



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106574556 B

(45)授权公告日 2019.03.29

(21)申请号 201580042179.X

(74)专利代理机构 中科专利商标代理有限责任

(22)申请日 2015.07.28

公司 11021

(65)同一申请的已公布的文献号

代理人 赵子翔

申请公布号 CN 106574556 A

(51)Int.Cl.

(43)申请公布日 2017.04.19

F02C 7/18(2006.01)

(30)优先权数据

F01D 5/08(2006.01)

2014-175185 2014.08.29 JP

F01D 5/18(2006.01)

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

F01D 25/12(2006.01)

2017.02.06

F02C 6/08(2006.01)

(86)PCT国际申请的申请数据

(56)对比文件

PCT/JP2015/071418 2015.07.28

WO 2010001655 A1, 2010.01.07,

(87)PCT国际申请的公布数据

JP H1181904 A, 1999.03.26,

W02016/031475 JA 2016.03.03

CN 102076939 A, 2011.05.25,

(73)专利权人 三菱日立电力系统株式会社

JP H10266802 A, 1998.10.06,

地址 日本国神奈川县

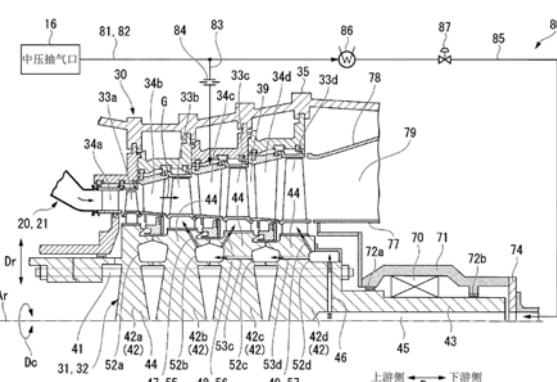
US 7017349 B2, 2006.03.28,

(72)发明人 高村启太 由里雅则 桥本真也

审查员 牛亚楠

权利要求书3页 说明书16页 附图11页

(54)发明名称



燃气轮机

(57)摘要

在涡轮机(30)的转子轴(32)形成有：轴向通路(45)、强制旋涡通路(46)、第一叶栅通路(47)以及第二叶栅通路(48)。轴向通路(45)供来自压缩机的抽气口(16)的冷却空气流入，在轴向(Da)延伸。强制旋涡通路(46)与轴向通路(45)连接，从与轴向通路(45)的连接部向相对于轴线(Ar)的径向外侧延伸。第一叶栅通路(47)与强制旋涡通路(46)的径向外侧的端部连接，将冷却空气引导至多个动叶栅中的第一动叶栅(33b)。第二叶栅通路(48)与强制旋涡通路(46)的径向外侧的端部连接，将冷却空气引导至多个动叶栅中的第二动叶栅(33c)。

1.一种燃气轮机,具备:

压缩机,对空气进行压缩;

燃烧器,使燃料在由所述压缩机压缩的空气中燃烧并生成燃烧气体;

涡轮机,通过所述燃烧气体驱动;以及

中压抽气管,

所述压缩机具有抽气口,所述抽气口供从所述压缩机的中间级抽出空气来作为冷却空气,

所述涡轮机具有:转子轴;多个动叶栅,具备装配于所述转子轴的外周的多个动叶,在所述转子轴的轴向排列;以及多个静叶栅,分别配置在多个所述动叶栅的轴向上游侧,

所述中压抽气管具有:中压抽气主管,与所述抽气口连接;静叶用中压抽气管以及动叶用中压抽气管,与所述中压抽气主管连接,

在所述转子轴形成有:

轴向通路,与所述动叶用中压抽气管连通,在所述轴向延伸;

强制旋涡通路,与所述轴向通路连接,从与所述轴向通路的连接部向所述转子轴的径向外侧延伸;

第一叶栅通路,与所述强制旋涡通路的径向外侧的端部连接,将所述冷却空气引导至多个所述动叶栅中的第一动叶栅;以及

第二叶栅通路,与所述强制旋涡通路的径向外侧的端部连接,将所述冷却空气引导至多个所述动叶栅中的第二动叶栅,

在多个所述静叶栅中,在所述轴向上的所述第一动叶栅与所述第二动叶栅之间的静叶栅上连接有所述静叶用中压抽气管。

2.根据权利要求1所述的燃气轮机,

所述强制旋涡通路形成于多个所述动叶栅中的第三动叶栅的下游侧,所述第三动叶栅配置于所述轴向的燃烧气体流的最下游侧。

3.根据权利要求1所述的燃气轮机,

所述燃气轮机具有对从所述第二叶栅通路通过的所述冷却空气的压力进行调节的机构。

4.根据权利要求1所述的燃气轮机,

在所述转子轴形成有第三叶栅通路,该第三叶栅通路与所述强制旋涡通路中的径向外侧的端部连接,且将所述冷却空气引导至多个所述动叶栅中的第三动叶栅,所述第三动叶栅配置于所述轴向的燃烧气体流的最下游侧。

5.根据权利要求4所述的燃气轮机,

所述燃气轮机具有对从所述第三叶栅通路通过的所述冷却空气的压力进行调节的机构。

6.一种燃气轮机,具备:

压缩机,对空气进行压缩;

燃烧器,使燃料在由所述压缩机压缩的空气中燃烧并生成燃烧气体;以及

涡轮机,通过所述燃烧气体驱动,

所述压缩机具有抽气口,所述抽气口供从所述压缩机的中间级抽出空气来作为冷却空

气，

所述涡轮机具有：转子轴；以及多个动叶栅，具备装配于所述转子轴的外周的多个动叶，在所述转子轴的轴向排列，

在所述转子轴形成有：

轴向通路，与所述抽气口连接，在所述轴向延伸；

强制旋涡通路，与所述轴向通路连接，从与所述轴向通路的连接部向所述转子轴的径向外侧延伸；

第一叶栅通路，与所述强制旋涡通路的径向外侧的端部连接，将所述冷却空气引导至多个所述动叶栅中的第一动叶栅；以及

第二叶栅通路，与所述强制旋涡通路的径向外侧的端部连接，将所述冷却空气引导至多个所述动叶栅中的第二动叶栅，

所述燃气轮机还具备：

抽气管，连接所述抽气口与所述轴向通路；

抽气分支管，与所述抽气管连接；以及

预回转喷嘴，与所述抽气分支管连接，对从所述抽气分支管流过来的所述冷却空气赋予所述转子轴的旋转方向的速度分量，

在所述转子轴形成有第三叶栅通路，所述第三叶栅通路将从所述预回转喷嘴通过的所述冷却空气引导至多个所述动叶栅中的第三动叶栅，所述第三动叶栅配置于所述轴向的燃烧气体流的最下游侧。

7.一种燃气轮机，具备：

压缩机，对空气进行压缩；

燃烧器，使燃料在由所述压缩机压缩的空气中燃烧并生成燃烧气体；以及

涡轮机，通过所述燃烧气体驱动，

所述压缩机具有：第一抽气口，所述第一抽气口供从所述压缩机的中间级抽出空气来作为冷却空气；以及第二抽气口，所述第二抽气口供从比所述第一抽气口更靠近所述压缩机内的所述空气流的上游侧的中间级抽出空气来作为冷却空气，

所述涡轮机具有：转子轴；以及多个动叶栅，具备装配于所述转子轴的外周的多个动叶，在所述转子轴的轴向排列，

在所述转子轴形成有：

第一轴向通路，与所述第一抽气口连接，在所述轴向延伸；

第一强制旋涡通路，与所述第一轴向通路连接，从与所述第一轴向通路的连接部向所述转子轴的径向外侧延伸；

第一叶栅通路，与所述第一强制旋涡通路的径向外侧的端部连接，将所述冷却空气引导至多个所述动叶栅中的第一动叶栅；

第二叶栅通路，与所述第一强制旋涡通路的径向外侧的端部连接，将所述冷却空气引导至多个所述动叶栅中的第二动叶栅；

第二轴向通路，与所述第二抽气口连接，在所述第一轴向通路的径向外侧，在所述轴向延伸；

第二强制旋涡通路，与所述第二轴向通路连接，在多个所述动叶栅中的第三动叶栅的

下游侧,从与所述第二轴向通路的连接部向外侧延伸,所述第三动叶栅配置于所述轴向的燃烧气体流的最下游侧;以及

第三叶栅通路,与所述第二强制旋涡通路的径向外侧的端部连接,将所述冷却空气引导至所述第三动叶栅。

燃气轮机

技术领域

[0001] 本发明涉及一种燃气轮机。

[0002] 本申请依据2014年8月29日向日本提出申请的日本专利特愿2014-175185号主张优先权，并将其内容引用于此。

背景技术

[0003] 燃气轮机具备：压缩机，对大气进行压缩来生成压缩空气；燃烧器，使燃料在该压缩空气中燃烧并生成燃烧气体；以及涡轮机，通过燃烧气体驱动。涡轮机具有：涡轮机转子，以轴线为中心旋转；以及涡轮机机室，覆盖涡轮机转子。涡轮机转子具有：转子轴，以轴线为中心，在轴线延伸的轴向延伸；以及多个动叶栅，固定于该转子轴。多个动叶栅在轴向排列。动叶栅具有在以轴线为基准的周向排列的多个动叶。

[0004] 涡轮机的动叶与高温的燃烧气体接触，因此大多会通过某些方法进行冷却。例如，在以下的专利文献1中，将从压缩机抽出的空气作为动叶的冷却空气来利用。在该专利文献1中所记载的转子轴形成有：转子孔管(bore tube)，其为轴向上较长的空穴，供来自压缩机的冷却空气流入；第一强制涡流产生用通路，在第一级动叶栅与第二级动叶栅之间的轴向位置，从转子孔管向径向外侧延伸；第二强制涡流产生用通路，在第二级动叶栅与第三级动叶栅之间的轴向位置，从转子孔管向径向外侧延伸；第一通路，将从第一强制旋涡产生用通路通过的冷却空气引导至第一级动叶栅；第二通路，将从第二强制旋涡产生用通路通过的冷却空气引导至第二级动叶栅。

[0005] 现有技术文献

[0006] 专利文献

[0007] 专利文献1：日本特开2009-275705号公报

发明内容

[0008] 发明要解决的问题

[0009] 在上述专利文献1中所记载的技术中，按供给来自压缩机的冷却空气的多个动叶栅，形成有向径向外侧延伸的通路。因此，在上述专利文献1中所记载的技术中，存在的问题是：转子轴伸长，涡轮机转子的振动特性下降，并且涡轮机的空气动力性能下降。

[0010] 因此，本发明的目的在于提供一种能够通过来自压缩机的冷却空气对动叶进行冷却，并且抑制转子的振动特性下降的燃气轮机。

[0011] 技术方案

[0012] 作为用于解决所述问题的发明的第一方案的燃气轮机，

[0013] 具备：压缩机，对空气进行压缩；燃烧器，使燃料在由所述压缩机压缩的空气中燃烧并生成燃烧气体；以及涡轮机，通过所述燃烧气体驱动，所述压缩机具有抽气口，所述抽气口供从所述压缩机的中间级抽出空气来作为冷却空气，所述涡轮机具有：转子轴；以及多个动叶栅，具备装配于所述转子轴的外周的多个动叶，在所述转子轴的轴向排列，在所述转

子轴形成有：轴向通路，与所述抽气口连接，在所述轴向延伸；强制旋涡通路，与所述轴向通路连接，从与所述轴向通路的连接部向所述转子轴的径向外侧延伸；第一叶栅通路，与所述强制旋涡通路的径向外侧的端部连接，将所述冷却空气引导至多个所述动叶栅中的第一动叶栅；以及第二叶栅通路，与所述强制旋涡通路的径向外侧的端部连接，将所述冷却空气引导至多个所述动叶栅中的第二动叶栅。

[0014] 在该燃气轮机中，能减少形成于转子轴并在径向延伸的强制旋涡通路的数量。因此，在该燃气轮机中，能抑制与强制旋涡通路的形成相伴的转子轴的伸长，并且能抑制转子的振动特性的恶化。此外，在该燃气轮机中，能抑制与强制旋涡通路的形成相伴的多个级间的距离的拉伸，并且能抑制涡轮机的空气动力性能的下降。

[0015] 此外，在作为用于解决所述问题的发明的第二方案的燃气轮机中，

[0016] 所述强制旋涡通路也可以形成于多个所述动叶栅中的第三动叶栅的下游侧，所述第三动叶栅配置于所述轴向的燃烧气体流的最下游侧。在该情况下，所述第一动叶栅以及所述第二动叶栅设置于多个所述动叶栅中最下游侧的第三动叶栅的上游侧。

