



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 112350507 A

(43) 申请公布日 2021. 02. 09

(21) 申请号 202011155475.X

F04D 29/32 (2006.01)

(22) 申请日 2020.10.26

F01D 5/02 (2006.01)

(71) 申请人 北京动力机械研究所

地址 100074 北京市丰台区云岗西里1号

(72) 发明人 马同玲 王正 赵伟 王力国

(74) 专利代理机构 中国兵器工业集团公司专利中心 11011

代理人 周恒

(51) Int. Cl.

H02K 7/00 (2006.01)

H02K 1/28 (2006.01)

H02K 15/02 (2006.01)

F16D 1/08 (2006.01)

F16C 35/02 (2006.01)

F16C 3/02 (2006.01)

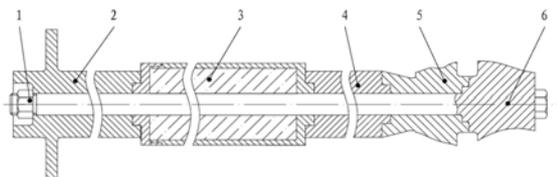
权利要求书2页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

一种高功率密度闭式循环热电转换系统转子

(57) 摘要

本发明涉及一种高功率密度闭式循环热电转换系统转子,其结构包括轴端锁紧螺母、复合轴套、电机转轴、轴套、压气机叶轮和涡轮转轴。根据闭式布雷顿循环热电转换系统的涡轮、压气机和电机的结构尺寸参数,在确定转子组件尺寸参数与装配力矩的基础上,完成转子组成零部件的加工,通过电机转轴装配、压气机叶轮与涡轮转轴的装配、轴套同压气机叶轮和涡轮转轴的装配、电机转轴同轴套和涡轮转轴的装配、复合轴套同电机转轴和涡轮转轴的装配以及轴端锁紧螺母同涡轮转轴的装配,形成完整的转子结构。该结构具有刚度大、工艺性好等特点,能够提高转子临界转速和最高工作转速,可有效提升闭式布雷顿循环热电转换系统的功率密度。



1. 一种高功率密度闭式循环热电转换系统转子结构,其特征在于:包括轴端锁紧螺母(1)、复合轴套(2)、电机转轴(3)、轴套(4)、压气机叶轮(5)和涡轮转轴(6);

所述轴端锁紧螺母(1)位于复合轴套(2)一侧并与涡轮转轴的外螺纹(28)相配配合,所述轴端锁紧螺母(1)的螺纹旋向与转子工作时的旋向相反;

所述轴套(4)上有同径向轴承相装配的外圆柱面(18),所述轴套(4)一侧有同电机转轴(3)相装配的内圆柱面(19),所述轴套(4)的另一侧有同压气机叶轮(5)进气端相装配的圆形凸台(21),所述轴套(4)的轴向中心部位有同涡轮转轴(6)装配的通孔(20);

所述涡轮转轴(6)上有同压气机叶轮(5)、轴套(4)、电机转轴(3)和复合轴套(2)相装配的光轴(27),所述涡轮转轴(6)上有同压气机叶轮轮背内圆柱面(25)相装配的圆形凸台(29),所述涡轮转轴(6)的排气端有用于装配的螺帽(26),所述涡轮转轴(6)的远离涡轮叶轮一侧的光轴上有同轴端锁紧螺母相装配的外螺纹(28)。

2. 根据权利要求1所述的一种高功率密度闭式循环热电转换系统转子结构,其特征在于:所述复合轴套(2)上有同径向轴承相装配的外圆柱面(11),所述复合轴套(2)上有同轴向轴承相装配的环形端面(9),所述复合轴套(2)的一端有与电机转轴相装配的内圆柱面(8),所述复合轴套(2)的另一端有放置轴端锁紧螺母的圆孔(10),所述复合轴套(2)的轴向中心部位有同涡轮转轴(6)相装配的通孔(7)。

3. 根据权利要求1所述的一种高功率密度闭式循环热电转换系统转子结构,其特征在于:所述电机转轴(3)由磁芯(14)、长护套(13)和短护套(12)组成,所述电机转轴(3)的磁芯(14)位于长护套(13)和短护套(12)的内部,所述电机转轴(3)的一侧有同复合轴套(2)相装配的圆形凸台(15),所述电机转轴(3)的另一侧有同轴套(4)相装配的圆形凸台(16),所述电机转轴(3)的轴向中心部位有同涡轮转轴(6)装配的通孔(17)。

