



(12) 实用新型专利

(10) 授权公告号 CN 212614898 U

(45) 授权公告日 2021.02.26

(21) 申请号 202021678062.5

(22) 申请日 2020.08.13

(73) 专利权人 徐冉

地址 471000 河南省洛阳市涧西区高新合
欢路1号院11号楼1单元402号

(72) 发明人 徐冉

(74) 专利代理机构 郑州中科鼎佳专利代理事务
所(特殊普通合伙) 41151

代理人 蔡佳宁

(51) Int.Cl.

F01D 11/04 (2006.01)

(ESM) 同样的发明创造已同日申请发明专利

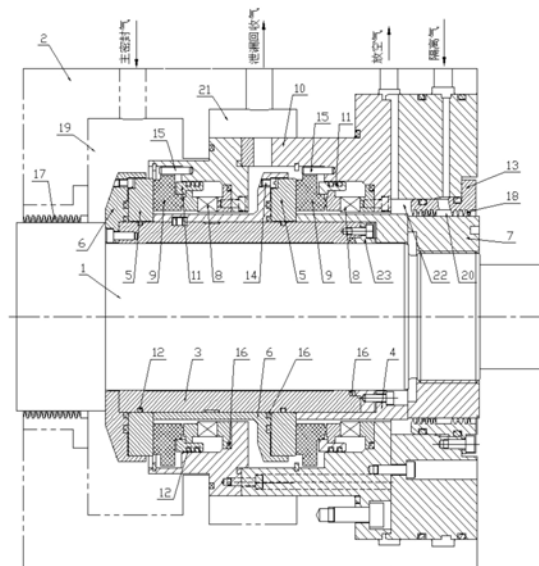
权利要求书2页 说明书6页 附图2页

(54) 实用新型名称

一种工业汽轮机用串联式干气密封装置

(57) 摘要

一种工业汽轮机用串联式干气密封装置,包括串联设置的两组旋转密封组件和两组静止密封组件。每组旋转密封组件包括设置在轴颈上的动环和动环座。每组静止密封组件包括固定在机壳内的密封套,还包括与轴套同轴设置的静环和波纹管。在自身弹力的作用下,波纹管的内侧端面压靠在静环的外侧端面上,形成接触密封结构。静环设置在波纹管与动环之间,且通过止动销与密封套浮动连接。动环随汽轮机轴旋转时,动环的外侧端面与静环的内侧端面形成非接触的气膜润滑状态。由于动环与静环具有自我调整能力,使动环与静环之间形成稳定的气膜润滑非接触密封,从而将高压蒸汽封闭在机内,实现了对机内蒸汽的零泄漏密封,大幅提高了汽轮机的能量转化效率。



1. 一种工业汽轮机用串联式干气密封装置, 轴向设置在机壳与轴承箱之间, 径向介于机壳与汽轮机轴的轴颈之间, 其特征是: 包括串联设置的两组旋转密封组件和两组静止密封组件;

每组旋转密封组件包括设置在轴颈上的动环, 还设置有对动环的内侧端面进行密封支撑、并带动动环随汽轮机轴一起旋转的动环座; 在动环的外侧端面上设有多个周向分布的气动压槽;

每组静止密封组件包括固定在机壳内的、且与机壳密封连接的密封套, 还包括与轴套同轴设置的静环和波纹管; 其中, 波纹管的外侧端面与密封套密封连接; 静环设置在波纹管与动环之间, 且通过止动销与密封套浮动连接; 在自身弹力的作用下, 波纹管的内侧端面压靠在静环的外侧端面上, 形成接触密封结构; 静环的内侧端面与动环的外侧端面相对设置, 动环随汽轮机轴旋转时, 动环的外侧端面与静环的内侧端面形成非接触的干气密封结构;

靠近机内侧的一组旋转密封组件和静止密封组件形成一级密封结构, 靠近机外侧的一组旋转密封组件和静止密封组件形成二级密封结构; 二级密封结构用于对一级密封结构泄漏的机内蒸汽进行二次密封。

2. 如权利要求1所述的一种工业汽轮机用串联式干气密封装置, 其特征是: 所述静止密封组件还包括对静环、波纹管进行径向限位的阻尼套, 阻尼套的外套面通过定心圈簧与密封套的内套面接触连接, 内套面分别与静环、波纹管的外表面接触连接。