[0017] 在该燃气轮机中，能抑制所有级间的距离的拉伸。此外，在该燃气轮机中，即使不分解转子轴，也能接近强制旋涡通路的径向外侧端部。因此，在该燃气轮机中，即使在强制旋涡通路的径向外侧端部积存有垃圾等异物，也能容易地将其回收。

[0018] 此外，在所述第一或第二方案的所述燃气轮机中，也可以具备：抽气管，连接所述抽气口与所述轴向通路；抽气分支管，与所述抽气管连接；以及预回转喷嘴，与所述抽气分支管连接，对从所述抽气分支管流过来的所述冷却空气赋予所述转子轴的旋转方向的速度分量，在所述转子轴形成有第三叶栅通路，所述第三叶片列通路将从所述预回转喷嘴通过的所述冷却空气引导至多个所述动叶列中的第三动叶栅，所述第三动叶栅配置于所述轴向的燃烧气体流的最下游侧。

[0019] 在该燃气轮机中，使对第一动叶栅以及第二动叶栅进行冷却的冷却空气流入强制旋涡通路并升压。但是，在该燃气轮机中，关于对第三动叶栅进行冷却的冷却空气，不使其流入强制旋涡通路而是使其从预回转喷嘴通过，由此使其回转，减小涡轮机转子的旋转阻力。由此，在该燃气轮机中，通过将来自单个抽气口的抽气作为冷却空气来使用，能使冷却空气系统简化，并且涡轮机转子的旋转阻力变小，能提高燃气轮机的效率。

[0020] 此外，在所述第一或第二方案的所述燃气轮机中，在所述压缩机形成有第二抽气口，所述第二抽气口供从比作为所述抽气口的第一抽气口更靠近所述压缩机内的所述空气流的上游侧的中间级抽出空气来作为冷却空气，在所述转子轴形成有：第二轴向通路，供来自所述第二抽气口的所述冷却空气流入，在作为所述轴向通路的第一轴向通路的径向外侧，在所述轴向延伸；第二强制旋涡通路，在多个所述动叶栅中的第三动叶栅的下游侧，与所述第二轴向通路连接，从与所述第二轴向通路的连接部向径向外侧延伸，所述第三动叶栅配置于所述轴向的所述燃烧气体流的最下游侧；以及第三叶栅通路，与所述第二强制旋涡通路的径向外侧的端部连接，将所述冷却空气引导至所述第三动叶栅。

[0021] 也能对多个动叶栅中配置于最下游的第三动叶栅供给压力比供给至第一动叶栅、第二动叶栅的冷却空气的压力低的冷却空气。并且，在该燃气轮机中，使从压缩机抽出的空气流入旋转的转子轴，在该转子轴中产生冷却空气的强制旋涡，由此提高冷却空气的压力，然后将空气供给至第三动叶栅。因此，在该燃气轮机中，能从第二抽气口抽出比来自第一抽

气口的空气压力低的空气来作为冷却空气，并将其用作第三动叶栅的冷却空气。由此，在该燃气轮机中，能在压缩机缩小第三动叶栅的冷却用空气的压缩比，其结果是，能抑制压缩机的驱动力，提高燃气轮机的效率。

[0022] 有益效果

[0023] 根据本发明的一方案，能通过来自压缩机的冷却空气对动叶进行冷却，并且抑制转子轴的伸长，抑制转子的振动特性下降。

附图说明

[0024] 图1是本发明的第一实施方式的燃气轮机的主要部分剖切整体侧视图。

[0025] 图2是本发明的第一实施方式的燃气轮机的主要部分剖面图。

[0026] 图3是表示本发明的第一实施方式的冷却空气流及其状态量的说明图。

[0027] 图4是表示形成有强制旋涡通路的旋转体，图4(A)是旋转体的主视图，图4(B)是图4(A)的B-B线剖面图。

[0028] 图5是本发明的第二实施方式的燃气轮机的主要部分剖面图。

[0029] 图6是本发明的第二实施方式的预回转喷嘴的主要部分立体图。

[0030] 图7是表示本发明的第二实施方式的冷却空气流及其状态量的说明图。

[0031] 图8是本发明的第三实施方式的燃气轮机的主要部分剖面图。

[0032] 图9是图8的VIII线剖面图。

[0033] 图10是表示本发明的第三实施方式的冷却空气流及其状态量的说明图。

[0034] 图11是本发明的第三实施方式的变形例的燃气轮机的主要部分剖面图。

具体实施方式

[0035] 以下，参照附图，对本发明的燃气轮机的各种实施方式进行详细说明。

[0036] 第一实施方式

[0037] 参照图1～图4对本发明的燃气轮机的第一实施方式进行说明。

[0038] 如图1所示，本实施方式的燃气轮机具备：压缩机10，对空气进行压缩；燃烧器20，使燃料在由压缩机10压缩的空气中燃烧并生成燃烧气体；涡轮机30，通过燃烧气体驱动；以及抽气管线80，将从压缩机10抽出的空气作为冷却空气送至涡轮机30。

[0039] 如图1以及图2所示，压缩机10具有：压缩机转子11，以轴线Ar为中心旋转；压缩机室15，覆盖压缩机转子11；以及多个静叶栅14。需要说明的是，以下将轴线Ar延伸的方向设为轴向Da，将该轴向Da的一侧设为上游侧，将另一侧设为下游侧。该上游侧既是压缩机10内的空气流的上游侧，也是涡轮机30内的燃烧气体流的上游侧。由此，该下游侧既是压缩机10内的空气流的下游侧，也是涡轮机30内的燃烧气体流的下游侧。此外，将以该轴线Ar为中心的周向仅记作周向Dc，将相对于轴线Ar垂直的方向设为径向Dr。压缩机转子11具有：转子轴12，以其轴线Ar为中心在轴向Da延伸；以及多个动叶栅13，装配于该转子轴12。多个动叶栅13在轴向Da排列。各动叶栅13均由在周向Dc排列的多个动叶构成。在多个动叶栅13的各下游侧配置有静叶栅14。各静叶栅14设置于压缩机机室15的内侧。各静叶栅14均由在周向Dc排列的多个静叶构成。在转子轴12的径向外周侧与压缩机机室15的径向内周侧之间的、在轴向Da配置有静叶栅14以及动叶栅13的区域的环状空间形成供空气流动并且被压缩的

空气压缩流路19。即，该压缩机10是轴流多级压缩机。在压缩机机室15，在与中间级对应的位置形成有中压抽气口16。

[0040] 涡轮机30具有：涡轮机转子31，以轴线Ar为中心旋转；涡轮机机室35，覆盖涡轮机转子31；以及多个静叶栅34。燃烧器20固定于该涡轮机机室35的上游侧的部分。涡轮机转子31具有：转子轴32，以其轴线Ar为中心在轴向Da延伸；以及多个动叶栅33，装配于该转子轴32。多个动叶栅33在轴向Da排列。各动叶栅33均由在周向Dc上排列的多个动叶构成。在多个动叶栅33的各上游侧配置有静叶栅34。各静叶栅34设置于涡轮机机室35的内侧。各静叶栅34均由在周向Dc排列的多个静叶构成。在转子轴32的外周侧与涡轮机机室35的内周侧之间的、在轴向Da配置有静叶栅34以及动叶栅33的区域的环状空间形成供来自燃烧器20的燃烧气体G流动的燃烧气体流路39。

[0041] 本实施方式的涡轮机30的级数是四级。

[0042] 因此，本实施方式的涡轮机30具有第一级静叶栅34a、第二级静叶栅34b、第三级静叶栅34c以及第四级静叶栅34d以作为静叶栅34。此外，本实施方式的涡轮机30具有第一级动叶栅33a、第二级动叶栅33b、第三级动叶栅33c以及第四级动叶栅33d以作为动叶栅33。

[0043] 燃烧器20固定于涡轮机机室35的上游侧的部分。该燃烧器20具有：燃烧筒（或者尾筒）21，将高温高压的燃烧气体G送至涡轮机30的燃烧气体流路39内；以及燃料喷射器22，与通过压缩机10压缩的空气一起将燃料喷射至该燃烧筒21内。

[0044] 压缩机转子11与涡轮机转子31位于同一轴线Ar上，彼此连结形成燃气轮机转子1。此外，压缩机机室15与涡轮机机室35彼此连结形成燃气轮机机室5。

[0045] 抽气管线80具有：中压抽气管81；冷却器86，设置于该中压抽气管81；空气调节阀87，设置于中压抽气管81；以及空气调节器84，设置于中压抽气管81。

[0046] 中压抽气管81具有：中压抽气主管82，与压缩机10的中压抽气口16连接；静叶用中压抽气管83以及动叶用中压抽气管85，与中压抽气主管82连接。

[0047] 静叶用中压抽气管83在涡轮机机室35连接于与涡轮机30的中间级对应的位置。

[0048] 在该静叶用中压抽气管83设置有用于调节通过此处的空气的压力以及流量的节流装置等空气调节器84。需要说明的是，该空气调节器84也可以是调节阀。动叶用中压抽气管85与转子轴32连接。在该动叶用中压抽气管85设置有所述冷却器86以及空气调节阀87。冷却器86对从该动叶用中压抽气管85通过的空气进行冷却。空气调节阀87对从该动叶用中压抽气管85通过的空气的流量进行调节。需要说明的是，冷却器86也可以设置于中压抽气主管82。

[0049] 如图2所示，涡轮机转子31的转子轴32具有多个转子轮盘42。

[0050] 多个转子轮盘42在轴向Da排列，且通过在轴向Da贯通这些转子轮盘的心轴螺栓41彼此连结。本实施方式的涡轮机30具有第一轮盘42a、第二轮盘42b、第三轮盘42c、第四轮盘42d以作为转子轮盘42。在多个转子轮盘42分别装配有一动叶栅33。即，在第一轮盘42a装配有第一级动叶栅33a，在第二轮盘42b装配有第二级动叶栅33b，在第三轮盘42c装配有第三级动叶栅33c，在第四轮盘42d装配有第四级动叶栅33d。

[0051] 转子轴32具有：小径部43，由轴承70支承；以及大径部44，比小径部43的外径大且在外周装配有多个动叶栅33。小径部43设置于大径部44的下游侧。轴承70的外周侧被轴承盖71覆盖。在该轴承盖71的内周侧，在轴承70的上游侧设置有对与转子轴32的小径部43之

间进行密封的上游侧密封构件72a,在轴承70的下游侧设置有对与转子轴32的小径部43之间进行密封的下游侧密封构件72b。

[0052] 在转子轴32的大径部44的下游侧,在小径部43的外周侧以轴线Ar为中心配置有圆筒状的内侧扩散器77,在该内侧扩散器77的外周侧以轴线Ar为中心配置有圆筒状的外侧扩散器78。

[0053] 内侧扩散器77以及外侧扩散器78均直接或者间接地固定于涡轮机机室35。内侧扩散器77的外周侧与外侧扩散器78的内周侧之间的环状空间形成供从燃烧气体流路39流出的燃烧气体流动的燃烧气体排气流路79。

[0054] 在转子轴32形成有:轴向通路45,供来自中压抽气口16的冷却空气流入,在轴向Da延伸;强制旋涡通路46,与轴向通路45连接,向径向外侧延伸;第二级叶栅通路47(第一叶栅通路),将从强制旋涡通路46通过的冷却空气引导至第二级动叶栅33b(第一动叶栅);第三级叶栅通路48(第二叶栅通路),将从强制旋涡通路46通过的冷却空气引导至第三级动叶栅33c(第二动叶栅);以及第四级叶栅通路49(第三叶栅通路),将从强制旋涡通路46通过的冷却空气引导至第四级动叶栅33d(第三动叶栅)。轴向通路45在小径部43的下游端开口,在轴向Da延伸至大径部44的下游部的位置。该轴向通路45是以轴线Ar为中心的圆柱状通路。第二级叶栅通路47、第三级叶栅通路48、第四级叶栅通路49以及强制旋涡通路46均形成于转子轴32的大径部44。强制旋涡通路46形成于大径部44中最下游的第四级动叶栅33d的下游侧的位置。第二级叶栅通路47、第三级叶栅通路48以及第四级叶栅通路49均与强制旋涡通路46的径向外侧的端部连接。

[0055] 需要说明的是,本申请的说明书以及权利要求书中所谓的“A与B连接”是指以空气从A向B、或者从B向A流动的方式构成的状态。

[0056] 此外,本申请的说明书以及权利要求书中所谓的“强制旋涡通路(Forced Vortex Passage)”是设置于旋转体的流体的通路,是指使流体一边以与旋转体相同的圆周速度回转一边将流体送至径向外侧或者内侧的流路。作为这样的流路,一般是如图4所示的、在转子轮盘等旋转体R的径向呈直线状设置,并将径向上不同的位置相互连接的孔H。但是,强制旋涡通路不限于此,既可以是孔呈弯曲形状,也可以通过装配于轮盘并在径向延伸的筒状构件、如离心压缩机那样从轮盘在轴向突出的叶片构件来形成强制旋涡通路。