4. 根据权利要求1所述的一种高功率密度闭式循环热电转换系统转子结构,其特征在于:所述压气机叶轮(5)进气端有同轴套圆形凸台(21)相装配的内圆柱面(22),所述压气机叶轮(5)的进气端有锥形进气导流凸台(24),所述压气机叶轮(5)的轮背中心部位有同涡轮转轴(6)装配的内圆柱面(25),所述压气机叶轮(5)轴向中心部位有同涡轮转轴(6)装配的通孔(23)。

5. 根据权利要求1所述的一种高功率密度闭式循环热电转换系统转子结构的制造工艺,其特征在于:包括以下步骤:

- a、确定高功率密度闭式布雷顿循环热电转换系统转子组件的尺寸参数;
- b、确定高功率密度闭式布雷顿循环热电转换系统转子装配力矩;
- c、高功率密度闭式布雷顿循环热电转换系统转子组件的制造;
- d、电机转轴(3)的装配;
- e、压气机叶轮(5)与涡轮转轴(6)的装配;
- f、轴套(4)同压气机叶轮(5)和涡轮转轴(6)的装配;
- g、电机转轴(3)同轴套(4)和涡轮转轴(6)的装配;
- h、复合轴套(2)同电机转轴(3)和涡轮转轴(6)的装配;
- i、轴端锁紧螺母(1)同涡轮转轴(6)的装配。

6. 根据权利要求5所述的一种高功率密度闭式循环热电转换系统转子结构的制造工艺,其特征在于:在步骤d中,将步骤c中完成加工的电机转轴磁芯(14)、电机转轴长护套

(13) 和电机转轴短护套 (12), 采用加热电机转轴电机长护套 (13) 和短护套 (12) 的方式, 实现电机转轴磁芯 (14) 同长护套 (13) 和短护套 (12) 的过盈装配, 并保证电机转轴磁芯 (14) 的两侧端面分别同长护套 (13) 和短护套 (12) 的底部端面相贴紧, 形成完整的电机转轴 (3)。

一种高功率密度闭式循环热电转换系统转子

技术领域

[0001] 本发明属于闭式布雷顿循环热电转换系统结构设计技术领域,具体涉及一种高功率密度闭式循环热电转换系统转子。

背景技术

[0002] 闭式布雷顿循环热电转换系统作为一种新型的热电转化形式,能够借助某种气体工质在闭式环境下通过吸收热量、膨胀做功、放热和压缩等热力过程实现热能向机械功的转换,并通过发电机将机械功进一步转换为电能。闭式布雷顿循环热电转化系统工作过程中,与外界仅有能量交换,而无工质交换。典型的闭式布雷顿循环热电转换系统在结构上主要由涡轮、压气机、发电机、转子及支承结构、回热器等部件组成。

[0003] 作为闭式布雷顿循环热电转换系统中的高速旋转部件,转子是整个系统最为核心的部件,对闭式布雷顿循环热电转换系统的总体性能、结构布局、可靠性与寿命具有决定性的影响。闭式布雷顿循环热电转换系统在运转过程中,转子处于高速旋转状态,其转速可达几万转/分,有的转子转速甚至达到十几万转/分,旋转部件一旦发生故障,不仅会导致闭式布雷顿循环热电转换系统无法正常工作,而且还会引起系统的结构损坏。因此,合理设计转子结构对于保证闭式布雷顿循环热电转换系统的结构可靠性至关重要。

[0004] 现有的闭式布雷顿循环热电转换系统转子结构主要由涡轮转轴、主轴、压气机叶轮、电机轴、联轴器等部件装配而成,具体为:通过主轴将涡轮转轴和压气机叶轮连接在一起形成动力转轴,然后借助联轴器将动力转轴和电机轴连接在一起,形成完整的转子。这种转子结构虽然可以有效提高转子的稳定工作转速,但是由于其连接部位多、轴向尺寸大且大量采用过盈连接结构,对转子组件的加工与装配精度均提出了很高要求,转子的连接强度和刚度保证难度大,影响闭式布雷顿循环热电转换系统的工作可靠性。

