



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103061826 A

(43) 申请公布日 2013. 04. 24

(21) 申请号 201110320512. 2

(22) 申请日 2011. 10. 20

(71) 申请人 中国科学院工程热物理研究所
地址 100190 北京市海淀区北四环西路 11 号

(72) 发明人 安柏涛 刘建军

(74) 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任
公司 11021

代理人 周国城

(51) Int. Cl.

F01D 9/02 (2006. 01)

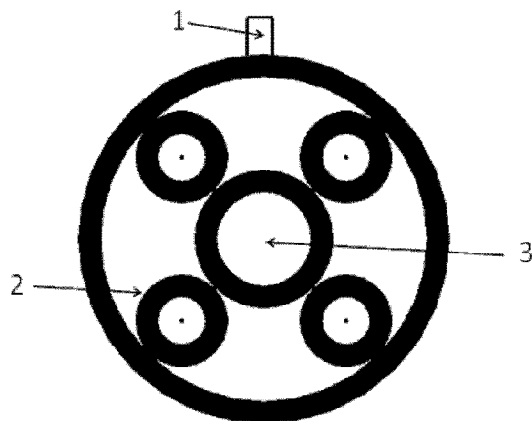
权利要求书1页 说明书3页 附图3页

(54) 发明名称

一种考虑进口热斑的燃气透平导向器

(57) 摘要

本发明公开了一种考虑进口热斑的燃气透平导向器,涉及燃气轮机透平导向器技术,包括导向器轮盘;导向器的筒状导向器轮盘,环套于燃气透平的转动轴外圆,两者之间有空隙,空隙内均布有多个行星齿轮;在导向器轮盘内壁面设有内齿,转动轴外圆壁上,与导向器轮盘相对处设有外齿,行星齿轮同时分别与内齿、外齿动连接;导向器与转子同方向或反方向做低速旋转;导向器转速介于转子转速的 1/50-1/10 之间。本发明使得导向器进口周期分布的二维形式不均匀温度场转化为时均周向均匀形式;导向器冷却设计只需针对热斑周向平均后的最高温度,减少透平导向器叶片冷气量的使用。本发明导向器,对多级透平中的各级导向器均适用。



1. 一种考虑进口热斑的燃气透平导向器,包括导向器轮盘;其特征在于:导向器的筒状导向器轮盘,环套于燃气透平的转动轴外圆,两者之间有空隙,空隙内均布有多个行星齿轮;在导向器轮盘内壁面设有内齿,转动轴外圆壁上,与导向器轮盘相对处设有外齿,行星齿轮同时分别与内齿、外齿动连接;

导向器与转子同方向或反方向做低速旋转;

导向器转速介于转子转速的 $1/50$ - $1/10$ 之间。

2. 如权利要求 1 所述的燃气透平导向器,其特征在于:在多级轴流透平中,各级透平导向器分别与透平转子同向或反向低速旋转。

3. 如权利要求 1 所述的燃气透平导向器,其特征在于:所述导向器的转速介于转子转速的 $1/50$ - $1/10$ 之间,其高低的选择以对导向器进口冲角影响较小为依据,并由导向器进口速度的大小和导向器所处的半径决定。

4. 如权利要求 1 或 2 所述的燃气透平导向器,其特征在于:所述导向器与转子同方向或反方向旋转,其转速的变化是通过行星齿轮的结构变化来实现的,即通过调整行星齿轮减速比调整导向器叶片转速。

5. 如权利要求 1 或 2 所述的燃气透平导向器,其特征在于:所述导向器与转子同方向或反方向旋转,其转动方向的变化是以多级行星齿轮来实现的,若导向器转动方向与转子转动方向相反,则导向器输出功;若导向器转动方向与转子转动方向相同,则导向器消耗功。

一种考虑进口热斑的燃气透平导向器

技术领域

[0001] 本发明涉及燃气轮机透平导向器技术领域,是一种考虑进口热斑的燃气透平导向器,可提高燃气透平进口温度或降低透平叶片冷却所需冷气量,适用于燃气轮机中空气冷却的多级轴流透平。