3. 如权利要求1或2所述的一种工业汽轮机用串联式干气密封装置, 其特征是: 在轴颈上设置有第一轴套和第二轴套; 靠近机内侧的动环座连接在第一轴套的内侧端, 且顶靠在轴颈的内侧轴肩部; 在第一轴套的外侧端连接有压紧套, 在压紧套与第一轴套之间设置有柔性石墨环; 第二轴套压靠在压紧套的外侧端, 且其外侧端由螺接在轴颈上的主轴螺母背紧; 第二轴套内侧端的一部分套在第一轴套上, 并延伸至二级密封结构中动环的外侧端面, 用于对该动环的轴向限位; 靠近机外侧的动环座通过键连接在第一轴套上, 且其内侧端的一部分延伸至一级密封结构中动环的外侧端面, 用于对该动环的轴向限位。

4. 如权利要求3所述的一种工业汽轮机用串联式干气密封装置, 其特征是: 在第一轴套上套装有定心圈簧; 定心圈簧与动环的内环面接触, 且使动环具有一定的浮动量; 所述动环座设有与动环的内侧端面相对应的支撑面, 在支撑面上设置有用于密封动环内侧端面的柔性石墨环, 还设置有轴向方向上的传动销; 所述动环设有与传动销对应的销轴孔, 销轴孔直径大于传动销的直径, 动环座通过传动销带动动环随汽轮机轴一起旋转。

5. 如权利要求3所述的一种工业汽轮机用串联式干气密封装置, 其特征是: 在主轴螺母与密封套之间设置有机外梳状迷宫式密封结构; 所述密封套在机外梳状迷宫式密封结构与二级密封结构之间设有放空腔, 放空腔通过放空口与大气连通。

6. 如权利要求5所述的一种工业汽轮机用串联式干气密封装置, 其特征是: 在迷宫套与主轴螺母之间设有隔气腔, 隔气腔设置在机外梳状迷宫式密封结构的中间部位, 且隔气腔通过管道与外界隔离气连通。

7. 如权利要求5或6所述的一种工业汽轮机用串联式干气密封装置, 其特征是: 所述密封套的内外套面均为多阶梯面; 密封套的外套面通过多道密封圈与机壳密封连接, 密封套的内套面分别通过密封圈与迷宫套的外套面密封连接、通过柔性石墨环与波纹管的外侧端面密封连接。

8. 如权利要求1或5或6所述的一种工业汽轮机用串联式干气密封装置,其特征是:所述机壳在密封套的内侧设有用于防止机内蒸汽进入的主密封腔,在主密封腔内通入有主密封气;主密封气为满足一定质量标准的机内介质,或经过滤处理的机外蒸汽,且主密封气的压力大于机内蒸汽的压力。

9. 如权利要求8所述的一种工业汽轮机用串联式干气密封装置,其特征是:所述机壳在一级密封结构与一级密封结构之间设有泄漏气回收腔,泄漏气回收腔通过管道与外界的泄漏气回收装置连通。

10. 如权利要求1或9所述的一种工业汽轮机用串联式干气密封装置,其特征是:所述气动压槽为单向槽,或者为双向槽;单向槽的槽深为 $3\text{--}20\mu\text{m}$,且气动压槽坝区的宽度是密封面宽度的 $0.25\text{--}0.75$ 倍;所述动环的材质为碳化硅、或为氮化硅、或为硬质合金;所述静环的材质为石墨、或为表面镀类金刚石膜的碳化硅。

一种工业汽轮机用串联式干气密封装置

技术领域

[0001] 本实用新型涉及机械密封技术领域,尤其是涉及一种工业汽轮机用串联式干气密封装置。

背景技术

[0002] 汽轮机是蒸汽动力装置的主要设备之一,是一种将蒸汽的能量转换为机械功的旋转式动力机械。汽轮机的工作原理为具有一定压力和温度的蒸汽进入汽轮机,在喷嘴内迅速膨胀而获得很高的流动速度,随后高速流动的蒸汽冲动汽轮机转子叶片进行旋转做功,从而获得机械能的过程。汽轮机主要由转动部分、固定部分和控制部分组成。

[0003] 工业汽轮机是以蒸汽作为冲动的原动力设备,主要用于化工、石油、采矿、冶金、造纸、纺织、制糖等工业企业中。工业汽轮机带动各类泵、风机、压缩机、压榨机或拖动发电机,从而取得低成本的动力和电力。在先进工业国家里,自从工业上使用了汽轮机,一次能源得到了充分利用。小型热(电)功联产(小背压机)可以充分利用废料、废气、废热生产蒸汽,或是利用富裕蒸汽、蒸汽压差,再通过动力汽轮机转换成机械能直接驱动机械设备做功,也可以通过对汽轮机转速的调节可实现机械设备的变转速运行。由于减少了能量转换环节、增大了能量转换效率,同时节约了昂贵的工业用电,因此,在生产中应用工业汽轮机作为原动力设备能起到节能增效的目的。此外,工业汽轮机的抽汽、排汽还可用于企事业单位工业生产流程或外供,从而实现了能源的梯级利用,是企事业单位节能降耗的有效措施之一,具有投资少、见效快,综合经济效益显著的优势。