[0005] 针对闭式布雷顿循环热电转换系统转子的特点和使用要求,合理设计转子及其组件结构,降低制造及装配工艺难度,是提高转子工作可靠性和保证闭式布雷顿循环热电转换系统服役寿命的关键。

发明内容

[0006] 本发明针对闭式布雷顿循环热电转换系统结构设计问题,提出了一种高功率密度闭式循环热电转换系统转子,其结构包括轴端锁紧螺母、复合轴套、电机转轴、轴套、压气机叶轮和涡轮转轴。根据闭式布雷顿循环热电转换系统的涡轮、压气机和电机的结构尺寸参数,在确定转子组件的尺寸参数与转子装配力矩的基础上,完成轴端锁紧螺母、复合轴套、电机转轴磁芯、电机转轴长护套、电机转轴短护套、轴套、压气机叶轮和涡轮转轴的加工,依次通过电机转轴装配、压气机叶轮与涡轮转轴的装配、轴套同压气机叶轮和涡轮转轴的装配、电机转轴同轴套和涡轮转轴的装配、复合轴套同电机转轴和涡轮转轴的装配以及轴端锁紧螺母同涡轮转轴的装配,形成完整的闭式布雷顿循环热电转换系统转子结构。该结构具有刚度大,易制造等特点,能够提高转子临界转速和最高工作转速,进而提升闭式布雷顿

循环热电转换系统的功率密度。

[0007] 本发明的技术方案：

[0008] 一种高功率密度闭式循环热电转换系统转子结构，包括轴端锁紧螺母、复合轴套、电机转轴、轴套、压气机叶轮和涡轮转轴；

[0009] 所述轴端锁紧螺母位于复合轴套一侧并与涡轮转轴的外螺纹相配配合，所述轴端锁紧螺母的螺纹旋向与转子工作时的旋向相反；

[0010] 所述复合轴套上有同径向轴承相装配的外圆柱面，所述复合轴套上有同轴向轴承相装配的环形端面，所述复合轴套的一端有与电机转轴相装配的内圆柱面，所述复合轴套的另一端有放置轴端锁紧螺母的圆孔，所述复合轴套的轴向中心部位有同涡轮转轴相装配的通孔；

[0011] 所述电机转轴由磁芯、长护套和短护套组成，所述电机转轴的磁芯位于长护套和短护套的内部，所述电机转轴的一侧有同复合轴套相装配的圆形凸台，所述电机转轴的另一侧有同轴套相装配的圆形凸台，所述电机转轴的轴向中心部位有同涡轮转轴装配的通孔；

[0012] 所述轴套上有同径向轴承相装配的外圆柱面，所述轴套一侧有同电机转轴相装配的内圆柱面，所述轴套的另一侧有同压气机叶轮进气端相装配的圆形凸台，所述轴套的轴向中心部位有同涡轮转轴装配的通孔；

[0013] 所述压气机叶轮进气端有同轴套圆形凸台相装配的内圆柱面，所述压气机叶轮的进气端有锥形进气导流凸台，所述压气机叶轮的轮背中心部位有同涡轮转轴装配的内圆柱面，所述压气机叶轮轴向中心部位有同涡轮转轴装配的通孔；

[0014] 所述涡轮转轴上有同压气机叶轮、轴套、电机转轴和复合轴套相装配的光轴，所述涡轮转轴上有同压气机叶轮轮背内圆柱面相装配的圆形凸台，所述涡轮转轴的排气端有用于装配的螺帽，所述涡轮转轴的远离涡轮叶轮一侧的光轴上有同轴端锁紧螺母相装配的外螺纹。

[0015] 一种高功率密度闭式循环热电转换系统转子的制造工艺，包括以下步骤：

[0016] a、确定高功率密度闭式布雷顿循环热电转换系统转子组件的尺寸参数：根据闭式布雷顿循环热电转换系统的涡轮、压气机和电机的结构尺寸参数，确定轴端锁紧螺母、复合轴套、电机转轴磁芯、电机转轴长护套、电机转轴短护套、轴套、压气机叶轮和涡轮转轴的尺寸；

[0017] b、确定高功率密度闭式布雷顿循环热电转换系统转子装配力矩：根据闭式布雷顿循环热电转换系统转子的工作状态参数，确定高功率密度闭式布雷顿循环热电转换系统转子的螺纹装配拧紧力矩；