[0057] 对转子轴32的大径部44中的通路进行更详细地说明。

[0058] 在第一轮盘42a与第二轮盘42b之间形成有第一空腔52a。在第二轮盘42b与第三轮盘42c之间形成有第二空腔52b。在第三轮盘42c与第四轮盘42d之间形成有第三空腔52c。在第四轮盘42d中的下游侧部分形成有第四空腔52d。第一空腔52a、第二空腔52b、第三空腔52c以及第四空腔52d均为以轴线Ar为中心的环状空间。第四空腔52d形成于在轴向Da形成有强制旋涡通路46的位置,与该强制旋涡通路46的径向外侧的端部连接。在第四轮盘42d形成有第四轮盘通路53d和第四级连通路57。第四轮盘通路53d在轴向Da延伸,使第四空腔52d与第三空腔52c连通。第四级连通路57使第四空腔52d与第四级动叶栅33d的装配位置连通。在第三轮盘42c形成有第三轮盘通路53c和第三级连通路56。第三轮盘通路53c在轴向Da延伸,使第二空腔52b与第三空腔52c连通。第三级连通路56使第二空腔52b与第三级动叶栅33c的装配位置连通。在第二轮盘42b形成有使第二空腔52b与第二级动叶栅33b的装配位置连通的第二级连通路55。

[0059] 第四级叶栅通路49通过第四空腔52d和第四级连通路57形成。

[0060] 第三级叶栅通路48通过第四空腔52d、第四轮盘通路53d、第三空腔52c、第三轮盘通路53c、第二空腔52b以及第三级连通路56形成。第二级叶栅通路47通过第四空腔52d、第四轮盘通路53d、第三空腔52c、第三轮盘通路53c、第二空腔52b以及第二级连通路55形成。

[0061] 由此,第四空腔52d形成第四级叶栅通路49、第三级叶栅通路48以及第二级叶栅通路47的共用通路。此外,第四轮盘通路53d、第三空腔52c、第三轮盘通路53c以及第二空腔52b形成第三级叶栅通路48以及第二级叶栅通路47的共用通路。

[0062] 在转子轴32的下游端配置有与转子轴32在轴向Da隔着间隔对置的轴端凸缘74。该轴端凸缘74固定于轴承盖71。在该轴端凸缘74固定有动叶用中压抽气管85的端部。在该轴端凸缘74形成有用于使动叶用中压抽气管85的内部与形成于转子轴32的轴向通路45连通的贯通孔。

[0063] 接着,对以上说明的燃气轮机的动作进行说明。

[0064] 压缩机10吸入外部空气并进行压缩来生成压缩空气。

[0065] 压缩机10所生成的压缩空气的一部分介由燃烧器20的燃料喷射器22被喷出至燃烧筒21内。此外,来自燃料喷射器22的燃料被喷射至燃烧筒21内。该燃料在燃烧筒21内的压缩空气中燃烧。该燃烧的结果是,生成燃烧气体G,该燃烧气体G从燃烧筒21流入涡轮机30的燃烧气体流路39内。该燃烧气体G从燃烧气体流路39通过,由此涡轮机转子31旋转。

[0066] 配置于燃烧气体流路39内的涡轮机30的动叶暴露于高温的燃烧气体。因此,在本实施方式中,向构成第二级动叶栅33b、第三级动叶栅33c以及第四级动叶栅33d的动叶供给从压缩机10抽出的空气以作为冷却空气,对动叶进行冷却。而且,在本实施方式中,也向构成第三级静叶栅34c的静叶供给冷却空气,对静叶进行冷却。

[0067] 图3中示出燃气轮机的例示性的温度以及压力平衡。压缩机10的中压抽气口16的空气压力是10ata。此外,将燃烧气体流路39中第二级静叶栅34b与第二级动叶栅33b之间的压力设为8ata,将燃烧气体流路39中第三级静叶栅34c与第三级动叶栅33c之间的压力设为6ata,将燃烧气体流路39中第四级静叶栅34d与第四级动叶栅33d之间的压力设为2ata。

[0068] 从压缩机10的中压抽气口16抽出的冷却空气在抽气管线80的中压抽气主管82流动,其一部分流入静叶用中压抽气管83,剩余的一部分流入动叶用中压抽气管85。流入静叶用中压抽气管83的冷却空气在从空气调节器84通过的过程中,其压力变为7ata,被供给至构成第三级静叶栅34c的多个静叶,对这些多个静叶进行冷却。

[0069] 流入动叶用中压抽气管85的冷却空气在从冷却器86通过的过程中被冷却,在通过空气调节阀87进行流量调节之后,流入转子轴32的轴向通路45。

[0070] 流入轴向通路45之前的冷却空气通过在从冷却器86、空气调节阀87通过的过程等中的压力损失,其压力下降至8ata左右。此外,流入轴向通路45之前的冷却空气通过冷却器86进行冷却,结果其温度下降。

[0071] 流入轴向通路45的冷却空气经过从该轴向通路45向径向外侧延伸的强制旋涡通路46,流入第四空腔52d内。

[0072] 冷却空气在从径向外侧延伸的强制旋涡通路46通过的过程中,从以轴线Ar为中心旋转的转子轴32受到离心力而被加压。其结果是:到达第四空腔52d内的冷却空气的压力变为9ata。需要说明的是,第四空腔52d内的冷却空气通过加压而温度上升。

[0073] 第四空腔52d内的冷却空气的一部分经过形成第四级叶栅通路49的一部分的第四级连通路57,流入构成第四级动叶栅33d的多个动叶中的冷却空气通路内。

[0074] 该冷却空气在从第四级连通路57通过的过程中,压力以及流量得到调节。其结果是:从第四级连通路57流入第四级动叶栅33d的动叶中之前的冷却空气的压力变为3ata。该冷却空气从构成第四级动叶栅33d的多个动叶中的冷却空气通路通过,在对动叶进行了冷却之后,被排出至燃烧气体流路39中。

[0075] 第四空腔52d内的冷却空气的剩余的一部分经过第四轮盘通路53d、第三空腔52c以及第三轮盘通路53c,流入第二空腔52b内。

[0076] 第二空腔52b内的冷却空气的压力与第四空腔52d内的冷却空气的压力大致相同,是9ata。

[0077] 流入第二空腔52b内的冷却空气的一部分,经过形成第三级叶栅通路48的一部分的第三级连通路56,流入构成第三级动叶栅33c的多个动叶中的冷却空气通路内。

[0078] 该冷却空气在从第三级连通路56通过的过程中,压力以及流量得到调节,在从第三级连通路56流入第三级动叶栅33c的动叶中之前,其压力大致变为7ata。该冷却空气从构成第三级动叶栅33c的多个动叶中的冷却空气通路通过,在对动叶进行了冷却之后,被排出至燃烧气体流路39中。

[0079] 流入第二空腔52b内的冷却空气的剩余的一部分,经过形成第二级叶栅通路47的一部分的第二级连通路55,流入构成第二级动叶栅33b的多个动叶中的冷却空气通路内。

[0080] 该冷却空气在从第二级连通路55通过的过程中,压力以及流量得到调节。其结果是:从第二级连通路55流入第二级动叶栅33b的动叶中之前的冷却空气的压力大致变为9ata。该冷却空气从构成第二级动叶栅33b的多个动叶中的冷却空气通路通过,在对动叶进行了冷却之后,被排出至燃烧气体流路39中。

[0081] 从第四空腔52d经过第四级连通路57流入第四级动叶栅33d的动叶中的冷却空气、从第二空腔52b经过第三级连通路56流入第三级动叶栅33c的动叶中的冷却空气、从第二空腔52b经过第二级连通路55流入第二级动叶栅33b的动叶中的冷却空气均在从各连通路57、56、55通过的过程中损失压力,另一方面,受到来自转子轴32的离心力而被加压。从第四空腔52d经过第四级连通路57流入第四级动叶栅33d的动叶中的冷却空气在从第四级连通路57通过的过程中,与由离心力产生的加压效果相比,从连通路57通过时的压力损失增大,因此其结果是被减压。此外,从第二空腔52b经过第三级连通路56流入第三级动叶栅33c的动叶中的冷却空气也是与由离心力产生的加压效果相比,从连通路56通过时的压力损失增大,因此其结果是被减压。另一方面,从第二空腔52b经过第二级连通路55流入第二级动叶栅33b的动叶中的冷却空气在从第二级连通路55通过的过程中的压力损失得到抑制。

[0082] 如上所述,在本实施方式中,能通过从压缩机10抽出的空气,冷却涡轮机30的动叶。并且,在本实施方式中,使从压缩机10抽出的空气流入旋转的转子轴32,在该转子轴32中产生冷却空气的强制旋涡,由此提高冷却空气的压力,然后将空气供给至各动叶栅33。因此,在本实施方式中,能从压缩机10抽出压力低的空气,其结果是能抑制压缩机10的驱动力。由此,在本实施方式中,能通过从压缩机10抽出的空气来冷却涡轮机30的动叶,并且抑制燃气轮机的效率下降。

[0083] 此外,在本实施方式中,为了抑制从压缩机10抽出的空气的压力,在转子轴32中形

成在径向延伸的强制旋涡通路46，使从压缩机10抽出的空气流入此强制漩涡通路46并使该空气升压之后，分配给各动叶栅33的动叶。再者，也能够按多个动叶栅33形成强制旋涡通路46。但是，在该情况下，在转子轴32中，在轴向Da上彼此不同的位置形成多个强制旋涡通路46，其结果是：轴向Da的转子轴32的长度变长，涡轮机转子31的振动特性下降。而且，涡轮机30的级间距离也变长，涡轮机30的空气动力性能也下降。

[0084] 另一方面，在本实施方式中，如前所述，在强制旋涡通路46使空气升压之后，将其按多个动叶栅33进行分配，因此轴向Da的转子轴32的伸长得到抑制，能抑制涡轮机转子31的振动特性的恶化。而且，强制旋涡通路46形成于最下游的第四级动叶栅33d的下游侧，而并不存在于多个级间的任一处，因此涡轮机30的级间距离的伸长也得到抑制，也能抑制涡轮机30的空气动力性能的下降。

[0085] 此外，可预想到在强制旋涡通路46的径向外侧端部会积存从此处流过的空气中所包含的垃圾等异物。在本实施方式中，该强制旋涡通路46形成于最下游的第四级动叶栅33d的下游侧的位置，因此，即使不将转子轴32分解为多个转子轮盘42，也能接近该强制旋涡通路46的径向外侧端部。由此，在本实施方式中，即使在强制旋涡通路46的径向外侧端部积存垃圾等异物，也能容易地将其回收。

[0086] 第二实施方式

[0087] 参照图5～图7对本发明的燃气轮机的第二实施方式进行说明。

[0088] 在第一实施方式的燃气轮机中，将从压缩机10的中压抽气口16抽出的冷却空气，在涡轮机30的转子轴32中分为第二级动叶栅33b用空气、第三级动叶栅33c用空气以及第四级动叶栅33d用空气。

[0089] 如图5以及图7所示，本实施方式的燃气轮机中，在涡轮机30的转子轴32外，首先将从压缩机10的中压抽气口16抽出的冷却空气分为第二以及第三级动叶栅33b、33c用空气和第四级动叶栅33d用空气。而且，该燃气轮机中，在转子轴32中，将第二以及第三级动叶栅33b、33c用空气分为第二级动叶栅33b用空气和第三级动叶栅33c用空气。

[0090] 因此，本实施方式中，在与转子轴32的下游端连接的动叶用中压抽气管85连接有抽气分支管88，该抽气分支管88将从动叶用中压抽气管85流过来的冷却空气的一部分作为第四级动叶栅33d用空气引导至第四级动叶栅33d。该抽气分支管88与转子轴32的大径部44的下游端连接。

[0091] 在本实施方式的转子轴32形成有：轴向通路45，与第一实施方式的转子轴32相同，供来自中压抽气口16的冷却空气介由动叶用中压抽气管85流入；强制旋涡通路46，与轴向通路45连接；第二级叶栅通路47（第一叶栅通路），将从强制旋涡通路46通过的冷却空气引导至第二级动叶栅33b（第一动叶栅）；以及第三级叶栅通路48（第二叶栅通路），将从强制旋涡通路46通过的冷却空气引导至第三级动叶栅33c（第二动叶栅）。

