



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105673251 A

(43) 申请公布日 2016. 06. 15

(21) 申请号 201610020500. 0

(22) 申请日 2016. 01. 13

(71) 申请人 中国航空动力机械研究所
地址 412002 湖南省株洲市芦淞区董家垅

(72) 发明人 彭学敏 粮仿玉 周进 杨晶晶
卢伟 肖新红 邹学奇

(74) 专利代理机构 北京律智知识产权代理有限公司 11438

代理人 阚梓瑄 乔彬

(51) Int. Cl.
F02K 3/00(2006. 01)

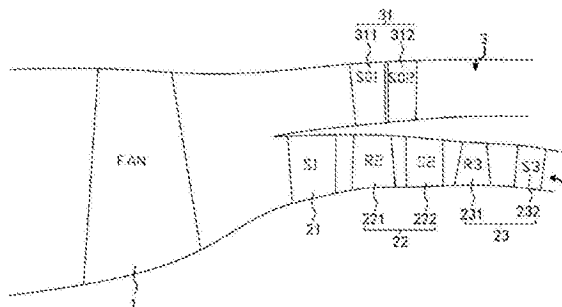
权利要求书1页 说明书5页 附图1页

(54) 发明名称

风扇增压级以及涡扇发动机

(57) 摘要

本发明公开一种风扇增压级以及涡扇发动机,风扇增压级包括一级风扇转子、内涵道以及外涵道;风扇转子的入口连接于进气口;内涵道的入口连接于风扇转子的出口,其出口连接于压气机的入口,内涵道内设有风扇内涵静子以及多级增压级,风扇内涵静子位于内涵道入口与增压级之间;外涵道的入口连接于风扇转子的出口,且外涵道设于内涵道的外周,外涵道内设有风扇外涵静子。本发明提出的涡扇发动机通过一级风扇和多级增压级的设计,使该涡扇发动机具有良好的高空适应性。随着飞行器飞行高度的增加,该涡扇发动机的性能衰减较为缓慢,在例如 19km 左右的飞行高度仍能保持较好的性能。



1. 一种风扇增压级,用于设置在涡扇发动机内,所述涡扇发动机具有进气口、风扇增压级以及压气机,其特征在于,所述风扇增压级包括:

一级风扇转子(1),其入口连接于所述进气口;

内涵道(2),其入口连接于所述风扇转子(1)的出口,其出口连接于所述压气机的入口,所述内涵道(2)内设有风扇内涵静子(21)以及多级增压级,所述风扇内涵静子(21)位于所述内涵道(2)入口与增压级之间;以及

外涵道(3),其入口连接于所述风扇转子(1)的出口,且所述外涵道(3)设于所述内涵道(2)的外周,所述外涵道(3)内设有风扇外涵静子(31)。

2. 根据权利要求1所述的风扇增压级,其特征在于,所述风扇转子(1)为宽弦叶片。

3. 根据权利要求2所述的风扇增压级,其特征在于,所述宽弦叶片的展弦比为1.3~1.7。

4. 根据权利要求1所述的风扇增压级,其特征在于,所述风扇增压级的外涵增压比为1.5~2.0,其内涵增压比为2.3~2.8。

5. 根据权利要求1所述的风扇增压级,其特征在于,所述风扇增压级的涵道比为3.0~3.5。

6. 根据权利要求1所述的风扇增压级,其特征在于,所述内涵道(2)内设有两级增压级,分别为第一增压级(22)和第二增压级(23),所述第一增压级(22)位于所述风扇内涵静子(21)与第二增压级(23)之间,所述第二增压级(23)位于所述第一增压级(22)与内涵道(2)的出口之间。

7. 根据权利要求6所述的风扇增压级,其特征在于,所述第一增压级(22)包括第一级转子(221)以及第一级静子(222),所述第一级转子(221)位于所述风扇内涵静子(21)与所述第一级静子(222)之间;和/或

