[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
F02C 3/067 (2006.01)

[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 03155185.8

[45] 授权公告日 2007 年 4 月 11 日

[11] 授权公告号 CN 1309944C

[22] 申请日 2003.7.30 [21] 申请号 03155185.8

[30] 优先权

[32] 2002. 7.30 [33] US [31] 10/208303

[73] 专利权人 通用电气公司

地址 美国纽约州

[72] 发明人 R·J·奥尔兰多 T·O·莫尼兹

[56] 参考文献

US5307622 1994.5.3

US5404713 1995.4.11

US3903690 1975.9.9

EP0634569 A1 1995.1.18

US5010729 1991.4.30

US4860537 1989.8.29

审查员 张 炜

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

代理人 周备麟 郑建晖

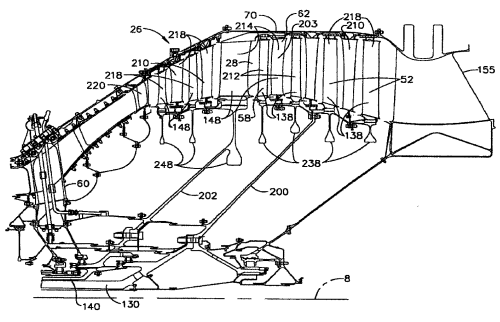
权利要求书 5 页 说明书 8 页 附图 5 页

[54] 发明名称

具有用于反向旋转低压涡轮的控制叶片的航空燃气轮机

[57] 摘要

一种航空燃气轮机(10)，包括一个具有低压涡轮流道的低压涡轮(26)和可反向旋转的低压内和外轴转子(200，202)，所述转子分别具有低压内和外轴(130，140)。 低压内和外轴转子(200，202)包括第一和第二低压涡轮叶栅(138，148)，所述叶栅横跨涡轮流道(28)设置并分别通过低压内和外轴(130，140)驱动地连接到第一和第二风扇叶栅(13，15)。 第一和第二低压涡轮叶栅(138，148)中的至少一个与涡轮叶栅(138，148)的一个邻近对相互交叉。 至少一排不可转动的低压叶片(210)横跨低压涡轮流道设置在一个涡轮叶栅(138，148)的非相互交叉邻近对(218)之间。



1、 一种燃气轮机涡轮组件，包括：

一个具有低压涡轮流道的低压涡轮（26）；

可反向旋转的低压内和外轴转子（200，202），其分别具有低压内和外轴（130，140），

所述低压内轴转子（200），包括第一低压涡轮叶栅（138），所述叶栅横跨所述低压涡轮流道（28）设置；

所述低压外轴转子（202），包括第二低压涡轮叶栅（148），所述叶栅横跨所述低压涡轮流道（28）设置；

所述第一低压涡轮叶栅（138），包括设置在所述第二低压涡轮叶栅（148）的至少一个第二相邻对（214）之间的至少一个第一相互交叉的涡轮叶栅（58）；

所述第二低压涡轮叶栅（148），包括设置在所述第一低压涡轮叶栅（138）的至少一个第一相邻对（212）之间的至少一个第二相互交叉涡轮叶栅（62）；

至少一排不可转动的低压叶片（210），横跨所述低压涡轮流道（28）设置在所述第一和第二低压涡轮叶栅（138，148）的一非相互交叉邻近对（218）之间，在所述第一和第二涡轮叶栅之间不具有相互交叉涡轮叶栅。

2、如权利要求1所述的组件，其特征在于还包括若干排不可转动的低压叶片（210）和其间不具有一相互交叉涡轮叶栅的所述第一和第二低压涡轮叶栅（138，148）的非相互交叉邻近对（218），其中：所述排不可转动的低压叶片（210）中的各排设置在所述第一和第二低压涡轮叶栅（138，148）的一个所述非相互交叉邻近对（218）之间。

3、如权利要求2所述的组件，其特征在于：一个涡轮喷嘴（220）轴向向前设置在所述第一低压涡轮叶栅（138）的上游并邻近它。

4、如权利要求2所述的组件，其特征在于还包括与所述第一低压涡轮叶栅（138）的最靠后一对（52）成相互交叉的所述第二低压涡轮叶栅（148）的最靠前一排（50）。

5、如权利要求4所述的组件，其特征在于还包括奇数个所述第一低压涡轮叶栅（138）或所述第二低压涡轮叶栅（148），以及偶数个所述第二低压涡轮叶栅（148）或第一低压涡轮叶栅（138）。

6、如权利要求4所述的组件，其特征在于还包括奇数个所述第一低压涡轮叶栅（138）和偶数个所述第二低压涡轮叶栅（148）。

7、如权利要求5所述的组件，其特征在于还包括三个所述第一低压涡轮叶栅（138）和四个所述第二低压涡轮叶栅（148）。

8、如权利要求2所述的组件，其特征在于还包括与最靠后的三排所述第一低压涡轮叶栅（138）成相互交叉的最靠前的两排所述第二低压涡轮叶栅（148）。

9、如权利要求2所述的组件，其特征在于还包括所述可反向旋转的低压内和外轴转子（200，202）中的一个，其包括一个可转动的鼓状延伸件（70），所述第一和第二低压涡轮叶栅（138，148）的所述第一和第二相互交叉涡轮叶栅（58，62）之一的叶片从所述可转动的鼓状延伸件径向向内悬垂。

10、如权利要求9所述的组件，其特征在于还包括与所述第一低压涡轮叶栅（138）的最靠后一对（52）成相互交叉的所述第二低压涡轮叶栅（148）的最靠前一排（50）。

11、如权利要求10所述的组件，其特征在于还包括奇数个所述第一低压涡轮叶栅（138）或所述第二低压涡轮叶栅（148），以及偶数个所述第二低压涡轮叶栅（148）或所述第一低压涡轮叶栅（138）。