[0092] 与第一实施方式的转子轴32的大径部44相同，在转子轴32的大径部44形成有第一空腔52a、第二空腔52b、第三空腔52c以及第四空腔52d。第四空腔52d与强制旋涡通路46的径向外侧的端部连接。第四空腔52d与第三空腔52c通过第四轮盘通路53d连接，第三空腔52c与第二空腔52b通过第三轮盘通路53c连接。第二空腔52b与第三级动叶栅33c通过第三级连通路56连接，第二空腔52b与第二级动叶栅33b通过第二级连通路55连接。

[0093] 由此，在本实施方式，第三级叶栅通路48也通过第四空腔52d、第四轮盘通路53d、

第三空腔52c、第三轮盘通路53c、第二空腔52b以及第三级连通路56形成。此外，第二级叶栅通路47通过第四空腔52d、第四轮盘通路53d、第三空腔52c、第三轮盘通路53c、第二空腔52b以及第二级连通路55形成。

[0094] 在本实施方式的转子轴32的大径部44，还在第四空腔52d的径向外侧的位置形成有从大径部44的下游侧端向上游侧凹陷的第五空腔52e。该第五空腔52e与第四级动叶栅33d通过第四级连通路57a连接。由此，在本实施方式中，将从预回转喷嘴67通过的冷却空气引导至第四级动叶栅33d的第四级叶栅通路49a(第三叶栅通路)，形成为具有第五空腔52e和第四级连通路57a。

[0095] 在大径部44的下游侧以轴线Ar为中心地配置有圆板状的轴端板61，该轴端板61相对于大径部44的下游端在轴向Da隔开间隔地对置。

[0096] 轴端板61的径向内侧端固定于轴承盖71的上游端。在该轴端板61与大径部44之间，相对于大径部44的下游端在轴向Da隔开间隔地配置有大径部端盖62。该大径部端盖62的径向内侧的端固定于轴端板61。此外，该大径部端盖62的径向外侧的端固定于内侧扩散器77的上游端。在大径部端盖62的径向外侧部分形成有与大径部44的下游侧的外周面隔开间隔地对置的密封装配部63。在该密封装配部63设置有对大径部44与大径部端盖62之间进行密封的密封构件64。

[0097] 在大径部端盖62与大径部44之间形成有与第五空腔52e连通、且作为以轴线Ar为中心的环状空间的大径部端空腔65。

[0098] 此外，在大径部端盖62与轴端板61之间的、径向Dr形成有第五空腔52e的区域，形成有作为以轴线Ar为中心的环状空间的空气接收空间66。该空气接收空间66是由大径部端盖62和轴端板61包围的空间。

[0099] 在轴端板61固定有抽气分支管88的端部。

[0100] 因此，从动叶用中压抽气管85流过来的冷却空气的一部分，介由抽气分支管88，流入由轴端板61和大径部端盖62形成的空气接收空间66。在大径部端盖62，在与大径部44的第五空腔52e对置的位置设置有对流入空气接收空间66的冷却空气赋予转子轴32的旋转方向的速度分量的预回转喷嘴67。在对径部端盖62，在设置有预回转喷嘴67的位置的径向内侧、与大径部44在径向对置的位置设置有对大径部44与大径部端盖62之间进行密封的密封构件64b。

[0101] 如图6所示，预回转喷嘴67具有在周向Dc排列的多个回转叶片68。

[0102] 该回转叶片68随着从下游侧朝向上游侧逐渐向转子轴32的旋转方向Rr侧倾斜。该预回转喷嘴67是如下的喷嘴：使流入下游侧的空气接收空间66内的冷却空气的压力的一部分转换为向转子轴32的旋转方向Rr的动能，对冷却空气赋予旋转方向Rr的速度分量。

[0103] 接着，对以上说明的燃气轮机的冷却空气流进行说明。

[0104] 与第一实施方式相同，从压缩机10的中压抽气口16抽出并流入动叶用中压抽气管85的冷却空气在从冷却器86通过的过程中被冷却，通过空气调节阀87进行流量调节之后，其一部分流入转子轴32的轴向通路45。

[0105] 如图7所示，流入轴向通路45之前的冷却空气的压力下降至8ata左右，其温度也下降。

[0106] 与第一实施方式相同，流入轴向通路45的冷却空气经过从该轴向通路45朝向径向

外侧延伸的强制旋涡通路46,流入第四空腔52d内。在从朝向径向外侧延伸的强制旋涡通路46通过的过程中,冷却空气从以轴线Ar为中心旋转的转子轴32受到离心力而被加压。

[0107] 其结果是:到达第四空腔52d内的冷却空气的压力变为9ata。需要说明的是,第四空腔52d内的冷却空气通过加压而温度上升。

[0108] 第四空腔52d内的冷却空气经过第四轮盘通路53d、第三空腔52c、第三轮盘通路53c,流入第二空腔52b内。第二空腔52b内的冷却空气的压力与第四空腔52d内的冷却空气的压力大致相同,是9ata,该冷却空气的温度与第四空腔52d内的冷却空气的温度大致相同。

[0109] 与第一实施方式相同,流入第二空腔52b内的冷却空气的一部分经过形成第三级叶栅通路48的一部分的第三级连通路56,流入构成第三级动叶栅33c的多个动叶中的冷却空气通路内。

[0110] 该冷却空气在从第三级连通路56通过的过程中,压力以及流量得到调节,在从第三级连通路56流入第三级动叶栅33c的动叶中之前,其压力大致变为7ata。该冷却空气从构成第三级动叶栅33c的多个动叶中的冷却空气通路通过,在对动叶进行了冷却之后,被排出至燃烧气体流路39中。

[0111] 与第一实施方式相同,流入第二空腔52b内的冷却空气的剩余的一部分经过形成第二级叶栅通路47的一部分的第二级连通路55,流入构成第二级动叶栅33b的多个动叶中的冷却空气通路内。

[0112] 该冷却空气在从第二级连通路55通过的过程中,压力以及流量得到调节。其结果是:从第二级连通路55流入第二级动叶栅33b的动叶中之前的冷却空气的压力大致变为9ata。该冷却空气从构成第二级动叶栅33b的多个动叶中的冷却空气通路通过,在对动叶进行了冷却之后,被排出至燃烧气体流路39中。

[0113] 在动叶用中压抽气管85流动的冷却空气的一部分流入抽气分支管88。

[0114] 流入抽气分支管88的冷却空气的压力为8ata左右。

[0115] 冷却空气在从抽气分支管88流入空气接收空间66之后,经过预回转喷嘴67,流入大径部端空腔65内。

[0116] 冷却空气在从预回转喷嘴67通过的过程中,压力的一部分转换为向转子轴32的旋转方向Rr的动能,并被赋予旋转方向Rr的速度分量。从预回转喷嘴67通过之后的冷却空气的压力下降至5ata左右。此外,从预回转喷嘴67通过之后的冷却空气的以轴线Ar为基准的圆周速度,与转子轴32中的第五空腔52e的位置的圆周速度大致相同。即,大径部端空腔65内的冷却空气以与转子轴32中的第五空腔52e大致相同的圆周速度,在环状的大径部端空腔65内回转。因此,大径部端空腔65内的冷却空气在流入转子轴32中的第五空腔52e内时,不会成为妨碍转子轴32的旋转的阻力。

[0117] 流入第五空腔52e内的冷却空气的压力大致是5ata。

[0118] 第五空腔52e内的冷却空气经过形成第四级叶栅通路49a的一部分的第四级连通路57a,流入构成第四级动叶栅33d的多个动叶中的冷却空气通路内。

[0119] 该冷却空气在从第四级连通路57a通过的过程中,压力以及流量得到调节。其结果是:从第四级连通路57a流入第四级动叶栅33d的动叶中之前的冷却空气的压力变为3ata。该冷却空气从构成第四级动叶栅33d的多个动叶中的冷却空气通路通过,在对动叶进行了

冷却之后,被排出至燃烧气体流路39中。

[0120] 如上所述,在本实施方式中,也与第一实施方式相同,能通过从压缩机10抽出的空气,冷却涡轮机30的动叶。

[0121] 而且,在本实施方式中,也能抑制压缩机10的驱动力,能抑制燃气轮机的效率下降。

[0122] 此外,在本实施方式中,也与第一实施方式相同,在形成于最下游的动叶栅33的下游侧的强制旋涡通路46使空气升压后,将其按多个动叶栅33进行分配,因此能抑制涡轮机转子31的振动特性的恶化以及涡轮机30的空气动力性能的下降。

[0123] 此外,在第一实施方式中,使对第二级动叶栅33b以及第三级动叶栅33c进行冷却的所有冷却空气流入强制旋涡通路46,在此利用通过涡轮机转子31的旋转产生的离心力使冷却空气升压。

[0124] 另一方面,在本实施方式中,仅使对第二级动叶栅33b以及第三级动叶栅33c进行冷却的冷却空气流入强制旋涡通路46并升压,关于对第四级动叶栅33d进行冷却的冷却空气,不使其流入强制旋涡通路46而是使其从预回转喷嘴67通过,由此使其回转,减小涡轮机转子31的旋转阻力。由此,在本实施方式中,与第一实施方式相比,涡轮机转子31的旋转阻力变小,能提高燃气轮机的效率。

[0125] 此外,在本实施方式中,第四级动叶栅33d用冷却空气从设置于转子轴32外的抽气分支管88内通过,因此,通过在该抽气分支管88设置空气调节阀、冷却器,能容易地调节该第四级动叶栅33d用冷却空气的流量、压力、温度。

[0126] 第三实施方式

[0127] 参照图8~图10对本发明的燃气轮机的第三实施方式进行说明。

[0128] 在第一以及第二实施方式的燃气轮机中,均将从压缩机10的中压抽气口16抽出的冷却空气用作第二、第三以及第四级动叶栅33b、33c、33d用冷却空气。

[0129] 如图8以及图10所示,在本实施方式的燃气轮机中,将从压缩机10的中压抽气口16(第一抽气口)抽出的冷却空气用作第二以及第三级动叶栅33b、33c用冷却空气。

[0130] 而且,在该燃气轮机中,将从压缩机10的低压抽气口17(第二抽气口)抽出的冷却空气用作第四级动叶栅33d用冷却空气。

[0131] 在与本实施方式的压缩机机室15的中间级对应的位置,形成有中压抽气口16和低压抽气口17。低压抽气口17形成于形成有中压抽气口16的位置的上游侧。因此,从低压抽气口17抽出的空气的压力比从中压抽气口16抽出的空气的压力低,例如是6atm。

[0132] 与第一实施方式相同,本实施方式的抽气管线80b具有:中压抽气管81;冷却器86,设置于该中压抽气管81;空气调节阀87;以及空气调节器84。

[0133] 与第一实施方式相同,中压抽气管81具有:中压抽气主管82,与压缩机10的中压抽气口16连接;静叶用中压抽气管83以及动叶用中压抽气管85,与中压抽气主管82连接。在静叶用中压抽气管83设置有所述空气调节器84,在动叶用中压抽气管85设置有所述冷却器86以及空气调节阀87。

[0134] 本实施方式的抽气管线80b还具有:低压抽气管91;冷却器96,设置于该低压抽气管91;空气调节阀97;以及空气调节器94。

[0135] 低压抽气管91具有:低压抽气主管92,与压缩机10的低压抽气口17连接;静叶用低

压抽气管93以及动叶用低压抽气管95,与低压抽气主管92连接。

[0136] 静叶用低压抽气管93在涡轮机机室35连接于与涡轮机30的中间级对应的位置。

[0137] 更具体地说,静叶用低压抽气管93在涡轮机机室35连接于连接有静叶用中压抽气管83的位置的下游侧。在该静叶用低压抽气管93设置有用于调节从此处通过的空气的压力以及流量的节流装置等空气调节器94。动叶用低压抽气管95与转子轴32连接。在该动叶用低压抽气管95设置有所述冷却器96以及空气调节阀97。冷却器96对从该动叶用低压抽气管95通过的空气进行冷却。空气调节阀97对从该动叶用低压抽气管95通过的空气的流量进行调节。该动叶用低压抽气管95的端部固定于轴承盖71。

[0138] 与第一以及第二实施方式相同,在本实施方式的转子轴32形成有:第一轴向通路45,供来自中压抽气口16的冷却空气流入,在轴向Da延伸;第一强制旋涡通路46,与第一轴向通路45连接,向径向外侧延伸;第二级叶栅通路47(第一叶栅通路),将从第一强制旋涡通路46通过的冷却空气引导至第二级动叶栅33b(第一动叶栅);以及第三级叶栅通路48(第二叶栅通路),将从第一强制旋涡通路46通过的冷却空气引导至第三级动叶栅33c(第二动叶栅)。而且,在本实施方式的转子轴32形成有:第二轴向通路45b,供来自低压抽气口17的冷却空气流入,在轴向Da延伸;第二强制旋涡通路46b,与第二轴向通路45b连接,向径向外侧延伸;以及第四级叶栅通路49b(第三叶栅通路),将从第二强制旋涡通路46b通过的冷却空气引导至第四级动叶栅33d(第三动叶栅)。

