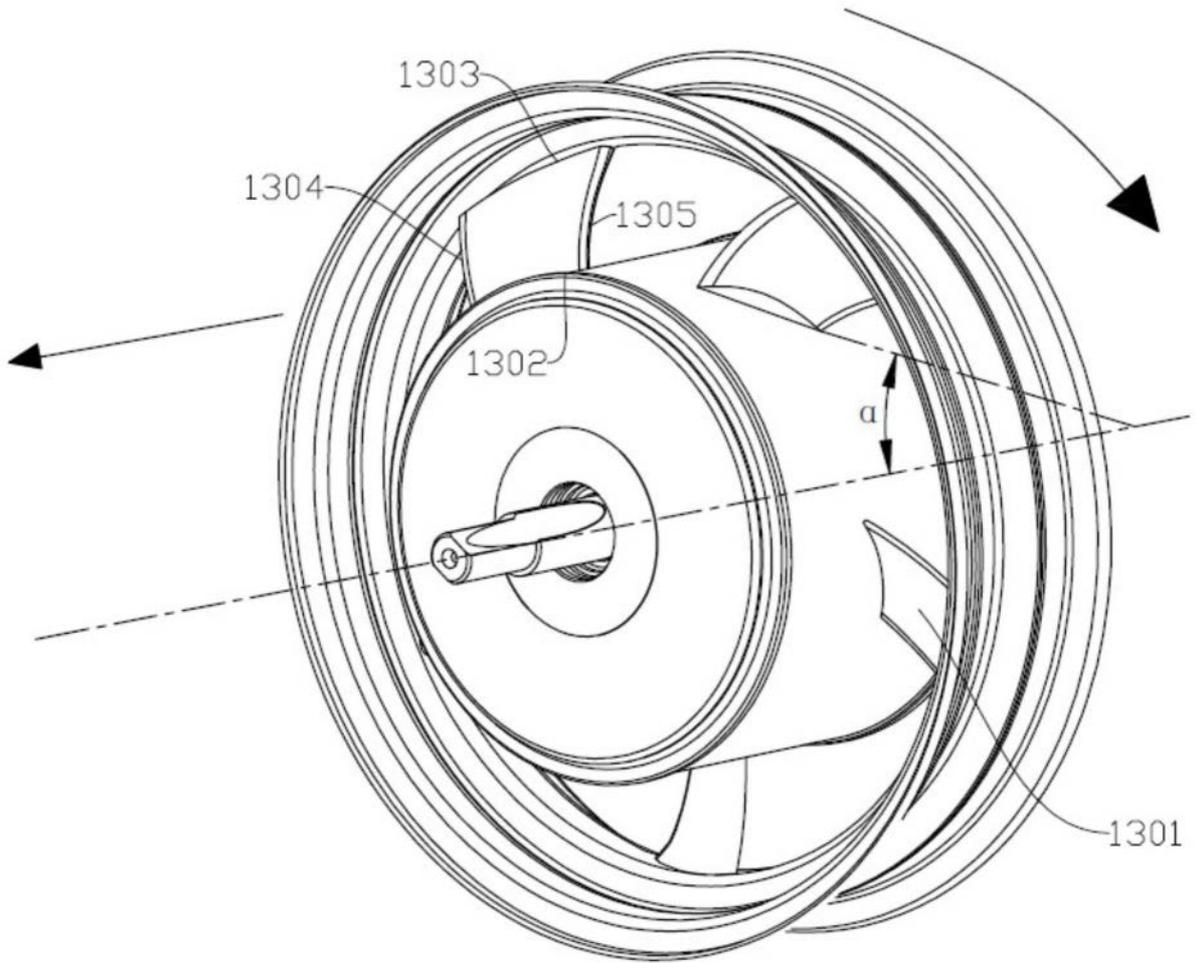


图13

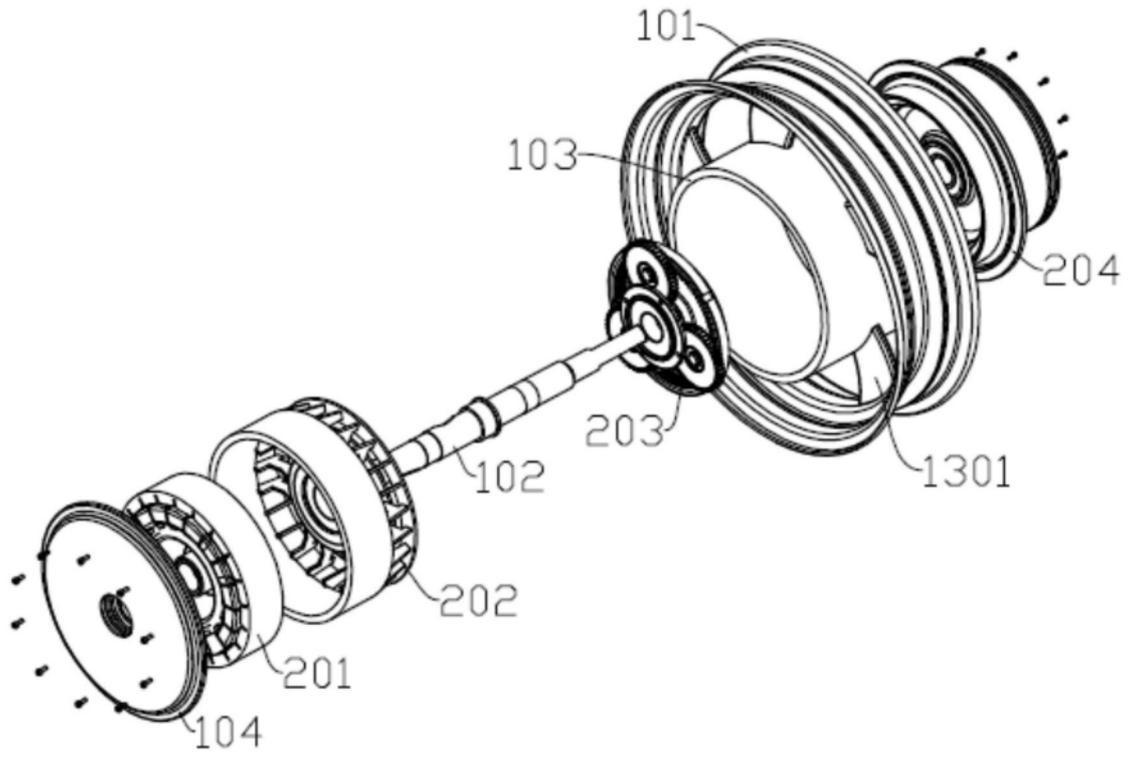