12、如权利要求10所述的组件，其特征在于还包括奇数个所述第一低压涡轮叶栅（138）和偶数个所述第二低压涡轮叶栅（148）。

13、如权利要求12所述的组件，其特征在于还包括三个所述第一低压涡轮叶栅（138）和四个所述第二低压涡轮叶栅（148）。

14、如权利要求2所述的组件，其特征在于还包括：

所述低压内轴转子（200），包括一个旋转框架（108）；

所述旋转框架（108），包括所述第一低压涡轮叶栅（138）的一个（106）；

所述第一低压涡轮叶栅（138）的一部分，从由所述旋转框架（108）支撑的一个在径向外部的第二涡轮转鼓（100）径向向内悬垂；

所述第一低压涡轮叶栅（138）的最靠后一排（110），被安装在连接到所述旋转框架（108）的末级涡轮盘（112）上；

所述排不可转动的低压叶片（210），被设置在所述旋转框架（108）的所述第一低压涡轮叶栅（138）的所述一个（106）和所述第一低压涡轮叶栅（138）的所述最靠后排（110）之间。

15、如权利要求2所述的组件，其特征在于还包括:

与所述第一低压涡轮叶栅（138）的最靠后三排成相互交叉的所述第二低压涡轮叶栅（148）的最靠前两排，

一个处于所述可反向旋转的低压内和外轴转子（200，202）中一个上的可转动鼓（100）；

所述第二低压涡轮叶栅（148），从所述可转动鼓（100）径向向内悬垂，并与所述第一低压涡轮叶栅（138）的所述最靠后三排成相互交叉；

所述第二低压涡轮叶栅（148）的所述最靠前的两排以及所述第一低压涡轮叶栅（138）的所述最靠后三排中的一排叶片从所述可转动鼓（100）径向向内悬垂。

16、一种航空燃气轮机装置（10），包括：

一个高压转子（33），该转子包括一个由高压轴（27）可驱动地连接到高压压缩机（18）上并可绕发动机中心线（8）转动的高压涡轮（24）；

一个具有低压涡轮流道（28）并设置在所述高压转子（33）尾部的低压涡轮（26）；

所述低压涡轮（26）包括可反向旋转的低压内和外轴转子（200，202），其分别具有低压内和外轴（130，140），它们至少部分可转动地与所述高压转子（33）同轴并径向向内设置；

所述低压内轴转子（200）包括第一低压涡轮叶栅（138），所述叶栅横跨所述低压涡轮流道（28）设置并且通过所述低压内轴（130）可驱动地连接到第一风扇叶栅（13）；

所述低压外轴转子（202）包括第二低压涡轮叶栅（148），所述叶栅横跨所述低压涡轮流道（28）设置并且通过所述低压外轴（140）可驱动地连接到第二风扇叶栅（15）；

至少一个助力器（16），其可驱动地连接到所述低压内和外轴（130，140）中的一个上，并轴向设置在所述第一风扇叶栅（13）和所述高压转子（33）之间；

所述第一和第二风扇叶栅（13，15）设置在由风扇壳体（11）径向向外限定的一个旁通管道（21）内；

所述第一低压涡轮叶栅（138）包括设置在所述第二低压涡轮叶栅（148）的邻近一个的至少一个第二对（214）之间的至少一个第一相互交叉涡轮叶栅（58）；

所述第二低压涡轮叶栅（148）包括设置在所述第一低压涡轮叶栅（138）的邻近一个的至少一个第一对（212）之间的至少一个第二相互交叉涡轮叶栅（62）；

至少一排不可转动的低压叶片（210），横跨所述低压涡轮流道（28）设置在所述第一和第二低压涡轮叶栅（138，148）的邻近一个的第三对（216）之间。

17、如权利要求16所述的装置，其特征在于还包括若干排不可转动的低压叶片（210），其中所述排不可转动的低压叶片（210）中的各排设置在所述第一和第二低压涡轮叶栅（138，148）的各邻近对（218）之间，所述涡轮叶栅（138，148）之间不具有相互交叉涡轮叶栅。

18、如权利要求17所述的装置，其特征在于：一个涡轮喷嘴（220）轴向向前设置在所述第一低压涡轮叶栅（138）的上游并邻近它。

19、如权利要求17所述的装置，其特征在于还包括与所述第一低压涡轮叶栅（138）的最靠后一对（52）成相互交叉的所述第二低压涡轮叶栅（148）的最靠前一排（50）。

20、如权利要求19所述的装置，其特征在于还包括奇数个所述第一低压涡轮叶栅（138）或所述第二低压涡轮叶栅（148），以及偶数个所述第二低压涡轮叶栅（148）或第一低压涡轮叶栅（138）。

21、如权利要求19所述的装置，其特征在于还包括奇数个所述第一低压涡轮叶栅（138）和偶数个所述第二低压涡轮叶栅（148）。

22、如权利要求20所述的装置，其特征在于还包括三个所述第一低压涡轮叶栅（138）和四个所述第二低压涡轮叶栅（148）。

23、如权利要求17所述的装置，其特征在于还包括与最靠后的三排所述第一低压涡轮叶栅（138）成相互交叉的最靠前的两排所述第二低压涡轮叶栅（148）。

24、如权利要求16所述的装置，其特征在于还包括所述可反向旋转的低压内和外轴转子（200，202）中的一个，其包括一个可转动的鼓状延伸件（70），所述第一和第二低压涡轮叶栅（138，148）的所述第一和第二相互交叉涡轮叶栅（58，62）从所述可转动的鼓状延伸件径向向内悬垂。

25、如权利要求24所述的装置，其特征在于还包括与所述第一低压涡轮叶栅（138）的最靠后一对（52）成相互交叉的所述第二低压涡轮叶栅（148）的最靠前一排（50）。