[0139] 与第一以及第二实施方式的转子轴32的大径部44相同,在转子轴32的大径部44形成有第一空腔52a、第二空腔52b、第三空腔52c以及第四空腔52d。第四空腔52d与第一强制旋涡通路46的径向外侧的端部连接。第四空腔52d与第三空腔52c通过第四轮盘通路53d连接,第三空腔52c与第二空腔52b通过第三轮盘通路53c连接。第二空腔52b与第三级动叶栅33c通过第三级连通路56连接,第二空腔52b与第二级动叶栅33b通过第二级连通路55连接。

[0140] 因此,在本实施方式,第三级叶栅通路48也通过第四空腔52d、第四轮盘通路53d、第三空腔52c、第三轮盘通路53c、第二空腔52b以及第三级连通路56形成。此外,第二级叶栅通路47通过第四空腔52d、第四轮盘通路53d、第三空腔52c、第三轮盘通路53c、第二空腔52b以及第二级连通路55形成。

[0141] 如图8以及图9所示,第二轴向通路45b形成于以轴线Ar为中心在轴向Da延伸的第一轴向通路45的径向外侧的位置。

[0142] 在第二轴向通路45b的下游端形成有从该下游端向径向外侧延伸并在小径部43的外周面开口的低压空气接收通路45c。

[0143] 在轴承盖71中,在轴向Da上与低压空气接收通路45c的开口实质相同的位置形成有从外周侧朝向内周侧贯通的贯通孔。动叶用低压抽气管95的端部固定于形成有该贯通孔的位置。在轴承盖71的内周侧与小径部43的外周侧之间的、以轴承盖71的贯通孔为基准的上游侧以及下游侧分别被密封构件72b、72c密封。

[0144] 大径部44的下游侧的径向外侧被大径部端盖62b覆盖。在该大径部端盖62b与大径部44之间,以轴线Ar为中心地形成有环状的第五空腔52f。

[0145] 在第二轴向通路45b的上游端连接有第二强制旋涡通路46b,该第二强制旋涡通路46b从该上游端向径向外侧延伸,与第五空腔52f连通。

[0146] 该第二强制旋涡通路46b形成于大径部44中第一强制旋涡通路46的下游侧的位

置。在大径部44形成有使第五空腔52f与第四级动叶栅33d的装配位置连通的第四级连通路57b。

[0147] 由此,本实施方式的第四级叶栅通路49b通过第五空腔52f和第四级连通路57b形成。

[0148] 接着,对以上说明的燃气轮机的冷却空气流进行说明。

[0149] 与第一以及第二实施方式相同,从压缩机10的中压抽气口16抽出并流入动叶用中压抽气管85的冷却空气在从冷却器86通过的过程中被冷却,在通过空气调节阀87进行了流量调节之后,流入转子轴32的第一轴向通路45。如图10所示,流入第一轴向通路45之前的冷却空气的压力下降至8ata左右,其温度也下降。

[0150] 与第一以及第二实施方式相同,流入第一轴向通路45的冷却空气经过从该第一轴向通路45朝向径向外侧延伸的第一强制旋涡通路46,流入第四空腔52d内。冷却空气在从朝向径向外侧延伸的强制旋涡通路46通过的过程中,从以轴线Ar为中心旋转的转子轴32受到离心力而被加压。其结果是:到达第四空腔52d内的冷却空气的压力变为9ata。需要说明的是,第四空腔52d内的冷却空气通过加压而温度上升。

[0151] 第四空腔52d内的冷却空气经过第四轮盘通路53d、第三空腔52c、第三轮盘通路53c,流入第二空腔52b内。第二空腔52b内的冷却空气的压力与第四空腔52d内的冷却空气的压力大致相同,是9ata,该冷却空气的温度与第四空腔52d内的冷却空气的温度大致相同。

[0152] 与第一以及第二实施方式相同,流入第二空腔52b内的冷却空气的一部分,经过形成第三级叶栅通路48的一部分的第三级连通路56,流入构成第三级动叶栅33c的多个动叶中的冷却空气通路内。

[0153] 该冷却空气在从第三级连通路56通过的过程中,压力以及流量得到调节。其结果是:从第三级连通路56流入第三级动叶栅33c的动叶中之前的冷却空气的压力大致变为7ata。该冷却空气从构成第三级动叶栅33c的多个动叶中的冷却空气通路通过,在将动叶冷却之后,被排出至燃烧气体流路39中。

[0154] 与第一实施方式相同,流入第二空腔52b内的冷却空气的剩余的一部分,经过形成第二级叶栅通路47的一部分的第二级连通路55,流入构成第二级动叶栅33b的多个动叶中的冷却空气通路内。该冷却空气在从第二级连通路55通过的过程中,压力以及流量得到调节。其结果是:从第二级连通路55流入第二级动叶栅33b的动叶中之前的冷却空气的压力大致变为9ata。该冷却空气从构成第二级动叶栅33b的多个动叶中的冷却空气通路通过,在对动叶进行了冷却之后,被排出至燃烧气体流路39中。

[0155] 从压缩机10的低压抽气口17抽出的冷却空气在抽气管线80b的低压抽气主管92流动,其一部分流入静叶用低压抽气管93,剩余的一部分流入动叶用低压抽气管95。流入静叶用低压抽气管93的冷却空气在从空气调节器94通过的过程中,其压力变为4ata,并被供给至构成第四级静叶栅34d的多个静叶,冷却这些多个静叶。

[0156] 流入动叶用低压抽气管95的冷却空气在从冷却器96通过的过程中被冷却,在通过空气调节阀97进行了流量调节之后,流入转子轴32的第二轴向通路45b。流入第二轴向通路45b之前的冷却空气通过从冷却器96、空气调节阀97通过的过程等中的压力损失,其压力下降至4ata左右。此外,流入第二轴向通路45b之前的冷却空气通过冷却器86被冷却。

[0157] 流入第二轴向通路45b的冷却空气经过从该第二轴向通路45b朝向径向外侧延伸的第二强制旋涡通路46b,流入第五空腔52f内。冷却空气在从朝向径向外侧延伸的第二强制旋涡通路46b通过的过程中,从以轴线Ar为中心旋转的转子轴32受到离心力而被加压。其结果是:到达第五空腔52f内的冷却空气的压力变为5ata。

[0158] 第五空腔52f内的冷却空气经过形成第四级叶栅通路49b的一部分的第四级连通路57b,流入构成第四级动叶栅33d的多个动叶中的冷却空气通路内。该冷却空气在从第四级连通路57b通过的过程中,压力以及流量得到调节。此外,随着接近燃烧气体流路39,该冷却空气与燃烧气体的热量的热交换量增加,其温度逐渐升高。其结果是:从第四级连通路57b流入第四级动叶栅33d的动叶中之前的冷却空气的压力变为3ata。该冷却空气从构成第四级动叶栅33d的多个动叶中的冷却空气通路通过,在对动叶进行了冷却之后,被排出至燃烧气体流路39中。

[0159] 如上所述,在本实施方式中,也与第一以及第二实施方式相同,能通过从压缩机10抽出的空气来冷却涡轮机30的动叶。而且,在本实施方式中,也能抑制压缩机10中的驱动力,能抑制燃气轮机的效率下降。

[0160] 此外,在本实施方式中,使第一以及第二强制旋涡通路46、46b形成于最下游的动叶栅33的下游侧,而且在第一强制旋涡通路46使空气升压之后,将其分配给第二级动叶栅33b以及第三级动叶栅33c。因此,在本实施方式中,也会抑制转子轴32的长度以及级间距离的伸长,能抑制转子的振动特性的恶化以及涡轮机30的空气动力性能的下降。

[0161] 在本实施方式中,也能对第四级动叶栅33d供给压力比供给至第二级动叶栅33b、第三级动叶栅33c的冷却空气的压力低的冷却空气。并且,在本实施方式中,使从压缩机10抽出的空气流入旋转的转子轴32,在该转子轴32中产生冷却空气的强制旋涡,由此提高冷却空气的压力,然后将空气供给至第四级动叶栅33d。因此,在本实施方式中,能从低压抽气口17抽出压力比来自中压抽气口16的空气低的空气来作为冷却空气,并将其用作第四级动叶栅33d的冷却空气。由此,在本实施方式中,能在压缩机10缩小第四级动叶栅33d的冷却用空气的压缩比,其结果是,能抑制压缩机10的驱动力。由此,在本实施方式中,与第一实施方式相比,能提高燃气轮机的效率。

[0162] 第三实施方式的变形例

[0163] 参照图11对第三实施方式的变形例进行说明。

[0164] 在第三实施方式中,第一强制旋涡通路46的径向外侧的端部与第四空腔52d连接。第四空腔52d介由第四轮盘通路53d、第三空腔52c以及第三轮盘通路53c与第二空腔52b连接。该第二空腔52b介由第二级连通路55与第二级动叶栅33b连接,并且介由第三级连通路56与第三级动叶栅33c连接。

[0165] 在本变形例中,将供心轴螺栓41插通的转子轴32的螺栓孔41c的截面形状设为椭圆形,将插通有心轴螺栓41的螺栓孔41c中的间隙作为冷却空气的通路53e。与心轴螺栓41相同,该通路53e在轴向Da延伸。在该通路53e的下游端连接有第一强制旋涡通路46的径向外侧端部。此外,在该通路53e的上游端连接有第二空腔52b。与以上的各实施方式相同,该第二空腔52b介由第二级连通路55与第二级动叶栅33b连接,并且介由第三级连通路56与第三级动叶栅33c连接。

[0166] 此外,在本变形例中,在第二强制旋涡通路46b的径向外侧的端部连接有第四空腔

52d。该第四空腔52d介由第四级连通路57与第四级动叶栅33d连接。

[0167] 如上所述,连接强制旋涡通路与各动叶栅的通路可以根据涡轮机转子的构造适当地形成。

[0168] 其他变形例

[0169] 虽然在第一、第二以及第三实施方式的动叶用中压抽气管85、第三实施方式的动叶用低压抽气管95设置有空气调节阀87、97、冷却器86、96,但这些不是必须的。由此,也可以适当地省略这些抽气管中的空气调节阀87、97、冷却器86、96。

[0170] 此外,在以上的实施方式中,将供流向多个动叶栅33的冷气空气通过的强制旋涡通路46配置在最下游的动叶栅33的下游侧。但是,也可以在转子轴32的大径部44的任一级间形成强制旋涡通路46。该情况下,也能通过在强制旋涡通路46的径向外侧端使该通路46按多个动叶栅33分支,减少强制旋涡通路46的数量,结果是,能抑制转子轴32的长度的伸长,多个级的级间距离的拉伸。但是,从抑制所有级间距离的拉伸的观点来看,如以上的实施方式,优选强制旋涡通路46形成于最下游的动叶栅33的下游侧。

[0171] 此外,在以上的实施方式中,均在压缩机机室15形成抽气口16、17,在压缩机机室15外以及涡轮机机室35外配置抽气管线80。但是,例如,也可以在压缩机转子11形成抽气口,将在压缩机转子11以及涡轮机转子31内沿轴向Da延伸的轴向通路与该抽气口连接。

[0172] 工业上的可利用性

[0173] 根据本发明的一方案,能通过来自压缩机的冷却空气对动叶进行冷却,并且抑制转子轴的伸长,抑制转子的振动特性下降。

[0174] 符号说明

[0175] 1燃气轮机转子

[0176] 5燃气轮机机室

[0177] 10压缩机

[0178] 11压缩机转子

[0179] 12转子轴

[0180] 13动叶栅

[0181] 14静叶栅

[0182] 15压缩机机室

[0183] 16中压抽气口(第一抽气口)

[0184] 17低压抽气口(第二抽气口)

[0185] 19空气压缩流路

[0186] 20燃烧器

[0187] 30涡轮机

[0188] 31涡轮机转子

[0189] 32转子轴

[0190] 33动叶栅

[0191] 33a第一级动叶栅

[0192] 33b第二级动叶栅(第一动叶栅)

[0193] 33c第三级动叶栅(第二动叶栅)

- [0194] 33d第四级动叶栅(第三动叶栅)
- [0195] 34静叶栅
- [0196] 35涡轮机机室
- [0197] 39燃烧气体流路
- [0198] 43小径部
- [0199] 44大径部
- [0200] 45轴向通路(第一轴向通路)
- [0201] 45b第二轴向通路
- [0202] 46强制旋涡通路(第一强制旋涡通路)
- [0203] 46b第二强制旋涡通路
- [0204] 47第二级叶栅通路(第一叶栅通路)
- [0205] 48第三级叶栅通路(第二叶栅通路)
- [0206] 49、49a、49b第四级叶栅通路(第三叶栅通路)
- [0207] 52a第一空腔
- [0208] 52b第二空腔
- [0209] 52c第三空腔
- [0210] 52d第四空腔
- [0211] 52e、52f第五空腔
- [0212] 65大径部端空腔
- [0213] 66空气接收空间
- [0214] 67预回转喷嘴
- [0215] 70轴承
- [0216] 71轴承盖
- [0217] 80、80b抽气管线
- [0218] 81中压抽气管
- [0219] 88抽气分支管
- [0220] 91低压抽气管

