



# (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111614202 B

(45) 授权公告日 2025. 07. 04

(21) 申请号 202010517086.0

H02K 1/278 (2022.01)

(22) 申请日 2020.06.09

H02K 5/04 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

H02K 11/215 (2016.01)

申请公布号 CN 111614202 A

H02K 5/20 (2006.01)

H02K 5/18 (2006.01)

(43) 申请公布日 2020.09.01

(56) 对比文件

(73) 专利权人 上海舞肌科技有限公司

CN 212063761 U, 2020.12.01

地址 200433 上海市杨浦区国权北路1688

CN 210016365 U, 2020.02.04

弄80号202-20室

JP 2016163470 A, 2016.09.05

(72) 发明人 潘韞哲

审查员 王珂霖

(74) 专利代理机构 上海博杰专利代理事务所

(特殊普通合伙) 31358

专利代理师 朱永梅

(51) Int. Cl.

H02K 7/116 (2006.01)

H02K 7/08 (2006.01)

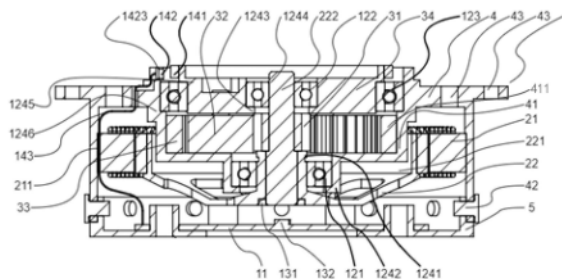
权利要求书2页 说明书8页 附图7页

(54) 发明名称

执行器及包含其的机器人

(57) 摘要

本发明涉及机器人技术领域,公开了一种执行器及包含其的机器人。该执行器包括:外壳、电机以及减速器;所述电机为内转子电机,包括:定子、具有环形转子空腔的转子以及与该转子固定连接或者为一体结构的转子轴;所述外壳的一端向内延伸形成安装架,所述安装架围成减速器安装腔,所述安装架与所述外壳的侧壁之间形成定子安装腔,所述定子设置于所述定子安装腔内;所述减速器与所述转子轴连接,且设置于所述减速器安装腔内,至少部分所述减速器安装腔位于所述环形转子空腔内。本发明实施例可提供体积更小、散热佳且性能更佳执行器,以满足高性能机器人,尤其是小型、微型高性能机器人的需求。



1. 一种执行器,其特征在于,应用于小型或微型机器人,包括:外壳、电机以及减速器;  
所述电机为内转子电机,包括:定子、具有环形转子空腔的转子以及与所述转子固定连接或者为一体结构的转子轴;

所述外壳的一端向内延伸形成安装架,所述安装架围成减速器安装腔,所述安装架与所述外壳的侧壁之间形成定子安装腔,所述定子设置于所述定子安装腔内;所述减速器与所述转子轴连接,且设置于所述减速器安装腔内,至少部分所述减速器安装腔位于所述环形转子空腔内;

所述环形转子空腔的直径大于或者等于所述定子外径的60%;

所述执行器还包括:第一轴承、第二轴承和第三轴承;

所述转子与所述安装架通过所述第一轴承配合固定;

所述减速器的输出机构与所述转子通过所述第二轴承配合固定;

所述减速器的输出机构与所述安装架通过所述第三轴承配合固定。

2. 根据权利要求1所述的执行器,其特征在于,所述电机的电机常数与所述电机重量之比大于或者等于 $1.5\text{Nm/kg}\sqrt{w}$ 。

3. 根据权利要求1所述的执行器,其特征在于,所述定子内径大于或者等于定子外径的75%。

4. 根据权利要求1所述的执行器,其特征在于,所述减速器为单级行星减速器。

5. 根据权利要求4所述的执行器,其特征在于,所述减速器的减速比大于或者等于3且小于或者等于10。

6. 根据权利要求4所述的执行器,其特征在于,所述单级行星减速器的减速机构部分或者完全位于所述环形转子空腔内。

7. 根据权利要求4所述的执行器,其特征在于,所述单级行星减速器的输入机构为太阳齿轮,所述太阳齿轮与所述转子轴固定;所述单级行星减速器的减速机构包括:固定于所述安装架的内齿圈以及与所述太阳齿轮和所述内齿圈啮合的行星齿轮,所述行星齿轮设置于所述安装架延伸形成的支撑台阶上。

8. 根据权利要求4至7中任一项所述的执行器,其特征在于,所述减速器的输出机构为行星架。

9. 根据权利要求8所述的执行器,其特征在于,所述执行器还包括输出法兰盘,所述行星架与所述输出法兰盘一体形成法兰行星架。

10. 根据权利要求1所述的执行器,其特征在于,所述执行器还包括用于限定所述第一轴承的轴向位置的第一限位结构、用于限定所述第二轴承的轴向位置的第二限位结构以及用于限定所述第三轴承的轴向位置得第三限位结构。

11. 根据权利要求10所述的执行器,其特征在于,所述第一限位结构包括:位于所述转子上的第一限位部以及由所述安装架延伸形成的第二限位部,所述第一限位部和所述第二限位部共同约束所述第一轴承的轴向位置。

12. 根据权利要求10所述的执行器,其特征在于,所述第二限位结构包括:设于所述减速器的输出机构上的第三限位部以及设置于所述转子轴处的第四限位部,所述第三限位部和所述第四限位部共同约束所述第二轴承的轴向位置。

13. 根据权利要求10所述的执行器,其特征在于,所述第三限位结构包括:位于所述减

速器的输出机构的第五限位部以及由所述安装架延伸形成的第六限位部,所述第五限位部和所述第六限位部共同约束所述第三轴承的轴向位置。

14. 根据权利要求1所述的执行器,其特征在于,所述执行器还包括盖合固定于所述外壳电机侧的壳盖以及固定于所述壳盖内侧的电路板。

15. 根据权利要求14所述的执行器,其特征在于,所述执行器还包括:电机侧编码器;所述电机侧编码器包括:固定于所述转子的电机侧编码盘以及固定于所述电路板的电机侧编码器读取装置。

16. 根据权利要求15所述的执行器,其特征在于,所述电机侧编码器为绝对值编码器。

17. 根据权利要求14所述的执行器,其特征在于,所述执行器还包括:输出侧编码器;所述输出侧编码器包括:固定于所述减速器输出机构的输出侧编码盘、固定于所述外壳的输出侧读取装置,所述输出侧读取装置通过导线连接所述电路板。

18. 根据权利要求17所述的执行器,其特征在于,所述输出侧编码器为绝对位置编码器,所述输出侧编码盘为中空圆形磁铁,且径向充磁,有两个磁极;所述输出侧读取装置包括:第一霍尔传感器以及第二霍尔传感器,所述第一霍尔传感器为线性霍尔传感器;第二霍尔传感器为线性霍尔传感器或开关霍尔传感器。

19. 根据权利要求14所述的执行器,其特征在于,所述执行器包括:数字罗盘。

20. 根据权利要求19所述的执行器,其特征在于,所述数字罗盘为三轴磁场数字罗盘,且固定于所述电路板。

21. 根据权利要求1所述的执行器,其特征在于,所述转子轴为中空结构。

22. 根据权利要求1所述的执行器,其特征在于,所述外壳外侧还设置有散热结构。

23. 根据权利要求22所述的执行器,其特征在于,所述散热结构包括以下一者或其任意组合:套设于所述外壳的液冷装置、套设于所述外壳的散热套、与所述外壳一体成型的散热片。

