



## (12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106988796 B

(45)授权公告日 2019.05.17

(21)申请号 201710253050.4

(22)申请日 2013.09.11

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 106988796 A

(43)申请公布日 2017.07.28

(30)优先权数据

61/699,649 2012.09.11 US

(62)分案原申请数据

201380057879.7 2013.09.11

(73)专利权人 概创机械设计有限责任公司

地址 美国佛蒙特州

(72)发明人 大卫·亚皮克瑟

亚历山大·戈菲尔

(74)专利代理机构 北京安信方达知识产权代理

有限公司 11262

代理人 张瑞 郑霞

(51)Int.Cl.

F01D 15/10(2006.01)

F01D 25/16(2006.01)

F01D 25/24(2006.01)

F01K 25/08(2006.01)

F01K 27/02(2006.01)

H02K 7/09(2006.01)

H02K 7/18(2006.01)

(56)对比文件

US 2003/0038553 A1, 2003.02.27, 全文.

CN 102422006 A, 2012.04.18, 全文.

WO 2011/149916 A1, 2011.12.01, 全文.

CN 101936195 A, 2011.01.05, 全文.

US 5628191 A, 1997.05.13, 全文.

审查员 靳文强

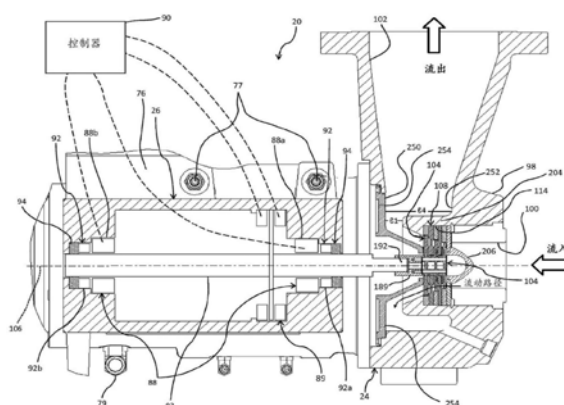
权利要求书4页 说明书15页 附图13页

### (54)发明名称

将热能转换为电力的系统、轴向涡轮机和制造涡轮机方法

### (57)摘要

本申请涉及将热能转换为电力的系统、轴向涡轮机和制造涡轮机方法。一种用于使用来自工业操作、可再生能源和其他源的热量的电力生产的涡轮发电机装置。可通过在转子和定子之间的间隙中引入液体来冷却该发电机，该液体在被引入之前被汽化或雾化，该液体被从涡轮机排出的气体冷凝。涡轮机具有通用设计，并因此可相对容易被更改以结合具有50KW至5MW范围内的额定功率输出的发电机来使用。此类更改部分通过使用模块化涡轮机芯座来实现，该芯座装配有离散转子板和定子板，离散转子板和定子板的尺寸经设置用于预期的应用，其中涡轮机刷式密封件被选择以容纳来自所支撑的发电机的径向转子运动。该芯座可相对容易被安装和从该涡轮机移除，以用于维护或改造。



1. 一种用于将热能转换为电力的系统,所述系统包括:

发电机,其具有近端、远端、发电机转子和发电机定子,所述发电机转子被布置在所述发电机定子内用于围绕旋转轴进行旋转运动;以及

涡轮机,其具有带有空腔的壳体和至少一个涡轮机定子和至少一个涡轮机转子,所述至少一个涡轮机转子被定位在所述空腔中用于围绕所述旋转轴进行相对的旋转运动,所述至少一个涡轮机转子与所述发电机转子联接,以便旋转驱动所述发电机转子,

其中所述至少一个涡轮机定子包括多个涡轮机定子板,并且所述至少一个涡轮机转子包括多个涡轮机转子板,进一步地,其中所述多个涡轮机定子板和所述多个涡轮机转子板一起形成一体芯座,所述芯座被设置尺寸且被配置为可拆卸地安装在所述空腔中,用于在平行于所述旋转轴延伸的方向上作为一体组件安装和拆卸。

2. 根据权利要求1所述的用于将热能转换为电力的系统,其中:

所述多个涡轮机转子板每个具有中心线、第一转子板接触表面和接触所述第一转子板接触表面的第二转子板接触表面;

所述多个涡轮机定子板每个具有中心线、第一定子板接触表面和接触所述第一定子板接触表面的第二定子板接触表面;并且

所述多个涡轮机转子板被定位成与所述多个涡轮机定子板中的相应的各自的涡轮机定子板呈交替关系,以便与上游方向一起界定多级转子组件。

3. 根据权利要求2所述的用于将热能转换为电力的系统,其中所述第一转子板接触表面和所述第二转子板接触表面是大体平行的,并且所述第一转子板接触表面和所述第二转子板接触表面中的每个在范围 $0.00005''$ 至 $0.020''$ 中是平坦的,其中所述多个涡轮机转子板被定位成彼此紧邻,使得所述多个涡轮机转子板的所述中心线是相互同轴的。

4. 根据权利要求2所述的用于将热能转换为电力的系统,其中所述第一定子板接触表面和所述第二定子板接触表面是大体平行的,并且所述第一定子板接触表面和所述第二定子板接触表面中的每个在范围 $0.00005''$ 至 $0.020''$ 中是平坦的,其中所述多个涡轮机定子板被定位成彼此紧邻,使得所述多个涡轮机定子板的所述中心线是相互同轴的。

5. 根据权利要求1-4中的任一项所述的用于将热能转换为电力的系统,进一步地,其中所述多个涡轮机转子板中的至少一个涡轮机转子板包括具有轴向弦杆的多个第一叶片,并且所述多个涡轮机定子板中的邻近的涡轮机定子板包括具有轴向弦杆的多个第二叶片,其中所述多个第一叶片与所述多个第二叶片轴向隔开以界定具有轴向尺寸的空间,所述轴向尺寸在一个轴向弦杆的1%的 $1/4$ 至两个轴向弦杆之间,如相对于所述涡轮机转子板和所述涡轮机定子板中紧接所述空间的上游的一个的轴向弦杆所测量的。

6. 根据权利要求5所述的用于将热能转换为电力的系统,其中所述空间具有轴向尺寸,所述轴向尺寸的范围是所述涡轮机转子板和所述涡轮机定子板中紧接所述空间的上游的一个的所述轴向弦杆的 $1/3$ 至1。

7. 根据权利要求2所述的用于将热能转换为电力的系统,其中所述第一转子板接触表面和所述第二转子板接触表面是大体平坦的。

8. 根据权利要求2所述的用于将热能转换为电力的系统,其中所述第一定子板接触表面和所述第二定子板接触表面是大体平坦的。

9. 根据权利要求1-4和6-8中的任一项所述的用于将热能转换为电力的系统,还包括刷

式密封件,所述刷式密封件被设计、被配置且被安排成将所述发电机至少部分地从所述涡轮机隔离。

10. 根据权利要求1-4和6-8中的任一项所述的用于将热能转换为电力的系统,进一步地,其中所述芯座具有第一部分和第二部分,所述芯座的第一部分具有第一外径,所述芯座的第二部分具有比所述第一外径大的第二外径,且所述空腔具有第一部分和第二部分,所述空腔的第一部分具有第一内径,所述空腔的第二部分具有比所述第一内径大的第二内径,所述空腔的所述第一部分被设置尺寸为容纳所述芯座的所述第一部分,并且所述芯座的所述第二部分的所述第二外径大于所述空腔的所述第一部分的所述第一内径。

11. 根据权利要求1-4和6-8中的任一项所述的用于将热能转换为电力的系统,其中所述空腔包括凹槽,所述涡轮机还包括用于将所述芯座可拆卸地固定在所述空腔中的锁环,所述锁环被设置尺寸且被配置成用于可拆卸地安装在所述空腔中的所述凹槽中。

12. 一种涡轮机芯座,其被设计为可拆卸地安装在涡轮机壳体的空腔中,所述涡轮机芯座包括:

多个转子板,每个具有中心线、第一转子板接触表面和接触所述第一转子板接触表面的第二转子板接触表面;

多个定子板,每个具有中心线、第一定子板接触表面和接触所述第一定子板接触表面的第二定子板接触表面;以及

其中所述多个转子板被定位且被固定为与所述多个定子板中的相应的各自的定子板呈交替关系,以便与上游方向一起界定一体的多级涡轮机芯座,且进一步地,其中所述多个转子板和所述多个定子板的尺寸和构造被选择成使得所述涡轮机芯座能够可拆卸地安装在涡轮机壳体的空腔中,用于在平行于旋转轴延伸的方向上作为一体组件安装和拆卸。

13. 根据权利要求12所述的涡轮机芯座,其中所述第一转子板接触表面和所述第二转子板接触表面是大体平行的,并且所述第一转子板接触表面和所述第二转子板接触表面中的每个在范围0.00005"至0.020"中是平坦的,其中所述多个转子板被定位成彼此紧邻,使得所述多个转子板的所述中心线是相互同轴的。

14. 根据权利要求12所述的涡轮机芯座,其中所述第一定子板接触表面和所述第二定子板接触表面是大体平行的,并且所述第一定子板接触表面和所述第二定子板接触表面中的每个在范围0.00005"至0.020"中是平坦的,其中所述多个定子板被定位成彼此紧邻,使得所述多个定子板的所述中心线是相互同轴的。

15. 根据权利要求12-14中的任一项所述的涡轮机芯座,进一步地,其中所述多个转子板中的至少一个转子板包括具有轴向弦杆的多个第一叶片,并且所述多个定子板中的邻近的定子板包括具有轴向弦杆的多个第二叶片,其中所述多个第一叶片与所述多个第二叶片轴向隔开以界定具有轴向尺寸的空间,所述轴向尺寸在一个轴向弦杆的1%的1/4至两个轴向弦杆之间,如相对于所述转子板和所述定子板中紧接所述空间的上游的一个的轴向弦杆所测量的。

16. 根据权利要求15所述的涡轮机芯座,其中所述空间具有轴向尺寸,所述轴向尺寸的范围是所述转子板和所述定子板中紧接所述空间的上游的一个的所述轴向弦杆的1/3至1。

17. 根据权利要求12所述的涡轮机芯座,其中所述第一转子板接触表面和所述第二转子板接触表面是大体平坦的。

18. 根据权利要求12所述的涡轮机芯座, 其中所述第一定子板接触表面和所述第二定子板接触表面是大体平坦的。

19. 根据权利要求12-14和16-18中的任一项所述的涡轮机芯座, 进一步地, 其中所述涡轮机芯座具有第一部分和第二部分, 所述涡轮机芯座的第一部分具有第一外径, 所述涡轮机芯座的第二部分具有比所述第一外径大的第二外径, 且所述空腔具有第一部分和第二部分, 所述空腔的第一部分具有第一内径, 所述空腔的第二部分具有比所述第一内径大的第二内径, 所述空腔的所述第一部分被设置尺寸为容纳所述涡轮机芯座的所述第一部分, 并且所述涡轮机芯座的所述第二部分的所述第二外径大于所述空腔的所述第一部分的所述第一内径。

20. 一种涡轮机, 包括:

壳体, 其具有空腔;

至少一个涡轮机定子和至少一个涡轮机转子, 所述至少一个涡轮机转子被定位在所述空腔中用于围绕旋转轴进行相对的旋转运动, 所述至少一个涡轮机定子包括多个涡轮机定子板, 并且所述至少一个涡轮机转子包括多个涡轮机转子板, 其中所述多个涡轮机定子板和所述多个涡轮机转子板被定位且被固定在一起以形成一体芯座, 所述一体芯座被设置尺寸且被配置为可拆卸地安装在所述壳体中的所述空腔中, 用于在平行于所述旋转轴延伸的方向上作为一体组件安装和拆卸。

21. 根据权利要求20所述的涡轮机, 其中:

所述多个涡轮机转子板每个具有中心线、第一转子板接触表面和接触所述第一转子板接触表面的第二转子板接触表面;

所述多个涡轮机定子板每个具有中心线、第一定子板接触表面和接触所述第一定子板接触表面的第二定子板接触表面; 以及

所述多个涡轮机转子板被定位成与所述多个涡轮机定子板中的相应的各自的涡轮机定子板呈交替关系, 以便与上游方向一起界定多级转子组件。

22. 根据权利要求21所述的涡轮机, 其中所述第一转子板接触表面和所述第二转子板接触表面是大体平行的, 并且所述第一转子板接触表面和所述第二转子板接触表面中的每个在范围0.00005"至0.020"中是平坦的, 其中所述多个涡轮机转子板被定位成彼此紧邻, 使得所述多个涡轮机转子板的所述中心线是相互同轴的。

23. 根据权利要求21所述的涡轮机, 其中所述第一定子板接触表面和所述第二定子板接触表面是大体平行的, 并且所述第一定子板接触表面和所述第二定子板接触表面中的每个在范围0.00005"至0.020"中是平坦的, 其中所述多个涡轮机定子板被定位成彼此紧邻, 使得所述多个涡轮机定子板的所述中心线是相互同轴的。

24. 根据权利要求20-23中的任一项所述的涡轮机, 进一步地, 其中所述多个涡轮机转子板中的至少一个涡轮机转子板包括具有轴向弦杆的多个第一叶片, 并且所述多个涡轮机定子板中的邻近的涡轮机定子板包括具有轴向弦杆的多个第二叶片, 其中所述多个第一叶片与所述多个第二叶片轴向隔开以界定具有轴向尺寸的空间, 所述轴向尺寸在一个轴向弦杆的1%的1/4至两个轴向弦杆之间, 如相对于所述涡轮机转子板和所述涡轮机定子板中紧接所述空间的上游的一个的轴向弦杆所测量的。

25. 根据权利要求24所述的涡轮机, 其中所述空间具有轴向尺寸, 所述轴向尺寸的范围

是所述涡轮机转子板和所述涡轮机定子板中紧接所述空间的上游的一个的所述轴向弦杆的 $1/3$ 至 $1$ 。

26. 根据权利要求21所述的涡轮机,其中所述第一转子板接触表面和所述第二转子板接触表面是大体平坦的。

27. 根据权利要求21所述的涡轮机,其中所述第一定子板接触表面和所述第二定子板接触表面是大体平坦的。

28. 根据权利要求20-23和25-27中的任一项所述的涡轮机,还包括刷式密封件,所述刷式密封件被设计、被配置且被安排成将发电机至少部分地从所述涡轮机隔离。

29. 根据权利要求20-23和25-27中的任一项所述的涡轮机,进一步地,其中所述一体芯座具有第一部分和第二部分,所述一体芯座的第一部分具有第一外径,所述一体芯座的第二部分具有比所述第一外径大的第二外径,且所述空腔具有第一部分和第二部分,所述空腔的第一部分具有第一内径,所述空腔的第二部分具有比所述第一内径大的第二内径,所述空腔的所述第一部分被设置尺寸为容纳所述一体芯座的所述第一部分,并且所述一体芯座的所述第二部分的所述第二外径大于所述空腔的所述第一部分的所述第一内径。

