(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 110707872 B
(45)授权公告日 2021.03.23

(21)申请号 201910961059.X

(22)申请日 2019.09.30

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 110707872 A

(43)申请公布日 2020.01.17

(73)专利权人 宝能汽车集团有限公司
地址 518023 广东省深圳市罗湖区笋岗街道宝安北路2088号深业物流大厦1008

(72)发明人 李顺全

(74)专利代理机构 广州三环专利商标代理有限公司 44202
代理人 郝传鑫 熊永强

(51)Int.Cl.
H02K 9/19(2006.01)
H02K 9/197(2006.01)
H02K 3/34(2006.01)
B60K 7/00(2006.01)
H02K 7/00(2006.01)

(56)对比文件
CN 209104954 U,2019.07.12
CN 209104954 U,2019.07.12
CN 106655633 A,2017.05.10
CN 110022029 A,2019.07.16
GB 2495726 A,2013.04.24

审查员 李娟娟

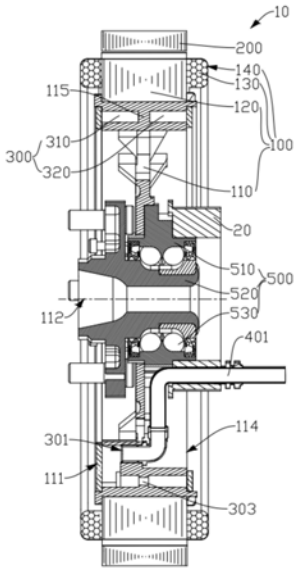
权利要求书2页 说明书6页 附图7页

(54)发明名称

轮毂电机及汽车

(57)摘要

本申请涉及一种轮毂电机，包括定子和同轴套设于所述定子外的转子。所述定子外侧设有铁芯，所述铁芯用于驱动所述转子转动。所述定子还包括设有液冷通道的支架，所述液冷通道包括进水口和出水口，以及平行设置的第一环形液路和第二环形液路。所述第一环形液路和所述第二环形液路相互连通且分别还连通有所述进水口和所述出水口。汽车的冷却液从所述进水口流经所述第一环形液路、所述连接孔和所述第二环形液路之后到达所述出水口，以实现对所述铁芯的冷却降温。本申请所述轮毂电机的所述液冷通道结构空间布置优化，采用圆周走向水路，减少了水流阻力。同时充分利用内部的轴向空间，可有效控制轮毂电机的轴向尺寸。



CN 110707872 B

1.一种轮毂电机，其特征在于，包括固定连接于汽车的车身的定子，以及同轴套设于所述定子外的转子，所述定子包括支架和铁芯，所述铁芯位于所述定子的外侧，所述铁芯用于驱动所述转子相对于所述定子转动，所述支架与所述铁芯贴合固定，所述支架用于支撑所述铁芯，所述支架内设有液冷通道，所述液冷通道包括进水口和出水口，以及平行设置的第一环形液路和第二环形液路，所述第一环形液路和所述第二环形液路均环绕所述支架的轴线设置并沿着所述轴线的方向平行安装于所述支架内，所述第一环形液路与所述进水口连通，所述第二环形液路与所述出水口连通，所述第一环形液路远离所述进水口的一端和所述第二环形液路远离所述出水口的一端之间还设有连接孔，所述连接孔连通所述第一环形液路和所述第二环形液路以形成冷却液路径，所述支架设有连接区，所述连接区位于所述支架靠近所述车身的一侧端面处，所述进水口和所述出水口均位于所述连接区内，且所述连接孔在所述端面的投影也位于所述连接区内，所述连接孔在所述连接区内的投影位于所述进水口或所述出水口与所述铁芯之间，所述轮毂电机还包括同轴套设于所述定子内的轮毂轴承，所述轮毂轴承包括相互转动的内圈和外圈，所述第一环形液路位于所述支架相对于所述外圈更靠近所述铁芯的一侧，所述第二环形液路也位于所述支架相对于所述外圈更靠近所述铁芯的一侧。

2.根据权利要求1所述的轮毂电机，其特征在于，所述液冷通道还包括第三环形液路，所述第三环形液路沿所述轴线的方向位于所述第一环形液路和所述第二环形液路之间，所述第三环形液路也沿所述轴线环绕设置于所述支架内，所述连接孔的数量为至少两个，所述第三环形液路的相对两端分别通过所述连接孔与所述第一环形液路和所述第二环形液路连通。

3.根据权利要求2所述的轮毂电机，其特征在于，所述第三环形液路为多个，所述连接孔的数量也为多个，所述连接孔还连通于任意相邻的两个所述第三环形液路之间。

4.根据权利要求2所述的轮毂电机，其特征在于，所述第一环形液路与所述第三环形液路之间，以及所述第二环形液路与所述第三环形液路之间均通过挡水板分隔，所述挡水板固定于所述支架内。

5.根据权利要求1所述的轮毂电机，其特征在于，所述支架内还设置有位于所述第一环形液路与所述第二环形液路之间的支撑桥，所述支撑桥连接所述支架靠近轮毂轴承的一侧和所述支架靠近所述铁芯的一侧。

6.根据权利要求1-5任一项所述的轮毂电机，其特征在于，所述轮毂电机还设有进水管和出水管，所述进水管和所述出水管分别与所述进水口和所述出水口连接，所述进水管和所述出水管远离所述连接区的一端还分别连通所述汽车的冷却系统。

7.根据权利要求1-5任一项所述的轮毂电机，其特征在于，所述外圈沿所述轴线方向的相对两端分别与所述车身和所述支架固定连接，所述内圈在远离所述车身一侧通过连接桥与所述转子固定连接，所述连接桥沿所述转子的周向均布于所述转子和所述内圈之间，所述内圈用于支撑所述转子以使得所述转子与所述铁芯之间形成环形间隙。

8.根据权利要求1-5任一项所述轮毂电机，其特征在于，所述定子还包括漆包线绕组和绝缘纸，所述绝缘纸包覆于所述漆包线绕组的外侧，所述漆包线绕组沿所述轴线方向分别设置于所述铁芯两侧。