26、如权利要求25所述的装置，其特征在于还包括奇数个所述第一低压涡轮

叶栅（138）或所述第二低压涡轮叶栅（148），以及偶数个所述第二低压涡轮叶栅（148）或所述第一低压涡轮叶栅（138）。

27、如权利要求25所述的装置，其特征在于还包括奇数个所述第一低压涡轮叶栅（138）和偶数个所述第二低压涡轮叶栅（148）。

28、如权利要求27所述的装置，其特征在于还包括三个所述第一低压涡轮叶栅（138）和四个所述第二低压涡轮叶栅（148）。

29、如权利要求17所述的装置，其特征在于还包括：

所述低压内轴转子（200），包括一个旋转框架（108）；

所述旋转框架（108）包括所述第一低压涡轮叶栅（138）的一个（106）；

所述第一低压涡轮叶栅（138）的一部分从由所述旋转框架（108）支撑的一个径向外部第二涡轮转鼓（100）径向向内悬垂；

所述第一低压涡轮叶栅（138）的最靠后一排（110），被安装在连接到所述旋转框架（108）的末级涡轮盘（112）上；

所述排不可转动的低压叶片（210）被设置在所述旋转框架（108）的所述第一低压涡轮叶栅（138）的所述一个（106）和所述第一低压涡轮叶栅（138）的所述最靠后排（110）之间。

30、如权利要求17所述的装置，其特征在于还包括：

与所述第一低压涡轮叶栅（138）的最靠后三排成相互交叉的所述第二低压涡轮叶栅（148）的最靠前两排；

一个处于所述可反向旋转的低压内和外轴转子（200，202）的一个上的可转动鼓（100）；

所述第二低压涡轮叶栅（148）从所述可转动鼓（100）径向向内悬垂，并与所述第一低压涡轮叶栅（138）的所述最靠后三排成相互交叉；

所述第二低压涡轮叶栅（148）的所述最靠前的两排以及所述第一低压涡轮叶栅（138）的所述最靠后三排中的一排叶片从所述可转动鼓（100）径向向内悬垂。

具有用于反向旋转低压涡轮的控制叶片的航空燃气轮机

发明领域

本发明涉及反向旋转的航空燃气轮机，其反向旋转风扇由反向旋转的低压涡轮转子驱动，特别是，应用于包括叶片以实现反向旋转低压涡轮转子之间的不等功率分配这样的发动机。

相关技术说明

涡轮风扇发动机型的燃气轮机通常包括一个前部风扇和增压压缩机、一个中心发动机，以及一个尾部低压动力涡轮。中心发动机以连续流动的关系包括高压压缩机、燃烧室和高压涡轮。中心发动机的高压压缩机和高压涡轮通过高压轴相连。高压压缩机、涡轮和轴基本形成高压转子。高压压缩机被可转动地驱动以将进入中心发动机的空气压缩到较高的压力。然后高压空气与燃烧室中的燃料混合并被点燃以形成高能气流。气流向尾部流动并通过高压涡轮，可转动地驱动它和高压轴，高压轴接着可转动地驱动压缩机。

离开高压涡轮的气流通过第二或低压涡轮膨胀。低压涡轮通过低压轴可转动地驱动风扇和增压压缩机，所有这些形成低压转子。低压轴延伸通过高压转子。一些低压涡轮已经设有给反向旋转风扇和助力器或低压压缩机提供动力的反向旋转涡轮。美国专利US4860537，5307622和4790133中披露了给反向旋转风扇和助力器或低压压缩机提供动力的反向旋转涡轮。大部分推力是由风扇产生的。

目前正在设计具有反向旋转的前部和尾部风扇以及反向旋转的助力器的先进燃气轮机。需要设计一种具有最佳性能的反向旋转发动机。已经发现当前部风扇以比尾部风扇高的风扇压力比和旋转速度工作时，可以获得最佳性能。这会导致反向旋转转子之间的输出功率和转动速度的显著失配。需要反向旋转低压涡轮在各风扇的旋转速度下供给各前部和尾部风扇必需的动力。当两轴之间的功率分配相等而且当转速大小相等且方向相反时，传统的反向旋转涡轮将在最高效率下工作。在这种情况中，两个转子和涡轮的速度和功率比基本为1。非常需要这样一种具有反向旋转低压涡轮的燃气轮机，其中所述涡轮具有不同的速度和功率比，

例如速度和功率比为1.2或更多，以获得最高风扇效率。

发明概述

航空燃气轮机包括一个具有高压涡轮的高压转子，所述涡轮通过高压轴驱动地连接到高压压缩机上并可绕发动机中心线转动。具有低压涡轮流道的低压涡轮位于高压转子的尾部。低压涡轮包括可反向旋转的低压内和外轴转子，其分别具有低压内和外轴，它们至少部分可转动地与高压转子同轴并径向向内设置。低压内轴转子包括第一低压涡轮叶栅，所述叶栅横跨低压涡轮流道设置并通过低压内轴驱动地连接到第一风扇叶栅。低压外轴转子包括第二低压涡轮叶栅，所述叶栅横跨低压涡轮流道设置并通过低压外轴驱动地连接到第二风扇叶栅。第一和第二风扇叶栅设置在由风扇壳体径向向外限制的旁通管道内。第一低压涡轮叶栅包括设置在第二低压涡轮叶栅的至少一个第二相邻对之间的至少一个第一相互交叉的涡轮叶栅。第二低压涡轮叶栅包括设置在第一低压涡轮叶栅的至少一个第一相邻对之间的至少一个第二相互交叉的涡轮叶栅。低压涡轮包括若干不可转动的低压叶片。不可转动的低压叶片中的每排横跨低压涡轮流道设置在第一和第二低压涡轮叶栅的各非相互交叉的邻近对之间，在所述第一和第二涡轮叶栅之间不具有相互交叉的涡轮叶栅。

在本发明的示例性实施例中，至少一个助力器驱动地连接到低压内和外轴中的一个上并轴向地设置在第一风扇叶栅和高压转子之间。低压涡轮喷嘴轴向向前设置在第一低压涡轮叶栅的上游并邻近它。