[0004] 当前的工业汽轮机由于工作介质压力高、温度高,通常在其轴端采用梳齿式迷宫密封或碳环密封形式。由于迷宫密封和碳环密封都属于径向非接触式密封,为确保在整个工作过程中避免出现主轴或轴套与密封部位碰磨,其径向的密封间隙一般都比较大(静态或动态),导致轴向蒸汽的泄漏量较大。特别是背压式汽轮机,密封腔压力较高,其轴端密封泄漏量更大。蒸汽的泄漏会造成能量的损失,另外,泄漏出来的蒸汽需要用冷却水来进行循环冷却,冷却水的用量也是很大的。据统计,对于中型汽轮机组来说,每年蒸汽的泄漏量、冷却水的消耗量,以及其后续的运行维护费用,折合的运营成本超过一百万元。

[0005] 不同于一般机械的动静密封,影响工业汽轮机轴端密封的因素很多,而且情况复杂。受机内蒸汽的高温高压、以及汽轮机轴高速旋转时的热膨胀、跳动、挠性形变等因素的影响,长期以来,工业汽轮机轴端泄漏问题一直是行业内想解决而无法解决的技术难题。从节能提效的角度考虑,迫切需要一种可靠性高、且能够显著减少轴端密封泄漏量的新型密封装置。

发明内容

[0006] 为了克服背景技术中的不足,本实用新型公开了一种工业汽轮机用串联式干气密封装置,采用如下技术方案:

[0007] 一种工业汽轮机用串联式干气密封装置,轴向设置在机壳与轴承箱之间,径向介

于机壳与汽轮机轴的轴颈之间,包括串联设置的两组旋转密封组件和两组静止密封组件;

[0008] 每组旋转密封组件包括设置在轴颈上的动环,还设置有对动环的内侧端面进行密封支撑、并带动动环随汽轮机轴一起旋转的动环座;在动环的外侧端面上设有多个周向分布的气动压槽;

[0009] 每组静止密封组件包括固定在机壳内的、且与机壳密封连接的密封套,还包括与轴套同轴设置的静环和波纹管;其中,波纹管的外侧端面与密封套密封连接;静环设置在波纹管与动环之间,且通过止动销与密封套浮动连接;在自身弹力的作用下,波纹管的内侧端面压靠在静环的外侧端面上,形成接触密封结构;静环的内侧端面与动环的外侧端面相对设置,动环随汽轮机轴旋转时,动环的外侧端面与静环的内侧端面形成非接触的干气密封结构;

[0010] 靠近机内侧的一组旋转密封组件和静止密封组件形成一级密封结构,靠近机外侧的一组旋转密封组件和静止密封组件形成二级密封结构;二级密封结构用于对一级密封结构泄漏的机内蒸汽进行二次密封。

[0011] 作为一种优选的技术方案,所述静止密封组件还包括对静环、波纹管进行径向限位的阻尼套,阻尼套的外套面通过定心圈簧与密封套的内套面接触连接,内套面分别与静环、波纹管的外表面接触连接。

[0012] 作为一种优选的技术方案,在轴颈上设置有第一轴套和第二轴套;靠近机内侧的动环座连接在第一轴套的内侧端,且顶靠在轴颈的内侧轴肩部;在第一轴套的外侧端连接有压紧套,在压紧套与第一轴套之间设置有柔性石墨环;第二轴套压靠在压紧套的外侧端,且其外侧端由螺接在轴颈上的主轴螺母背紧;第二轴套内侧端的一部分套在第一轴套上,并延伸至二级密封结构中动环的外侧端面,用于对该动环的轴向限位;靠近机外侧的动环座通过键连接在第一轴套上,且其内侧端的一部分延伸至一级密封结构中动环的外侧端面,用于对该动环的轴向限位。

[0013] 作为一种优选的技术方案,在第一轴套上套装有定心圈簧;定心圈簧与动环的内环面接触,且使动环具有一定的浮动量;所述动环座设有与动环的内侧端面相对应的支撑面,在支撑面上设置有用于密封动环内侧端面的柔性石墨环,还设置有轴向方向上的传动销;所述动环设有与传动销对应的销轴孔,销轴孔直径大于传动销的直径,动环座通过传动销带动动环随汽轮机轴一起旋转。