所述第二增压级(23)包括第二级转子(231)以及第二级静子(232),所述第二级转子(231)位于所述第一级静子(222)与所述第二级静子(232)之间。

8. 根据权利要求1所述的风扇增压级,其特征在于,所述风扇外涵静子(31)为串列静子。

9. 根据权利要求8所述的风扇增压级,其特征在于,所述外涵道(3)内的气流通过所述串列静子实现 40° ~ 50° 折转。

10. 一种涡扇发动机,其特征在于,所述涡扇发动机包括进气口、压气机、燃烧室、涡轮以及如权利要求1~9任一项所述的风扇增压级。

风扇增压级以及涡扇发动机

技术领域

[0001] 本发明涉及航空发动机技术领域,具体而言,涉及一种风扇增压级以及具有该风扇增压级的涡扇发动机。

背景技术

[0002] 应用于高空长航时的飞行器通常使用涡扇发动机,即要求涡扇发动机在高空能够为飞行器提供长时间的稳定飞行能力。由于高空中空气的压力,温度和密度都较低,也意味着雷诺数低。当雷诺数小于临界雷诺数 3.5×10^5 时,涡扇发动机性能衰减,而现有涡扇发动机无法满足高空航行所要求的较好的高空适应性以及长时间巡航所要求的较低的耗油率和良好的稳定性。

发明内容

[0003] 本发明的一个主要目的在于克服上述现有技术的至少一种缺陷,提供一种高空适应性较好的风扇增压级。

[0004] 本发明的另一个主要目的在于克服上述现有技术的至少一种缺陷,提供一种高空适应性较好且耗油率较低的涡扇发动机。

[0005] 为实现上述发明目的,本发明采用如下技术方案:

[0006] 根据本发明的一个方面,提供一种风扇增压级,用于设置在涡扇发动机内,所述涡扇发动机具有进气口、风扇增压级以及压气机,所述风扇增压级包括一级风扇转子、内涵道以及外涵道;所述风扇转子的入口连接于所述进气口;所述内涵道的入口连接于所述风扇转子的出口,其出口连接于所述压气机的入口,所述内涵道内设有风扇内涵静子以及多级增压级,所述风扇内涵静子位于所述内涵道入口与增压级之间;所述外涵道的入口连接于所述风扇转子的出口,且所述外涵道设于所述内涵道的外周,所述外涵道内设有风扇外涵静子。

[0007] 根据本发明的其中一个实施方式,所述风扇转子为宽弦叶片。

[0008] 根据本发明的其中一个实施方式,所述宽弦叶片的展弦比为1.3~1.7。

[0009] 根据本发明的其中一个实施方式,所述风扇增压级的外涵增压比为1.5~2.0,其内涵增压比为2.3~2.8。

[0010] 根据本发明的其中一个实施方式,所述风扇增压级的涵道比为3.0~3.5。

[0011] 根据本发明的其中一个实施方式,所述内涵道内设有两级增压级,分别为第一增压级和第二增压级,所述第一增压级位于所述风扇内涵静子与第二增压级之间,所述第二增压级位于所述第一增压级与内涵道的出口之间。

[0012] 根据本发明的其中一个实施方式,所述第一增压级包括第一级转子以及第一级静子,所述第一级转子位于所述风扇内涵静子与所述第一级静子之间;和/或,所述第二增压级包括第二级转子以及第二级静子,所述第二级转子位于所述第一级静子与所述第二级静子之间。

[0013] 根据本发明的其中一个实施方式,所述风扇外涵静子为串列静子。

[0014] 根据本发明的其中一个实施方式,所述外涵道内的气流通过所述串列静子实现 $40^{\circ} \sim 50^{\circ}$ 折转。

[0015] 根据本发明的另一个方面,提供一种涡扇发动机,其中,所述涡扇发动机包括进气口、压气机、燃烧室、涡轮以及所述的风扇增压级。

[0016] 由上述技术方案可知,本发明提出的涡扇发动机的优点和积极效果在于:

[0017] 本发明提出的涡扇发动机通过其风扇增压级的一级风扇和多级增压级的设计,使该涡扇发动机具有良好的高空适应性。随着飞行器飞行高度的增加,该涡扇发动机的性能衰减较为缓慢,在例如19km左右的飞行高度仍能保持较好的性能。

附图说明

[0018] 通过结合附图考虑以下对本发明的优选实施方式的详细说明,本发明的各种目标、特征和优点将变得更加显而易见。附图仅为本发明的示范性图解,并非一定是按比例绘制。在附图中,同样的附图标记始终表示相同或类似的部件。其中:

[0019] 图1是根据一示例性实施方式示出的一种涡扇发动机的气动布局示意图。

[0020] 其中,附图标记说明如下:

[0021] 1. 风扇转子;2. 内涵道;21. 风扇内涵静子;22. 第一增压级;221. 第一级转子;222. 第一级静子;23. 第二增压级;231. 第二级转子;232. 第二级静子;3. 外涵道;31. 风扇外涵静子;311. 第一外涵静子;312. 第二外涵静子。

具体实施方式

[0022] 体现本发明特征与优点的典型实施例将在以下的说明中详细叙述。应理解的是本发明能够在不同的实施例上具有各种的变化,其皆不脱离本发明的范围,且其中的说明及附图在本质上是作说明之用,而非用以限制本发明。

[0023] 在对本发明的不同示例性实施方式的下面描述中,参照附图进行,所述附图形成本发明的一部分,并且其中以示例方式显示了可实现本发明的多个方面的不同示例性结构、系统和步骤。应理解,可以使用部件、结构、示例性装置、系统和步骤的其他特定方案,并且可在不偏离本发明范围的情况下进行结构和功能性修改。而且,虽然本说明书中可使用术语“入口”、“出口”、“外周”等来描述本发明的不同示例性特征和元件,但是这些术语用于本文中仅出于方便,例如根据附图中所述的示例的方向。本说明书中的任何内容都不应理解为需要结构的特定三维方向才落入本发明的范围内。

[0024] 请参考图1,图1中代表性地示出了能够体现本发明提出的涡扇发动机的原理的气动布局示意图,主要表示该涡扇发动机的风扇增压级的气动布局示意图。其中,在以下对该示例性实施方式的描述中,是以一种涡扇发动机为例进行说明的。然而,本领域技术人员容易理解的是,由于涡扇发动机通常还包括压气机、燃烧室即涡轮等结构,因此,为了将本发明提出的涡扇发动机,特别是其风扇增压级与上述结构结合而组成涡扇发动机,而对上述涡扇发动机特别是其风扇增压级做出多种改型、添加、替代、删除或其他变化,这些变化仍在本发明提出的涡扇发动机的原理的范围内。

[0025] 风扇增压级实施方式

[0026] 如图1所示,在本实施方式中,本发明提出的风扇增压级可以用于设置在涡扇发动机内,该涡扇发动机具有进气口、风扇增压级、压气机(例如中压压气机或高压压气机)和其他结构(例如燃烧室和涡轮等),且进气口、压气机和其他结构未图示。其中,该风扇增压级主要包括一级风扇转子1、内涵道2以及外涵道3。

[0027] 如图1所示,在本实施方式中,风扇转子1可以优选为宽弦叶片,且风扇转子1的入口连接于进气口,以将由进气口进入涡扇发动机的气流经该风扇转子1旋转增压后,再分为两股气流分别流向内涵道2和外涵道3。其中,在本实施方式中,该宽弦叶片的展弦比优选为1.3~1.7,以进一步提高雷诺数,从而降低雷诺数过低对涡扇发动机的影响。然而,本领域技术人员容易理解的是,为了通过对风扇转子1的优化设计而达到提高雷诺数的效果,而对上述风扇增压级的风扇转子1的数量和布置方式做出多种改型、添加、替代、删除或其他变化,这些变化仍在本发明提出的风扇增压级的原理的范围内。