[0018] c、高功率密度闭式布雷顿循环热电转换系统转子组件的制造：按照步骤a确定的闭式布雷顿循环热电转换系统转子组件的尺寸参数，加工轴端锁紧螺母、复合轴套、电机转轴磁芯、电机转轴长护套、电机转轴短护套、轴套、压气机叶轮和涡轮转轴；

[0019] d、电机转轴的装配：将步骤c中完成加工的电机转轴磁芯、电机转轴长护套和电机转轴短护套，采用加热电机转轴电机长护套和短护套的方式，实现电机转轴磁芯同长护套和短护套的过盈装配，并保证电机转轴磁芯的两侧端面分别同长护套和短护套的底部端面相贴紧，形成完整的电机转轴；

[0020] e、压气机叶轮与涡轮转轴的装配：将涡轮转轴的光轴部位穿过压气机叶轮的通孔，使压气机叶轮轮背中心部位的内圆柱面同涡轮转轴轮背部位的圆形凸台相配合，并保证配合端面贴紧；

[0021] f、轴套同压气机叶轮和涡轮转轴的装配：将涡轮转轴的光轴部位穿过轴套的通孔，使轴套的一侧圆形凸台同压气机叶轮进气端的内圆柱面相配合，并保证配合端面贴紧；

[0022] g、电机转轴同轴套和涡轮转轴的装配：将涡轮转轴的光轴部位穿过电机转轴的通孔，使电机转轴的一侧圆形凸台同轴套的内圆柱面相装配，并保证配合端面贴紧；

[0023] h、复合轴套同电机转轴和涡轮转轴的装配：将涡轮转轴的光轴部位穿过复合轴套的通孔，使复合轴套的内圆柱面同电机转轴的圆形凸台相装配，并保证配合端面贴紧；

[0024] i、轴端锁紧螺母同涡轮转轴的装配：按照步骤b确定的螺纹装配拧紧力矩，将轴端锁紧螺母安装在涡轮转轴的外螺纹上，使轴端锁紧螺母的端面同复合轴套的圆孔端面贴紧。

[0025] 本发明的有益效果是：

[0026] 本发明的一种高功率密度闭式循环热电转换系统转子，电机轴同涡轮和压气机叶轮采用一体化结构设计，可以显著增强闭式布雷顿循环热电转换系统转子的刚度与强度，减少转子的支撑点数量和跨度，有效提高转子的临界转速和最高工作转速，进而提升闭式布雷顿循环热电转换系统的功率密度。涡轮转轴同压气机叶轮、压气机叶轮同轴套、轴套同电机转轴以及电机转轴同复合轴套之间采用圆形凸台与内圆柱面相装配的结构，不仅可提高涡轮转轴、压气机叶轮、轴套、电机转轴和复合轴套之间的装配精度，而且有助于提升转子的整体刚度。采用复合轴套将径向轴套和止推盘集成在一起，不仅可以减少转子组件数量，而且有利于保证转子径向轴承和止推轴承配合面的装配精度。采用涡轮叶轮与压气机叶轮靠近结构设计，既可以有效防止涡轮端的热量传递给电机，又可以利用压气机端的低温气体实现对涡轮的适度冷却，提高涡轮的可靠性与闭式布雷顿循环系统的服役寿命。

附图说明

[0027] 图1是本发明实施例所述一种高功率密度闭式循环热电转换系统转子结构示意图。

[0028] 图2是本发明实施例所述复合轴套结构示意图。

[0029] 图3是本发明实施例所述电机转轴结构示意图。

[0030] 图4是本发明实施例所述轴套结构示意图。

[0031] 图5是本发明实施例所述压气机叶轮结构示意图。

[0032] 图6是本发明实施例所述涡轮转轴结构示意图。

[0033] 1轴端锁紧螺母 2复合轴套 3电机转轴 4轴套 5压气机叶轮

[0034] 6涡轮转轴 7复合轴套通孔 8复合轴套内圆柱面

[0035] 9复合轴套环形端面 10复合轴套圆孔 11复合轴套外圆柱面

[0036] 12电机转轴的短护套 13电机转轴的长护套 14电机转轴的磁芯

[0037] 15电机转轴同复合轴套装配圆形凸台 16电机转轴同轴套装配圆形凸台

[0038] 17轴套的通孔 18轴套同径向轴承相装配的外圆柱面 19轴套同电机转轴装配的内圆柱面 20轴套的通孔 21轴套同压气机叶轮进气端相装配的圆形凸台 22压