背景技术

[0002] 燃气轮机的透平叶片长期工作在极高的温度环境中,通常需要透平冷却技术的帮助来降低合金叶片的工作温度以保证叶片的长寿命要求。尤其是重型燃机,用于透平冷却的空气量很大,一定程度上降低了燃气轮机的效率。因此减少冷却空气的使用同时保证叶片的可靠性是透平冷却技术的主要目标。对于多级透平而言,各级中的动静叶片个数一般在几十至上百个,而叶片冷却设计是以叶片排整体的温度以及流动特性为依据进行统一的冷却设计,即全周每个导向器叶片和每个动叶片的冷却设计是完全一致的,冷气量也是完全一致的。工程上,不可能为叶片排中的每一个叶片单独设计冷却结构和单独提供冷气。对于透平级中的动叶片,采用统一的冷却设计没有问题,因为动叶的旋转使得每一个叶片的时均热负荷是一致的。而对于透平级中的导向器叶片,由于进口热斑(燃烧室出口温度场的不均匀)的存在,全周每个导向器叶片的热负荷并不完全一致,有时甚至差别很大,因此导向器叶片按照统一的冷却设计必然会导致各叶片的实际热负荷与设计所用冷气量的不对应。重要的是,为了保证叶片的可靠性,导向器叶片统一的冷却设计必须按照热斑核心的最高温度值进行,而热斑核心的最高温度通常比平均温度高 15% -20%,由于全周每个导向器叶片并非均对应热斑最高温度,因此必然导致大部分叶片冷气量的浪费。

[0003] 热斑对透平级叶片传热的影响是非定常的,目前有关热斑非定常流动机理的研究已经比较系统和完善,尤其是热斑与导向器之间周向位置关系(clocking)的研究表明,通过调节热斑的周向位置可以使导向器叶片避开热斑最高温度区的冲击,但对于透平级而言,要么静叶热负荷高,要么动叶热负荷高,二者之间较难平衡。同时,热斑与导向器之间的数比关系决定了热斑与导向器之间能否通过周向位置变动调节动静叶片的热负荷大小。只有在热斑与导向器数比为 1 : 1 时,无论如何调整热斑与导向器的周向位置,全周每个导向器叶片的热负荷均完全一致。但在真实透平中,热斑与导向器个数比并非总是精确的 1 : 1。在不是一一对应的情况下,如何保证全周每个导向器叶片的热负荷一致对于统一冷却设计和减少透平叶片的冷气量有重要意义。

[0004] 与动叶类似,如果将透平导向器叶片进行旋转显然能够得到完全一致的时均热负荷。然而目前燃气透平中的导向器均为静止设计,如果允许其旋转可能带来如下问题:第一,导向器叶片的冷气进气方式和内部冷却结构改变;第二,导向器进口冲角变化,须对气动设计做相应调整;第三,旋转导致叶片热负荷的周期变化,可能导致叶片热疲劳寿命降低;第四,如何实现低速旋转以及结构设计问题。

[0005] 尽管实现导向器的低速旋转设计存在一系列问题,但允许导向器旋转所带来的优点仍然是不容忽视的。本发明主要强调了导向器旋转设计所体现的优势以及这一设计概

念。

发明内容

[0006] 本发明公开一种考虑进口热斑的燃气透平导向器,可使导向器叶片避开热斑最高温度区,全周每个导向器叶片的热负荷一致,并大量减少透平叶片的冷气量。

[0007] 为达到上述目的,本发明的技术解决方案是:

[0008] 一种考虑进口热斑的燃气透平导向器,包括导向器轮盘;其导向器的筒状导向器轮盘,环套于燃气透平的转动轴外圆,两者之间有空隙,空隙内均布有多个行星齿轮;在导向器轮盘内壁面设有内齿,转动轴外圆壁上,与导向器轮盘相对处设有外齿,行星齿轮同时分别与内齿、外齿动连接;

[0009] 导向器与转子同方向或反方向做低速旋转;

[0010] 导向器转速介于转子转速的 $1/50$ - $1/10$ 之间。

[0011] 所述的燃气透平导向器,其在多级轴流透平中,各级透平导向器分别与透平转子同向或反向低速旋转。

[0012] 所述的燃气透平导向器,其所述导向器的转速介于转子转速的 $1/50$ - $1/10$ 之间,其高低的选择以对导向器进口冲角影响较小为依据,并由导向器进口速度的大小和导向器所处的半径决定。