9.一种汽车，其特征在于，包括车身和轮胎，所述轮胎包括上述权利要求1-8任一项所

述的轮毂电机。

轮毂电机及汽车

技术领域

[0001] 本申请涉及汽车领域，尤其涉及一种具有良好散热能力的轮毂电机以及包含所述轮毂电机的汽车。

背景技术

[0002] 在现有的电动汽车轮毂电驱动力系统技术中，轮毂电机外转子技术方案中驱动电机结构一般采用水路结构作为冷却系统来调节其工作时的温度。然而，现有的驱动电极结构的冷却系统水路结构大多存在设计复杂，模具开发周期长的问题，导致轮毂电机空间利用率低，制造工艺困难，成本高。此外，现有的外转子轮毂电机普遍存在由于冷却水路流向拐角多，导致水阻较大，驱动系统的冷却散热效果差的缺陷。

发明内容

[0003] 本申请提出一种具有良好散热能力的轮毂电机，具体包括如下技术方案：

[0004] 一种轮毂电机，包括固定连接于汽车的车身的定子，以及同轴套设于所述定子外的转子，所述定子包括支架和铁芯，所述铁芯位于所述定子的外侧，所述铁芯用于驱动所述转子相对于所述定子转动，所述支架与所述铁芯贴合固定，所述支架用于支撑所述铁芯，所述支架内设有液冷通道，所述液冷通道包括进水口和出水口，以及平行设置的第一环形液路和第二环形液路，所述第一环形液路和所述第二环形液路均环绕所述支架的轴线设置并沿着所述轴线的方向平行安装于所述支架内，所述第一环形液路与所述进水口连通，所述第二环形液路与所述出水口连通，所述第一环形液路远离所述进水口的一端和所述第二环形液路远离所述出水口的一端之间还设有连接孔，所述连接孔连通所述第一环形液路和所述第二环形液路以形成冷却液路径。

[0005] 其中，所述支架设有连接区，所述连接区位于所述支架靠近所述车身的一侧端面处，所述进水口和所述出水口均位于所述连接区内，且所述连接孔在所述端面的投影也位于所述连接区内。

[0006] 其中，所述液冷通道还包括第三环形液路，所述第三环形液路沿所述轴线的方向位于所述第一环形液路和所述第二环形液路之间，所述第三环形液路也沿所述轴线环绕设置于所述支架内，所述连接孔的数量为至少两个，所述第三环形液路的相对两端分别通过所述连接孔与所述第一环形液路和所述第二环形液路连通。

[0007] 其中，所述第三环形液路为多个，所述连接孔的数量也为多个，所述连接孔还连通于任意相邻的两个所述第三环形液路之间。

[0008] 其中，所述第一环形液路与所述第三环形液路之间，以及所述第二环形液路与所述第三环形液路之间均通过挡水板分隔，所述挡水板固定于所述支架内。

[0009] 其中，所述支架内还设置有位于所述第一环形液路与所述第二环形液路之间的支撑桥，所述支撑桥连接所述支架靠近轮毂轴承的一侧和所述支架靠近所述铁芯的一侧。

[0010] 其中，所述轮毂电机还设有进水管和出水管，所述进水管和所述出水管分别与所

述进水口和所述出水口连接，所述进水管和所述出水管远离所述连接区的一端还分别连通所述汽车的冷却系统。

[0011] 其中，所述轮毂电机还包括同轴套设于所述定子内的轮毂轴承，所述轮毂轴承包括相互转动的内圈和外圈，所述外圈沿所述轴线方向的相对两端分别与所述车身和所述支架固定连接，所述内圈在远离所述车身一侧通过连接桥与所述转子固定连接，所述连接桥沿所述转子的周向均布于所述转子和所述内圈之间，所述内圈用于支撑所述转子以使得所述转子与所述铁芯之间形成环形间隙。

[0012] 其中，所述定子还包括漆包线绕组和绝缘纸，所述绝缘纸包覆于所述漆包线绕组的外侧，所述漆包线绕组沿所述轴线方向分别设置于所述铁芯两侧。

[0013] 本申请还涉及一种汽车，包括车身和轮胎，所述轮胎包括有上述的轮毂电机。

[0014] 本申请轮毂电机通过所述定子与所述汽车的车身固定连接，并通过同轴套设于所述定子外的转子来驱动所述汽车的轮胎转动。其中所述定子包括支架和位于所述定子最外侧的铁芯，所述轮毂电机通过所述支架与所述铁芯贴合固定以定位所述铁芯。而在所述支架的内部，设有用于对所述铁芯进行冷却的液冷通道。所述液冷通道通过沿所述支架的回转轴线平行设置的所述第一环形液路和所述第二环形液路，使得冷却液在所述第一环形液路与所述第二环形液路中流动时均能够在所述支架内部靠近所述铁芯的位置对所述铁芯进行散热。进一步的，通过连接于所述第一环形液路远离所述进水口一端和所述第二环形液路远离所述出水口一端之间的连接孔，使得所述汽车的冷却液能够在所述液冷通道中实现循环流动。冷却液在所述液冷通道中先进入所述进水口，然后流经所述第一环形液路、所述连接孔和所述第二环形液路，最后从所述出水口流出。因为所述第一环形液路和所述第二环形液路均沿所述轴线环绕设置于所述支架内，因此所述铁芯的周向上任意位置都能获得所述液冷通道的散热。本申请所述轮毂电机的所述液冷通道结构空间布置优化，采用圆周走向水路，减少了水流阻力。同时充分利用所述定子内部的轴向空间，可有效控制所述轮毂电机的轴向尺寸。

附图说明

[0015] 为了更清楚地说明本申请实施例的技术方案，下面将对本申请实施例描述中所需要使用的附图作简单地介绍。

[0016] 图1是本申请一种实施例中提供的轮毂电机的结构示意图；

[0017] 图2是本申请一种实施例中提供的轮毂电机的截面示意图；

[0018] 图3是本申请一种实施例中提供的轮毂电机的局部结构示意图；

[0019] 图4是本申请另一种实施例中提供的轮毂电机的截面示意图；

[0020] 图5是本申请另一种实施例中提供的液冷通道第一层液路的示意图；

[0021] 图6是本申请另一种实施例中提供的液冷通道第二层液路的示意图；

[0022] 图7是本申请另一种实施例中提供的液冷通道第三层液路的示意图；

[0023] 图8是本申请另一种实施例中提供的液冷通道第四层液路的示意图；

[0024] 图9是本申请另一种实施例中提供的液冷通道全路径的循环示意图。

具体实施方式

[0025] 下面将结合本申请实施例中的附图，对本申请实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例仅仅是本申请的一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本申请中的实施例，本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动的前提下所获得的所有其它实施例，都属于本申请保护的范围。