气机叶轮同轴套圆形凸台装配的内圆柱面 23压气机叶轮的通孔 24压气机叶轮的锥形进气导流凸台 25压气机叶轮同涡轮转轴装配的内圆柱面 26涡轮转轴的螺帽 27涡轮转轴的光轴 28涡轮转轴的外螺纹 29涡轮转轴的圆形凸台

具体实施方式

[0039] 需要说明的是,在不冲突的情况下,本发明中的实施例及实施例中的特征可以相互组合。

[0040] 下面将参考附图并结合实施例来详细说明本发明。

[0041] 一种高功率密度闭式循环热电转换系统转子结构,包括轴端锁紧螺母1、复合轴套2、电机转轴3、轴套4、压气机叶轮5和涡轮转轴6,如图1所示;

[0042] 所述轴端锁紧螺母1位于复合轴套2一侧并与涡轮转轴的外螺纹28相配配合,所述轴端锁紧螺母1的螺纹旋向与转子工作时的旋向相反;

[0043] 所述复合轴套2上有同径向轴承相装配的外圆柱面11,所述复合轴套2上有同轴向轴承相装配的环形端面9,所述复合轴套2的一端有与电机转轴相装配的内圆柱面8,所述复合轴套2的另一端有放置轴端锁紧螺母的圆孔10,所述复合轴套2的轴向中心部位有同涡轮转轴6相装配的通孔7,如图2所示;

[0044] 所述电机转轴3由磁芯14、长护套13和短护套12组成,所述电机转轴3的磁芯14位于长护套13和短护套12的内部,所述电机转轴3的一侧有同复合轴套2相装配的圆形凸台15,所述电机转轴3的另一侧有同轴套4相装配的圆形凸台16,所述电机转轴3的轴向中心部位有同涡轮转轴6装配的通孔17,如图3所示;

[0045] 所述轴套4上有同径向轴承相装配的外圆柱面18,所述轴套4一侧有同电机转轴3相装配的内圆柱面19,所述轴套4的另一侧有同压气机叶轮5进气端相装配的圆形凸台21,所述轴套4的轴向中心部位有同涡轮转轴6装配的通孔20,如图4所示;

[0046] 所述压气机叶轮5进气端有同轴套圆形凸台21相装配的内圆柱面22,所述压气机叶轮5的进气端有锥形进气导流凸台24,所述压气机叶轮5的轮背中心部位有同涡轮转轴6装配的内圆柱面25,所述压气机叶轮5轴向中心部位有同涡轮转轴6装配的通孔23,如图5所示;

[0047] 所述涡轮转轴6上有同压气机叶轮5、轴套4、电机转轴3和复合轴套2相装配的光轴27,所述涡轮转轴6上有同压气机叶轮轮背内圆柱面25相装配的圆形凸台29,所述涡轮转轴6的排气端有用于装配的螺帽26,所述涡轮转轴6的远离涡轮叶轮一侧的光轴上有同轴端锁紧螺母相装配的外螺纹28,如图6所示。

[0048] 一种高功率密度闭式循环热电转换系统转子的制造工艺,包括以下步骤:

[0049] a、确定高功率密度闭式布雷顿循环热电转换系统转子组件的尺寸参数:根据闭式布雷顿循环热电转换系统的涡轮、压气机和电机的结构尺寸参数,确定轴端锁紧螺母1、复合轴套2、电机转轴磁芯14、电机转轴长护套13、电机转轴短护套12、轴套4、压气机叶轮5和涡轮转轴6的尺寸;

[0050] b、确定高功率密度闭式布雷顿循环热电转换系统转子装配力矩:根据闭式布雷顿循环热电转换系统转子的工作状态参数,确定高功率密度闭式布雷顿循环热电转换系统转子的螺纹装配拧紧力矩;

[0051] c、高功率密度闭式布雷顿循环热电转换系统转子组件的制造：按照步骤a确定的闭式布雷顿循环热电转换系统转子组件的尺寸参数，加工轴端锁紧螺母1、复合轴套2、电机转轴磁芯14、电机转轴长护套13、电机转轴短护套12、轴套4、压气机叶轮5和涡轮转轴6；