[0013] 所述的燃气透平导向器,其所述导向器与转子同方向或反方向旋转,其转速的变化是通过行星齿轮的结构变化来实现的,即通过调整行星齿轮减速比调整导向器叶片转速。

[0014] 所述的燃气透平导向器,其所述导向器与转子同方向或反方向旋转,其转动方向的变化是以多级行星齿轮来实现的,若导向器转动方向与转子转动方向相反,则导向器输出功;若导向器转动方向与转子转动方向相同,则导向器消耗功。

[0015] 本发明的燃气透平导向器,优点在于:第一,将导向器进口周期分布的二维形式的不均匀温度场(热斑)转化为时均周向均匀形式(径向温度型),使得全周所有导向器叶片的时均热负荷一致,导向器叶片采用统一的冷却设计不会浪费冷气量;第二,导向器冷却设计不需针对热斑的最高温度,而只需针对热斑周向平均后(径向温度型)的最高温度即可,可以减少透平导向器叶片冷气量的使用,或在冷气量不变条件下提高透平进口温度;第三,导向器的低速旋转对导向器气动性能的影响较小,导向器的气动设计可以不变或仅针对进口冲角变化做微小调整。

附图说明

[0016] 图 1 为本发明的考虑进口热斑的燃气透平导向器原理图;

[0017] 图 2 为本发明的考虑进口热斑的燃气透平导向器结构图;

[0018] 图 3a 为本发明的环管燃烧室出口热斑与径向温度型的总温分布示意图中的进口热斑总温等值线图;

[0019] 图 3b 为本发明的环管燃烧室出口热斑与径向温度型的总温分布示意图的进口周向平均的径向总温度分布图;

[0020] 图 4 为本发明的进口导向器静止时的最大热负荷情况示意图;

[0021] 图 5 为本发明的进口导向器 65% 叶高绝热壁温度分布对比图；图中 T/T_0^* 表示当地绝热壁温和进口总温之比， x/C 代表相对轴向弦长， x/C 为正对应吸力面 (SS)， x/C 为负对应压力面 (PS)。

[0022] 图 6 为本发明的进口导向器 65% 叶高壁面压力分布对比图；图中 p/p_0^* 表示当地静压与进口总压之比。

具体实施方式

[0023] 如图 1 所示，为本发明的考虑进口热斑的燃气透平导向器，将多级透平中的导向器设计为低速旋转形式，转速介于转子转速的 $1/50-1/10$ 之间，转动方向可以与转子同方向或反方向。转速高低的选择以对导向器进口冲角影响较小为依据，还需考虑导向器进口速度的大小和导向器所处的半径。转速越低对导向器气动影响越小，但对导向器热疲劳寿命不利。转速越高对导向器气动影响越大，但对减少导向器热疲劳有利。转速较高时导向器进口冲角变化较大，叶片需针对冲角变化重新设计叶型和径向积叠。

[0024] 图 2 为实现导向器低速旋转的结构图。图中，导向器 1，行星齿轮 2，转动轴 3。导向器 1 的导向器轮盘 1a 和转动轴 3 之间通过行星齿轮 2 结构实现转速变化，通过调整行星齿轮 2 减速比调整导向器叶片转速，也可以设计多级行星齿轮结构实现导向器 1 转动方向变化。如果导向器 1 转动方向与转子转动方向相反，则导向器 1 输出功。如果导向器 1 转动方向与转子转动方向相同，则导向器 1 消耗功。

[0025] 图 3 以环管燃烧室为例说明了热斑最高温度与周向平均后的径向最高温度之间的温度差。图 3(a) 中热斑最高温度为进口平均总温的约 1.2 倍，图 3(b) 中周向平均后的径向最高总温仅为进口平均总温的 1.04 左右，二者相差 16% 的进口平均总温。假设进口平均总温为 1500°C ，则二者相差近 240°C 。

[0026] 如果进口导向器按照统一的冷却设计，要想保证全周所有导向器叶片的可靠性，则导向器必须将图 3(a) 所示总温场按照图 4 所示的情形进行热负荷预估并设计导向器冷却，即以热斑最高温度区正对导向器叶片前缘为设计依据。而在导向器旋转条件下，导向器的冷却设计只需按图 3(b) 中的进口温度分布为依据，且每个导向器叶片的时均热负荷均一致。由于二者设计所依据的进口温度相差极大，因此导向器旋转条件下所需冷气量将明显减少。如果冷气量不变，则导向器叶片所能承受的进口平均温度将更高。