[0014] 作为一种优选的技术方案,在主轴螺母与密封套之间设置有机外梳状迷宫式密封结构;所述密封套在机外梳状迷宫式密封结构与二级密封结构之间设有放空腔,放空腔通过放空口与大气连通。

[0015] 作为一种优选的技术方案,在迷宫套与主轴螺母之间设有隔气腔,隔气腔设置在机外梳状迷宫式密封结构的中间部位,且隔气腔通过管道与外界隔离气连通。

[0016] 作为一种优选的技术方案,所述密封套的内外套面均为多阶梯面;密封套的外套面通过多道密封圈与机壳密封连接,密封套的内套面分别通过密封圈与迷宫套的外套面密封连接、通过柔性石墨环与波纹管的外侧端面密封连接。

[0017] 作为一种优选的技术方案,所述机壳在密封套的内侧设有用于防止机内蒸汽进入的主密封腔,在主密封腔内通入有主密封气;主密封气为满足一定质量标准的机内介质,或经过滤处理的机外蒸汽,且主密封气的压力大于机内蒸汽的压力。

[0018] 作为一种优选的技术方案,所述机壳在一级密封结构与一级密封结构之间设有泄漏气回收腔,泄漏气回收腔通过管道与外界的泄漏气回收装置连通。

[0019] 作为一种优选的技术方案,所述气动压槽为单向槽,或者为双向槽;单向槽的槽深为3-20 μm ,且气动压槽坝区的宽度是密封面宽度的0.25-0.75倍;所述动环的材质为碳化硅、或为氮化硅、或为硬质合金;所述静环的材质为石墨、或为表面镀类金刚石膜的碳化硅。

[0020] 由于采用上述技术方案,相比背景技术,本实用新型具有如下有益效果:

[0021] 本实用新型实现了机壳与密封套、密封套与波纹管之间的静静密封,并实现了波纹管与静环之间的接触密封、动环与静环之间的气膜润滑非接触密封。两级串联的密封结构将高压蒸汽封闭在机内,不仅降低了能量消耗,而且提高了工业汽轮机的能量转化效率。

[0022] 本实用新型的动环与静环具有自我调整能力,在汽轮机轴出现热膨胀、跳动、挠性形变等现象时,在动环与静环之间始终能够形成稳定的气膜,保证干气密封结构能够长时间可靠地工作。

[0023] 本实用新型采用双干气密封结构,在同样的工况条件下,每个干气密封结构的蒸汽泄漏量仅为现有密封结构的几十分之一到百分之一,而双干气密封结构基本做到了零泄漏密封。由于蒸汽不再泄漏,因而也无需设置额外的泄漏蒸汽冷却装置,使得工业汽轮机后续的运行维护费用大幅降低,每年能够节省近一百万元的运营成本。

[0024] 干气密封最初是为解决高速离心式压缩机轴端密封问题而出现的,但是在汽轮机行业内,由于各种因素而得不到应用,其中一个重要原因是工业汽轮机在复杂的工况条件下,不能保证动环与静环之间形成稳定的干气密封。而本实用新型通过长期的实践验证,稳定地实现了动环与静环之间干气密封,解决了行业内一直想解决而无法解决的技术难题,其意义重大!此外,本实用新型节能提效的效果是显著的,经济价值是巨大的。

附图说明

[0025] 图1为本实用新型的结构示意图。

[0026] 图2为气动压槽的结构示意图。

[0027] 图中:1、轴颈;2、机壳;3、第一轴套;4、第二轴套;5、动环;51、气动压槽;6、动环座;7、主轴螺母;8、波纹管;9、静环;10、密封套;11、阻尼套;12、定心圈簧;13、迷宫套;14、传动销;15、止动销;16、柔性石墨环;17、机内梳状迷宫式密封结构;18、机外梳状迷宫式密封结构;19、主密封腔;20、隔气腔;21、泄漏气回收腔;22、放空腔;23、压紧套。

具体实施方式

[0028] 下面参照附图来描述本实用新型的优选实施方式。本领域技术人员应当理解的是,这些实施方式仅仅用于解释本实用新型的技术原理,并非旨在限制本实用新型的保护范围。

[0029] 需要说明的是,在本实用新型的描述中,“内侧”、“外侧”等指示方向或位置关系的术语是基于以工业汽轮机主体为中心的相对指示方向或位置关系,这仅仅是为了便于描述,而不是指示或暗示所述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实用新型的限制。