30. 根据权利要求20-23和25-27中的任一项所述的涡轮机,其中所述空腔包括凹槽,所述涡轮机还包括用于将所述一体芯座可拆卸地固定在所述空腔中的锁环,所述锁环被设置尺寸且被配置成用于可拆卸地安装在所述空腔中的所述凹槽中。

## 将热能转换为电力的系统、轴向涡轮机和制造涡轮机方法

[0001] 本申请是申请日为2013年09月11日,申请号为201380057879.7,发明名称为“将热能转换为电力的系统、轴向涡轮机和制造涡轮机的方法(原发明名称为:带有磁轴承的悬臂式涡轮机和发电机系统)”的申请的分案申请。

[0002] 相关申请数据

[0003] 本申请是2012年9月11日提交的名称为“Axial Overhung Turbine and Generator System For Use In An Organic Rankine Cycle”的美国临时专利申请序列号为61/699,649的非临时申请,该美国临时专利申请通过引用以其整体并入本文。

### 发明领域

[0004] 本发明总体上涉及用于工业废热回收和其他应用的涡轮发电机电力系统领域。特别地,本发明涉及联接到直驱(direct-drive)电力发电机的悬臂式(overhung)涡轮机。

[0005] 背景

[0006] 关于气候变化和能源成本上升的担忧以及将各种工业操作费用减到最小的愿望,共同引起增强注重收集此类操作中产生的废热。有机朗肯循环(“ORC”)涡轮发电机电力系统已用于工业废热回收。遗憾的是,用于收集废热并将其转换为电力的公知系统对于特定工业操作中可用的空间往往太大、在效率上低于预期的效率、需要比可用热量更多的热量来高效运行、太昂贵以至于不能针对某些应用进行制造或需要比预期的更多的维护。在其他应用中,诸如地热能回收和某些海洋热能工程,可利用丰富的热量并且高效的ORC系统是将这样的热量转换为电力的令人满意的装置。然而,即使在这样的其它的应用中,公知的ORC系统对于一些这样的应用往往过于昂贵,比预期效率低和/或比预期需要更多的维护。

### 发明内容

[0007] 在一个实施中,本公开涉及用于将热能转换为电力的系统。该系统包括:发电机,该发电机具有5MW或更小的功率输出,所述发电机具有近端、远端、发电机转子和定子,所述发电机转子被布置用于在所述定子内围绕旋转轴进行旋转运动,所述发电机还包括定位成邻近所述近端的第一磁径向轴承和定位成邻近所述远端的第二磁径向轴承,所述第一磁径向轴承和第二磁径向轴承环绕所述发电机转子并在运行期间保持所述发电机转子相对于所述旋转轴实质上同轴对准;以及涡轮机,该涡轮机具有至少一个定子和至少一个涡轮机转子,该至少一个涡轮机转子被支撑用于围绕所述旋转轴相对于所述至少一个定子的旋转运动,所述至少一个涡轮机转子与所述发电机转子联接以便旋转驱动所述发电机转子,所述涡轮机具有附接于所述发电机的所述近端的第一端部,其中所述至少一个涡轮机转子具有悬臂式结构,使得没有径向轴承被包括在所述涡轮机中用于径向支撑所述至少一个涡轮机转子进行旋转运动,所述涡轮机还包括用于接收在第一温度的工作流体的入口和用于排出在第二温度的所述工作流体的出口,所述第二温度低于所述第一温度,所述出口定位成紧邻所述涡轮机的所述第一端部,以便使传递到所述发电机的热量减到最小。

[0008] 在一个实施例中,所述发电机具有小于600KW的功率输出。

[0009] 在一个实施例中,所述涡轮机是多级涡轮机,并且至少一个涡轮机定子包括多个涡轮机定子,并且所述至少一个涡轮机转子包括多个涡轮机转子。

[0010] 在一个实施例中,所述多个涡轮机转子包括以背对背结构布置的至少两个涡轮机转子。

[0011] 在一个实施例中,所述涡轮机包括壳体,所述至少一个涡轮机定子包括多个涡轮机定子板,且所述至少一个涡轮机转子包括多个涡轮机转子板,进一步地,其中所述多个涡轮机定子板和所述多个涡轮机转子板一起形成可拆卸地安装在所述壳体中的一体芯座。

[0012] 在一个实施例中,所述发电机包括朝向所述发电机转子径向向内延伸的至少一个刷式密封件和从所述至少一个刷式密封件径向向内第一距离定位的刷式密封件支承座,所述第一距离被选择以允许所述至少一个刷式密封件接触所述刷式密封件支承座,所述至少一个刷式密封件被设置尺寸和配置为在启动和关闭期间,在所述第一磁径向轴承和所述第二磁径向轴承中的一个磁径向轴承被完全激励之前支撑所述发电机转子,以便维持所述发电机转子相对于所述旋转轴实质上同轴对准。

[0013] 在一个实施例中,所述发电机包括用于可旋转地支撑所述发电机转子的至少一个滚动体轴承,所述至少一个滚动体轴承邻近所述第一磁径向轴承和所述第二磁径向轴承中的至少一个。

[0014] 在一个实施例中,所述至少一个涡轮机转子具有径向尺寸 $\Delta r$ ,如在所述旋转轴与所述至少一个涡轮机转子的最外部分之间所测量的,所述涡轮机包括具有底板的罩,所述底板具有第一厚度,其中,所述第一厚度被选择以允许所述底板被机械加工到足以容纳所述至少一个涡轮机转子的厚度,所述至少一个涡轮机转子具有在 $\Delta r$ 与 $1.4\Delta r$ 之间变化的径向尺寸。

[0015] 在一个实施例中,所述系统还包括具有带有表面的可移动背板的罩、与所述背板相对的罩壁、以及具有宽度 $l_1$ 的扩散器通道出口,其中所述背板表面与所述罩壁隔开距离 $l_4$ ,其中,所述距离 $l_4$ 的范围在所述距离 $l_1$ 的一半与所述距离 $l_1$ 的四倍之间。

[0016] 在一个实施例中,所述背板具有厚度,所述厚度被选择以允许所述背板被机械加工使得所述距离 $l_4$ 在所述距离 $l_1$ 的一半与所述距离 $l_1$ 的四倍之间。

[0017] 在另一个实施中,本公开涉及用于将热能转换为电力的系统。该系统包括:发电机,该发电机具有5MW或更小的功率输出,所述发电机具有近端、远端、发电机转子和定子,所述发电机转子被布置用于在所述定子内围绕旋转轴进行旋转运动,所述发电机还包括定位成邻近所述近端的第一流体膜轴承和定位成邻近所述远端的第二流体膜轴承,所述第一流体膜轴承和第二流体膜轴承环绕所述发电机转子并在运行期间保持所述发电机转子相对于所述旋转轴实质上同轴对准;以及涡轮机,该涡轮机具有至少一个定子和至少一个涡轮机转子,该涡轮机转子被支撑用于围绕所述旋转轴相对于所述至少一个定子的旋转运动,所述至少一个涡轮机转子与所述发电机转子联接以便旋转驱动所述发电机转子,所述涡轮机具有附接于所述发电机的所述近端的第一端部,其中所述至少一个涡轮机转子具有悬臂式结构,使得没有径向轴承被包括在所述涡轮机中用于径向支撑所述至少一个涡轮机转子进行旋转运动,所述涡轮机还包括用于接收在第一温度的工作流体的入口和用于排出在第二温度的所述工作流体的出口,所述第二温度低于所述第一温度,所述出口定位成紧邻所述涡轮机的所述第一端部,以便使传递到所述发电机的热量减到最小。

[0018] 在又一个实施中,本公开涉及具有可互换部件的轴向涡轮机。轴向涡轮机包括:壳体,该壳体具有内部和第一旋转轴;多个转子板,每个转子板具有中心线、第一接触表面和接触所述第一表面的第二接触表面,所述第一接触表面和第二接触表面是实质上平行的,并且所述第一接触表面和第二接触表面中的每个在范围0.00005"至0.020"内是平坦的,其中所述多个转子板被定位成彼此紧邻,使得所述转子板的所述中心线是相互同轴的,并且与所述第一旋转轴同轴,以便界定多级转子组件的转子部分,所述多个转子板中的每个转子板具有径向最外部分;多个定子板,每个定子板具有中心线、第一接触表面和接触所述第一表面的第二接触表面,所述第一表面和第二表面是实质上平行的,并且所述第一表面和第二表面中的每个表面在范围0.00005"至0.020"内是平坦的,其中所述多个定子板被定位成彼此紧邻,使得所述定子板的所述中心线是相互同轴的,并且与所述第一旋转轴同轴,以便界定多级定子组件的定子部分,所述多个定子板中的每个定子板具有径向最内部分;其中,所述多个转子板被定位成与多个定子板中的对应的各自的定子板呈交替关系,以便与上游方向一起界定多级转子组件,另外,其中所述多个转子板中的至少一个转子板包括具有轴向弦杆的多个第一叶片,并且所述多个定子板中的邻近的定子板包括具有轴向弦杆的多个第二叶片,其中所述多个第一叶片与多个第二叶片轴向隔开以界定具有一定轴向尺寸的空间,该轴向尺寸在一个轴向弦杆的1%的1/4至两个轴向弦杆之间,如相对于紧接所述空间的上游的所述转子板和定子板中的一个的轴向弦杆所测量的。

[0019] 在一个实施例中,所述多个定子板包括具有多个叶片和第一叶片间距S的第一定子板以及包括第二定子板,所述第一定子板相对于所述第二定子板周向计时。

[0020] 在一个实施例中,所述多个转子板包括具有多个叶片和第一转子叶片间距S的第一定子板以及包括第二转子板,所述第一转子板相对于所述第二转子板周向计时。

[0021] 在一个实施例中,所述转子板的所述第一接触表面和所述第二接触表面在0.0001"至0.015"内是平行的,以及所述定子板的所述第一接触表面和所述第二接触表面在0.0001"至0.015"内是平行的。

[0022] 在一个实施例中,所述转子板的所述第一接触表面和所述第二接触表面在0.0005"至0.005"内是平行的,以及所述定子板的所述第一接触表面和所述第二接触表面在0.0005"至0.005"内是平行的。

[0023] 在一个实施例中,所述多个转子板相对于彼此固定并且所述多个定子板相对于彼此固定并相对于所述多个转子板定位,以便形成一体芯座系统。

[0024] 在一个实施例中,所述一体芯座系统被可拆卸地联接到所述壳体。

[0025] 在一个实施例中,所述轴向涡轮机还包括多个第一刷式密封件和多个第二刷式密封件,所述多个第一刷式密封件中的每个被定位成紧邻所述多个转子板中的对应的各自的转子板的所述最外部分,并且所述多个第二刷式密封件中的每个被定位成紧邻所述多个定子板中的对应的各自的定子板的所述最内部分。

[0026] 在又一个实施中,本公开涉及用于将热能转换为电力的系统。该系统包括:涡轮机,该涡轮机具有入口、出口、定子和涡轮机转子,其中所述涡轮机被配置为经由所述入口接收第一体积的工作流体并经由所述出口排出所述第一体积的工作流体,其中所述涡轮机转子围绕旋转轴旋转;发电机,其与所述涡轮机联接,所述发电机具有定子和发电机转子,所述发电机转子与所述涡轮机转子联接,以便由所述涡轮机转子围绕所述旋转轴进行旋转

驱动,所述发电机包括在所述发电机转子与所述定子之间的用于接收第二体积的所述工作流体的间隙,所述间隙具有进入端口和引出端口;并且其中,当所述第二体积的工作流体被引入所述间隙中时,所述第一体积的所述工作流体具有比所述第二体积的工作流体的温度更高的温度,并且存在于所述间隙中的所述第二体积的工作流体冷却所述发电机转子和所述定子。

[0027] 在一个实施例中,所述系统还包括蒸发器,所述蒸发器用于在将所述第二体积的所述工作流体引入所述间隙的所述进入端口之前接收所述第二体积的所述工作流体并汽化所述第二体积的工作流体。

[0028] 在一个实施例中,所述系统还包括雾化器,所述雾化器用于在将所述第二体积的所述工作流体引入所述间隙的所述进入端口之前接收所述第二体积的所述工作流体并雾化所述第二体积的工作流体。

[0029] 在一个实施例中,所述涡轮机包括具有背板的罩,并且所述引出端口包括被定位在所述背板中的多个孔。

[0030] 在一个实施例中,所述涡轮机具有通流速率,并且所述第二体积的所述工作流体以一定流动速率经过所述间隙,进一步地,其中所述第二体积的所述工作流体被引入所述间隙中以具有不超过所述通流速率的50%的流动速率。

[0031] 在一个实施例中,所述系统还包括冷凝器和泵,其中所述冷凝器与所述涡轮机的所述出口流动地联接,以接收所述第一体积的工作流体且将其冷凝成所述第二体积的工作流体,并将所述第二体积的工作流体排入所述泵中,其中所述泵与所述进入端口联接,以便将所述第二体积的工作流体输送到所述发电机中的所述间隙。

[0032] 在又一个实施中,本公开涉及多级涡轮机芯座(cartridge)。涡轮机芯座包括:多个转子板,每个转子板具有中心线,第一接触表面和接触所述第一接触表面的第二接触表面,所述第一接触表面和第二接触表面是实质上平行的,并且所述第一接触表面和第二接触表面中的每个在范围0.00005"至0.020"内是平坦的,其中所述多个转子板被定位成彼此紧邻,使得所述转子板的所述中心线是相互同轴的;多个定子板,每个定子板具有中心线、第一接触表面和接触所述第一表面的第二接触表面,所述第一接触表面和第二接触表面是实质上平行的,并且所述第一接触表面和第二接触表面中的每个在范围0.00005"至0.020"内是平坦的,其中所述多个定子板被定位成彼此紧邻,使得所述定子板的所述中心线是相互同轴的;并且其中,所述多个转子板被定位成与所述多个定子板中的对应的各自的定子板呈交替的关系,以便与上游方向一起界定多级转子组件,另外,其中所述多个转子板中的至少一个转子板包括具有轴向弦杆的多个第一叶片,并且所述多个定子板中的邻近的定子板包括具有轴向弦杆的多个第二叶片,其中所述多个第一叶片与所述多个第二叶片轴向隔开以限定具有一定轴向尺寸的空间,该轴向尺寸在一个轴向弦杆的1%的1/4至两个轴向弦杆之间,如相对于紧接所述空间的上游的所述转子板和定子板中的一个的轴向弦杆所测量的。