可以使用不同构造的低压涡轮。第二低压涡轮叶栅的最靠前一排可以与第一低压涡轮叶栅的最靠后的一对相互交叉。在低压涡轮中，第一低压涡轮叶栅和第二低压涡轮叶栅中的一个可以为奇数，第一低压涡轮叶栅和第二低压涡轮叶栅中的另一个可以为偶数。低压涡轮可以具有奇数个第一低压涡轮叶栅和偶数个第二低压涡轮叶栅。低压涡轮可以具有三个第一低压涡轮叶栅和四个第二低压涡轮叶栅。第二低压涡轮叶栅的最靠前的两排可以与第一低压涡轮叶栅的最靠后的三排相互交叉。

附图简要说明

在下面的说明中会结合附图解释本发明的前述方面以及其它特征。

图1是示出具有反向旋转的低压涡轮的涡轮风扇发动机型航空燃气轮机的示例性实施例的前部的纵剖图，其中低压涡轮具有定子叶片。

图2是发动机尾部的放大视图。

图3是图1中所示反向旋转的低压涡轮的放大视图。

图4是具有另一种反向旋转的低压涡轮的发动机的尾部的纵向剖面图，其中所述低压涡轮用于图1所示的发动机。

图5是图4中所示发动机尾部中的另一种反向旋转的低压涡轮的放大视图。

本发明的详细说明

在图1中示意地示出的是示例的涡轮风扇发动机型航空燃气轮机10的前部7，其限定在发动机中心线8的周围并具有一个接受周围空气14的进入气流的风扇部12。发动机10具有框架构件32，构件32包括一个由发动机壳体45连接到涡轮中央框架60上的前部或风扇框架34和一个涡轮尾部框架155。发动机10例如通过支架（未示出）安装在飞机内或飞机上，所述支架从机翼向下延伸。

风扇部12具有反向旋转的第一和第二风扇4和6，第一和第二风扇4和6分别包括第一和第二风扇叶栅13和15，以及在此处所示的本发明的示例性实施例中，还包括助力器16。助力器16轴向地设置在反向旋转的第一和第二风扇叶栅13和15的尾部并由一个分流器罩17包围，所述罩具有一个导向边缘分流器9。助力器通常轴向地设置在第一风扇叶栅和中心发动机之间，并且可以设置在反向旋转的第一和第二风扇叶栅之间。一个环形径向内管道壁29径向向内限定助力器16。风扇部12之后是高压压缩机（HPC）18，其在图2中进一步示出。图2示意地示出了发动机10的尾部22。

HPC18的下游是一个燃烧室20，其使燃料和被HPC18压缩的空气14混合以产生燃烧气体，燃烧气体向下游流动经过一个高压涡轮（HPT）24和一个反向旋转的低压涡轮（LPT）26，并从发动机10排出。高压轴27将HPT24连接到HPC18以基本形成第一或高压转子33。高压压缩机18、燃烧室20和高压涡轮24共同被称作中心发动机25，该发动机包括为此专利目的的高压轴27。中心发动机25可以是组件的,以便它作为单独的单元可以与燃气轮机的其它部分分开而被独立替换。

再参照图1，一个旁通管道21由风扇壳体11和部分分流器罩17径向向外限制。第一和第二风扇叶栅13和15设置在旁通管道21内，管道21由风扇壳体11径向向外限制。分流器罩17和导向边缘分流器9使从第二风扇叶栅15排出的风扇流动空气23分流为进入助力器16的风扇流动空气第一部分35和进入旁通管道21环绕助力器16的风扇流动空气第二部分37，然后在管道21处流动空气通过风扇出口30从风

扇部12排出，给发动机提供推力。由助力器16压缩的助力器空气31从助力器排出并由入口管道分流器39分别分流为助力器空气第一和第二部分35和37。入口管道分流器39将助力器空气第一部分35引导到中心发动机进气口19中，所述进气口19通向中心发动机25的高压压缩机18。入口管道分流器39还将中心发动机25周围的助力器空气第一部分37引导到旁通管道21中，然后在该处助力器空气第一部分37通过风扇出口30从风扇部12排出。

现在参照图2和3，低压涡轮26包括一个低压涡轮流道28。低压涡轮26包括分别具有低压内和外轴130和140的可反向旋转的低压内和外轴转子200和202，它们至少部分可转动地与高压转子33同轴并径向向内设置。低压内轴转子200包括横跨低压涡轮流道28设置并通过低压内轴130驱动地连接到第一风扇叶栅13的第一低压涡轮叶栅138。

低压外轴转子202包括横跨低压涡轮流道28设置并通过低压外轴140驱动地连接到第二风扇叶栅15的第二低压涡轮叶栅148。在图2和3所示的示例性实施例中，第一低压涡轮叶栅138和第二低压涡轮叶栅148各有四排。助力器16驱动地连接到低压内和外轴130和140的一个上。

如图2和3所示，第一低压涡轮叶栅138包括设置在第二低压涡轮叶栅148的至少一个第二相邻对214之间的至少一个第一相互交叉的涡轮叶栅58。第二低压涡轮叶栅148包括设置在第一低压涡轮叶栅138的至少一个第一相邻对212之间的至少一个第二相互交叉的涡轮叶栅62。一排不可转动的低压叶片210横跨低压涡轮流道28设置在第一和第二低压涡轮叶栅138和148的各非成相互交叉的邻近对218之间，在所述第一和第二涡轮叶栅之间不具有相互交叉的涡轮叶栅。

图3中所示的低压涡轮26的特定实施例具有一排不可转动的低压叶片210，其轴向设置在第一低压涡轮叶栅138的最靠后对52之间。各排不可转动的低压叶片210设置在第一和第二低压涡轮叶栅138和148的各非相互交叉的邻近对218之间，在所述第一和第二涡轮叶栅之间不具有相互交叉的涡轮叶栅。可以有两个或多个设置在第二低压涡轮叶栅148的第二邻近对214之间的第一相互交叉的涡轮叶栅58，以及可以有两个或多个设置在第一低压涡轮叶栅138的第一邻近对212之间的第二相互交叉的涡轮叶栅62。涡轮喷嘴220轴向向前设置在第一低压涡轮叶栅138的上游并邻近它。第一相互交叉的涡轮叶栅58用作与第一低压涡轮叶栅138的最靠后对52相互交叉的所述低压第二涡轮叶栅148的最靠前排50。