[0030] 一种工业汽轮机用串联式干气密封装置,如图1所示,轴向设置在机壳2与轴承箱

(图中未示出)之间,径向介于机壳2与汽轮机轴的轴颈1之间,包括串联设置的两组旋转密封组件和两组静止密封组件,靠近机内侧的一组旋转密封组件和静止密封组件形成一级密封结构,靠近机外侧的一组旋转密封组件和静止密封组件形成二级密封结构。一级密封结构和二级密封结构的串联组合为本实用新型的主密封结构。

[0031] 每组旋转密封组件包括设置在轴颈1上的动环5,还设置有对动环5的内侧端面进行密封支撑、并带动动环5随汽轮机轴一起旋转的动环座6。具体的,在轴颈1上设置有第一轴套3和第二轴套4。靠近机内侧的动环座6连接在第一轴套3的内侧端,且顶靠在轴颈1的内侧轴肩部。在第一轴套3的外侧端连接有压紧套23。第二轴套4压靠在压紧套23的外侧端,且其外侧端由螺接在轴颈1上的主轴螺母7背紧,使第一轴套3、第二轴套4固定在轴颈1上,并随汽轮机轴一起旋转。为了限制动环5向外侧轴向移动,第二轴套4内侧端的一部分套在第一轴套3上,并延伸至二级密封结构中动环5的外侧端面,用于对该动环5的轴向限位,但不限制动环5的浮动。同样的,靠近机外侧的动环座6通过键连接在第一轴套3上,且其内侧端的一部分延伸至一级密封结构中动环5的外侧端面,用于对该动环5的轴向限位,但不限制动环5的浮动。为了防止机内蒸汽从轴颈1与第一轴套3之间的缝隙中泄露,在压紧套23与第一轴套3之间设置有柔性石墨环16。柔性石墨环16不仅有良好的密封性,还具有很高的耐高温性。在动环座6上设有与动环5的内侧端面相对应的支撑面,在支撑面上设置有两道用于密封动环5内侧端面的柔性石墨环16,还设置有轴向方向上的传动销14。动环5设有与传动销14对应的销轴孔,传动销14与动环5的销轴孔浮动连接。动环座6随汽轮机轴旋转时,动环座6通过传动销14向动环5传递旋转力矩,使动环5随汽轮机轴一起旋转。

[0032] 每组静止密封组件包括固定在机壳2内腔中的、且与机壳2内腔密封连接的密封套10。由于主密封结构贯穿在密封套10内,因此密封套10有较长的轴向尺寸。为了降低加工难度、同时便于装配维修,密封套10由三部分连接而成。密封套10的内外套面均为多阶梯面结构,密封套10的外套面通过多道密封圈与机壳2密封连接,实现密封套10与机壳2之间的密封。

[0033] 每组静止密封组件还包括与第一轴套3同轴设置的静环9和波纹管8。波纹管8为耐高温型不锈钢波纹管8,不仅耐高温腐蚀,还具有良好的弹性。波纹管8的外侧端面通过螺栓固定在密封套10上,并通过柔性石墨环16实现与密封套10内套面的密封连接。静环9设置在波纹管8与动环5之间,且通过止动销15与密封套10浮动连接。由于波纹管8具有伸缩性,当受压时具有一定的轴向弹力。在自身轴向弹力的作用下,波纹管8的内侧端面压靠在静环9的外侧端面上,形成波纹管8与静环9之间的接触密封结构。静环9的内侧端面与动环5的外侧端面相对设置,在波纹管8的轴向弹力作用下,静环9与动环5之间保持有一定的接触压力。

[0034] 在动环5的外侧端面上设有多个周向分布的气动压槽51,气动压槽51开在机内高压蒸汽的一侧。气动压槽51可以是单向旋转的槽型,也可以是双向旋转的槽型。可以是单向的圆弧槽、螺旋槽、三角槽,也可以是双向的,如锤形双向槽。本实施例中,机内的高压蒸汽位于动环5的外环面侧,气动压槽51为单向螺旋槽。如图2所示,单向螺旋槽的旋向与汽轮机轴的旋向相同,且单向螺旋槽自动环5外侧端面的内部向外径方向螺旋延伸,并开口于动环5的外环面。沿螺旋延伸的方向,单向螺旋槽的截面面积逐步增大。单向螺旋槽的槽深为15 μ m,且气动压槽51坝区的宽度是动环5外侧端面宽度的0.7倍。当动环5随汽轮机轴旋转时,高