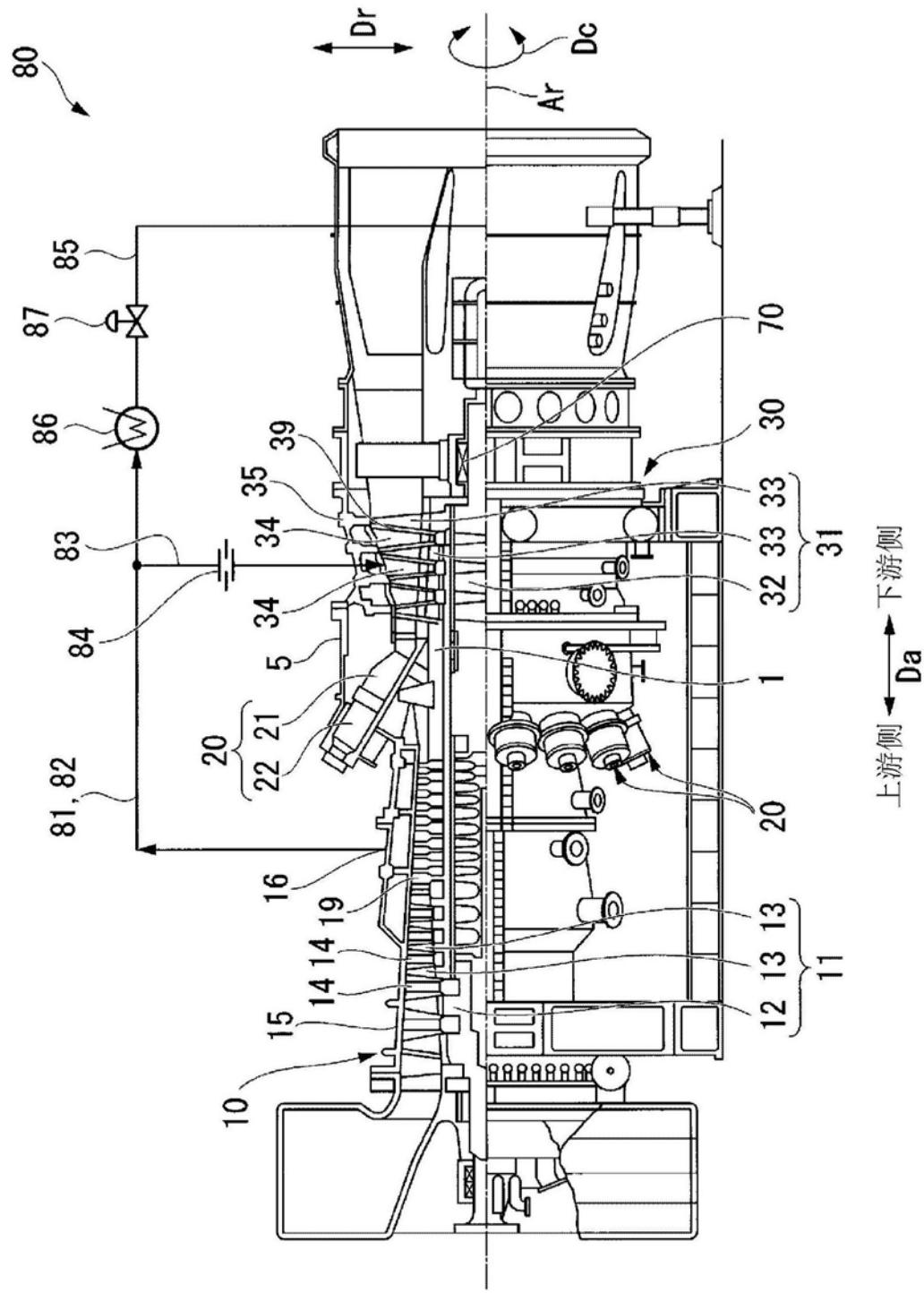


图1

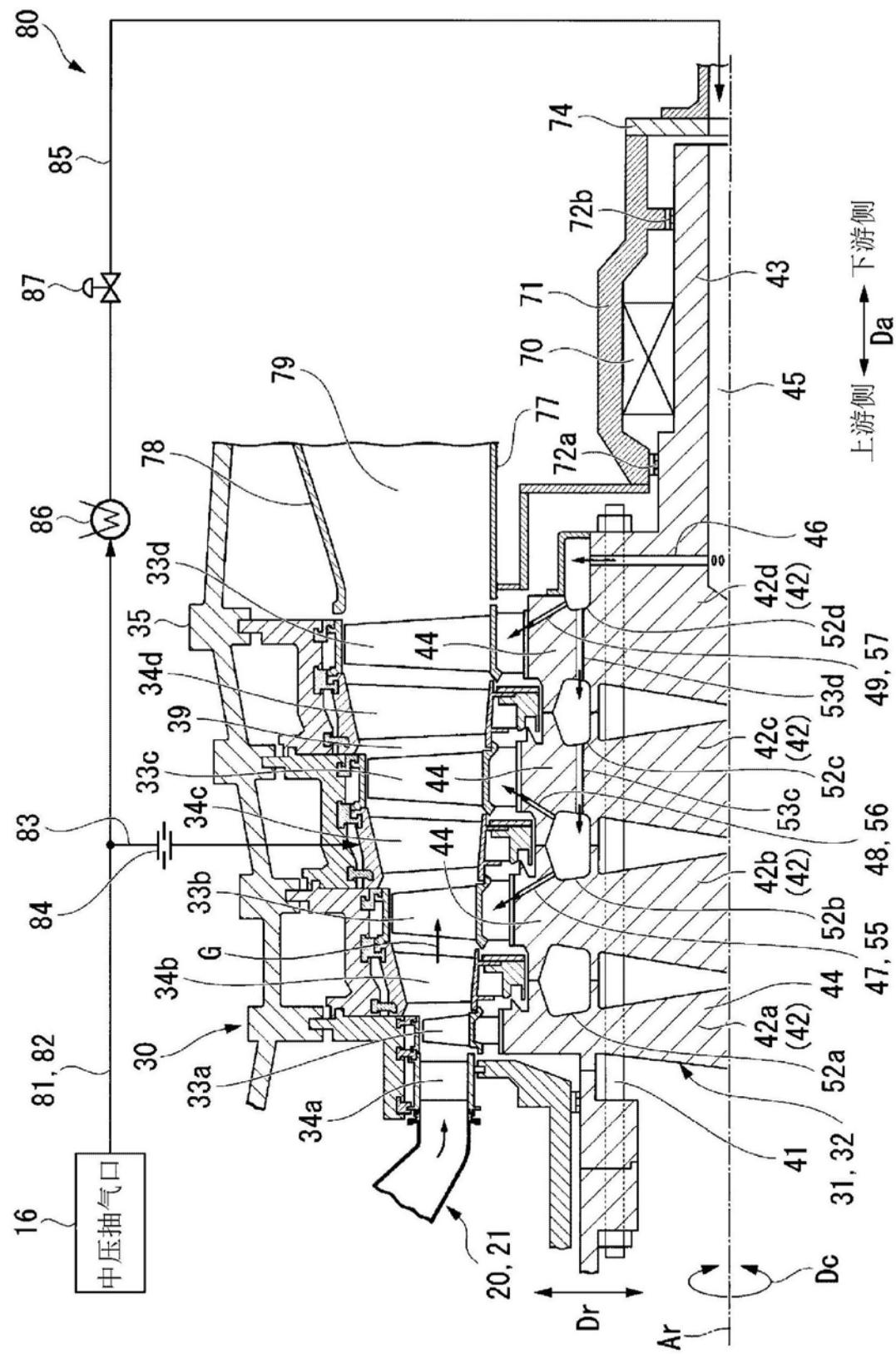


图2

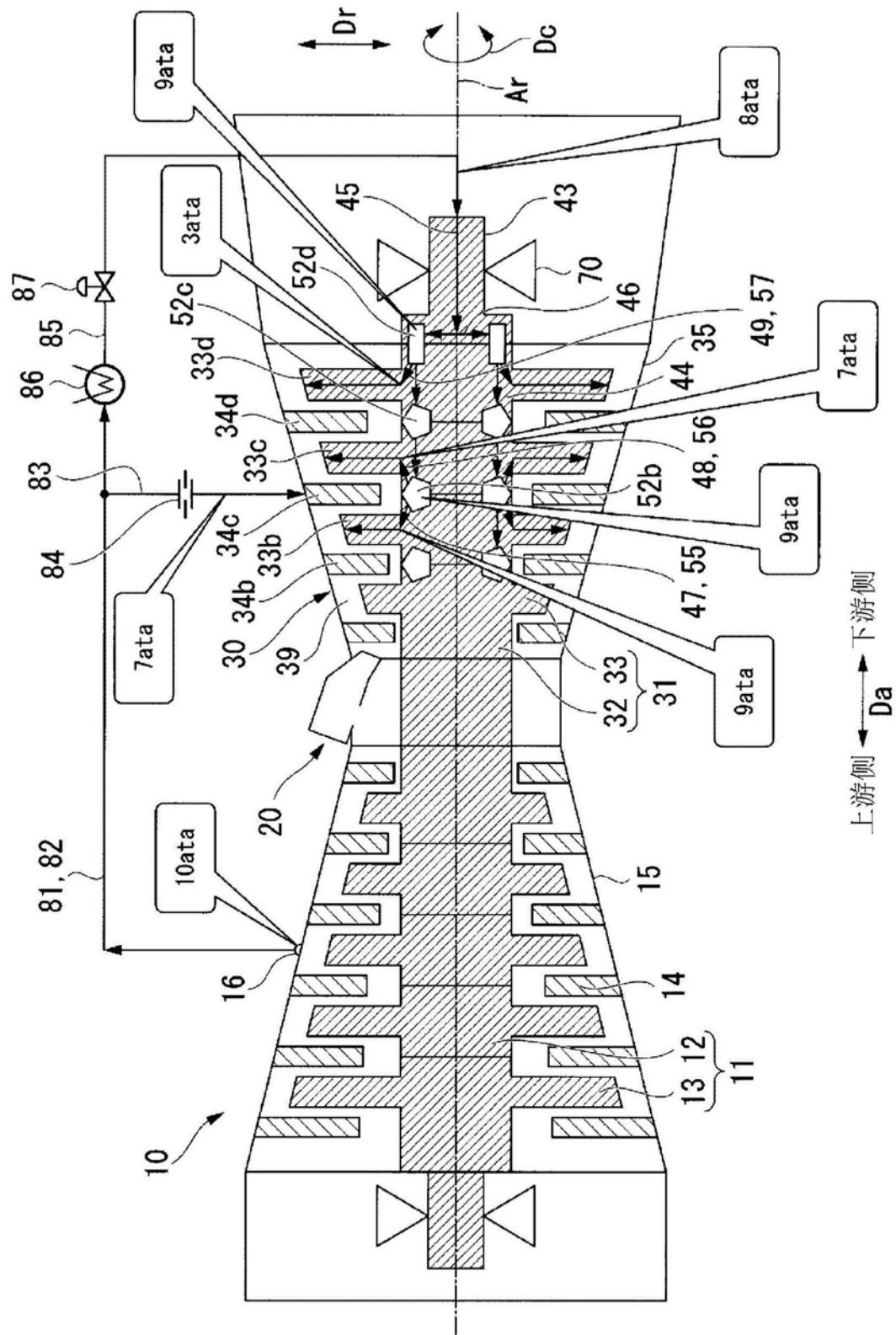


图3

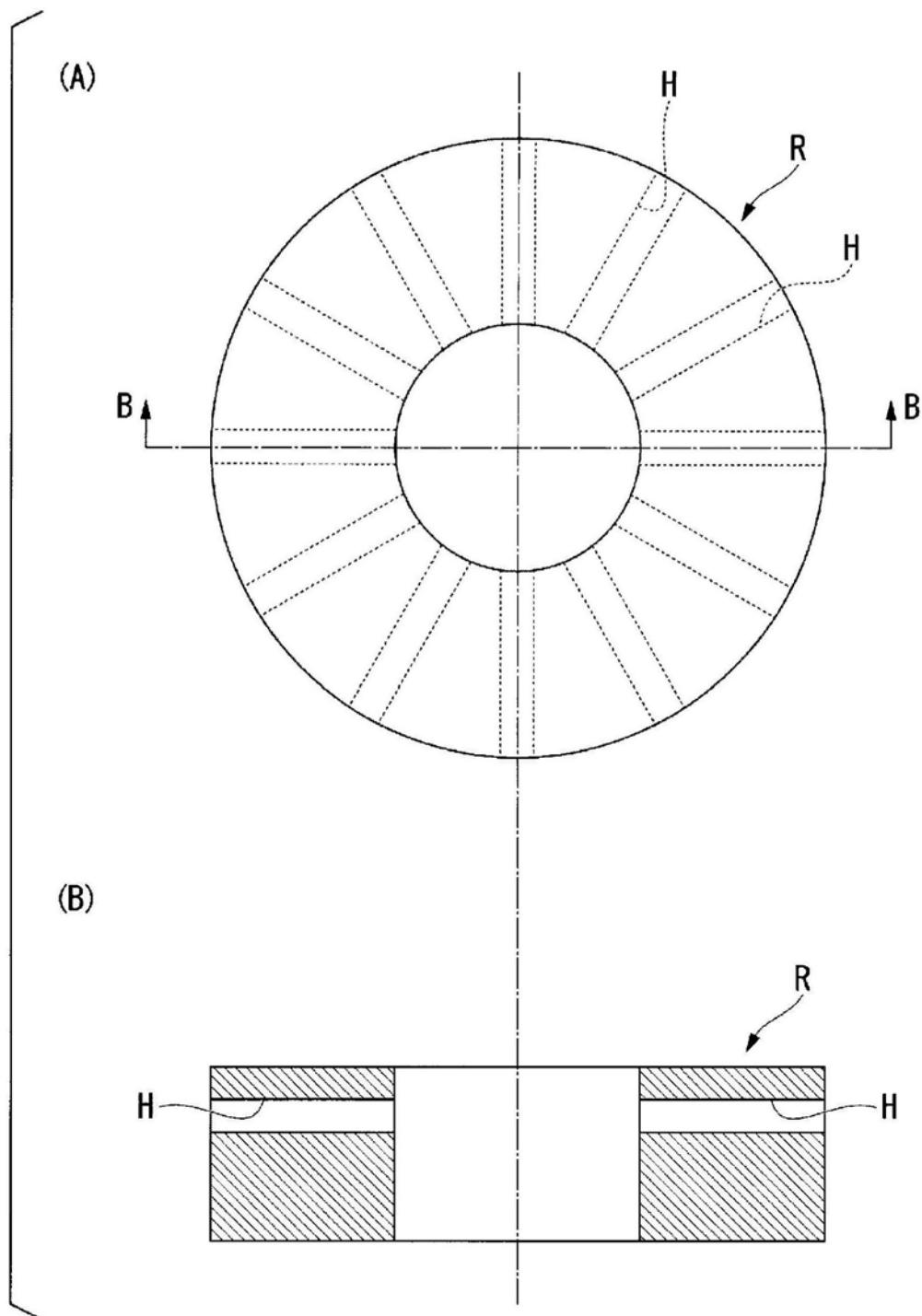