24. 根据权利要求1所述的执行器,其特征在于,所述外壳为镂空外壳。

25. 一种机器人,包括如权利要求1至24中任一项所述的执行器。

## 执行器及包含其的机器人

### 技术领域

[0001] 本发明涉及机器人技术领域,特别涉及一种执行器及包含其的机器人。

### 背景技术

[0002] 近年来,机器人领域迅速发展。机器人的发展对执行器提出了更高的要求。然而,目前市场上现有的执行器,尤其是小型伺服舵机,普遍采用高速电机配高减速比来达到输出一定力矩。这破坏了执行器的动态性能。市场上还涌现一批QDD执行器(Quasi-direct drive:近直驱执行器);QDD执行器主要采用外转子电机配合低减速比,虽然这些QDD执行器可以达到一定的动态性能,然而在空间和质量上不够紧凑且散热不佳,受制于现有技术中QDD执行器的结构和电机尺寸,其尺寸的可拓展性较差,尤其是无法满足直径在50mm或以下小型舵机尺寸的执行器需求,因而无法满足高性能机器人,尤其是小型微型高性能机器人的需求。

### 发明内容

[0003] 有鉴于此,本发明的目的在于提供一种执行器及包含其的机器人,旨在提供体积更小、散热佳且性能更佳执行器,以满足高性能机器人,尤其是小型、微型高性能机器人的需求。

[0004] 为解决上述技术问题,本发明的实施方式提供了一种执行器,包括:外壳、电机以及减速器;

[0005] 所述电机为内转子电机,包括:定子、具有环形转子空腔的转子以及与所述转子固定连接或者为一体结构的转子轴;

[0006] 所述外壳的一端向内延伸形成安装架,所述安装架围成减速器安装腔,所述安装架与所述外壳的侧壁之间形成定子安装腔,所述定子设置于所述定子安装腔内;所述减速器与所述转子轴连接,且设置于所述减速器安装腔内,至少部分所述减速器安装腔位于所述环形转子空腔内。

[0007] 本发明的实施方式还提供了一种机器人,包括:如前所述的执行器。

[0008] 本发明实施方式的执行器以及机器人,采用内转子电机,转子具有环形转子空腔,外壳内设有安装架,安装架形成有减速器安装腔,减速器与转子连接并设置于减速器安装腔内,且至少部分减速器安装腔位于环形转子空腔内,从而使得减速器以及转子可以复用至少部分轴向空间,进而减小执行器整体体积,有利于满足高性能机器人的应用需求。

[0009] 作为一种实施例,所述电机的电机常数与所述电机重量之比大于或者等于 $1.5\text{Nm}/\text{kg}\sqrt{w}$ ;

[0010] 可选地,所述定子内径大于或者等于定子外径的75%;

[0011] 可选地,所述环形转子空腔的直径大于或者等于所述定子外径的60%。

[0012] 作为一种实施例,所述减速器为单级行星减速器;

[0013] 可选地,所述减速器的减速比大于或者等于3且小于或者等于10;

- [0014] 可选地,所述单级行星减速器的减速机构部分或者完全位于所述环形转子空腔内;
- [0015] 可选地,所述单级行星减速器的输入机构为太阳齿轮,所述太阳齿轮与所述转子轴固定;所述单级行星减速器的减速机构包括:固定于所述安装架的内齿圈以及与所述太阳齿轮和所述内齿圈啮合的行星齿轮,所述行星齿轮设置于所述安装架延伸形成的支撑台阶上。
- [0016] 作为一种实施例,所述减速器的输出机构为行星架;
- [0017] 可选地,所述执行器还包括输出法兰盘,所述行星架与所述输出法兰盘一体形成法兰行星架。
- [0018] 作为一种实施例,所述执行器还包括:第一轴承、第二轴承和第三轴承;
- [0019] 所述转子与所述安装架通过所述第一轴承配合固定;
- [0020] 所述减速器的输出机构与所述转子通过所述第二轴承配合固定;
- [0021] 所述减速器的输出机构与所述安装架通过所述第三轴承配合固定;
- [0022] 所述执行器还包括用于限定所述第一轴承的轴向位置的第一限位结构、用于限定所述第二轴承的轴向位置的第二限位结构以及用于限定所述第三轴承的轴向位置得第三限位结构;
- [0023] 可选地,所述第一限位结构包括:位于所述转子上的第一限位部以及由所述安装架延伸形成的第二限位部,所述第一限位部和所述第二限位部共同约束所述第一轴承的轴向位置;
- [0024] 所述第二限位结构包括:设于所述减速器的输出机构上的第三限位部以及设置于所述转子轴处的第四限位部,所述第三限位部和所述第四限位部共同约束所述第二轴承的轴向位置;
- [0025] 所述第三限位结构包括:位于所述减速器的输出机构的第五限位部以及由所述安装架延伸形成第六限位部,所述第五限位部和所述第六限位部共同约束所述第三轴承的轴向位置。
- [0026] 作为一种实施例,所述执行器还包括盖合固定于所述外壳电机侧的壳盖以及固定于所述壳盖内侧的电路板。
- [0027] 作为一种实施例,所述执行器还包括:电机侧编码器;
- [0028] 所述电机侧编码器包括:固定于所述转子的电机侧编码盘以及固定于所述电路板的电机侧编码器读取装置;
- [0029] 可选地,所述电机侧编码器为绝对值编码器。
- [0030] 作为一种实施例,所述执行器还包括:输出侧编码器;
- [0031] 所述输出侧编码器包括:固定于所述减速器输出机构的输出侧编码盘、固定于所述外壳的输出侧读取装置,所述输出侧读取装置通过导线连接所述电路板;
- [0032] 可选地,所述输出侧编码器为绝对位置编码器,所述输出侧编码盘为中空圆形磁铁,且径向充磁,有两个磁极;
- [0033] 所述输出侧读取装置包括:第一霍尔传感器以及第二霍尔传感器,所述第一霍尔传感器为线性霍尔传感器;第二霍尔传感器为线性霍尔传感器或开关霍尔传感器。
- [0034] 作为一种实施例,所述执行器还包括数字罗盘;

- [0035] 所述数字罗盘固定于所述电路板；
- [0036] 可选地,所述数字罗盘为三轴磁场数字罗盘。
- [0037] 作为一种实施例,所述转子轴为中空结构；
- [0038] 可选地,所述外壳外侧还设置有散热结构；
- [0039] 可选地,所述散热结构包括以下一者或其任意组合:套设于所述外壳的液冷装置、套设于所述外壳的散热套、与所述外壳一体成型的散热片；
- [0040] 可选地,所述外壳为镂空外壳。

## 附图说明

[0041] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍,可以理解地,下面描述中的附图仅仅是本发明的实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据提供的附图获得其他的附图。