[0033] 在又一个实施中,本公开涉及用于将热能转换为电力的系统。该系统包括:发电机,该发电机具有近端、远端、发电机转子和定子,所述发电机转子被布置用于在所述定子内围绕旋转轴进行旋转运动,所述发电机还包括定位成邻近所述近端的第一磁径向轴承和定位成邻近所述远端的第二磁径向轴承,所述第一磁径向轴承和第二磁径向轴承环绕所述

发电机转子并在运行期间保持所述发电机转子相对于所述旋转轴实质上同轴对准;以及涡轮机,该涡轮机具有至少一个定子和至少一个涡轮机转子,该至少一个涡轮机转子被支撑用于在所述至少一个定子内围绕所述旋转轴的旋转运动,所述至少一个涡轮机转子与所述至少一个发电机转子联接以便旋转驱动所述发电机转子,所述至少一个涡轮机转子以悬臂式结构附接于所述发电机的所述近端,使得没有径向轴承被包括在所述涡轮机中用于径向支撑所述至少一个涡轮机转子进行旋转运动,所述至少一个涡轮机转子具有径向最外表面,并且所述至少一个定子具有径向最内表面,所述涡轮机还包括至少一个支承座、啮合所述至少一个转子的所述径向最外表面的第一刷式密封件 (brush seal)、以及啮合所述至少一个支承座的第二刷式密封件。

[0034] 在一个实施例中,当所述第一磁径向轴承和所述第二磁径向轴承未被激励以径向支撑所述发电机转子时,所述发电机转子离开与所述旋转轴同轴对准自由移动第一径向距离,进一步地,所述第一刷式密封件和所述第二刷式密封件的径向长度以及刚度被选择以支撑所述涡轮机转子,使得所述涡轮机转子以及进而联接到所述涡轮机转子的所述发电机转子偏离不超过离开与所述旋转轴同轴对准的第二径向距离,所述第二径向距离小于0.8倍的所述第一径向距离。

[0035] 在一个实施例中,所述第一刷式密封件与所述径向最外表面隔开0.0000"至0.010",以及所述第二刷式密封件与所述支承座隔开0.0000"至0.010"。

[0036] 在一个实施例中,所述第二径向距离是所述第一径向距离的0.3至0.6倍。

[0037] 在又一个实施中,本公开涉及制造用于驱动发电机的涡轮机的方法,所述涡轮机具有足以驱动发电机产生在范围为50KW至5MW内的电力的功率输出。该方法包括:提供具有底板的通用涡轮机罩,该底板具有第一厚度;提供具有径向高度的转子级,该转子级被定位在涡轮机罩中;以及,从该罩机械加工掉材料以减小底板的厚度并机械加工掉材料以减小转子级的径向高度,执行所述机械加工以便生产具有足以驱动发电机产生目标值在范围50KW至5MW内的最大电力输出的功率输出的涡轮机。

[0038] 在一个实施例中,提供所述通用涡轮机罩的步骤包括提供包括背板的涡轮机罩,并且还包括选择所述背板以使具有允许获得所述功率输出的结构的步骤,所述功率输出足以驱动所述发电机产生在所述目标值的所述最大电功率输出。

[0039] 在一个实施例中,提供所述通用涡轮机罩的步骤包括提供紧邻所述涡轮机罩的所述底板的鼻形件,所述鼻形件具有允许获得足以驱动所述发电机产生在所述目标值的所述最大电功率输出的所述功率输出的结构。

[0040] 在一个实施例中,所述通用涡轮机罩包括与所述底板相对的背板以及在所述背板与所述底板之间的扩散器出口通道,所述扩散器出口通道具有宽度11,所述通用涡轮机罩还包括与所述背板径向隔开距离14的罩壁,还包括形成所述背板的步骤,因此所述距离14范围从所述宽度11的一半至所述宽度11的四倍。

[0041] 在一个实施例中,在提供步骤中使用的所述背板与所述涡轮机罩隔开并可拆卸地附接于所述涡轮机罩。

[0042] 附图简述

[0043] 为了说明本发明的目的,附图示出本发明的一个或多个实施例的各个方面。然而,应当理解,本发明并不限于在附图中示出的精确布置和工具,在附图中:

- [0044] 图1是ORC涡轮发电机系统的示意图；
- [0045] 图2是在图1中示出的系统的涡轮机和发电机的示意图，其中示意性示出了发电机的内部细节；
- [0046] 图3类似于图1，除了其描绘ORC涡轮发电机系统的可替代实施例以外；
- [0047] 图4a是在图1中描绘的涡轮机组件的多级轴向涡轮机实施例的横截面视图以及在图1中描绘的发电机的局部剖视图，其示意性地示出了被包括在发电机的一个实施例中的轴承，为了清楚地说明，发电机的转子和定子被移除；
- [0048] 图4b类似于图4a，除了其示出在图1中描绘的涡轮机组件的单极径向涡轮机实施例以外；
- [0049] 图4c类似于图4b，除了其示出在图4b中描绘的涡轮机组件的多极径向涡轮机实施例以外；
- [0050] 图4d类似于图4c，除了在图4c中描绘的多级径向涡轮机组件的转子被布置成背靠背的结构以外；
- [0051] 图5是可用于在图4a中示出的涡轮机的涡轮机芯座的一个实施例的横截面视图；
- [0052] 图6是在图4a中示出的涡轮机的一部分的放大的横截面视图，其说明罩背板的一部分和整个涡轮机芯座；
- [0053] 图7是示出两个定子板和一个转子板的相对放置的透视图，其中该转子板的固定隔板在图4a中描绘的涡轮机的多级实施例中使用；
- [0054] 图8是示出各板的相对放置的用于在图4a中描绘的涡轮机的多级实施例的三个转子板的透视图；
- [0055] 图9是在图6中示出的涡轮机的一部分的横截面侧视图，其说明涡轮机的刷式密封件和其他细节；以及
- [0056] 图10类似于图9，除了其描绘涡轮机的可替代实施例以外。
- [0057] 详细描述
- [0058] 本公开涉及一种用于生成废热或与其他热源有关的有机朗肯循环 (ORC)、卡林娜循环 (Kalina cycle) 或其他类似循环、工业操作 (例如，太阳能系统或海洋热能系统) 的涡轮机动力发电机。来自通过热源加热的锅炉的高压热气进入涡轮机壳体并被膨胀通过涡轮机以转动转子，转子转动发电机轴以产生电力，如下面更加详细描述。
- [0059] 参考图1，涡轮发电机组件20旨在用于ORC系统22中。为了方便讨论，系统22被称为并描述为ORC系统22。不过，应当明白，其他热力学过程 (诸如卡林娜循环过程、底循环 (bottoming cycle) 过程) 也被本发明包含。涡轮发电机组件20包括涡轮机24和连接至涡轮机并通过该涡轮机驱动的发电机26。在更加详细讨论涡轮发电机组件20之前，提供ORC系统22的讨论。
- [0060] ORC系统22包括连接到热源30 (诸如来自工业过程的废热) 的锅炉28。锅炉28经由连接件32向涡轮机24提供高压热蒸汽。如下面更加详细讨论的，热蒸汽 (又名工作流体) 在涡轮机24中膨胀，热蒸汽的温度在该涡轮机24中下降并随后从涡轮机排出并经由流体连接件34输送至冷凝器36。在冷凝器36中，在涡轮机24中冷却的蒸汽通常进一步冷却至液态，并且第一体积的此类流体随后经由流体连接件38被输送至泵40，在该泵40中液体经由连接件42返回至锅炉28。该液体然后通过来自热源30的、经过锅炉28中的热交换器或其它结构 (未

示出)的热量在该锅炉中重新加热,并且然后重复该循环,作为高压热蒸汽经由流体连接件32返回至涡轮机24。

[0061] 现转向图1和图2,在一个实施例中,从冷凝器36出来的第二体积的冷却后液体经由流体连接件52被泵50输送至蒸发器54并经由流体连接件58从该蒸发器输送至发电机26。来自泵50的流体也经由流体连接件56被输送至发电机26(特别地,被输送至下面更加详细讨论的冷却夹套76)。在其他实施例中,可取的是,省略泵50并取而代之经由流体连接件57将从泵40输出的液体输送至流体连接件52和56。蒸发器54蒸发来自冷凝器36的第二体积的液体中的至少一些并经由流体连接件58将冷却蒸汽输送至发电机26。如图2中所示,发电机26包括流体间隙70、定子72和发电机转子74,其中流体间隙(例如,气体或雾化液体)被定位在定子与转子之间。发电机转子74围绕旋转轴106相对于定子72旋转。

[0062] 冷却蒸汽被引入间隙70中,并且在蒸汽经过间隙70时,其从定子72和发电机转子74提取热量,该蒸汽随后经由流体连接件34排出,与从涡轮机24排出的热蒸汽一起被冷凝器36冷却。可选地,如图1和图3中所示,从发电机26排出的蒸汽可以经由流体连接件37被直接输送至冷凝器36,而不是与从涡轮机24排出的蒸汽混合。涡轮机24具有通流(through flow)速率,并且在一个实施例中,被引入间隙70中的第二体积的蒸汽(工作流体)以不超过该通流速率的50%的流动速率经过间隙。通常,虽然不是必要的,发电机26被密封以确保存在于间隙70中的工作流体除了经由流体连接件34或流体连接件37(如果提供的话)以外不漏出。

[0063] 现参考图1-4d,在一个实施例中,发电机26被用于冷却该发电机的冷却夹套76(图2和图4a-4d)环绕。经由流体连接件56被泵50泵送至发电机26的冷却液体经由入口77被输送至冷却夹套76(图4a-4d)。在冷却液体循环通过冷却夹套76时,其从定子72和发电机26的其他部件提取热量。在完成其经过冷却夹套76的通路后,该冷却液体(现在某种程度上更热)在从冷却夹套中的流体出口79退出后经由流体连接件78从发电机26流出并返回至冷凝器36。

[0064] 下面转向图2和图3,在ORC系统22的另一个实施例中,雾化的冷却液体而不是蒸发液体被提供给发电机26中的间隙70。除了如下面具体讨论的以外,图3中所示的ORC系统22的实施例与图1中所示的系统的实施例基本相同,并因此为简洁起见,不提供相同元件的描述。不像在图1中示出ORC系统22的实施例,图3中所示的实施例中未提供蒸发器。相反,经由流体连接件56输送至发电机26的冷却液体的一部分通过流体连接件80被提供给定位成紧邻发电机的雾化器82。雾化器82雾化冷却液体,冷却液体随后被输送至发电机26中的间隙70,其中相对冷的雾化液体当其通过间隙行进时(包括通过相对于被定子和转子中的热量汽化的雾化液体部分的汽化的潜热),其从定子72和发电机转子74提取热量。雾化的液体随后经由流体连接件34与从涡轮机24排出的工作流体一起从发电机26排出。在图2和图3中,雾化器82以虚线图描绘来表示其是结合本发明的一个实施例使用的可选元件。如上所述,在一个实施例中,被引入间隙70中的第二体积的雾化液体(工作流体)以不超过涡轮机24的流通速率50%的流动速率经过间隙。

[0065] 在某些应用中,可取的是,仅经由冷却夹套76提供定子72的冷却以及不向间隙70提供蒸汽或雾化的液体。在其他应用中,仅向间隙70提供蒸汽或雾化的液体,而不经由冷却夹套76提供定子72的冷却是可取的。

[0066] 各种高分子量有机流体可以单独或组合用作系统20中的工作流体。这些流体包括制冷剂,例如诸如R125、R134a、R152a、R245fa和R236fa。在其他应用中,可以使用不同于高分子量有机流体的流体(例如水和氨)。

[0067] 系统22还包括连接到发电机26的电子器件封装件86。封装件86将来自发电机26的变频输出功率转换为适于连接到电网87的频率和电压,例如50Hz和400V、60Hz和480V或其他类似值。

[0068] 更详细讨论发电机26,在一个实施例中,该发电机是直驱永磁发电机。这样的构造是有利的,因为其避免需要齿轮箱,其相应产生更小和更轻的系统20。本文描述的本发明的各个方面当然可以使用具有齿轮箱和不包括永磁体的合适的绕线转子(例如双绕线感应馈送转子)的发电机来高效实施,该齿轮箱机械联接在涡轮机24的涡轮机转子104与发电机26的发电机转子74之间。此外,在特定应用中,直驱同步发电机可以被用作发电机26。发电机26的额定功率输出将随着预期应用而变化。在一个实施例中,发电机26具有5MW的额定功率输出。在另一个实施例中,发电机26具有50KW的额定功率输出,以及在另外的其它的实施例中,发电机26具有在这些值(例如200KW、475KW、600KW或1MW)之间的某处的额定功率输出。不同于在上述示例中列出的那些值的发电机26的额定功率输出包含在本发明的范围内。

[0069] 为了允许高速(例如,在20000-25000rpm的量级)运行并最小化维护,在发电机26的某些实施例中,使用磁径向轴承88支撑发电机转子74的旋转运动可能是可取的(参见图4a-4d)。在一个实施例中,磁径向轴承88a定位成邻近紧邻涡轮机24的发电机转子74的端部,并且磁径向轴承88b定位成邻近该转子的相对的端部。如下面更加详细讨论的,轴承88的这种安置很大程度允许涡轮机24的悬臂式构造。同样,可以通过使用磁轴向推力轴承89来控制发电机转子74的轴向运动。通过控制器90来控制磁径向轴承88和磁轴向推力轴承89,控制器90根据如通过联接至控制器的传感器(未示出)检测的、发电机转子74的径向位置和轴向位置中的变化来调节输送至轴承的功率,所有这些对于本领域中的普通技术人员来说是众所周知的。

[0070] 在本发明的另一实施例中,流体膜轴承可以被用于替代磁径向轴承88和推力轴承89。为了说明的目的,在替代方案中,在图4a-4d中的磁轴承88和89的示意性描绘应视为包括流体膜轴承。众所周知,流体膜轴承支撑在流体(即气体或液体)的薄膜上的总转子负荷。