[0026] 请参看图1和2，图1是本申请一种实施例中提供的轮毂电机的结构示意图，图2是本申请一种实施例中提供的轮毂电机的截面示意图。如图1和2所示，本申请的轮毂电机10包括定子100、转子200以及轮毂轴承500。请参见图2，其中轮毂轴承500连接于汽车车身(图中未示)的轴头20上，轮毂轴承500用于实现轮毂电机10与轴头20之间的固定连接。定子100通过轮毂轴承500的外圈510固定连接于轴头20上，以使得定子100与汽车车身之间相互固定。转子200套设于定子100的外部，转子200与定子100为同轴设置。定子100包括支架110和铁芯120。其中铁芯120位于定子100的最外侧，支架110支撑于铁芯120与轮毂轴承500的外圈510之间。铁芯120与转子200配合，以驱动转子200相对于定子100转动，进而达到轮毂电机10通过驱动转子200的转动而带动汽车轮胎(图中未示)转动的目的。由于支架110需要对铁芯120形成固定支撑，因此支架110与铁芯120之间贴合固定。

[0027] 在图2的示意中，轮毂电机10在支架110的内部还设有液冷通道300。支架110包括远离轴头20的第一面111，液冷通道300在第一面111处设有进水口301和出水口302(请参看图1)。液冷通道300还包括设置于支架110内部的第一环形液路310和第二环形液路320。第一环形液路310和第二环形液路320均沿支架110的轴线112环绕设置于支架110内，且第一环形液路310和第二环形液路320沿轴线112的方向平行设置。一种实施例中，第一环形液路310与第二环形液路320的回转半径相等，即第一环形液路310和第二环形液路320相对于铁芯120的距离均相同。且第一环形液路310位于支架110相对于外圈510更靠近铁芯120的一侧。相应的，第二环形液路320也位于支架110相对于外圈510更靠近铁芯120的一侧。因为第一环形液路310和第二环形液路320沿轴线112的方向平行设置，因此液冷通道300得以在轴线112的方向上对铁芯120实现更均匀的散热效果。而因为第一环形液路310和第二环形液路320均绕轴线112环绕设置于支架110内、且位于支架110相对于外圈510靠近铁芯120的一侧，因此第一环形液路310和第二环形液路320还可以在铁芯120的周向上实现更均匀的散热效果。

[0028] 进一步的，第一环形液路310的一端与进水口301连通，第二环形液路320与出水口302连通，而第一环形液路310远离进水口301的一端和第二环形液路320远离出水口302的一端之间还设有连接孔303。连接孔303用于连通第一环形液路310和第二环形液路320。具体地，由于连接孔303分别连接于第一环形液路310远离进水口301的一端，以及第二环形液路320远离出水口302的一端，使得汽车的冷却液在液冷通道300中，需要先从进水口301进入液冷通道300，然后依次流经完整的第一环形液路310、连接孔303和完整的第二环形液路320，最后从出水口302流出，基于此，液冷通道300可以在支架110的内部形成了一个完整的冷却液循环通道。而鉴于前述的描述，液冷通道300通过第一环形液路310和第二环形液路320的设置，能够对铁芯120同时在其轴向和周向上都实现均匀的散热。而且，冷却液在流经第一环形液路310和第二环形液路320时，都形成了具有较大回转半径的流通路径，由此减小了水流阻力。此外，通过充分利用定子100内部的轴向空间，可有效控制本申请轮毂电机

10的轴向尺寸。

[0029] 一种实施例请参见图3，对于第一环形液路310和第二环形液路320的环形设置，因为进水口301和出水口302的设置，以及连接孔303沿轴线112贯穿于第一环形液路310和第二环形液路320之间，因此第一环形液路310和第二环形液路320的环形设置并不能完全闭合。也即第一环形液路310沿铁芯120的周向起始点位于进水口301处，在第一环形液路310沿铁芯120的周向环形延伸之后，其周向终点位于连接孔303处。而第二环形液路320在沿铁芯120的周向延伸时，其周向起始点位于连接孔302处，其周向终点位于出水口302处。由此，为了使得第一环形液路310和第二环形液路320能在沿铁芯120环绕延伸的方向上相对于铁芯120获得更大的配合角度，一种实施例，在支架110上设有连接区113(请参看图1)。连接区113可以位于支架110靠近车身的一侧端面114处，进水口301和出水口302均设置于连接区113内。且连接孔303在端面114上的投影也位于连接区113之内。同时，连接区113还可以位于第一面111处，进水口301和出水口302从支架110远离轴头20的第一面111处进入支架110内部。由此，进水口301和出水口302之间的排布更紧凑，同时因为连接孔303需要贯穿于第一环形液路310和第二环形液路320之间，因此为了避免连接孔303穿透第一环形液路310和第二环形液路320，连接孔303可相对于轴线112设置于进水口301和出水口302的外侧，即连接孔303在连接区113内的投影位于进水口301(或出水口302)与铁芯120之间。通过连接区113对进水口301、出水口302以及连接孔303的排布限制，可以使得第一环形液路310和第二环形液路320的流通路径更长，第一环形液路310和第二环形液路320作用于铁芯120上的冷却效果更好。

[0030] 支架110内还设置有位于第一环形液路310与第二环形液路320之间的支撑桥115。支撑桥115与支架110为一体结构，支撑桥115用于连接支架110靠近轮毂轴承500的一侧和支架110靠近铁芯120的一侧，以保证支架110的整体刚强度。因为支撑桥115与支架110为一体结构，还得以实现了第一环形液路310和第二环形液路320之间的密封分隔功能。在另一些实施例中，也可以通过搅拌摩擦焊来实现支撑桥115与支架110的连接固定。

[0031] 一种实施例请参见图4，为了进一步提高液冷通道300的冷却效果，在图4的实施例中，液冷通道300内还设置了第三环形液路330。第三环形液路330沿轴线112的方向位于第一环形液路310和第二环形液路320之间，且第三环形液路330也沿轴线112环绕设置于支架110内但其整体并未形成完全闭合结构。第三环形液路330的相对两端需要分别连通至第一环形液路310远离进水口301的一端，以及连通至第二环形液路320远离出水口302的一端，以实现液冷通道300的液路循环功能。可以理解的，第三环形液路330与第一环形液路310和第二环形液路320之间均分别通过连接孔303来实现连通。由此，在设有第三环形液路330的实施例中，连接孔303的数量至少为两个，且至少两个连接孔303在连接区113内的投影也位于进水口301远离轴线112一侧。