[0028] 如图1所示,在本实施方式中,内涵道2的入口连接于风扇转子1的出口,其出口连接于压气机(例如中压压气机或高压压气机)的入口,且该内涵道2内设有风扇内涵静子21以及两级增压级。其中,风扇内涵静子21位于内涵道2入口与这两级增压级之间,且该风扇增压级的内涵增压比可以优选为2.3~2.8。两级增压级分别为第一增压级22和第二增压级23,第一增压级22位于风扇内涵静子21与第二增压级23之间,第二增压级23位于第一增压级22与内涵道2的出口之间。具体而言,第一增压级22包括第一级转子221以及第一级静子222,第一级转子221位于风扇内涵静子21与第一级静子222之间,第二增压级23包括第二级转子231以及第二级静子232,第二级转子231位于第一级静子222与第二级静子232之间。然而,本领域技术人员容易理解的是,为了通过对内涵道2及其内部的风扇内涵静子21与各增压级的优化设计,而达到使涡扇发动机适应高空长航时飞行要求的效果,而对上述风扇增压级的内涵道2特别是其内部的风扇内涵静子21与增压级的数量和布置方式做出多种改型、添加、替代、删除或其他变化,这些变化仍在本发明提出的风扇增压级的原理的范围内。

[0029] 如图1所示,在本实施方式中,外涵道3的入口连接于风扇转子1的出口,且该外涵道3设于内涵道2的外周。其中,该风扇增压级的外涵增压比可以优选为1.5~2.0,且该外涵道3内设有风扇外涵静子31。在本实施方式中,该风扇内涵静子21可以优选为串列静子,即风扇内涵静子21由串列布置的第一外涵静子311和第二外涵静子312组成,以使流经外涵道3内的气流通过上述串列静子实现 40° ~ 50° 的大折转,同时,串列静子的设计还具有总压损失小和工作范围大的特点。然而,本领域技术人员容易理解的是,为了通过对外涵道3及其内部的风扇外涵静子31的优化设计,而达到使涡扇发动机适应高空长航时飞行要求的效果,而对上述风扇增压级的外涵道3特别是其内部的风扇外涵静子31的数量和布置方式做出多种改型、添加、替代、删除或其他变化,这些变化仍在本发明提出的风扇增压级的原理的范围内。

[0030] 需要说明的是,在本实施方式中,本发明提出的风扇增压级的涵道比可以优选为3.0~3.5,由于涵道比的选取对外涵道3的外涵效率影响较大,上述优选的涵道比比值能够使涡扇发动机在高空条件下仍具有较高的外涵效率。

[0031] 在此应注意,附图中示出而且在本说明书中描述的风扇增压级仅仅是能够采用本发明原理的许多种风扇增压级中的一个示例。应当清楚地理解,本发明的原理绝非仅限于附图中示出或本说明书中描述的风扇增压级的任何细节或风扇增压级的任何部件。

[0032] 举例来说,并非为了符合本发明的原理,在本实施方式中,上述例如宽弦叶片的风扇转子1可以通过全三维反问题技术进行设计,以获得性能更加优良的全三维叶片,提高其效率,加大喘振裕度并扩展工作范围。

[0033] 然而,并非在本发明的每一个实施方式中,都必须通过全三维反问题技术对风扇转子1的气动结构进行设计。本领域技术人员容易理解的是,为了通过对风扇转子1的优化设计而达到提高雷诺数的效果,而对上述风扇增压级的风扇转子1的设计方法做出多种改型、添加、替代、删除或其他变化,这些变化仍在本发明提出的风扇增压级的原理的范围内。

[0034] 涡扇发动机实施方式

[0035] 以下对本发明提出的涡扇发动机的其中一个示例性实施方式进行说明。

[0036] 在本实施方式中,本发明提出的涡扇发动机主要包括进气口、压气机(例如中压压气机或高压压气机)、燃烧室、涡轮以及本发明提出的风扇增压级。其中,风扇转子的入口连接于进气口,以将由进气口进入涡扇发动机的气流经该风扇转子旋转增压后,再分为两股气流分别流向内涵道和外涵道。风扇增压级的内涵道的入口连接于风扇转子的出口,其出口连接于压气机(例如中压压气机或高压压气机)的入口,风扇增压级的外涵道的入口亦连接于风扇转子的出口,其出口转为轴向。