压蒸汽进入单向螺旋槽内并产生流体动压效应,将外环面处的高压蒸汽向内泵送,从而在动环5的外侧端面与静环9的内侧端面之间形成一层微米量级的气膜,对动环5与静环9之间的密封面起到润滑和隔离的作用。由于汽轮机轴的转速非常高,致使气膜的刚度非常大,气膜形成的开启力与波纹管8的轴向弹力达到了平衡,不但实现了非接触运转,而且实现了对机内蒸汽的密封。通过干气密封结构泄漏出来的蒸汽量只有同样工况条件下,梳齿式迷宫密封或碳环密封的几十分之一到百分之一。而本装置在主密封结构内设置了串联设置了两个干气密封结构,位于外侧的二级密封结构对位于内侧的一级密封结构所泄漏的蒸汽进行再一次地密封,因此基本上实现了对机内蒸汽的零泄漏密封。由于蒸汽不再泄漏,因而也无需设置额外的泄漏蒸汽冷却装置,使得工业汽轮机后续的运行维护费用大幅降低。

[0035] 在汽轮机轴在高速旋转时,在轴颈1部位不可避免地会出现热膨胀、跳动、挠性形变等现象。而干气密封结构要求动环5与静环9之间密封面有严格的平行关系。因此在动环5和静环9中,至少保证有一个件具有自我调整能力。为此,在第一轴套3上套装有定心圈簧12,定心圈簧12与动环5的内环面接触;销轴孔直径大于传动销14的直径,防止传动销14对动环5浮动的限制;动环座6与动环5的外环面保留一定的间隙。这些措施使动环5具有一定的浮动量,实现动环5的自我调整。

[0036] 为了使静环9具有跟随动环5进行自我调整的自由度,在静环9的外环面上设有径向开口的长槽,静环9通过长槽与止动销15间隙连接,防止静环9转动,但是不限制静环9的浮动。波纹管8对静环9施加一定的轴向力,保证静环9的密封面不脱离动环5的密封面,而且波纹管8自身具有一定的万向柔性,保证波纹管8对静环9施加的轴向力始终垂直于动环5的密封面,使静环9始终具有跟随动环5进行自我调整的自由度。这样,在轴颈1部位出现热膨胀、跳动、挠性形变等现象时,在动环5与静环9之间始终形成一层平行的气膜,能够保证干气密封结构的正常工作。

[0037] 在汽轮机工作时,动环5随汽轮机轴高速旋转,故对其材质在强度方面有很高的要求;由于长期工作在高温高压的蒸汽环境内,因此对动环5和静环9材质的物理学性能也有很高的要求;此外,在启动和停车过程中,动环5和静环9之间的密封面会有轻微的接触磨损,因此对动环5和静环9材质的表面摩擦学特性同样有很高的要求。因此,动环5可以采用强度高、摩擦学特性好、硬度相对较大的碳化硅、氮化硅或硬质合金材质等高硬度高耐磨材料制备,也可以采用不锈钢材质作为基体,在基体表面喷涂或堆焊高硬度的耐磨涂层来制备。静环9可以采用自润滑性好的石墨、或为碳化硅且在碳化硅的表面上镀类金刚石膜(DLC)来制备。采用DLC涂层技术,能够改善硬对硬摩擦副配对的表面摩擦学特性。延长动环5和静环9的使用寿命,能够大幅减少汽轮机的维护成本。

[0038] 由于机内蒸汽气流的扰动会对静环9、波纹管8造成震颤,甚至使静环9、波纹管8偏心失稳,进一步地改进技术方案,所述静止密封组件还包括对静环9、波纹管8进行径向限位的阻尼套11,阻尼套11采用耐高温的金属材质制成,在本实施例中,阻尼套13的材质为不锈钢。阻尼环套的外环套面通过两级定心圈簧12与密封套10的内套面接触连接,内环套面分别与静环9、波纹管8的外表面接触连接。这里值得注意的是,阻尼环套并非固定在密封套10的内套面内,而是通过两级定心圈簧12与密封套10的内套面接触连接。两级定心圈簧12使阻尼套11具有一定的轴向摆动量,因此,阻尼套11虽然对静环9、波纹管8进行了径向限位,但并不妨碍静环9始终具有跟随动环5进行自我调整的自由度。

[0039] 综上所述,本装置实现了机壳2与密封套10的密封;实现了密封套10与内外两侧的波纹管8的密封;实现了两侧的波纹管8与同侧静环9之间的接触密封;内外两侧动环5与静环9之间形成了蒸汽润滑的非接触密封状态。两级串联的密封结构将高压蒸汽封闭在机内,不仅降低了能量消耗,而且提高了工业汽轮机的能量转化效率。