[0032] 在图4的实施例中，设置了两个第三环形液路330。在沿轴线112的方向上，两个第三环形液路330并排设置于第一环形液路310和第二环形液路320之间形成了两个冷却液路径，即液冷通道300总共在支架110内设置了四个并排的冷却液路径。四个并排的冷却液路径在沿轴线112的方向上可以与铁芯120形成更大的接触面积，对铁芯120的冷却效果更好。而两个第三环形液路330与第一环形液路310或第二环形液路320之间，均通过挡水板304实现分隔密封，即一个第三环形液路330与第一环形液路310之间通过一挡水板304分隔密封，

另一个第三环形液路330与第二环形液路320之间通过一挡水板304分隔密封。因为第三环形液路330在支架110内为密封结构，通过模具注塑等方式无法成型。因此不宜采用支撑桥115的方式来对第三环形液路330进行密封分隔，而需要采用搅拌摩擦焊的方式来固定挡水板304，以在支架110中形成多个第三环形液路330。

[0033] 请参见图5-图9的液路流经示意，在设置两个第三环形液路的方案中，连接孔303的数量为三个，三个连接孔303分别连接于第一环形液路310与第三环形液路330之间、两个第三环形液路330之间以及第三环形液路330与第二环形液路320之间。液冷通道300形成了包括四个并排的冷却液路径的冷却液循环通道。为了便于在下文中对冷却液路径的冷却液循环通道进行描述和说明，两个第三环形液路330可根据其所在的位置分别定义为：第三环形液路3301和第三环形液路3302。第一层冷却液循环通道即第一环形液路310的液路流向，通过连接孔303将液路流至第二层冷却液循环通道，即靠近第一环形液路310的第三环形液路3301中。然后，通过连接孔303再流入第三层冷却液循环通道，即靠近第二环形液路320的第三环形液路3302中，最后经过连接孔303流入第四层冷却液循环通道，即第二环形液路302中。最终形成了封闭且单向的循环液路，实现更好的冷却效果。

[0034] 而在其余实施例中，还可以进一步设置多个第三环形液路330，配合多个连接孔303的依次连通，使得支架110在沿轴线112的方向上能与铁芯120形成更大的散热面积，提高本申请轮毂电机10的散热效果。可以理解的，在任意两个相邻的第三环形液路330之间，都通过连接孔303来连通。

[0035] 请再次参看图4和图1，轮毂电机10还设有进水管401和出水管402。进水管401和出水管402均从轴头20中穿过，进水管401与液冷通道300的进水口301密封连接，出水管402与出水口302密封连接。进水管401和出水管402远离连接区113的一端还分别连通汽车的冷却系统(图中未示)。可以理解的，汽车的冷却系统中的冷却液从进水管401流入液冷通道300，在流经液冷通道300完成对铁芯120的制冷之后，温度升高的冷却液再通过出水管402流回冷却系统中去，实现循环制冷。本申请轮毂电机10中采用的冷却液可以是水，也可以是其它具有制冷功能的液体，并申请对此不作特殊限定。

[0036] 对于轮毂轴承500，在本申请轮毂电机10中，主要用作支撑转子200，并使得转子200与定子100的铁芯120之间形成环形间隙，保证轮毂电机10的可靠工作。具体的，轮毂轴承500同轴套设于定子100的内侧。轮毂轴承500包括相互转动的内圈520和外圈510，以及滚动支撑于内圈520和外圈510之间的若干滚珠530。外圈510沿轴线112的方向包括相对的两端，该相对两端分别与车身的轴头20以及支架110固定连接。通常的，外圈510与轴头20和支架110之间均采用过盈配合来实现固定连接。一些实施例中，轴头20和外圈510、支架110和外圈510之间还会采用螺栓连接等方式来进行加固。内圈520在滚珠530的支撑下，可以相对于外圈510绕着轴线112转动，且内圈520与外圈510之间的径向距离也在滚珠530的作用下处于相对固定的状态。内圈520在远离车身一侧通过连接桥(图中未示)与转子200固定连接，且连接桥的数量为多个，多个连接桥沿转子200的周向均布于转子200和内圈520之间。内圈520通过连接桥的作用，可以从轮毂电机10远离车身一侧跨过定子100，实现对转子200的支撑。且多个连接桥沿转子200的周向均布方式，有利于保证内圈520在绕轴线112的圆周方向上对转子200提供均匀且可靠的支撑，进而保证转子200与铁芯120之间形成均匀的环形间隙。

[0037] 请参阅图2和图4，一种实施例，定子100还包括漆包线绕组130和绝缘纸140。绝缘纸140包覆于漆包线绕组130的外侧，用于实现漆包线绕组130与外部绝缘。漆包线绕组130沿轴线112方向分别设置于铁芯120的两侧。漆包线绕组130作用于铁芯120，二者共同作以驱动转子200绕定子100转动。

[0038] 本申请涉及的汽车，有车身和轮胎(图中未示)，其中轮胎包括有上述的轮毂电机10。轮毂电机10因为定子100与车身的轴头20固定连接，而转子200与轮胎固定连接，因此汽车可以通过定子100对转子200的驱动，来形成轮胎相对于车身的转动，进而实现行驶的功能。可以理解的，本申请汽车因为采用了轮毂电机10的方案，而使得汽车在行驶过程中轮毂电机10的散热效果更佳，有利于提升车速或延长行驶里程。同时，因为本申请轮毂电机10充分利用了定子100内部的轴向空间，因而有效控制了汽车整体的轴向尺寸。

[0039] 以上所述的实施方式，并不构成对该技术方案保护范围的限定。任何在上述实施方式的精神和原则之内所作的修改、等同替换和改进等，均应包含在该技术方案的保护范围之内。