图4

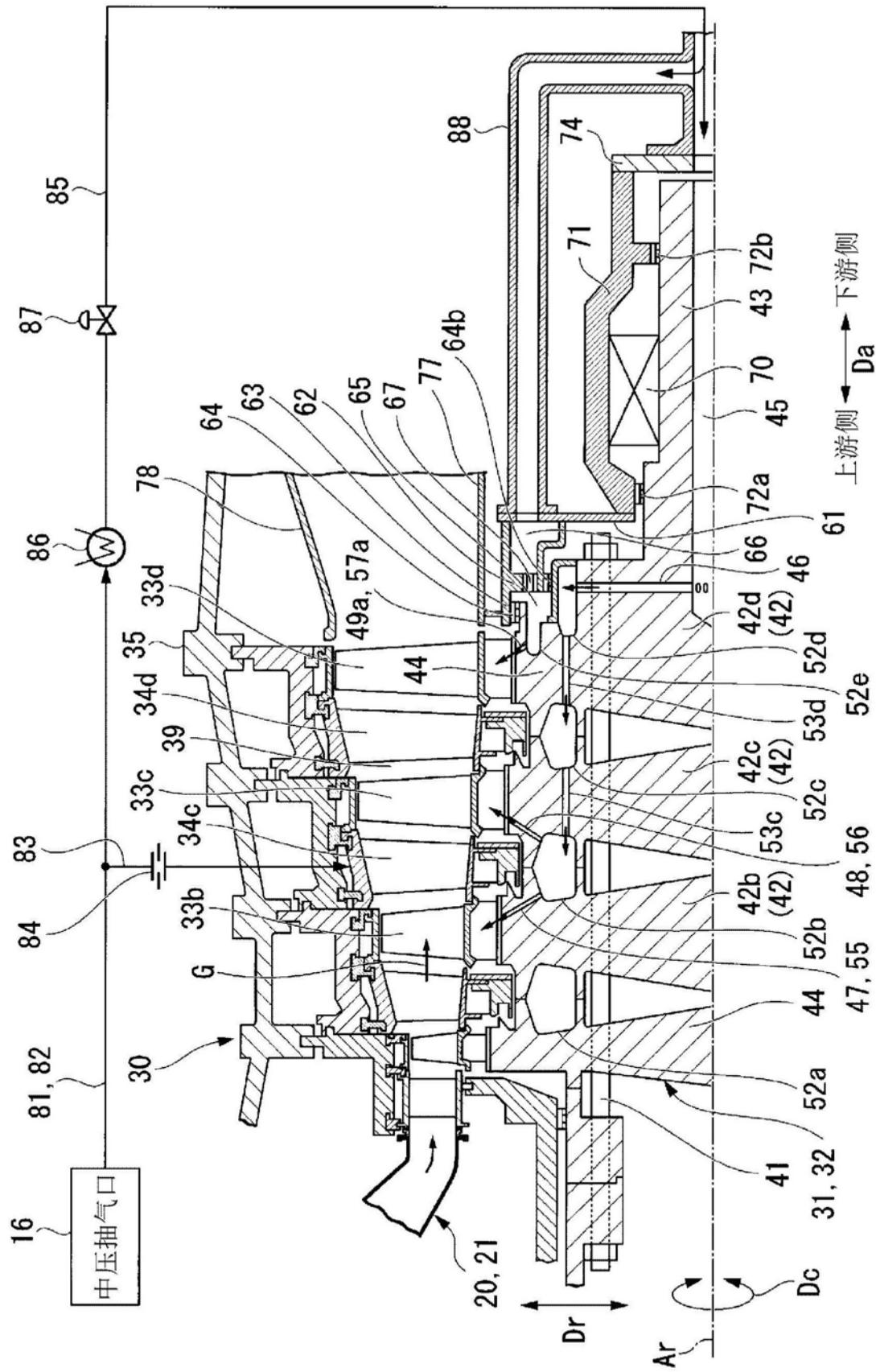


图5

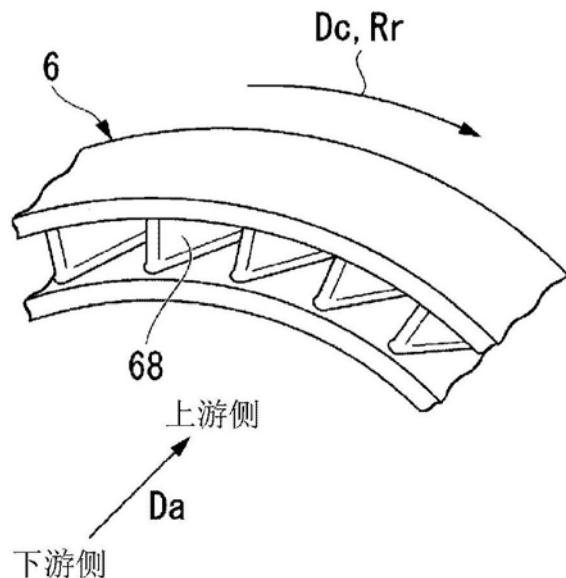


图6

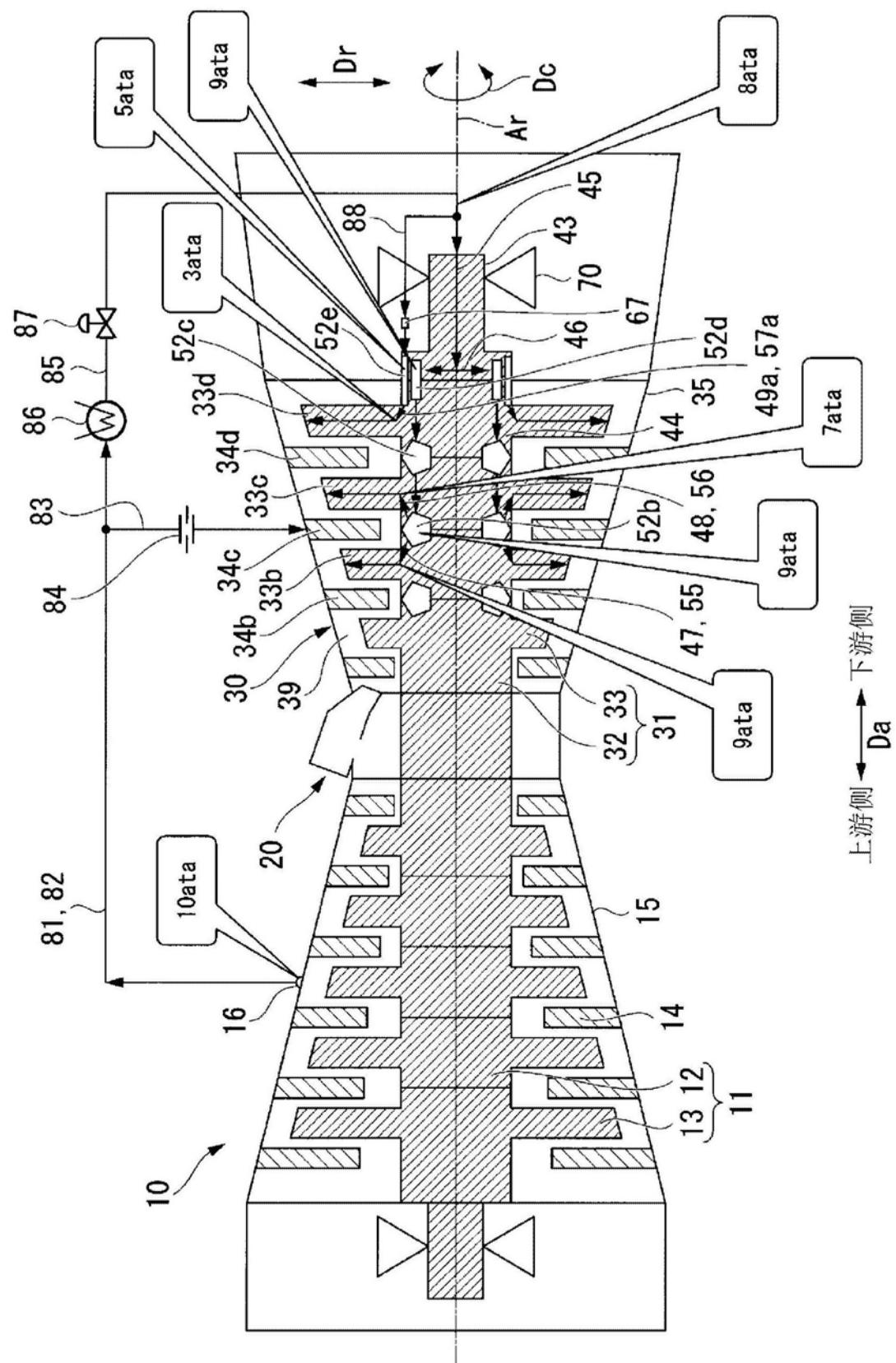


图7