[0040] 干气密封对高压端气体的洁净度要求很高,否则,脏的高压端气体将会污染干气密封的摩擦副端面,并使波纹管8失去弹性和补偿能力,造成密封过早失效。为此,机壳2在密封套10的内侧设有用于防止机内蒸汽进入的主密封腔19,在主密封腔19内通入有主密封气。需要说明的是,主密封腔19位于一级密封结构与机内梳状迷宫式密封结构17之间。机内梳状迷宫式密封结构17为现有汽轮机自带的密封结构,该密封结构的蒸汽泄漏量大,但不受热膨胀的影响。本装置仅是利用了该现有结构对机内蒸汽进行了初级密封。

[0041] 主密封气可以是从小汽轮机入口引出的高压高温蒸汽,或是外引的压力、温度满足要求的蒸汽,经适当降温、减压和过滤后通过管道进入主密封腔19。这种情况下,要求主密封气的压力大于机内的蒸汽压力,主密封气通过机内梳状迷宫式密封结构17回到机内,阻止未经过滤的机内脏蒸汽污染干气密封结构,同时带走干气密封结构产生的热量。如果汽轮机的机内蒸汽介质本身的洁净度满足一定质量标准,也可以直接作为主密封气通过机内梳状迷宫式密封结构17进入主密封腔19内,此时主密封腔19的外通管道为封闭状态。

[0042] 为了防止轴承箱(在主轴螺母7的外侧,图中未示出)内的润滑油气通过扩散作用污染干气密封结构,在主轴螺母7与密封套10之间设置有迷宫套13,迷宫套13的外套面与密封套10的内套面通过密封圈连接。在迷宫套13上设有多道梳状的内环齿,与主轴螺母7形成了机外梳状迷宫式密封结构18。所述密封套10在机外梳状迷宫式密封结构18与二级密封结构之间设有放空腔22,放空腔22通过放空口与大气连通。这样,机外梳状迷宫式密封结构18能够密封大部分的润滑油气,少量从机外梳状迷宫式密封结构18泄漏的润滑油气通过放空口放空,避免了润滑油气对干气密封结构的污染。同样的,极少量的从二级密封结构泄漏的蒸汽,进入低压腔后也通过放空口放空。同时,在迷宫套13与主轴螺母7之间设有隔气腔20,隔气腔20设置在机外梳状迷宫式密封结构18的中间部位,且隔气腔20通过管道与外界隔离气连通。隔离气为氮气或仪表风,氮气进入隔气腔20后,对进入机外梳状迷宫式密封结构18内的润滑油气进行阻断。多余的氮气进入低压腔,并通过放空口放空。另外,隔离气还能对二级密封结构进行冷却。

[0043] 为了回收从一级密封结构所泄漏的蒸汽,所述机壳2在一级密封结构与一级密封结构之间设有泄漏气回收腔21,泄漏气回收腔21通过管道与外界的泄漏气回收装置连通,将泄漏的蒸汽返回到机内重新利用。

[0044] 本实用新型未详述部分为现有技术。尽管已经示出和描述了本实用新型的实施例,对于本领域的普通技术人员而言,可以理解在不脱离本实用新型的原理和精神的情况下可以对这些实施例进行多种变化、修改、替换和变型,本实用新型的保护范围由所附权利要求及其等同物限定。