[0071] 可选地,除了磁轴承88和89以外,滚动体(rolling element)径向轴承92(例如径向轴承92a和92b)可以分别设置在环绕转子轴的发电机转子74的转子轴93的相对端,该转子轴通常邻近磁轴承88a和88b。滚动体径向轴承92支撑发电机转子74,并且当磁轴承88和89未通电时,其轴93关于旋转轴106是实质上同轴的。更为具体地,当磁轴承88未被激励时,滚动体径向轴承92为发电机转子74提供平衡点,并在突然发生电子或电源故障的情况下为发电机转子提供安全着陆。在一些情况下,可能可取的是,设置滚动体径向轴承92的尺寸以具有相对送的配合支撑发电机转子74,使得在运行期间,当磁轴承88和89被通电时,如果与滚动体径向轴承92有任何接触(甚至在由于磁轴承88的运行中的扰动引起的发电机转子74的最大径向偏转的时间期间),则转子受到限制。当流体膜轴承被用于替代磁径向轴承88时,通常不需要滚动体径向轴承92,虽然在某些应用中,包括此类径向轴承可能是可取的。

[0072] 在一个实施例中,滚动体径向轴承92的尺寸被设置以允许转子轴93从与旋转轴106完美同轴对准径向偏离是与轴93从旋转轴106最大径向偏离的1.01至5倍一样大的量,

轴93从旋转轴106最大径向偏离可以发生在当磁径向轴承88完全激励时,包括在由于磁径向轴承的扰动(例如由于流体动态不稳定性或失效的控制系统或电源故障(没有备份))引起可能发生的主要的径向偏转的时间期间。在另一个实施例中,径向轴承92所允许的这种偏差是当磁轴承88被激励(还包括在随着时间的推移发生的主要的扰动期间)时发生的轴93从旋转轴106径向偏离的约2至3倍。在本领域中,滚动体径向轴承92往往被称为“防撞器轴承”或“支承轴承”。

[0073] 虽然对于上述讨论的原因是有益的,但是,滚动体径向轴承92也面临挑战,因为此类轴承的径向游隙比涡轮机24的常规密封件(未详细示出)的预期游隙要高得多。典型的滚动体径向轴承92具有在0.005至0.015英寸的量级的径向游隙。相比之下,涡轮机24的密封件的预期径向游隙通常在0.000至0.001英寸的量级。在发电机26进行组装、装船和储存时,或在运行期间由于磁轴承88的故障造成发电机转子74的悬浮的损失过程中,发电机转子将下降到滚动体径向轴承92。发电机转子74这样“运行(play)”的后果是靠近滚动体径向轴承92的轴93的部分和涡轮机24中的密封件一起可能随着时间推移被损坏。实际上,在特定应用中,少到1-10个“防撞器”事件可以引起对涡轮发电机组件20的部件的足够的损坏(需要对这样的部件进行拆解和修理/替换)。

[0074] 这种问题的解决方案是添加邻近各磁轴承88和/或各滚动体径向轴承92中的一个或一个以上的径向刷式密封件94(图4a-4d),或用刷式密封件替换滚动体径向轴承(即,防撞器轴承)。如在此类情况下所使用的,刷式密封件94被设计在变形之前可承受相当大的径向力。此类变形是临时的,其中刷式密封件94被构造成使得其能够迅速弹回其先前的配置。换句话说,刷式密封件94是自愈的。基于发电机转子74和与发电机转子联接的涡轮机转子104的重量(在下面讨论)以及发电机26和涡轮机24分别给定的整体设计和运行参数允许的转子74和104的径向运动的范围来选择每个刷式密封件94的刚度。在一个实施例中,刷式密封件94的刚度被选择使得当转子仅通过各刷式密封件支撑时发生的发电机转子74从与旋转轴106的同轴对准径向偏离的范围比当磁轴承88被完全激励并在通过正常运行过程中支撑发电机转子74的旋转运动时发生的发电机转子74从与旋转轴106的同轴对准的最大径向偏离的范围大1到5倍。在另一个实施例中,此类径向偏移的范围比当磁轴承88完全激励并在正常运行过程中支持发电机转子74的旋转运动时发生的发电机转子74从与旋转轴106的同轴对准的径向偏离的范围大1.2至4倍。在另一个实施中,当磁轴承88未被激励时,发电机转子74自由移动第一径向距离脱离与旋转轴106的同轴对准,并且当由刷式密封件94支撑时,发电机转子径向移动不超过第二径向距离脱离与旋转轴的同轴对准。在这个实施中,第二径向距离不超过第一径向距离的0.8倍,并且在某些实施中,范围是第一径向距离的0.2至0.6倍。

[0075] 现在参考图2和图4a-10,将更加详细描述涡轮机24。在图4a中所示的实施例中,涡轮机24是悬臂式轴向涡轮机并包括壳体98,壳体98具有轴向入口100和径向出口102。在一个实施例中,涡轮机24是多级涡轮机,其中图4a中所示的实施例具有三级。在下面更加详细讨论的其他实施例中,涡轮机24可以是如图4b中所示的单级悬臂式径向涡轮机和如图4c中所示的多级悬臂式径向涡轮机。与这种悬臂式结构一致,没有径向轴承被包括在涡轮机24、324、424中用于径向支撑涡轮机中的转子的旋转运动。如上所述,涡轮机24被构造使得在工作流体被运送通过涡轮机时工作流体膨胀,其结果是涡轮机的冷端(即紧邻径向出口102的

端部) 被定位成邻近发电机26。这种布置减少从涡轮机24到发电机26的热传递。

[0076] 涡轮机24包括围绕旋转轴106旋转的涡轮机转子104和相对于壳体98固定的定子108。如下面更多讨论的,在以模块化设计为特征的涡轮机24的一个示例中,涡轮机转子104包括多个单独叶片板110,并且定子108包括与转子板交替定位成指叉状排列关系的多个单独的板112,如在图5、6和9中最佳看见。转子板110和定子板112被定位在壳体98内的在入口100与出口102之间的区域形成的空腔114中。如最佳示于图9和图10中,定子板112的径向最内部分与涡轮机转子104被定位在各转子板110之间的部分隔开,以便形成被设置在各定子板的此类径向最内部分上的密封件116密封的间隙115。在图5中所示的涡轮机24的部分中,多个定子间隔段117(一个对应于每个转子板110)被设置与定子板112的径向外部分成交替指叉状排列关系。每个间隔段117对应于各个转子板110径向向外定位。在图9和10中所示的涡轮机24的替代实施例中,间隔段117形成为定子板112的整体部分(间隔段未在图9和10中单独标出)。无论如何,在这些实施例中的每个实施例中,相对于其对应的各自的转子板110来设置每个间隔段117的尺寸,使得间隙118被设置在转子板的径向最外部分与间隔段的径向最内部分之间。在涡轮机24的特定实施例中,密封件119(参见图9)可以被设置在间隙118中。

[0077] 如最佳示于图9和10中,每个转子板110包括第一接触表面130和接触第一接触表面的第二接触表面132。同样,每个定子板112包括第一接触表面134和接触第一接触表面的第二接触表面136。接触表面130、132、134和136是实质上平坦和实质上平行的。另外,它们被布置以实质上垂直于旋转轴106。在一个实施例中,接触表面130、132、134和136在范围0.00005"至0.020"内是平坦的,并且在特定实施例中,接触表面130、132、134和136在0.0005"至0.005"的范围内是平坦的,如相对于此类表面的均方根版本所测量的。另外,在一个实施例中,转子板110的接触表面130和132以及定子板112的接触表面134和136从完美平行偏离在范围0.0001"至0.015"内的量,以及在特定实施例中,转子板110的接触表面130和132以及定子板112的接触表面134和136从完美平行偏离在范围0.0005"至0.005"内的量。间隔段117(当被提供时)优选具有同样平坦并平行于如上所述的接触表面130、132、134和136的接触表面。

[0078] 现参考图7和图8,在涡轮机24的特定实施中,可能可取的是,相对于邻近的转子板周向计时一个转子板110,例如相对于板110b计时转子板110a。同样,可能可取的是,相对于邻近的定子板周向计时一个定子板112,例如相对于板112c计时定子板112a。如本领域的技术人员将理解的是,涡轮机24的预期性能规格将影响所提供的计时范围。一个实施例中,当被计时的成对的转子板110两者都具有相等数量的叶片140时,第一转子板110(例如板110a)相对于第二邻近的转子板(例如板110b)在零至一个叶片间距(即(0)S至(1)S)计时。同样,在一个实施例中,当被计时的成对的定子板112两者都具有相等数量的叶片142时,第一定子板112(例如板112a)相对于邻近的定子板(例如板112c)在零至一个叶片间距(即(0)S至(1)S)计时。在一个实施例中,当被计时的成对的转子板110两者都具有不等数量的叶片140时,第一转子板110(例如板110a)相对于第二邻近的转子板(例如110b)在0至360度的范围中的某个地方计时。同样,在一个实施例中当被计时的成对的定子板112两者都具有不等数量的叶片142时,第一定子板112(例如板112a)相对于邻近的定子板(例如112c)在0至360度的范围中的某个地方计时。已知的涡轮机流量分析和实验方法用于指导在0到360度的该

范围内选择最佳计时量。

[0079] 继续参考图7和8,在一个实施例中,邻近的定子板112使用对准系统相对于另一定子板计时,该对准系统特征在于多个周向隔开的孔160沿定子板112(例如定子112c)的周边区段162定位,为了方便示出,图7中仅示出所述多个周向隔开的孔中的五个。在一个实施中,邻近的孔160周向隔开一个叶片间距S。该对准系统还包括在间隔段117的周边区段166中的孔164。另外,盲孔168可以被设置在紧邻定子板(例如定子板112c)的定子板112(例如定子板112a)的周边区段170中,孔160设置在定子板中(转子板110b和隔板117当然是介于中间的)。在一个实施例中,孔160、164和168与旋转轴106隔开实质上相等的径向距离,并且具有实质上相等的直径。该对准系统包括销钉172,其尺寸被设置用于通常使用轻微的摩擦配合被接收在孔160中选定的一个孔160以及孔164中。当如此定位时,销钉172锁住与邻近的间隔段117选定周向对准的定子板112c。选定的在邻近的定子板(例如板112a与112c)之间的周向计时通过接下来使用插在孔164和168中的销钉174将间隔段117锁住到定子板112a来实现。也可以采用用于计时邻近的转子板110的类似系统,如下面结合图9和10所更加详细讨论的。如上所述,基于邻近定子板112之间预期的周向计时范围来确定选择接收销钉172的多个孔160中的一个孔。如本领域的技术人员所理解的,本发明包含周向计时邻近的转子板110和定子板112的其他方法。

[0080] 具体参考图9,其中示出了定子板S1、S2、S3,转子板R1、R2、R3,以及距离 $C_{x,R2}$ 、 $C_{x,S1}$ 、 $C_{x,S3}$ ,在一个实施中,转子板110和定子板112被隔开,使得转子板110的叶片140与邻近的定子板112的叶片142之间的轴向距离178在一个轴向弦杆的1%的1/4至两个轴向弦杆的范围内,并且在特定实施例中,在1/3弦杆至1个弦杆的范围内,如相对于转子板和定子板中的紧接上游的一个的弦杆所测量的。例如,在图9中被识别为R3的转子板110的叶片140为距离被识别为S3的定子板112的紧邻叶片142的轴向隔开距离178a,弦杆距离 $C_{x,S3}$ 在一个弦杆的1%的1/4至两个轴向弦杆的范围内,并且在特定实施例中,隔开1/3至1个弦杆。可替代地,涡轮机24的级反应可以是任何常规的水平。然而,当轴向推力水平必须被控制以满足发电机26可用的推力性能时,那么,非常小的级反应可能是可取的,在一个示例中,其公共值的范围是-0.1至0.3,并且往往落入-0.05至+0.15的范围内。当例如利用图4c中示出的多级径向流入涡轮机424不能实现非常低的级反应时,那么,第二级可以被反向,使得两个径向涡轮机背对背工作,留下最后级仍然面向发电机排放。

[0081] 参考图4a-6、9和10,结合这个实施例的组件,转子板110和定子板112被定位成交替指叉状排列关系。在一个实施例中,转子板110包括在各板径向内部中的多个孔186(参见图5),各孔的尺寸被设置接收紧固件,诸如双头螺栓188,该双头螺栓通过各板延伸并经由短轴中的螺纹孔190被固定到短轴189。发电机转子轴93可以包括在短轴189的螺纹孔194中接收的螺纹凸端192。

[0082] 定子板112和间隔段117(如果提供的话)可以例如被固定在一起成交替指叉状排列关系,以便形成一体芯座198。一体芯座198可以使用已知的紧固件和其他装置被可拆卸地固定到壳体98的空腔114(图6)中。在一个实施例中,芯座198可以通过锁环200被固定到空腔114中,锁环200与该空腔中对应尺寸的凹槽201中的卡扣配合啮合。利用这种构造,当安装锁环200时,定子板112和段117(当提供时)被驱动抵靠在壳体98中的空腔114中形成的肩部202,从而保持各板和各段固定在合适的位置。在涡轮机24的特定实施例中,转子板110

可以与在孔214(参见图8、9和10)中接收的销钉203(参见图9和10)固定在一起,以确保各转子板之间不发生相对旋转运动。同样,在涡轮机24的其他实施例中,定子板112和隔板117可以与如上所述的销钉172一起固定(参见图9和10),以确保不发生相对旋转运动。如果需要的话,销钉172也可以从最下游的隔板117或定子板112刺入壳体98的底板204中(此类刺穿未示出),以确保没有相对运动。可以提供头锥206,在一个实施例中,头锥206与最上游定子板112中的螺纹孔208螺纹啮合(在图9和10中被识别为S1)。另选地,机器螺钉可被用来将头锥206固定到第一定子板112。参考图5、6、9和10,在某些实施中,可以可取的是,将转子板110、定子板112和隔板117(如果提供的话)可旋转对准并使用通过转子板、定子板和隔板延伸的一个或多个销钉210和/或一个或多个双头螺栓212将转子板110、定子板112和隔板117(如果提供的话)固定在一起。销钉210可以被用于转子板110、定子板112和隔板117的精确旋转对准,并且如果在这些部件中接收足够的力配合,也可以将这些部件保持在一起以形成一体结构,即一体芯座198。除提供可旋转对准的某些量度以外,双头螺栓212也将各转子板、各定子板和隔板牵引在一起以形成一体结构,即一体芯座198。