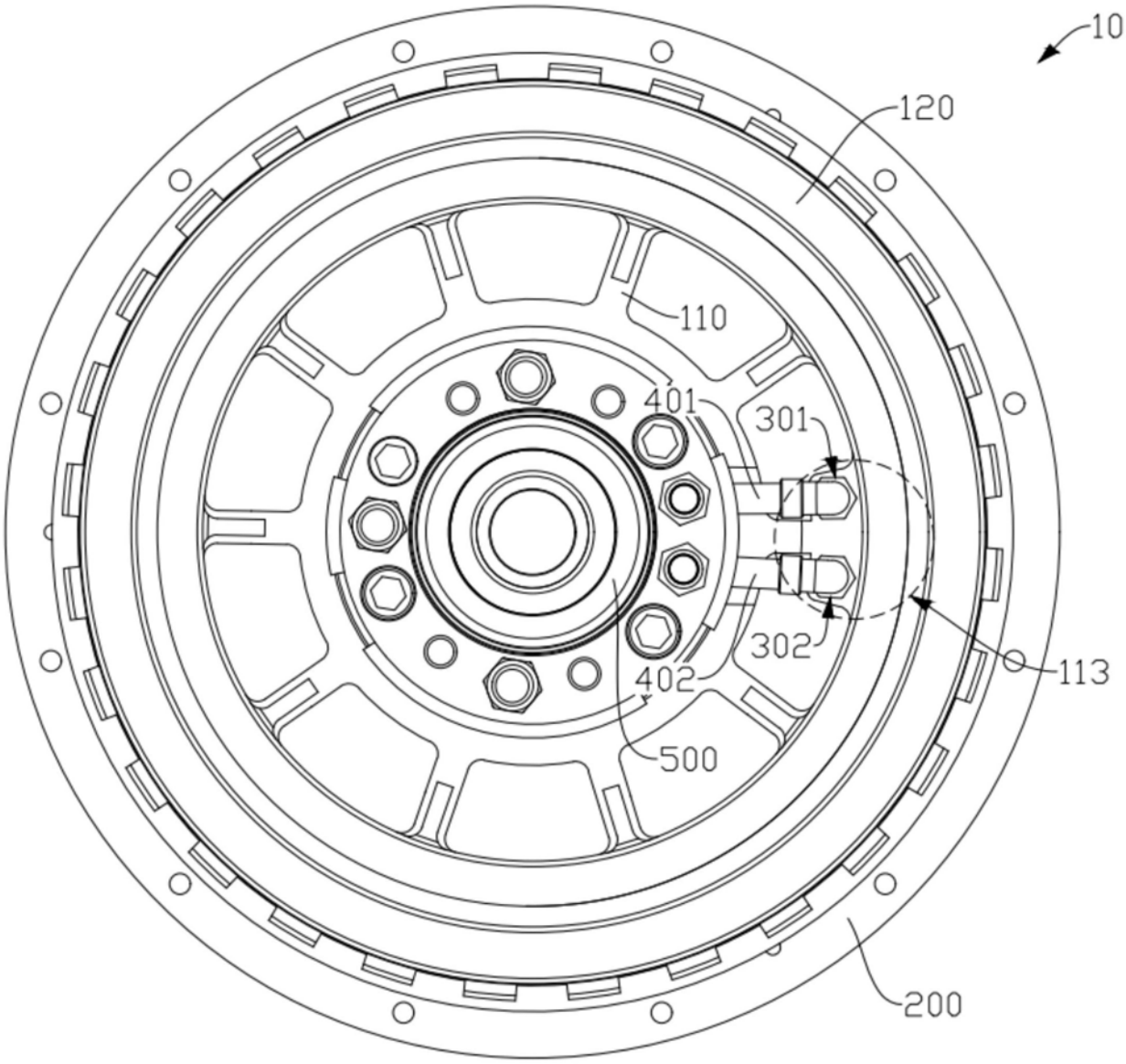


图1

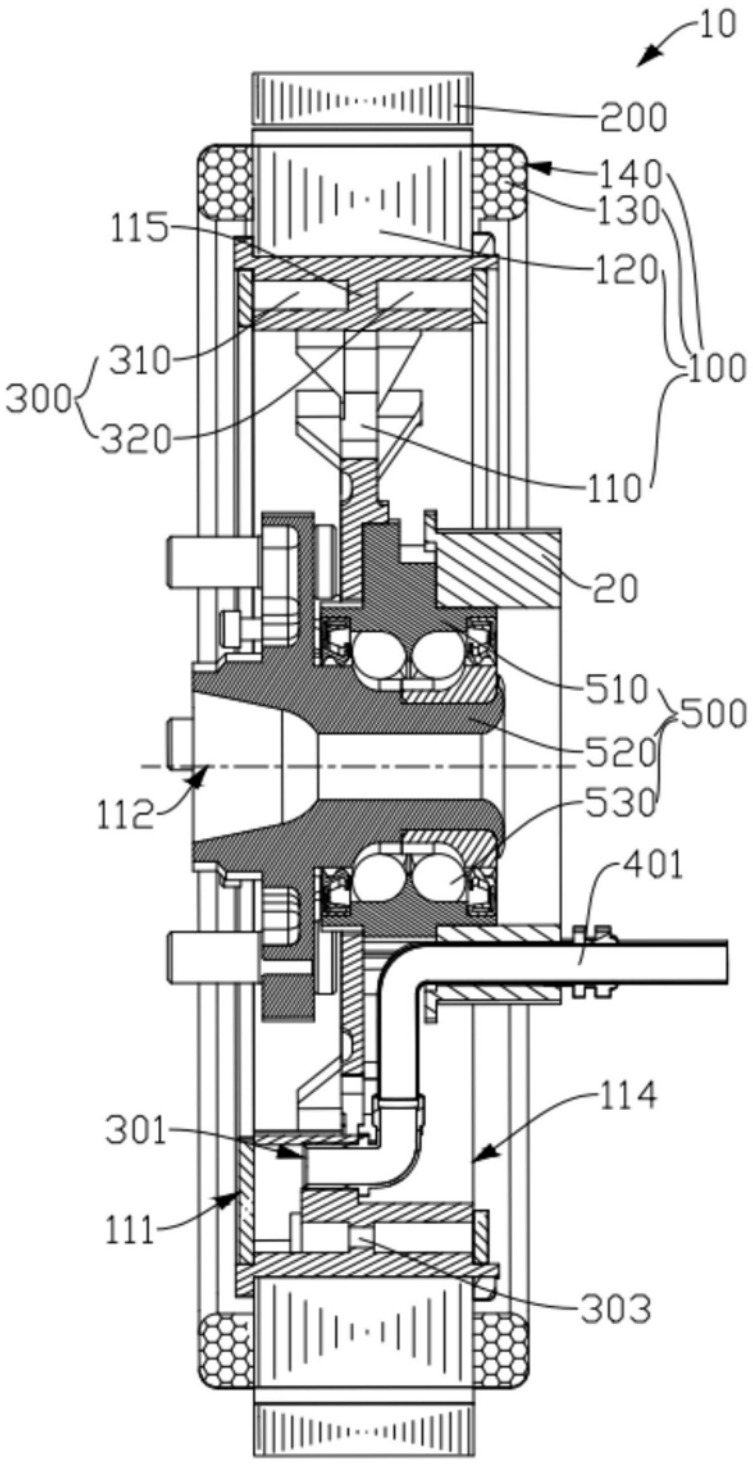

10
200
140
130
115
120
100
310
300
320
110
20
510
500
520
530
112
401
114
301
111
303