- [0042] 图1为本发明一实施例提供的执行器的剖面示意图；
- [0043] 图2为本发明一实施例提供的执行器的分解示意图；
- [0044] 图3为本发明一实施例提供的输出侧编码器的结构示意图；
- [0045] 图4为本发明一实施例提供的电机的结构示意图；
- [0046] 图5为本发明一实施例提供的定子的结构示意图；
- [0047] 图6为本发明一实施例提供的转子的结构示意图；
- [0048] 图7至图12为本发明一实施例提供的电机的力矩性能仿真效果示意图；
- [0049] 其中:1-执行器,2-电机,3-减速器,4-外壳,5-壳盖,电路板11,21-定子,211-定子限位槽,22-转子,221-环形转子空腔,222-转子轴,41-安装架,411-减速器安装腔,31-太阳齿轮,32-行星齿轮,33-内齿圈,34-法兰行星架,121-第一轴承,122-第二轴承,123-第三轴承,1241-第一限位部,1242-第二限位部,1243-第三限位部,1244-第四限位部,1245-第五限位部,1246-第六限位部,42-盖合螺丝,43-螺丝孔,13-电机侧编码器,131-电机侧编码盘,132-电机侧编码器读取装置,14-输出侧编码器,141-输出侧编码盘,142-输出侧编码器读取装置,143-导线,1421-输出侧第一霍尔传感器,1422-输出侧第二霍尔传感器,1423-输出侧编码器电路板,210-定子铁芯,212-定子轭部,213-定子齿,214-绕组线圈,223-永磁体,224-永磁体载体。

## 具体实施方式

[0050] 下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明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发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0051] 为了使本技术领域的技术人员更好地理解本发明方案,下面结合附图和具体实施方式对本发明做进一步详细的说明。

[0052] 在本公开中,在未作相反说明的情况下,使用的方位词如“内、外”是指相对于对应的部件自身轮廓而言的“内”、“外”。另外,本公开所使用的术语“第一”、“第二”、“第三”等是

为了区分一个要素和另一个要素,不具有顺序性和重要性。此外,在下面的描述中,当涉及到附图时,除非另有解释,不同的附图中相同的附图标记表示相同或相似的要素。上述定义仅用于解释和说明本公开,不应该理解为对本公开的限制。

[0053] 如图1至图3所示,本发明实施例提供了一种执行器1,可应用于小型、微型机器人。该执行器1包括:电机2、减速器3、外壳4、壳盖5以及电路板11。电机2为内转子电机,包括:定子21、具有环形转子空腔221的转子22以及与该转子固定连接或者为一体结构的转子轴222。外壳4主体为圆筒形,外壳4的一端向内延伸形成安装架41,安装架41围成减速器安装腔411。安装架41与外壳4的侧壁之间形成定子安装腔,定子21设置于定子安装腔内,减速器3与转子轴222连接,且设置于减速器安装腔411内,至少部分减速器安装腔411位于环形转子空腔221内。本发明实施例采用内转子电机,转子具有环形转子空腔,外壳为圆形并形成有安装架,减速器与转子连接并设置于安装架围成的减速器安装腔内,且至少部分减速器安装腔位于环形转子空腔内,从而使得减速器以及转子可以复用至少部分轴向空间,进而减小执行器整体体积,并且,本实施例中工作时发热的定子直接与外壳固定,相比现有的QDD执行器散热效果更佳,从而有利于满足高性能小型、微型机器人的应用需求。

[0054] 减速器3包括输入机构、减速机构和输出机构。可选地,在本实施例中,如图4所示,定子21内径 $d_2$ 大于或者等于定子21外径 $d_1$ 的75%。可选地,在本实施例中,环形转子空腔41的直径大于或者等于定子外径 $d_1$ 的60%。从而使得定子21具有较大的环形空腔,便于减速器3和转子22复用定子21的环形空腔,提高空间利用率。本实施例中,减速器3为单级行星减速器,输入机构为太阳齿轮31,减速机构包括行星齿轮32和内齿圈33,输出机构为行星架。太阳齿轮31与转子轴222固定,行星齿轮32与太阳齿轮31和内齿圈33啮合,内齿圈33固定于安装架41,行星齿轮32设置于安装架41延伸形成的支撑台阶上。本实施例中,如图1所示,减速器的减速机构的大部分均位于环形转子空腔221内,然不限于此,在一些例子中,减速器的减速机构也可全部位于环形转子空腔221内,从而使得执行器更紧凑。作为优选,如图1所示,本实施例中,行星架与输出法兰盘一体形成法兰行星架34,便于连杆或其他部件与法兰行星架34固定。可选地,减速器3的减速比可以大于或者等于3且小于或者等于10,从而使得执行器具有较佳的动态性能和合理的力矩转速输出曲线。

[0055] 本实施例中,定子21设置于定子安装腔内。可选地,定子21可固定于外壳4的外壳侧壁上。作为示例而非限制,定子21与外壳4可采用导热胶水固定,提高执行器散热性能。本实施例中,作为示例而非限制,定子21上还设有定子限位槽211,用于通过并限位输出侧编码器14的导线143。转子22与定子21同轴心设置。可选地,本实施例中,转子22与安装架41以及减速器3的输出机构同轴心设置,且轴向限位,安装架41与减速器3的输出机构同轴心设置,且轴向限位。具体而言,执行器1设有第一轴承121、第二轴承122和第三轴承123。转子22与安装架41通过第一轴承121配合固定;减速器3的输出机构与转子22通过所述第二轴承122配合固定;减速器3的输出机构与安装架41通过第三轴承123配合固定;执行器1还包括用于限定第一轴承121的轴向位置的第一限位结构、用于限定第二轴承122的轴向位置的第二限位结构以及用于限定第三轴承123的轴向位置得第三限位结构。可选地,在本实施例中,第一限位结构包括:位于转子22上的第一限位部1241以及由安装架41延伸形成的第二限位部1242,可选地,第一限位部1241为设置于转子22的卡簧,第二限位部1242为安装架41延伸形成的限位台阶,第一轴承121可通过胶水等固定于第二限位部1242,通过第一限位部

1241以及第二限位部1242共同约束第一轴承121的轴向位置。第二限位结构包括：设于减速器3输出机构上的第三限位部1243以及设置于转子轴222处的第四限位部1244，第三限位部1243为形成于法兰行星架34上的限位台阶，第四限位部1244为位于转子轴222的卡簧，第二轴承122可以通过胶水固定于第三限位部1243，第三限位部1243和第四限位部1244共同约束第二轴承122的轴向位置。第三限位结构包括：位于减速器3的输出机构的第五限位部1246以及由安装架41延伸形成的第六限位部1246。第五限位部1245为形成于法兰行星架34的环形凸缘，第六限位部1246为安装架41延伸形成的限位台阶，第五限位部1245和第六限位部1246共同约束第三轴承123的轴向位置。可以理解的是，在实际应用中，也可以通过其他方式实现对第一轴承、第二轴承以及第三轴承的轴向限位，本实施例对其轴向限位方式不做具体限制。

[0056] 本实施例中，减速器3的减速机构的大部分位于环形转子空腔221内，在其他例子中，减速器3的减速机构也可以全部位于环形转子空腔221内，从而可大幅降低执行器的轴向长度，提高了空间利用率，缩小执行器的体积。

[0057] 可选地，如图1、2所示，壳盖5可以通过盖合螺丝42盖合固定于外壳4的电机侧。壳盖5还可通过胶水固定于外壳4。在本实施例中，外壳4具有若干个螺丝孔43，外壳4通过螺丝孔43以及与螺丝孔43匹配的螺丝与外部基座或者其他部件固定。本发明对外壳4或壳盖5与外部基座或其他部件的固定方式不作限制。可选地，在一个实施例中，外壳4可以采用铝合金制作，并且在输出侧设置减重镂空槽，从而进一步减轻执行器的重量。