[0052] d、电机转轴3的装配：将步骤c中完成加工的电机转轴磁芯14、电机转轴长护套13和电机转轴短护套12，采用加热电机转轴电机长护套13和短护套12的方式，实现电机转轴磁芯14同长护套13和短护套12的过盈装配，并保证电机转轴磁芯14的两侧端面分别同长护套13和短护套12的底部端面相贴紧，形成完整的电机转轴3；

[0053] e、压气机叶轮5与涡轮转轴6的装配：将涡轮转轴的光轴27部位穿过压气机叶轮的通孔23，使压气机叶轮轮背中心部位的内圆柱面25同涡轮转轴轮背部位的圆形凸台29相配合，并保证配合端面贴紧；

[0054] f、轴套4同压气机叶轮5和涡轮转轴6的装配：将涡轮转轴的光轴27部位穿过轴套的通孔20，使轴套的一侧圆形凸台21同压气机叶轮进气端的内圆柱面22相配合，并保证配合端面贴紧；

[0055] g、电机转轴3同轴套4和涡轮转轴6的装配：将涡轮转轴的光轴27部位穿过电机转轴的通孔17，使电机转轴3的一侧圆形凸台16同轴套的内圆柱面19相装配，并保证配合端面贴紧；

[0056] h、复合轴套2同电机转轴3和涡轮转轴6的装配：将涡轮转轴的光轴27部位穿过复合轴套的通孔7，使复合轴套的内圆柱面8同电机转轴的圆形凸台15相装配，并保证配合端面贴紧；

[0057] i、轴端锁紧螺母1同涡轮转轴6的装配：按照步骤b确定的螺纹装配拧紧力矩，将轴端锁紧螺母1安装在涡轮转轴的外螺纹28上，使轴端锁紧螺母1的端面同复合轴套的圆孔10的端面贴紧。

[0058] 以上所述仅为本发明的较佳实施例而已，并不用以限制本发明，凡在本发明的精神和原则之内，所作的任何修改、等同替换、改进等，均应包含在本发明的保护范围之内。