在图3中，示出的低压内轴转子200具有安装到低压第一涡轮盘238上的四个第一低压涡轮叶栅138中的三个。示出的低压外轴转子202具有安装到低压第二涡轮盘248上的所有第二涡轮叶栅148。最后一排第一低压涡轮叶栅138是相互交叉的涡轮叶栅58。相互交叉的涡轮叶栅58从低压内和外轴转子200的外环形鼓状延伸件70悬垂。图3概括示出本发明的一个实施例，其中可反向旋转的低压内和外轴转子200、202中的一个包括可转动的鼓状延伸件70，第一和第二低压涡轮叶栅138、148的第一和第二相互交叉的涡轮叶栅58、62从所述延伸件径向向内悬垂。

在图4和5中示出的是低压涡轮26的一个替换实施例，其中第一低压涡轮叶栅138的第一和第二排102和104分别被安装到低压径向向外的第二涡轮转鼓100上。第二涡轮转鼓100是低压内轴转子200的一部分。第一低压涡轮叶栅138的第三排106是旋转框架108的一部分，所述框架支撑径向向外的第二涡轮转鼓100并由中央框架60和尾部涡轮框架155可转动地支撑。第一低压涡轮叶栅138的最靠后或第四排110位于连接到旋转框架108的末级涡轮盘112上。第一低压涡轮叶栅138的第一和第二排102和104分别与第二低压涡轮叶栅148的第一和第二邻近对120和122相互交叉。第二低压涡轮叶栅148安装到低压第一涡轮盘238上。一排不可转动的低压叶片210横跨低压涡轮流道28设置在第一低压涡轮叶栅138的最靠后或最后一对216之间。图示的不可转动的低压叶片210被设置在旋转框架108上的第一低压涡轮叶栅138的第三排106和末级涡轮盘112上的最靠后或第四排110之间。

或者，第一和第二低压涡轮叶栅138和148可以被分别安装在低压径向向内和向外的第一和第二涡轮转鼓上。还可以有比图4和5中所示更多的第一和第二低压涡轮叶栅138和148，而且多于两排的第一和第二低压涡轮叶栅138和148可以与第一和第二低压涡轮叶栅138和148的多于两个邻接对相互交叉。

已经以示例性方式描述了本发明。应该理解使用的术语旨在用作解释而不是限制用语。尽管在此处已经描述，但所描述的被认为是本发明的优选的和示例性实施例，根据此处的启示，本发明的其它变型对于本领域的技术人员而言将是显然的，而且因此需要将落在本发明真正精神和范围内的所有这些变型保护在所附的权利要求中。

因此，需要由美国专利证书保护的是在下面的权利要求中限定和区分的发明。

部件列表

4 第一风扇

6 第二风扇

7 前部

8 发动机中心线

9 导向边缘分流器

10 燃气轮机

11 风扇壳体

12 风扇部

13 第一风扇叶栅

14 周围空气

15 第二风扇叶栅

16 助力器

17 分流器罩

18 高压压缩机（HPC）

19 中心发动机进气口

20 燃烧室

21 旁通管道

22 尾部

23 风扇流动空气

24 高压涡轮（HPT）

25 中心发动机

26 低压涡轮(LPT)