[0083] 通过提供独立的转子板110和定子板112,并通过使此类板变得如上所述的相对平坦,这些板可以被装配为可定位在壳体98中的空腔114中并从该空腔拆除的芯座198(参见图5)作为一体组件。如下面所更加详细讨论的,提供芯座198允许通用涡轮机24容易适用于其预期应用和被互换用于维护或新的装载要求。

[0084] 在某些应用中,将可取的是,将发电机26与涡轮机24更大幅度隔离。为实现这一目标,如图6中最佳示出的,可能可取的是,包括围绕紧邻背板250的径向最内部分的涡轮机24的短轴189的密封件220。密封件220可被实施为曲径式密封件、刷式密封件、紧密公差环密封件或使用本领域中已知的其他密封件。

[0085] 如图4a-6中所示的涡轮机24的实施例被设计为允许准备制造具有不同尺寸的转子104和定子108的涡轮机的版本。通过提供用于涡轮机24的单壳体98,同时允许使用该单壳体构造具有不同工作参数的涡轮机,涡轮机可以在有成本效益的基础上以给定应用的规格来制造。这种灵活的设计部分通过设计和整形涡轮机24的壳体98,使得预期用于涡轮机的最大直径涡轮机转子104可以在空腔114内接收并通过使用上面讨论的芯座设计来实现。具体地,在涡轮机24的预期运行参数被确定用于其中将使用涡轮机的应用后,随后用于涡轮机转子104中的板110的数量和尺寸以及用于定子108中的板112和间隔段117被确定。

[0086] 与提供可容易变更以满足预期运行参数的涡轮机24的目标一致,壳体98被设计以促进此类变更。壳体98此类设计的一个方面涉及提供具有厚度足以容纳具有变化径向高度的涡轮机转子104和定子108的底板204。 $\Delta r$ ,如在旋转轴与所述至少一个涡轮机转子的最外部分之间所测量的,所述轴向涡轮机包括具有底板的罩,该底板具有第一厚度,其中,所述第一厚度被选择以允许在所述底板内部加工足以容纳所述至少一个涡轮机转子的厚度,所述至少一个涡轮机转子具有在 $\Delta r$ 与 $1.4 \Delta r$ 之间变化的径向尺寸。此外,壳体98被设置成具有允许通过可用于加工底板的传统机床(例如5轴数控铣床或数控车床)容易接近底板204的结构,以便形成尺寸设置成接收具有预期径向高度的涡轮机转子104和定子108的空腔114。

[0087] 提供可更改壳体98的另一个方面是包括具有可调节厚度的背板250,以便选择性改变宽度14(即背板250与壳体壁252之间的距离14),并选择性改变宽度11,即出口宽度。在

这方面,宽度14可以被改变使得其范围是扩散器出口的宽度11的一半到四倍。在某些实施例中,背板250可以是壳体98的组成部分,并且在其他实施例中,背板250可以是单独的元件,如图4a-4d中所示。背板250优选包括一个或多个端口254,在间隙70中的蒸汽可以通过一个或多个端口254被排出并输送至涡轮机24的排出流路径并最终经由流体连接件34输送至冷凝器36。如果需要,分流器256可以紧邻涡轮机转子104和定子108的下游来设置,作为以调整涡轮机24的性能的另一种方式。作为另一可选特征,扩展板258可以被添加到壳体98的底板204的前缘260,如图6中最佳所示。

[0088] 壳体性能取决于几个因素,但是在壳体入口100的入口流的对准和壳体基本尺寸是重要的,如文献中所教导的。非常好的流入口为扩散器提供在壳体背板250中向上流动排出,如在图4a-4d中所配置的。重要的设计变量是将 $L4=14/11$ 设定为0.5至4的值(往往在2至3的范围),以便具有高性能(维持良好的扩散器 $C_p$ )。这意味着扩散器出口宽度(11)和罩底板宽度(14)必须被控制。出口宽度11也控制扩散器的性能,因为它控制是一阶设计参数的扩散器总面积比,因此可能出现冲突。如果扩散器的11增加,将损害壳体。这通过开始的大手笔的壳体设计以覆盖宽范围功率等级(对于某些设计高达5MW)并随后通过更改背板250和底板204的前缘260调节运行参数来控制。另一设计变量是引入扩散器分离器256(图6),这给出了对11的独立控制,从而允许扩散器出口值的选定变化。进一步的性能调整可以通过选择合适高度和厚度的扩展板258(图6)来实现。

[0089] 涡轮机24在图4a中被描绘为多级轴向涡轮机24,但是涡轮发电机系统20并不局限与此。在这方面,并参照图4b,在替代实施例中,涡轮发电机系统20可以包括具有单级的径向涡轮机324。相同的标号在图4a和图4b中使用,以识别相同元件,并且为了简化起见,在关于径向涡轮机324的下面描述中,省略了相同元件的描述。径向涡轮机包括单个转子104和单个定子108。和图4a中描绘的轴向涡轮机24一样,径向涡轮机324可被实施为可以通过双头螺栓188可拆卸固定到发电机轴93的一体芯座198。涡轮机324可以包括入口凸缘环333,以及通过已知紧固件附接于壳体98的外流引导件334。头锥206和定子108可以通过已知的紧固件(例如螺栓337)可拆卸地固定到壳体98。

[0090] 接下来转到图4c,在替代实施例中,涡轮发电机系统20可以包括多级径向涡轮机424。相同的标号在图4a和图4b中使用,以识别相同元件,并且为了简化起见,在关于径向涡轮机424的下面描述中,省略了相同元件的描述。径向涡轮机424包括两个转子104和两个定子108。径向涡轮机424可被实施为通过双头螺栓188可以可拆卸固定到发电机轴93的一体芯座198。涡轮机424可以包括入口凸缘环333,以及通过已知紧固件附接于壳体98的外流引导件334。头锥206和定子108以及被定位在各定子之间的中间流引导件441一起可以通过已知的紧固件(例如螺栓337)可拆卸地固定到壳体98。涡轮机424的两个定子108和中间流引导件441可以被用螺栓339或其他已知的紧固件固定在一起以便形成一体芯座198。中间流引导件441在功能上类似于在图5和图6中示出的涡轮机24的版本中的定子隔板117。

[0091] 根据在涡轮发电机系统20中的预期推力平衡,可以可取的是,以背对背的安排(如图4d中关于径向涡轮机524所示)配置多级径向涡轮机的各转子104。在这方面,通过各转子被联接在一起旋转,转子104a被定位,因此它支持转子104b。定子108被定位在转子104a/104b之间,并且包括用于可旋转支撑转子104b穿过所述定子延伸的一部分的轴承526。涡轮机524还包括前面板550,气体传输管552通过该前面板550延伸,其中该气体传输管终止于

内部风室554。进入涡轮机524的气流流入管道552,并被输送到内部风室554,从该风室退出造成转子104a旋转,流过定子108,随后驱动转子104b并最终退出涡轮机。

[0092] 虽然没有具体示出,但是也可使用混流式涡轮机来实施涡轮发电机系统20。混流式涡轮机在设计上与径向涡轮发电机324和424很相似,并且因此未单独示出。

[0093] 通过将转子104置于相反的方向,使得低压、冷却的工作流体从接近发电机26的涡轮机24最后转子级排放,传递到发电机的热量减到最小,从而延长发电机寿命。作为涡轮机24的转子反方向的后果,涡轮机24的低压排气装置经由端口254将第二体积的工作流体从发电机26中的间隙70吸出并进入涡轮机24的排放流,同时充分平衡推力,使得发电机推力轴承89可处理涡轮机24的剩余轴向载荷。这样的设计是高效、紧凑和高热效率的。

[0094] 本发明的一个方面是一种用于将热能转换为电力的系统。该系统包括具有5MW或更少的功率输出的发电机,所述发电机具有近端、远端、发电机转子和定子,所述发电机转子被布置用于在所述定子内围绕旋转轴旋转运动,所述发电机还包括定位成邻近所述近端的第一流体膜轴承和定位成邻近所述远端的第二流体膜轴承,所述第一流体膜轴承和第二流体膜轴承环绕所述发电机转子并在运行期间保持所述发电机转子相对于所述旋转轴实质上同轴对准;以及涡轮机,该涡轮机具有至少一个定子和经支撑用于围绕所述旋转轴相对于所述至少一个定子的旋转运动的至少一个涡轮机转子,所述至少一个涡轮机转子与所述发电机转子联接以便旋转驱动所述发电机转子,所述涡轮机具有附接于所述发电机的所述近端的第一端,其中所述至少一个涡轮机转子具有悬臂式结构,使得没有径向轴承被包括在所述涡轮机中用于径向支撑所述至少一个涡轮机转子的旋转运动,所述涡轮机还包括用于接收在第一温度的工作流体的入口和用于排出在第二温度的所述工作流体的出口,所述第二温度低于所述第一温度,所述出口定位成紧邻所述涡轮机的所述第一端部,以便使传递到所述发电机的热量减到最小。

[0095] 在替代实施例中,在第48段中所描述的系统具有输出功率小于600KW的发电机。

[0096] 在一个实施例中,在第48段中所描述的系统的涡轮机可以包括壳体,并且所述至少一个定子包括多个定子板,并且所述至少一个涡轮机转子可以包括多个涡轮机转子板,进一步地,其中所述多个定子板和多个涡轮机转子板一起形成可拆卸安装在所述壳体中的一体芯座。

[0097] 在第48段中描述的系统的涡轮机可以是轴向涡轮机,径向涡轮机或混合流涡轮机。

[0098] 在第48段中描述的系统可以包括罩,该罩具有带有表面的可移动背板、与该背板相对的罩壁、以及具有宽度11的扩散器通道出口,其中所述背板表面与罩壁隔开距离14,其中,距离14的范围在宽度11的一半与四倍宽度11之间。

[0099] 本发明的另一方面是一种多级涡轮机芯座。该芯座包括多个转子板,每个转子板具有中心线,第一接触表面和接触所述第一接触表面的第二接触表面,所述第一接触表面和所述第二接触表面是实质上平行的,并且所述第一接触表面和第二接触表面中的每个在范围0.00005"至0.020"内是平坦的,其中所述多个转子板被定位成彼此紧邻,使得所述转子板的所述中心线是相互同轴的;多个定子板,每个定子板具有中心线,第一接触表面和接触所述第一表面的第二接触表面,所述第一接触表面和第二接触表面是实质上平行的,并且所述第一基础表面和所述第二接触表面中的每个在范围0.00005"至0.020"内是平坦的,

其中所述多个定子板被定位成彼此紧邻,使得所述定子板的所述中心线是相互同轴的;并且其中,所述多个转子板被定位与所述多个定子板中的相应的各自的定子板成交替关系,以便与上游方向一起界定多级转子组件,另外,其中所述多个转子板中的至少一个转子板包括具有轴向弦杆的多个第一叶片,并且所述多个定子板中的邻近的定子板包括具有轴向弦杆的多个第二叶片,其中所述多个第一叶片与所述多个第二叶片径向隔开以限定具有轴向尺寸的空间,该轴向尺寸在一个轴向弦杆的1%的1/4至两个轴向弦杆之间,如相对于紧接所述空间的上游的所述转子板和定子板中的一个的轴向弦杆所测量的。

[0100] 在一个实施中,在第53段中描述的涡轮机芯座中的空间具有范围从紧接所述空间上游的所述转子板和定子板中的一个的所述轴向弦杆的1/3到1的轴向尺寸。在第53段中描述的涡轮机芯座的另一实施中,所述多个转子板相对于彼此固定并且所述多个定子板相对于彼此固定并相对于所述多个转子板定位以便形成一体芯座系统。在第53段中描述的涡轮机芯座的又一实施中,所述一体芯座系统被设计为可拆卸地联接到涡轮机壳体。