图2

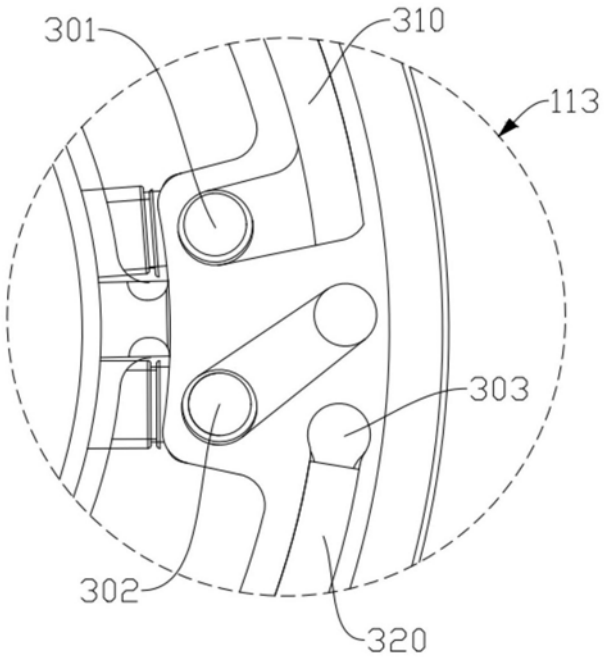


图3

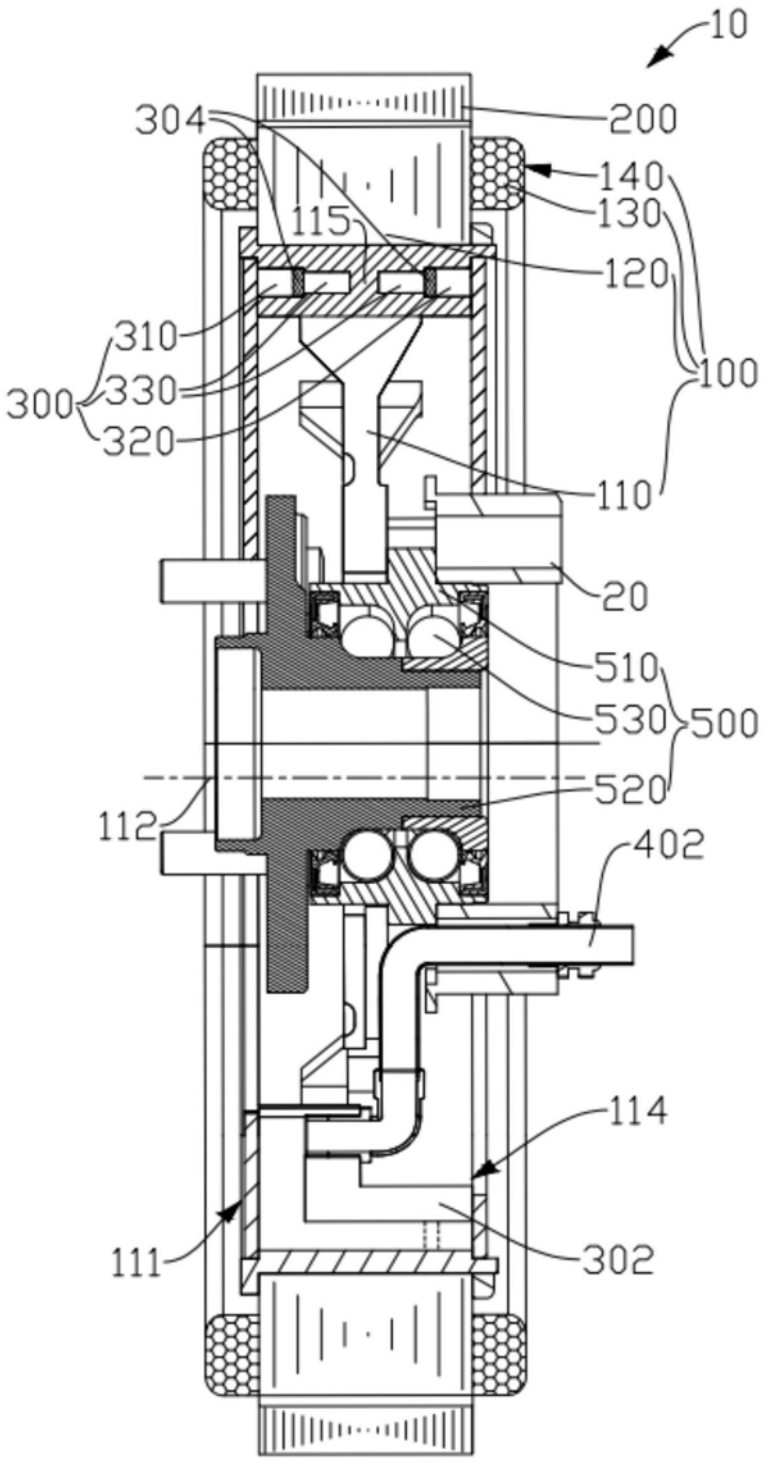

10
304
200
140
130
115
120
310
330
300
320
100
110
20
510
530
500
520
112
402
114
111
302