[0027] 图 5 对比了进口导向器叶片 65% 叶高的绝热壁温度分布。图中 T/T_0^* 表示当地绝热壁温和进口总温之比， x/C 代表相对轴向弦长， x/C 为正对应吸力面 (SS)， x/C 为负对应压力面 (PS)。点划线表示热斑核心正对导向器叶片前缘情况，即图 3 所示的情形。实线表示导向器以 120rpm 转速与转子逆向旋转时的情形。显然，进口导向器旋转后时均绝热壁温大大低于导向器对应最大热负荷时的情形。

[0028] 图 6 对比了进口导向器以 120rpm 转速与转子逆向旋转和静止时的壁面压力分布，仍然选取了 65% 叶高位置。图中 p/p_0^* 表示当地静压与进口总压之比。结果说明，进口导向器低速旋转对导向器内部流动影响不大，壁面压力变化很小。

[0029] 除了进口导向器之外，多级透平中的所有各级导向器均可以采用低速旋转设计。由于进口热斑的影响贯穿整个多级透平，对于各级导向器而言，其进口总温场仍然是热斑形式的，导向器低速旋转设计对各级导向器均适用。

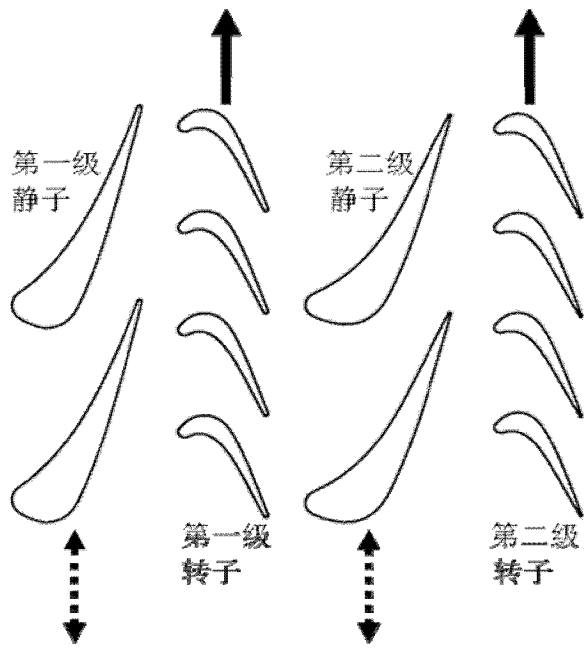


图 1

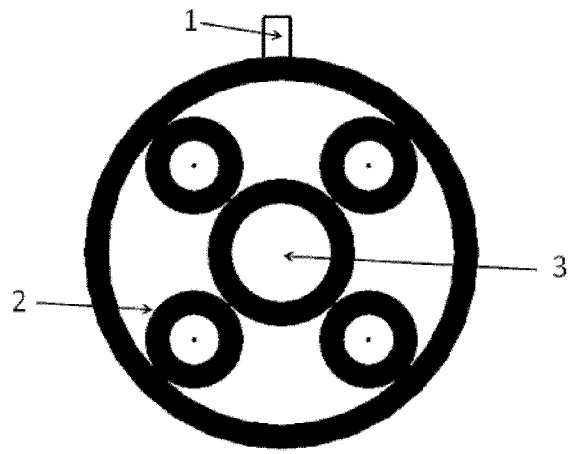


图 2

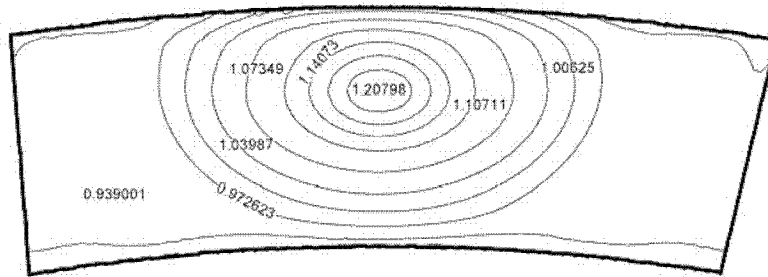
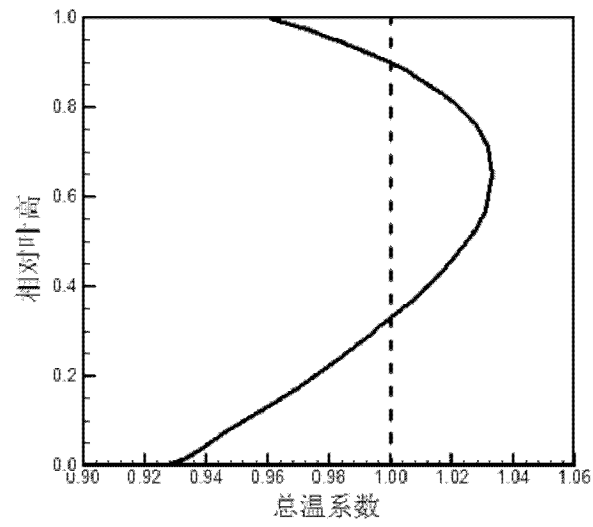


图 3a



虚线——均匀总温进口 实线——周向平均总温进口

图 3b

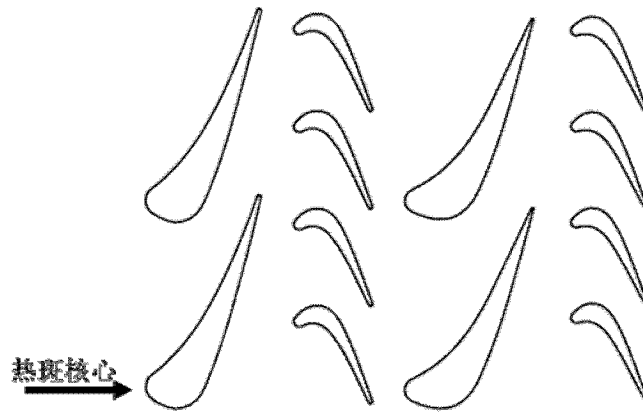


图 4

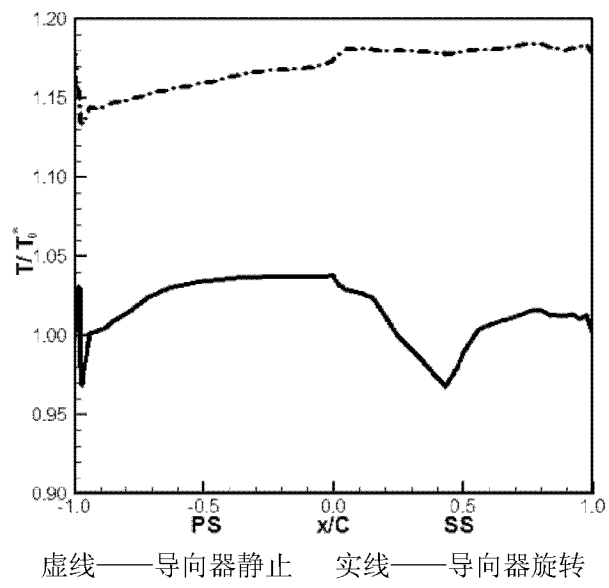


图 5

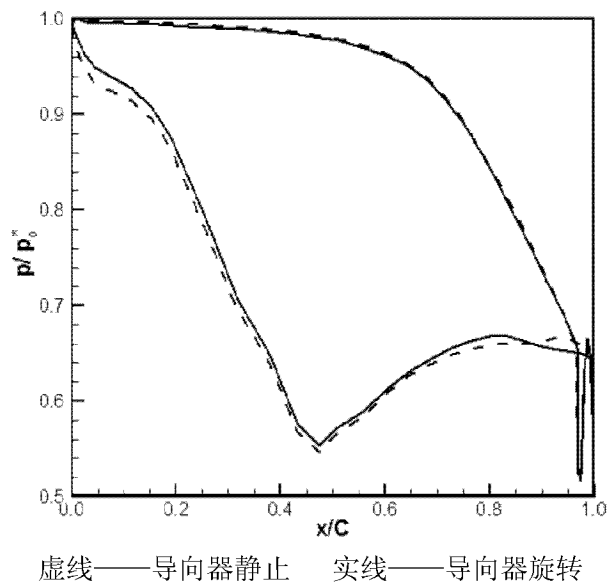


图 6