[0037] 基于对本发明提出的风扇增压级以及涡扇发动机的上述示例性实施方式的详细说明,以下对该涡扇发动机的大致工作流程,特别是其风扇增压级的大致工作流程进行进一步说明。

[0038] 气流由涡扇发动机的进气口,即风扇进口进入该风扇增压级。气流经由风扇转子1旋转增压后,分为两股气流并分别流向内涵道2和外涵道3。在外涵道3中,气流经由风扇外涵静子31整流扩压,转到轴向。在内涵道2中,气流经风扇内涵静子21整流扩压,然后依次通过两级增压级的第一级转子221、第一级静子222、第二级转子231以及第二级静子232增压整流,流向下一级压气机(例如中压压气机或高压压气机)。当飞行高度在10km以上,高空气流压力、温度、密度降低,雷诺数降低。由于雷诺数对气流流动有着重要的影响,当雷诺数小于 3.5×10^5 时气流易发生分离,导致压气机性能衰减。对于风扇特别是风扇转子1,高空中的外涵道3的外涵流量减小更为明显。故若为多级风扇时,雷诺数降低对其性能影响较大,而本发明提出的涡扇发动机采用一级风扇和两级增压级的形式,可降低雷诺数的影响。并且,由于风扇转子1作为进口级,雷诺数对其影响最大,本发明提出的涡扇发动机的风扇转子1采用展弦比优选为1.3~1.7的宽弦叶片,能够提高雷诺数从而降低其影响,且该宽弦叶片采用的先进的全三维反问题设计技术,能够获得效率高、喘振裕度大且工作范围广的全三维叶片。并且,风扇外涵静子31采用串列静子,能够实现外涵道3内气流 $40^\circ \sim 50^\circ$ 大折转,总压损失小、工作范围大,有利于提高性能稳定性。

[0039] 由上述技术方案可知,本发明提出的涡扇发动机的优点和积极效果在于:

[0040] 本发明提出的涡扇发动机通过其风扇增压级的一级风扇和多级增压级的设计,使该涡扇发动机具有良好的高空适应性。随着飞行器飞行高度的增加,该涡扇发动机的性能衰减较为缓慢,在例如19km左右的飞行高度仍能保持较好的性能。另外,本发明提出的风扇增压级经过了地面试验验证,试验性能良好,并经过发动机高空试验验证,结果表明,风扇增压级的高空适应性良好,在19km左右仍有较高的喘振裕度,效率保持在较高的水平,证明其适用于高空长航时,且能成功应用于涡扇发动机中。

[0041] 以上详细地描述和/或图示了本发明提出的涡扇发动机的示例性实施方式。但本发明的实施方式不限于这里所描述的特定实施方式,相反,每个实施方式的组成部分和/或步骤可与这里所描述的其它组成部分和/或步骤独立和分开使用。一个实施方式的每个组成部分和/或每个步骤也可与其它实施方式的其它组成部分和/或步骤结合使用。在介绍这里所描述和/或图示的要素/组成部分/等时,用语“一个”、“一”和“上述”等用以表示存在一个或多个要素/组成部分/等。术语“包含”、“包括”和“具有”用以表示开放式的包括在内的意思并且是指除了列出的要素/组成部分/等之外还可存在另外的要素/组成部分/等。此外,权利要求书及说明书中的术语“第一”和“第二”等仅作为标记使用,不是对其对象的数字限制。