图4

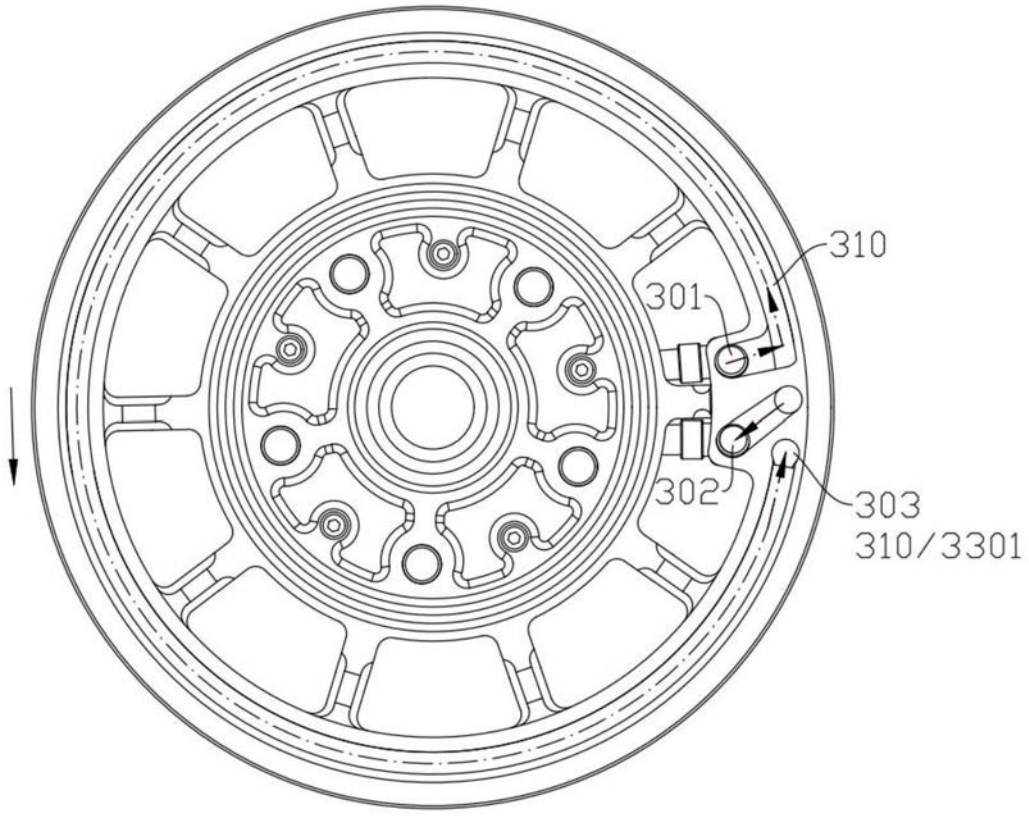


图5

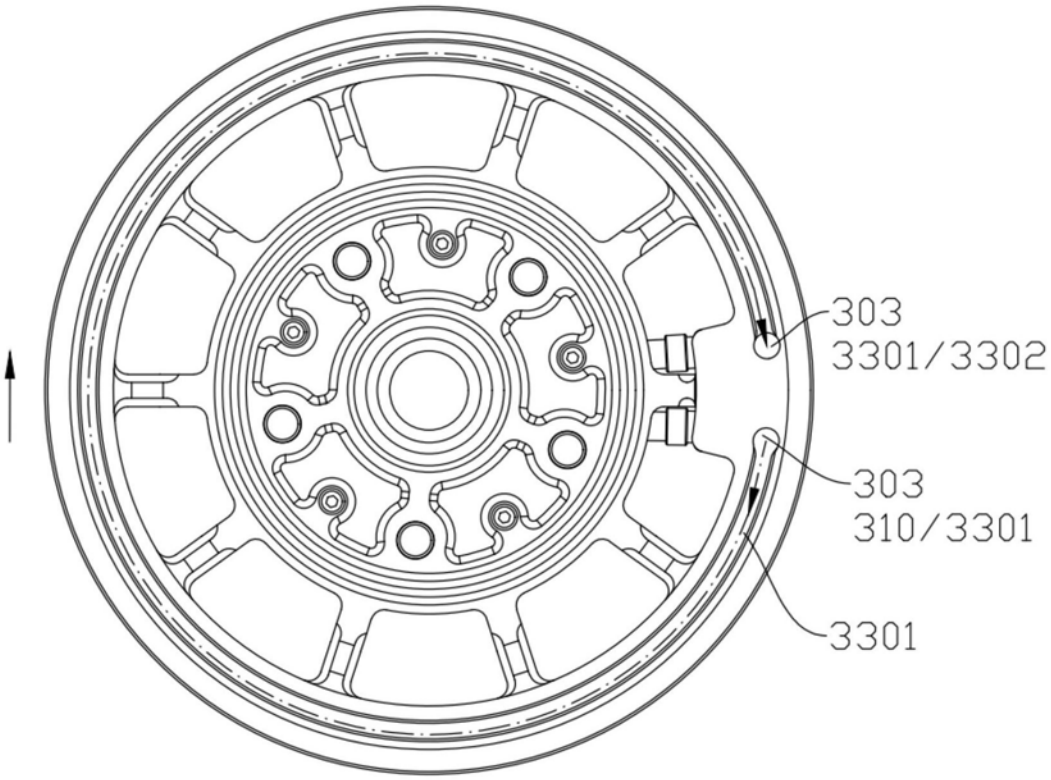

303
3301/3302
303
310/3301
3301

图6

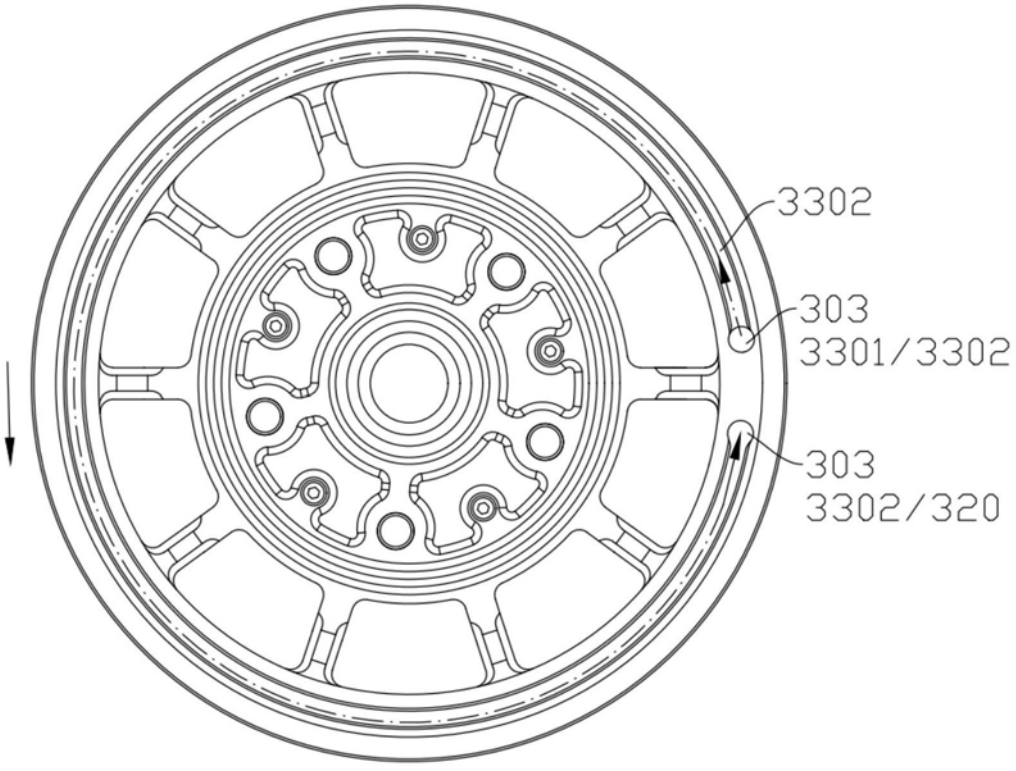

3302
303
3301/3302
303
3302/320

图7