图14

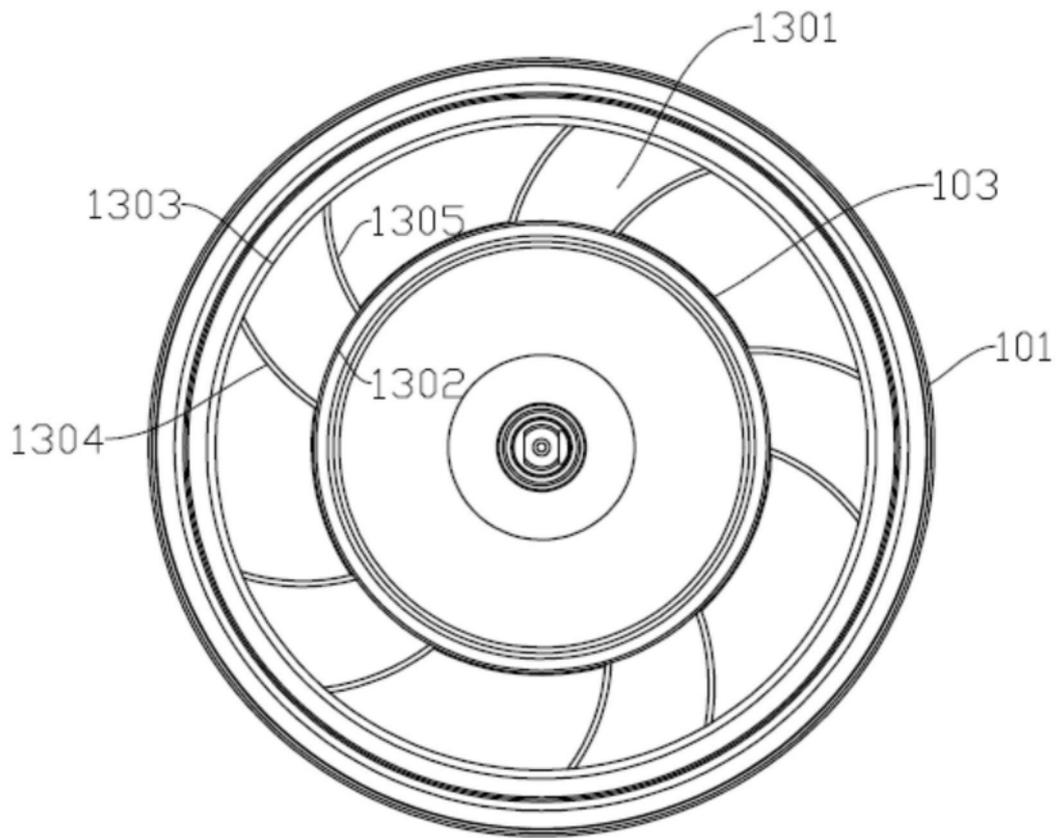


图15