[0058] 如图2所示，本实施例中，电路板11固定于壳盖5的内侧。作为示例而非限制，电路板11与壳盖5可通过胶水固定。电路板11上可集成控制电机的驱动模块、上位机的通信模块、电源接头和通信接头。本发明对电路板11与壳盖5的固定方式和电路板11的功能不作限制。

[0059] 如图1至图2所示，本实施例中，执行器1包括电机侧编码器13以及输出侧编码器14。电机侧编码器13包括：固定于转子22的电机侧编码盘131以及固定于电路板11的电机侧编码器读取装置132。可选地，电机侧编码器13可以为绝对值编码器。在本实施例中，电机侧编码盘131为径向充磁的两极中空磁铁，其固定于转子22位于电机靠近电路板11侧的中空形槽中，电机侧编码器读取装置132为带有霍尔传感器的集成电路芯片。本实施例中，电机侧编码器按照原理划分，可包括但不限于磁编码器、电感编码器、电容编码器、光电编码器，按功能划分，可包括绝对位置编码器和增量式编码器，电机侧编码器结构包括但不限于：非接触式轴编码器和非接触式中空式编码器，对此本发明不做限制。

[0060] 输出侧编码器14包括：固定于减速器输出机构的输出侧编码盘141、固定于外壳的输出侧编码器读取装置142，输出侧编码器读取装置142通过导线连接电路板11。

[0061] 可选地，输出侧编码器14可以为绝对位置编码器，具体地，输出侧编码盘141为中空圆形磁铁，且径向充磁，有两个磁极。输出侧编码器读取装置142可以包括：第一霍尔传感器以及第二霍尔传感器，第一霍尔传感器为线性霍尔传感器，输出模拟信号；第二霍尔传感器为线性霍尔传感器或开关霍尔传感器，输出模拟或者数字信号。如图1至图3所示，本实施例中，输出侧编码盘141为中空磁铁，套设于法兰行星架34外圈，输出侧编码器读取装置142固定于外壳4，位于输出侧编码盘141径向的外侧，输出侧编码器14的导线143经过外壳4的内腔，穿过定子限位槽211固定并连接于电路板11。本实施例中，输出侧编码器14可以与电

机侧编码器相同或者不同,在此不再赘述,本实施例对于输出侧编码器的类型不做限制。

[0062] 如图3所示,本实施例中,输出侧编码器14为绝对位置编码器,输出侧编码盘141为中空圆形磁铁,且径向充磁,有两个磁极;输出侧编码器读取装置142包括:输出侧第一霍尔传感器1421和输出侧第二霍尔传感器1422,其中输出侧第一霍尔传感器1421为线性霍尔传感器,根据输出侧编码盘141所产生的磁极方向和磁场大小输出模拟信号;输出侧第二霍尔传感器1422为线性霍尔传感器或开关霍尔传感器,输出模拟信号或数字信号。本实施例中,作为示例而非限制,输出侧第一霍尔传感器1421和输出侧第二霍尔传感器1422和输出侧编码器的导线143同时固定于输出侧编码器电路板1423上;电路板11上设有处理输出侧第一霍尔传感器1421和输出侧第二霍尔传感器1422所产生的信号,并将其转化为法兰行星架34相对于外壳4的绝对位置信息的装置。

[0063] 可选地,在另一个实施例中,执行器1还可以包括数字罗盘,数字罗盘固定于电路板11。可选地,数字罗盘可以为三轴磁场数字罗盘,以用于检测执行器在空间中的方向和运动状态。

[0064] 可选地,在另一个实施例中,转子轴222为中空结构,以方便穿设电缆、信号线和其他线路等。

[0065] 可选地,在另一个实施例中,外壳4外侧还设置有散热结构(图未示)。可选地,散热结构可以包括以下一者或其任意组合:套设于所述外壳的液冷装置、套设于所述外壳的散热套、与所述外壳一体成型的散热片和其他增加与环境接触面积的外壳结构。散热结构的采用可有效提高执行器的最大功率、额定功率、最大力矩和额定力矩。

[0066] 可选地,本实施例中,电机2的电机常数大于或者等于 $1.5\text{Nm/kg}\sqrt{\text{w}}$ ,从而使得执行器具有更高的性能以及更轻的重量。电机常数的定义为:

$$[0067] \quad \text{电机常数} = \frac{\text{额定扭矩}}{\sqrt{\text{电机}25^{\circ}\text{C时产生额定扭矩所导致的铜损}}}$$

[0068] 电机2达到如前所述的电机常数的具体结构如下:

[0069] 如图4至图5所示,该电机2为分数槽内转子电机。该电机2包括:定子21以及转子22。其中,定子21包括定子铁芯210以及定子绕组。本实施例中,定子铁芯210包括:定子轭部212以及定子齿部;定子齿部包括:若干个设置于定子轭部212的定子齿213。本实施例中,定子铁芯210为一体式结构,作为示例而非限制,定子铁芯210可以由硅钢片或软磁材料片叠压而成。定子绕组包括预设数目个机器绕线成型的绕组线圈214。定子绕组为集中式绕组,即绕组线圈的节距为1,每个绕组线圈214对应套设于一个而非多个定子齿213上。本实施例中,定子齿表面设有绝缘层,从而保证定子绕组和定子铁芯的绝缘性。在本实施例中各个定子齿分别套设有1个或者多个绕组线圈214。如图4所示,每个定子齿上套设有一个绕组线圈。作为替代实现方案,每个定子齿上可套设有两个绕组线圈。本实施例对于各个定子齿上套设的绕组线圈的数量不做具体限制。

[0070] 本实施例中,绕组线圈通过机器绕线单独加工完成后,可套设安装于定子齿上,并可通过焊接相连形成定子绕组。或者,也可直接通过机器绕出相连的多个绕组线圈。本实施例对于各绕组线圈之间的连接方式不做具体限制。作为示例而非限制,本实施例中,定子绕组包含的绕组线圈的数量,可以根据定子齿的数量以及每个定子齿上套设的绕组线圈的数量确定,比如,电机定子齿的数量为48个,每个定子齿上套设2个绕组线圈时,定子绕组包含

96个绕组线圈。

[0071] 如图6所示,本实施例中,永磁无刷电机的转子22包括:永磁体223和永磁载体224,其中,永磁体用于励磁产生旋转磁场。

[0072] 可选地,本实施例中,从远离定子轭部212的齿端部到靠近定子轭部212的齿根部,定子齿的宽度处处相同,便于对应绕组线圈214的制造,且能提高空间利用率,从而提升电机常数密度。可以理解的是,在一些例子中,从远离定子轭部212的齿端部到靠近定子轭部212的齿根部,各定子齿宽度也可以逐渐增大。需要说明的是,现有技术中,定子齿一般为倒T形结构(即定子齿具有靴部结构),带有靴部的定子齿会影响绕组线圈空腔的大小,从而降低了绕组线圈的空间利用率。而本实施例中,定子齿靴部的取消提高了绕组线圈的空间利用率,进而有利于进一步提电机常数密度。

[0073] 在上述实施例的基础上,本实施例对电机2的尺寸结构做出进一步改进,具体如下:

[0074] 本实施例中,定子齿最窄处宽度 $w$ 大于或者等于定子内圆周长/ $N$ 的30%,且小于或者等于定子内圆周长/ $N$ 的65%,其中 $N$ 为定子齿213的数量,定子内圆的直径为定子内径 $d_1$ 。在本实施例中, $N=48$ 。如图7所示,为定子齿宽度/(定子内圆周长/齿数)与电机常数密度的仿真效果示意图。定子轭部厚度 $L$ 大于或者等于定子齿最窄处宽度 $w$ 的30%,且小于或者等于定子齿最窄处宽度 $w$ 的250%。如图8所示,为定子轭部厚度/定子齿宽度与电机常数密度的仿真效果示意图。定子铁芯内径 $d_1$ 大于或者等于定子铁芯外径 $d_2$ 的75%,且小于或者等于定子铁芯外径 $d_2$ 的90%。如图9所示,为定子铁芯内径与定子铁芯外径之比与电机常数密度的仿真效果示意图。定子铁芯轴向高度小于或者等于定子外径 $d_2$ 的20%。如图10所示,为定子铁芯高度/定子外径与电机常数密度的仿真效果示意图。定子21和转子22之间形成气隙,且电机的平均气隙距离 $g$ 小于或者等于定子外径 $d_2$ 的0.7%,如图11所示,为平均气隙距离与定子外径之比与电机常数密度的仿真效果示意图。永磁体平均径向厚度 $t$ 小于或者等于平均气隙距离 $g$ 的30倍,且大于或者等于平均气隙距离 $g$ 的2倍。如图12所示,为永磁体平均径向厚度与平均气隙距离之比与电机常数密度的仿真效果示意图。

[0075] 需要说明的是,本实施例中对于上述结构尺寸等的进一步优化是发明人基于工艺实现难易以及电机电磁性能等因素综合考虑之后提出的。本实施例通过对电机的相关尺寸做出上述优化,使得电机生产制造加工以及组装难度低,且有利于提高槽满率、增大气隙面积、提升电磁性能,从而提高永磁无刷电机的电机常数密度。

[0076] 如图6所示,本实施例中,永磁体223设置于永磁载体224相对定子1的一侧表面。该永磁体223可由钕铁硼磁铁制成。

[0077] 作为一种实现方式,本实施例中永磁体223包括若干个永磁块,各永磁块均贴附于永磁载体224表面,即永磁块为表贴式永磁块。

[0078] 作为另一种实现方式,永磁体223可以为一体式环状结构,且套设并固定于永磁载体224表面。永磁体223可以通过胶水固定于永磁载体224。

[0079] 可选地,本实施例中,永磁载体224为软磁材料制成的转子铁芯。作为另一种实现方式,永磁载体224还可以为非软磁材料。作为示例而非限制,永磁载体224的材料可以为铝合金。铝合金制成的永磁载体224的重量相对软磁材料制转子铁芯大幅降低,从而可以增大电机常数密度。

[0080] 可选地,本实施例中,若干个永磁块可以形成海尔贝克阵列。

[0081] 本实施例永磁体223安装于永磁体载体224表面相较于采用嵌设于永磁体载体224的永磁体而言,不仅使得制造工艺更简单、电机重量更小,而且可减轻线圈电流对旋转磁场的影响,使得电机的感应线性更佳,从而使得电机更易于控制且运行更平稳。本实施例的永磁无刷电机的磁阻转矩小于或者等于额定转矩的10%和峰值转矩的5%两者中的较大值,从而保证电机运行的稳定性。

[0082] 本实施例中,该电机可以为三相电机,电机的齿极数比为12/10或12/14的整数倍;其中,永磁体223的磁极数可以为40,此齿极数比可有效降低齿槽转矩,使电机运行平稳。

[0083] 需要说明的是,本实施例涉及的电机2结构也可以参考申请人于2020年04月24日申请的申请号为202010330604.8发明专利申请,在此全文引入该专利申请。

[0084] 本实施例单位质量的电机常数可达到 $2.0 \text{ Nm/kg}\sqrt{w}$ ,相比现有技术有显著提高。在电机重量相等或相近,相同工作电压、散热良好的情况下,本实施方式永磁无刷电机的功率输出密度可达到12kw/kg。

[0085] 本发明还提供一种机器人,包括如前所述的执行器。

[0086] 本领域的普通技术人员可以理解,上述各实施方式是实现本发明的具体实施例,而在实际应用中,可以在形式上和细节上对其作各种改变,而不偏离本发明的精神和范围。