27 高压轴

28 流道

29 管道壁

30 风扇出口

31 助力器空气

32 框架构件

33 高压转子

34 风扇框架

35 第一部分

37 第二部分

39 入口管道分流器

45 发动机壳体

52 最靠后对

58 第一涡轮叶栅

60 中央框架

62 第二涡轮叶栅

70 鼓状延伸件

100 涡轮转鼓

102 第一排

104 第二排

106 第三排

108 旋转框架

110 第四排

112 涡轮盘

120 第一邻近对

122 第二邻近对

130 低压内轴

138 第一低压涡轮叶栅

140 低压外轴

148 第二低压涡轮叶栅

155 尾部涡轮框架

200 低压内轴转子

201 第一组

202 低压外轴转子

203 第二组

210 低压叶片

212 第一邻近对

214 第二邻近对

216 第三邻近对

218 非相互交叉的邻近对

220 涡轮喷嘴

238 第一涡轮盘

248 第二涡轮盘

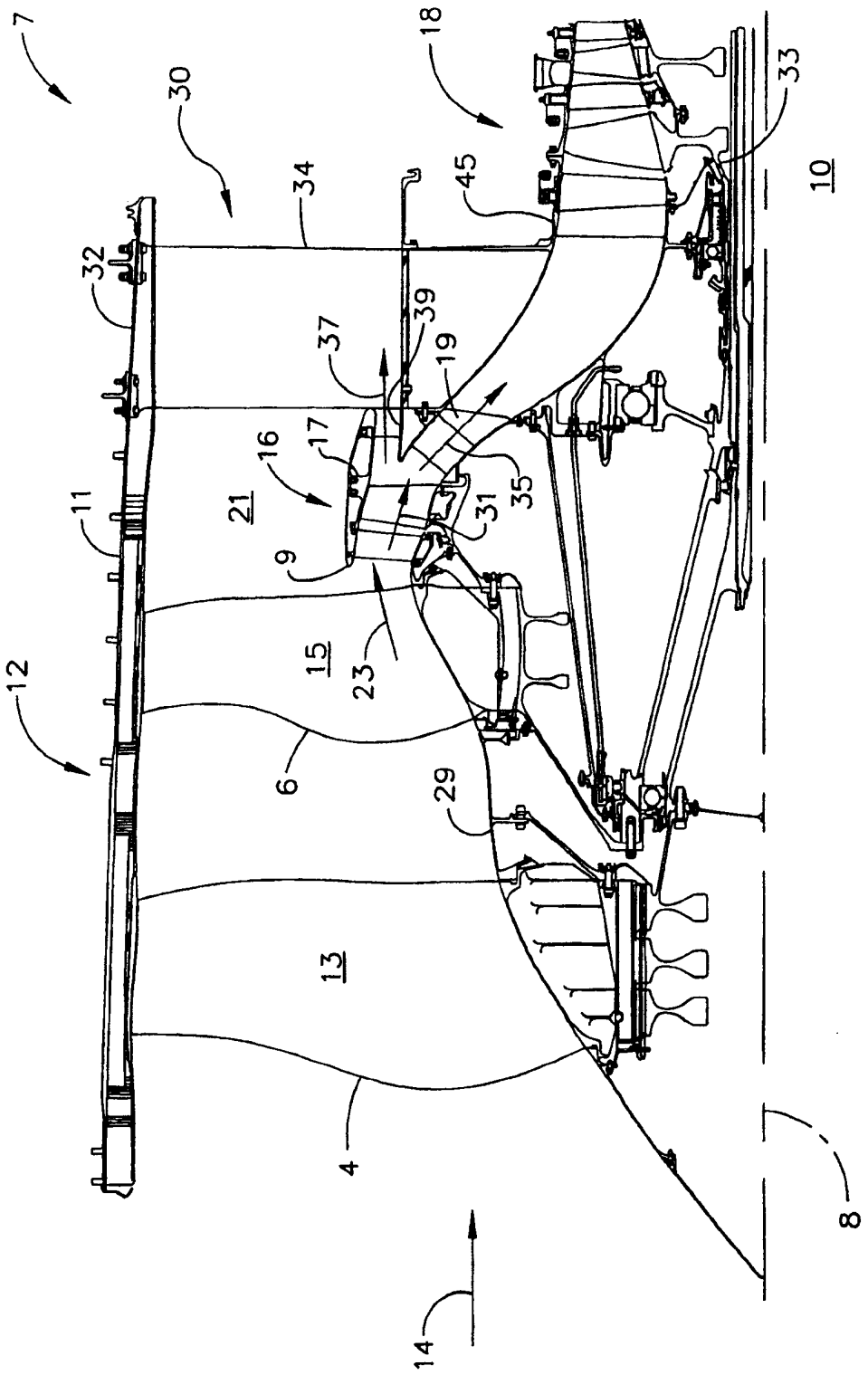


图 1

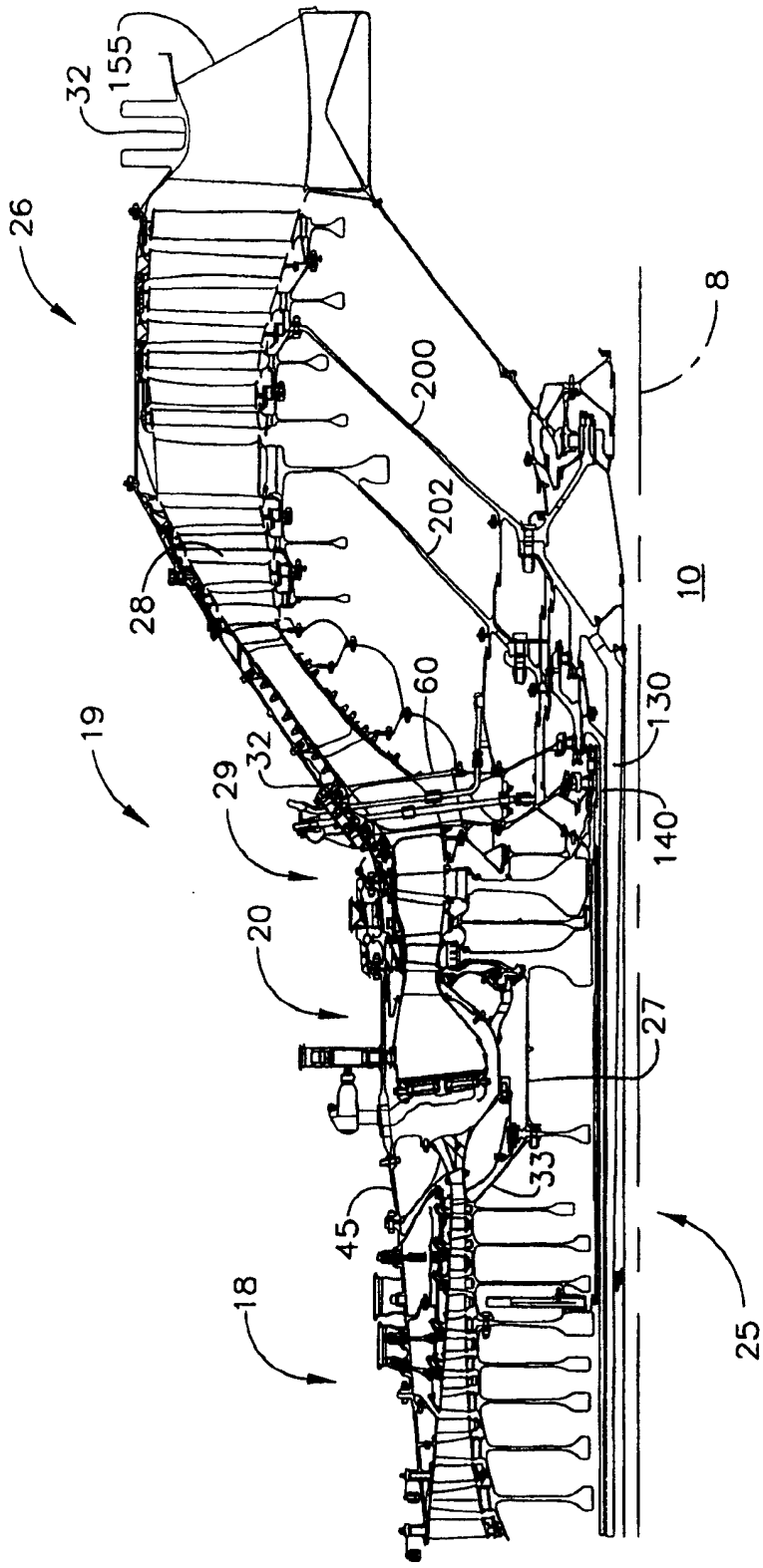


图 2

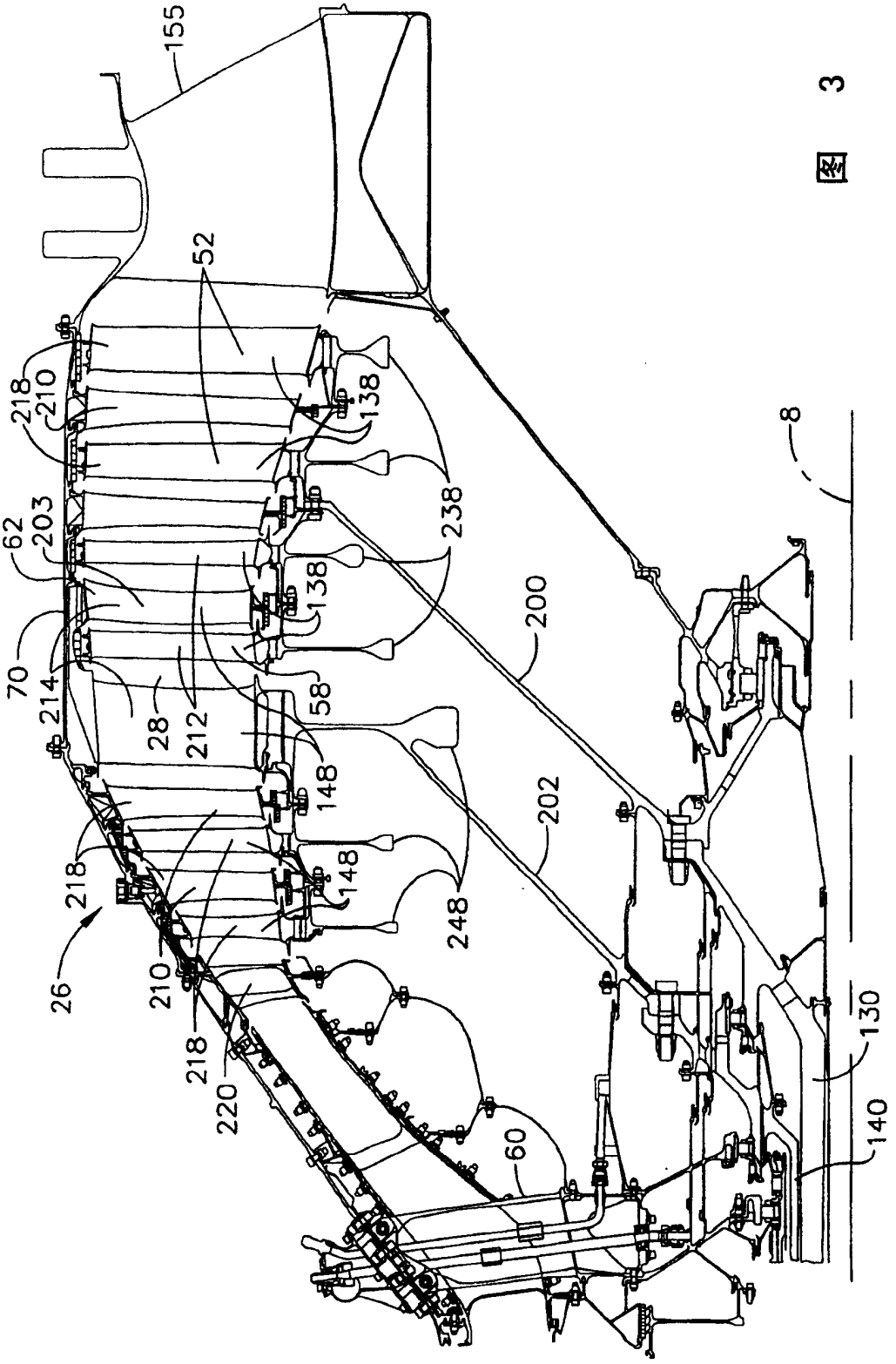

155
52
218
210
62
203
70
214
28
212
218
210
218
220
26
138
238
138
58
148
148
248
200
202
8
130
140
60