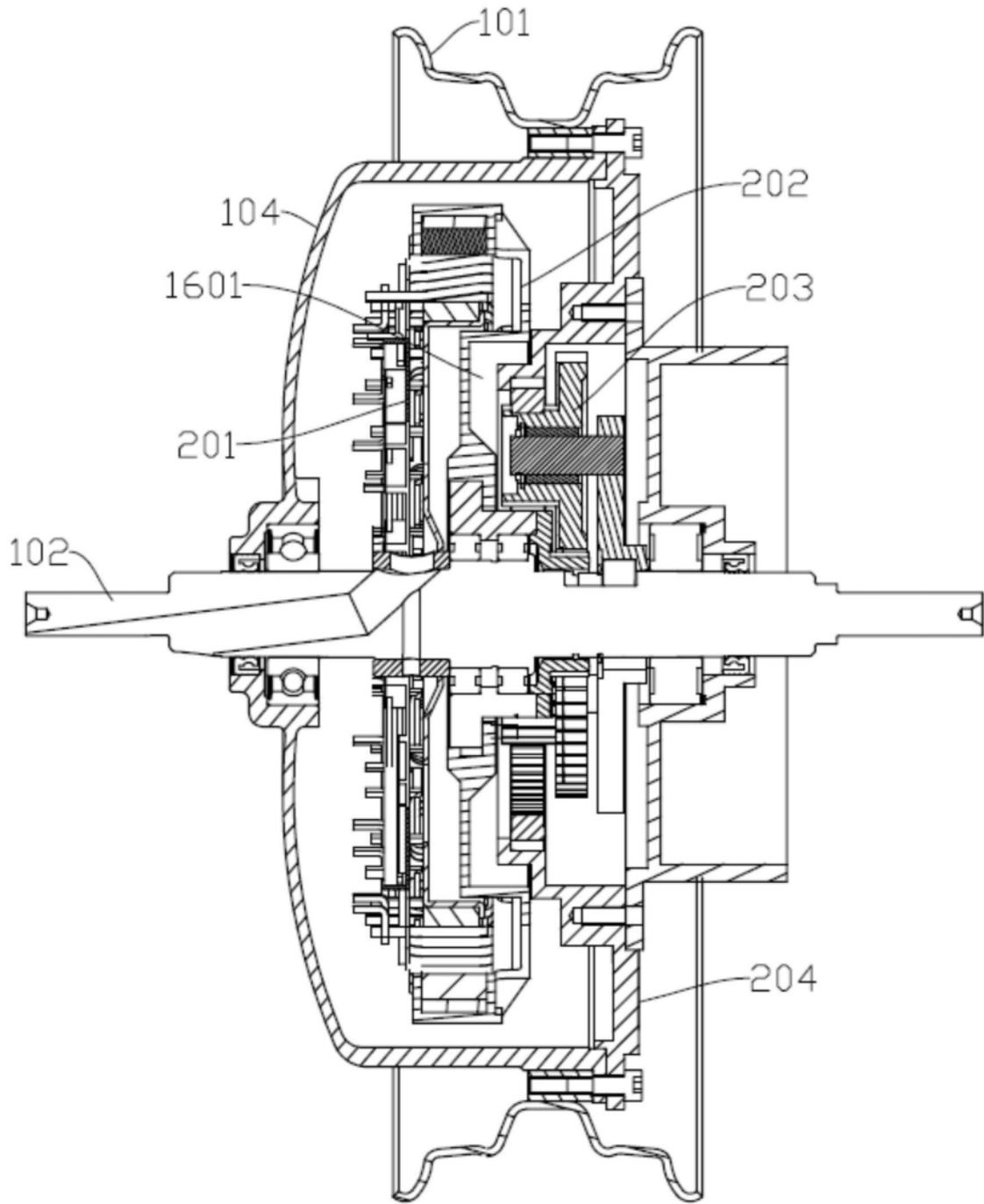


图16

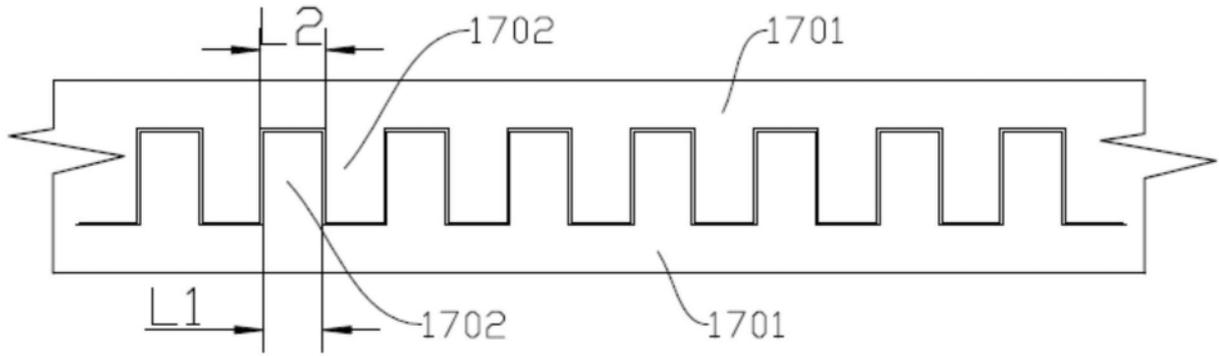