[0042] 虽然已根据不同的特定实施例对本发明提出的涡扇发动机进行了描述,但本领域技术人员将会认识到可在权利要求的精神和范围内对本发明的实施进行改动。

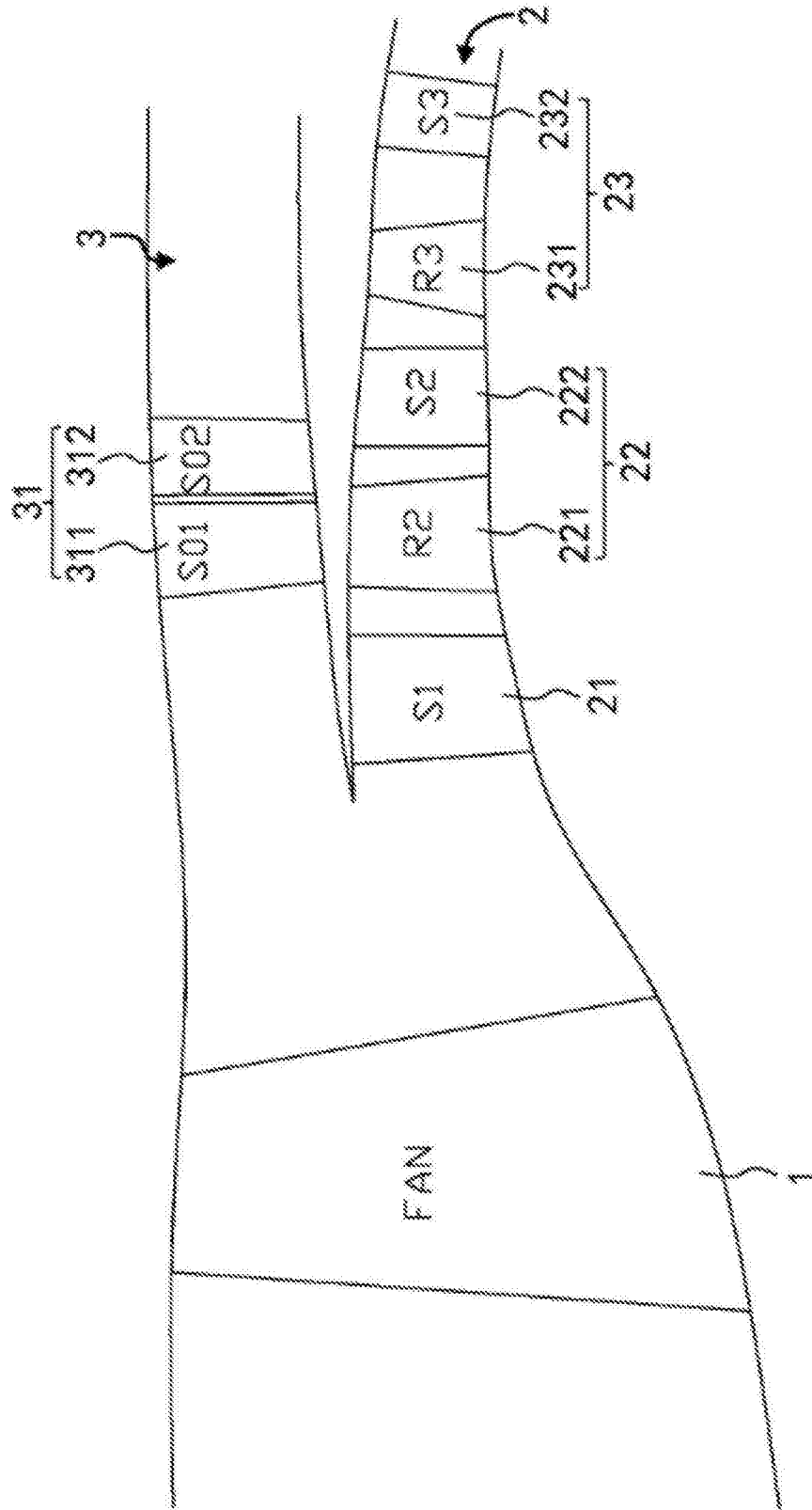


图1