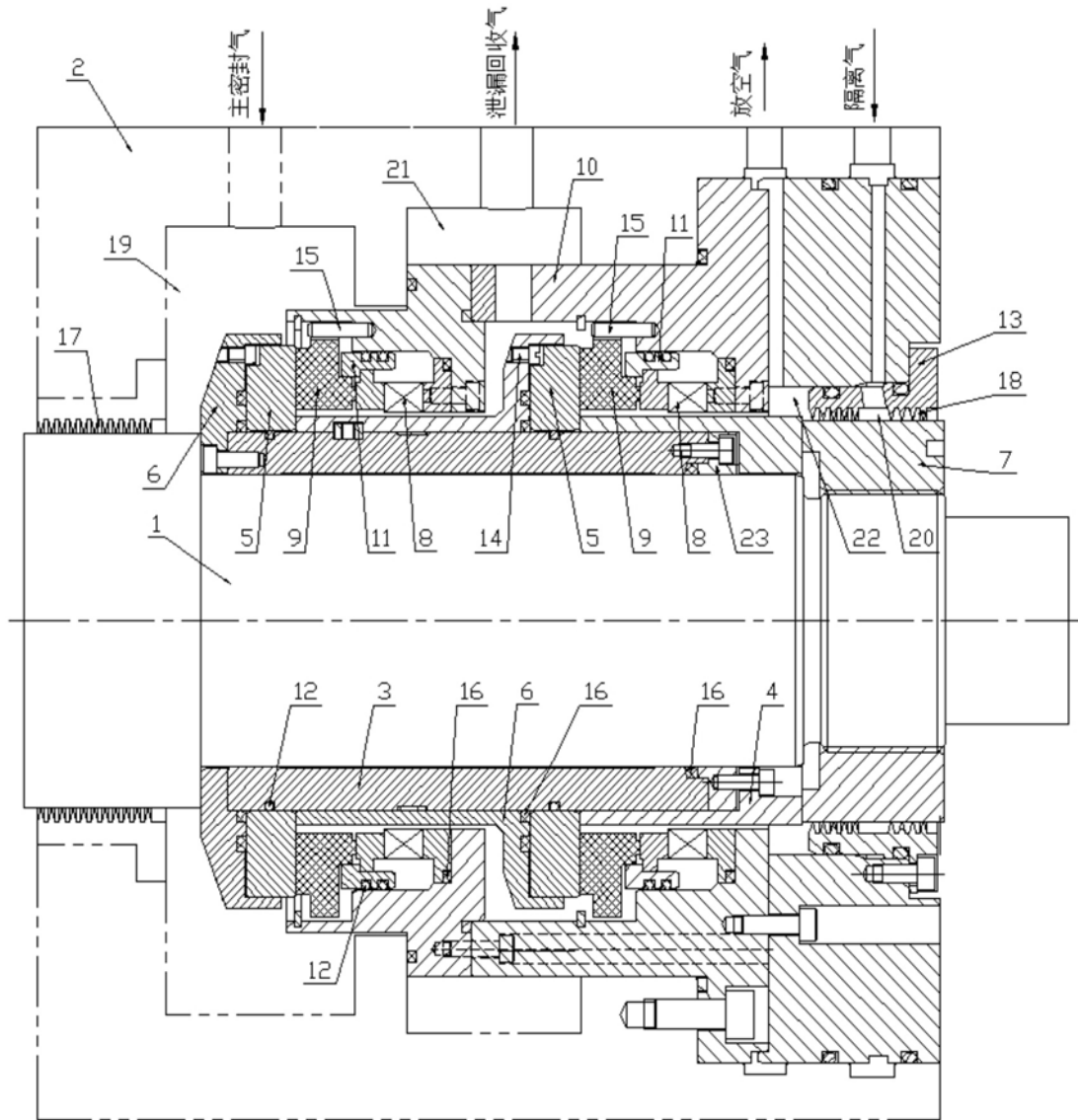


图1

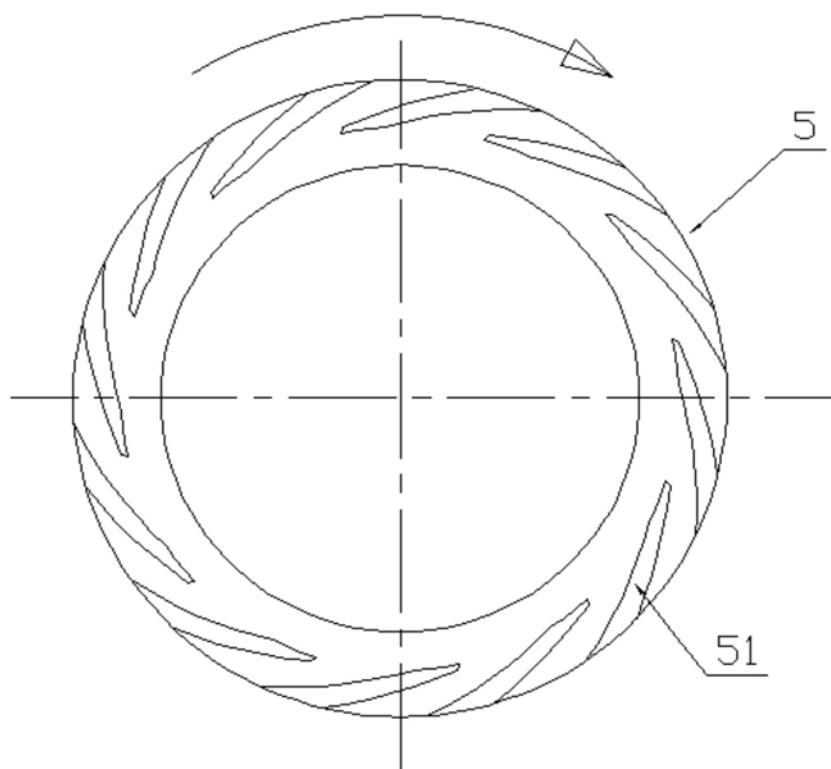


图2