图17

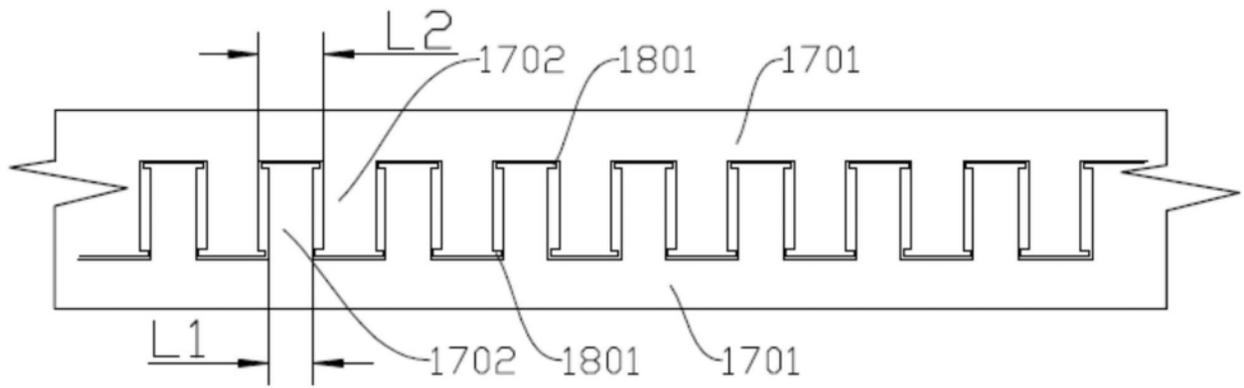


图18