[0101] 已在上面公开并在附图中示出了示例性实施例。本领域的技术人员将理解,可以对本文具体公开的内容进行各种更改、省略和添加,而不脱离本发明的精神和范围。

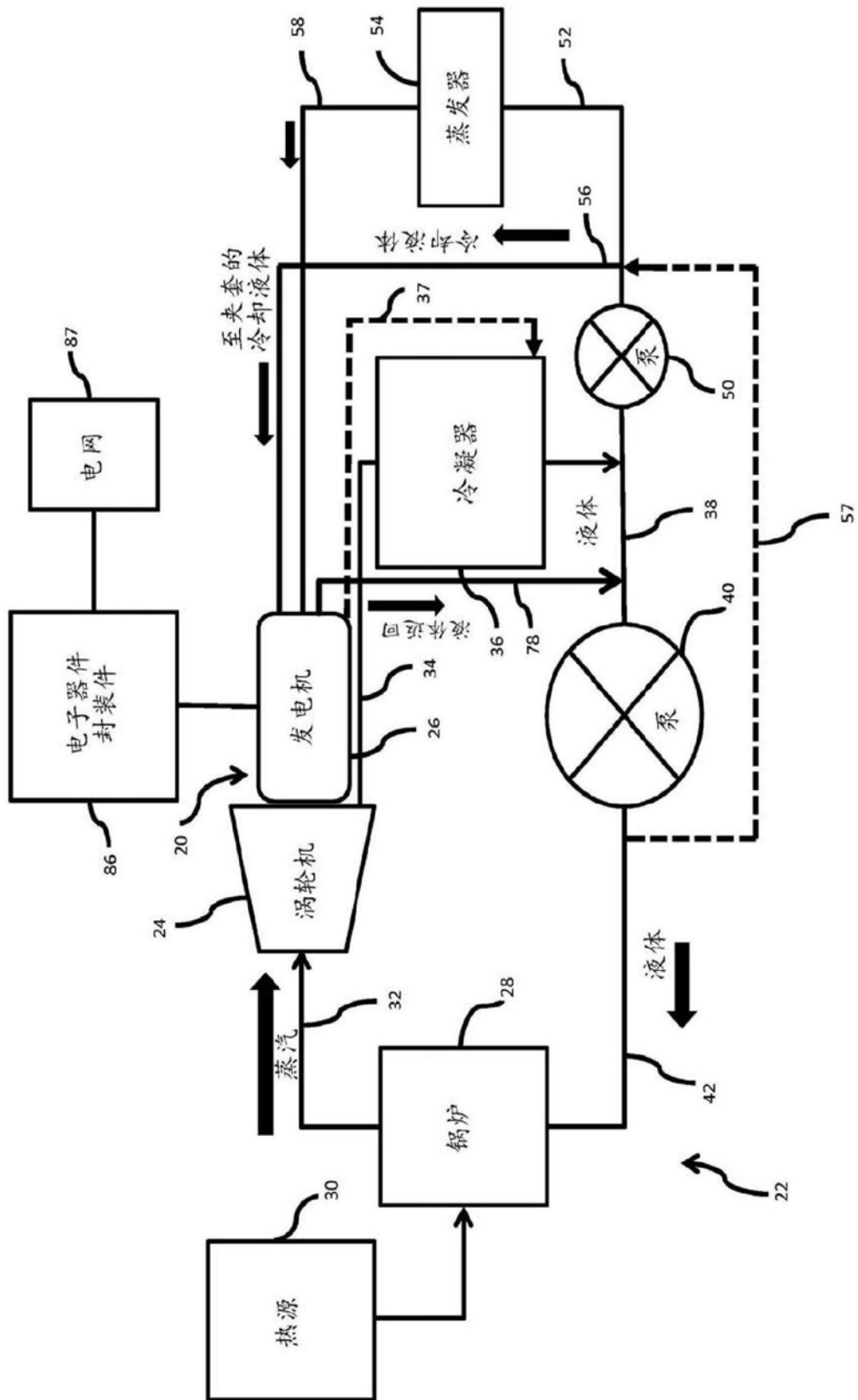


图1

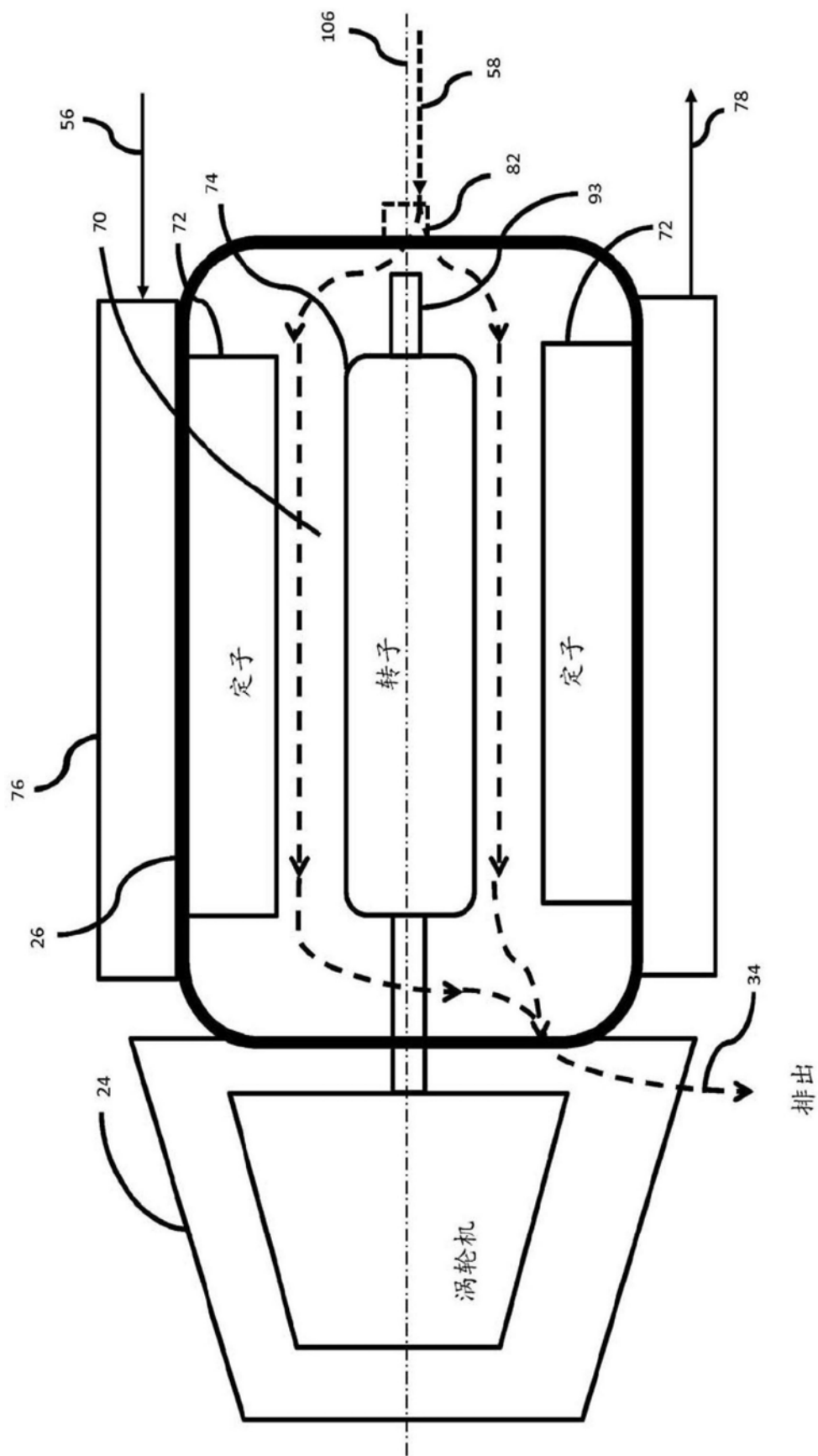


图2

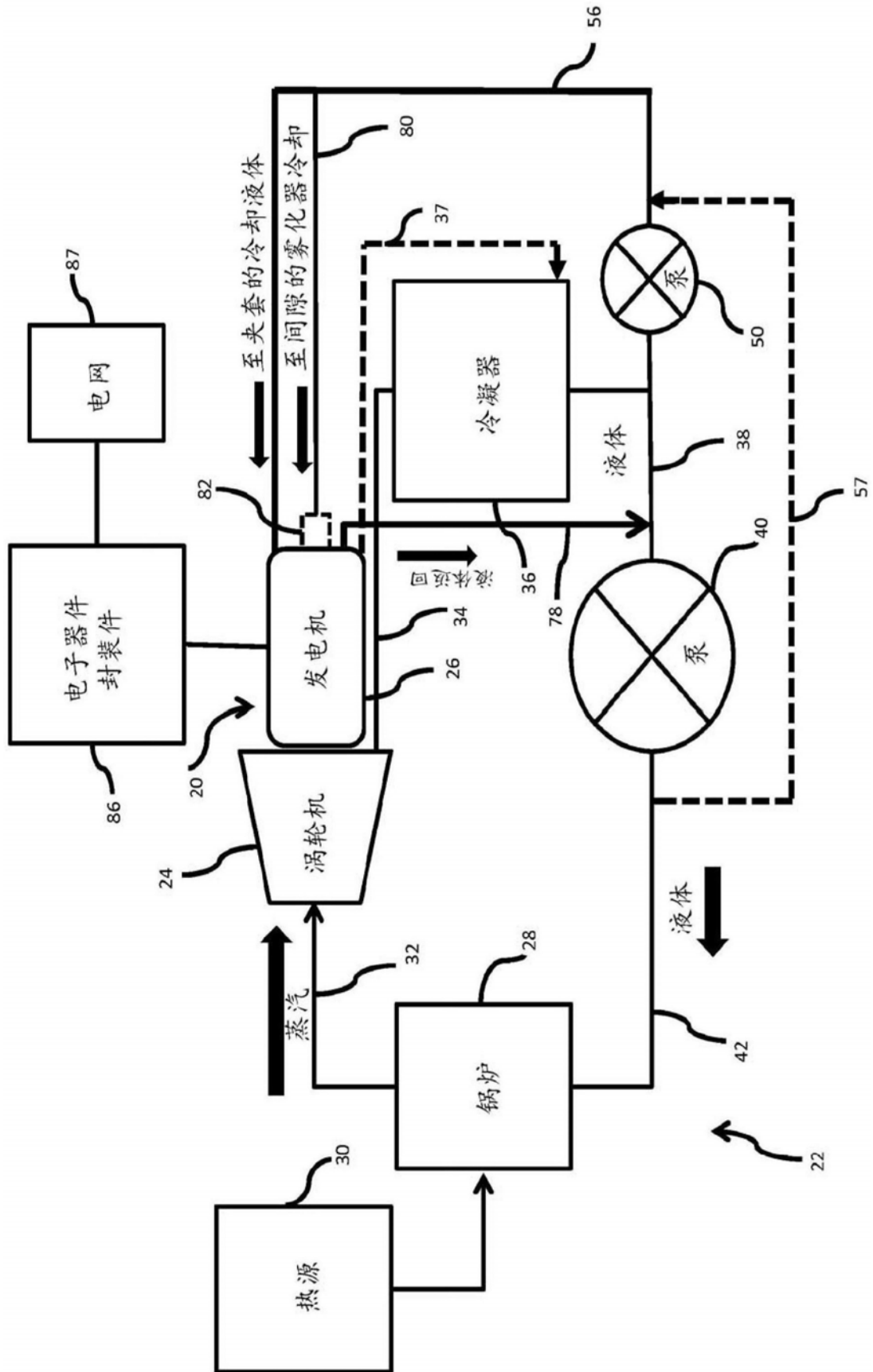