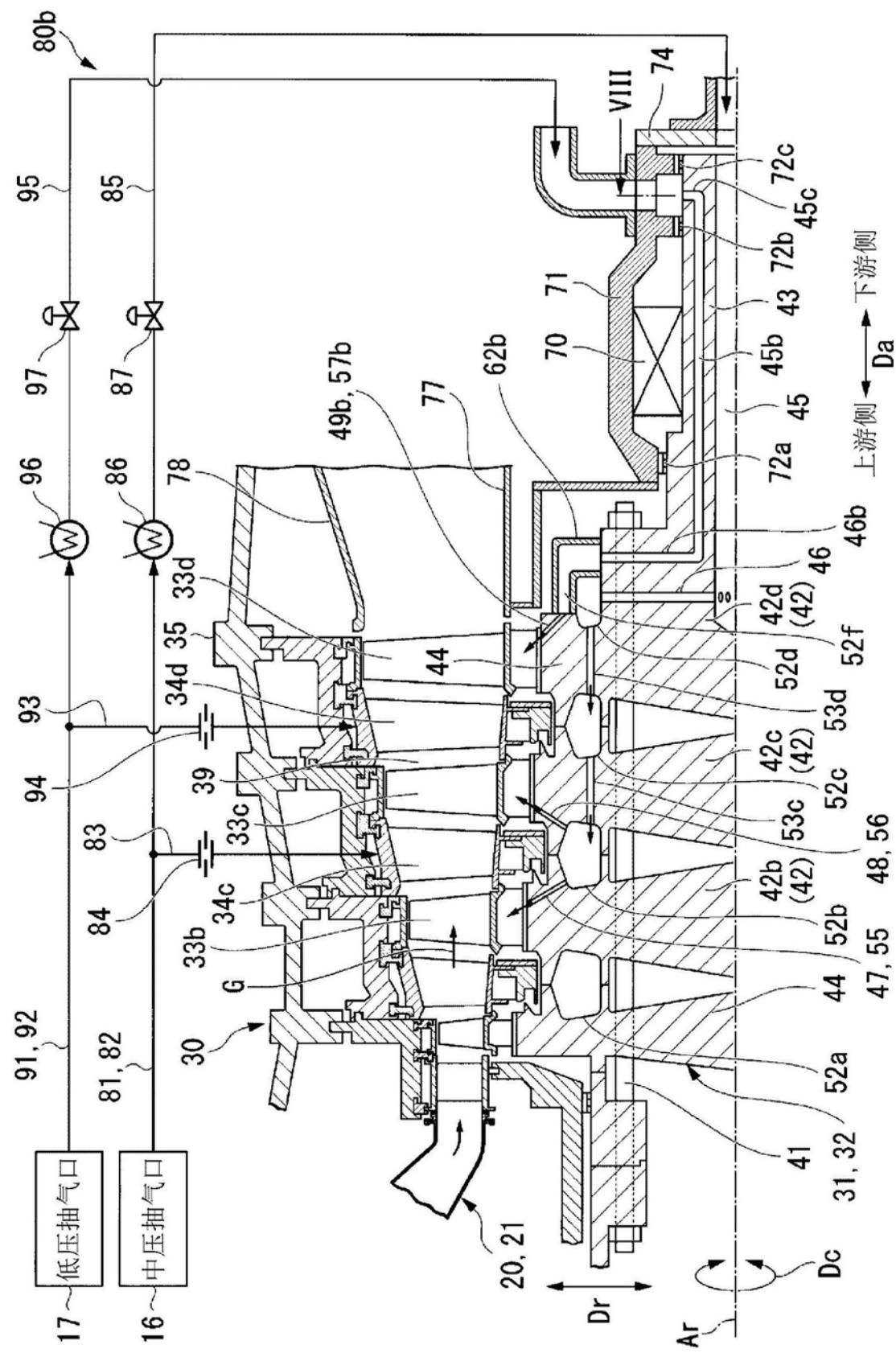


图8

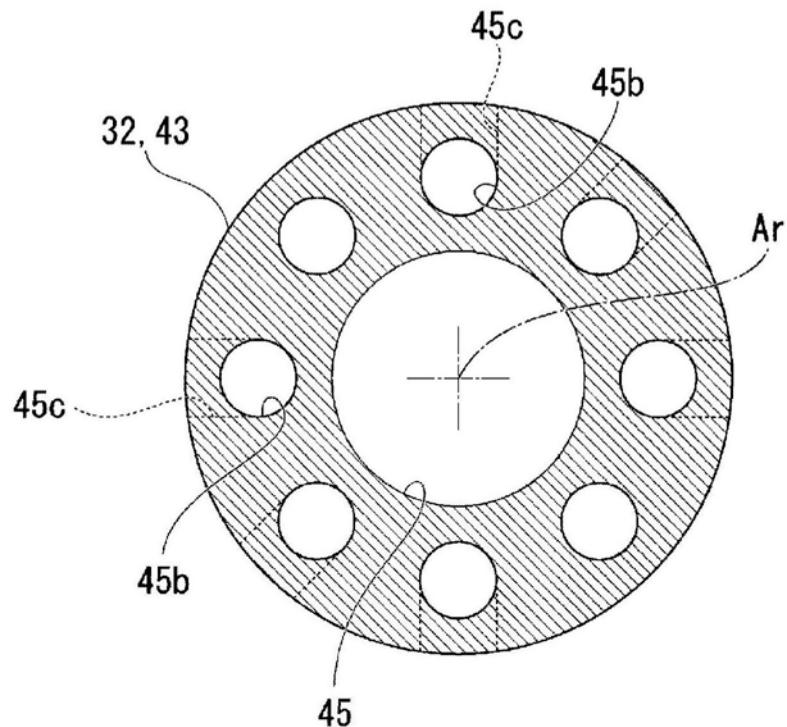


图9

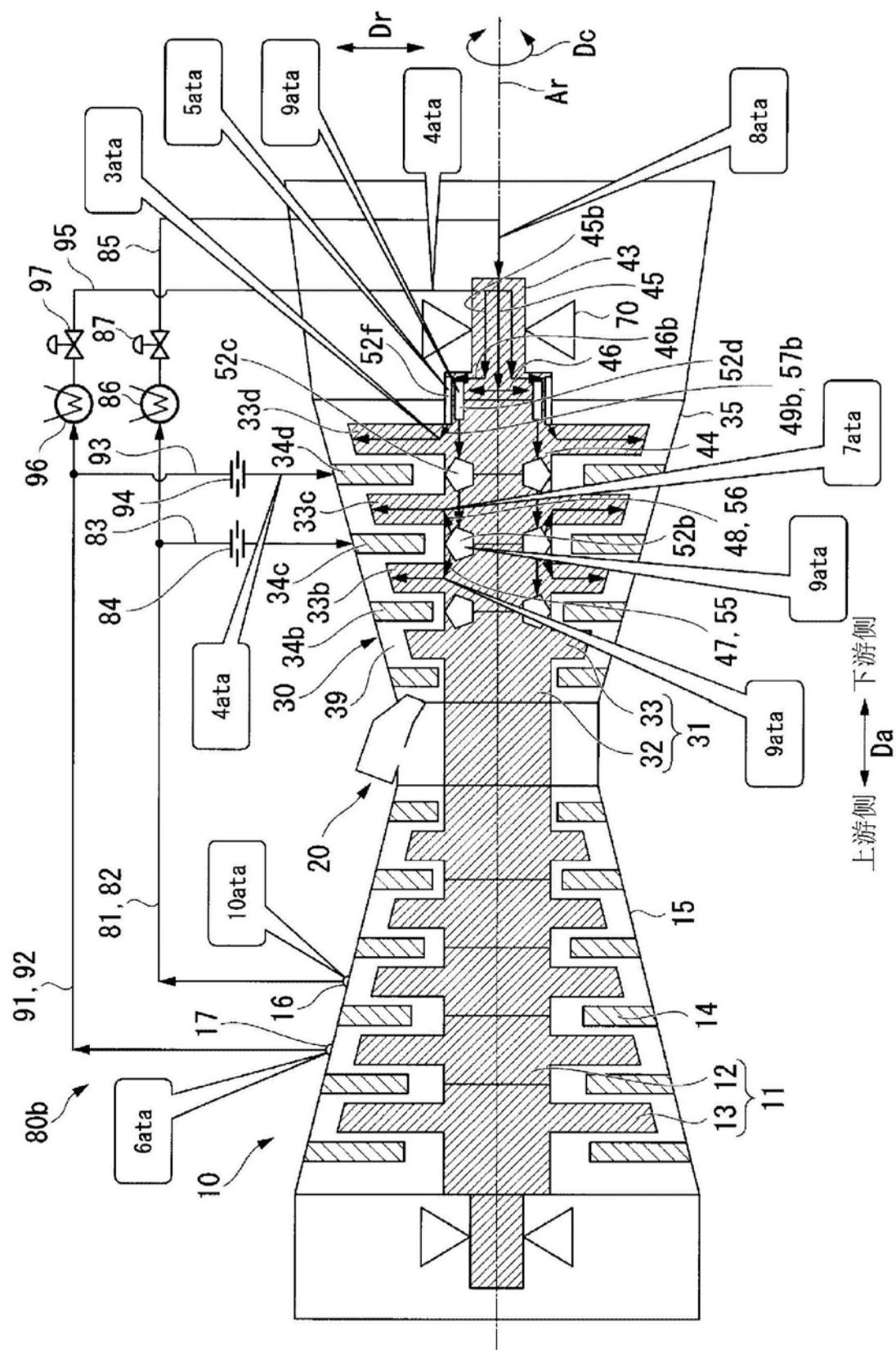


图10

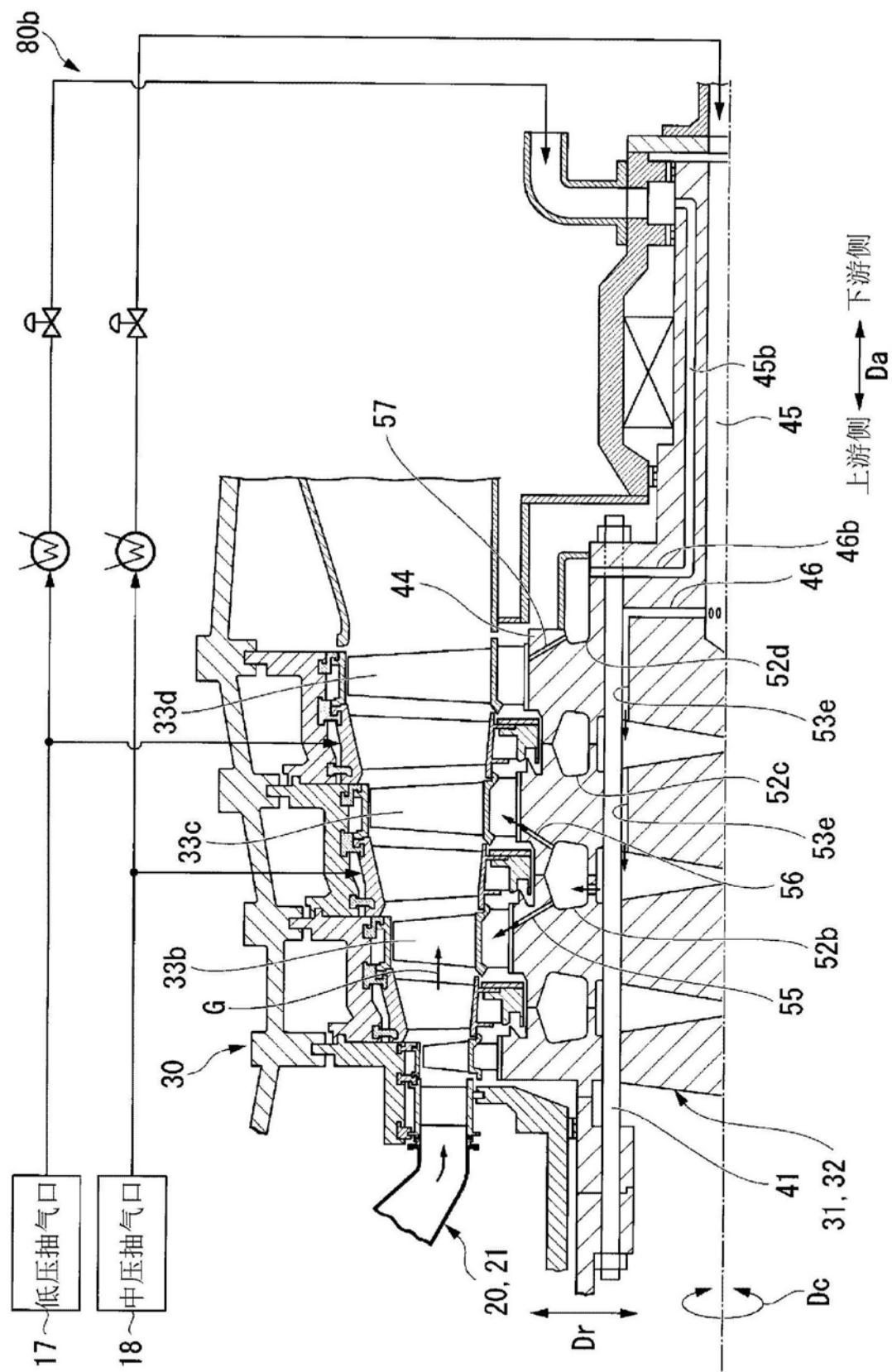


图11