图 3

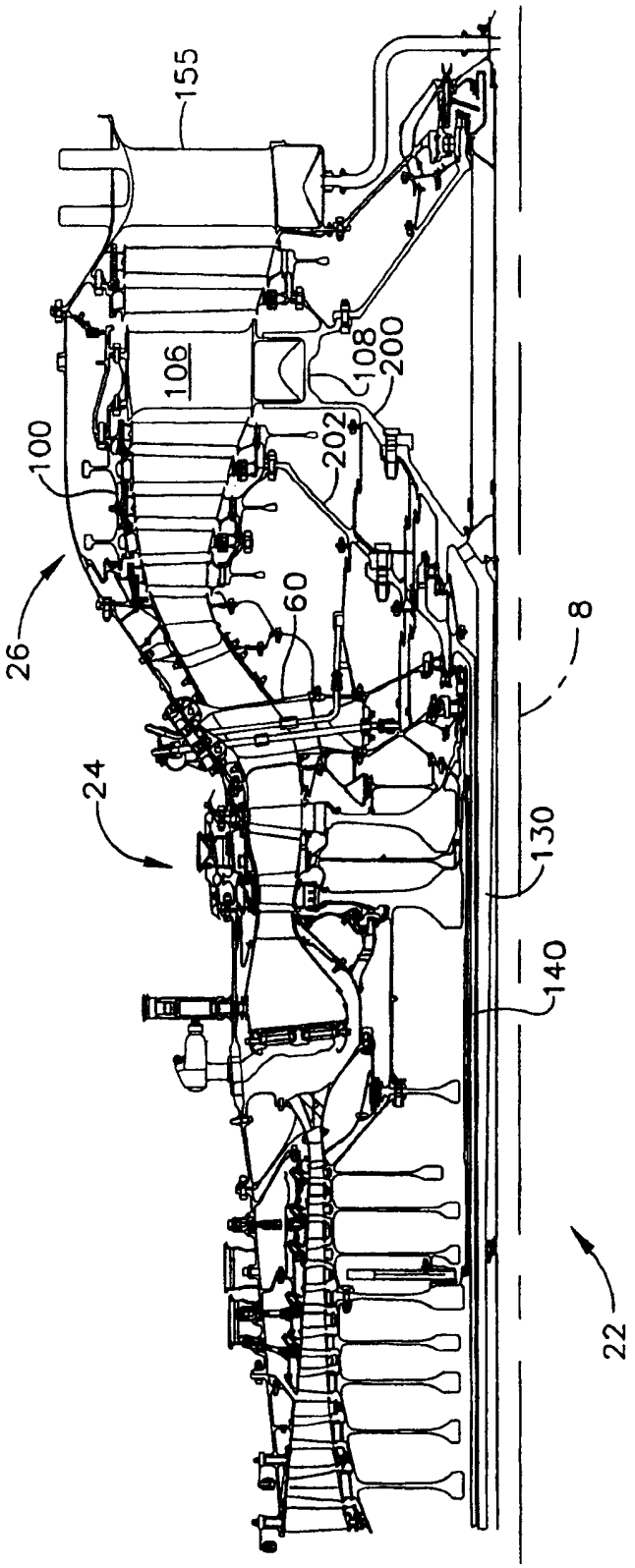


图 4

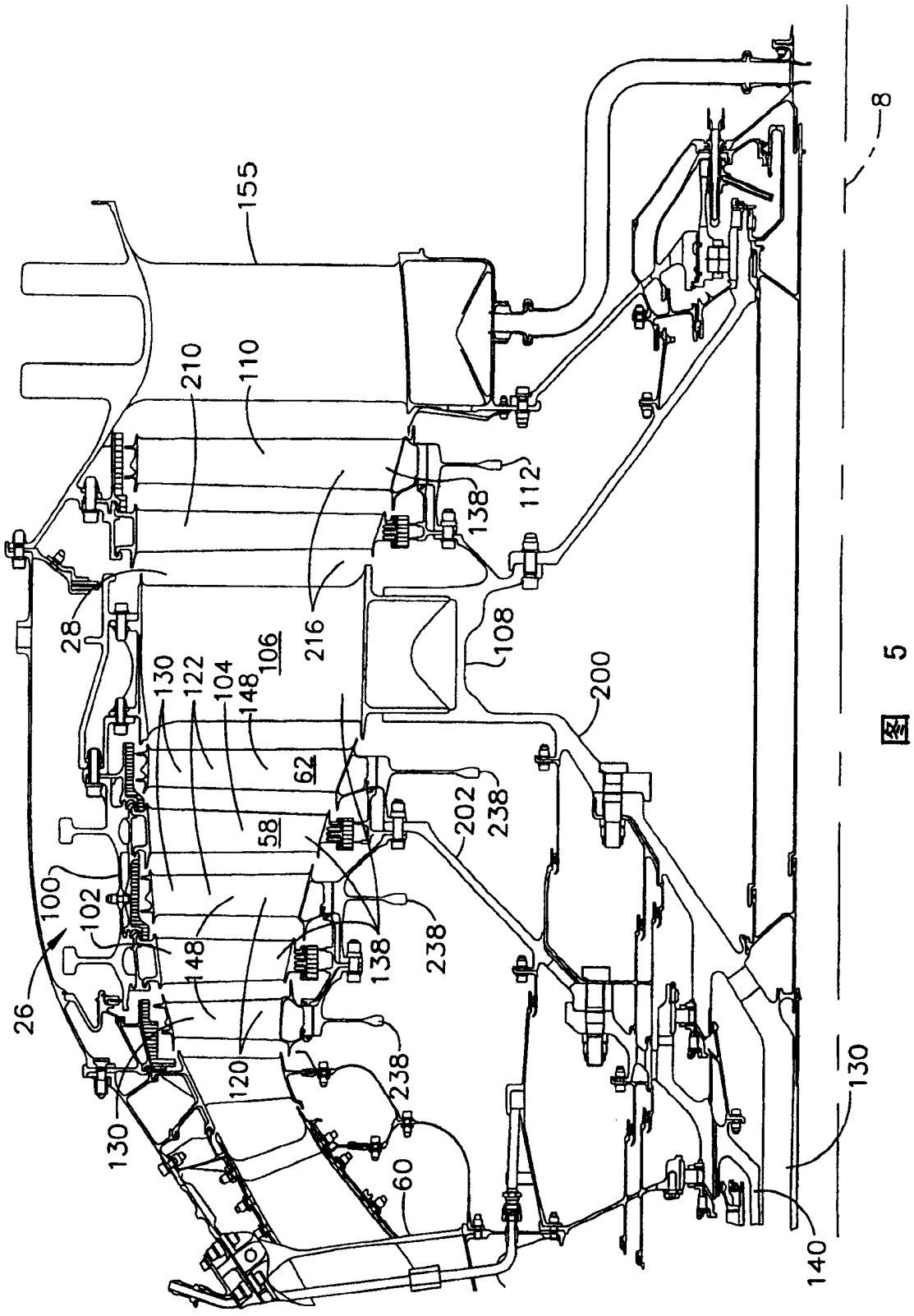

155
8
210
110
112
138
28
216
108
106
130
122
104
148
62
200
58
202
238
100
102
148
138
238
26
120
238
130
60
130
140

图 5