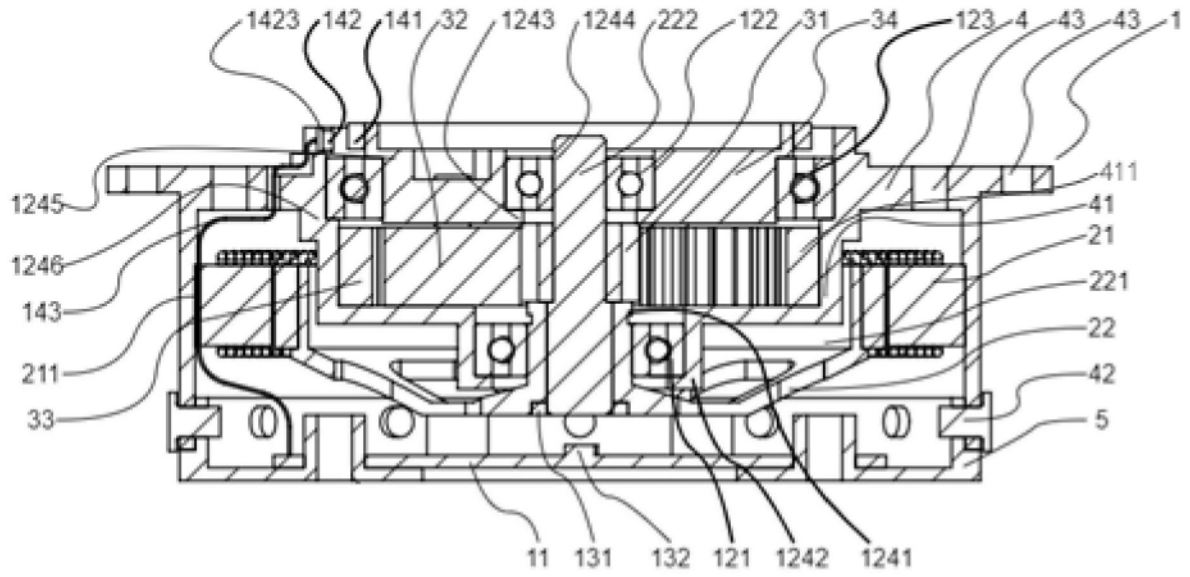


图1

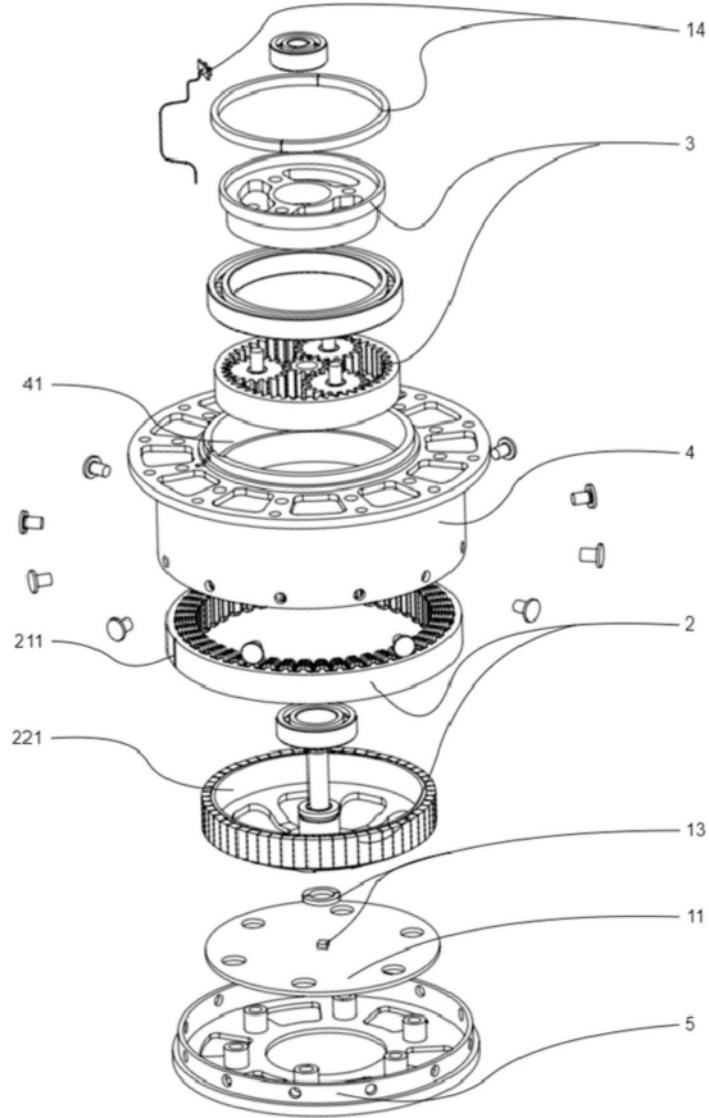


图2

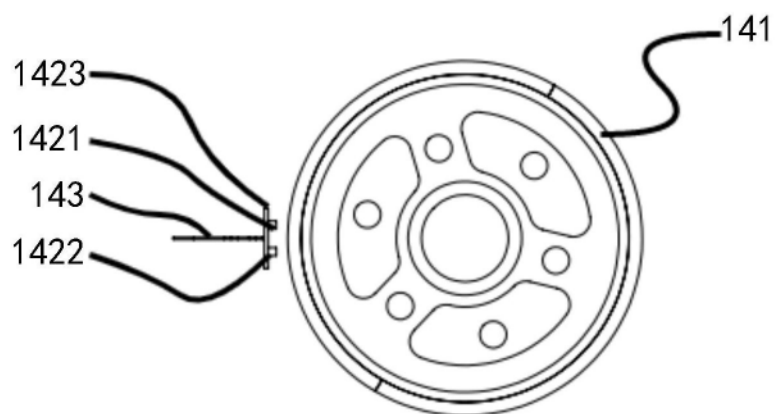


图3

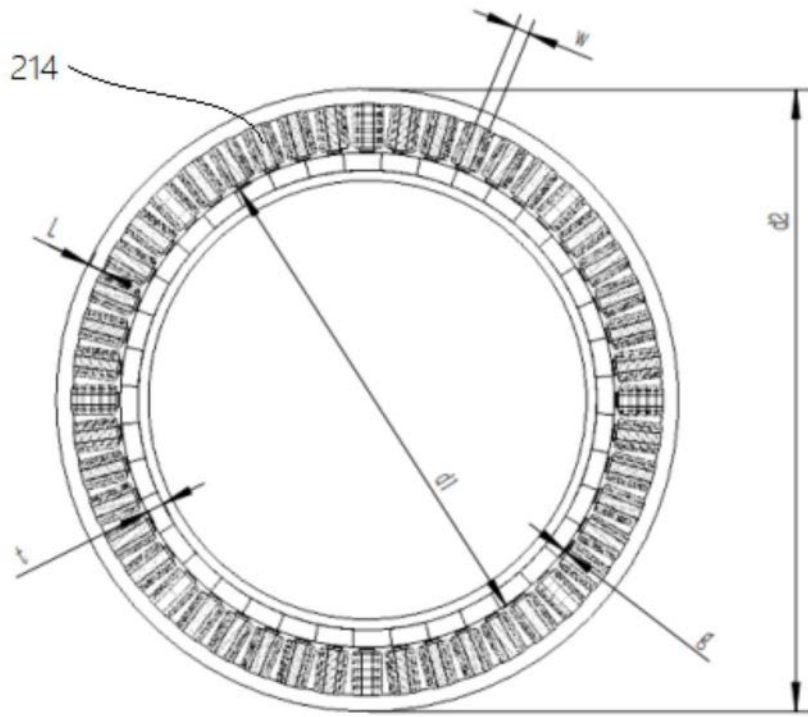


图4