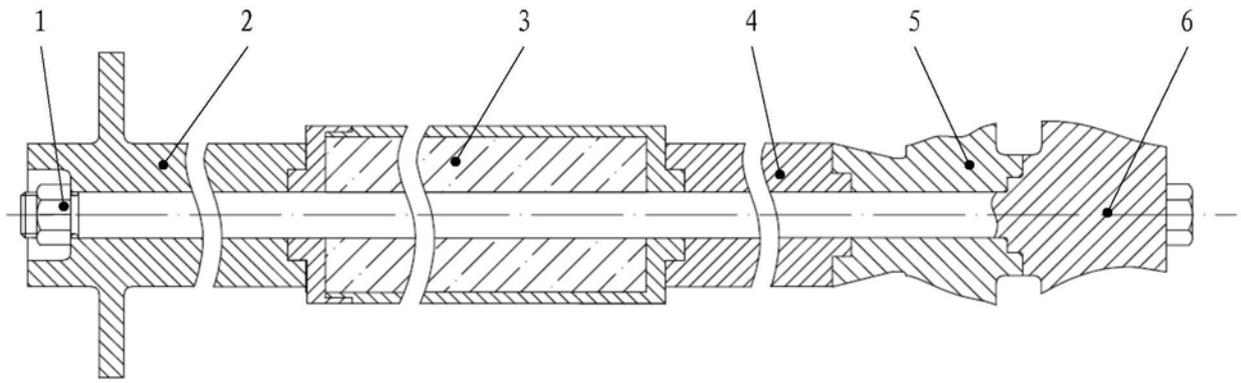


图1

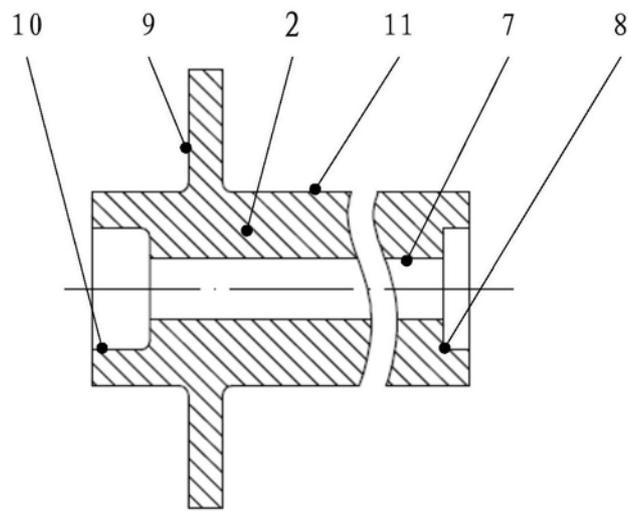


图2

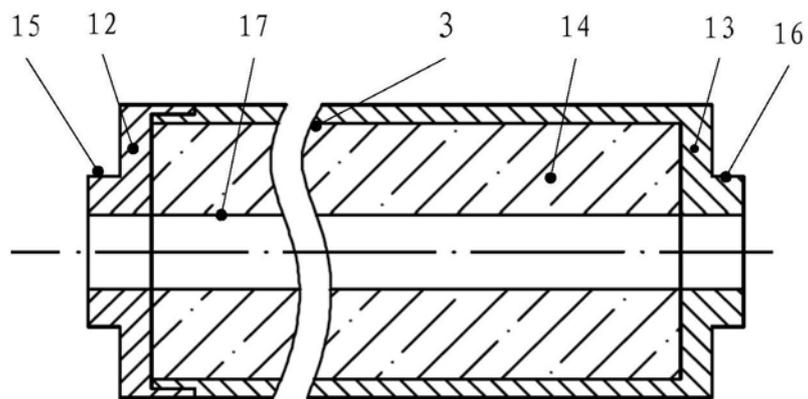


图3

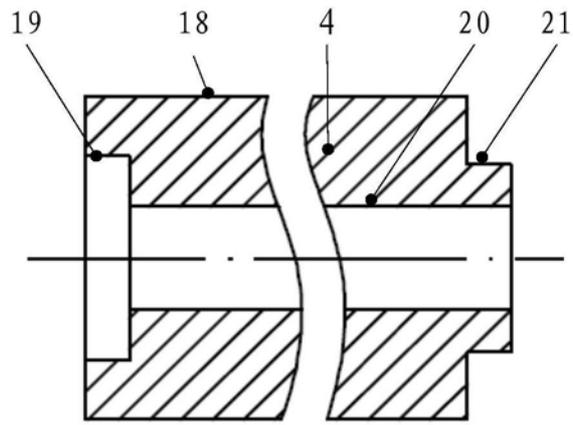


图4

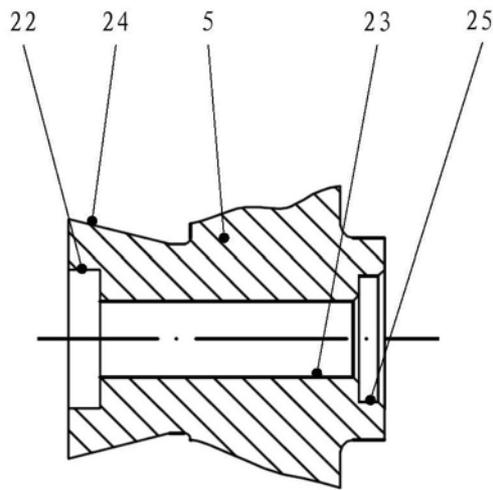


图5

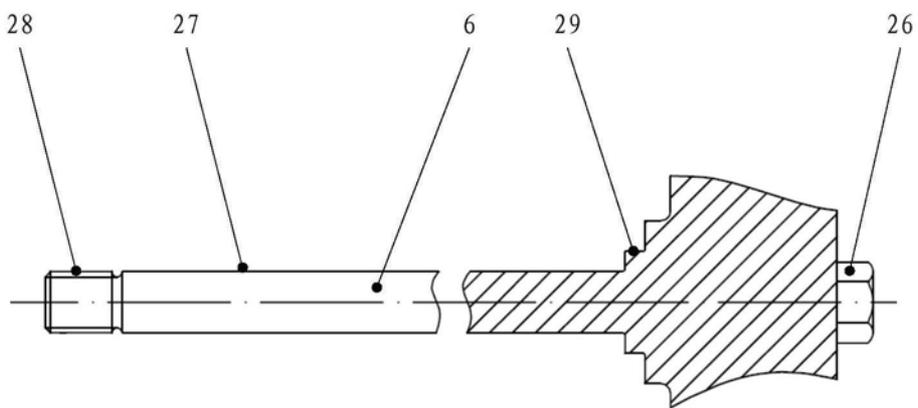


图6