图3

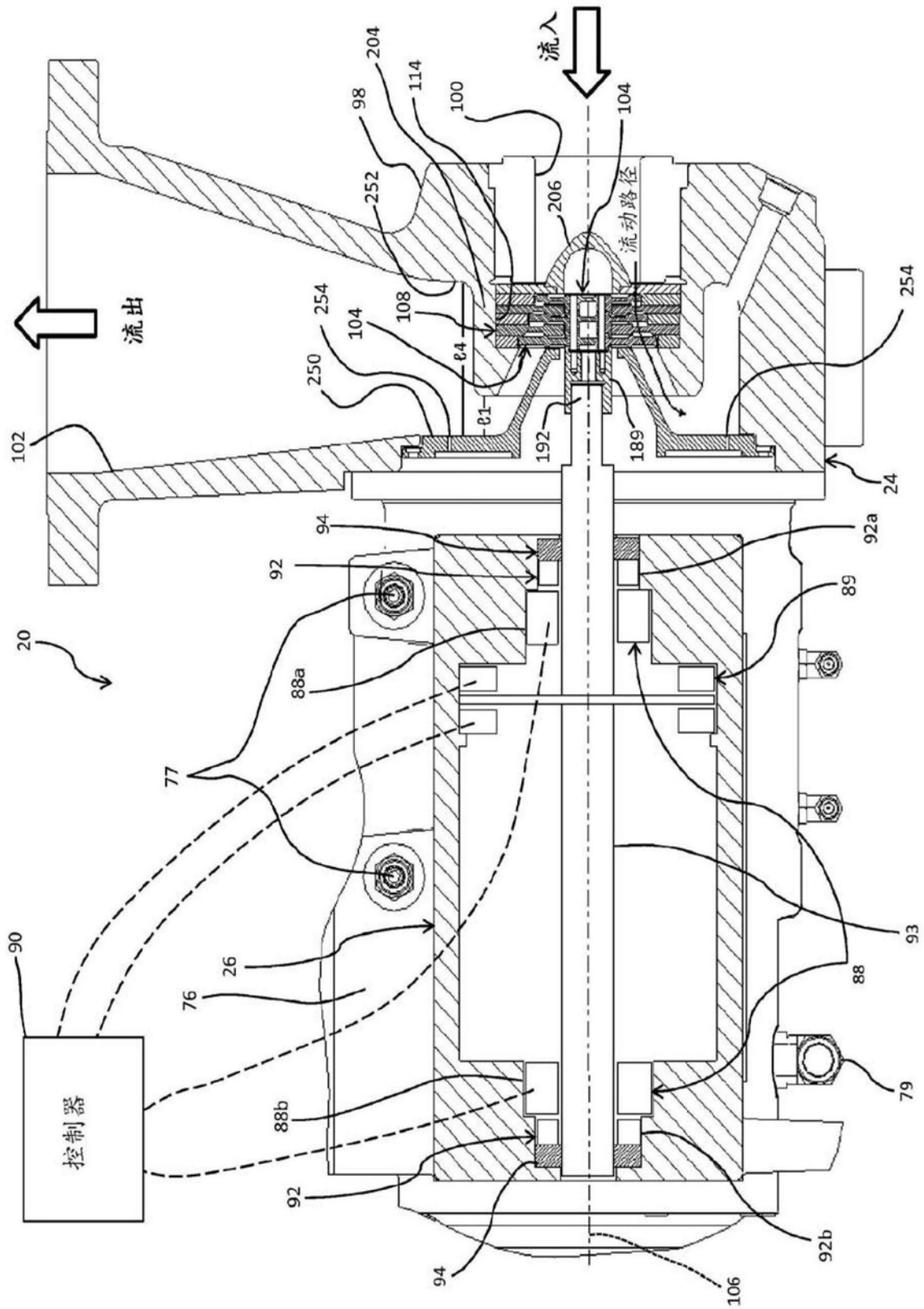


图4a

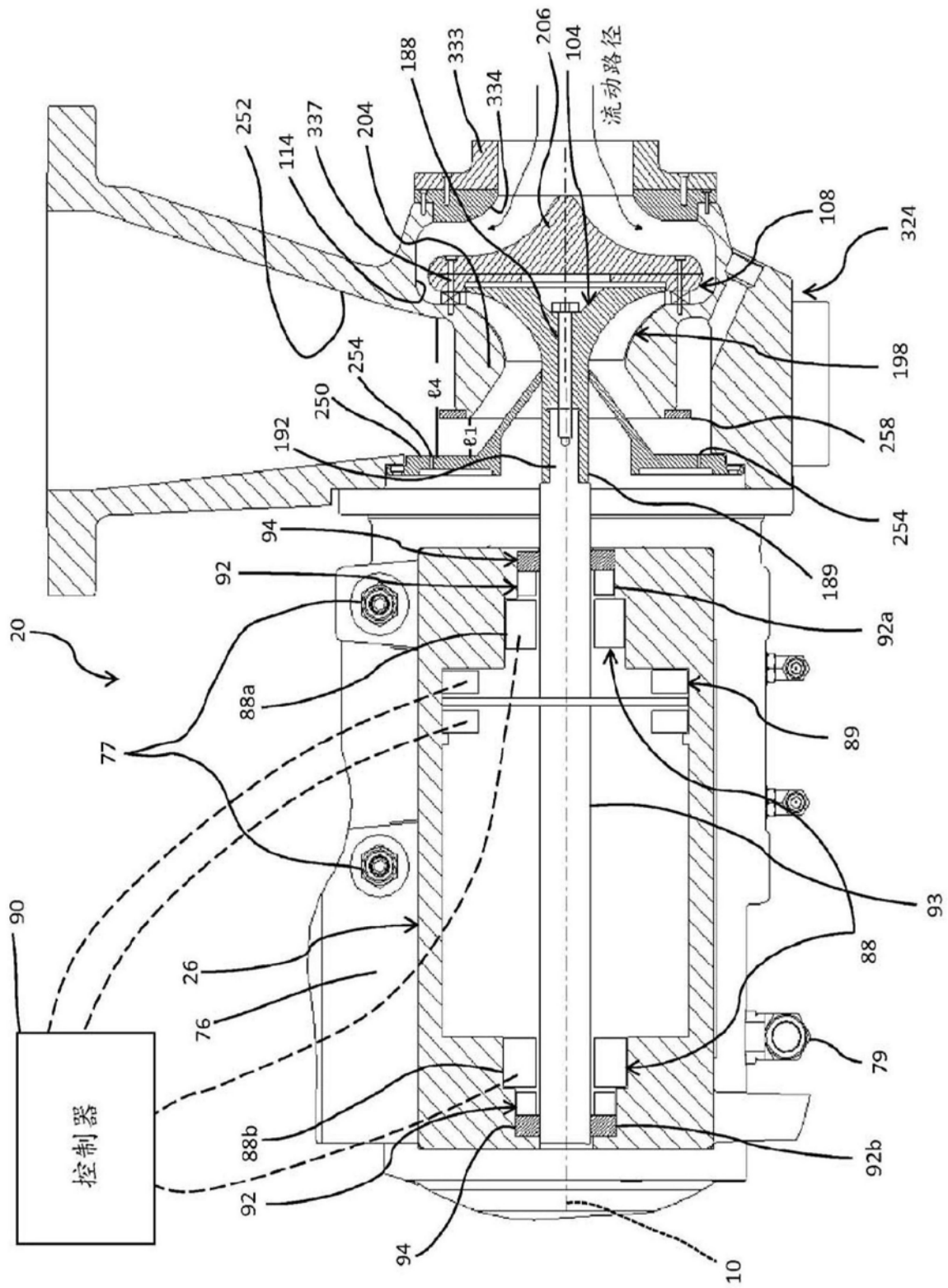


图4b

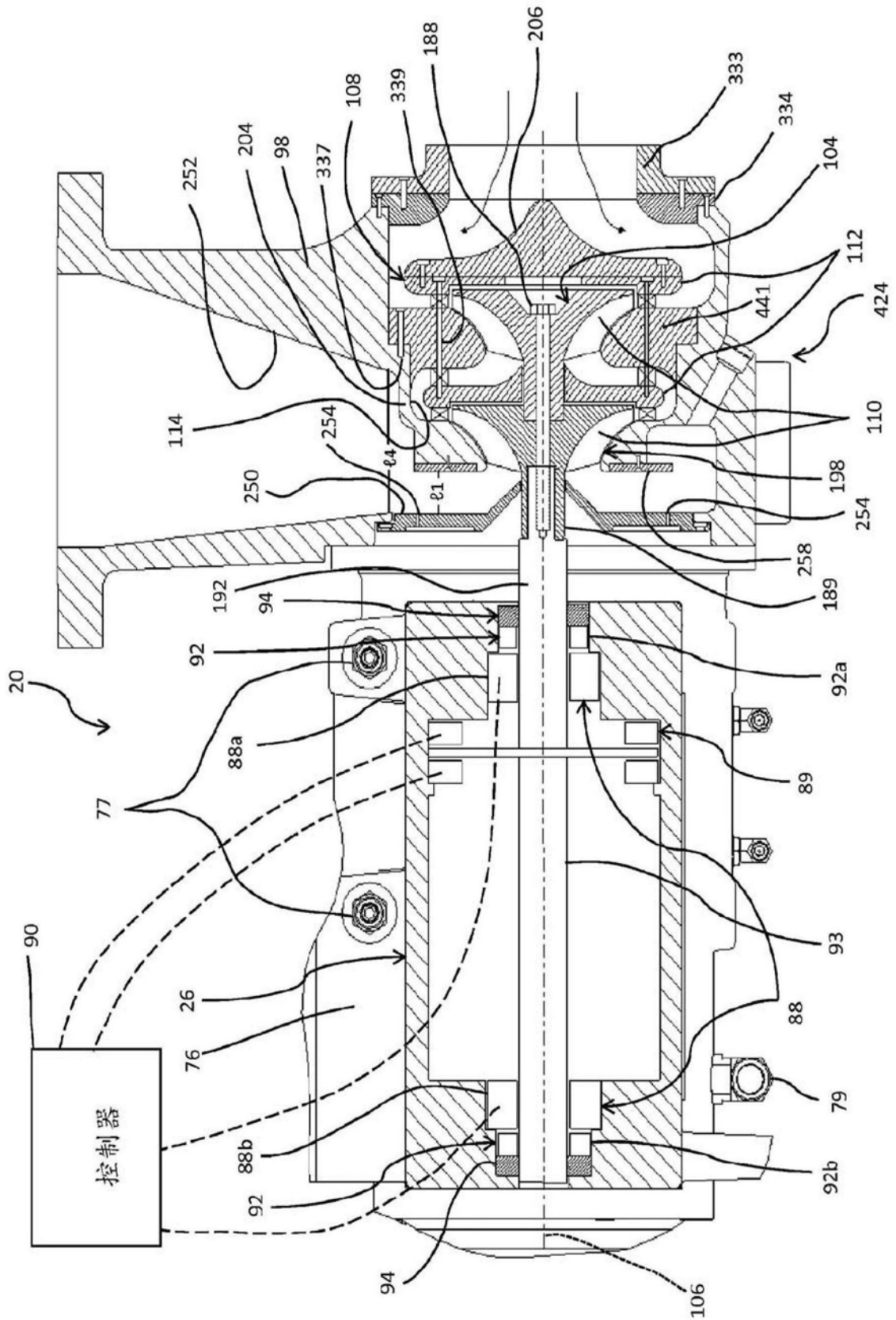


图4c

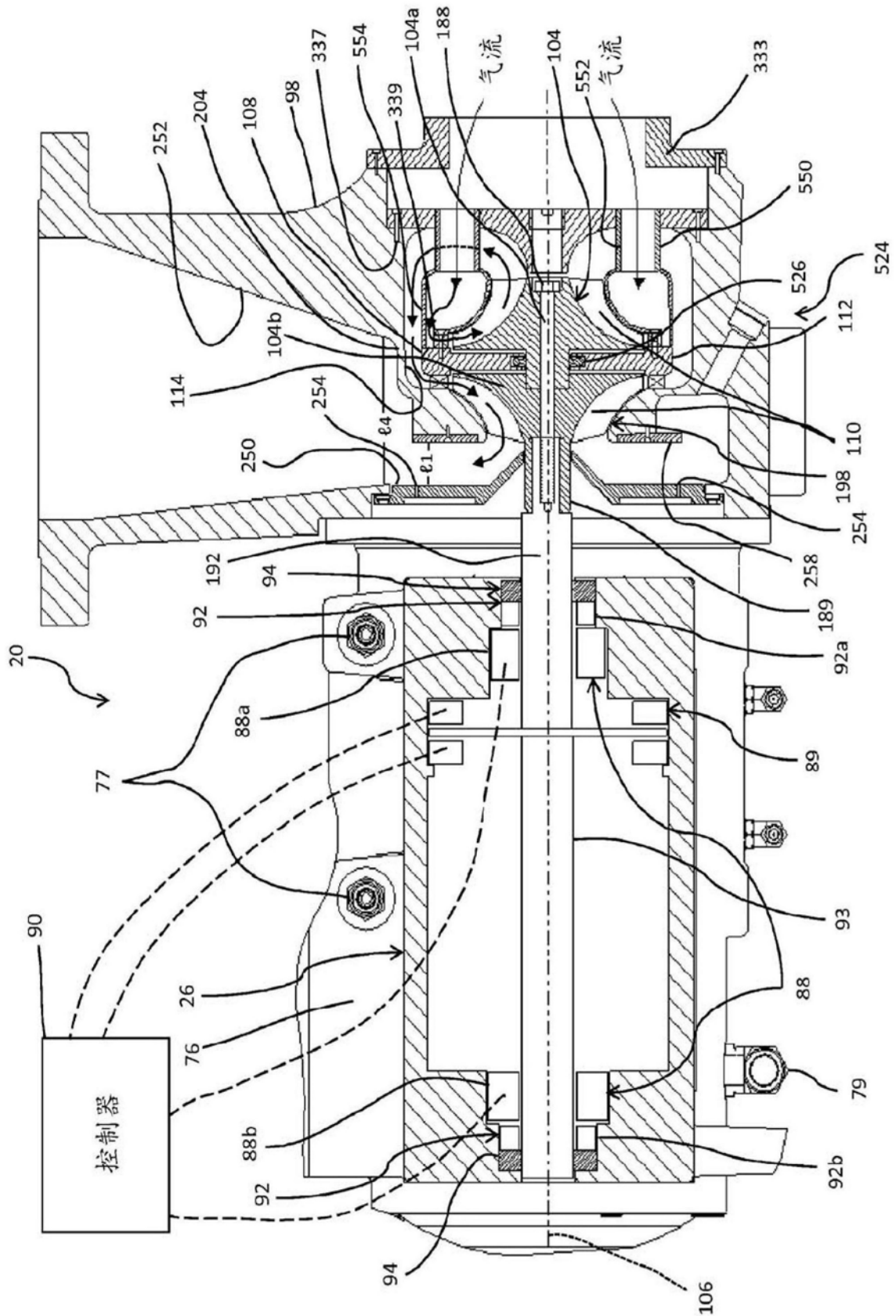


图4d