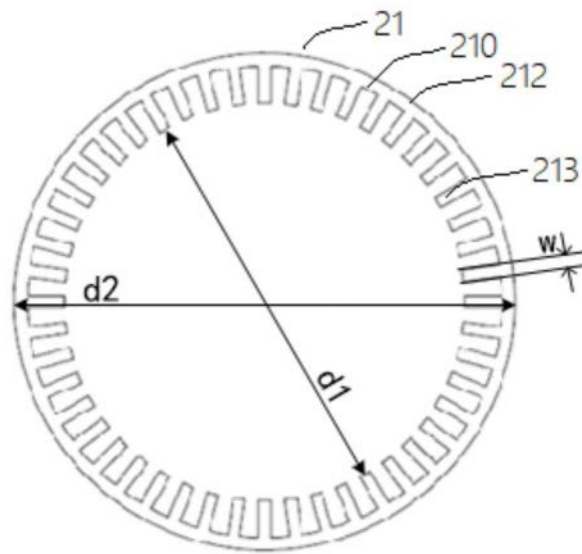


图5

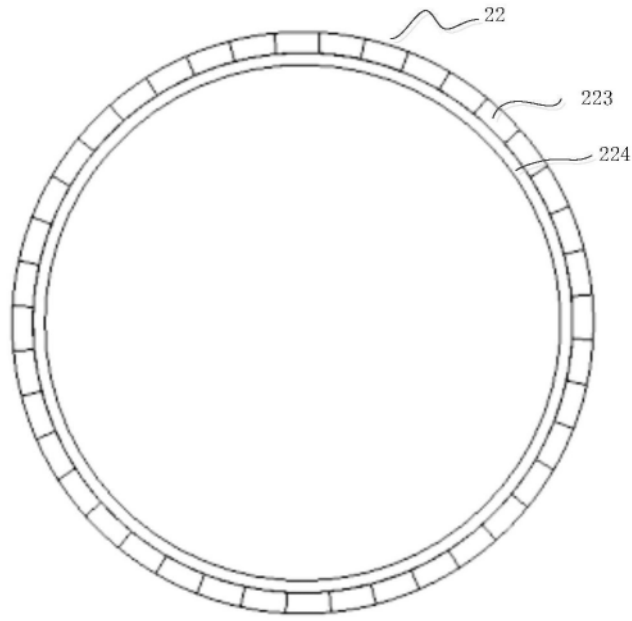


图6

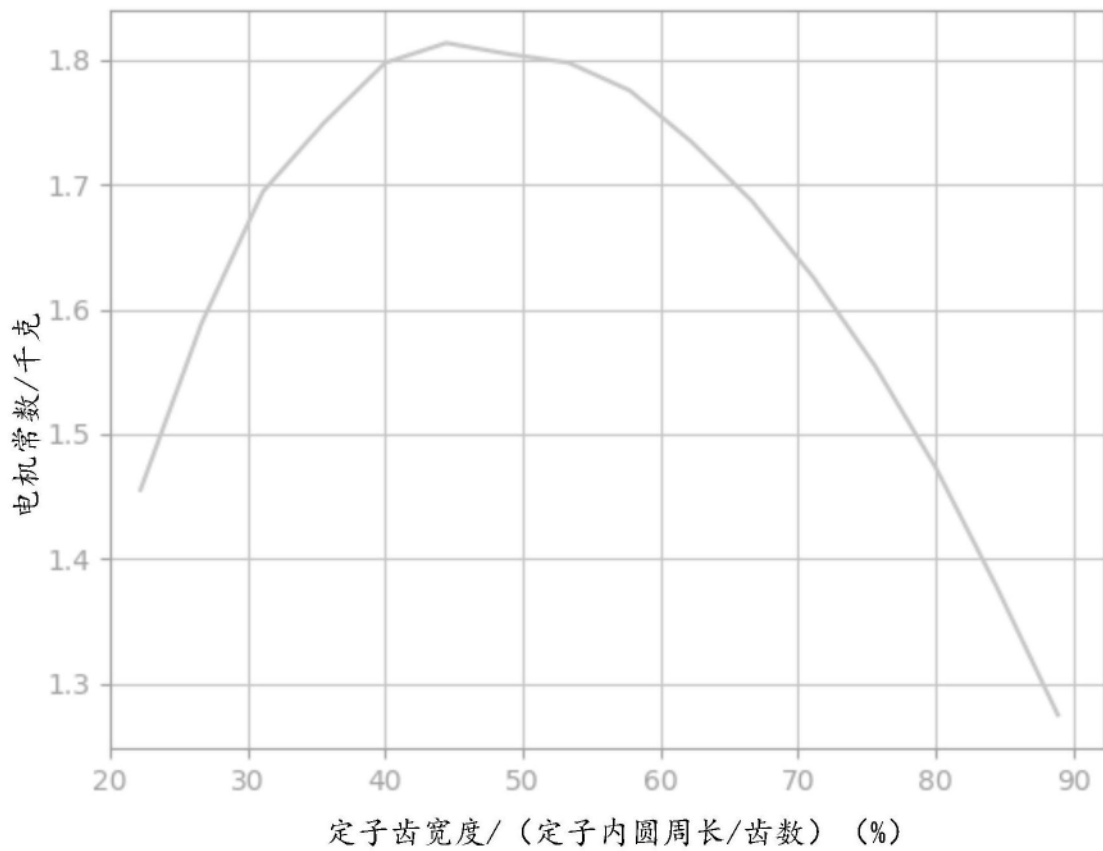


图7

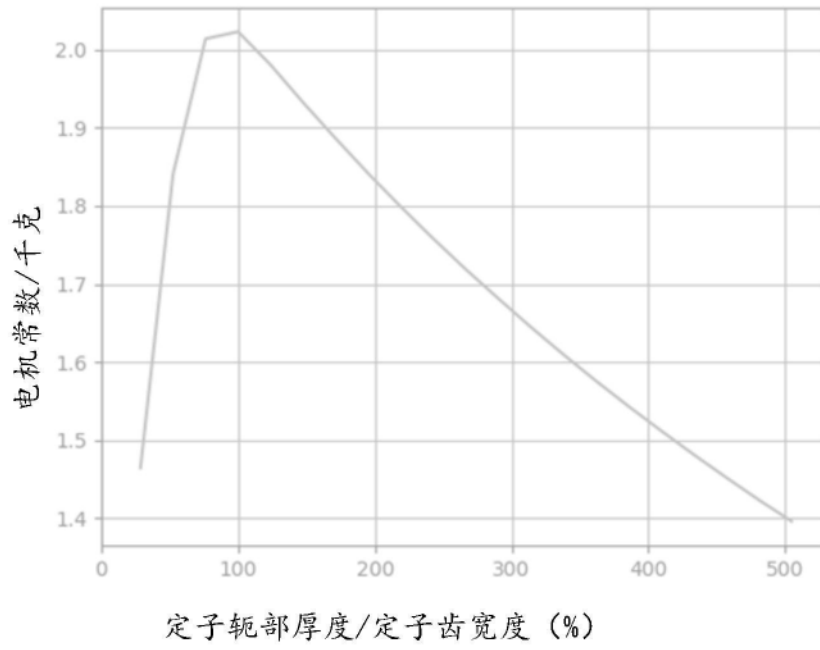


图8