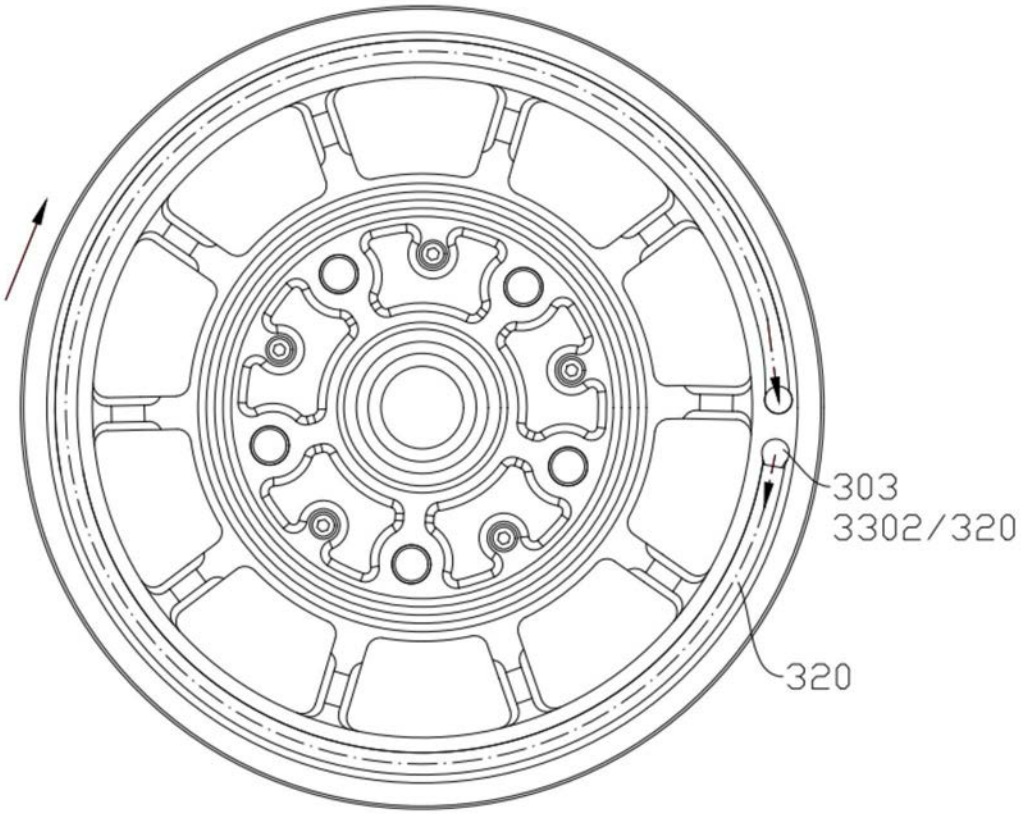

303
3302/320
320

图8

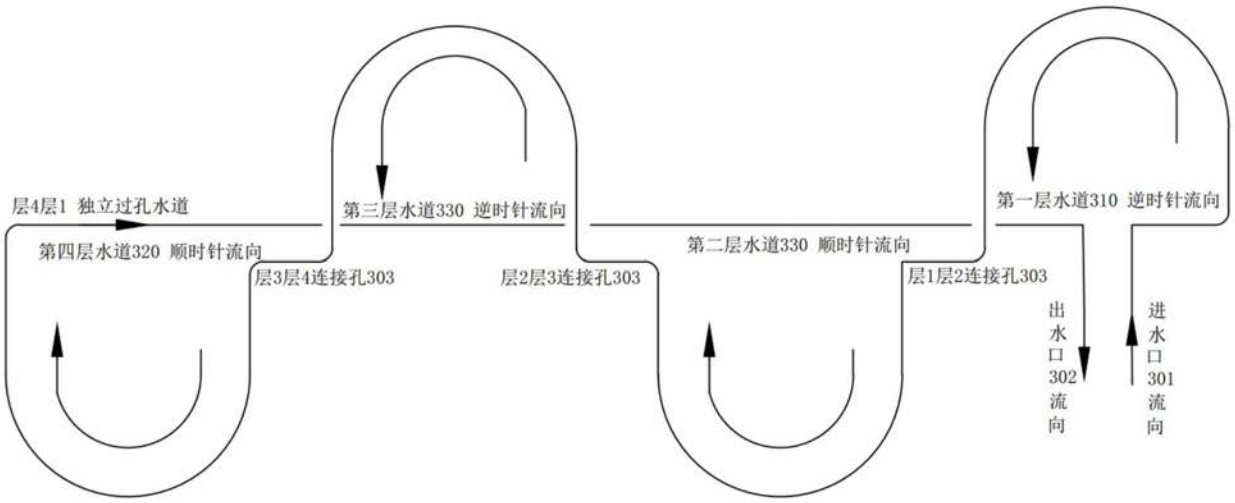

层4层1 独立过孔水道
第四层水道320 顺时针流向
第三层水道330 逆时针流向
层3层4连接孔303
层2层3连接孔303
第二层水道330 顺时针流向
第一层水道310 逆时针流向
层1层2连接孔303
出水口302流向
进水口301流向

图9