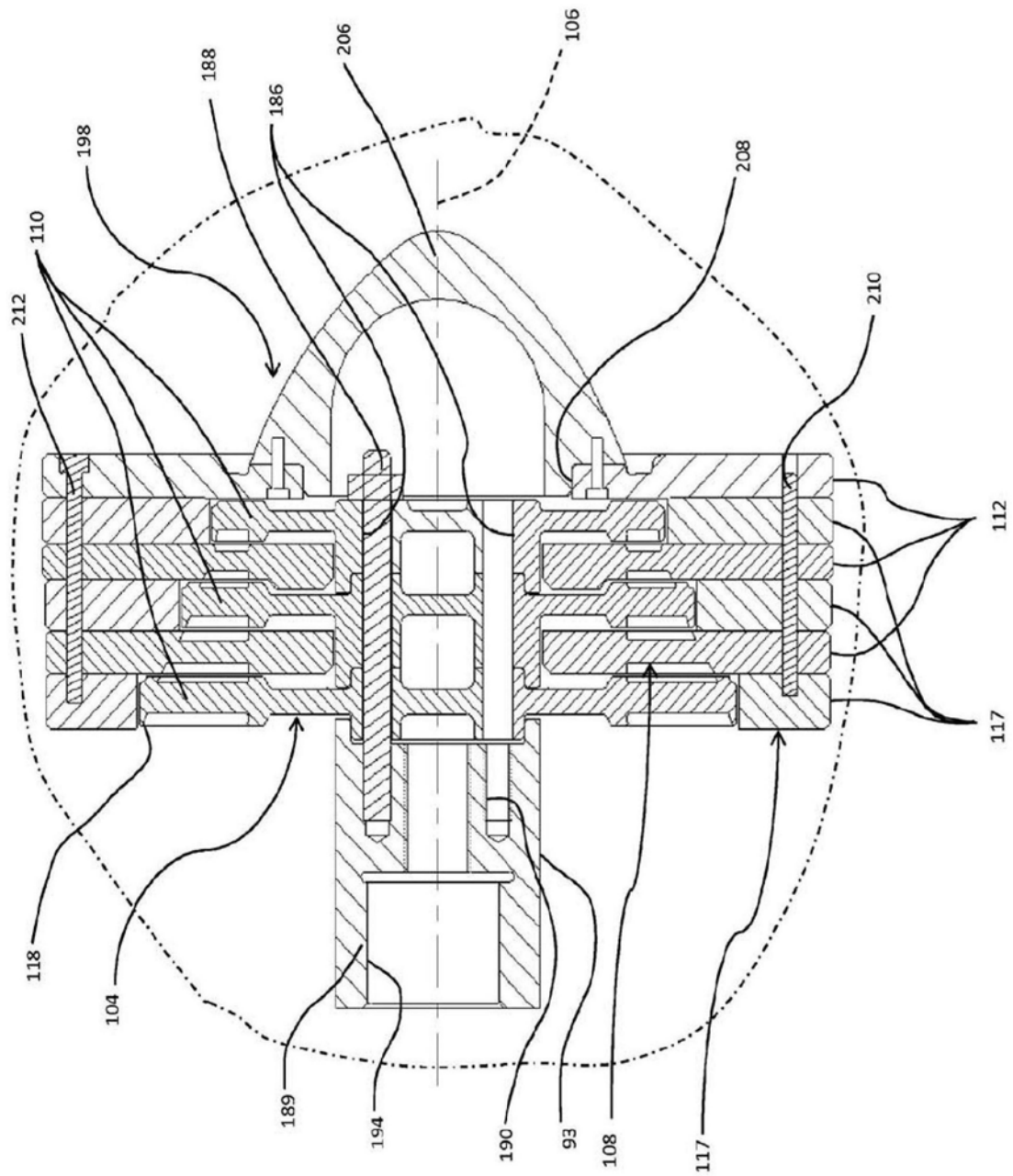


图5

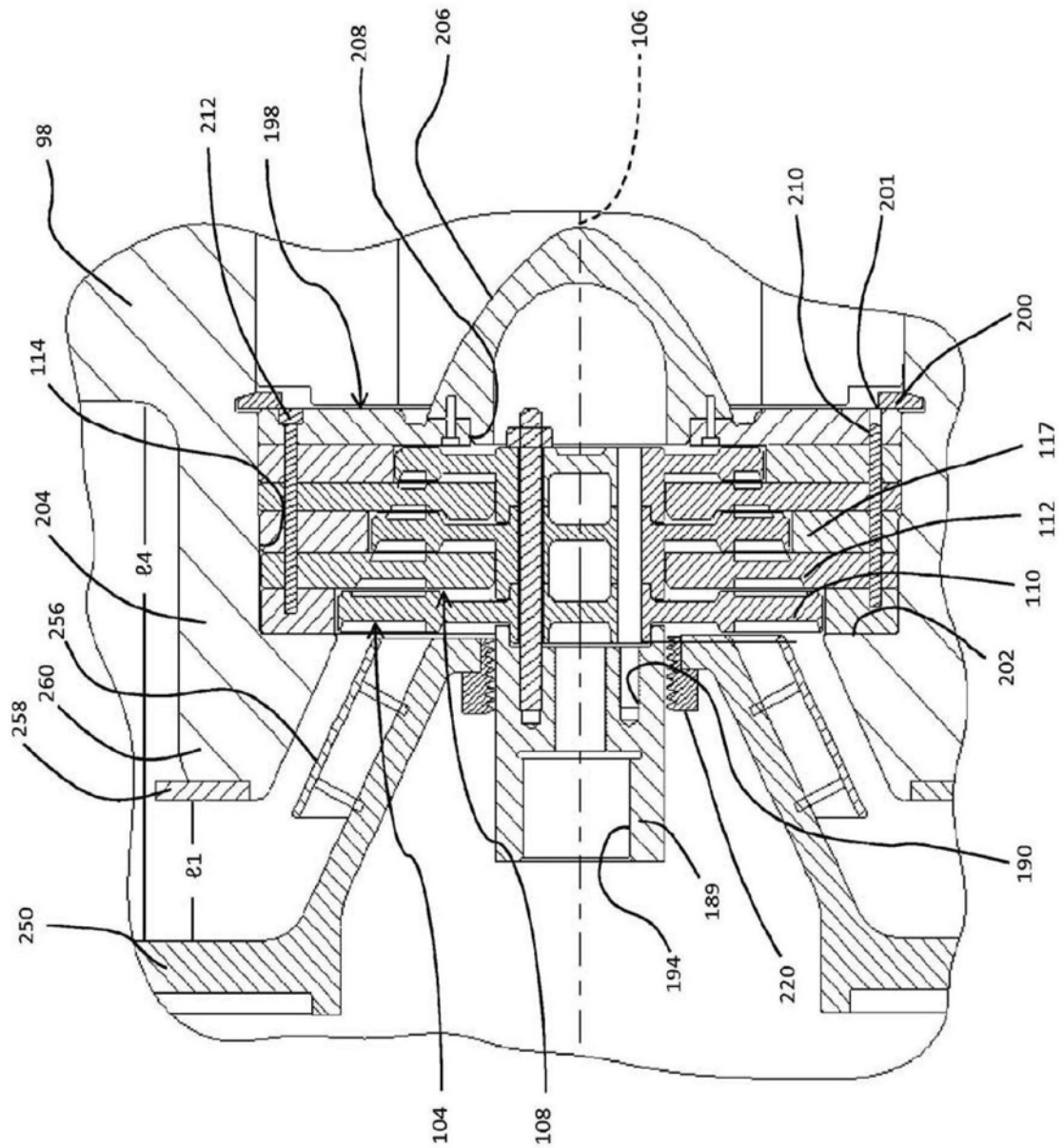


图6

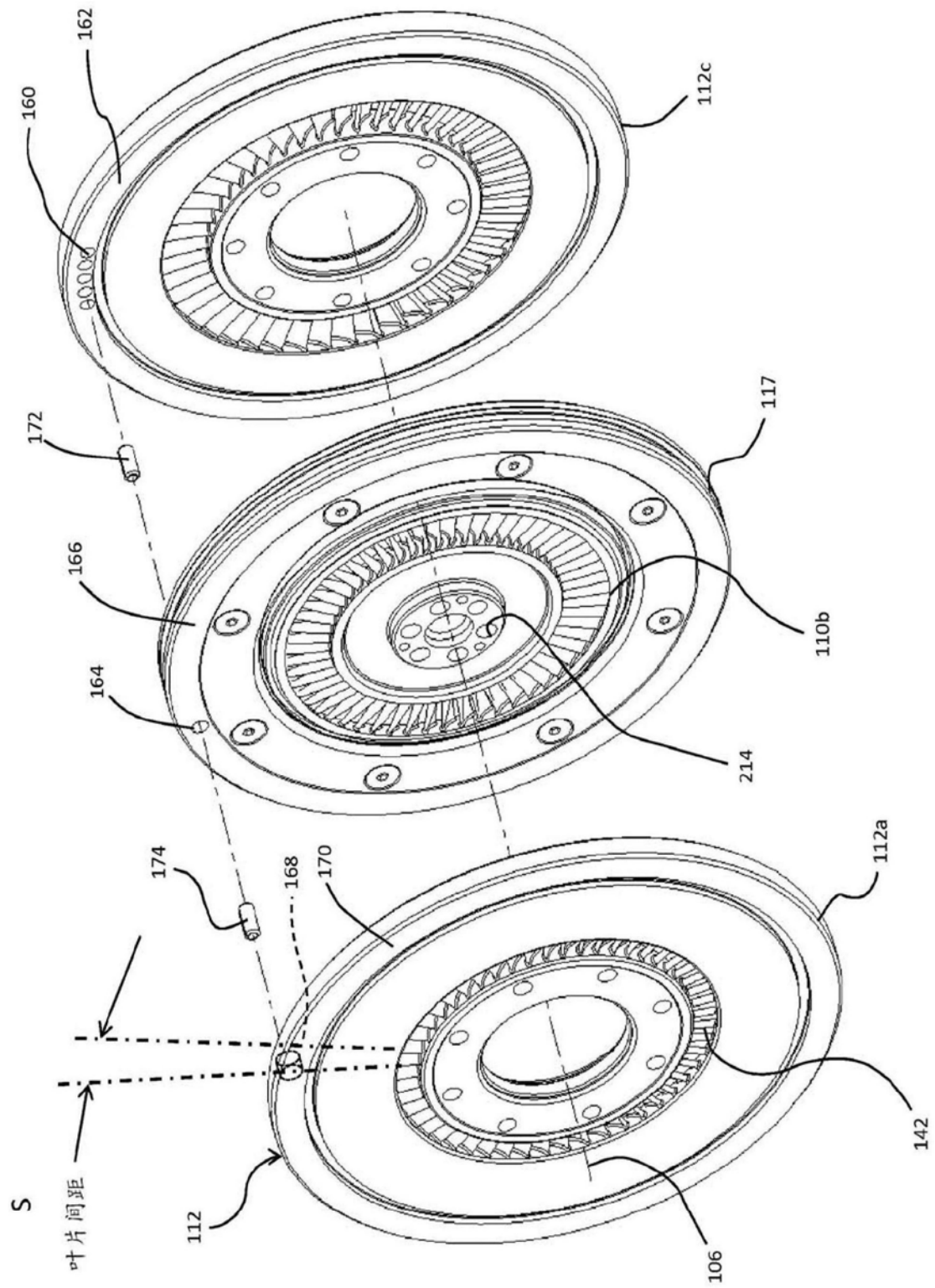


图7

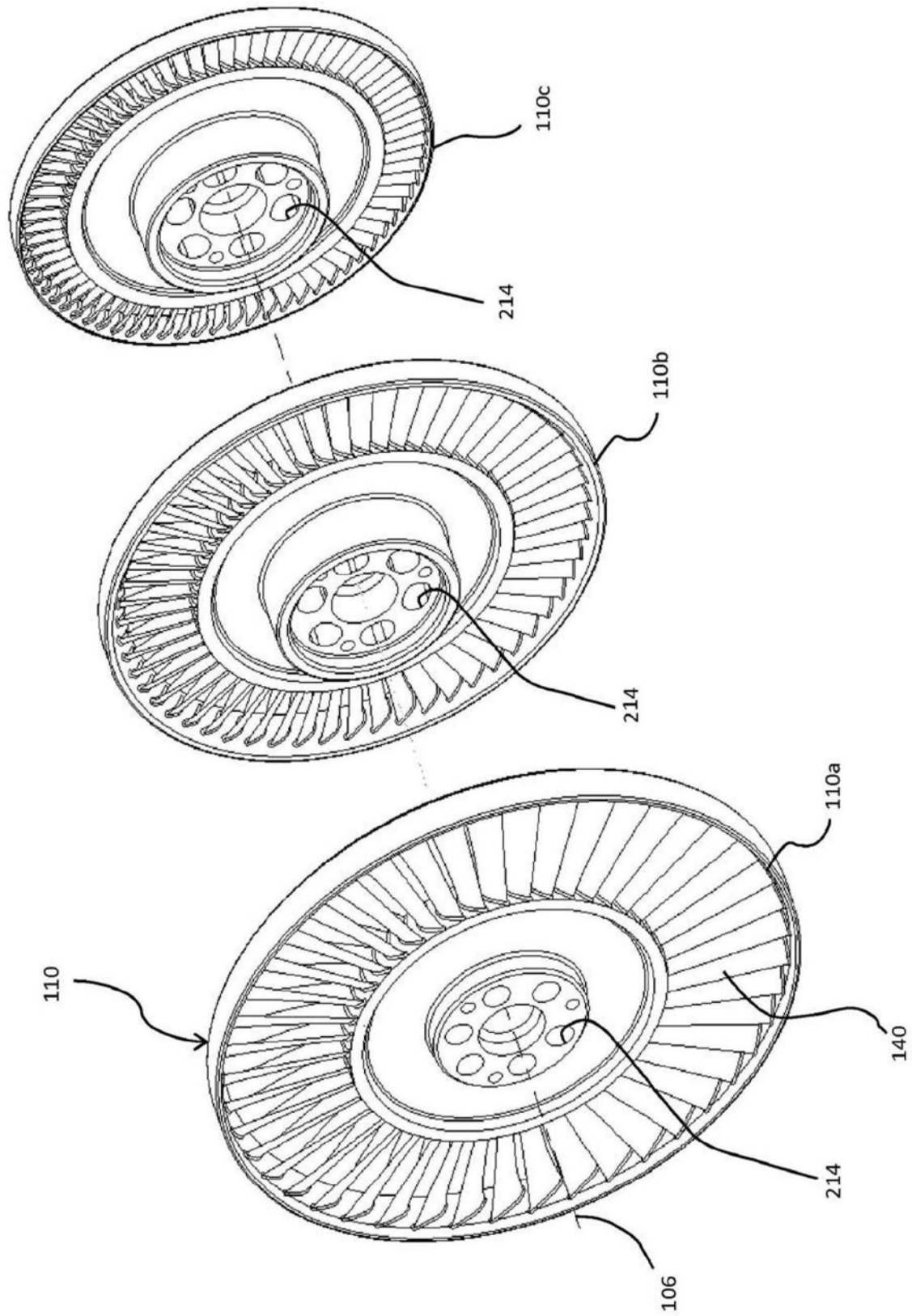


图8



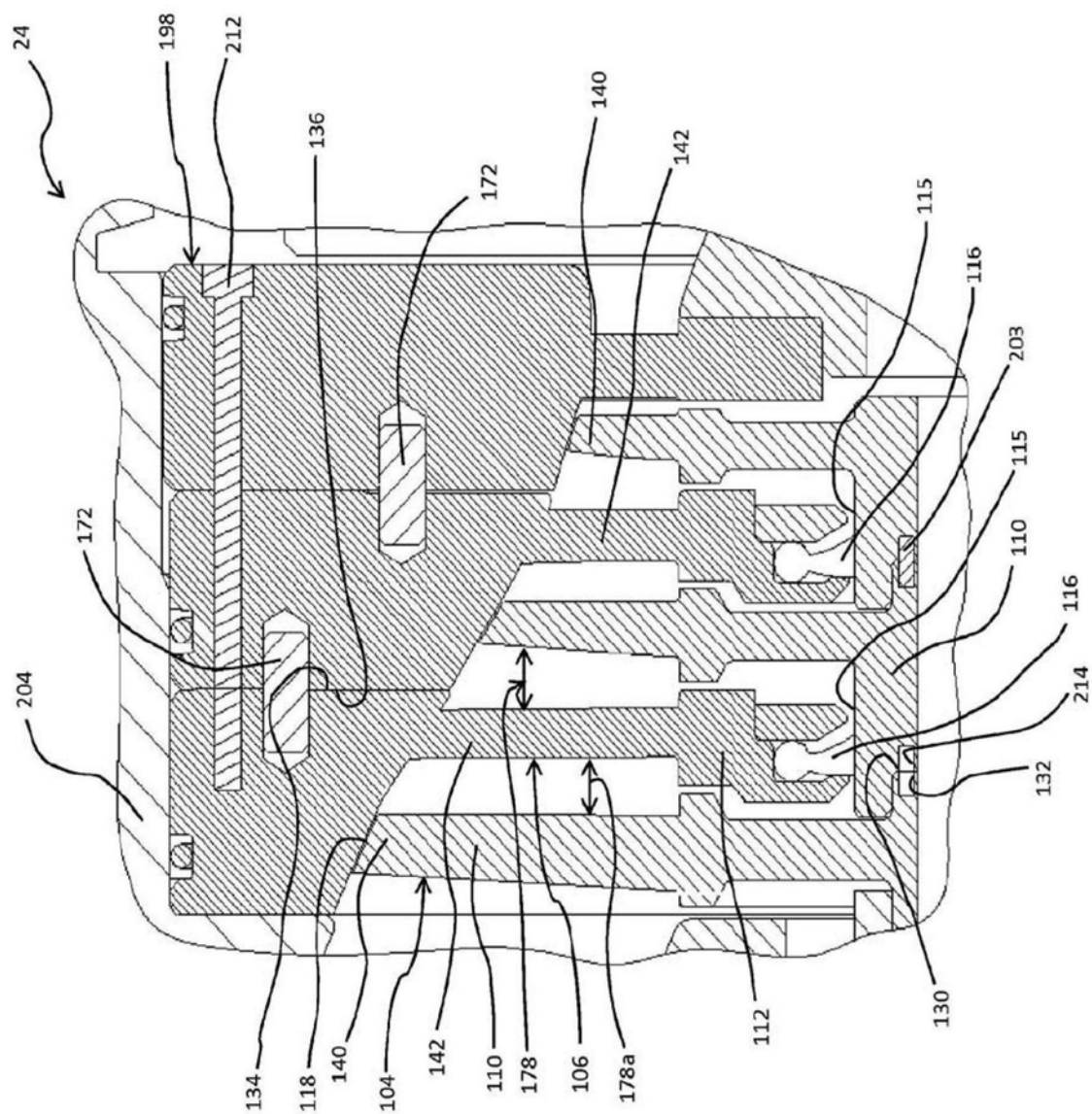


图10