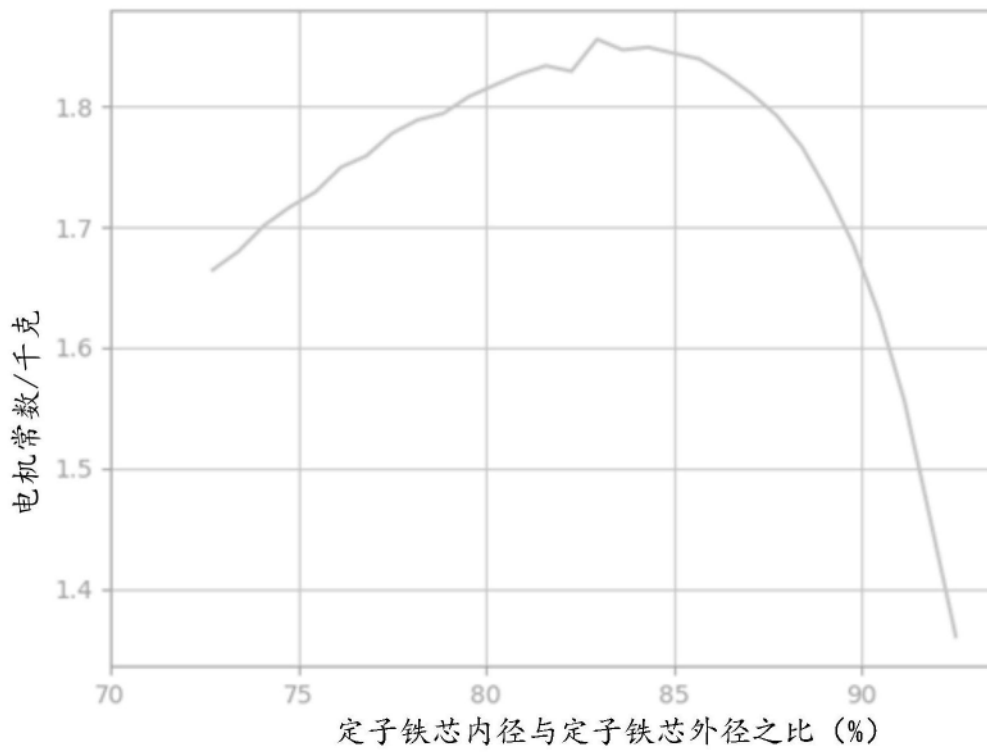


图9

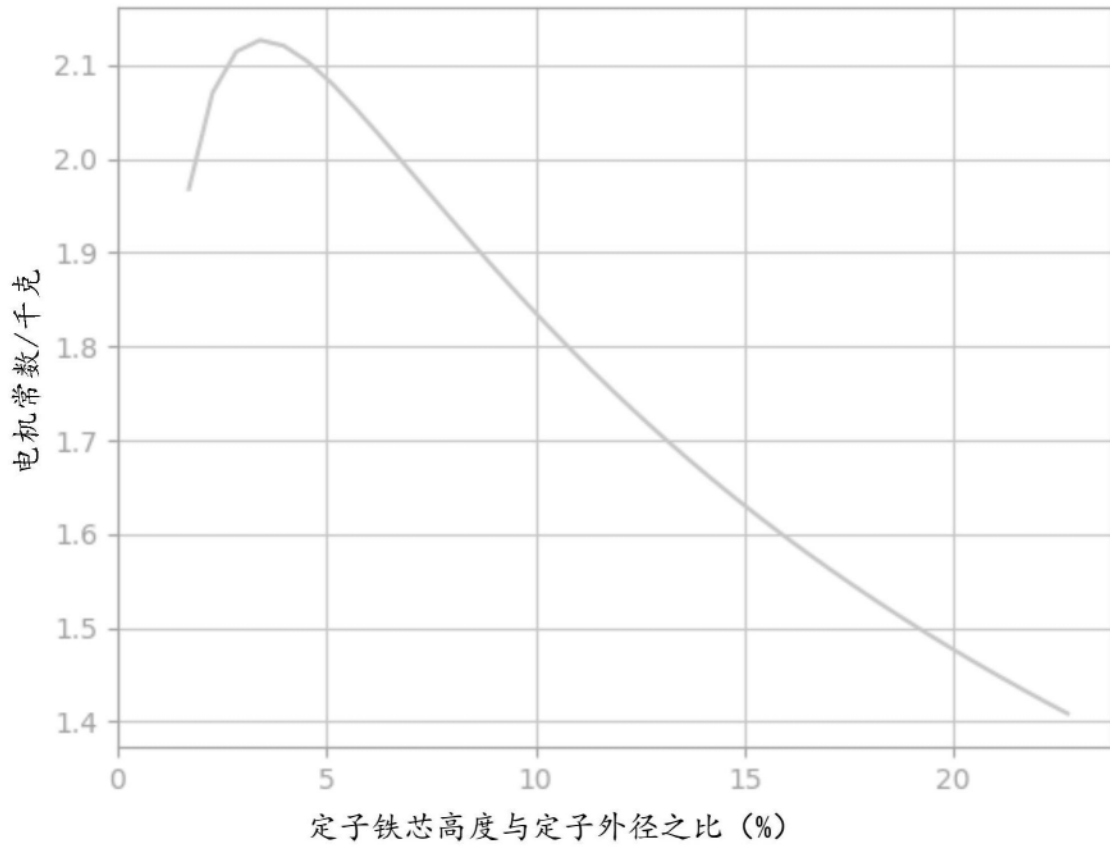


图10

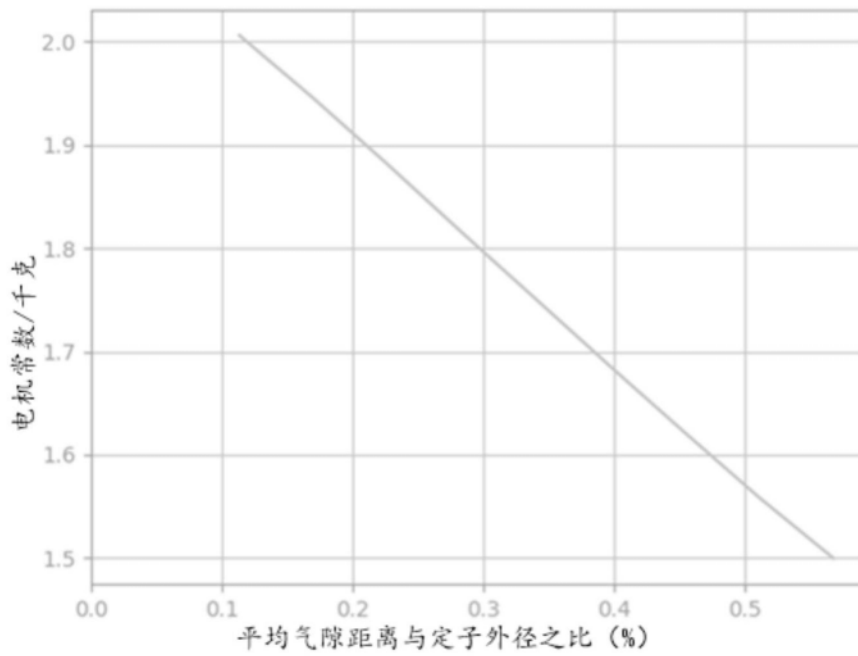


图11

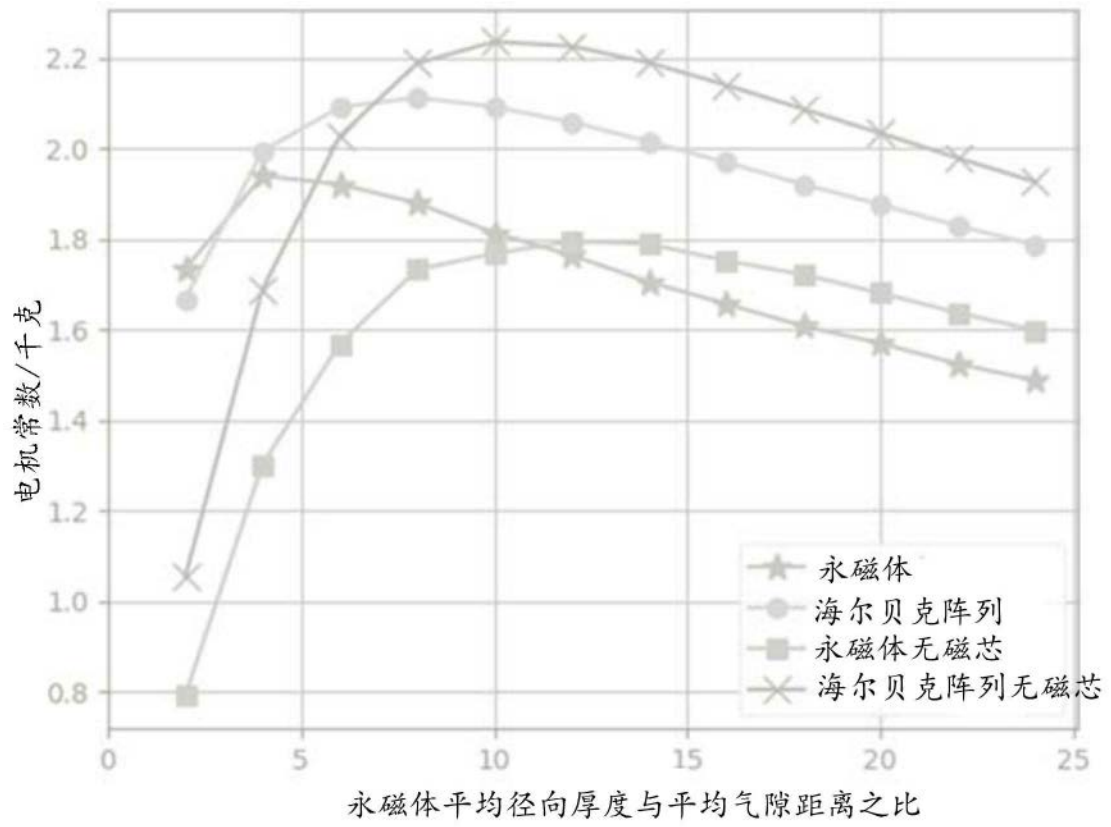


图12